

(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2015-62322

(P2015-62322A)

(43) 公開日 平成27年4月2日(2015.4.2)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 H04L 12/70 (2013.01) H04L 12/70 100Z 5K030

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-265654 (P2014-265654)	(71) 出願人	000004237
(22) 出願日	平成26年12月26日 (2014.12.26)		日本電気株式会社
(62) 分割の表示	特願2010-274575 (P2010-274575) の分割		東京都港区芝五丁目7番1号
原出願日	平成22年12月9日 (2010.12.9)	(74) 代理人	100095407
(31) 優先権主張番号	特願2009-281308 (P2009-281308)		弁理士 木村 満
(32) 優先日	平成21年12月11日 (2009.12.11)	(72) 発明者	大芝 崇
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		Fターム(参考)	5K030 GA14 MB04 MC01

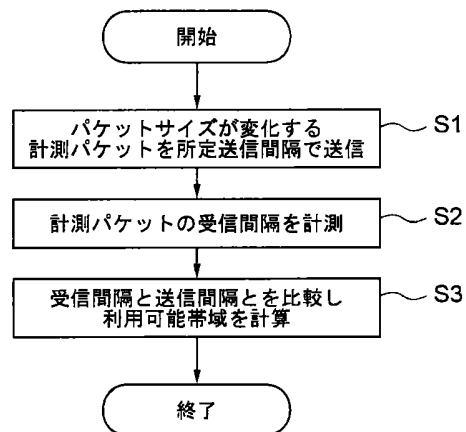
(54) 【発明の名称】 ネットワーク帯域計測システム、ネットワーク帯域計測方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】短時間で利用可能帯域または達成可能UDPスループットの計測が可能なネットワーク帯域計測システム、方法、および、プログラムを提供する。

【解決手段】送信側装置から該送信側装置とは異なる受信側装置に、パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、所定の送信間隔で送信する(ステップS1)。受信側装置では、送信された計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する(ステップS2)。計測パケット送信時の送信間隔と、計測パケット受信時の受信間隔とを比較し、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する(ステップS3)。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

送信側装置から該送信側装置とは異なる受信側装置に、パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、所定の送信間隔で送信するステップと、

前記送信された計測パケットを前記受信側装置で受信し、該計測パケットの受信間隔を計測するステップと、

前記受信側装置で、前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算するステップと、

を備えるネットワーク帯域計測方法。

10

**【請求項 2】**

前記受信側装置で、前記計測パケットごとのパケットサイズを、受信間隔計測手段が計測した前記計測パケットごとの受信間隔で除算することにより、前記計測パケットごとの受信レートを算出するステップと、

前記受信側装置で、前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップと、

前記受信側装置で、前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したと判断したときの計測パケットの受信レートをを用いて達成可能 UDP スループットを計算するステップと、

を備える請求項 1 に記載のネットワーク帯域計測方法。

20

**【請求項 3】**

前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップでは、前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1つ前の前記計測パケットの前記受信レートと比較し、前記パケットサイズの増分に対する前記受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、前記受信レートが飽和したと判断する、請求項 2 に記載のネットワーク帯域計測方法。

**【請求項 4】**

前記利用可能帯域を計算するステップでは、前記受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて利用可能帯域を計算する、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のネットワーク帯域計測方法。

30

**【請求項 5】**

送信側装置は、

パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する計測パケット生成手段と、

前記計測パケット生成手段が生成した複数の計測パケットを所定の送信間隔で、前記送信側装置とは異なる受信側装置に送信する計測パケット送信手段と、

を備え、

前記送信側装置とは異なる前記受信側装置は、

前記送信された計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

40

前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

を備えるネットワーク帯域計測システム。

**【請求項 6】**

前記受信側装置は、

前記計測パケットごとのパケットサイズを、受信間隔計測手段が計測した前記計測パケットごとの受信間隔で除算することにより、前記計測パケットごとの受信レートを算出する受信レート算出手段と、

50

前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したか否かを判断する飽和判定手段と、

前記飽和判定手段で前記受信レートが飽和したと判断したときの前記受信レートをを用いて達成可能UDPスループットを計算するスループット計算手段と、

を備える請求項5に記載のネットワーク帯域計測システム。

【請求項7】

前記飽和判定手段は、前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1つ前の前記計測パケットの前記受信レートと比較し、前記パケットサイズの増分に対する前記受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、前記受信レートが飽和したと判断する、請求項6に記載のネットワーク帯域計測システム。

10

【請求項8】

前記利用可能帯域計算手段は、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちで前記パケットサイズが最大の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、請求項5ないし7のいずれか1項に記載のネットワーク帯域計測システム。

【請求項9】

パケットサイズが順次に増加または減少し、受信側装置とは異なる送信側装置から等しい送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

20

を備える受信側装置。

【請求項10】

受信側装置のコンピュータに、

パケットサイズが順次に増加または減少し、前記受信側装置とは異なる送信側装置から等しい送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する処理と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する処理と、

30

を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネットワーク帯域計測システム、方法、および、プログラムに関し、さらに詳しくは、短時間で端末間の通信経路で通信に利用可能な帯域とUDP通信で達成可能なスループットを同時に計測するネットワーク帯域計測システム、方法、および、プログラムに関する。

【背景技術】

40

【0002】

ネットワーク帯域計測システムは、IP (Internet Protocol) ネットワークで利用可能な帯域 (以下、利用可能帯域と呼ぶ) および / またはUDP (User Datagram Protocol) 通信で達成可能なスループット (以下、達成可能UDPスループットと呼ぶ) を計測するシステムである。利用可能帯域は、IPネットワークの物理帯域から、IPネットワークに流れている他のトラフィック (以下、クロストラフィックと呼ぶ) を引いた空き帯域である。例えば、物理帯域が100Mbpsで、クロストラフィックが30Mbpsであれば、利用可能帯域は100Mbps - 30Mbps = 70Mbpsである。

【0003】

また、達成可能UDPスループットとは、IPネットワークにUDPパケットを流した

50

時にクロストラヒックを押し流すことができる最大の送信レートである。UDP通信には、TCP (Transmission Control Protocol) 通信のようにパケットロスを検出することでIPネットワークの輻輳を検出して自ら送信レートを下げる輻輳制御の機能を備えていない。そのため、TCP通信やUDP通信のクロストラヒックが流れている最中に、UDP通信をIPネットワークに注入すると、クロストラヒックのTCP通信にパケットロスを発生させて輻輳制御により送信レートを下げさせ、クロストラヒックのUDP通信と競合してスループットを押し下げるといった現象が起こる。

**【0004】**

したがって、上述のUDP通信とクロストラヒックとの相互作用により、仮にクロストラヒックが大量に流れていて利用可能帯域が0Mbpsの場合でも、新規にUDP通信を注入すると、前記UDP通信のスループットは必ずしも0Mbpsとはならず、例えば5Mbpsなどの正の値のスループットを獲得する場合がある。クロストラヒックと新規に注入したUDP通信が混在した状態になるため、新規に注入したUDP通信が獲得できるスループットには上限があり、この上限が達成可能UDPスループットになる。つまり、利用可能帯域の値は必ずしも達成可能UDPスループットの値とは一致しないことに注意が必要である。また、達成可能UDPスループットは、物理帯域の大小、クロストラヒックに含まれるTCP通信とUDP通信の割合や本数などに依存して変化するため、物理帯域や利用可能帯域の値が分かっても達成可能UDPスループットの値を知ることはできない。

10

**【0005】**

まとめると、利用可能帯域は、パケットロスが発生しない範囲で使える帯域であり、達成可能UDPスループットは、有る程度パケットロスは発生するものの、新規に注入する1本のUDP通信が獲得できる送信レートの最大値である。

20

**【0006】**

利用可能帯域を把握することは、端末間で写真や資料などを、パケットロスを発生させずに、リアルタイムに共有する場合や、端末間で音声通話をする場合などで重要である。例えば、端末間で写真をリアルタイム共有する場合で、事前に、写真ごとに大・中・小などの複数のサイズが用意されている場合を考える。この場合、写真の共有に際して、利用可能帯域がわかれば、サイズごとに、送りたい写真を相手の端末に何秒で送ることができるかを事前に計算して求めることができる。サイズごとに求めた送信に要する時間と、送信に掛かる時間の許容値とを比較し、例えば、中サイズと小サイズとが許容値以内の時間で相手に送ることができるとすれば、送信する写真のサイズを中サイズとする。このようにすることで、許容時間以内で最も高精細な写真を相手に送ることができる。

30

**【0007】**

また、複数の端末をフルメッシュで接続して、パケットロスを発生させずに、多者間音声会議を行う場合を考える。多者間音声会議で、1本の音声消費する帯域は、既知の固定値であるとする。この場合、多者間会議の開始に際して、利用可能帯域がわかれば、何台までの端末が多者間音声会議に参加できるかを、事前に計算することができる。

**【0008】**

非特許文献1は、利用可能帯域の計測が記載された文献である。非特許文献1では、送信側端末から、固定サイズの複数の計測パケット列を1つのまとまりとして受信側端末に送信する。非特許文献1では、受信側端末にて、各計測パケットの受信間隔の変化を検出することで、利用可能帯域を計測する。非特許文献1では、送信側端末から計測パケット列を送信する際に、各計測パケットの送信間隔を指数関数的に減少させる。送信間隔を指数関数的に減少させることで、計測パケット列内で、計測パケットの送信レートが指数関数的に増加する。

40

**【0009】**

計測パケットがネットワークを通過する際に、計測パケットの間にクロストラヒックのパケットが挟まると、計測パケットの送信レートがネットワークの利用可能帯域を超えることがある。計測パケットの送信レートが利用可能帯域を超えると、受信側端末での計測

50

パケットの受信間隔が、送信側端末での送信間隔に対して増加する。非特許文献1では、この性質を利用して、受信側端末において、計測パケットの受信間隔が送信側端末での送信間隔と比較して増加し始める箇所を検出し、計測パケットのパケットサイズをその箇所における送信間隔で除算することで、利用可能帯域を計算する。

【0010】

特許文献1は、利用可能帯域を探索する方法が記載された文献である。特許文献1では、送信側端末から、固定サイズで時間間隔が等間隔の計測パケット列を受信側端末に送信する動作を複数回繰り返し実行する。送信側端末は、受信側端末において、受信間隔が増加傾向であると判断された場合には、送信間隔を指数関数的に減少させた計測パケット列を受信側端末に送信する。逆に、受信側端末において受信間隔が減少傾向であると判断されたとき、送信側端末は、送信間隔を指数関数的に増加させた計測パケット列を受信側端末に送信する。特許文献1では、このような動作を繰り返し行い、二分探索を行うことで、利用可能帯域を探索する。

10

【0011】

非特許文献1では、パケットトレイン内の計測パケット間の送信間隔が変化するのに対し、特許文献1では、単一のパケットトレイン内の計測パケットの送信間隔は常に一定で、パケットトレインごとに、計測パケット間の送信間隔が変化する。

【0012】

達成可能UDPスループットを把握することは、利用可能帯域が狭く、ある程度パケットロスが発生することを前提とした上で、端末間でUDP通信を用いたビデオ通話や音声通話をする場合などに重要である。例えば、FEC（前方誤り訂正）を用いて映像のパケットに冗長度を施した上で、達成可能UDPスループットを超過しない送信レートでビデオ通話を行うことで、ある程度パケットロスが発生してもその影響を抑えると共に、流すことができる範囲内の送信レートでビデオ通話を行うことができる。

20

【0013】

ここで、達成可能UDPスループットに基づいて映像の送信レートを決定する方法は、利用可能帯域だけに基づいて映像の送信レートを決定する方法と比較して、利用可能帯域が狭い場合に、映像の送信レートを高くできる優位性があることに注意が必要である。

【0014】

特許文献3には、達成可能UDPスループットそのものではないが、無線LANにおけるMAC層のスループットを算出する方法が記載されている。無線LANにおけるMAC層の達成可能スループットが推定できれば、その推定値を用いて無線LAN上での達成可能UDPスループットを近似できると考えられる。特許文献3では、計測端末から無線LANアクセスポイント（AP）に対して、固定サイズのMACフレームを、指定した送信レートで連続送信することで、計測端末から送信したMACフレーム数と無線LANのAPから返信されたMAC層のACK数から算出したフレームエラー率と、MACフレームのサイズと、指定した送信レートの3つのパラメータを用いて、無線LANにおけるMAC層の達成可能スループットを算出する。

30

【0015】

なお、特許文献2には、対象とするネットワークアドレスに送信するデータの最適なパケットサイズを決定する技術が記載されている。特許文献2には、一の端末から他の端末に向けて、パケットサイズを変更したテストデータを繰り返し送信し、送信側の端末で、受信側の端末からの応答があるか否かを調べることが記載されている。このテストデータの送信は、データ通信経路を構成するネットワーク機器が、どのパケットサイズにまで対応しているかを調べることを目的に行われる。特許文献2では、この目的のために、テストデータのパケットサイズは、通信経路を構成するネットワーク機器が対応できるパケットサイズの上限を超えたパケットサイズを含んでいる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

50

【特許文献1】特許第4153510号公報  
【特許文献2】特開2007-281801号公報  
【特許文献3】特開2007-116329号公報  
【非特許文献】  
【0017】

【非特許文献1】Vinay J. Ribeiro, Rudolf H. Riedi, Richard G. Baraniuk, Jiri Navratil and Les Cottrell, "pathChirp: Efficient Available Bandwidth Estimation for Network Paths," in Proc of Passive and Active Measurement Workshop 2003.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0018】

非特許文献1では、利用可能帯域が小さい場合でも、利用可能帯域を計測するために、1番目の計測パケットと2番目の計測パケットとの送信間隔を大きくする必要はある。このため、非特許文献1では、パケットトレインを構成する計測パケットの個数に線形比例する時間だけではパケットトレインを送り終えることができず、利用可能帯域の計測を短時間で行うことができない。

【0019】

ここで、非特許文献1において、1番目の計測パケットと2番目の計測パケットとの送信間隔を小さくすると、最初から計測パケット列の送信レートが大きくなる。また、後続の計測パケットの送信レートが指数関数的に増加し、非常に大きな利用可能帯域しか検出できなくなる。このため、小さな利用可能帯域を検出するためには、1番目の計測パケットと2番目の計測パケットとの送信間隔は大きくせざるを得ない。

20

【0020】

特許文献1では、単一のパケットトレインを送信するだけでは利用可能帯域が計算できず、二分探索を行うために、パケットトレインを何度も繰り返し送信する必要がある。このため、特許文献1に記載の技術でも、利用可能帯域の計測を短時間で行うことはできない。特許文献2は、通信に利用する最適なパケットサイズを決定することを目的としており、利用可能帯域を計測するものではない。

【0021】

特許文献3では、ACKの返信がなかった場合にはMACフレームの再送タイムアウトを待つ必要があるため、1回の計測に時間がかかる。さらに、指定した送信レートに対して実際に流れたスループットが計測されるので、1回の計測で必ずしも最大のスループットである達成可能スループットが分かるとは限らない。例えば、指定する送信レートを徐々に上げながら、何回も計測を行うことなどをしないと達成可能スループットを計測することができない。したがって、達成可能スループットの計測を短時間で行うことができない。

30

【0022】

非特許文献1、特許文献1、特許文献2は達成可能UDPスループットが計測できず、特許文献3は利用可能帯域が計測できない。したがって、利用可能帯域と達成可能UDPスループットの両方を計測する場合には、それぞれ個別に計測パケットを送信しなければならない。

40

【0023】

本発明は、上記の問題点を解消し、短時間で利用可能帯域の計測が可能なネットワーク帯域計測システム、方法、および、プログラム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】

【0024】

上記目的を達成するために、本発明の第1の観点に係るネットワーク帯域計測方法は、送信側装置から該送信側装置とは異なる受信側装置に、パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、所定の送信間隔で送信するステップと、前記送信された計測パケットを前記受信側装置で受信し、該計測パケットの受信間隔を

50

計測するステップと、

前記受信側装置で、前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算するステップと、

を備えることを特徴とする。

【0025】

本発明の第2の観点に係るネットワーク帯域計測システムは、

送信側装置は、

パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する計測パケット生成手段と、

前記計測パケット生成手段が生成した複数の計測パケットを所定の送信間隔で、前記送信側装置とは異なる受信側装置に送信する計測パケット送信手段と、

を備え、

前記送信側装置とは異なる前記受信側装置は、

前記送信された計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

を備えることを特徴とする。

【0026】

本発明の第3の観点に係る受信側装置は、

パケットサイズが順次に増加または減少し、受信側装置とは異なる送信側装置から等しい送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

を備える。

【0027】

本発明の第4の観点に係るプログラムは、受信側装置のコンピュータに、

パケットサイズが順次に増加または減少し、前記受信側装置とは異なる送信側装置から等しい送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する処理と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する処理と、

を実行させる。

【発明の効果】

【0028】

本発明のネットワーク帯域計測システム、方法、および、プログラムは、短時間で利用可能帯域の計測を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の利用可能帯域計測方法の概略手順を示すフローチャートである。

【図2】本発明の送信側装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の受信側装置の概略構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係るネットワーク帯域計測システムを示すブロック図である。

【図5】送信側装置および受信側装置の構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 6】送信時パケットトレインを示す図である。

【図 7】受信時パケットトレインを示す図である。

【図 8】計測パケットの計測データの一例を示す図である。

【図 9】実施の形態 1 に係る利用可能帯域計測の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 10】本発明の実施の形態 3 に係るネットワーク帯域計測システムの構成を示すブロック図である。

【図 11】実施の形態 3 に係る計測データのデータ構造を示す図である。

【図 12】達成可能 UDP スループットの計算の仕組みを模式的に示す図である。

【図 13】実施の形態 3 に係る達成可能 UDP スループット計測の動作の一例を示すフローチャートである。

10

【図 14】本発明の実施の形態に係る送信側装置または受信側装置の物理的な構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明の実施の形態の説明に先立って、本発明の概要について説明する。図 1 は、本発明の利用可能帯域計測方法の概略手順を示すフローチャートである。まず、送信側から、パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、一定の送信間隔で送信する（ステップ S1）。次いで、送信側から送信された計測パケットを受信側で受信し、連続して受信する計測パケットの受信間隔を計測する（ステップ S2）。その後、計測パケットの送信時の送信間隔と、計測パケットの受信時の受信間隔とを比較し、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する（ステップ S3）。

20

【0031】

図 2 は、本発明の送信側装置の概略構成を示すブロック図である。送信側装置 10 は、計測パケット生成手段 11 と、計測パケット送信手段 12 とを備える。計測パケット生成手段 11 は、パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する。計測パケット送信手段 12 は、計測パケット生成手段 11 が生成した複数の計測パケットを、所定の送信間隔で、受信側の装置に送信する。

【0032】

30

図 3 は、本発明の受信側装置の概略構成を示すブロック図である。受信側装置 20 は、受信間隔計測手段 21 と、利用可能帯域計算手段 22 とを有する。受信間隔計測手段 21 は、パケットサイズが順次に増加または減少し、送信側の装置から所定の送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する。利用可能帯域計算手段 22 は、計測パケットの送信時の送信間隔と、計測パケットの受信時の受信間隔とを比較する。利用可能帯域計算手段 22 は、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する。

【0033】

本発明では、送信側から、パケットサイズが順次に増加または減少する計測パケットを、所定の送信間隔で送信する。受信側では、送信側から送信された計測パケットの受信間隔を計測し、受信間隔が送信間隔と等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する。本発明では、計測パケットトレインの送信を繰り返す必要がなく、単一の計測パケットトレインを送信することで、送信側から受信側までの通信経路の利用可能帯域を計測することができる。また、計測パケットの送信間隔は等間隔になるので、計測パケットの個数に線形比例した時間で、計測パケットトレインの送信を終えることができる。従って、本発明では、短時間で、利用可能帯域の計測が可能である。

40

【0034】

（実施の形態 1）

以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図 4 は、本発明の実施の

50



形態 1 に係るネットワーク帯域計測システムのネットワーク構成を示す。ネットワーク帯域計測システムは、送信側装置 101 と受信側装置 102 とを備える。送信側装置 101 と受信側装置 102 とは、ネットワーク 103 を介して接続されている。ネットワーク 103 には、送信側装置 101 と受信側装置 102 以外の図示しない装置が接続されていてもよく、それら図示しない装置間でクロストラヒックが流れていてもよい。

【0035】

送信側装置 101 および受信側装置 102 は、パーソナルコンピュータ (PC)、携帯型コンピュータ (PDA)、携帯電話、スマートフォン、固定電話、街頭マルチメディア端末、車載端末、ネットワーク接続機能付きテレビ、ネットワーク接続機能付きセットトップボックス、ゲーム機、ネットワーク接続機能付きプリンタ、ネットワーク接続機能付きスキャナなどの装置で構成できる。送信側装置 101 および受信側装置 102 は、これらには限定されるわけではなく、外部と情報をやり取りする機能を備えたその他の類似装置であってもよい。

10

【0036】

図 5 は、送信側装置および受信側装置の構成を示すブロック図である。送信側装置 101 は、計測パケット生成手段 110、計測パケット送信手段 111、送受信手段 112、および、パラメータ記憶手段 113 を備える。受信側装置 102 は、送受信手段 120、受信間隔計測手段 121、利用可能帯域計算手段 122、および、計測データ記憶手段 123 を備える。送信側装置 101 および受信側装置 102 内の各手段の機能は、それぞれ、コンピュータが所定のプログラムに従って動作することで実現できる。

20

【0037】

送信側装置 101 の計測パケット生成手段 110 は、受信側装置 102 に送信する複数の計測パケットを生成する。計測パケット生成手段 110 が生成する計測パケットは、パケットトレインとして、受信側装置 102 に送信される。計測パケット生成手段 110 は、パケットトレインの先頭パケットから最終パケットに向けて、パケットサイズが徐々に増大する計測パケットを生成する。送受信手段 112 は、ネットワーク 103 へのデータ送信、および、ネットワーク 103 からのデータ受信を行う。計測パケット送信手段 111 は、送受信手段 112 を介して、所定の送信間隔で計測パケットを送信する。

【0038】

パラメータ記憶手段 113 は、最小パケットサイズと、パケット増加サイズと、計測パケットの送信間隔とを記憶する。計測パケット生成手段 110 は、パラメータ記憶手段 113 を参照し、最小パケットサイズから、パケット増加サイズずつ増加させた計測パケットを生成する。計測パケット送信手段 111 は、パラメータ記憶手段 113 に記憶された送信間隔で計測パケットを送信する。

30

【0039】

ここで、最小パケットサイズ、パケット増加サイズ、および、パケットトレインを構成する計測パケットの数は、最終パケットを構成する計測パケットのパケットサイズが、ネットワーク 103 を通過可能なパケットサイズの範囲に収まるように設定されている。つまり、パケットトレインを構成する各計測パケットのパケットサイズは、全て、ネットワーク 103 を通過して受信側装置 102 に到達可能なパケットサイズに設定される。

40

【0040】

受信側装置 102 の送受信手段 120 は、送信側装置 101 が送信した計測パケットを受信する。受信間隔計測手段 121 は、受信した計測パケットに関する情報 (計測データ) を、計測データ記憶手段 123 に記憶する。計測データは、計測パケットの受信間隔を含む。利用可能帯域計算手段 122 は、送受信手段 120 が受信した計測パケットの計測データに基づいて、利用可能帯域を計算する。より詳細には、利用可能帯域計算手段 122 は、計測パケット受信時の受信間隔と、計測パケット送信時の送信間隔とを比較する。利用可能帯域計算手段 122 は、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちで、パケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する。

【0041】

50

利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、計算した利用可能帯域を、計測データ記憶手段 1 2 3 に記憶する。また、利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、計算した利用可能帯域を、送受信手段 1 2 0 を介して、送信側装置 1 0 1 に送信する。送信側装置 1 0 1 の送受信手段 1 1 2 は、受信側装置 1 0 2 が送信した利用可能帯域の測定結果を受信する。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、送信時パケットトレインを示す図である。送信時パケットトレイン 1 5 0 は、送信側装置 1 0 1 で送信される計測パケットトレインである。ここでは、計測パケット生成手段 1 1 0 が生成する計測パケットの個数を  $N$  個 ( $N$  は 3 以上の整数) としている。パケット番号は、計測パケットを識別するための番号である。送信時パケットトレイン 1 5 0 は、時系列に並んだパケット番号 1 番から  $N$  番までの計測パケットで構成される。各計測パケットには、例えば、I P ( Internet Protocol ) パケットや U D P ( User Datagram Protocol ) パケットや R T P ( Real-time Transport Protocol ) パケットなどを用いることができる。

10

【 0 0 4 3 】

送信時パケットトレイン 1 5 0 にて、各計測パケットの送信間隔は、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶する送信間隔に等しい。つまり、隣接する計測パケット間の時間間隔は、等間隔である。パケット番号 1 番の計測パケットのパケットサイズは、パラメータ記憶手段 1 1 3 に記憶された最小パケットサイズに等しい。パケット番号 2 番の計測パケットのパケットサイズは、パケット番号 1 番の計測パケットのサイズよりも、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶するパケット増加サイズ分だけ大きい。以降、計測パケットのパケットサイズは、パケット番号が 1 つ増えるたびに、パケット増加サイズ分ずつ増加していく。計測パケット生成手段 1 1 0 は、各計測パケットに、パケット番号、パケットサイズ、および、送信間隔を含める。

20

【 0 0 4 4 】

図 7 は、受信時パケットトレインを示す図である。受信時パケットトレイン 1 6 0 は、受信側装置 1 0 2 が受信する計測パケットトレインを示す。送信時パケットトレイン 1 5 0 は、ネットワーク 1 0 3 を伝送され、受信時パケットトレイン 1 6 0 として、受信側装置 1 0 2 で受信される。受信時パケットトレイン 1 6 0 では、ある時点までは、計測パケットの受信間隔は、計測パケット送信時の送信間隔に等しい。しかし、計測パケットのパケットサイズが大きくなっていくと、ある時点で、計測パケットの受信間隔が、送信時の送信間隔よりも大きくなる。

30

【 0 0 4 5 】

利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、計測パケットの受信間隔が送信間隔よりも大きくなったとき、その計測パケットの 1 つ前に送信された計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する。計測パケットのパケットサイズは増加していくので、受信間隔が送信間隔よりも大きくなる計測パケットの 1 つ前に送信された計測パケットは、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちで、パケットサイズが最大の計測パケットに相当する。利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、受信間隔が送信間隔よりも大きくなる計測パケットの 1 つ前に送信された計測パケットのパケットサイズと送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する。

40

【 0 0 4 6 】

図 8 は、計測パケットの計測データの一例を示す図である。計測データ記憶手段 1 2 3 は、例えば図 8 に示すような構成で計測データを記憶する。計測データ記憶手段 1 2 3 は、送受信手段が受信した計測パケットのパケット番号、パケットサイズ、送信間隔、および、受信間隔を記憶する。受信間隔計測手段 1 2 1 は、送受信手段 1 2 0 が計測パケットを受信すると、受信された計測パケットに含まれるパケット番号、パケットサイズ、および、送信間隔を、計測データ記憶手段 1 2 3 のパケット番号、パケットサイズ、および、送信間隔に格納する。また、受信間隔計測手段 1 2 1 は、前回の計測パケット受信時刻と、今回の計測パケット受信時刻との差から計測パケットの受信間隔を求め、求めた受信間隔を、計測データ記憶手段 1 2 3 の受信間隔に格納する。

50

## 【 0 0 4 7 】

図 9 は、実施の形態 1 に係る利用可能帯域計測の動作の一例を示すフローチャートである。計測パケット生成手段 1 1 0 は、パケットトレインを構成する N 個の計測パケットを生成する（ステップ S 1 1）。計測パケット生成手段 1 1 0 は、パケットトレインの先頭であるパケット番号 1 番の計測パケットのパケットサイズを、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶する最小パケットサイズとする。計測パケット生成手段 1 1 0 は、パケット番号が 1 つ増えるたびに、計測パケットのパケットサイズを、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶するパケット増加サイズ分ずつ増加させる。一般化すれば、計測パケット生成手段 1 1 0 は、i 番目（ $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ）の計測パケットのパケットサイズを、

$$\text{パケットサイズ} = \text{最小パケットサイズ} + (i - 1) \times \text{パケット増加サイズ}$$

とする。計測パケット生成手段 1 1 0 は、各計測パケットに、パケット番号と、パケットサイズと、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶する送信間隔とを含める。

## 【 0 0 4 8 】

計測パケット送信手段 1 1 1 は、送受信手段 1 1 2 を介して、計測パケット生成手段 1 1 0 が生成した計測パケットを、1 つずつ順次に受信側装置 1 0 2 に向けて送信する（ステップ S 1 2）。その際、計測パケット送信手段 1 1 1 は、連続する計測パケット間の間隔が、パラメータ記憶手段 1 1 3 が記憶する送信間隔となるように、各計測パケットを順次に送信する。計測パケット送信手段 1 1 1 は、パケット番号に従って、パケット番号 1 番、パケット番号 2 番、 $\dots$ 、の順に、パケット番号 N 番の計測パケットまで、各計測パケットを等間隔で送信する。送信側装置 1 0 1 から送信された計測パケットは、ネットワーク 1 0 3 を通り、受信側装置 1 0 2 で受信される。

## 【 0 0 4 9 】

受信側装置 1 0 2 の送受信手段 1 2 0 は、計測パケットを受信する。受信間隔計測手段 1 2 1 は、送受信手段 1 2 0 が計測パケットを受信すると、受信された計測パケットに含まれるパケット番号、パケットサイズ、および、送信間隔を、計測データ記憶手段 1 2 3（図 8）に格納する。また、受信間隔計測手段 1 2 1 は、2 番目以降計測パケットに対し、その計測パケットの受信時刻と、1 つ前の計測パケットの受信時刻との差を受信間隔として求め、計測データ記憶手段 1 2 3 に格納する。利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、送受信手段 1 2 0 が計測パケットを受信するたびに、計測パケットの受信間隔と、計測パケットに含まれる送信間隔との大小関係を検査する（ステップ S 1 3）。

## 【 0 0 5 0 】

送信時パケットトレイン 1 5 0（図 6）では、計測パケットのサイズが徐々に増加するので、送信側装置 1 0 1 が受信側装置 1 0 2 に向けて送信するパケットの単位時間当たりのデータ量が徐々に増加していく。単位時間当たりのデータ量が増加し、送信側装置 1 0 1 から受信側装置 1 0 2 への通信経路で利用可能な帯域を超えると、受信側装置 1 0 2 で受信される計測パケットの受信間隔が、計測パケット送信時の送信間隔よりも大きくなる。そこで、利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、ステップ S 1 3 で計測パケットの受信間隔が送信間隔よりも大きいと判断すると、計測パケットのパケットサイズと送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する（ステップ S 1 4）。

## 【 0 0 5 1 】

利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、より詳細には、ステップ S 1 4 では、下記の手順で利用可能帯域を計算する。利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、まず、受信間隔が送信間隔よりも大きくなった計測パケットのパケット番号を調べる。受信間隔が送信間隔よりも大きくなる時のパケット番号を j とする。次いで、利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、計測データ記憶手段 1 2 3 から、パケット番号が j - 1 番の計測パケットのパケットサイズと送信間隔とを取得する。その後、利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、

$$\text{利用可能帯域} = (j - 1 \text{ 番目の計測パケットのパケットサイズ}) \div \text{送信間隔}$$

の計算式を用いて、利用可能帯域を計算する。利用可能帯域計算手段 1 2 2 は、送受信手段 1 2 0 を介して、計算した利用可能帯域を送信側装置 1 0 1 に送信する。

## 【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

利用可能帯域計算手段 122 は、計測パケットの受信間隔が、送信時の送信間隔と等しいときは、計測パケットのパケット番号が、N 番であるか否かを判断する（ステップ S15）。受信側装置 102 は、ステップ S15 で計測パケット番号が N 番でないと判断されたときは、ステップ S13 に戻り、次の計測パケットを受信する。利用可能帯域計算手段 122 は、計測パケット番号が N 番のとき、つまり、受信した計測パケットがパケットトレインの最後の計測パケットであったときは、送受信手段 120 を介して、利用可能帯域が計算不能である旨を送信側装置 101 に送信する（ステップ S6）。

#### 【0053】

本実施の形態では、送信側装置 101 は、パケットサイズが徐々に増加する計測パケットを、等間隔で受信側装置 102 に向けて送信する。受信側装置 102 は、計測パケットの受信間隔が送信間隔よりも大きくなる時点を検出し、その直前の計測パケットのパケットサイズと送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する。本実施の形態では、計測パケットの送信間隔は等間隔であり、パケットの個数（N 個）に比例した時間でパケットトレインを送り終えることができる。また、本実施の形態では、単一のパケットトレインを送信することで、利用可能帯域を求めることができる。従って、利用可能帯域を、短時間で計測することができる。

10

#### 【0054】

本実施の形態では、利用可能帯域を短時間で計測できるので、例えば、端末間で写真や資料などをリアルタイムに共有する場合に、写真や資料などの送信に掛かる時間の許容値以内に送信可能なデータ量を、短い待ち時間で事前に計算することができる。また、複数の端末をフルメッシュで接続して多者間音声会議やビデオ会議を開始する際に、1 本の音声や動画が消費する帯域が既知の固定値であるとして、何台までの端末が多者間音声会議やビデオ会議に参加できるかを、短い待ち時間で計算することができる。

20

#### 【0055】

前述の特許文献 2 では、テストデータ送信側の端末が、受信側の端末からテストデータに対する応答があるか否かを、テストごとに判断している。端末間の往復遅延時間（RTT）を R 秒とすると、特許文献 2 では、1 回のテストで応答が返ってくるまで R 秒待つ必要があり、N 回のテストでは  $N \times R$  秒も待つ必要がある。1 回のテストで応答が返ってこない場合には、タイムアウトするまで待つ必要があるので、タイムアウトまで T 秒かかるとすると、N 回テストするには、 $N \times T$  秒も待つ必要がある。従って、特許文献 2 では、短時間でテストを終えることはできない。

30

#### 【0056】

一方、本実施の形態 1 では、単一のパケットトレインの送信で、利用可能帯域を求めることができる。利用可能帯域の計測で用いるパケットトレインのパケット数を N 個とし、パケットの送信間隔を S 秒とすると、 $(N - 1) \times S + R$  秒で、利用可能帯域の計測を終えることができる。端末間の往復の遅延時間 R は、例えば県をまたいだ端末間では 10 ミリ秒オーダーの遅延時間となる。また、ping などでは、タイムアウトまでに通常数秒かかるので、タイムアウトまでの時間 T は例えば 3000 ミリ秒程度となる。N = 100 とすれば、特許文献 2 では、テストを終えるまでに、 $N \times R = 100 \times 10 = 1000$  ミリ秒、または、 $N \times T = 100 \times 3000 = 300000$  ミリ秒も掛かる。一方、本実施の形態では、パケットトレインにおけるパケット送信間隔  $S = 1$  ミリ秒とすれば、 $(N - 1) \times S + R = 99 \times 1 + 10 = 109$  ミリ秒で利用可能帯域を求めることができ、桁違いに短い時間で利用可能帯域の計測を終えることができることがわかる。

40

#### 【0057】

（実施の形態 2）

実施の形態 2 は、計測パケットのパケットサイズが順次減少する場合である。実施の形態 2 における送信側装置および受信側装置の構成は、図 5 に示す実施の形態 1 における送信側装置 101 および受信側装置 102 の構成と同様である。本実施の形態では、計測パケット生成手段 110 の動作が異なる。すなわち、実施の形態 1 では、計測パケット生成手段 110 は、最小パケットサイズから、パケット増加サイズずつ増加するパケットサイ

50

ズの計測パケットを生成した。本実施の形態2では、パラメータ記憶手段113に、最大パケットサイズとパケット減少サイズとを記憶しておき、計測パケット生成手段110は、最大パケットサイズから、パケット減少サイズずつ減少するパケットサイズの計測パケットを生成する。その他の点は、実施の形態1と同様である。

#### 【0058】

実施の形態2で用いるパケットトレインは、図6に示す送信時パケットトレイン150における計測パケットの並び順を逆にしたものに相当する。すなわち、パケット番号1番の計測パケットのパケットサイズが最も大きく、パケット番号が1つ増加するごとに、計測パケットのサイズがパケット減少サイズ分ずつ減少していき、パケット番号N番の計測パケットのパケットサイズが最も小さくなる。送信時パケットトレインとしてそのようなパケットトレインを用いた場合、受信側装置102側で受信される受信時パケットトレインでは、ある時点までは、計測パケットの受信間隔は、計測パケット送信時の送信間隔より大きく、ある時点以降は、受信間隔が送信間隔に等しくなる。

10

#### 【0059】

実施の形態2では、利用可能帯域計算手段122は、計測パケットの受信間隔が送信間隔と等しくなったとき、そのときの計測パケットのパケットサイズと送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する。つまり、利用可能帯域計算手段122は、受信間隔が送信間隔と等しくなる最初の計測パケットのパケットサイズと送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する。本実施の形態2でも用いるパケットトレインでは、計測パケットのパケットサイズは徐々に減少していくので、受信間隔と送信間隔とが等しくなる最初の計測パケットは、受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちで、パケットサイズが最大の計測パケットに相当する。本実施の形態2においても、実施の形態1と同様な効果が得られる。

20

#### 【0060】

なお、実施の形態1では、受信側装置102の送受信手段120は、計測パケットを受信するたびに、受信した計測パケットのパケット番号、パケットサイズ、送信間隔、および、受信間隔を計測データ記憶手段123に格納することとしたが、これには限定されない。利用可能帯域計算手段122は、受信間隔が送信間隔よりも大きくなった計測パケットの1つ前の計測パケットの計測データを用いて利用可能帯域を計算するので、計測データ記憶手段123には、N個の計測パケットの全てに対する計測データを記憶する必要はなく、1つ前に受信した計測パケットの計測データが記憶されていればよい。

30

#### 【0061】

また、実施の形態1では、送信間隔は一定の間隔なので、送受信手段120は、全ての計測パケットの送信間隔を、計測データ記憶手段123に記憶する必要はない。さらには、利用可能帯域の計算に必要な情報はパケットサイズと送信間隔との2つであるので、送受信手段120は、最低限、それら情報を計測データ記憶手段123に記憶すればよい。図9では、計測パケットを受信するたびに受信間隔と送信間隔とを比較したが、これには限定されない。例えば、利用可能帯域計算手段122は、パケットトレインを構成するN個の計測パケットの全て受信し終えた後に、計測データ記憶手段123を参照し、受信間隔が送信間隔よりも大きくなる計測パケットを特定して、利用可能帯域を計算してもよい。

40

#### 【0062】

図9のフローチャートでは、計測パケット生成手段110は、利用可能帯域の計測のたびに計測パケットを生成することとしているが、これには限定されない。例えば、計測パケット生成手段110が計測パケットを生成するのに代えて、事前に図示しない記憶装置に、パケットサイズが増加していく複数の計測パケットを記憶していてもよい。その場合、計測パケット送信手段111は、その記憶装置から計測パケットを読み出して、受信側装置102に向けて送信すればよい。

#### 【0063】

実施の形態1では、計測パケットのサイズを、パケット増加サイズずつ線形に増加させ

50

ることとしたが、これには限定されない。例えば、計測パケット生成手段 110 は、1 番目の計測パケットのパケットサイズを最小パケットサイズとし、パケット番号が 1 つ増加するたびに、パケットサイズが指数関数的に増加する計測パケットを生成してもよい。また、実施の形態 2 では、計測パケットのサイズを、パケット減少サイズずつ線形に減少させることとしたが、これには限定されない。例えば、計測パケット生成手段 110 は、1 番目の計測パケットのパケットサイズを最大パケットサイズとし、パケット番号が 1 つ増えるたびに、パケットサイズが指数関数的に減少する計測パケットを生成してもよい。

【0064】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 のネットワーク帯域計測システムでは、達成可能な UDP スループットを計測する。図 10 は、本発明の実施の形態 3 に係るネットワーク帯域計測システムの構成を示すブロック図である。実施の形態 3 における送信側装置 104 の構成は、図 5 に示す実施の形態 1 における送信側装置 101 の構成と同様である。実施の形態 3 では、計測パケットとして UDP パケットを用いる。

10

【0065】

実施の形態 3 における受信側装置 105 の構成は、図 5 に示す実施の形態 1 における受信側装置 102 の構成に対して受信レート算出手段 144 と達成可能 UDP スループット計算手段 145 が追加されている。受信側装置 104 の送受信手段 140、受信間隔計測手段 141 および利用可能帯域計算手段 142 は、実施の形態 1 と同様である。

【0066】

受信レート算出手段 144 は、計測データ記憶手段 143 に記憶された各計測パケットのパケットサイズを、受信間隔計測手段 141 が計測した各計測パケットの受信間隔で除算することにより、各計測パケットの受信レートを算出し、該受信レートを計測データ記憶手段 143 に記憶する。

20

【0067】

図 11 は、実施の形態 3 に係る計測データのデータ構造を示す図である。計測データ記憶手段 143 は、例えば図 11 に示すような構造で計測データを記憶する。図 11 の例では、図 8 に示す計測データに対して、各計測パケットの受信レートが追加されている。

【0068】

達成可能 UDP スループット計算手段 145 は、計測データ記憶手段 143 に記憶された各計測パケットの受信レートについて、受信レートを計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、受信レートが飽和したか否かを判断する。計測パケットをパケットサイズの小さいものから大きいものへ順に送信する場合は、受信した計測パケットの順に受信レートをみて、受信レートが飽和したか否かを判断する。逆に計測パケットをパケットサイズの大きいものから小さいものへ順に送信する場合は、受信した計測パケットの逆の順に受信レートをみて、受信レートが飽和したか否かを判断する。そして、受信レートが飽和したと判断したときの受信レートを達成可能 UDP スループットの計測値とする。

30

【0069】

受信レートが飽和したか否かを判断するには、例えば、受信レートを計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1 つ前の計測パケットの受信レートと比較し、パケットサイズの増分に対する受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、受信レートが飽和したと判断する。

40

【0070】

図 12 は、達成可能 UDP スループットの計算の仕組みを模式的に示す。図 12 (a) は、パケット番号に対する送信レートを示す。図 12 (b) は、パケット番号に対する受信レートを示す。図 12 では、計測パケットのパケットサイズは等差数列で、計測パケットは等間隔に送信されることを想定している。送信側装置 104 における各計測パケットの送信レートは、線形に増加する。そして、受信側装置 105 における各計測パケットの受信レートは、途中までは送信レートと同意に線形に増加する。しかし、利用可能帯域の

50

計測に用いられる、受信間隔が広がり始める計測パケット以降において、受信レートの増分が徐々に少なくなっていく。そして、受信レートが飽和して、増分の値が所定の閾値以下になる計測パケットを特定すれば、その計測パケットに対応する受信レートの値が、達成可能UDPスループットの計測値となる。

【0071】

計測パケットのパケットサイズが等差数列であっても、パケットサイズの大きいものから小さいものに順に送信する場合は、受信レートをパケットサイズの小さい計測パケットから順にみて、飽和したかどうかを判断すればよい。

【0072】

ここで、計測パケットのパケットサイズが等差数列でない場合に一般化して考える。図12(b)の横軸をパケットサイズ(に比例する)とみなすと、図12(b)は受信レートをパケットサイズの小さいものから順に並べてプロットしたと考えることができる。そのとき、各点の横軸方向の間隔は、パケットサイズの増分である。その順序で、1つ前の計測パケットの受信レートと比較し、パケットサイズの増分に対する受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、受信レートが飽和したと判断できることが見て取れる。

【0073】

したがって、計測パケットのパケットサイズが等差数列でなく、例えば指数関数的に増加または減少する場合でも、等差数列の場合と同じように飽和を判断できる。すなわち、受信レートをパケットサイズの小さい計測パケットから順にみて、パケットサイズの増分に対する受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、受信レートが飽和したと判断できる。パケットサイズが等差数列の場合は、各点の横軸方向の間隔はパケットサイズの増分に比例して一定なので、単純に受信レートの増分で飽和したかどうかを判断できる。

【0074】

図13は、実施の形態3に係る達成可能UDPスループット計測の動作の一例を示すフローチャートである。図13のステップS21～S26は、図9のステップS11～S16と同様である。利用可能帯域を計算したか、利用可能帯域が計算不能であると判断したところから説明する。

【0075】

受信レート算出手段144は、計測データ記憶手段143に記憶された各計測パケットのパケットサイズを、受信間隔計測手段141が計測した各計測パケットの受信間隔で除算することにより、各計測パケットの受信レートを算出し、該受信レートを計測データ記憶手段143に記憶する(ステップS27)。達成可能UDPスループット計算手段145は、計測データ記憶手段143に記憶された各計測パケットの受信レートについて、1つ前の計測パケットの受信レートと比較し、受信レートの増分が規定の閾値以下になったか否かを調べることで、受信レートの増分が飽和したか否かを判断する(ステップS28)。受信レートの増分が飽和したと判定した場合(ステップS28; Y)にはステップS29に進み、飽和していないと判断した場合(ステップS28; NO)にはステップS30に進む。

【0076】

達成可能UDPスループット計算手段145は、ステップS28において受信レートの増分が飽和したと判断された計測パケットを特定し、該計測パケットに対応する受信レートの値を、達成可能UDPスループットの計測値として決定し、該計測値を送信側装置104に返信する(ステップS29)。

【0077】

受信レートが飽和していないと判断した場合は(ステップS28; NO)、達成可能UDPスループット計算手段145は、計測パケットのパケット番号がN番であるか否か、すなわち最終計測パケットであるか否かを判断する(ステップS30)。計測パケット番号が最終でないと判断されたときは(ステップS30; N)、ステップS27に戻り、次の計測パケットの受信レートの増分が飽和したか否かを判断する。計測パケットがパケッ

10

20

30

40

50

トトレインの最後の計測パケットであったときは（ステップ S 3 0 ; Y）、送受信手段 1 4 0 を介して、達成可能 U D P スループットが計算不能である旨を送信側装置 1 0 4 に送信する（ステップ S 3 1）。

【 0 0 7 8 】

図 1 4 は、本発明の実施の形態に係る送信側装置または受信側装置の物理的な構成例を示すブロック図である。

【 0 0 7 9 】

送信側装置 1 0 1、1 0 4 または受信側装置 1 0 2、1 0 5 は、図 1 4 に示すように、制御部 4 1、主記憶部 4 2、外部記憶部 4 3、操作部 4 6、表示部 4 7 および送受信部 4 8 を備える。主記憶部 4 2、外部記憶部 4 3、操作部 4 6、表示部 4 7 および送受信部 4 8 はいずれも内部バス 4 0 を介して制御部 4 1 に接続されている。

10

【 0 0 8 0 】

制御部 4 1 は C P U (Central Processing Unit) 等から構成され、外部記憶部 4 3 に記憶されている制御プログラム 4 4 または 4 5 に従って、利用可能帯域計測または達成可能 U D P スループット計測のための処理を実行する。制御プログラム 4 4 は、送信側装置 1 0 1、1 0 4 の処理を実行するためのプログラムである。制御プログラム 4 5 は、受信側装置 1 0 2、1 0 5 の処理を実行するためのプログラムである。

【 0 0 8 1 】

主記憶部 4 2 は R A M (Random-Access Memory) 等から構成され、外部記憶部 4 3 に記憶されている制御プログラム 4 4 または 4 5 をロードし、制御部 4 1 の作業領域として用いられる。

20

【 0 0 8 2 】

外部記憶部 4 3 は、フラッシュメモリ、ハードディスク、D V D - R A M (Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、D V D - R W (Digital Versatile Disc Rewritable) 等の不揮発性メモリから構成され、上述の処理を制御部 4 1 に行わせるための制御プログラム 4 4 または 4 5 を予め記憶し、また、制御部 4 1 の指示に従って、この制御プログラム 4 4 または 4 5 が記憶するデータを制御部 4 1 に供給し、制御部 4 1 から供給されたデータを記憶する。

【 0 0 8 3 】

操作部 4 6 はキーボードおよびマウスなどのポインティングデバイス等と、キーボードおよびポインティングデバイス等を内部バス 4 0 に接続するインタフェース装置から構成されている。操作部 4 6 を介して、利用可能帯域計測または達成可能 U D P スループット計測を行う相手装置のアドレス、計測パケットのパケットサイズの初期値と増加分などが入力され、制御部 4 1 に供給される。

30

【 0 0 8 4 】

表示部 4 7 は、C R T (Cathode Ray Tube) または L C D (Liquid Crystal Display) などから構成され、利用可能帯域計測または達成可能 U D P スループット計測の結果などを表示する。

【 0 0 8 5 】

送受信部 4 8 は、無線送受信機、無線モデムまたは網終端装置、およびそれらと接続するシリアルインタフェースまたは L A N (Local Area Network) インタフェースから構成されている。送受信部 4 8 を介して、I P ネットワークに接続し、送信側装置 1 0 1、1 0 4 および受信側装置 1 0 2、1 0 5 の相互の通信を行う。

40

【 0 0 8 6 】

送信側装置 1 0 1、1 0 4 の計測パケット生成手段 1 1 0、1 3 0、計測パケット送信手段 1 1 1、1 3 1、送受信手段 1 1 2、1 3 2、およびパラメータ記憶手段 1 1 3、1 3 3 の処理は、制御プログラム 4 4 が、制御部 4 1、主記憶部 4 2、外部記憶部 4 3、操作部 4 6、表示部 4 7 および送受信部 4 8 などを資源として用いて処理することによって実行する。また、受信側装置 1 0 2、1 0 5 の送受信手段 1 2 0、1 4 0、受信間隔計測手段 1 2 1、1 4 1、利用可能帯域計算手段 1 2 2、1 4 2、計測データ記憶手段 1 2 3

50



、 143、受信レート算出手段144および達成可能UDPスループット計算手段145の処理は、制御プログラム45が、制御部41、主記憶部42、外部記憶部43、操作部46、表示部47および送受信部48などを資源として用いて処理することによって実行する。

【0087】

その他、前記のハードウェア構成やフローチャートは一例であり、任意に変更および修正が可能である。

【0088】

制御部41、主記憶部42、外部記憶部43、送受信部48および内部バス40などから構成される制御処理を行う中心となる部分は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。たとえば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM等）に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、前記の処理を実行する送信側装置101、104または受信側装置102、105を構成してもよい。また、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロード等することで送信側装置101、104または受信側装置102、105を構成してもよい。

10

【0089】

また、送信側装置101、104または受信側装置102、105の機能を、OS（オペレーティングシステム）とアプリケーションプログラムの分担、またはOSとアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。

20

【0090】

また、搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して配信することも可能である。たとえば、通信ネットワーク上の掲示板(BBS: Bulletin Board System)に前記コンピュータプログラムを掲示し、ネットワークを介して前記コンピュータプログラムを配信してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、OSの制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、前記の処理を実行できるように構成してもよい。

30

【0091】

以上、本発明をその好適な実施の形態に基づいて説明したが、本発明のネットワーク帯域計測システム、送信側装置、受信側装置、方法、および、プログラムは、上記実施の形態にのみ限定されるものではなく、上記実施の形態の構成から種々の修正および変更を施したものも、本発明の範囲に含まれる。

【0092】

上記の実施の形態の一部または全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

【0093】

(付記1) パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、所定の送信間隔で送信するステップと、

40

前記送信された計測パケットを受信し、該計測パケットの受信間隔を計測するステップと、

前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算するステップと、

を備えるネットワーク帯域計測方法。

【0094】

(付記2) 前記計測パケットごとのパケットサイズを、受信間隔計測手段が計測した前記計測パケットごとの受信間隔で除算することにより、前記計測パケットごとの受信レート

50

を算出するステップと、

前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップと、

前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したと判断したときの計測パケットの受信レートをを用いて達成可能UDPスループットを計算するステップと、

を備える付記1に記載のネットワーク帯域計測方法。

【0095】

(付記3) 前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップでは、前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1つ前の前記計測パケットの前記受信レートと比較し、前記パケットサイズの増分に対する前記受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、前記受信レートが飽和したと判断する、付記2に記載のネットワーク帯域計測方法。

10

【0096】

(付記4) 前記利用可能帯域を計算するステップでは、前記受信間隔と送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて利用可能帯域を計算する、付記1ないし3のいずれかに記載のネットワーク帯域計測方法。

【0097】

(付記5) 前記計測パケットを送信するステップでは、前記複数の計測パケットを等間隔で送信する、付記1ないし4のいずれかに記載のネットワーク帯域計測方法。

20

【0098】

(付記6) 前記計測パケットを送信するステップに先行して、パケットサイズが順次に増加する複数の計測パケットを生成するステップをさらに備える、付記1ないし5のいずれかに記載のネットワーク帯域計測方法。

【0099】

(付記7) 前記利用可能帯域を計算するステップでは、前記受信間隔が前記送信間隔よりも大きくなる計測パケットの1つ前に受信した計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、付記6に記載のネットワーク帯域計測方法。

30

【0100】

(付記8) 前記計測パケットを生成するステップでは、1番目の計測パケットのパケットサイズを所定の最小パケットサイズとし、2番目以降の計測パケットのパケットサイズを、1つ前の計測パケットのパケットサイズよりも所定のパケット増加サイズ分だけ大きなパケットサイズとする複数の計測パケットを生成する、付記6または7に記載のネットワーク帯域計測方法。

【0101】

(付記9) 前記計測パケットを生成するステップでは、1番目の計測パケットのパケットサイズを所定の最小パケットサイズとし、2番目以降の計測パケットのパケットサイズを、1つ前の計測パケットのパケットサイズに対して指数関数的に増加するパケットサイズとする複数の計測パケットを生成する、付記6または7に記載のネットワーク帯域計測方法。

40

【0102】

(付記10) 前記計測パケットを送信するステップに先行して、パケットサイズが順次に減少する複数の計測パケットを生成するステップをさらに備える、付記1ないし5のいずれかに記載のネットワーク帯域計測方法。

【0103】

(付記11) 前記利用可能帯域を計算するステップでは、前記受信間隔が前記送信間隔と等しくなる最初の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、付記10に記載のネットワーク帯域計測方法。

50

## 【 0 1 0 4 】

(付記 1 2) 前記計測パケットを生成するステップでは、1 番目の計測パケットのパケットサイズを所定の最大パケットサイズとし、2 番目以降の計測パケットのパケットサイズを、1 つ前の計測パケットのパケットサイズよりも所定のパケット減少サイズ分だけ小さなパケットサイズとする複数の計測パケットを生成する、付記 1 0 または 1 1 に記載のネットワーク帯域計測方法。

## 【 0 1 0 5 】

(付記 1 3) 前記計測パケットを生成するステップでは、1 番目の計測パケットのパケットサイズを所定の最大パケットサイズとし、2 番目以降の計測パケットのパケットサイズを、1 つ前の計測パケットのパケットサイズに対して指数関数的に減少するパケットサイズとする複数の計測パケットを生成する、付記 1 0 または 1 1 に記載のネットワーク帯域計測方法。

10

## 【 0 1 0 6 】

(付記 1 4) パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する計測パケット生成手段と、

前記計測パケット生成手段が生成した複数の計測パケットを所定の送信間隔で送信する計測パケット送信手段と、

前記送信された計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

前記送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

20

を備えるネットワーク帯域計測システム。

## 【 0 1 0 7 】

(付記 1 5) 前記計測パケットごとのパケットサイズを、受信間隔計測手段が計測した前記計測パケットごとの受信間隔で除算することにより、前記計測パケットごとの受信レートを算出する受信レート算出手段と、

前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したか否かを判断する飽和判定手段と、

前記飽和判定手段で前記受信レートが飽和したと判断したときの前記受信レートをを用いて達成可能 U D P スループットを計算するスループット計算手段と、

30

を備える付記 1 4 に記載のネットワーク帯域計測システム。

## 【 0 1 0 8 】

(付記 1 6) 前記飽和判定手段は、前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1 つ前の前記計測パケットの前記受信レートと比較し、前記パケットサイズの増分に対する前記受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、前記受信レートが飽和したと判断する、付記 1 5 に記載のネットワーク帯域計測システム。

## 【 0 1 0 9 】

(付記 1 7) 前記利用可能帯域計算手段は、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちで前記パケットサイズが最大の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、付記 1 4 ないし 1 6 のいずれかに記載のネットワーク帯域計測システム。

40

## 【 0 1 1 0 】

(付記 1 8) 前記計測パケット生成手段は、前記パケットサイズを指数関数的に増加または減少させる、付記 1 4 ないし 1 7 のいずれかに記載のネットワーク帯域計測システム。

## 【 0 1 1 1 】

(付記 1 9) 前記計測パケット生成手段は、前記パケットサイズを順次に増加させた計測パケットを生成し、

前記利用可能帯域計算手段は、前記受信間隔が前記送信間隔よりも大きくなる計測パケ

50

ットの1つ前に受信した計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、付記14ないし18のいずれかに記載のネットワーク帯域計測システム。

【0112】

(付記20) 前記計測パケット生成手段は、前記パケットサイズを順次に減少させた計測パケットを生成し、

前記利用可能帯域計算手段は、前記受信間隔が前記送信間隔と等しくなる最初の計測パケットのパケットサイズと前記送信間隔とに基づいて、利用可能帯域を計算する、付記14ないし18のいずれかに記載のネットワーク帯域計測システム。

【0113】

(付記21) パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する計測パケット生成手段と、

前記計測パケット生成手段が生成した複数の計測パケットを所定の送信間隔で送信する計測パケット送信手段と、

を備える送信側装置。

【0114】

(付記22) パケットサイズが順次に増加または減少し、所定の送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する受信間隔計測手段と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する利用可能帯域計算手段と、

を備える受信側装置。

【0115】

(付記23) コンピュータに、

パケットサイズを順次に増加または減少させた複数の計測パケットを生成する処理と、前記複数の計測パケットを所定の送信間隔で送信する処理と、

を実行させるプログラム。

【0116】

(付記24) コンピュータに、

パケットサイズが順次に増加または減少し、所定の送信間隔で送信される複数の計測パケットを受信し、計測パケットの受信間隔を計測する処理と、

前記計測パケットの送信間隔と前記計測した受信間隔とを比較し、前記受信間隔と前記送信間隔とが等しい計測パケットのうちでパケットサイズが最大の計測パケットを用いて利用可能帯域を計算する処理と、

を実行させるプログラム。

【0117】

(付記25) パケットサイズが順次に増加または減少する複数の計測パケットを、所定の送信間隔で送信するステップと、

前記送信された計測パケットを受信し、該計測パケットの受信間隔を計測するステップと、

各計測パケットのパケットサイズを、受信間隔計測手段が計測した各計測パケットの受信間隔で除算することにより、各計測パケットの受信レートを算出するステップと、

前記受信レートを前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップと、

前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、前記受信レートが飽和したと判断したときの計測パケットの受信レートをを用いて達成可能UDPスループットを計算するステップと、

を備えるネットワーク帯域計測方法。

【0118】

(付記26) 前記受信レートが飽和したか否かを判断するステップでは、前記受信レート

10

20

30

40

50

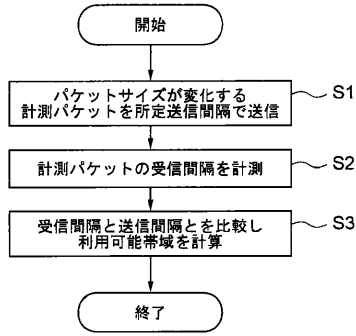
を前記計測パケットのパケットサイズの小さいものから順にみて、1つ前の前記計測パケットの前記受信レートと比較し、前記パケットサイズの増分に対する前記受信レートの増分が所定の閾値以下になった場合に、前記受信レートが飽和したと判断する、付記25に記載のネットワーク帯域計測方法。

【符号の説明】

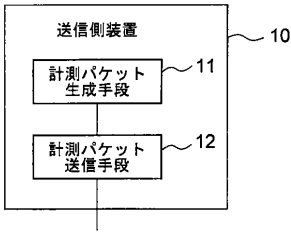
【0119】

10	送信側装置	
11	計測パケット生成手段	
12	計測パケット送信手段	
20	受信側装置	10
21	受信間隔計測手段	
22	利用可能帯域計算手段	
40	内部バス	
41	制御部	
42	主記憶部	
43	外部記憶部	
44	制御プログラム(送信側装置)	
45	制御プログラム(受信側装置)	
46	操作部	
47	表示部	20
48	送受信部	
101	送信側装置	
102	受信側装置	
103	ネットワーク	
104	送信側装置	
105	受信側装置	
106	ネットワーク	
110	計測パケット生成手段	
111	計測パケット送信手段	
112	送受信手段	30
113	パラメータ記憶手段	
120	送受信手段	
121	受信間隔計測手段	
122	利用可能帯域計算手段	
123	計測データ記憶手段	
130	計測パケット生成手段	
131	計測パケット送信手段	
132	送受信手段	
133	パラメータ記憶手段	
140	送受信手段	40
141	受信間隔計測手段	
142	利用可能帯域計算手段	
143	計測データ記憶手段	
144	受信レート算出手段	
145	達成可能UDPスループット計算手段	
150	送信時パケットトレイン	
160	受信時パケットトレイン	

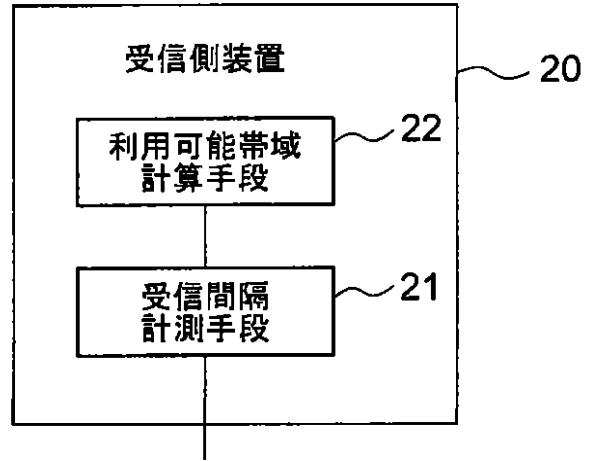
【図1】



【図2】



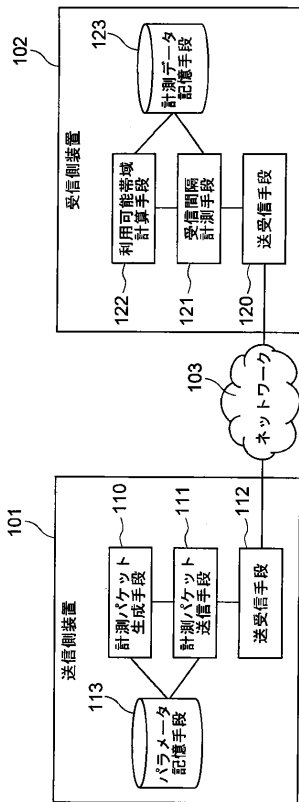
【図3】



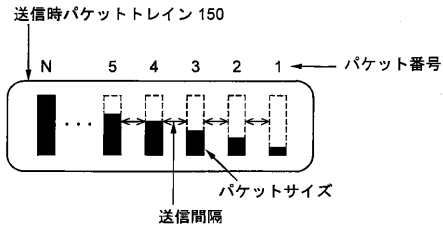
【図4】



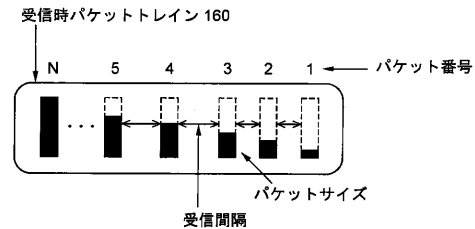
【図5】



【図6】



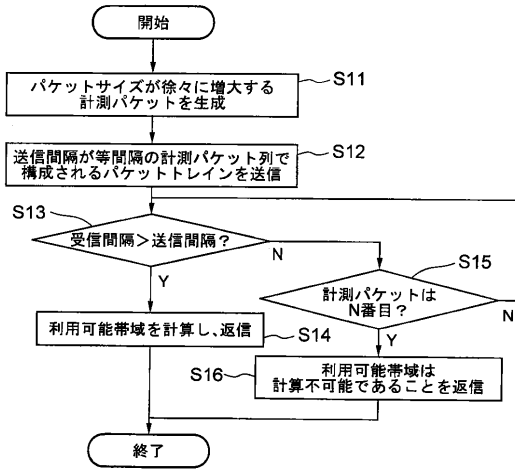
【図7】



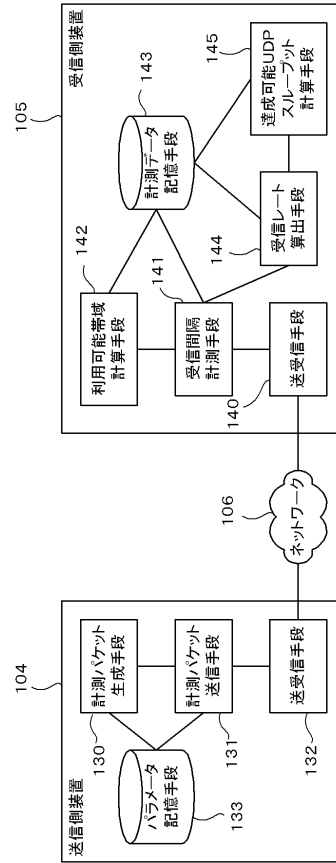
【図8】

パケット番号	パケットサイズ	送信間隔	受信間隔
1			
2			
3			
4			
⋮			
N			

【図9】



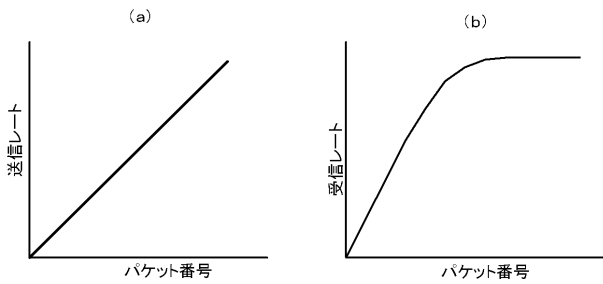
【図10】



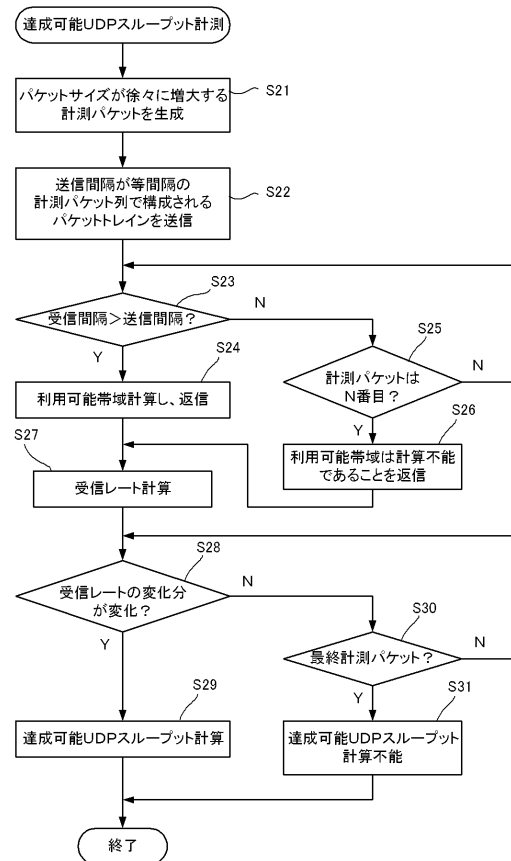
【図11】

パケット番号	パケットサイズ	送信間隔	受信間隔	受信レート
1				
2				
3				
4				
⋮				
N				

【図12】



【図13】



【 図 1 4 】

