

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3662907号
(P3662907)

(45) 発行日 平成17年6月22日(2005.6.22)

(24) 登録日 平成17年4月1日(2005.4.1)

(51) Int.Cl.⁷

F I

H 0 4 L 12/56

H 0 4 L 12/56

Z

H 0 4 L 29/08

H 0 4 L 13/00

3 0 7 C

請求項の数 5 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2002-528967 (P2002-528967)
 (86) (22) 出願日 平成13年8月10日 (2001.8.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2001/006959
 (87) 国際公開番号 W02002/025878
 (87) 国際公開日 平成14年3月28日 (2002.3.28)
 審査請求日 平成14年5月13日 (2002.5.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-288348 (P2000-288348)
 (32) 優先日 平成12年9月22日 (2000.9.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-374857 (P2000-374857)
 (32) 優先日 平成12年12月8日 (2000.12.8)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-51037 (P2001-51037)
 (32) 優先日 平成13年2月26日 (2001.2.26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100077931
 弁理士 前田 弘
 (74) 代理人 100094134
 弁理士 小山 廣毅
 (72) 発明者 伊藤 智祥
 日本国大阪府枚方市山田池東町46-2-405
 (72) 発明者 山口 孝雄
 日本国京都府相楽郡精華町桜が丘4-7-10
 (72) 発明者 佐藤 潤一
 日本国奈良県奈良市左京2-3-1
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ送受信方法、送信装置、受信装置、送受信システム、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信端末と受信端末との間の伝送路上に設けられた中間ノードのうちの全部または一部の
 中間ノードにおけるデータの受信および／または送信の状態に基づいて、前記送信端末か
 らの伝送レートを決定するデータ送受信方法であって、

前記全部または一部の中間ノードと前記送信端末との間の往復伝播遅延時間、往復伝播遅
 延時間の揺らぎ、中間ノードでのパケットロス、中間ノードのリンクの帯域、過去の伝送
 レートの少なくとも1つに基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定することとし

、
 前記往復伝播遅延時間、前記往復伝播遅延時間の揺らぎ、前記中間ノードでのパケットロ
 スのうち少なくとも1つ以上の情報を前記送信端末が取得する際に、前記情報の取得が可
 能な送信端末を前記中間ノードで制限することを特徴とするデータ送受信方法。

【請求項2】

請求項1記載のデータ送受信方法を実現するための受信装置。

【請求項3】

送信端末と受信端末との間の伝送路上に設けられた中間ノードのうちの全部または一部の
 中間ノードにおけるデータの受信および／または送信の状態に基づいて、前記送信端末か
 らの伝送レートを決定するデータ送信装置であって、

前記全部または一部の中間ノードと前記送信端末との間の往復伝播遅延時間、往復伝播遅
 延時間の揺らぎ、中間ノードでのパケットロス、中間ノードのリンクの帯域、過去の伝送

10

20

レート of の少なくとも 1 つに基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定する伝送レート決定手段と、

前記往復伝播遅延時間、前記往復伝播遅延時間の揺らぎ、前記中間ノードでのパケットロス of のうち少なくとも 1 つ以上の情報を前記送信端末が取得する際に、前記情報の取得が可能な送信端末を前記中間ノードで制限する端末制御手段とを備えることを特徴とするデータ送信装置。

【請求項 4】

送信端末と受信端末との間の伝送路上に設けられた中間ノード of のうちの全部または一部の中間ノードにおけるデータの受信および／または送信の状態に基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定するように構成されたデータ送受信システムであって、

10

前記全部または一部の中間ノードと前記送信端末との間の往復伝播遅延時間、往復伝播遅延時間の揺らぎ、中間ノードでのパケットロス、中間ノード of のリンクの帯域、過去の伝送レート of の少なくとも 1 つに基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定することとし

、
前記往復伝播遅延時間、前記往復伝播遅延時間の揺らぎ、前記中間ノードでのパケットロス of のうち少なくとも 1 つ以上の情報を前記送信端末が取得する際に、前記情報の取得が可能な送信端末を前記中間ノードで制限することを特徴とするデータ送受信システム。

【請求項 5】

送信端末と受信端末との間の伝送路上に設けられた中間ノード of のうちの全部または一部の中間ノードにおけるデータの受信および／または送信の状態に基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定するデータ送受信方法をコンピュータにより実行させるためのプログラムであって、

20

前記全部または一部の中間ノードと前記送信端末との間の往復伝播遅延時間、往復伝播遅延時間の揺らぎ、中間ノードでのパケットロス、中間ノード of のリンクの帯域、過去の伝送レート of の少なくとも 1 つに基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定することとし

、
前記往復伝播遅延時間、前記往復伝播遅延時間の揺らぎ、前記中間ノードでのパケットロス of のうち少なくとも 1 つ以上の情報を前記送信端末が取得する際に、前記情報の取得が可能な送信端末を前記中間ノードで制限することを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

〔技術分野〕

本発明は、例えばインターネットなどを利用したデータの送受信における、有線、無線が混在した、帯域が非常に大きく変動する環境下でのデータ送受信方法、送信装置、受信装置、送受信システム、およびプログラムに関するものである。

【0002】

〔背景技術〕

イントラネット、インターネットといった、IP (Internet Protocol) ネットワーク上では、接続形態により利用可能な帯域が数 Kbps ～数百 Mbps と大きく異なる。しかも、他のフローの影響により、利用可能な帯域が時間的に変動する。このようなネットワークを用いて安定した通信品質を提供するためには、通信経路において確保できる伝送帯域の最大値を見積もり (帯域推定と呼ぶ)、帯域 of の時間的な変動に応じて送信端末からのデータの伝送レートを変更する (伝送レート制御と呼ぶ) ことが必要となる。特に、UDP (User Datagram Protocol) パケットを用いたデータ伝送は、TCP (Transmission Control Protocol) と異なりトランスポート層においてフロー制御を行わないため、アプリケーション層においてデータの伝送レートを制御する必要がある。さらに、より伝送品質を向上させたい場合には、ルータなどの伝送路上の中間ノードでの帯域保証などが必要になる。

40

【0003】

以下では、(1) 帯域推定、(2) 伝送レート制御、(3) 帯域保証について、従来の技

50

術を述べる。

【0004】

(1) 帯域推定の従来技術

帯域推定の従来技術は、大きく分けて、パスチャ (pathchar) 方式と、ペアパケット (Pair Packet) 方式とが存在する。以下、pathchar方式とPair Packet方式をそれぞれ説明する。

【0005】

(i) pathchar方式；通信経路における帯域推定方法の1つとして、pathcharが提供されている。これはtracerouteと同様、TTL (Time To Live) フィールドをnにしたパケットを送出することにより、経路上のn番目のルータにICMP (Internet Control Message Protocol) パケットのTTL Expiredメッセージを送信させることで各ルータとの往復伝播遅延時間 (RTT: Round Trip Time) を計測するものである (A. B. Downey et al., "Using pathchar estimate Internet link characteristics", ACM SIGCOMM '99)。

【0006】

pathcharによる帯域推定は多くのRTTデータから統計処理によって帯域を推定する。pathcharは、さらにこの統計処理方法を工夫することにより、精度向上とともに推定した帯域の信頼度を計算することができる。

【0007】

(ii) Pair Packet方式；Pair Packet方式による帯域推定は以下のように行われる。すなわち、送信端末は、帯域推定用パケットを連続して受信端末に送信する。帯域推定用パケットは、リンクのパケット処理速度の違いから、ボトルネックリンクを通過したあとに、パケット間に間隔が発生する。この間隔を測定し、帯域推定用パケットのサイズを用いてボトルネックリンクの帯域を計算する (R. L. Carter et al., "Measuring Bottleneck Link Speed in Packet-Switched Networks", Technical Report BU-CS-96-006, Computer Science Department, Boston University, March 1996)。

【0008】

(2) 伝送レート制御の従来技術

従来のUDPパケットの伝送レート制御の例として、DAA (Direct Adjustment Algorithm) 方式を挙げることができる (D. Sisalem et al., "The Direct Adjustment Algorithm: A TCP-Friendly Adaptation Scheme", Technical Report GMD-FOKUS, August 1997. Available from <http://www.fokus.gmd.de/usr/sisalem>)。また、LDA (Loss-Delay Based Adjustment Algorithm) 方式を挙げることができる (D. Sisalem et al., "The Loss-Delay Based Adjustment Algorithm: A TCP-Friendly Adaptation Scheme", in the proceedings of NOSSDAV'98, July, Cambridge, UK)。DAA方式やLDA方式では、データのロス率をRTPC (RTP Control Protocol) を用いて受信端末から送信端末にフィードバックし、パケットロス率や受信端末の受信レートなどに基づいてデータの伝送レートを変更する。

【0009】

また、送信端末から受信端末までの伝送路に1つの仮想バッファがあるものとみなし、仮想バッファ内に残留しているデータ量を目標バッファ量に近づけるように伝送レートを調整する方式もある (日本国特開平11-308271号公報)。

【0010】

決定された伝送レートに基づいて送信するデータ量を調整する方法は、リアルタイムデータを送信する場合と、蓄積データを送信する場合とで異なる。例えば、監視カメラの映像を直接配信するようなリアルタイムデータの配信では、エンコーダに直接符号化レートを指示することが可能である。蓄積データの場合には、映像がすでに符号化されているため符号化レートを指示することはできない。したがって、蓄積データの場合には、異なる符号化レートで同一のデータを符号化しておき、決定した伝送レートに最も近い伝送レートで配信する方法が適用されている。例えば、RealVideoは、この方式を採用している (<http://service.jp.real.com/help/faq/surestream.html>)。

10

20

30

40

50

【0011】

その他、符号化したデータを間引く（映像データならば、フレームを間引くなど）処理を行って配信するか、一旦映像データを復号して指定された符号化レートに符号化しなおすなどの方法により、データ送信量を伝送レートにあわせる方法が考えられている。

【0012】

(3) 帯域保証の従来技術

F T T H (Fiber To The Home) では、最低利用できる帯域の保証と、最大限利用できる帯域を限定する方式が提案されている。

【0013】

従来技術は以上のとおりであるが、インターネットのような、様々な接続形態が存在し、しかも伝送帯域が変動する伝送路において、安定した伝送品質でデータ伝送を行うことは、上記の従来技術だけでは困難である。例えば、上記従来技術には次に述べるような課題があった。

10

【0014】

〈課題1〉

pathchar方式は、32バイトから1472バイトまで32バイト間隔で46種類のサイズのパケットを送信するという1セットを、32セット繰り返す。したがって、リンクの帯域を1箇所測定するのに、1472パケットを送信することになり、推定に多くの時間を要することになる。

【0015】

20

〈課題2〉

Pair Packet方式を実際に帯域推定に利用する場合は、帯域推定用のパケットを本来送信したいデータパケットのほかに送信することとなり、伝送帯域を無駄に浪費することとなる。また、実際に帯域推定を行う場合には、帯域推定用のプロトコルをデータパケット送信用のプロトコルとは別に送受信端末に備える必要がある。

【0016】

〈課題3〉

D A A方式やL D A方式は、伝送レートの計算にパケットのロス率を用いている。これらの方式のように、ロス率に基づいて伝送レート制御を行う方式は、イーサネット (Ethernet) やマルチキャストでは有効である。しかしながら、I Pネットワーク上でのエンド-エンド間の通信で、狭帯域の伝送路を利用した場合には、パケットロスの発生から伝送レートの変更までに長時間を要することになる。パケットロスはボトルネックリンクのバッファオーバーフローにより発生するため、受信端末にパケットロスの情報が伝送されるのはオーバーフローしたバッファ内の全てのデータが伝送されるまでかかるからである。

30

【0017】

一方、仮想バッファにバッファリングされているデータ量の計算にR T Tを用いる手法によれば、バッファオーバーフローが発生する前に伝送レートを調整することができるはずである。しかしながら、伝送路上にある複数のバッファを1つの仮想バッファに近似してしまうため、送信データが複数のバッファに分散している場合と、1つのバッファに集中している場合と、どちらの場合についても同じ動作を行うことになる。このような動作は、データのスループットを向上させたい場合には問題となる。

40

【0018】

例えば、複数のバッファに送信データが分散してバッファリングされている場合には、個々のバッファに残留するデータ量が少なく、バッファに余裕があるため、目標バッファ量を大きく設定することでスループットを向上させることができる。また、1つのバッファに集中して送信データがバッファリングされている場合は、バッファに余裕がないため、目標バッファ量を大きく設定してしまうと、バッファオーバーフローが発生し、パケットロスが増大することとなる。

【0019】

したがって、複数のバッファに分散してデータがバッファリングされている場合と、1つ

50

のバッファのみに集中してデータがバッファリングされている場合とで動作を切り替える必要があるが、1つの仮想バッファを考慮するのみでは、動作の切り替えは不可能である。

【0020】

〈課題4〉

パケットロスが発生した場合には、パケットロスに基づいて伝送レートを変更し、パケットロスが発生していない場合には、レート制御方式の切り替えなどを行うことにより、パケットロスの発生に対して俊敏に対応することができる。しかしながら、そのための具体的な方法は、現在のところ提案されていない。

【0021】

また、前述の課題3に述べたように、Ethernetやマルチキャストといったネットワークでは、パケットロスに基づいて伝送レート制御を行う方が効果的であるのに対し、エンドーエンド間の通信で、帯域ギャップの大きな伝送路を利用した場合には、前述のような方法を用いた方が効果的である。

【0022】

このように、伝送路や配送方式によって適したレート制御方式が異なるが、伝送路や配送方式に応じて伝送レート制御を切り替える方式は、提案されていない。

【0023】

〈課題5〉

一般に伝送レート制御を行う際には、伝送レートの初期値が問題となる。初期値を大きくし過ぎてしまうと、パケットロスが発生し、初期値を小さくし過ぎると、初期段階で帯域を有効に利用できない。

【0024】

〈課題6〉

F T T Hなどでは、伝送すべきコンテンツ（映像、音声、データなど）の符号化レート、バッファリング時間、伝送レートに関しては、考慮されていなかった。そのため、伝送するコンテンツによっては、伝送品質が著しく劣化してしまっていた。

【0025】

〈課題7〉

送信端末からのデータ伝送を受信端末で制御するプロトコルとして、R T S P（H. Schulzrinne et al., "Real Time Streaming Protocol", RFC 2326, Internet Engineering Taskforce, Apr. 1998）がある。このプロトコルでは、受信端末がデータ送信の開始、停止などを送信端末に要求し、送信端末が要求に応じてデータ送信の開始、停止を行うことができる。しかしながら、従来の伝送路では、パケットはF I F O（First-In First-Out）キューに入力され、キューがいっぱいで入力できない場合にパケットを廃棄するのが一般的であったため、伝送路が輻輳している場合には、受信端末からの要求が輻輳により遅延、もしくはロスし、データの送信の開始、停止が遅延するという問題があった。特に、受信端末主導で輻輳回避を行うために、異なる伝送レートの映像をR T S Pを用いて切り替えるような場合には、受信端末からのデータ送信の開始、停止は低遅延かつ確実に行われる必要がある。データ送信の停止が遅れると、輻輳がさらに悪化し、データ送信の開始が遅れると、受信端末で映像が途切れる結果となる。

【0026】

T C Pに関しても、制御パケット（S Y N、F I Nパケットなど）とデータパケットの区別なく廃棄されると、セッションの確立、開放が遅れることになり、伝送効率の面で問題となる。

【0027】

〈課題8〉

有線網と無線網とが相互に接続されたネットワークにおいて、例えば有線網に存在するA Vサーバから無線網に存在する端末に対してA Vデータを伝送する場合、有線網の輻輳を回避するために伝送レート制御が必要である。しかしながら、受信端末において、有線網

10

20

30

40

50

で発生する輻輳によるパケットロスと無線網で発生する伝送エラーによるパケットロスとを区別することは困難であるため、このような伝送路ではパケットロスに基づいた伝送レート制御方式を適用しても、適切な伝送レート制御を行うことができなかった。輻輳が原因でパケットロスした場合は、輻輳回避のために伝送レートを下げる必要があるが、伝送エラーによるパケットロスに関しては、伝送レートを下げてもパケットロス率が変化しないため、伝送レートを下げる必要はない。

【0028】

さらに、送信端末－受信端末間のR T Tに基づく伝送レート制御方式を適用した場合でも、無線網のR T Tが、リンクレイヤレベルでの再送や、ハンドオーバ、ヘッダ圧縮などの処理によって大きく揺らぐため、正確な伝送レート制御は困難であった（西田「無線ネットワークにおけるT C Pの改善に関する考察」，モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会予稿集14－6，pp.39-45，情報処理学会，2000年9月）。

10

【0029】

〔発明の開示〕

本発明は、このような従来の課題を考慮し、インターネットのような、様々な接続形態が存在し、しかも伝送帯域が変動する伝送路において（特に、従来安定した伝送品質でデータ伝送を行うことが困難であった有線網、無線網の混在する接続形態において）、安定した伝送品質でデータ伝送を行うことを目的とする。

【0030】

この目的を達成するため、本発明に係るデータ送受信方法は、送信端末と受信端末との間の伝送路上に設けられた中間ノードのうちの全部または一部の中間ノードにおけるデータの受信および／または送信の状態に基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定することとしたものである。しかも、前記全部または一部の中間ノードと前記送信端末との間の往復伝播遅延時間、往復伝播遅延時間の揺らぎ、中間ノードでのパケットロス、中間ノードのリンクの帯域、過去の伝送レートの少なくとも1つに基づいて、前記送信端末からの伝送レートを決定することとし、前記往復伝播遅延時間、前記往復伝播遅延時間の揺らぎ、前記中間ノードでのパケットロスのうち少なくとも1つ以上の情報を前記送信端末が取得する際に、前記情報の取得が可能な送信端末を前記中間ノードで制限するものである

20

。

【0034】

〔発明を実施するための最良の形態〕

以下では、本発明に係る実施の形態について、図面を参照しつつ説明を行う。

【0035】

〈実施の形態1〉

本実施の形態は、各中間ノードの送信または受信の状態に基づいて伝送レートを決定する伝送レート制御方式に関し、主として前述の課題3および5を解決するためのものである。

【0036】

図1は、本実施の形態における全体像を表す図である。送信端末10において、データ送信部100は、キャプチャ、マイク、ファイルといった入力からデータを受け取り、必要なら符号化し、必要ならパケット化して受信端末11にデータパケット送信する手段である。また、送信されたデータパケットのデータ量を測定する手段でもある。また、伝送レート決定部104により決定された伝送レートに基づき、データパケットの伝送レートを調整する手段でもある。データパケットの送信用プロトコルとしては、R T P（Real Time Transport Protocol）といったデータ送信用プロトコルを想定している。

40

【0037】

制御情報送受信部101は、データパケットに関する制御情報を受信端末11と送受信する手段である。制御情報としては、パケットロス率、R T T、受信端末11が受信したデータパケットの最大シーケンス番号といった情報を想定している。制御情報送信用のプロトコルとしては、R T C P（RTP Control Protocol）といったデータ伝送制御用プロト

50

コルを想定している。

【0038】

伝播遅延測定部102は、中間ノード12、13、14、もしくは受信端末11に対して、例えばPING (Packet Internet Groper) パケットといったRTTの測定可能なパケット (RTT測定パケット) を送信し、RTTを測定する手段である。RTT測定パケットは、全ての中間ノード12～14および受信端末11に送信してもよいし、過去の測定結果に基づいて、データパケットの残留している可能性の高い中間ノードにのみ送信してもよい。また、指定された閾値より狭いリンク帯域を持つ中間ノードに送信することとしてもよい。RTT自体に代えてRTTの揺らぎを、伝播遅延測定部102が測定することとしてもよい。

10

【0039】

帯域情報取得部103は、伝送経路上の、送信端末ー中間ノード間、中間ノードー中間ノード間、受信端末ー中間ノード間のリンクの帯域 (帯域情報と呼ぶ) を取得する手段である。取得方法としては、例えばSNMP (Simple Network Management Protocol) といった機器管理用プロトコルを用いて中間ノードからリンクの帯域情報を取得してもよいし、pchar、pathchar、後述の実施の形態8に示す方法といった、帯域推定方法を用いてもよい。なお、この帯域情報取得部103は、ボトルネックとなるリンクを検出するための手段であるため、ネットワークの構成が明らかであり、ボトルネックリンクがわかっており、かつボトルネックリンクの帯域がわかっているかボトルネックリンクの帯域を知る必要がない場合は備えていなくともよい。

20

【0040】

伝送レート決定部104は、データ送信部100、制御情報送受信部101、伝播遅延測定部102、帯域情報取得部103より得られる、受信端末11および中間ノード12～14との間のRTT、帯域情報、送信したデータパケットのデータ量、各中間ノードに残留している送信データ量などに基づき、データパケットの伝送レートを決定する手段である。

【0041】

端末制御部105は、これら各部を制御する手段である。

【0042】

受信端末11において、データ受信部110は、送信端末10からのデータパケットを受信し、必要ならパケットをほどこし、必要なら復号化し、モニタ、スピーカ、ファイルといった出力にデータを渡す手段である。

30

【0043】

制御情報送受信部111は、データパケットに関する制御情報を送信端末10と送受信する手段である。

【0044】

伝播遅延測定応答部112は、伝播遅延測定部102から送信されるPINGパケットといったRTT測定パケットに対して応答パケットを送信する手段である。制御情報送受信部111においてRTTが測定可能な場合 (例えば、制御情報送信用プロトコルにTCPを用いた場合など) には、伝播遅延測定応答部112は備えていなくともよい。

40

【0045】

帯域推定応答部113は、送信端末10からの帯域推定用パケットに応答する手段である。帯域情報取得部103が、SNMPといった機器管理用プロトコルを用いて中間ノード12～14からリンクの帯域情報を取得する場合には、帯域推定応答部113は備えていなくともよい。また、送信端末10が帯域情報取得部103を備えていない場合にも、帯域推定応答部113を備えていなくともよい。

【0046】

端末制御部114は、受信端末11における各部を制御する手段である。

【0047】

中間ノード12は、IPルータのように、受信したデータパケットをあて先に転送するノ

50

ードである。また、(1) 送信する先のリンクの帯域よりも到着レートが高い場合には、データパケットをバッファリングすること、(2) 帯域情報通知のための機器管理プロトコルを備える、もしくは帯域推定用パケットに応答すること(送信端末10が帯域情報取得部103を備えていない場合には不要)、(3) 認証された、つまり接続が許可された送信端末10からのRTT測定パケットに応答することを想定している。

【0048】

なお、上記(3)に関して、送信端末を認証する方法としては、RTT測定パケットに回答する送信端末のIPアドレスを登録しておき、RTT測定パケットを受信した際にIPアドレスを確認し、登録されている送信端末にのみ応答するという方法を用いる。

【0049】

図2は、本実施の形態における、送信端末10の動作を表すフローチャートである。送信端末10は、データを送信する前に帯域情報を取得する(ステップ200)。このステップは、帯域情報取得部103によって行われる。予めボトルネックとなる中間ノードがわかっており、かつボトルネックリンクの帯域がわかっているかボトルネックリンクの帯域の情報が伝送レートを決定する際に不要である場合には、このステップは不要である。

【0050】

続いて、取得した帯域情報に基づき、データパケットの伝送レート R_{snd} の初期値を決定し、現在の時刻と、制御情報パケットの送信間隔 $Interval$ に基づき、制御情報パケットを送信する時刻 T_{snd} を決定する(ステップ201)。伝送レートの初期値は、ステップ200で得られた帯域情報を用いて、最も狭いリンクの帯域の値とする。これは、課題5
20の解決にあたる。ステップ200を省いたため、ボトルネックリンクの帯域がわからない場合は、最低伝送レートなどで送信を開始する。伝送レートの初期値の決定は、伝送レート決定部104によって行われ、制御情報パケットの送信時刻の決定は、制御情報送受信部101によって行われる。

【0051】

続いて、データパケットの送信を開始する(ステップ202)。このステップは、データ送信部100によって行われる。制御情報パケットの送信時刻になった場合には、RTT測定パケットと制御情報パケットを送信する(ステップ203)。RTT測定パケットは、伝播遅延測定部102によって送信され、制御情報パケットは、制御情報送受信部101によって送信される。また、RTT測定パケットの応答が受信された場合には、測定結果を記録する(ステップ204)。このステップは、伝播遅延測定部102によって行われる。また、受信端末11から制御情報パケットを受信した場合には、送信したデータパケットのデータ量、帯域情報、測定されたRTTから、次の伝送レート R_{new} を決定する(ステップ205)。このステップの動作は、伝送レート決定部104によって行われる。送信端末10は、ステップ203からステップ205を繰り返し、伝送レートを更新していく。

【0052】

図3は、図2において、伝送レートを決定するステップ(ステップ205)の送信端末10の動作を表すフローチャートである。この動作は、伝送レート決定部104によって行われる。

【0053】

送信端末10と受信端末11との間に、N個の中間ノードが存在するものとして、送信端末10からk番目の中間ノードを $Node(k)$ とする。送信端末10と $Node(k)$ 、 $Node(k-1)$ との間の往復伝播遅延時間 $RTT(k)$ 、 $RTT(k-1)$ と、 $Node(k)$ のリンクの帯域 $R_{max}(k)$ から、 $Node(k)$ に残留している他のフローを含めた全データ量 $B_{total}(k)$ を推定する(ステップ300)。ここで、 $RTT_{min}(k)$ は、今までに測定した送信端末10と $Node(k)$ との間のRTTのうちで、最小の値である。データ量 $B_{total}(k)$ が閾値より大きい場合には、バッファにデータパケットが残留しているものと判定し、閾値よりも小さい場合には、 $Node(k)$ にデータパケットが残留していないものと判定する(ステップ301)。

10

20

30

40

50

【0054】

データパケットが残留していないと判定された場合には、Node (k) からの出力レートはNode (k-1) の出力レートと等しいものとして、中間ノードからの送信データパケットの出力レート $R_{out}(k)$ を計算し、Node (k+1) に対する処理に移る（ステップ302）。

【0055】

データパケットが残留していると判定された場合には、ステップ303からステップ307の処理を行う。

【0056】

まず、Node (k) にInvlの間に流入した送信端末10の送信データ量 $B_{snd}(k)$ と、Node (k) にInvlの間に流入した他のフローのデータ量 $B_{other}(k)$ とを計算する（ステップ303）。ここで、Invlは、受信端末11から送信される制御情報パケットの送信時間間隔である。 $R_{snd}(k)$ は、送信端末10からのデータパケットがNode (k) に流入した入力レートであり、この値は、Node (k-1) の出力レート $R_{out}(k-1)$ に等しい。また、 $B'_{total}(k)$ は、前回の測定で得られたNode (k) に残留している他のフローを含めた全データ量である。 10

【0057】

続いて、 $B_{snd}(k)$ と $B_{other}(k)$ との割合と、Node (k) に残留している送信端末10の送信データ量と他のフローのデータ量との割合とが等しい、すなわち、 $B_{other}(k) : B_{snd}(k) = B_{total}(k) - B_{est}(k) : B_{est}(k)$ が成立するものとして、送信データパケットの残留量 $B_{est}(k)$ を計算する（ステップ304）。 20

【0058】

また、 $B_{snd}(k)$ と $B_{other}(k)$ との割合と、Node (k) からInvlの間に流出した送信データ量と他のフローのデータ量との割合とが等しい、すなわち、 $B_{other}(k) : B_{snd}(k) = (R_{max}(k) - R_{out}(k)) \cdot Invl : R_{out}(k) \cdot Invl$ が成立するものとして、Node (k) からの送信データパケットの出力レート $R_{out}(k)$ を計算する（ステップ305）。

【0059】

続いて、Node (k) に残留している送信データ量が、Invl後に目標データ量 B_{des} に到達するように入力レート R_{in} を設定する（ステップ306）。 30

【0060】

最後に、Node (k) への入力レートが R_{in} となるよう $R_{new}(k)$ を求める（ステップ307）。

【0061】

以上の計算を全ての中間ノードについて行い、 $R_{new}(k)$ のなかで、最も小さい値を次の伝送レート R_{new} とする（ステップ308）。

【0062】

なお、上記で説明した伝送レートの決定方法以外にも、中間ノードー送信端末間のRTTもしくはRTTの揺らぎ（ジッタ）を用いて伝送レートを決定するアルゴリズムや、中間ノードでのパケットロスの情報を利用したアルゴリズムも考えることができる。 40

【0063】

例えば、RTTを用いたアルゴリズムとしては、以下が挙げられる。まず、 $RTT(k)$ 、 $RTT(k-1)$ 、 $RTT_{min}(k)$ 、 $RTT_{min}(k-1)$ を用いて、Node (k) に観測パケットが残留していた時間 $T(k)$ を、 $T(k) = RTT(k) - RTT_{min}(k) - (RTT(k-1) - RTT_{min}(k-1))$ より計算する。

【0064】

そして、この $T(k)$ がしきい値 T_{th} （中間ノードのデータ残留時間の目標値、ユーザが 50

指定する固定値)に近づくように、 $R_{snd}(k)$ を、

$$R_{snd}(k) = (1 - T(k) / T_{th}) \cdot R_{max}(k) / n + R_{rcv}$$

より計算する。

【0065】

ここで、 $R_{max}(k)$ は、帯域推定において測定されたリンクの最大伝送帯域である。 n は、送信レートの増減の割合を決定するパラメータである。この値を $n=N$ と設定すると、 $T(k)$ が常に0の場合(すなわち、常に輻輳が発生していない場合)、 $R_{rcv}=0$ の状態から、最大伝送レートに達するまでに N ステップを要することになる。なお、帯域推定を行わず、ユーザが $R_{max}(k)$ の値を適当に決定することとしてもよい。この場合には、帯域情報取得部103を有する必要がなくなるため、実装が簡便となり、帯域推定を行うための時間を省略できるという利点がある。 R_{rcv} は、受信端末11からのフィードバック情報から計算される受信レートであり、例えば、RTCPを用いてフィードバック情報を受信している場合には、

$$R_{rcv} = P \cdot (Seq_{max}(j) - Seq_{max}(j-1)) / I \cdot (1 - Loss)$$

で計算できる。ただし、 P は平均送信パケットサイズ、 I はRTCP受信レポートの受信間隔、 $Seq_{max}(j)$ は j 番目のRTCP受信レポートの最大シーケンス番号、 $Loss$ はパケットロス率である。

【0066】

以上の計算を全ての中間ノードについて行い、最も小さい $R_{snd}(k)$ をデータの伝送レート R_{new} と決定する。

【0067】

また、RTTの揺らぎを利用したアルゴリズムとしては以下のアルゴリズムが挙げられる。まず、上記で示した $T(k)$ の過去 m 回の平均値 $ST(k)$ と、 $T(k)$ の標準偏差 $J(k)$ とを用いて、

$$T_{th}(k) = ST(k) + k \cdot J(k)$$

を計算する。ここで、 m 、 k は定数である。 $T_{th}(k)$ と $T(k)$ とを比較し、 $T(k)$ よりも $T_{th}(k)$ が大きい場合には、 $Node(k)$ に対する伝送レート $R_{snd}(k)$ を $R_{snd}(k) = R_{rcv} + B$ とし、 $T(k)$ よりも $T_{th}(k)$ が小さい場合には $R_{snd}(k) = R_{rcv} - B$ とする。ここで、 B は伝送レートの増減の変動の大きさを決定する値である。上記の計算を全ての中間ノードで行い、最小の値を伝送レート R_{new} とする。

【0068】

また、パケットロスの情報を用いた場合には、以下のアルゴリズムを適用できる。まず、パケットロス率を中間ノードから通知するしくみであるものとし、伝送レート R_{new} を、 $R_{new} = (\text{現在の伝送レート}) \cdot (1 - Loss)$

と計算する。もしくは、パケットがバッファ溢れによりロスしたことを中間ノードから通知するしくみであるものとし、パケットロスの通知を受信した際に、 $R_{new} = (\text{現在の伝送レート}) \cdot \alpha$ あるいは $R_{new} = (\text{現在の伝送レート}) - \alpha'$ (ここで α あるいは α' は定数)といったように、伝送レートを指数的小しくは加算的に削減する。

【0069】

なお、上記の例では、全ての中間ノードについて $R_{snd}(k)$ の計算を行うこととしたが、伝送経路上のボトルネックリンクを選択し、そのリンクに接続された中間ノードにのみRTT測定パケットを送信して上記の計算を行うこととしてもよい。ボトルネックリンクの選択方法としては、例えば、

$$R_{max}(j) < \alpha \cdot \min(R_{max}(i))$$

を満たすリンクをボトルネックリンクとみなす方法が考えられる。ここで、 $\min(X(i))$ は、 $X(i)$ の要素の中で、最も小さい値を表す。 α はボトルネックリンクの検出感度を表す値であり、この値が大きいほど多くのリンクをボトルネックリンクとして判定する。

【0070】

10

20

30

40

50

〈実施の形態 2〉

次に、課題 8 の解決について説明する。本発明の中間ノードの輻輳状態を利用した伝送レート制御方式を利用すれば、図 4 に示すような有線網 404 と無線網 405 とが相互に接続されたネットワークにおいて、例えば、有線網 404 上に存在する送信端末 401 から無線網 405 上に存在する受信端末 403 に対して、データを伝送する場合に、無線網 405 の伝播遅延の揺らぎの影響を受けずに、伝送レート制御を行うことが可能となる。このような接続形態は、携帯電話などの移動体端末が受信端末 403 となり、サーバ（送信端末）401 に接続する場合などが考えられる。すなわち、サーバ 401 とゲートウェイ 402 とが Ethernet や ATM（Asynchronous Transfer Mode）などの有線網 404 で接続され、ゲートウェイ 402 と受信端末 403 とが無線 LAN（Local Area Network）や W-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）などの無線網 405 で接続されている場合である。また、家庭内ネットワークが無線 LAN、Bluetooth などにより構成されており、家庭内のネットワークと外部ネットワークとを接続するホームゲートウェイ 402 などから電話回線などを通じてインターネットに接続されている場合にも、同様の接続形態になる。アプリケーションとしては、ビデオ・オン・デマンドのような映像配信や、TV 電話のような双方向の通信を想定している。

10

【0071】

より具体的に述べると、通常は有線網 404 と無線網 405 とを相互接続するためのゲートウェイ（あるいはルータ）402 において輻輳が発生するため、送信端末 401 とゲートウェイ 402 との間の輻輳状態を、例えば RTT を利用して測定することで（他の中間ノードを含めてもよい）、送信端末 401 からの送出量を制御することができる。すなわち、ゲートウェイ 402 を上記実施の形態 1 の中間ノード 12～14 の 1 つとみなし、当該中間ノードの状態により伝送レート制御を行うのである。

20

【0072】

送信端末 401 と受信端末 403 との間に輻輳状態の検出のために RTT、RTT の揺らぎを測定した場合には、無線網 405 の揺らぎが大きく輻輳状態の検出を正確に行うことができない場合が多いが、本発明を用いれば、送信端末 401 とゲートウェイ 402 との間の有線網 404 のみの RTT、RTT の揺らぎを測定するため、輻輳の検出を正確に行うことが可能となる。また、パケットロスの原因が有線網 404 は輻輳、無線網 405 は伝送エラーであるため、送信端末 401 と受信端末 403 との間にパケットロスを観測した場合には、前述の課題 8 に述べたとおり、適切な伝送レート制御ができないが、本発明を用いれば、送信端末 401 とゲートウェイ 402 との間の有線網 404 のみのパケットロスを観測するため、輻輳によるパケットロスだけを観測することができ、適切な伝送レート制御を行うことが可能である。

30

【0073】

なお、図 4 の形態以外にも、例えば、図 5 に示すような接続形態や、さらに、有線網、無線網を複数段通過する接続形態が考えられるが、そのような接続形態においても、送信端末と当該送信端末から 1 つ目のゲートウェイまでの間の有線網にボトルネックリンクが存在し、2 つ目以降の有線網にボトルネックリンクが存在しない場合には、本発明の実施は可能である。図 5 に示される接続形態としては、屋内のネットワークが有線で構築されており、FWA（Fixed Wireless Access）などで外部ネットワークに接続している形態が考えられる。また、自動車の車内ネットワークが有線で構築されており、DSRC（Dedicated Short Range Communication）などで外部ネットワークと接続している場合も同様の接続形態となる。アプリケーションとしては、ビデオ・オン・デマンドのような映像配信や、TV 電話のような双方向の通信が考えられる。

40

【0074】

なお、図 4 および図 5 に示す無線網と有線網とを相互接続したネットワークにおいて、有線網で発生する輻輳に対処してデータ送出量の制御を行うための方法としては、上記の方法の他にも、例えば次の 2 つが考えられる。

【0075】

50

1つ目の方法は、送信端末と受信端末との間で、R T T、パケットロス、ジッタなどのうちの少なくとも1つを測定することでその変動幅や変化期間を計算し、ネットワークにおいて、輻輳が発生している状態にあるのか、あるいはハンドオーバーや伝送エラーなどが発生している状態にあるのかを判断し、前者であると判断した場合には、送信端末は輻輳状態に応じてデータの送出量を制御する方法である。

【0076】

2つ目の方法は、ゲートウェイなどのルータで輻輳が発生している場合に、輻輳の発生を示すための、I PパケットにおけるE C N (Explicit Congestion Notification) フラグを利用して、ルータから受信端末へそれを通知する方法である (E C N方式と呼ぶ)。

【0077】

まず、送信端末は、同一内容のコンテンツをいくつかの相異なる符号化レートで符号化する。リアルタイムで送信を行う場合には複数のエンコーダでこのような符号化を行い、蓄積コンテンツを利用して送信を行う場合には複数の符号化レートで予め符号化を行っておけばよい。送信端末は、送信される複数の符号化レートをS M I L (Synchronized Multimedia Integration Language) などを用いて受信端末に通知し、受信端末は、そのうちの1つをR T S Pなどを用いて選択的に受信する。送信途中で輻輳が発生した場合には、ルータにおいて前述のE C Nフラグにマークが付されるため、受信端末は、E C Nフラグを監視することで輻輳の発生を検知することができる。そして、輻輳の発生が検知されたときには、受信端末がR T S Pなどを用いてより低い符号化レートに選択を切り替えて受信 (および再生) を行うことで、輻輳状態が緩和される。なお、どの符号化レートへの選択切替を行うのかは、所定期間内に受信されたI Pパケットのうち、E C Nフラグにマークが付されたI Pパケットの個数を所定の閾値と比較するなどして決定すればよい。もちろん、(1) E C Nフラグにマークが付されたI Pパケットを所定期間内に全く受信しなかった場合や、(2) 所定期間内に受信したI PパケットのうちでE C Nフラグにマークが付されたI Pパケットの個数が所定の閾値よりも少なかった場合には、R T S Pなどを用いてより高い符号化レートへの選択切替を行うことにより、輻輳の発生を回避しつつ伝送レートを増加させ、高品質のコンテンツ伝送を実現することが可能になる。なお、どの符号化レートへの選択切替を行うのかは、前述の場合と同様、E C Nフラグにマークが付されたI Pパケットの個数を所定の閾値と比較するなどして決定すればよい。

【0078】

E C N方式では、E C Nフラグを用いることにより、輻輳を明示的に受信端末に通知する。これにより、有線網と無線網とが相互接続された伝送路においても、受信端末が輻輳検出を正確に行うことができるようになり、適切な伝送レート制御を行うことができる。さらに、E C N方式は、受信端末主導で伝送レートを切り替えるため、ユーザ要求の反映が容易であるという効果がある。つまり、伝送レートの変動範囲を受信端末に登録するだけでよい。送信端末主導の伝送レート制御方式の場合には、送信端末に伝送レートの変動範囲に登録する必要があるため、登録用のプロトコルなどが必要になる。さらに、有線網、無線網が複数段接続された接続形態においても、受信端末での輻輳検出が可能となり、適切な伝送レート制御を行うことが可能となる。

【0079】

図6は、本実施の形態に係るE C N方式の全体像を表す概略図である。送信端末60におけるデータ送信部601、端末制御部604、および受信端末61における端末制御部609は、図1と同等である。

【0080】

データ情報送信部603は、送信端末60が送信可能なデータの伝送レートを通知する手段である。送信端末60が送信可能なデータの伝送レートを記述する記述言語としては、S M I Lなどを用いればよい。

【0081】

データ送信制御応答部602は、受信端末61からのデータ送信/停止などの要求を受信し、要求に基づいてデータ送信の開始、停止指示をデータ送信部601に指示し、その要

10

20

30

40

50

求が受け入れられたかどうかの結果を受信端末 6 1 に応答する手段である。送信端末 6 0 と受信端末 6 1 との間の要求／応答の送受信プロトコルとしては、R T S Pなどを用いればよい。

【0082】

例えば中間ノード 6 2 に設けられた輻輳検出部 6 1 0 は、当該中間ノード 6 2 のデータの送受信状態を監視し、輻輳が発生した場合には、輻輳が発生したことを表す輻輳情報（フラグなど）をデータパケットに付加して受信端末 6 1 に送信する手段である。輻輳情報は、例えば I P パケットの E C N フラグを用いて通知すればよい。この輻輳検出部 6 1 0 は、中間ノード 6 2、6 3、6 4 の全てに搭載されていてもよいし、輻輳の発生しやすい中間ノードにのみ搭載することとしてもよい。

10

【0083】

受信端末 6 1 において、データ受信部 6 0 5 は、図 1 のデータ受信部 1 1 0 に、中間ノード 6 2 によって付加された輻輳情報を伝送レート決定部 6 0 8 に通知する機能を追加したものである。

【0084】

データ情報取得部 6 0 7 は、送信端末 6 0 が送信可能なデータの伝送レートを取得し、伝送レート決定部 6 0 8 に通知する手段である。

【0085】

伝送レート決定部 6 0 8 は、通知された輻輳情報と送信端末 6 0 が送信可能な伝送レートとに基づき、伝送レートを決定し、データ送信制御要求部 6 0 6 に通知する手段である。

20

【0086】

データ送信制御要求部 6 0 6 は、伝送レート決定部 6 0 8 で決定された伝送レートに基づき、データ送信／停止などの要求を送信する手段である。

【0087】

図 7 は、本 E C N 方式の動作の流れを表すシーケンス例である。まず、受信端末 6 1 は、送信端末 6 0 が送信可能な伝送レートを S M I L により取得する（ステップ 7 0 1）。図 8 にこの例で使用する S M I L の記述のうち、伝送レートに関する部分を示す。図 8 をみると、この例では、S t r e a m 2 を選択した場合には 6 4 K b p s（8 0 1）、S t r e a m 1 を選択した場合には 1 2 8 K b p s（8 0 2）の 2 種類の伝送レートでデータの送信が可能であることがわかる。

30

【0088】

受信端末 6 1 は、受信した S M I L の記述に基づき、R T S P の S E T U P メソッドを用いて、全ての伝送レートのデータを送信開始可能な状態（R e a d y 状態）にする（ステップ 7 0 2）。もちろん、データ送信開始の前に必ずしも全ての伝送レートのデータを R e a d y 状態にする必要はなく、データ送信開始の前には一部の伝送レートのデータだけ R e a d y 状態にしておき、他の伝送レートのデータはデータの送信中に必要ながあれば R e a d y 状態にすることにしてもよい。

【0089】

続いて受信端末 6 1 は、送信端末 6 0 が送信可能な伝送レートのうち、1 つを選択してデータ送信の開始を送信端末 6 0 に要求する。送信端末 6 0 は、要求に応答してデータの送信を開始する（ステップ 7 0 3）。図 7 では、データ送信用プロトコルとして R T P を用い、1 2 8 K b p s でデータ（S t r e a m 1）の送信を開始している。その後、データ送信中に中間ノード 6 2 において輻輳が発生すると、輻輳が発生したことを E C N フラグを用いて受信端末 6 1 に通知する（ステップ 7 0 4）。受信端末 6 1 は、中間ノード 6 2 がセットした E C N フラグに基づいて伝送レートを決定し、伝送レートを変更するために、現在受信しているデータの送信を R T S P の P A U S E メソッドにより一時停止し、現在受信したデータの続きから他の伝送レートのデータを送信するよう R T S P の P L A Y メソッドを用いて送信端末 6 0 に通知する。データの途中からの送信開始は、R T S P の P L A Y メソッドに再生範囲を指定するヘッダ（R a n g e ヘッダ）があるので、それを利用すればよい。送信端末 6 0 は、一時停止／再生要求に基づいて、現在送信している伝

40

50

送レートのデータ送信を一時停止し、他の伝送レートのデータ送信を開始する（ステップ 705）。図7では、128Kbpsのデータ（Stream1）の送信を一時停止し、64Kbpsのデータ（Stream2）のデータの送信を開始している。

【0090】

図9は、伝送レート決定部608が伝送レートを決定するアルゴリズムを示すフローチャートである。まず、送信端末60が送信可能な伝送レート $R_{snd}(j)$ ($1 \leq j \leq N$)を取得し、記録する（ステップ901）。この例では、送信端末60が送信可能な伝送レートはN個の離散値であることを想定している。

【0091】

次に、送信端末60が送信可能な伝送レートのうちの1つを初期伝送レートとして決定し、データ送信制御要求部606に通知する（ステップ902）。続いて、データパケットを受信するたびに、過去N個の受信パケットのうち、ECNフラグの立っていたパケットの数をMとし、その割合 $L = M/N$ を計算する（ステップ903）。ここで、i回目のデータパケットの受信の際に計算されたM、Lをそれぞれ $M(i)$ 、 $L(i)$ とし、以下のルールに従い、伝送レートを決定する。

【0092】

(1) $M(i-1) = 0$ かつ $M(i) \neq 0$ ならば、現在受信している伝送レートRよりも α だけ伝送レートを下げる（ステップ904）。ここで、 α は固定値である。

【0093】

(2) $L(i) > \beta$ (β は $0 < \beta < 1$ の定数)の場合には、伝送レートを(現在の伝送レート) $\cdot (1 - L(i))$ に下げる。このステップを行ったあとは、伝送レートはI秒間変化させない（ステップ905）。

【0094】

(3) $M(1)$ ($i - K \leq l \leq i$ 、Kは定数)から、 $M(i) = \gamma \cdot i + \delta$ となる一次近似直線を最小2乗法などにより求め、 γ がある閾値より大きい場合には、伝送レートを(現在の伝送レート) $\cdot C / \gamma$ (Cは定数)に下げる。このステップを行った後は、I'秒間このステップを行わない（ステップ906）。このステップは、 $M(i)$ が増加傾向にある場合に伝送レートを下げる役割を果たしている。

【0095】

(4) 伝送レートを変更してI''秒が経過しており、 $M(i) < \theta$ (θ は定数)ならば、伝送レートを(現在の伝送レート) $+ \alpha'$ (α' は定数)に増加させる。このステップを行った後は、I''秒間このステップを行わない（ステップ907）。

【0096】

(5) (1) ~ (4) に当てはまらない場合には、伝送レートを変更しない。

【0097】

以上のステップで決定された伝送レートの値と送信端末60が送信可能な伝送レートとを比較し、最も近い値を伝送レートとして決定し、現在受信している伝送レートと異なる場合には、新しい伝送レートをデータ送信制御要求部606に通知する（ステップ908）。

【0098】

なお、本実施の形態は、伝送レートを決定する方法を示すものであり、決定された伝送レートに基づいてデータの送信量を調整する方法については、先に従来例に述べたとおりの方法を用いればよい。すなわち、リアルタイムデータであれば、エンコーダに直接符号化レートを指示することで調整が可能であり、蓄積データであれば、複数の符号化レートでデータを符号化しておき、決定された伝送レートに最も近い符号化レートのデータを送信するなどにより調整が可能である。

【0099】

〈実施の形態3〉

本発明は、1対1のデータ送受信に限定されるものではなく、マルチキャストのような1対Nでのデータ送受信にも利用可能である。マルチキャストの場合にも、図10に示すよ

10

20

30

40

50

うに、送信端末と複数の受信端末とが、1つのゲートウェイを介して接続している接続形態の場合には、前述の場合と同様、送信端末とゲートウェイとの間のR T T、パケットロス、ジッタなどのうちの少なくとも1つを測定することで、送信端末からのデータの送出量を制御することができる。すなわち、有線網における輻輳状態を測定することにより、このような制御を行うのである。

【0100】

しかしながら、図11に示すように、送信端末と複数の受信端末とが複数のゲートウェイを介して接続する接続形態で伝送レートを決定する場合には、有線網の伝送経路が1つでないため、上記で述べた伝送レート制御方法だけでは全ての受信端末に最適な伝送レート制御を行うことができない。

10

【0101】

本実施の形態は、送信端末と複数のゲートウェイとが接続している接続形態での、伝送レート制御方法を提供するものである。

【0102】

送信端末と複数の受信端末とが複数のゲートウェイを介して接続している場合には、測定によって得られた複数のゲートウェイでの輻輳状態に応じて、輻輳が発生しているゲートウェイをグループに分割し、グループごとにデータの送出量を調整する。I P v 4 (Internet Protocol Version 4)においては、そのようなグループの範囲をT T Lの値を利用して制限することが可能である。例えば、輻輳の発生している受信端末が属するグループに対してはデータの送出量を減らし、輻輳の発生していないグループに対しては送出量を 20
増やす。このようなグループ分割により、ネットワークにおける輻輳の発生状態に対応したきめ細かなデータ送出量の制御を行うことができる。

【0103】

図12は、本実施の形態における全体像を示す概略図である。送信端末121は、グループ決定部1201を除いて、図1における送信端末10と同等である。また、受信端末122は、グループ変更部1202を除いて、図1における受信端末11と同等である。

【0104】

グループ決定部1201は、制御情報送受信部1203で観測された、R T T、パケットロス、ジッタなどの統計情報や、伝播遅延測定部1204で観測された、各中間ノード（複数のゲートウェイを含む）とのR T T、伝送レート決定部1205で決定された伝送レートのうち、少なくとも1つに基づき、受信端末122をグループ分けし、受信端末122にそれぞれが所属するグループを通知する手段である。

30

【0105】

グループ変更部1202は、送信端末121から通知されたグループが、自分が現在所属しているグループと異なる場合に、所属するグループを通知されたグループに変更する手段である。

【0106】

図13は、本実施の形態の動作を表すシーケンス図である。この例では、受信端末AはゲートウェイAに接続されており、受信端末B、CはゲートウェイBに接続されているものとしている。

40

【0107】

受信端末A、B、Cは、マルチキャストで映像受信を開始する際に、I G M P (Internet Group Management Protocol) を用いて特定のマルチキャストグループに参加する（ステップ1301）。この例では、各受信端末は最初にグループAに参加する。送信端末121は、受信端末からの制御情報パケットによって、受信端末がマルチキャストグループに参加したことを知ることができる（ステップ1302）。更に、送信端末121は、各受信端末までの伝送経路上のボトルネックとなりうるリンクにR T T観測パケットを送信し、R T Tを求める（ステップ1303）。このR T Tと、制御情報パケットから得られる受信端末との間のR T T、パケットロス、ジッタなどの情報を用いて、各端末が所属するグループを決定し、受信端末に通知する（ステップ1304）。この例では、受信端末A 50

をグループBに変更する通知を送信している。受信端末Aは、現在所属しているグループと、送信端末121から通知されたグループとが異なるため、グループAをいったん抜けて、グループBに参加しなおす（ステップ1304）。

【0108】

なお、各マルチキャストグループに対してデータを送信する際の伝送レートは、そのマルチキャストグループに所属する各受信端末に対する伝送レート（上記実施の形態1または2に示した方法で計算できる）の平均値とする。後述するように、伝送レートの変化の傾向が似ている受信端末を同じグループにまとめているため、上記のような単純な伝送レート決定方法でも、そのマルチキャストグループに参加する受信端末がおおよそ満足できる伝送レートになる。

10

【0109】

図14は、グループ決定部1201の動作を示すフローチャートである。まず、受信端末Aからの制御情報パケットと、受信端末Aへの伝送路上にある中間ノードからのRTT観測パケットとを受信し、上記実施の形態1または2に示す伝送レート制御方法に従って伝送レート R_m を決定する（ステップ1401）。続いて、受信端末Aについて過去N回計算された伝送レート $R_m(i)$ （ $1 \leq i \leq N$ ）と、マルチキャストグループ j （ $1 \leq i \leq M$ 、 M は送信端末121の管理しているマルチキャストグループの数）について過去N回計算された伝送レート $R_o(j, i)$ から、伝送レートの差 Q を計算する（ステップ1402）。 Q がある閾値 C よりも小さければ、伝送レートの変化の傾向が近いと判断し、受信端末Aをマルチキャストグループ j に変更する（ステップ1403）。 Q が C よりも大きい場合には、伝送レートの変化の傾向が異なるものとして、受信端末Aをマルチキャストグループ j に含めない（ステップ1404）。ステップ1403、1404を、受信端末Aをいずれかのマルチキャストグループに分類するか、全てのマルチキャストグループと伝送レートの変化の傾向を比較するまで繰り返す。全てのマルチキャストグループと伝送レートの変化の傾向を比較しても、 $Q < C$ を満たすマルチキャストグループがない場合には、新しいマルチキャストグループを生成し、受信端末Aをそのグループに変更する（ステップ1405）。

20

【0110】

なお、本実施の形態においては、グループ分割を行う方法として、伝送レートの変動の傾向が似ているものをグループ化しているが、より単純に、同じゲートウェイに接続されている受信端末を1つのグループとしてもよい。また、伝送レートの変動の傾向ではなく、パケットロスの傾向、RTTの変動の傾向などが似ているものでグループ化してもよい。

30

【0111】

また、本実施の形態においては、伝送レートの決定に送信端末121と中間ノードとの間のRTTを利用していたが、図3の説明の際に述べたとおり、中間ノードとの間のRTTの揺らぎ、中間ノードでのパケットロスに基づいて、伝送レートを決定し、決定された伝送レートに基づいてグループ分割を行うこととしてもよい。

【0112】

また、送信端末121と受信端末との間のRTT、パケットロス、ジッタなどのうちの少なくとも1つを測定することでその変動幅や変化期間を計算し、ネットワークにおいて、輻輳が発生している状態にあるのか、あるいはハンドオーバーや伝送エラーなどが発生している状態にあるのかを判断し、前者であると判断した場合には、送信端末121は輻輳状態に応じて前述のようなグループ分割を行うこともできる。

40

【0113】

また、本実施の形態においては、送信端末121が各受信端末の所属すべきグループを決定し、受信端末がそれに従うという方法により、グループ分割がなされているが、受信端末がグループ決定部1201を保持することにより、受信端末主導でグループ分割を行うことも可能である。例えば、図6に示す構成の受信端末61にグループ決定部1201を追加した構成の場合には、送信端末60が送信可能な伝送レートとマルチキャストアドレスとの組をデータ情報として受信端末61に送信しておき、伝送レート決定部608で決

50

定された伝送レートに基づいて参加するマルチキャストグループを変更するといった方法を用いることにより、受信端末主導のグループ分割も可能である。

【0114】

また、本実施の形態において、階層符号化を利用したAV伝送が可能である場合には、受信端末において、利用する階層を輻輳状態に応じて決定することもできる。例えば、輻輳の程度が深刻である場合には、最下位の階層のみを利用することにすればよい。

【0115】

以上述べたとおり、実施の形態1～3によれば、中間ノードのデータの送受信の状態を考慮した伝送レート制御を行うことで、インターネットのような様々な接続形態で接続されるネットワークにおいても、適切な伝送レート制御を行うことができる。特に、従来適切な伝送レート制御が困難であった、無線LAN、DSRC、WCDMA、FWA、といった無線網と、Ethernet、ATMといった有線網とが混在する接続形態において、1対1通信、1対N通信（マルチキャスト）によらず、TV電話、ビデオ・オン・デマンドといったアプリケーションで適切な伝送レート制御を行うことができる。

【0116】

〈実施の形態4〉

本実施の形態は、中間ノードに残留する残留データ量を目標値に近づけようとする際にける、中間ノードの状態に応じた目標値変更方式に関し、主として前述の課題3を解決するためのものである。

【0117】

図15は、本実施の形態における全体像を表す概略図である。同図において、送信端末150は、図1の送信端末10から帯域情報取得部103を削除したものである。受信端末151は、図1の受信端末11から帯域推定応答部113を削除したものである。中間ノード152、153、154は、図1の中間ノード12～14と同等である。

【0118】

図16は、本実施の形態における送信端末150の動作を表すフローチャートである。同図は、図2において、帯域情報を取得するステップ（ステップ200）を削除し、伝送レートの初期値を適当な値に設定するよう変更したものに他ならないので、ステップ番号は省略する。

【0119】

図17は、図16中の伝送レートを決定するステップの動作を表すフローチャートである。この動作は、送信端末150における伝送レート決定部1503の動作である。まず、受信端末151の受信レート R_{rcv} を計算する（ステップ1700）。RTCPを用いて制御情報を送信している場合には、最大シーケンス番号 SEQ_{max} と、パケットロス率 $Loss$ と、制御情報パケットの送信間隔 $Invl$ とを用いて R_{rcv} を計算できる。ただし、 SEQ'_{max} は、前回のRTCPパケットによって通知された最大シーケンス番号である。

【0120】

続いて、送信端末150と受信端末151との間の伝送路上に残留しているデータ量 B_{est} を、送信端末150と受信端末151との間のRTTと、 R_{rcv} とを用いて計算する（ステップ1701）。ここで、 RTT_{min} は、今までに送信端末150と受信端末151との間で測定したRTTのうちで最小の値を表す。

【0121】

続いて、送信端末150とNode(k)、Node(k-1)との間の往復伝播遅延時間 $RTT(k)$ 、 $RTT(k-1)$ と、Node(k)のリンクの帯域 $R_{max}(k)$ とから、Node(k)に残留している他のフローを含めた全データ量 $B_{total}(k)$ を推定する（ステップ1702）。ここで、 $RTT_{min}(k)$ は、今までに送信端末150とNode(k)との間で測定したRTTのうちで最小の値を表す。このデータ量 $B_{total}(k)$ が閾値より大きい場合には、Node(k)にデータパケットが残留しているものと判定し、閾値よりも小さい場合には、Node(k)にデータパケットが残留していない

10

20

30

40

50

ものと判定する（ステップ1703）。

【0122】

判定によってデータパケットが残留しているとされた中間ノードの数 n をカウントし、目標データ量 B_{des} を基本目標データ量 B_{base} と n より計算する（ステップ1704）。最後に、受信端末151からの制御情報の送信時間間隔 I_{nvl} の間に残留データ量が B_{des} に到達するよう次の伝送レート R_{new} を決定する（ステップ1705）。

【0123】

なお、ステップ1704において、目標データ量を B_{base} と n により計算したが、パケットロス率 L_{oss} により、 $B_{des} = B_{base} \cdot (1 - L_{oss})$ と計算することとしてもよい。

10

【0124】

〈実施の形態5〉

本実施の形態は、パケットロスが発生しているかいないかにより、伝送レートの決定方法を切り替える方式に関し、主として前述の課題4を解決するためのものである。

【0125】

本実施の形態における全体像を表す概略図は、図1と同等である。また、本実施の形態における送信端末の動作を示すフローチャートは図2と同等である。

【0126】

図18は、本実施の形態において、伝送レートを決定するステップ（図2中のステップ205）の動作を表すフローチャートである。まず、パケットロスが発生しているかどうかを制御情報パケットのパケットロス率 L_{oss} に基づいて判定する（ステップ1800）。パケットロスが発生したと判定した場合には、パケットロス率 L_{oss} と前回の伝送レート R'_{snd} とに基づき、次の伝送レート R_{new} を決定する（ステップ1801）。なお、ステップ1801に示す方法以外にも、前回の送信レートに基づいて、 $R_{snd} = R'_{snd} \cdot$ （定数）（ただし、定数は0以上1以下の実数である）としてもよいし、DAA方式やLDA方式といった、パケットロスに基づいたレート制御方式を用いてもよい。パケットロスが発生していないときには、図3に示す方法を用いて伝送レート R_{new} を決定する（ステップ1802）。なお、ステップ1802は、図3に示す方法以外に、図17に示す方法などを用いてもよい。

20

【0127】

ステップ1800において、パケットロスが発生したかどうかによって伝送レート制御方法を切り替えるのではなく、現在使用している伝送路や配送方式に基づいて伝送レート制御方法を切り替えてもよい。すなわち、Ethernetやマルチキャストの場合には、ステップ1801を行い、1対1通信で、帯域ギャップの大きい伝送路を使用している場合にはステップ1802を行うこととしてもよい。

30

【0128】

〈実施の形態6〉

本実施の形態は、制御情報チャンネルとデータチャンネルとを用いて帯域推定を行う帯域推定方式に関し、主として前述の課題2を解決するためのものである。

【0129】

図19は、本実施の形態における全体像を示す概略図である。送信端末1900において、データ送信部1901は、キャプチャ、マイク、ファイルといった入力からデータを受け取り、必要なら符号化し、必要ならパケット化して受信端末1910にデータパケット送信する手段である。また、帯域推定制御部1903の指示により、データパケットを、パケットの送信間隔なしに連続して送信する手段でもある。データの送信用プロトコルとしては、RTPといったデータ送信用プロトコルを想定している。

40

【0130】

制御情報送受信部1902は、送信端末1900から送信するデータパケットに関する制御情報を受信端末1910と送受信する手段である。送信端末1900から受信端末1910に送信する制御情報としては、どのデータパケットを帯域推定用として送信したかを

50

示す情報があり、受信端末1910から送信端末1900への情報としては、帯域推定の結果がある。制御情報送信用のプロトコルとしては、TCPを用いてもよいし、RTPといったデータ伝送制御プロトコルを拡張してもよい。

【0131】

帯域推定制御部1903は、帯域推定用のパケットとして、データ送信部1901に、データパケットをパケットの送信間隔なしに連続して送信するよう指示する手段である。また、帯域推定用に送信されるパケット（例えば、データパケットをRTPを用いて送信している場合には、送信間隔なしに送信されたパケットの先頭と末尾のシーケンス番号）を制御情報送受信部1902に通知する手段でもある。

【0132】

端末制御部1904は、送信端末1900の各部を制御する手段である。

【0133】

受信端末1910において、データ受信部1911は、送信端末1900からの送信データパケットを受信し、必要ならパケットをほどき、必要なら復号化し、モニタ、スピーカ、ファイルといった出力にデータを渡す手段である。

【0134】

制御情報送受信部1912は、送信データパケットに関する制御情報を送信端末1900と送受信する手段である。

【0135】

帯域推定部1913は、制御情報送受信部1912において受信される帯域推定用パケットを示す情報に基づき、帯域推定用パケットの到着間隔を測定する手段である。この到着間隔に基づき、伝送帯域を推定し、その結果を制御情報送受信部1912に通知する手段でもある。

【0136】

端末制御部1914は、受信端末1910の各部を制御する手段である。

【0137】

図20は、帯域推定を行う際に、制御情報送信用プロトコルとしてTCPを、データパケット送信用のプロトコルとしてRTPをそれぞれ用いた場合の送信端末1900と受信端末1910との間のシーケンス図である。

【0138】

送信端末1900は、まず、どのデータパケットが帯域推定用のパケットであるかを通知する制御情報パケットを送信する（TCPパケット2000）。同図では、Seq1からSeq2までの間のデータパケットを用いることとしている。続いて、帯域推定用パケットとしてデータパケットを所定の時間間隔で連続して送信する（RTPパケット2001）。所定の時間間隔は、なるべく伝送路上で帯域推定用パケット間に他のパケットが挿入されない程度の短い間隔（当然、0秒を含む）とする。受信端末1910は、送信端末1900から通知された帯域推定用パケットの到着間隔 Δ を測定し、これに基づいてボトルネックリンクの帯域 $R_b = P / (\Delta \text{の平均値})$ を推定する（ここで、 P はデータパケットのパケットサイズである）。受信端末1910は、測定結果を制御情報パケットを用いて送信する（TCPパケット2002）。

【0139】

〈実施の形態7〉

本実施の形態は、データパケットに帯域推定フラグを持つ帯域推定方式に関し、主として前述の課題2を解決するためのものである。

【0140】

図21は、本実施の形態における全体像を表す概略図である。送信端末2100において、データ送信部2101は、キャプチャ、マイク、ファイルといった入力からデータを受け取り、必要なら符号化し、必要ならパケット化して受信端末2110にデータパケット送信する手段である。また、帯域推定制御部2103の指示により、データパケットを、パケットの送信間隔なしに連続して送信する手段でもある。また、帯域推定用パケットと

10

20

30

40

50

して送信されたデータパケットに、帯域推定用パケットであることを示す帯域推定フラグを立てる手段でもある。データの送信用プロトコルとしては、RTPといったデータ送信用プロトコルを想定している。帯域推定フラグは、RTPのマーカービットフィールド、エクステンションビットフィールドといった、データパケットヘッダの既存のフィールドを利用してもよいし、RTPパケットを拡張して新たなフィールドを定義してもよいし、ペイロードに入力してもよい。なお、帯域推定フラグは、帯域推定用パケットとして送信されるパケット全てのフラグを立てることとしてもよいし、帯域推定用パケットとして送信される先頭のパケットと末尾のパケットにのみ立てることとしてもよい。

【0141】

推定結果受信部2102は、受信端末2110からの帯域推定の結果を受信する手段である。推定結果送信用のプロトコルとしては、RTCPといったデータ伝送制御プロトコルを想定している。

10

【0142】

帯域推定制御部2103は、データ送信部2101に、帯域推定用パケットとして、データパケットをパケットの間隔なしに連続して送信するよう指示する手段である。

【0143】

端末制御部2104は、送信端末2100の各部を制御する手段である。

【0144】

受信端末2110において、データ受信部2111は、送信端末2100からの送信データパケットを受信し、必要ならパケットをほどこし、必要なら復号化し、モニタ、スピーカ、ファイルといった出力にデータを渡す手段である。

20

【0145】

推定結果送信部2112は、帯域推定部2113において推定されたボトルネックリンクの帯域を、送信端末2100に送信する手段である。推定結果送信用のプロトコルとしては、RTCPといったデータ伝送制御プロトコルを想定している。

【0146】

帯域推定部2113は、データパケットの帯域推定フラグをチェックする手段である。また、帯域推定フラグが立っている場合には、データパケットの到着間隔 $delt a$ を測定し、この結果に基づいてボトルネックリンクの帯域 $R_b = P / (delt a \text{の平均値})$ (P はデータパケットのパケットサイズ)を推定し、その結果を推定結果送信部2112に通知する手段でもある。この際、RTPパケットのシーケンス番号 Seq の跳びによりパケットロスを検知した場合には、シーケンス番号 $Seq - 1$ と $Seq + 1$ との到着間隔 $delt a$ を測定結果に含めないこととする。これは、パケットロスによる推定の誤差をなくするためである。

30

【0147】

端末制御部2114は、受信端末2110の各部を制御する手段である。

【0148】

図22は、帯域推定を行う際に、データパケット送信にRTPを、推定結果の送信にRTCPをそれぞれ用いた場合の、送信端末2100と受信端末2110との間のシーケンス図である。まず、送信端末2100は、帯域推定用のパケットとして、送信間隔なしにデータパケットを送信する(RTPパケット2200)。このとき、データパケットにはそのパケットが帯域推定用であることを示す帯域推定フラグが立てられている。受信端末2110は、データパケットを受信し、データパケットの帯域推定フラグをチェックする。帯域推定フラグが立っている場合には、パケットの到着間隔を測定し、この結果に基づいてボトルネックリンクの帯域を推定する。受信端末2110は、推定結果を送信端末2100に送信する(RTCPパケット2201)。

40

【0149】

なお、本実施の形態において、データパケットを送信する前に予めボトルネックリンクの帯域 R_b を推定したい場合や、帯域推定パケットとしてデータパケットを用いたくない場合には、データをペイロードに含んでいないデータパケットを帯域測定用パケットとして

50

送信し、受信端末 2 1 1 0 において帯域推定用パケットの到着間隔のみ測定し、パケットを破棄することとしてもよい。

【0150】

また、本実施の形態において、帯域推定フラグではなく、帯域推定用パケットを送信した数を表す帯域推定シーケンス番号を用いてもよい。この際、帯域推定シーケンス番号が 0 である場合には、到着間隔の測定を行わず、0 以外になった場合に到着間隔を測定することとする。また、帯域推定シーケンス番号が跳んだことでパケットロスを検出し、ロスしたパケットの前後のパケットを用いて到着間隔を測定しないことで、パケットロスによる推定の誤差をなくすることができる。

【0151】

10

〈実施の形態 8〉

本実施の形態は、終了条件付き帯域推定方式に関し、主として前述の課題 1 を解決するためのものである。

【0152】

図 2 3 は、本実施の形態における全体像を示す概略図である。同図において、送信端末 2 3 0 1 は、受信端末 2 3 0 2 までの経路上に存在する各中間ノード 2 3 0 3, 2 3 0 4 に対して、帯域推定用のパケットを送信する。帯域推定用のパケットは、経路上の各中間ノード 2 3 0 3, 2 3 0 4 との間の R T T を計測するパケットである。例えば、I P ネットワークであれば、T T L フィールドを n にした I P パケットを送出することにより、経路上の n 番目の中間ノードに I C M P パケットの T T L Expired メッセージを送信させること

20

【0153】

受信端末 2 3 0 2 は、送信端末 2 3 0 1 から送信された帯域推定用のパケットに対し、応答を送信する。例えば、I P ネットワークであれば、送信端末 2 3 0 1 からの P I N G パケットに対し、応答 P I N G パケットを送信する。受信端末 2 3 0 2 は、送信端末 2 3 0 1 が帯域を計測する経路の終端である。

【0154】

中間ノード 2 3 0 3, 2 3 0 4 は、送信端末 2 3 0 1 から送信された帯域推定用のパケットに対し、応答を送信する。例えば、I P ネットワークであれば、T T L フィールドを n にした I P パケットを送信端末 2 3 0 1 が送信した場合には、経路上の n 番目のノードが

30

【0155】

リンク 2 3 0 5, 2 3 0 6, 2 3 0 7 は、送信端末 2 3 0 1、受信端末 2 3 0 2、各中間ノード 2 3 0 3, 2 3 0 4 を接続する Ethernet、S L I P (Serial Line Internet Protocol) といったネットワークである。本実施の形態では、このリンクの帯域を推定する。

【0156】

図 2 4 は、送信端末 2 3 0 1 が帯域推定を行う際の動作を示すフローチャートである。送信端末 2 3 0 1 は、当該送信端末 2 3 0 1 に近い順にリンクの帯域の推定を行っていく。全リンクの測定時間 T_p を指定し、送信端末 2 3 0 1 から受信端末 2 3 0 2 までの間に N 個のリンクが存在するものとし、送信端末 2 3 0 1 から k 番目のリンクの帯域を以下のと

40

【0157】

まず、32 バイトから 1472 バイトまで 32 バイト間隔 46 種類のサイズの packets を中間ノード 2 3 0 3 に送信する (ステップ 2400)。続いて、パケットサイズを s 、最小 R T T を t とし、

$$t = \alpha(k) + \beta(k)s$$

となる $\alpha(k)$ および $\beta(k)$ を、最小 2 乗法を用いて求める (ステップ 2401)。なお、より少ない計測点数でより精度の高い結果を得るために、 M 推定、重み付き最小 2 乗法といった、他の統計処理を用いてもよい。

【0158】

50

$\alpha(k)$ 、 $\beta(k)$ の計算結果を、前回の試行の結果で得られた $\alpha'(k)$ 、 $\beta'(k)$ と比較し、変化が閾値の範囲内であれば、結果が収束したものと判定する。ただし、 k 番目のノードの推定終了時刻 T を過ぎた場合には、結果が収束したものと判定する。なお、 k 番目のノードの推定終了時刻は、(推定開始時刻) + $k \cdot T_p / N$ であるものとする(ステップ2402)。

【0159】

収束していないと判定された場合には、もう一度ステップ2400、2401を繰り返す。なお、収束判定の際に、前回の試行の結果だけでなく、過去複数回の試行の結果と比較して変化が閾値の範囲内であるかどうかを判定してもよい。

【0160】

ステップ2402において、 $\alpha(k)$ 、 $\beta(k)$ が収束したと判定された場合には、 $\beta(k)$ と $\beta(k-1)$ とを比較する。 $\beta(k-1)$ よりも $\beta(k)$ が小さい場合は、推定帯域がマイナスとなるため、 $\beta(k-1)$ 、 $\beta(k)$ のどちらかに誤りがあることになる。この誤りを正すために、測定時間が残っている場合には、前のホップに戻って測定をやり直す(ステップ2403)。

【0161】

$\beta(k)$ が $\beta(k-1)$ よりも大きい場合もしくは測定時刻を過ぎた場合には、正しく測定されたと判定し、リンクの帯域を求める(ステップ2404)。続いて、次のホップがあるなら次のホップの帯域推定に移り、最終ホップへ到達した場合には、処理を終了する(ステップ2405)。

【0162】

〈実施の形態9〉

本実施の形態は、中間ノード(例えばルータやゲートウェイ)で最低限の帯域を確保して、伝送品質を確保する方式に関し、主として前述の課題6を解決するためのものである。

【0163】

図25は、本実施の形態における全体像を表す概略図である。送信端末250は、図1に示す送信端末10に、帯域予約部2501を追加したものである。送信端末250と受信端末251との間に介在した中間ノード252は、図1に示す中間ノード12に、帯域制御部2502を追加したものである。

【0164】

帯域予約部2501は、送信端末250が送信可能な最低伝送レートと、最大伝送レートとを中間ノード252に通知する手段である。また、通知した伝送レートで帯域が確保できたかどうかの結果を受信する手段でもある。

【0165】

帯域制御部2502は、送信端末250から通知された最低伝送レートで伝送帯域を予約する手段である。また、伝送帯域の予約が不可能である場合には、伝送帯域を確保できないことを送信端末250に通知する手段でもある。

【0166】

図26は、本実施の形態の動作を表すシーケンス図である。データの送信前に、送信端末250は、当該送信端末250が送信可能な最小伝送レートと最大伝送レートとを中間ノード252に通知する(ステップ2601)。中間ノード252は、通知された伝送レートで伝送帯域を予約し、予約ができたことを送信端末250に通知する(ステップ2602)。送信端末250は、伝送帯域が予約できたことを確認し、データの送信を開始する。この際、送信端末250は、制御情報パケットや、中間ノード252との間のRTTなどから、上記実施の形態1または2で説明した方法で伝送レートを決定し、決定された伝送レートでデータを送信する。輻輳が極端に悪化し、伝送レートを最低値まで下げた場合には、中間ノード252で伝送帯域が予約されているため、最低限の伝送品質を確保することができ(つまり、帯域予約により、パケットロスが発生しない)、乱れのない映像や途切れの少ない音声伝送を実現することが可能となる(ステップ2603)。

【0167】

なお、本実施の形態では、送信端末 250 が必要な伝送帯域を通知して伝送帯域の予約を行ったが、送信端末 250 からの伝送帯域の通知を行わずに本発明を実施することも可能である。例えば、送信端末 250 の最低伝送レートが決定しているものとして、管理者が中間ノード 252 で予め予約する帯域を設定することとしても、本発明の実施は可能である。また、中間ノード 252 におけるデータの送信に使用可能な伝送帯域を予約し、予約された帯域を送信端末 250 に通知し、送信端末 250 が、伝送レートの決定をその予約された伝送帯域に基づいて行っても本発明の実施は可能である。ここで、中間ノード 252 におけるデータの送信に使用可能な伝送帯域は、当該中間ノード 252 において送信されるデータの種類に基づいていてもよい。

【0168】

10

さらに、受信端末 251 が、送信端末 250 に要求する最低伝送レートを中間ノード 252 に通知し、中間ノード 252 が予約を行うことも可能である。このような予約方法は、受信端末 251 が要求する最低の映像品質を伝送に反映するのに有効である。

【0169】

また、受信端末 251 は、データを再生する前にネットワークの揺らぎを吸収するためにデータを数秒間バッファリングするが、この受信端末 251 は（バッファリング時間）×（最低伝送レート）のバッファを最低限保持することで、乱れの少ない映像や途切れの少ない音声伝送を実現することができる。

【0170】

〈実施の形態 10〉

20

本実施の形態は、制御パケットを優先して送信することで、映像品質を確保する方式に関し、主として前述の課題 7 を解決するためのものである。

【0171】

図 27 は、本実施の形態における全体像を示す概略図である。送信端末 271 において、データ送信部 2701 およびデータ送信制御応答部 2702 は、図 6 に示すデータ送信部 601 およびデータ送信制御応答部 602 とそれぞれ同等である。また、受信端末 272 において、データ受信部 2706 およびデータ送信制御要求部 2708 は、図 6 に示すデータ受信部 605 およびデータ送信制御要求部 606 とそれぞれ同等である。

【0172】

図 27 中の優先度付加部 2703、2707 は、ネットワークに送信するパケットのうち、制御用のパケットに高い優先度を、データパケットに低い優先度を付加する手段である。優先度付加の方法としては、IP パケットの TOS フィールドに、優先度情報を入力するといった方法が挙げられる。

30

【0173】

中間ノード 273 に配置された優先度処理部 2705 は、高い優先度を付加したパケットを優先的に処理する手段である。この優先度処理部 2705 により、高い優先度を付加されたパケットは廃棄される確率が低くなり、低遅延で受信端末 272 に伝送されるようになる。優先度処理の方法として、DiffServ を用いてもよい。

【0174】

上記の構成により、輻輳が発生している場合でも、制御用のパケットを低遅延かつロスすることなく送信することが可能となり、データパケットの送信の停止、開始を低遅延かつ確実に行うことができるようになる。

40

【0175】

なお、上記の構成を TCP に適用することにより、TCP のセッションの確立、開放を低遅延かつ確実に行うことが可能となる。例えば、制御パケット（SYN、FIN パケット）に対して、廃棄確率が低くなるように優先度を設定することで、TCP のセッションの確立、開放を低遅延かつ確実に行うことが可能となる。

【0176】

もちろん、このような手法は、端末とサーバとの間の 1 対 1 通信だけではなく、複数の端末に放送する 1 対 N 通信（マルチキャスト）に対しても適用可能である。

50

【0177】

以上、本発明に係る実施の形態1～10を説明したが、本発明のデータ送受信方法を実現するための送信装置、受信装置、およびこれらを備えた送受信システムも本発明に含まれることは、言うまでもない。

【0178】

本発明は、上述した本発明の送信装置、受信装置、送受信システムの全部または一部の手段（または、装置、素子、回路、部など）の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムであって、コンピュータと協働して動作するプログラムをも含む。なお、本発明のコンピュータは、CPU（Central Processing Unit）などの純然たるハードウェアに限らず、ファームウェアやOS（Operating System）、さらに周辺機器を含むものであってもよい。

10

【0179】

本発明は、上述した本発明のデータ送受信方法の全部または一部のステップ（または、工程、動作、作用など）の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムであって、コンピュータと協働して動作するプログラムをも含む。

【0180】

また、本発明のプログラムを記録した、コンピュータに読み取り可能な記録媒体も本発明に含まれる。また、本発明のプログラムの一利用形態は、コンピュータにより読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータと協働して動作する態様であってもよい。また、本発明のプログラムの一利用形態は、伝送媒体中を伝送し、コンピュータにより読み取られ、コンピュータと協働して動作する態様であってもよい。また、記録媒体としては、ROM（Read Only Memory）等が含まれ、伝送媒体としては、インターネット等の伝送媒体、光・電波・音波等が含まれる。

20

【0181】

また、本発明の構成は、ソフトウェア的に実現してもよいし、ハードウェア的に実現してもよい。

【0182】

[産業上の利用の可能性]

本発明によれば、インターネットのような、様々な接続形態が存在し、しかも伝送帯域が変動する伝送路において、安定した伝送品質で、効率良くデータ伝送を行うことができる。特に、従来安定した伝送品質でデータ伝送を行うことが困難であった有線網、無線網の混在する接続形態においても、本発明を適用することにより、インターネットTV電話、ビデオ・オン・デマンド、放送（マルチキャスト）、ビデオ掲示板などの幅広いアプリケーションにおいて、安定した伝送品質で、効率良くデータ伝送を行うことが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1における全体像を示す概略図である。

【図2】本発明の実施の形態1における送信端末の動作を表すフローチャートである。

【図3】本発明の実施の形態1における伝送レート制御のフローチャートである。

【図4】本発明の実施の形態2における有線網と無線網とが混在する接続形態を表す図である。

40

【図5】本発明の実施の形態2における有線網と無線網とが混在する他の接続形態を表す図である。

【図6】本発明の実施の形態2における全体像を示す概略図である。

【図7】本発明の実施の形態2における送信端末と受信端末との間のシーケンス図である。

【図8】本発明の実施の形態2における伝送レートに関する情報の記述を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態2における伝送レート制御のフローチャートである。

【図10】本発明の実施の形態3におけるマルチキャストでの接続形態を表す図である。

【図11】本発明の実施の形態3におけるマルチキャストでの他の接続形態を表す図である。

50

【図 1 2】 本発明の実施の形態 3 における全体像を示す概略図である。

【図 1 3】 本発明の実施の形態 3 における送信端末と複数の受信端末との間のシーケンス図である。

【図 1 4】 本発明の実施の形態 3 における複数の受信端末のグループ分割のためのフローチャートである。

【図 1 5】 本発明の実施の形態 4 における全体像を示す概略図である。

【図 1 6】 本発明の実施の形態 4 における送信端末の動作を表すフローチャートである。

【図 1 7】 本発明の実施の形態 4 における伝送レート制御のフローチャートである。

【図 1 8】 本発明の実施の形態 5 における伝送レート制御のフローチャートである。

【図 1 9】 本発明の実施の形態 6 における全体像を示す概略図である。

10

【図 2 0】 本発明の実施の形態 6 における送信端末と受信端末との間のシーケンス図である。

【図 2 1】 本発明の実施の形態 7 における全体像を示す概略図である。

【図 2 2】 本発明の実施の形態 7 における送信端末と受信端末との間のシーケンス図である。

【図 2 3】 本発明の実施の形態 8 における全体像を示す概略図である。

【図 2 4】 本発明の実施の形態 8 における送信端末の動作を表すフローチャートである。

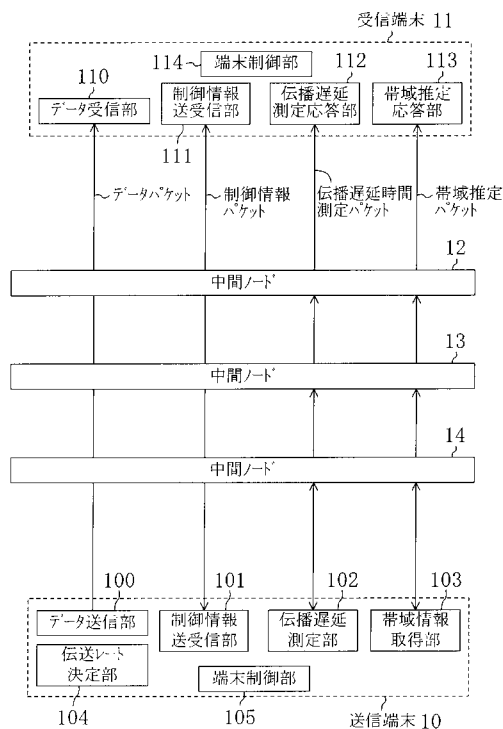
【図 2 5】 本発明の実施の形態 9 における全体像を示す概略図である。

【図 2 6】 本発明の実施の形態 9 における送信端末と受信端末との間のシーケンス図である。

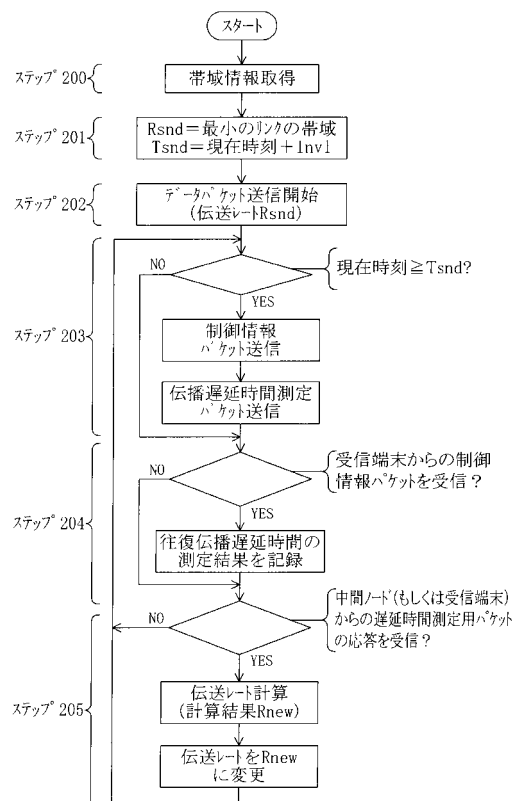
20

【図 2 7】 本発明の実施の形態 10 における全体像を示す概略図である。

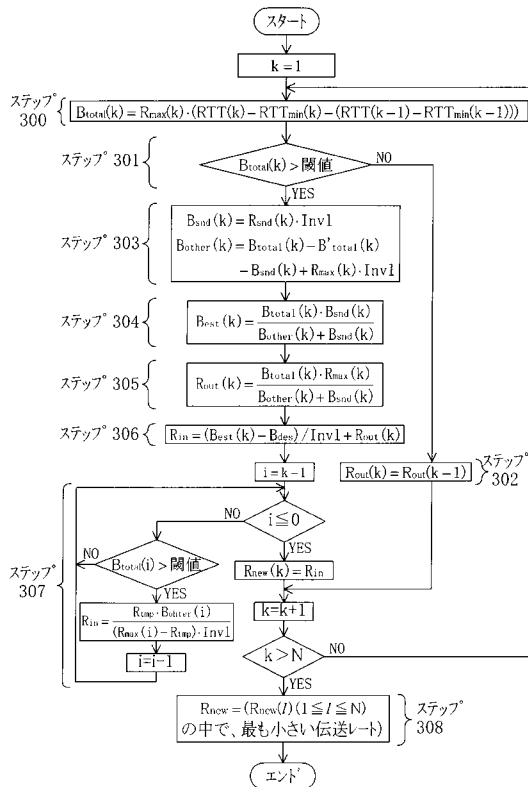
【図 1】



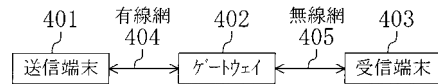
【図 2】



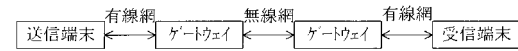
【図 3】



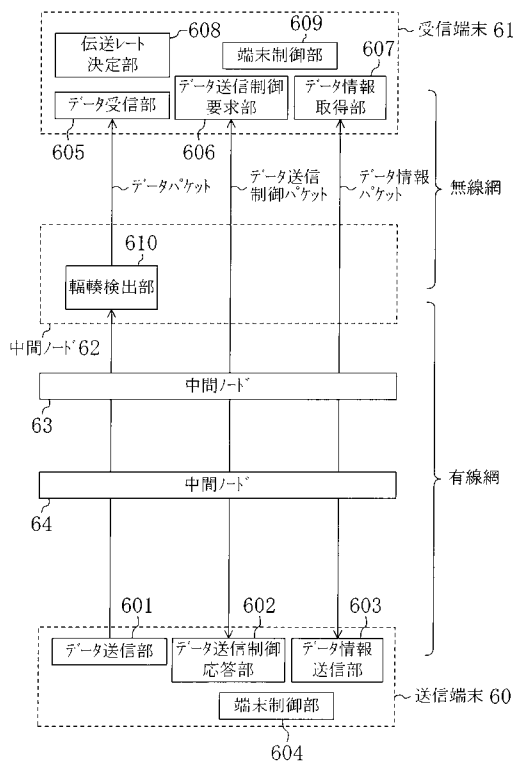
【図 4】



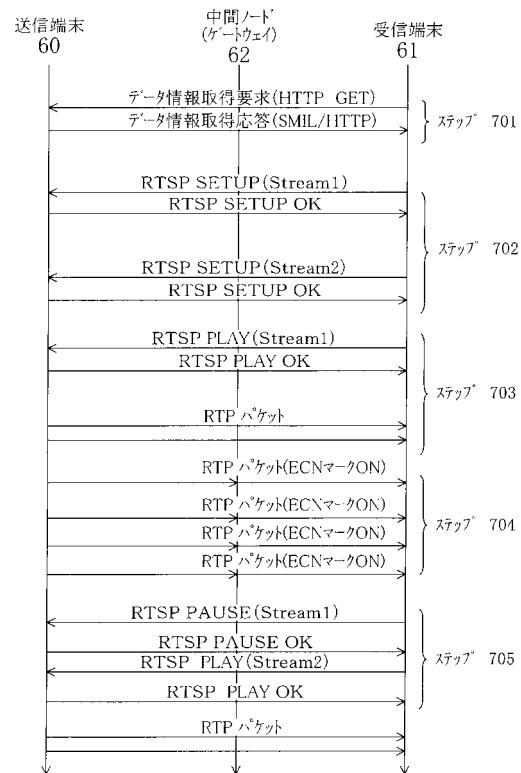
【図 5】



【図 6】



【図 7】



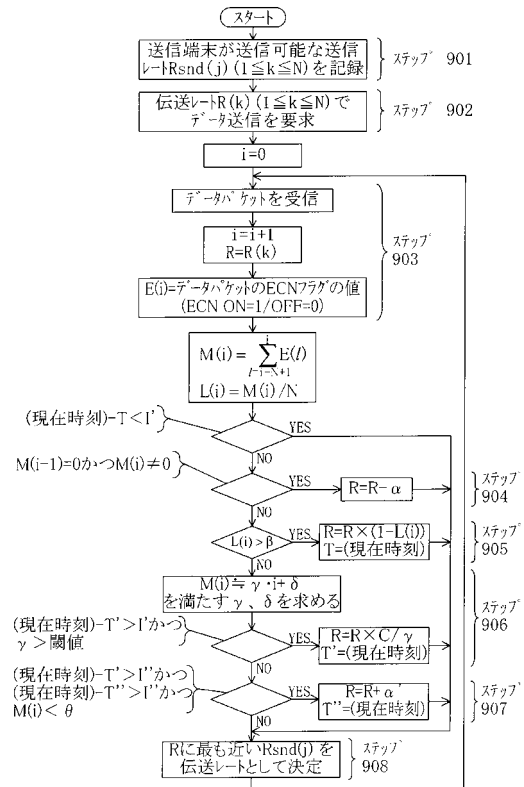
【図 8】

```

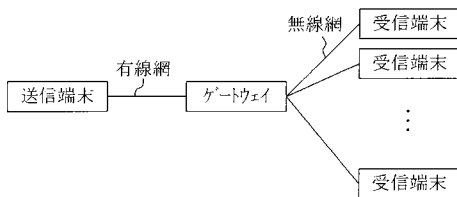
...
<switch>
<video src="stream2" system-bitrate="64000" /> ~ 801
<video src="stream1" system-bitrate="128000" /> ~ 802
</switch>
...

```

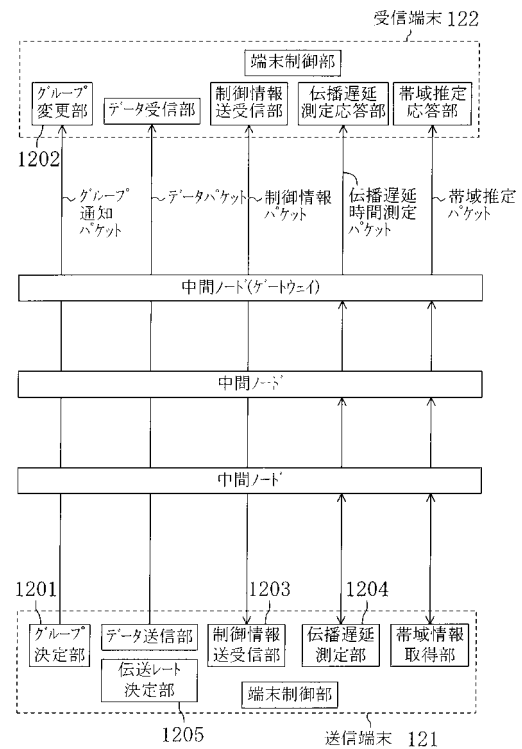
【図 9】



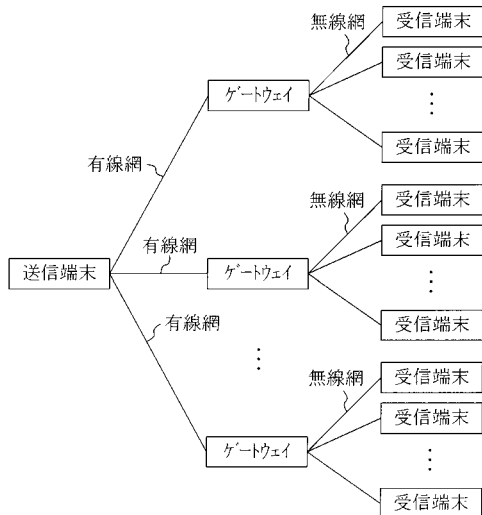
【図 10】



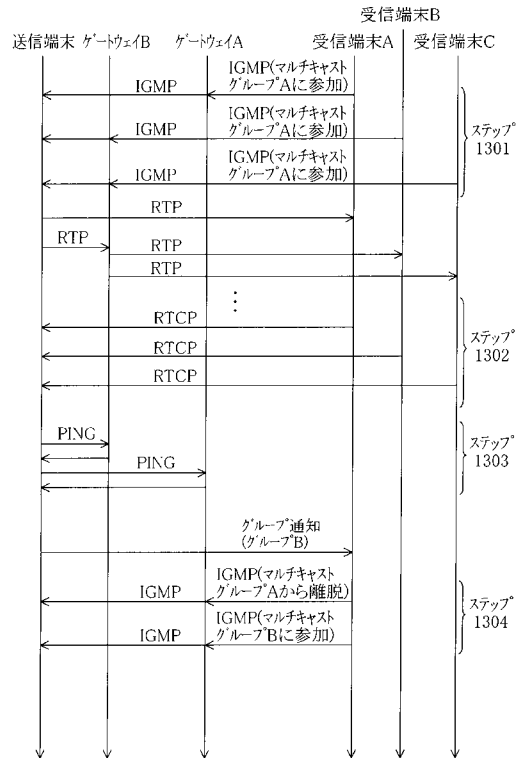
【図 12】



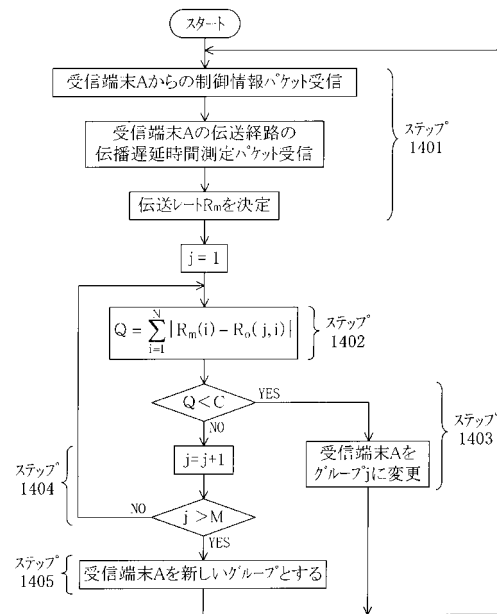
【図 11】



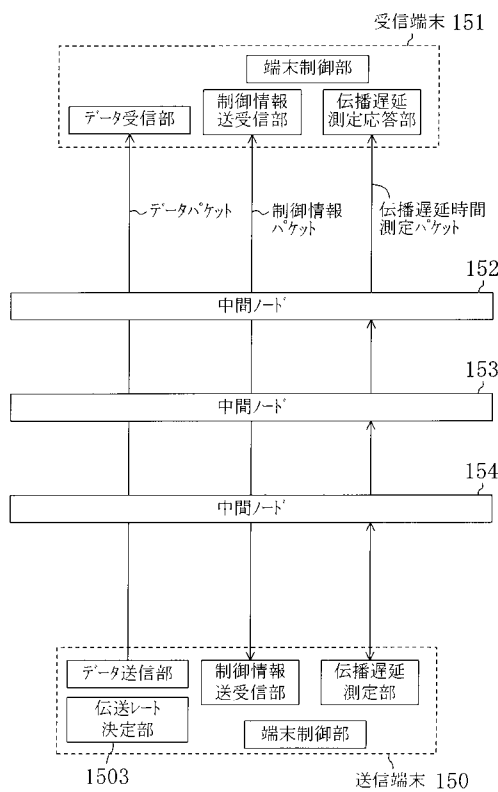
【図 1 3】



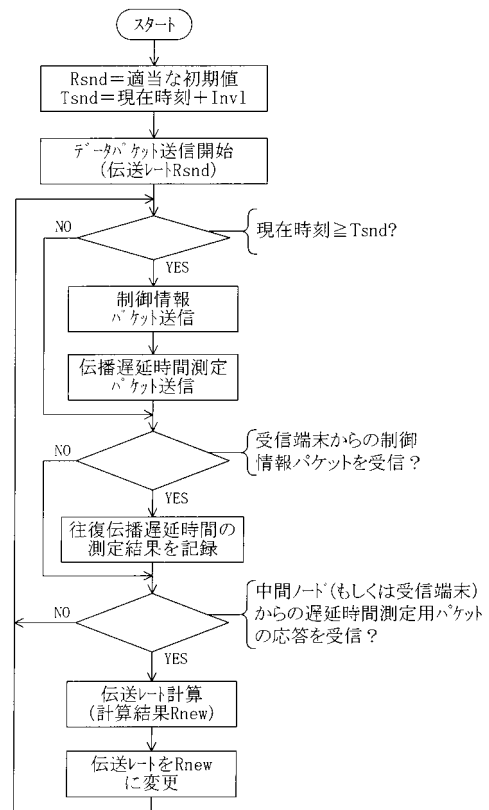
【図 1 4】



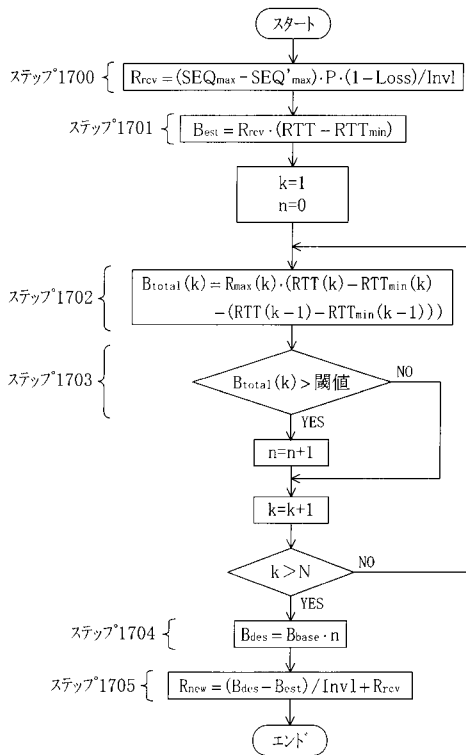
【図 1 5】



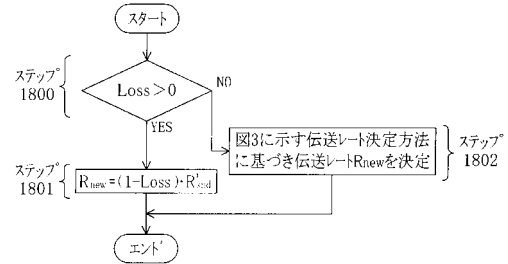
【図 1 6】



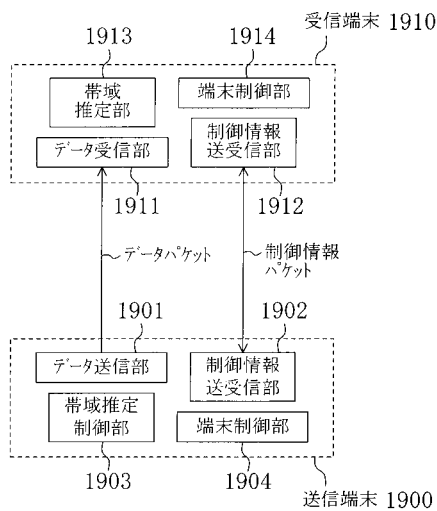
【図 17】



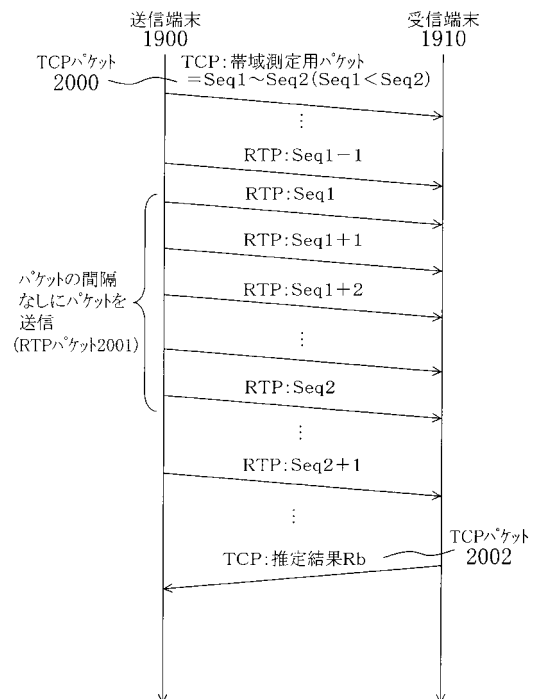
【図 18】



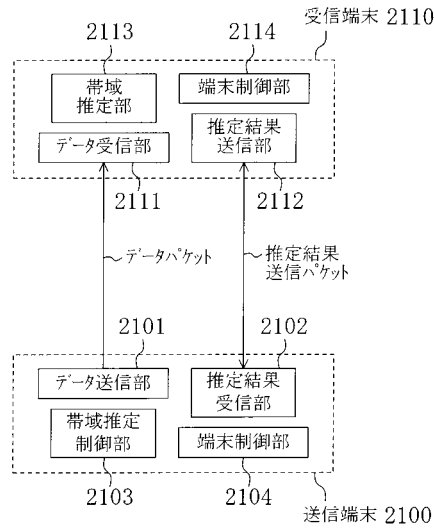
【図 19】



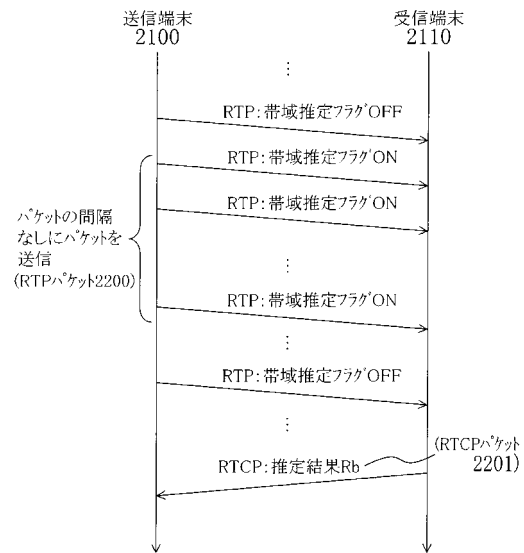
【図 20】



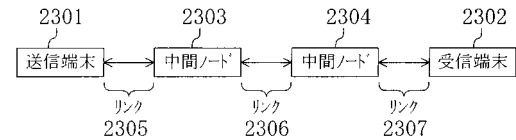
【図 2 1】



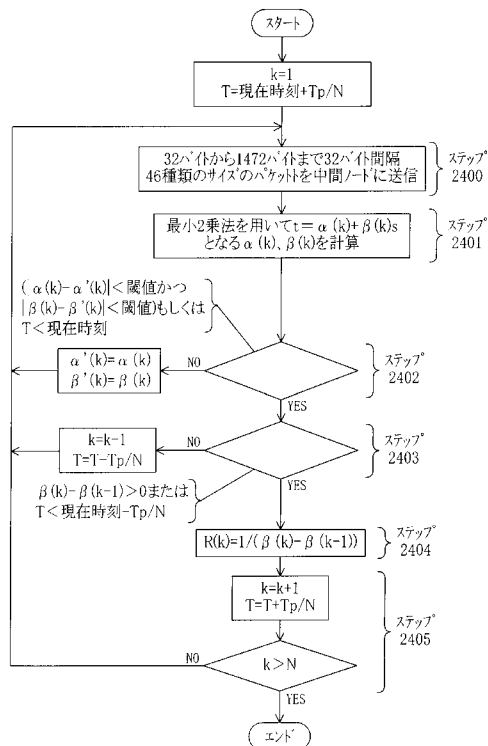
【図 2 2】



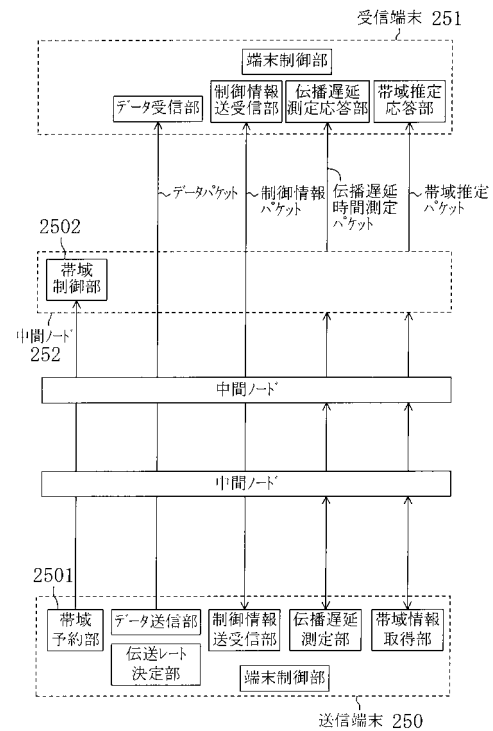
【図 2 3】



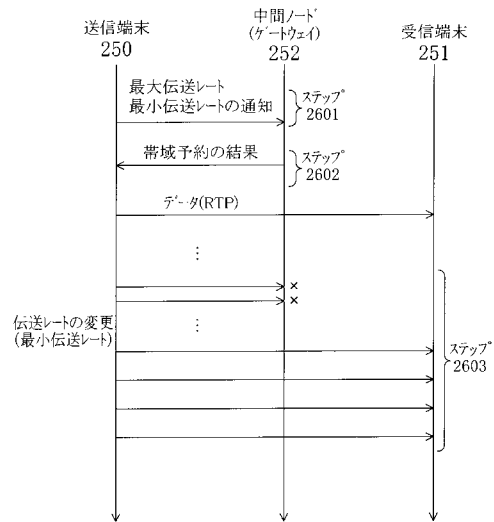
【図 2 4】



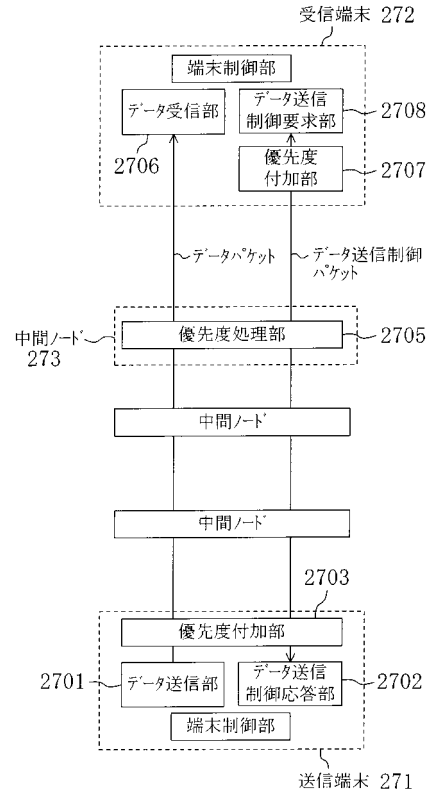
【図 2 5】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

(72)発明者 荒川 博

日本国京都府京都市伏見区向島四ツ谷池14-8-6-1-1404

審査官 小林 紀和

(56)参考文献 特開平09-018514 (JP, A)

特開平07-183886 (JP, A)

特開平06-338918 (JP, A)

特開2000-151692 (JP, A)

特開2001-160824 (JP, A)

山本一隆他, 広域無線通信メディア利用時のゲートウェイ協調によるTCPの性能改善, 情報処理学会研究報告 第99巻第4号 マルチメディア通信と分散処理91-16, 1999年 1月22日, 第91-96頁

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04L 12/56

H04L 29/08