

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4822343号
(P4822343)

(45) 発行日 平成23年11月24日(2011.11.24)

(24) 登録日 平成23年9月16日(2011.9.16)

(51) Int.Cl. F I
 H O 4 L 12/56 (2006.01) H O 4 L 12/56 2 O O Z
 H O 4 L 13/08 (2006.01) H O 4 L 13/08

請求項の数 9 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2006-279498 (P2006-279498)	(73) 特許権者	393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(22) 出願日	平成18年10月13日(2006.10.13)	(74) 代理人	100112715 弁理士 松山 隆夫
(65) 公開番号	特開2008-99055 (P2008-99055A)	(74) 代理人	100085213 弁理士 鳥居 洋
(43) 公開日	平成20年4月24日(2008.4.24)	(72) 発明者	オユーンチメグ シャグダル 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
審査請求日	平成21年9月9日(2009.9.9)	(72) 発明者	マハダド ヌリ シラジ 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 負荷を制御可能な通信装置およびそれを備えた通信ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自律的に確立される通信ネットワークを構成し、負荷を制御可能な通信装置であって、
 パケットが入力される入力バッファと、
 前記入力バッファに保持された保持パケット数を検出する検出手段と、
 前記検出手段によって検出された保持パケット数が前記入力バッファの許容サイズに近
 づくように前記入力バッファに入るパケット数を制御する制御手段と、
パケットを生成する生成手段とを備え、
前記バッファは、
前記生成手段によって生成されたパケットが入力される第1の入力バッファと、
他の通信装置から送信されたパケットが入力される第2の入力バッファとを含み、
前記検出手段は、前記第1および第2の入力バッファにそれぞれ保持された第1および
第2の保持パケット数を検出し、
前記制御手段は、前記第1の保持パケット数が前記第1の入力バッファの第1の許容サ
イズに近づくように前記生成手段を制御するとともに、前記第2の保持パケット数が前記
第2の入力バッファの第2の許容サイズに近づくように前記他の通信装置を制御し、
前記生成手段は、前記制御手段からの制御に従って、前記第1の保持パケット数が前記
第1の許容サイズに近づくように前記第1の入力バッファに入れる入力パケットレートを
増減する、通信装置。

【請求項2】

前記制御手段は、

前記第 1 の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第 1 の目標入力パケットレートを演算する第 1 の演算手段と、

前記生成手段が前記パケットを前記第 1 の入力バッファへ出力するときの出力パケットレートを前記第 1 の目標入力パケットレートをを用いて演算する第 2 の演算手段と、

前記演算された出力パケットレートを前記生成手段へ出力する出力手段とを含み、

前記生成手段は、前記生成したパケットを前記出力パケットレートで前記第 1 の入力バッファへ出力する、請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、

前記第 2 の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第 2 の目標入力パケットレートを演算する演算手段と、

前記第 2 の目標入力パケットレートを前記他の通信装置へ通知する通知手段とを含む、請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記通知手段は、前記第 2 の目標入力パケットレートを前記他の通信装置宛のパケットに含めて前記他の通信装置へ通知する、請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 5】

前記通知手段は、前記第 2 の目標入力パケットレートを専用パケットに含めて前記他の通信装置へ通知する、請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 6】

各送信先へパケットを送信する送信手段と、

保持しているパケットが空になると前記第 1 および / または第 2 の入力バッファから前記パケットを受けて送信先ごとに保持するとともに、前記保持したパケットを前記送信手段へ送信する出力バッファと、

前記第 1 および第 2 の保持パケット数がそれぞれ前記第 1 および第 2 の許容サイズに近づくように前記出力バッファが前記パケットを前記送信手段へ送信するときの送信パケットレートを制御する送信制御手段とを更に備える、請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 7】

前記出力バッファは、前記パケットを送信可能であるアンロック状態と前記パケットを送信できないロック状態とが設定され、前記アンロック状態が設定されると前記パケットを前記送信手段へ送信し、前記ロック状態が設定されると前記パケットの前記送信手段への送信を停止し、

前記送信制御手段は、前記アンロック状態の期間と前記ロック状態の期間とを制御することによって前記送信パケットレートを制御する、請求項 6 に記載の通信装置。

【請求項 8】

前記送信制御手段は、前記第 1 の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第 1 の目標入力パケットレートを演算し、その演算した第 1 の目標入力パケットレートをを用いて前記送信パケットレートを演算するとともに、前記演算した送信パケットレートの逆数を前記ロック状態の期間として演算し、その演算したロック状態の期間に基づいて前記送信パケットレートを制御する、請求項 7 に記載の通信装置。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の通信装置を備える通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、負荷を制御可能な通信装置およびそれを備えた通信ネットワークに関し、特に、自律的に確立される通信ネットワークを構成する通信装置およびそれを備えた通信ネットワークに関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

標準的なネットワークプロトコルは、TCP (Transmission Control Protocol) / IP (Internet Protocol) レイヤ型モデルに基づいて構築されている。

【 0 0 0 3 】

TCP / IP レイヤ型モデルは、リンク / MAC (Media Access Control) 層と、ネットワーク層と、トランスポート層と、アプリケーション層とを備える。そして、TCP / IP レイヤ型モデルにおいて、リンク / MAC 層、ネットワーク層、トランスポート層およびアプリケーション層は、異なる役割を果たす。

【 0 0 0 4 】

即ち、リンク / MAC 層は、2つの通信装置間を物理的に接続する経路の確立および2つの通信装置間における通信等を行なう。ネットワーク層は、ネットワーク上の経路選択および経路中断等を行なう。トランスポート層は、エンド - エンド間の通信処理および輻輳処理等を行なう。アプリケーション層は、特定のアプリケーションの詳細な動作に関する処理を行なう。

【 0 0 0 5 】

また、TCP / IP レイヤ型モデルは、構造的には、リンク / MAC 層、ネットワーク層、トランスポート層およびアプリケーション層にそれぞれ属する複数のプロトコルが、相互に独立して、上述した各役割を果たすという特徴を有する。即ち、特定のレイヤにおけるプロトコルの変更は、他のレイヤにおけるプロトコルに影響することなく行なわれる。

【 0 0 0 6 】

有線ネットワークにおいて通信を行なう端末装置および無線ネットワークにおいて無線通信を行なう通信装置は、上述したTCP / IP レイヤ型モデルによって構成されている。

【 0 0 0 7 】

無線ネットワークは、有線ネットワークと以下の点で異なる。

【 0 0 0 8 】

(1) 反射および遮断などにより電波状態が大きく変動する。

【 0 0 0 9 】

(2) 同一通信範囲に位置する各無線装置は、無線チャネルを共用して通信を行なう。

【 0 0 1 0 】

(3) 無線装置が移動可能である。

【 0 0 1 1 】

無線ネットワークは、有線ネットワークと(1)の異なる点を有している結果、マルチパス通信および一時的な通信の切断によりパケットロスが発生するなど、通信の品質が大きく異なる。

【 0 0 1 2 】

また、無線ネットワークは、有線ネットワークと(2)の異なる点を有している結果、チャネルアクセスの際の無線装置間またはフロー間の公平性が重要な課題となる。

【 0 0 1 3 】

更に、無線ネットワークは、有線ネットワークと(3)の異なる点を有している結果、ルートの切断およびネットワークの分裂等が生じる。

【 0 0 1 4 】

従って、無線ネットワークにおいては、通信状態がダイナミックに変動する。そして、この通信状態の変動の原因を特定することは困難である。その結果、TCP / IP レイヤ型モデルを構成する複数のプロトコルの各々が独立して動作すると、通信の品質および効率が低下する。

【 0 0 1 5 】

このような理由から、無線ネットワークにおいて、高効率、かつ、高品質な無線通信を

10

20

30

40

50

行なうには、TCP/IPレイヤ型モデルを構成する複数のプロトコルの相互間において情報交換を行ない、通信の品質および効率を向上させるクロスレイヤ処理が必要となる。

【0016】

そこで、従来、リンクレイヤにおける輻輳状態をTCPに知らせるECN(Explicit Congestion Notification)というクロスレイヤ処理が行なわれている(非特許文献1)。

【0017】

このクロスレイヤ処理は、中継端末において輻輳によってパケットロスが発生した場合、中継端末は、ロスしたパケットの次に届いたパケットのヘッダにCE(Congestion Experienced)ビットを設定して送信先へ転送し、CEビットが設定されたパケットを受信した送信先がACK(Acknowledge)パケットのヘッダにECN-Echoビットを設定して送信元のTCPへ送信するというものである。

【0018】

ECN-Echoビットが設定されたACKパケットを受信した送信元のTCPは、ACKパケットからECN-Echoビットを検出することにより、パケットが輻輳によってロスしたことを検知する。

【非特許文献1】K. Ramakrishnan and S. Floyd, "A Proposal to add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP", RFC 2481, Jan 1999.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

しかし、従来のパケット通信ネットワークにおいては、通信の流れであるトラフィックを多重化したり、ネットワークリソースを共有することが行なわれているため、ネットワークの負荷がゆらぎ、ネットワークが不安定化するという問題がある。

【0020】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、通信ネットワークの安定化が可能な通信装置を提供することである。

【0021】

また、この発明の別の目的は、通信ネットワークの安定化が可能な通信装置を備えた通信ネットワークを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0022】

この発明によれば、通信装置は、自律的に確立される通信ネットワークを構成し、負荷を制御可能な通信装置であって、入力バッファと、検出手段と、制御手段とを備える。入力バッファは、パケットが入力される。検出手段は、入力バッファに保持された保持パケット数を検出する。制御手段は、検出手段によって検出された保持パケット数が入力バッファの許容サイズに近づくように入力バッファに入るパケット数を制御する。

【0023】

好ましくは、通信装置は、生成手段を更に備える。生成手段は、パケットを生成する。バッファは、第1および第2の入力バッファを含む。第1の入力バッファは、生成手段によって生成されたパケットが入力される。第2の入力バッファは、他の通信装置から送信されたパケットが入力される。そして、検出手段は、第1および第2の入力バッファにそれぞれ保持された第1および第2の保持パケット数を検出する。制御手段は、第1の保持パケット数が第1の入力バッファの第1の許容サイズに近づくように生成手段を制御するとともに、第2の保持パケット数が第2の入力バッファの第2の許容サイズに近づくように他の通信装置を制御する。生成手段は、制御手段からの制御に従って、第1の保持パケット数が第1の許容サイズに近づくように第1の入力バッファに入れる入力パケットレートを増減する。

【0024】

10

20

30

40

50

好ましくは、制御手段は、第1および第2の演算手段と、出力手段とを含む。第1の演算手段は、第1の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第1の目標入力パケットレートを演算する。第2の演算手段は、生成手段がパケットを第1の入力バッファへ出力するときの出力パケットレートを第1の目標入力パケットレートをを用いて演算する。出力手段は、演算された出力パケットレートを生成手段へ出力する。生成手段は、生成したパケットを出力パケットレートで第1の入力バッファへ出力する。

【0025】

好ましくは、制御手段は、演算手段と、通知手段とを含む。演算手段は、第2の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第2の目標入力パケットレートを演算する。通知手段は、第2の目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する。

10

【0026】

好ましくは、通知手段は、第2の目標入力パケットレートを他の通信装置宛のパケットに含めて他の通信装置へ通知する。

【0027】

好ましくは、通知手段は、第2の目標入力パケットレートを専用パケットに含めて他の通信装置へ通知する。

【0028】

好ましくは、通信装置は、送信手段と、出力バッファと、送信制御手段とを更に備える。送信手段は、各送信先へパケットを送信する。出力バッファは、保持しているパケットが空になると第1および/または第2の入力バッファからパケットを受けて送信先ごとに保持するとともに、保持したパケットを送信手段へ送信する。送信制御手段は、第1および第2の保持パケット数がそれぞれ第1および第2の許容サイズに近づくように出力バッファがパケットを送信手段へ送信するときの送信パケットレートを制御する。

20

【0029】

好ましくは、出力バッファは、パケットを送信可能であるアンロック状態とパケットを送信できないロック状態とが設定され、アンロック状態が設定されるとパケットを送信手段へ送信し、ロック状態が設定されるとパケットの送信手段への送信を停止する。送信制御手段は、アンロック状態の期間とロック状態の期間とを制御することによって送信パケットレートを制御する。

【0030】

30

好ましくは、送信制御手段は、第1の入力バッファに入れる入力パケットレートの目標値である第1の目標入力パケットレートを演算し、その演算した第1の目標入力パケットレートをを用いて送信パケットレートを演算するとともに、演算した送信パケットレートの逆数をロック状態の期間として演算し、その演算したロック状態の期間に基づいて送信パケットレートを制御する。

【0031】

また、この発明によれば、通信ネットワークは、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の通信装置を備える。

【発明の効果】

【0032】

40

この発明による通信装置においては、入力バッファに保持される保持パケット数が入力バッファの許容サイズに近づくように入力バッファに入力されるパケット数が制御される。その結果、各通信装置における負荷が低減される。

【0033】

従って、この発明によれば、通信ネットワークを安定化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0035】

50

[実施の形態 1]

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による通信装置の構成を示す概略図である。この発明の実施の形態による通信装置 100 は、MAC レイヤモジュール 1 と、リンクレイヤクラシファイア 2 と、トラフィッククラシファイア 3 と、キュー 4 ~ 6 , 8 , 9 と、アップストリームスケジューラ 7 と、ダウンストリームスケジューラ 10 と、負荷モニタモジュール 11 と、下層レートコントローラ 12 と、ネットワークレイヤクラシファイア 13 と、ルーティングモジュール 14 と、UDP 15 と、TCP 16 と、Voice 17 と、Video 18 と、Text 19 と、上層レートコントローラ 20 と、クロスレイヤモジュール 21 とを備える。

【 0036 】

MAC レイヤモジュール 1 は、MAC 層に属し、他の通信装置から受信したパケットをリンクレイヤクラシファイア 2 へ送信する。

【 0037 】

また、MAC レイヤモジュール 1 は、2 つの通信装置間における物理的な接続を制御する。

【 0038 】

更に、MAC レイヤモジュール 1 は、チャンネルアクセスしてチャンネルが空いているとき、データリンク層から受けたパケットを所定のチャンネルで送信する。

【 0039 】

リンクレイヤクラシファイア 2 は、データリンク層に属し、MAC レイヤモジュール 1 からパケットを受ける。そして、リンクレイヤクラシファイア 2 は、その受けたパケットが後述するレートコントロールを要求する信号 Rate__signal を含むとき、その信号 Rate__signal をパケットから取り出して下層レートコントローラ 12 へ送信し、残りのデータパケットをネットワーククラシファイア 13 へ送信する。

【 0040 】

トラフィッククラシファイア 3 は、データリンク層に属し、通信装置 100 が他の通信装置から受信したパケットまたは上位層から受信したパケットをパケットの送信元ごとに分類してキュー 4 ~ 6 へ入れる。

【 0041 】

キュー 4 ~ 6 の各々は、データリンク層に属し、トラフィッククラシファイア 3 から受けたパケットを保持するとともに、その保持したパケットをアップストリームスケジューラ 7 からの出力要求に応じてアップストリームスケジューラ 7 へ出力する。なお、キュー 4 , 6 は、通信装置 100 が他の通信装置から受信したパケットを保持し、キュー 5 は、通信装置 100 において生成されたパケットを保持する。

【 0042 】

アップストリームスケジューラ 7 は、データリンク層に属する。そして、アップストリームスケジューラ 7 は、キュー 8 または 9 が空になると、キュー 4 ~ 6 から 1 個のパケットを読み出し、その読み出した 1 個のパケットをキュー 8 または 9 へ入れる。

【 0043 】

また、アップストリームスケジューラ 7 は、後述する目標入力パケットレートを含む信号 Rate__signal を負荷モニタモジュール 11 から受けると、その受けた信号 Rate__signal をデータパケットに追加してキュー 8 または 9 へ送信する。

【 0044 】

キュー 8 , 9 の各々は、データリンク層に属し、パケットを出力できないロック状態とパケットを出力可能なアンロック状態とを有する。そして、キュー 8 , 9 の各々は、アップストリームスケジューラ 7 から受けた 1 個のパケットを保持するとともに、アンロック状態になり、かつ、ダウンストリームスケジューラ 10 からの出力要求に応じて、保持した 1 個のパケットをダウンストリームスケジューラ 10 へ出力する。

【 0045 】

ダウンストリームスケジューラ 10 は、データリンク層に属する。そして、ダウンスト

10

20

30

40

50

リームスケジューラ10は、MACレイヤモジュール1からパケットの出力要求を受け、かつ、キュー8, 9の状態がアンロック状態になると、キュー8, 9から1個のパケットを読み出してMACレイヤモジュール1へ送信する。

【0046】

負荷モニタモジュール11は、データリンク層に属し、キュー5~6に保持されたパケット数をレートコントロール間隔ごとにモニタするとともに、制御方式に応じてキュー4~6の許容サイズを後述する方法によって演算する。そして、負荷モニタモジュール11は、後述する方法によって、キュー4~6に保持されているパケット数がキュー4~6の許容サイズに近づくようにキュー4~6に入れるパケットの目標レートである目標入力パケットレートをレートコントロール間隔ごとに計算する。そして、負荷モニタモジュール11は、キュー5の目標入力パケットレートを計算すると、その計算した目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalをクロスレイヤモジュール21へ送信し、キュー4, 6の目標入力パケットレートを計算すると、その計算した目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalをアップストリームスケジューラ7へ送信する。

10

【0047】

下層レートコントローラ12は、データリンク層に属する。そして、下層レートコントローラ12は、隣接する通信装置のキュー4~6に保持されているパケット数がキュー4~6の許容サイズになるようにキュー8, 9からの出力パケットレートの制御を後述する方法によって行なう。

【0048】

20

また、下層レートコントローラ12は、キュー8, 9の状態をロック状態に設定するロック期間を後述する方法によって演算する。そして、下層レートコントローラ12は、その演算したロック期間を用いてキュー8, 9からのパケットの出力パケットレートを制御する。

【0049】

ネットワーククラシファイア13は、ネットワーク層に属し、リンクレイヤクラシファイア2から受けたパケットをルーティングモジュール14へ出力する。

【0050】

ルーティングモジュール14は、ネットワーク層に属し、ネットワーククラシファイア13からパケットを受ける。そして、ルーティングモジュール14は、ルーティングプロトコルに従って、その受けたパケットの送信先を決定し、その決定した送信先宛のパケットをトラフィッククラシファイア3を介してキュー(キュー4または6)へ入れる。また、ルーティングモジュール14は、UDP15およびTCP16からパケットを受ける。そして、ルーティングモジュール14は、ルーティングプロトコルに従って、その受けたパケットの送信先を決定し、その決定した送信先宛のパケットをトラフィッククラシファイア3を介してキュー5へ入れる。なお、この発明においては、ルーティングモジュール14が送信先を決定するために用いるルーティングプロトコルとしては、オンデマンド型のルーティングプロトコルとテーブル駆動型のルーティングプロトコルとがある。

30

【0051】

UDP15は、トランスポート層に属し、アプリケーション層のプロトコル(例えば(Voice17, Video18))からパケットを受け、その受けたパケットをルーティングモジュール14へ送信する。

40

【0052】

TCP16は、トランスポート層に属し、アプリケーション層から受けたデータを上層レートコントローラ20から受けた目標出力パケットレートでルーティングモジュール14へ送信する。

【0053】

Voice17は、アプリケーション層に属し、音声データを生成する。そして、Voice17は、上層レートコントローラ20から受けた目標出力パケットレートで音声データからなるパケットをUDP15へ送信する。

50

【 0 0 5 4 】

V i d e o 1 8 は、アプリケーション層に属し、映像データを生成する。そして、V i d e o 1 8 は、上層レートコントローラ 2 0 から受けた目標出力パケットレートで画像データからなるパケットを U D P 1 5 へ送信する。

【 0 0 5 5 】

T e x t 1 9 は、アプリケーション層に属し、テキストデータを生成する。そして、T e x t 1 9 は、その生成したテキストデータを T C P 1 6 へ送信する。

【 0 0 5 6 】

上層レートコントローラ 2 0 は、トランスポート層およびアプリケーション層に跨って属し、クロスレイヤモジュール 2 1 から目標入力パケットレートを含む信号 R a t e _ s i g n a l を受けると、後述する方法によって目標出力パケットレートを演算する。そして、上層レートコントローラ 2 0 は、T C P 1 6、V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 からの出力パケットレートが演算した目標出力パケットレートになるように T C P 1 6、V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 を制御する。

10

【 0 0 5 7 】

クロスレイヤモジュール 2 1 は、負荷モニタモジュール 1 1 から目標入力パケットレートを含む信号 R a t e _ s i g n a l を受けると、その受けた信号 R a t e _ s i g n a l を上層レートコントローラ 2 0 へ送信する。

【 0 0 5 8 】

図 2 は、自律的に確立される通信ネットワークであるアドホックネットワークの概念図である。通信装置 1 0 0 ~ 1 0 2 は、アドホックネットワークを構成する。そして、例えば、通信装置 1 0 1 は、送信元の通信装置であり、通信装置 1 0 2 は、送信先の通信装置であり、通信装置 1 0 0 は、通信装置 1 0 1 と通信装置 1 0 2 との間でパケットを中継する中継通信装置である。中継通信装置である通信装置 1 0 0 においては、例えば、キュー 4 は、通信装置 1 0 1 から受信したパケットを保持し、キュー 6 は、通信装置 1 0 2 から受信したパケットを保持する。また、通信装置 1 0 0 においては、キュー 8 は、通信装置 1 0 1 宛てのパケットを保持し、キュー 9 は、通信装置 1 0 2 宛てのパケットを保持する。なお、通信装置 1 0 1、1 0 2 の各々は、図 1 に示す通信装置 1 0 0 と同じ構成からなる。

20

【 0 0 5 9 】

以下においては、図 2 に示すアドホックネットワークにおいて各通信装置 1 0 0 ~ 1 0 2 が自己のキュー 4 ~ 6 に保持されているパケット数がキュー 4 ~ 6 の許容サイズに近くように制御することによって、アドホックネットワーク全体を安定化させる方法について説明する。

30

【 0 0 6 0 】

[負荷のモニタ]

負荷モニタモジュール 1 1 がキュー 4 ~ 6 に保持されているパケット数をモニタする方法について説明する。負荷モニタモジュール 1 1 は、システムのパラメータであるレートコントロール間隔ごとに、各々のキューに関して出力パケット数 $N_D e q u e u e_P k t$ 、失敗回数 $N_D e q u e u e_F a i l$ 、パケットサイズ $S_D e q u e u e_P k t$ および保持パケット数 $H_P k t$ を演算する。

40

【 0 0 6 1 】

出力パケット数 $N_D e q u e u e_P k t$ は、前回の処理時刻以降にキューから出力されたパケット数である。失敗回数 $N_D e q u e u e_P k t$ は、前回の処理時刻以降にキューからのパケットの出力に失敗した回数である。パケットサイズ $S_D e q u e u e_P k t$ は、前回の処理時刻以降にキューから出力されたパケットのサイズの合計である。保持パケット数 $H_P k t$ は、現時点でキューに保持されているパケット数である。

【 0 0 6 2 】

負荷モニタモジュール 1 1 は、3つの制御方法のいずれかに従って各キュー 4 ~ 6 に保持されている保持パケット数 $H_P k t$ が各キュー 4 ~ 6 の許容サイズ (T Q L : T o l

50

erance Queue Length) にそれぞれ近づくように各キュー 4 ~ 6 に入力されるパケットレートを制御する。

【0063】

3つの制御方法は、Constant TQL (C-TQL)、Additive Increase/Decrease TQL (AIAD-TQL) および Delay Based TQL (DB-TQL) である。C-TQL は、リンクレイヤにおけるパケットの輻輳状態を回避することによって、パケット落ちまたはキューにおける待ち時間を解消することを目的とする制御方法である。また、AIAD-TQL は、高いチャネル使用率を保持し、かつ、必要最小限のキュー長を保つことを目的とする制御方法である。更に、DB-TQL は、キューにおけるパケット遅延を特定の値以内に保つことを目的とする制御方法である。そして、この3つの制御方法のいずれの制御方法を用いるかによってキューの許容サイズ (TQL) の決定方法が異なる。

10

【0064】

i) C-TQL を用いた場合の TQL の決定方法

C-TQL を用いた場合、TQL は、一定値 C__TQL に保持され、この一定値 C__TQL は、システムパラメータとして負荷モタモジュール 11 に設定される。従って、この場合、負荷モタモジュール 11 は、TQL を演算することはない。

【0065】

一定値 C__TQL は、次のように決定される。許容サイズ TQL の最大値を TQL__max とし、許容サイズ TQL の最小値を TQL__min とすると、許容サイズの最大値 TQL__max は、次式によって決定される。

20

【0066】

$TQL_max = (\text{キューの最大サイズ(バイト)の}70\%) / (\text{キューから出力されたパケットの平均サイズ(バイト)}) \cdots (1)$

また、許容サイズの最小値 TQL__min は、次式によって決定される。

【0067】

$TQL_min = (\text{キューの最大サイズ(バイト)の}10\%) / (\text{キューから出力されたパケットの平均サイズ(バイト)}) \cdots (2)$

そして、キューサイズ > TQL__max、かつ、キューサイズ < TQL__min であるとき、許容サイズ TQL は、次式によって決定される。

30

【0068】

$TQL = (TQL_max - TQL_min) / 2 + TQL_min \cdots (3)$

一方、キューサイズ > TQL__max、かつ、キューサイズ < TQL__min が成立しない場合、許容サイズ TQL は、次式によって決定される。

【0069】

$TQL = \text{キューサイズ} \cdots (4)$

また、許容サイズ TQL は、次の方法によって決定されてもよい。

【0070】

キューサイズ > TQL__max であれば、 $TQL = TQL_max$ と決定し、キューサイズ < TQL__min であれば、 $TQL = TQL_min$ と決定し、キューサイズ > TQL__max、かつ、キューサイズ < TQL__min が成立しない場合、 $TQL = \text{キューサイズ}$ と決定する。

40

【0071】

C-TQL が用いられる場合、上述した方法のいずれかによって、許容サイズ TQL が決定される。

【0072】

ii) AIAD-TQL を用いた場合の TQL の決定方法

負荷モタモジュール 11 は、演算したパケットサイズ S__Dequeue__Pkt および出力パケット数 N__Dequeue__Pkt に基づいて、前回の処理時刻以降にキュー

50

ーから出力されたパケットの平均サイズ $S_Dequeue_Pkt_ave$ を演算する。そして、負荷モニタモジュール 11 は、その演算したパケットの平均サイズを用いて、次式により許容サイズ TQL の最大値 TQL_max を演算する。

【0073】

$$TQL_max = (\text{キューのサイズの } 30\%) / (S_Dequeue_Pkt_ave) \cdots (5)$$

また、負荷モニタモジュール 11 は、 TQL_min を $TQL_min = 1$ と決定する。

【0074】

そして、 TQL_prev を前回のレートコントロールタイマが終了した時の TQL の値とし、 TQL_new を次回のレートコントロールタイマが終了した時の TQL の値とする。

10

【0075】

そうすると、負荷モニタモジュール 11 は、該当のキュー 4 ~ 6 から出力されたパケットがあった場合、 TQL_prev とキューに保持されているパケット数とを比較し、 $TQL_prev >$ 保持されているパケット数であれば、 TQL_new を下げる。この場合、負荷モニタモジュール 11 は、例えば、 TQL_new を 1 パケット分だけ下げる ($TQL_new = TQL_prev - 1$)。キューへ入れたパケット数がキューへのパケットの出力要求数を上回っているので、 TQL_new を下げることにしたものである。

【0076】

20

また、負荷モニタモジュール 11 は、キューからのパケットの出力要求に対してキューからパケットを出力できなかったとき (即ち、空振りしたとき)、 TQL_new を上げる。この場合、負荷モニタモジュール 11 は、例えば、 TQL_new を 1 パケット分だけ上げる ($TQL_new = TQL_prev + 1$)。パケットの出力要求数がキューへ入れたパケット数を上回っているので、パケットの送信処理に余裕がある状態であると見なし、 TQL_new を上げることにしたものである。

【0077】

ただし、負荷モニタモジュール 11 は、 TQL_min から TQL_max の範囲を超えないように TQL_new の値を決定する。

【0078】

30

そして、負荷モニタモジュール 11 は、レートコントロールタイマが終了した時点の TQL_new を許容サイズ TQL として更新するとともに、その更新した TQL_new を TQL_prev に設定する。

【0079】

i i i) DB - TQL を用いた場合の TQL の決定方法

負荷モニタモジュール 11 は、キューへのパケットの出力要求回数とレートコントロール間隔とに基づいて、MAC 要求レートを次式によって演算する。

【0080】

$$MAC \text{ 要求レート} = (\text{出力要求回数}) / (\text{レートコントロール間隔}) \cdots (6)$$

40

なお、出力要求回数は、パケットの出力要求が空振りであった回数を含む。

【0081】

そして、負荷モニタモジュール 11 は、アップストリームスケジューラ 7 からパケットの出力要求があったときに、空振りせずに各キュー 4 ~ 6 の遅延が許容遅延量 TQD ($Tolerable \ Queue \ Delay$) になるように TQL を演算する。即ち、負荷モニタモジュール 11 は、次式によって TQL を演算する。

【0082】

$$TQL = TQD \times (MAC \text{ 要求レート}) \cdots (7)$$

負荷モニタモジュール 11 は、上述した 3 つの制御方法のいずれかにおける許容サイズ TQL の決定方法に従って許容サイズ TQL を演算すると、その演算した許容サイズ TQ

50

Lを用いて目標入力パケットレート (Target Enqueue Rate) を次式によって演算する。

【0083】

$$\text{Target Enqueue Rate} = (\text{dequeue Rate}) - ((\text{Queue Length} - \text{TQL}) / (\text{Rate Control Interval})) + (\text{Number of Dequeue Failure}) / (\text{Rate Control Interval})$$

・・・(8)

即ち、負荷モニタモジュール11は、レートコントロール間隔内でキュー長 (= キューに保持されているパケット数) が許容サイズTQLに近づくように、各キュー4~6にパケットを入れるときの目標入力パケットレートを演算する。なお、式(8)において、dequeue rateは、各キュー4~6から出力されるパケットの出力レートであり、Queue Lengthは、キュー長であり、Rate Control Intervalは、レートコントロール間隔であり、Number of Dequeue Failureは、上述した失敗回数N_Dequeue_Failである。

10

【0084】

そして、負荷モニタモジュール11は、通知タイプ=NOTIFY_TARGET_RATE、RateInfo=Target Enqueue RateおよびLoad Generation ID=負荷を発生させている通信装置のIDからなる信号Rate_signalを生成し、その生成した信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target Enqueue Rate/Load Generation ID]をクロスレイヤモジュール21へ送信する。

20

【0085】

[レートシグナリング]

A. 上層レートコントローラへのレートシグナリング

クロスレイヤモジュール21は、負荷モニタモジュール11から信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target Enqueue Rate/Load Generation ID]を受けると、信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target Enqueue Rate]を上層レートコントローラ20へ送信する(図1参照)。

【0086】

B. 下層レートコントローラへのレートシグナリング

30

図3および図4は、それぞれ、目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態1における第1および第2の概念図である。なお、図3および図4においては、通信装置100が通信装置101へ目標入力パケットレートを通知する場合について説明する。

【0087】

通信装置100の負荷モニタモジュール11は、キュー4(通信装置101から受信したパケットを保持するキュー)における保持パケット数H_Pktがキュー4の許容サイズTQLから掛け離れていることを検出し、上述した方法でキュー6への目標入力パケットレートを演算する。

【0088】

40

そして、通信装置100の負荷モニタモジュール11は、その演算した目標入力パケットレートを含む信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target Enqueue Rate/Load Generation ID]をアップストリームスケジューラ7へ送信し、アップストリームスケジューラ7は、信号Rate_signalを負荷モニタモジュール11から受信する。

【0089】

そうすると、通信装置100のアップストリームスケジューラ7は、通信装置101宛てのパケットを保持するキュー8に1個のパケットを入れる際にそのパケットに受信した信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target Enqueue Rate/Requester ID]を追加してからキュー8に入

50

れる。ここで、Requester IDは、通信装置100のIDである。そして、通信装置100のキュー8は、アンロック状態にある場合にMACレイヤモジュール1からパケットの出力要求を受けると、信号Rate__signalを含む1個のパケットをMACレイヤモジュール1へ送信し、MACレイヤモジュール1は、信号Rate__signalを含む1個のパケットを通信装置101へ送信する(図3参照)。

【0090】

通信装置101のMACレイヤモジュール1は、信号Rate__signalを含む1個のパケットを通信装置100から受信し、信号Rate__signalを含む1個のパケットをリンクレイヤクラスファイア2へ送信する。

【0091】

通信装置101のリンクレイヤクラスファイア2は、信号Rate__signalを含む1個のパケットを受け、その受けた1個のパケットから信号Rate__signalを取り出す。そして、通信装置101のリンクレイヤクラスファイア2は、その取り出した信号Rate__signalを下層レートコントローラ12へ送信し、信号Rate__signalを取り出した後の1個のパケットをネットワーククラシファイア13へ送信する。

【0092】

ネットワーククラシファイア13は、信号Rate__signalを取り出した後の1個のパケットを受け、その受けた1個のパケットの宛先が通信装置101であるとき、その1個のパケットをUDP15またはTCP16へ送信し、その受けた1個のパケットの宛先が通信装置101以外の通信装置であるとき、その1個のパケットをルーティングモジュール14へ送信する(図4参照)。

【0093】

上述した動作によって、通信装置100におけるキュー4の負荷を発生させている通信装置101へ目標入力パケットレートが送信される。

【0094】

[レートコントロール]

A. 上層レートコントローラ20におけるレートコントロール

次に、上層レートコントローラ20におけるレートコントロールについて説明する。

【0095】

上層レートコントローラ20は、信号Rate__signal = [NOTIFY__TARGET__RATE / Target Enqueue Rate]を受けると、パケットのキュー5への入力レートが目標入力パケットレートに近づくように、トラフィックを生成するアプリケーション毎の目標出力パケットレートを演算する。

【0096】

以下、例として、Voice17とVideo18との2つのアプリケーションがトラフィックを生成する場合を対象にして説明する。

【0097】

上層レートコントローラ20は、信号Rate__signalに含まれる目標入力パケットレート(=Target Enqueue Rate)を用いて増減レート(Decrement / increment Rate) = を次式により演算する。

【0098】

$$= (\text{Current Total Rate} - \text{Target Enqueue Rate}) \cdots (9)$$

なお、式(9)において、Current Total Rateは、Voice17から出力されている現在の出力レートCurrent Voice Rateと、Video18から出力されている現在の出力レートCurrent Video Rateとの和である。

【0099】

式(9)によって、Voice17およびVideo18が増減すべき出力レートの増減レートが決定される。そして、が正であれば、出力パケットレートは、減少され、

10

20

30

40

50

が負であれば、出力パケットレートは、増加される。

【 0 1 0 0 】

上層レートコントローラ 20 は、式 (9) によって増減レートを演算すると、その演算した増減レートをを用いて各アプリケーションごとの目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 1 】

この場合、上層レートコントローラ 20 は、全体の増減レートを相対トラフィックレート係数を用いて $(1 - \text{係数})$ とに重み付けして、Voice 17 と Video 18 とのそれぞれの目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 2 】

例として、上層レートコントローラ 20 は、相対トラフィックレート係数を次式によって演算する。

【 0 1 0 3 】

$$\text{係数} = \text{Initial Voice Rate} / \text{Initial Total Rate} \cdots (10)$$

上層レートコントローラ 20 は、相対トラフィックレート係数を演算すると、その演算した相対トラフィックレート係数を用いて各アプリケーション (Voice 17 および Video 18) の目標出力パケットレートを次のように演算する。

【 0 1 0 4 】

i) Voice および Video の出力レートが共に最小レートよりも大きい場合

上層レートコントローラ 20 は、次式によって Voice 17 および Video 18 のそれぞれの目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 5 】

$$\text{VoiceOutgoingTrafficRate} = \text{CurrentVoiceOutgoingTrafficRate} - \text{係数} \times \text{増減レート} \cdots (11)$$

$$\text{VideoOutgoingTrafficRate} = \text{CurrentVideoOutgoingTrafficRate} - (1 - \text{係数}) \times \text{増減レート} \cdots (12)$$

ii) Voice および Video の一方の出力レートが最小レートで送信している場合

上層レートコントローラ 20 は、式 (9) によって演算した増減レートが正である場合 (> 0)、次の方法によって Voice 17 および Video 18 の目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 6 】

上層レートコントローラ 20 は、Voice 17 の現在の出力レート (= CurrentVoiceOutgoingTrafficRate) が Voice 17 の出力レートの最小値 (= VoiceOutgoingTrafficRate_min) よりも大きいかなかを判定し、Voice 17 の現在の出力レートが Voice 17 の出力レートの最小値よりも大きい場合、次式によって Voice 17 および Video 18 の目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 7 】

$$\text{TargetVoiceOutgoingTrafficRate} = \text{CurrentVoiceOutgoingTrafficRate} - \text{増減レート} \cdots (13)$$

$$\text{TargetVideoOutgoingTrafficRate} = \text{VideoOutgoingTrafficRate}_{\min} + \text{増減レート} \cdots (14)$$

また、上層レートコントローラ 20 は、Video 18 の現在の出力レート (= CurrentVideoOutgoingTrafficRate) が Video 18 の出力レートの最小値 (= VideoOutgoingTrafficRate_min) よりも大きいかなかを判定し、Video 18 の現在の出力レートが Video 18 の出力レートの最小値よりも大きい場合、次式によって Voice 17 および Video 18 の目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 0 8 】

$$\text{TargetVoiceOutgoingTrafficRate} = \text{VoiceOutgoingTrafficRate}_{\min} + \text{増減レート} \cdots (15)$$

10

20

30

40

50

TargetVideoOutgoingTrafficRate=CurrentVideoOutgoingTrafficRate-
 . . . (1 6)

このように、上層レートコントローラ 20 は、出力パケットレートを減らす処理を行なう場合 (> 0 である場合)、指定された最小レートよりも大きいレートで送信しているアプリケーション (V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 のいずれか一方) の出力パケットレートを減らす。

【 0 1 0 9 】

但し、上層レートコントローラ 20 は、指定された最小レートを下回らないように V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 の目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 1 0 】

次に、出力パケットレートを増やす場合 (< 0 である場合)、上層レートコントローラ 20 は、次式によって、V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 の目標出力パケットレートを演算する。

【 0 1 1 1 】

TargetVoiceOutgoingTrafficRate=CurrentVoiceOutgoingTrafficRate-
 . . . (1 7)

TargetVideoOutgoingTrafficRate=CurrentVideoOutgoingTrafficRate- (1 -) ×
 . . . (1 8)

上層レートコントローラ 20 は、上述した方法によって演算した V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 の目標出力パケットレートをそれぞれ V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 へ出力し、目標出力パケットレートでパケットをキュー 5 へ出力するように V o i c e 1 7 および V i d e o 1 8 を制御する。

【 0 1 1 2 】

B . 下層レートコントローラ 12 におけるレートコントロール

下層レートコントローラ 12 は、レートコントロールの対象となるキュー (キュー 8 , 9 の少なくとも 1 つ) を決定するために、信号 R a t e _ s i g n a l に含まれている送信元の IP アドレスを抽出する。

【 0 1 1 3 】

上述したように、信号 R a t e _ s i g n a l は、信号 R a t e _ s i g n a l = [N O T I F Y _ T A R G E T _ R A T E / T a r g e t E n q u e u e R a t e / R e q u e s t e r I D] からなるので、下層レートコントローラ 12 は、信号 R a t e _ s i g n a l から " R e q u e s t e r I D " を送信元の IP アドレスとして抽出する。R e q u e s t e r I D は、レート制御を要求した通信装置の IP アドレスからなるので、R e q u e s t e r I D が送信元の IP アドレスを示すことになる。

【 0 1 1 4 】

そして、R e q u e s t e r I D が通信装置 101 の IP アドレスからなるとき、下層レートコントローラ 12 は、キュー 8 をレートコントローラの対象となるキューと決定し、R e q u e s t e r I D が通信装置 102 の IP アドレスからなるとき、下層レートコントローラ 12 は、キュー 9 をレートコントローラの対象となるキューと決定する。

【 0 1 1 5 】

下層レートコントローラ 12 は、レートコントロールの対象となるキューを決定すると、信号 R a t e _ s i g n a l = [N O T I F Y _ T A R G E T _ R A T E / T a r g e t E n q u e u e R a t e / R e q u e s t e r I D] に含まれている T a r g e t E n q u e u e R a t e を抽出し、その抽出した T a r g e t E n q u e u e R a t e を目標出力パケットレートとする。

【 0 1 1 6 】

そうすると、下層レートコントローラ 12 は、目標出力パケットレートの逆数を演算して該当のキューがロック状態に設定されているロック期間 L c k _ t i m e (= L o c k I n t e r v a l) を演算し、その演算したロック期間 L c k _ t i m e によって、レートコントロールの対象となるキューのロック期間を更新する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 7 】

その後、下層レートコントローラ12は、ロック期間 `L c k _ t i m e` を用いてキュー8, 9から出力されるパケットのレートコントロールを行なう。

【 0 1 1 8 】

キュー8, 9は、最初の状態は、アンロック状態である。キュー8, 9が初期状態にあるときに、下層レートコントローラ12は、信号 `R a t e _ s i g n a l` を受けると、該当のキュー（キュー8または9）の状態をアンロック状態からロック状態に変えてから、ロックタイマにロック期間 `L c k _ t i m e` を設定し、ロックタイマを起動させる。一方、該当のキューが初期状態でない場合、下層レートコントローラ12は、信号 `R a t e _ s i g n a l` を受けたとき、ロックタイマが既に進行していれば、ロック期間 `L c k _ t i m e` の満了を待つ。そして、ロック期間 `L c k _ t i m e` が満了したら、該当のキューの状態をアンロック状態に更新してから、新しいロック期間 `L c k _ t i m e` でロックタイマを起動させる。

10

【 0 1 1 9 】

また、下層レートコントローラ12は、ロック期間 `L c k _ t i m e` が満了したとき、該当のキューの状態をアンロック状態に更新し、ロックタイマをリセットする（再起動させる）。

【 0 1 2 0 】

一方、ダウンストリームスケジューラ10は、MACレイヤモジュール1からパケットの出力要求が届いたとき、アンロック状態にあるキュー（キュー8, 9のいずれか）から1個のパケットを取り出してMACレイヤモジュール1へ送信する。そして、ダウンストリームスケジューラ10が下層レートコントローラ12に対してキューの状態をロック状態に設定するように要求する。下層レートコントローラ12は、要求に応じて、そのパケットを取り出したキュー（キュー8, 9のいずれか）の状態をロック状態に更新する。

20

【 0 1 2 1 】

上述したように下層レートコントローラ12は、受信した信号 `R a t e _ s i g n a l` から目標出力パケットレート（=`T a r g e t E n q u e u e R a t e`）を取り出し、その取り出した目標出力パケットレートになるようにキュー（キュー8, 9のいずれか）の出力パケットレートを制御する。

【 0 1 2 2 】

これによって、通信装置101から通信装置100へ送信されるパケットが増減し、隣接の通信装置100のキュー（キュー4または6）に保持された保持パケット数 `H _ P k t` がキュー（キュー4または6）の許容サイズ `T Q L` に徐々に近づく。

30

【 0 1 2 3 】

図5は、目標入力パケットレートをアプリケーションへ通知する動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始され、レートコントロールタイマが満了すると（ステップS1）、負荷モニタモジュール11は、キュー4~6（アップストリームキュー）に対してキュー条件取得要求を送信し（ステップS2）、キュー4~6（アップストリームキュー）は、キュー条件（=出力パケット数 `N _ D e q u e u e _ P k t`、失敗回数 `N _ D e q u e u e _ F a i l`、パケットサイズ `S _ D e q u e u e _ P k t` および保持パケット数 `H _ P k t` からなる）を負荷モニタモジュール11へ送信する（ステップS3）。

40

【 0 1 2 4 】

そして、負荷モニタモジュール11は、キュー条件（=出力パケット数 `N _ D e q u e u e _ P k t`、失敗回数 `N _ D e q u e u e _ F a i l`、パケットサイズ `S _ D e q u e u e _ P k t` および保持パケット数 `H _ P k t` からなる）を受信し、その受信したキュー条件（=出力パケット数 `N _ D e q u e u e _ P k t`、失敗回数 `N _ D e q u e u e _ F a i l`、パケットサイズ `S _ D e q u e u e _ P k t` および保持パケット数 `H _ P k t` からなる）を用いて、上述した方法によって、目標入力パケットレートを演算する（ステップS4）。

50

【0125】

そうすると、負荷モニタモジュール11は、その演算した目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalをクロスレイヤモジュール21へ通知する(ステップS5)。そして、負荷モニタモジュール11において、新たなレートコントロールタイマが設定される(ステップS6)。

【0126】

信号Rate_signalを受信したクロスレイヤモジュール21は、その受信した信号Rate_signalを上層レートコントローラ20へ送信する(ステップS7)。そして、上層レートコントローラ20は、クロスレイヤモジュール21から受信した信号Rate_signalに含まれる目標入力パケットレートをを用いて、上述した方法によって、Voice17およびVideo18の目標出力パケットレートを演算し(ステップS8)、Voice17およびVideo18からのパケットの出力パケットレートが目標出力パケットレートになるようにVoice17およびVideo18を制御する(ステップS9, S10)。

10

【0127】

そして、Voice17およびVideo18は、それぞれ、パケットの出力パケットレートが目標出力パケットレートになるようにパケットをルーティングモジュール14へ送信する。これによって、一連の動作は終了する。

【0128】

このように、負荷の発生元が当該通信装置である場合、パケットの生成元(=Voice17およびVideo18)からキュー5への出力パケットレートを制御することによって、キュー5に保持された保持パケット数N_Pktがキュー5の許容サイズTQLに近づく。その結果、キュー5における負荷が減少する。

20

【0129】

図6は、目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するためのフローチャートである。図6に示すフローチャートは、図5に示すフローチャートのステップS5, S7~S10をステップS11~S18に代えたものであり、その他は、図5に示すフローチャートと同じである。

【0130】

上述したステップS1~ステップS4が順次実行されると、負荷モニタモジュール11は、演算した目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalをアップストリームスケジューラ7へ送信し、目標入力パケットレートのパケットへの追加を依頼する(ステップS11)。

30

【0131】

一方、MAC層のMACレイヤモジュール1は、チャンネルアクセスを行ない、パケットの送信が可能な状態になると、パケットの出力要求(Dequeue要求)をダウンストリームスケジューラ10へ送信する(ステップS12)。そして、ダウンストリームスケジューラ10は、パケットの出力要求(Dequeue要求)に応じて、アンロック状態にあるキュー(ダウンストリームキュー)から1個のパケットを取り出し(ステップS13)、その取り出した1個のパケットをMACレイヤモジュール1へ送信する(ステップS14)。

40

【0132】

また、ダウンストリームスケジューラ10は、パケットが空になったキューを指定したパケットの出力要求(Dequeue要求)をアップストリームスケジューラ7へ送信する(ステップS15)。そして、アップストリームスケジューラ7は、ダウンストリームスケジューラ10からのパケットの出力要求(Dequeue要求)に応じて、空になったキュー(キュー8, 9のいずれか)に入れるべき1個のパケットをキュー4~6(アップストリームキュー)から取り出し(ステップS16)、その取り出した1個のパケットに目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalを追加する(ステップS17)。

50

【0133】

そして、アップストリームスケジューラ7は、目標入力パケットレートを含む1個のパケットを空になったキューへ入れる(ステップS18)。

【0134】

パケットが空であったキューは、目標入力パケットレートを含む1個のパケットが入れることによって空でなくなり、上述したステップS12~ステップS14に従って他の通信装置へ送信される。これによって、一連の動作は終了する。

【0135】

図7は、目標入力パケットレートを受信した通信装置における動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、MACレイヤモジュール1は、信号Rate__signal(目標入力パケットレート)を含むパケットを受信し、その受信したパケットをリンクレイヤクラシファイア2へ送信する(ステップS21)。

10

【0136】

そして、リンクレイヤクラシファイア2は、MACレイヤモジュール1から信号Rate__signalを含むパケットを受信し、その受信したパケットから信号Rate__signalを抽出するとともに、その抽出した信号Rate__signalを下層レートコントローラ12へ通知する(ステップS22)。なお、リンクレイヤクラシファイア2は、信号Rate__signalを抽出した後のパケットをその送信先に応じてトランスポート層(UDP15およびTCP16)またはルーティングモジュール14へ送信する。

20

【0137】

下層レートコントローラ12は、信号Rate__signalを受信すると、その受信した信号Rate__signalに含まれる目標入力パケットレートをを用いて、上述した方法によって、目標出力パケットレートを演算するとともに、その演算した目標出力パケットレートの逆数を演算してロック期間Lck__time(=ロックインターバル)を演算する(ステップS23)。

【0138】

そして、ロックタイマが満了すると(ステップS24)、下層レートコントローラ12は、ロック状態にあるキュー(ダウンストリームキュー)の状態をロック状態からアンロック状態に変える(ステップS25)。その後、ロックタイマが設定される(ステップS26)。

30

【0139】

一方、MAC層のMACレイヤモジュール1は、チャンネルアクセスを行ない、パケットの送信が可能な状態になると、パケットの出力要求(Dequeue要求)をダウンストリームスケジューラ10へ送信する(ステップS27)。そして、ダウンストリームスケジューラ10は、パケットの出力要求(Dequeue要求)に応じて、アンロック状態にあるキュー(ダウンストリームキュー)から1個のパケットを取り出す(ステップS28)。

【0140】

また、ダウンストリームスケジューラ10は、1個のパケットを取り出したキューの状態をロック状態に設定するためのキューロック要求を下層レートコントローラ12へ送信する(ステップS29)。

40

【0141】

下層レートコントローラ12は、ダウンストリームスケジューラ10からのキューロック要求に応じて、1個のパケットを出力したキュー(UNLOCK__queueID)の状態をロック状態に変更する(ステップS30)。

【0142】

その後、ダウンストリームスケジューラ10は、ステップS28において、キューから取り出した1個のパケットをMACレイヤモジュール1へ送信するとともに(ステップS31)、パケットが空になったキューを指定したパケットの出力要求(Dequeue要

50

求)をアップストリームスケジューラ7へ送信する(ステップS32)。

【0143】

そして、アップストリームスケジューラ7は、パケットの出力要求(Dequeue要求)に応じて、キュー4~6(アップストリームキュー)から1個のパケットを取り出し(ステップS33)、その取り出した1個のパケットを空になったキューへ入れる(ステップS34)。これによって、一連の動作が終了する。

【0144】

上述したように、目標入力パケットレートを受信した通信装置においては、受信した目標入力パケットレートに応じたロック期間Lck_time(ロックインターバル)が演算され、その演算されたロック期間Lck_time(ロックインターバル)によって、キュー8,9からMACレイヤモジュール1(MAC層)へのパケットの出力パケットレートが制御される。

10

【0145】

なお、図7においては、通信装置101が目標入力パケットレートの通知を受信した場合について説明したが、通信装置102が目標入力パケットレートの通知を受信した場合も、図7に示すフローチャートに従ってパケットの出力パケットレートの制御が行なわれる。

【0146】

図8は、図1に示す負荷モニタモジュール11におけるキューの許容サイズを演算する動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、アップストリームスケジューラ7は、キュー(キュー4~6のいずれか)からパケットの出力を試みる(ステップS41)。

20

【0147】

そして、負荷モニタモジュール11は、パケットを出力(Dequeue)できたか否かを判定し(ステップS42)、パケットを出力(Dequeue)できたと判定したとき、出力(Dequeue)できたパケット数を計測する(ステップS43)。その後、負荷モニタモジュール11は、出力(Dequeue)できたパケット数のパケットサイズを演算する(ステップS44)。

【0148】

一方、ステップS42において、パケットを出力(Dequeue)できなかった判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、出力(Dequeue)の失敗回数N_Dequeue_Failを計測する(ステップS45)。

30

【0149】

そして、ステップS44またはステップS45の後、負荷モニタモジュール11は、MACリクエストの回数を計測し(ステップS46)、制御方式がAIAD-TQLか否かを判定する(ステップS47)。

【0150】

ステップS47において、制御方式がAIAD-TQLであると判定された場合、負荷モニタモジュール11は、上述した式(5)によって、許容サイズTQLの最大値TQL_max=(キューのサイズの30%)/(S_Dequeue_Pkt_ave)を演算する(ステップS48)。

40

【0151】

その後、負荷モニタモジュール11は、パケットを出力できたか否かを判定する(ステップS49)。そして、負荷モニタモジュール11は、パケットを出力できなかったとき、即ち、キューからのデータの取り出しを空振りしたときTQL_newを増加(例えば、1パケット分)させる(ステップS50)。

【0152】

一方、ステップS49において、パケットを出力できたと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、前回のレートコントロールタイマ終了時のTQLの値TQL_prevがキュー中のパケットサイズよりも小さいか否かを更に判定する(ステップS51)。

50

【0153】

そして、ステップS51において、前回のレートコントロールタイマ終了時のTQLの値TQL_prevがキュー中のパケットサイズよりも小さいと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、TQL_newを減少（例えば、1パケット分）させる（ステップS52）。

【0154】

ステップS50の後、またはステップS51において、前回のレートコントロールタイマ終了時のTQLの値TQL_prevがキュー中のパケットサイズ以上であると判定されたとき、またはステップS52の後、負荷モニタモジュール11は、TQL_newがTQL_minよりも小さいか否かを判定し（ステップS53）、TQL_newがTQL_min以上であるとき、TQL_newがTQL_maxよりも大きいと判定する（ステップS54）。

10

【0155】

そして、ステップS54において、TQL_newがTQL_maxよりも大きいと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、TQL_newをTQL_maxに設定する（ステップS55）。

【0156】

一方、ステップS53において、TQL_newがTQL_minよりも小さいと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、TQL_newをTQL_minに設定する（ステップS56）。

20

【0157】

そして、ステップS47において制御方式がAIAD-TQLでないと判定されたとき、またはステップS54においてTQL_newがTQL_maxよりも大きくないと判定されたとき、またはステップS55の後、またはステップS56の後、一連の動作は終了する。

【0158】

上述したように、図8に示すフローチャートに従えば、AIAD-TQL方式におけるTQL_newは、最小値TQL_minと最大値TQL_maxとの間に設定される（ステップS48～ステップS56参照）。

【0159】

図9は、許容サイズの計算方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、負荷モニタモジュール11は、パケットの出力情報（=Dequeue情報）、即ち、出力パケット数N_Dequeue_Pkt、失敗回数N_Dequeue_Fail、パケットサイズS_Dequeue_Pktおよび保持パケット数H_Pktを取得する（ステップS61）。

30

【0160】

そして、負荷モニタモジュール11は、制御方式がAIAD-TQLであるか否かを判定し（ステップS62）、制御方式がAIAD-TQLであると判定したとき、許容サイズTQLを図8に示すフローチャートに従って演算したTQL_newに設定する（ステップS63）。その後、一連の動作は、ステップS75へ移行する。

40

【0161】

一方、ステップS62において、制御方式がAIAD-TQLでないと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、制御方式がC-TQLであるか否かを更に判定する（ステップS64）。そして、制御方式がC-TQLであると判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、キューから出力されたパケット数（=Dequeueパケット数）が“0”よりも大きいと判定する（ステップS65）。

【0162】

ステップS65において、キューから出力されたパケット数が“0”であると判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、平均パケットサイズを“DEFAULT_EHTERNET_MTU”に設定する（ステップS66）。その後、一連の動作は、ステップ

50

S 6 8 へ移行する。

【 0 1 6 3 】

一方、ステップ S 6 5 において、キューから出力されたパケット数が “ 0 ” よりも大きいと判定されたとき、負荷モニタモジュール 1 1 は、キューから出力されたパケットサイズをキューから出力されたパケット数で除算して平均パケットサイズを演算する（ステップ S 6 7）。

【 0 1 6 4 】

そして、ステップ S 6 6 またはステップ S 6 7 の後、負荷モニタモジュール 1 1 は、上述した式 (1) によって許容サイズ T Q L の最大値 T Q L _ m a x を演算し（ステップ S 6 8 ）、上述した式 (2) によって許容サイズの最小値 T Q L _ m i n を演算する（ステップ S 6 9）。

10

【 0 1 6 5 】

そうすると、負荷モニタモジュール 1 1 は、キュー長が許容サイズ T Q L の最小値 T Q L _ m i n よりも小さく、かつ、キュー長が許容サイズ T Q L の最大値 T Q L _ m a x よりも大きいかが否かを判定する（ステップ S 7 0）。

【 0 1 6 6 】

そして、ステップ S 7 0 において、キュー長が最小値 T Q L _ m i n よりも小さく、または、キュー長が最大値 T Q L _ m a x よりも大きいと判定されたとき、負荷モニタモジュール 1 1 は、上述した式 (3) によって許容サイズ T Q L を演算する（ステップ S 7 1）。

20

【 0 1 6 7 】

一方、ステップ S 7 0 において、キュー長が最小値 T Q L _ m i n 以上であり、かつ、キュー長が最大値 T Q L _ m a x 以下であると判定されたとき、負荷モニタモジュール 1 1 は、許容サイズ T Q L をキュー長に設定する（ステップ S 7 2）。

【 0 1 6 8 】

ステップ S 6 4 において、制御方式が C - T Q L でないと判定されたとき、即ち、制御方式が D B - T Q L であると判定されたとき、負荷モニタモジュール 1 1 は、上述した式 (6) によって M A C 要求レートを演算し（ステップ S 7 3 ）、その演算した M A C 要求レートをを用いて式 (7) によって許容サイズ T Q L を演算する（ステップ S 7 4）。

【 0 1 6 9 】

そして、ステップ S 6 3、ステップ S 7 1、ステップ S 7 2 およびステップ S 7 4 のいずれかの後、負荷モニタモジュール 1 1 は、変数をクリアする（ステップ S 7 5）。これによって、一連の動作は終了する。

30

【 0 1 7 0 】

図 1 0 は、許容サイズの他の計算方法を説明するためのフローチャートである。図 1 0 に示すフローチャートは、図 9 に示すフローチャートのステップ S 7 0 ~ ステップ S 7 2 をステップ S 7 0 A、S 7 1 A、S 7 2 A、S 7 3 A、S 7 4 A に代えたものであり、その他は、図 9 に示すフローチャートと同じである。

【 0 1 7 1 】

ステップ S 6 9 の後、負荷モニタモジュール 1 1 は、キュー長が許容サイズ T Q L の最小値 T Q L _ m i n よりも小さいかが否かを判定し（ステップ S 7 0 A）、キュー長が最小値 T Q L _ m i n よりも小さいとき、許容サイズ T Q L を最小値 T Q L _ m i n に設定する（ステップ S 7 1 A）。

40

【 0 1 7 2 】

一方、ステップ S 7 0 A において、キュー長が最小値 T Q L _ m i n よりも小さくないと判定されたとき、負荷モニタモジュール 1 1 は、キュー長が許容サイズ T Q L の最大値 T Q L _ m a x よりも大きいかが否かを更に判定し（ステップ S 7 2 A）、キュー長が最大値 T Q L _ m a x よりも大きいと判定したとき、許容サイズ T Q L を最大値 T Q L _ m a x に設定する（ステップ S 7 3 A）。

【 0 1 7 3 】

50

一方、ステップS72Aにおいて、キュー長が最大値TQL_maxよりも大きくないと判定されたとき、負荷モニタモジュール11は、許容サイズTQLをキュー長に設定する(ステップS74A)。そして、ステップS63、ステップS71A、ステップS73A、ステップS74およびステップS74Aのいずれかの後、一連の動作は、ステップS75へ移行する。

【0174】

図11は、目標入力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、負荷モニタモジュール11は、図9に示すフローチャートまたは図10に示すフローチャートに従って許容サイズTQLを演算する(ステップS81)。

10

【0175】

そして、負荷モニタモジュール11は、キューから出力されたパケット数をレートコントロール間隔で除算することによって出力パケットレート(Dequeueレート)を演算する(ステップS82)。

【0176】

その後、負荷モニタモジュール11は、通知タイプtypeを“NOTIFY_TARGET_RATE”に設定し(ステップS83)、キューからのパケットの出力に失敗した失敗回数(=Dequeue失敗数)をレートコントロール間隔で除算することによってincrement_valueを演算する(ステップS84)。

【0177】

20

そして、負荷モニタモジュール11は、ステップS81、ステップS82およびステップS84において演算した各値を用いて、 $Dequeue\ レート - ((\text{キュー長} - TQL) / \text{レートコントロール間隔}) + increment_value$ によってvalue(=目標入力パケットレート)を演算する(ステップS85)。

【0178】

そうすると、負荷モニタモジュール11は、タイプtypeおよびvalueをアップストリームスケジューラ79またはクロスレイヤモジュール21へ通知する(ステップS86)。その後、レートコントロールタイマが設定される(ステップS87)。

【0179】

これによって、目標入力パケットレートを演算する動作が終了する。

30

【0180】

図12は、目標出力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、上層レートコントローラ20は、現在のVoice17の出力レートと現在のVideo18の出力レートとの和を演算して現在のトータルレートを演算する(ステップS91)。

【0181】

そして、上層レートコントローラ20は、現在のトータルレートから目標入力パケットレートを減算して増減レートを演算し(ステップS92)、初期のVoiceレートを初期のトータルレートで除算して相対トラフィックレート係数を演算する(ステップS93)。

40

【0182】

そうすると、上層レートコントローラ20は、現在のVoice17の出力レートがVoiceレートの最小値よりも大きく、かつ、現在のVideo18の出力レートがVideoレートの最小値よりも大きいと判定するか否かを判定する(ステップS94)。

【0183】

そして、ステップS94において、現在のVoice17の出力レートがVoiceレートの最小値よりも大きく、かつ、現在のVideo18の出力レートがVideoレートの最小値よりも大きいと判定されたとき、上層レートコントローラ20は、上述した式(11)によって目標Voiceレートを演算し(ステップS95)、上述した式(12)によって目標Videoレートを演算する(ステップS96)。

50

【0184】

一方、ステップS94において、現在のVoice17の出力レートがVoiceレートの最小値以下である、または現在のVideo18の出力レートがVideoレートの最小値以下であると判定されたとき、上層レートコントローラ20は、増減レートが0よりも大きいかなかを更に判定する(ステップS97)。

【0185】

そして、ステップS97において、増減レートが0よりも大きいと判定されたとき、上層レートコントローラ20は、現在のVoice17の出力レートがVoice17の最小値よりも大きいかなかを更に判定する(ステップS98)。ステップS98において、現在のVoice17の出力レートがVoice17の最小値よりも大きいと判定されたとき、上層レートコントローラ20は、上述した式(13)によって、目標Voiceレートを演算し(ステップS99)、上述した式(14)によって目標Videoレートを演算する(ステップS100)。

10

【0186】

一方、ステップS98において、現在のVoice17の出力レートがVoice17の最小値以下であると判定されたとき、上層レートコントローラ20は、上述した式(15)によって目標Voiceレートを演算し(ステップS101)、上述した式(16)によって目標Videoレートを演算する(ステップS102)。

【0187】

一方、ステップS97において、増減レートが0よりも大きくない、即ち、増減レートが0以下であると判定されたとき、上層レートコントローラ20は、上述した式(17)によって目標Voiceレートを演算し(ステップS103)、上述した式(18)によって目標Videoレートを演算する(ステップS104)。

20

【0188】

そして、ステップS96、ステップS100、ステップS102およびステップS104のいずれかの後、上層レートコントローラ20は、目標VoiceレートがVoiceレートの最小値よりも小さいかなかを判定し(ステップS105)、目標VoiceレートがVoiceレートの最小値よりも小さいとき、目標VoiceレートをVoiceレートの最小値に設定する(ステップS106)。その後、一連の動作は、ステップS107へ移行する。

30

【0189】

一方、ステップS105において、目標VoiceレートがVoiceレートの最小値よりも小さくないと判定されたとき、またはステップS106の後、上層レートコントローラ20は、目標VideoレートがVideoレートの最小値よりも小さいかなかを更に判定し(ステップS107)、目標VideoレートがVideoレートの最小値よりも小さいとき、目標VideoレートをVideoレートの最小値に設定する(ステップS108)。その後、一連の動作は、ステップS109へ移行する。

【0190】

一方、ステップS107において、目標VideoレートがVideoレートの最小値よりも小さくないと判定されたとき、またはステップS108の後、上層レートコントローラ20は、変更した目標出力パケットレートをVoice17へ通知し(ステップS109)、変更した目標出力パケットレートをVideo18へ通知する(ステップS110)。そして、一連の動作は、終了する。

40

【0191】

図13は、図1に示す下層レートコントローラ12における目標出力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。下層レートコントローラ12は、信号Rate__signalで通知された目標出力パケットレートを該当キュー(キュー8, 9のいずれか)の目標出力パケットレートとして設定する(ステップS111)。そして、一連の動作は、終了する。

【0192】

50

図14は、図1に示すダウンストリームスケジューラ10における動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、ダウンストリームスケジューラ10は、前回、パケットを取り出した(Dequeueした)キューの次のキュー(キュー8, 9のいずれか)を操作対象のターゲットキューとする(ステップS121)。

【0193】

そして、ダウンストリームスケジューラ10は、ターゲットキューの状態がロック状態であるか否かを判定する(ステップS122)。ステップS122において、ターゲットキューの状態がロック状態であると判定されたとき、次のキューをターゲットキューとし(ステップS123)、ターゲットキューのステータスを既にチェックしているか否かを判定する(ステップS124)。

10

【0194】

そして、チェック済みであれば、一連の動作は、ステップS126へ移行し、チェック済みではない場合は、ステップS122へ戻る。

【0195】

一方、ステップS122において、ターゲットキューの状態がロックではない(=アンロック)状態であれば、ダウンストリームスケジューラ10は、ターゲットキュー(キュー4~6のいずれか)からパケットを取り出し(ステップS125)、一連の動作は、ステップS126へ移行する。

【0196】

以上、パケットの取得処理が終了すると、ダウンストリームスケジューラ10は、全ての空のキューに対して、アップストリームスケジューラ7へパケットのDequeue要求の処理を開始する。

20

【0197】

パケットのDequeue要求の処理は、ステップS124の判定がYESとなった場合、またはステップS125が終了したときに、ターゲットキューが空であるか否かを判定するステップS126から開始される。

【0198】

ステップS126において、ターゲットキューが空であると判定された場合、ダウンストリームスケジューラ10は、アップストリームスケジューラ7へターゲットキューに関してパケットのDequeue要求を送信し(ステップS127)、一連の動作は、ステップS128へ移行する。

30

【0199】

そして、ステップS126において、ターゲットキューが空ではないと判定された場合、またはステップS127の後、ダウンストリームスケジューラ10は、ターゲットキューを次のキューに設定する(ステップS128)。

【0200】

その後、ダウンストリームスケジューラ10は、ターゲットキューが空であるかについてチェック済みか否かを判定する(ステップS129)。ステップS129において、ターゲットキューがチェック済みでないと判定された場合、一連の動作は、ステップS126へ戻り、ステップS129において、ターゲットキューが空であるかについてチェック済みであると判定されるまで、上述したステップS126~ステップS129が繰り返し実行される。そして、ステップS129において、ターゲットキューが空であるかについてチェック済みであると判定されると、一連の動作は終了する。

40

【0201】

このように、ダウンストリームスケジューラ10は、キューの状態をチェックし(ステップS122参照)、アンロック状態のキューがあれば、保持されたパケットを取り出す(ステップS125参照)。更に、キュー8, 9の全てに対して、キューが空であるか否かをチェックし(ステップS126参照)、キューが空であれば、アップストリームスケジューラ7に対してパケットの出力を要求する(ステップS127参照)。

【0202】

50

図15は、図14によってダウンストリームスケジューラ10からパケットのDequeue要求を受けたときの図1に示すアップストリームスケジューラ7における動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、アップストリームスケジューラ7は、前回、パケットを出力した(Dequeueした)アップストリームキューの次のキューをチェックのターゲットキューとする(ステップS131)。

【0203】

そして、アップストリームスケジューラ7は、ターゲットキューを既にチェックしたか否かを判定し(ステップS132)、チェックしていないと判定したとき、先頭パケットの送信IPアドレスをチェックする(ステップS133)。

【0204】

そうすると、アップストリームスケジューラ7は、チェックしたIPアドレスが、要求があったIPアドレスと一致するか否かを判定し(ステップS134)、チェックしたIPアドレスが、要求があったIPアドレスと一致しないとき、次にチェックするキューを取得する(ステップS135)。そして、一連の動作は、ステップS132へ戻り、ステップS134において、チェックしたIPアドレスが、要求があったIPアドレスと一致すると判定されるまで、上述したステップS132～ステップS134が繰り返し実行される。

【0205】

ステップS134において、チェックしたIPアドレスが、要求があったIPアドレスと一致すると判定されると、アップストリームスケジューラ7は、キューからパケットを取得し(ステップS136)、同一のIPアドレスに関して、目標入力パケットレートの追加依頼があったか否かを判定する(ステップS137)。そして、目標入力パケットレートの追加依頼があったと判定されたとき、アップストリームスケジューラ7は、追加依頼された目標入力パケットレートをパケットに追加する(ステップS138)。

【0206】

ステップS137において、目標入力パケットレートの追加依頼が無かったと判定されたとき、またはステップS138の後、アップストリームスケジューラ7は、パケットをキュー8または9(ダウンストリームキュー)に入れる(ステップS139)。

【0207】

そして、ステップS132において、ターゲットキューがチェック済みであると判定されたとき、またはステップS139の後、一連の動作は終了する。

【0208】

上述した図8から図11に示すフローチャートは、図5および図6に示すフローチャートのステップS4において実行される。

【0209】

また、上述した図12に示すフローチャートは、図5に示すフローチャートのステップS8～ステップS10において実行される。

【0210】

更に、上述した図13に示すフローチャートは、図7に示すフローチャートのステップS23において実行される。

【0211】

更に、上述した図14に示すフローチャートは、図6に示すフローチャートのステップS13～ステップS15および図7に示すフローチャートのステップS28およびステップS32において実行される。

【0212】

更に、上述した図15に示すフローチャートは、図6に示すフローチャートのステップS16～ステップS18および図7に示すフローチャートのステップS33～ステップS34において実行される。

【0213】

上述したように、通信装置100で生成されたパケットを保持するキュー5の負荷(=

10

20

30

40

50

保持パケット数 H_Pkt)がキュー5の許容サイズ TQL から掛け離れたとき、通信装置100のアプリケーション(Voice17およびVideo18)がキュー5へ出力するパケットの出力パケットレートを制御してキュー5に保持された保持パケット数 H_Pkt をキュー5の許容サイズ TQL に近づける。また、通信装置100以外の通信装置101, 102から送信されたパケットを保持する通信装置100のキュー4, 6の負荷(=保持パケット数 H_Pkt)がキュー4, 6の許容サイズ TQL から掛け離れたとき、通信装置101, 102のキュー8, 9からのパケットの出力パケットレートを制御して通信装置100のキュー4, 6に保持された保持パケット数 H_Pkt をキュー4, 6の許容サイズ TQL に近づける。

【0214】

そして、この通信装置100におけるアプリケーション(Voice17およびVideo18)からキュー5へのパケットの出力パケットレートの制御と、通信装置101, 102における通信装置101, 102から通信装置100へのパケットの出力パケットレートの制御を行なうことによって、各通信装置100~102においてキュー4~6に保持される保持パケット数 H_Pkt がキュー4~6の許容サイズ TQL に近づき、各通信装置100~102における負荷が軽減される。その結果、通信装置100~102からなるアドホックネットワークを安定化できる。

【0215】

[実施の形態2]

図16は、実施の形態2による通信装置の構成を示す概略図である。実施の形態2による通信装置100Aは、図1に示す通信装置100のリンクレイヤクラシファイア2を削除し、負荷モニタモジュール11を負荷モニタモジュール11Aに代え、クロスレイヤモジュール21をクロスレイヤモジュール21Aに代えたものであり、その他は、通信装置100と同じである。

【0216】

負荷モニタモジュール11Aは、負荷モニタモジュール11と同じ方法によってキュー4~6における負荷をモニタし、他の通信装置から受信したパケットを保持するキュー4, 6への目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する場合も、目標入力パケットレートを含む信号 $Rate_signal$ をクロスレイヤモジュール21へ送信する。その他、負荷モニタモジュール11Aは、負荷モニタモジュール11と同じ機能を果たす。

【0217】

クロスレイヤモジュール21Aは、他の通信装置へ通知する目標入力パケットレートを含む信号 $Rate_signal$ を負荷モニタモジュール11Aから受信すると、上述した信号 $Rate_signal$ を含む専用パケット PKT_D を生成し、その生成した専用パケット PKT_D をルーティングモジュール14へ送信する。ルーティングモジュール14は、専用パケット PKT_D を受信すると、その受信した専用パケット PKT_D をトラフィッククラシファイア3を介してキュー5へ入れる。

【0218】

このように、実施の形態2においては、目標入力パケットレートの他の通信装置への通知は、専用パケット PKT_D を用いて行なわれる。

【0219】

なお、実施の形態2においては、図2に示す通信装置101, 102も、図16に示す通信装置100Aと同じ構成からなる。

【0220】

図17および図18は、それぞれ、目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態2における第1および第2の概念図である。なお、図17および図18においては、通信装置100Aが通信装置101へ目標入力パケットレートを通知する場合について説明する。

【0221】

通信装置100Aの負荷モニタモジュール11Aは、キュー4(通信装置101から受

10

20

30

40

50

信したパケットを保持するキュー)における保持パケット数 H_Pkt がキュー4の許容サイズ TQL から掛け離れていることを検出し、上述した方法でキュー4への目標入力パケットレートを演算する。

【0222】

そして、通信装置100Aの負荷モニタモジュール11Aは、その演算した目標入力パケットレート(=Target Enqueue Rate)と、NOTIFY_TARGET_RATEと、Load Generation IDとを含む信号Rate_signal = [NOTIFY_TARGET_RATE / Target Enqueue Rate / Load Generation ID]を生成し、その生成した信号Rate_signalをクロスレイヤモジュール21Aへ送信する。通信装置100Aのクロスレイヤモジュール212Aは、信号Rate_signalを負荷モニタモジュール11Aから受信する。

10

【0223】

そうすると、通信装置100Aのクロスレイヤモジュール21Aは、その受信した信号Rate_signalと、Requester IDである通信装置100AのIPアドレスとを含む専用パケットPKT_Dを生成し、その生成した専用パケットPKT_Dをルーティングモジュール14へ送信する。

【0224】

通信装置100Aのルーティングモジュール14は、クロスレイヤモジュール21Aから専用パケットPKT_Dを受信すると、その受信した専用パケットPKT_Dをトラフィッククラシファイア3を介してキュー5へ入れる。

20

【0225】

そして、通信装置100Aのアップストリームスケジューラ7は、ダウンストリームスケジューラ10からのパケットの出力要求に応じて、キュー5に保持された専用パケットPKT_Dを読み出してキュー8(通信装置101宛てのパケットを保持するキュー)に入れる。

【0226】

通信装置100Aのキュー8は、アンロック状態にある場合にMACレイヤモジュール1からパケットの出力要求を受けると、専用パケットPKT_DをMACレイヤモジュール1へ送信し、MACレイヤモジュール1は、専用パケットPKT_Dを通信装置101へ送信する(図17参照)。

30

【0227】

通信装置101のMACレイヤモジュール1は、専用パケットPKT_Dを通信装置100Aから受信し、専用パケットPKT_Dをネットワークレイヤクラスファイア13へ送信する。

【0228】

通信装置101のネットワークレイヤクラスファイア13は、専用パケットPKT_Dを受け、その受けた専用パケットPKT_Dをクロスレイヤモジュール21Aへ送信する。

【0229】

通信装置101のクロスレイヤモジュール21Aは、専用パケットPKT_Dを受信すると、その受信した専用パケットPKT_Dから信号Rate_signal = [NOTIFY_TARGET_RATE / Target Enqueue Rate / Load Generation ID / Requester ID]を取り出す。そして、通信装置101のクロスレイヤモジュール21Aは、その取り出した信号Rate_signalを下層レートコントローラ12へ送信する(図18参照)。

40

【0230】

上述した動作によって、通信装置100Aにおけるキュー4の負荷を発生させている通信装置101へ目標入力パケットレートが専用パケットPKT_Dによって送信される。そして、目標入力パケットレートを受信した通信装置101においては、目標入力パケッ

50

トレートは、上述したように下層レートコントローラ12へ送信されるので、下層レートコントローラ12は、目標入力パケットレート=目標出力パケットレートとして目標出力パケットレートを演算し、その演算した目標出力パケットレートになるように通信装置100A宛てのパケットを保持するキュー（キュー8，9のいずれか）の出力パケットレートを制御する。

【0231】

これによって、通信装置101から通信装置100Aへ送信されるパケットが増減し、通信装置100Aのキュー4に保持された保持パケット数H_Pktがキュー4の許容サイズTQLに徐々に近づく。

【0232】

図19は、目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態2におけるフローチャートである。図19に示すフローチャートは、図5に示すフローチャートのステップS7～ステップS10をステップS140，S141に代えたものであり、その他は、図5に示すフローチャートと同じである。

【0233】

一連の動作が開始されると、上述したステップS1～ステップS5が順次実行され、負荷モニタモジュール11Aは、目標入力パケットレートを含む信号Rate_signalをクロスレイヤモジュール21Aへ送信する。

【0234】

そして、クロスレイヤモジュール21Aは、負荷モニタモジュール11Aから信号Rate_signalを受信し、その受信した信号Rate_signalと、宛先の通信装置のIPアドレス(Load_Generation_ID)とRequester_IDとして自端末のIPアドレスとを含む専用パケットPKT_Dを生成する(ステップS140)。そして、クロスレイヤモジュール21Aは、その生成した専用パケットPKT_Dをルーティングモジュール14へ送信する(ステップS141)。

【0235】

ルーティングモジュール14は、クロスレイヤモジュール21Aから受信した専用パケットPKT_Dをトラフィッククラシファイア3を介してキュー5に入れ、アップストリームスケジューラ7は、キュー5に保持された専用パケットPKT_Dをキュー8に入れ、ダウンストリームスケジューラ10は、キュー8がアンロック状態である期間にキュー5から専用パケットPKT_Dを読み出してMACレイヤモジュール1へ送信する。そして、MACレイヤモジュール1は、専用パケットPKT_Dを通信装置101へ送信する。これによって、一連の動作は、終了する。

【0236】

図20は、図16に示すクロスレイヤモジュール21Aにおける動作を説明するためのフローチャートである。実施の形態2においては、通信装置100Aで生成されたパケットを保持するキュー5および他の通信装置で生成されたパケットを保持するキュー4，6のいずれで負荷が発生しても、各キュー4～6へのパケットの目標入力パケットレートは、負荷モニタモジュール11Aからクロスレイヤモジュール21Aへ送信され、クロスレイヤモジュール21Aは、目標入力パケットレートを通信装置100Aの上層レートコントローラ20または他の通信装置へ送信する。図20は、目標入力パケットレートのクロスレイヤモジュール21Aにおける処理を説明するためのフローチャートである。

【0237】

一連の動作が開始されると、クロスレイヤモジュール21Aは、負荷モニタモジュール11Aから信号Rate_signal=[NOTIFY_TARGET_RATE/Target_Enqueue_Rate/Load_Generation_ID]を受信し、その受信した信号Rate_signalに含まれる“LOAD_Generation_ID”に基づいて、負荷が発生して通信装置をチェックする(ステップS151)。

【0238】

10

20

30

40

50

そして、クロスレイヤモジュール21Aは、負荷元が他の通信装置か否かを判定し(ステップS152)、負荷元が他の通信装置ではないとき、信号Rate__signal=[NOTIFY__TARGET__RATE/Target Enqueue Rate]を上層レートコントローラ20へ通知する(ステップS153)。

【0239】

一方、ステップS152において、負荷元が他の通信装置であると判定されたとき、クロスレイヤモジュール21Aは、送信先アドレスDEST__ADD、Requester ID=own ID、Notification Type=NOTIFY__TARGET__RATEおよびRateinfo=Target Enqueue Rateを含む専用パケットPKT__Dを生成し(ステップS154)、その生成した専用パケットPKT__Dをルーティングモジュール14へ送信する(ステップS155)。

10

【0240】

そして、ステップS153またはステップS155の後、一連の動作は、終了する。

【0241】

図21は、専用パケットPKT__Dを受信した通信装置における動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、MACレイヤモジュール1は、目標入力パケットレートを含む専用パケットPKT__Dを受信し、その受信した専用パケットPKT__Dをネットワークレイヤクラシファイア13へ送信する(ステップS161)。

【0242】

そして、ネットワークレイヤクラシファイア13は、MACレイヤモジュール1から専用パケットPKT__Dを受信し、その受信した専用パケットPKT__Dをクロスレイヤモジュール21Aへ送信する(ステップS162)。

20

【0243】

クロスレイヤモジュール21Aは、専用パケットPKT__Dを受信すると、その受信した専用パケットPKT__Dから目標入力パケットレートを含む信号Rate__signalを取り出し、その取り出した信号Rate__signalを下層レートコントローラ12へ送信する(ステップS163)。

【0244】

下層レートコントローラ12は、信号Rate__signalを受信すると、その受信した信号Rate__signalから目標入力パケットレートを読み出し、その読み出した目標入力パケットレートを用いて、上述した方法(図13に示すフローチャート)によって、目標出力パケットレートを演算し、その演算した目標出力パケットレートの逆数を演算してロック期間Lck__time(=ロックインターバル)を計算する(ステップS164)。

30

【0245】

そして、レートコントロールタイマが満了すると(ステップS165)、下層レートコントローラ12は、ロック状態にあるキュー(ダウンストリームキュー)の状態をロック状態からアンロック状態に変える(ステップS166)。その後、レートコントロールタイマが設定される(ステップS167)。

【0246】

40

一方、MAC層のMACレイヤモジュール1は、チャネルアクセスを行ない、パケットの送信が可能な状態になると、パケットの出力要求(Dequeue要求)をダウンストリームスケジューラ10へ送信する(ステップS168)。そして、ダウンストリームスケジューラ10は、パケットの出力要求(Dequeue要求)に応じて、アンロック状態にあるキュー(ダウンストリームキュー)から1個のパケットを取り出す(ステップS169)。

【0247】

また、ダウンストリームスケジューラ10は、1個のパケットを取り出したキューの状態をロック状態に設定するためのキューロック要求を下層レートコントローラ12へ送信する(ステップS170)。

50

【 0 2 4 8 】

下層レートコントローラ12は、ダウンストリームスケジューラ10からのキューロック要求に応じて、1個のパケットを出力したキュー（UNLOCK_queueID）の状態をロック状態に変更する（ステップS171）。

【 0 2 4 9 】

その後、ダウンストリームスケジューラ10は、ステップS169において、キューから取り出した1個のパケットをMACレイヤモジュール1へ送信するとともに（ステップS172）、パケットが空になったキューを指定し、パケットの出力要求（Dequeue要求）をアップストリームスケジューラ7へ送信する（ステップS173）。

【 0 2 5 0 】

そして、アップストリームスケジューラ7は、パケットの出力要求（Dequeue要求）に応じて、キュー4～6（アップストリームキュー）から1個のパケットを取り出し（ステップS174）、その取り出した1個のパケットを空になったキューへ入れる（ステップS175）。これによって、一連の動作が終了する。

【 0 2 5 1 】

上述したように、目標入力パケットレートを含む専用パケットPKT_Dを受信した通信装置においては、受信した目標入力パケットレートに応じたロック期間Lck_time（ロックインターバル）が演算され、その演算されたロック期間Lck_time（ロックインターバル）によって、キュー8,9からMACレイヤモジュール1（MAC層）へのパケットの出力パケットレートが制御される。

【 0 2 5 2 】

なお、図21においては、通信装置101が目標入力パケットレートを含む専用パケットPKT_Dを受信した場合について説明したが、通信装置102が目標入力パケットレートを含む専用パケットPKT_Dを受信した場合も、図21に示すフローチャートに従ってパケットの出力パケットレートの制御が行なわれる。

【 0 2 5 3 】

上述したように、通信装置100Aで生成されたパケットを保持するキュー5の負荷（＝保持パケット数H_Pkt）がキュー5の許容サイズTQLから掛け離れたとき、通信装置100Aのアプリケーション（Voice17およびVideo18）がキュー5へ出力するパケットの出力パケットレートを制御してキュー5に保持された保持パケット数H_Pktをキュー5の許容サイズTQLに近づける。また、通信装置100A以外の通信装置101,102から送信されたパケットを保持する通信装置100Aのキュー4,6の負荷（＝保持パケット数H_Pkt）がキュー4,6の許容サイズTQLから掛け離れたとき、通信装置101,102のキュー8,9からのパケットの出力パケットレートを制御して通信装置100Aのキュー4,6に保持された保持パケット数H_Pktをキュー4,6の許容サイズTQLに近づける。

【 0 2 5 4 】

そして、この通信装置100Aにおけるアプリケーション（Voice17およびVideo18）からキュー5へのパケットの出力パケットレートの制御と、通信装置101,102における通信装置101,102から通信装置100Aへのパケットの出力パケットレートの制御を行なうことによって、各通信装置100A,101,102においてキュー4～6に保持される保持パケット数H_Pktがキュー4～6の許容サイズTQLに近づき、各通信装置100A,101,102における負荷が軽減される。その結果、通信装置100A,101,102からなるアドホックネットワークを安定化できる。

【 0 2 5 5 】

その他は、実施の形態1と同じである。

【 0 2 5 6 】

上記においては、キュー8,9は、1個のパケットを保持すると説明したが、この発明においては、これに限らず、キュー8,9は、1個以外の任意に決定された一定個数のパケットを保持するようにしてもよい。つまり、キュー8,9は、ダウンストリームスケジ

10

20

30

40

50

ユーラ10が、キュー8, 9が空であるか否かを容易に判定できる個数のパケットを保持すればよい。

【0257】

なお、キュー4~6は、「入力バッファ」を構成し、キュー4~6に保持された保持パケット数H_Pktを検出する負荷モニタモジュール11, 11Aは、「検出手段」を構成する。

【0258】

また、負荷モニタモジュール11、上層レートコントローラ20、下層レートコントローラ12およびアップストリームスケジューラ7は、「制御手段」を構成し、負荷モニタモジュール11A、上層レートコントローラ20および下層レートコントローラ12は、

10

【0259】

更に、Voice17およびVideo18は、「生成手段」を構成する。

【0260】

更に、キュー5は、「第1の入力バッファ」を構成し、キュー4, 6は、「第2の入力バッファ」を構成する。

【0261】

更に、目標入力パケットレートを演算する負荷モニタモジュール11, 11Aは、「第1の演算手段」を構成し、目標入力パケットレートを上層レートコントローラ20へ通知するクロスレイヤモジュール21, 21Aは、「通知手段」を構成し、目標入力パケットレートをを用いて目標出力パケットレートを演算する上層レートコントローラ20および下層レートコントローラ12は、「第2の演算手段」を構成し、演算した目標出力パケットレートをVoice17およびVideo18へ送信する上層レートコントローラ20は、「出力手段」を構成する。

20

【0262】

更に、他の通信装置へ通知する目標入力パケットレートを演算する負荷モニタモジュール11は、「演算手段」を構成し、他の通信装置へ通知する目標入力パケットレートをパケットに入れるアップストリームスケジューラ7は、「通知手段」を構成する。

【0263】

更に、専用パケットPKT_Dを生成して他の通信装置へ送信するクロスレイヤモジュール21Aは、「通知手段」を構成する。

30

【0264】

MACレイヤモジュール1は、「送信手段」を構成し、キュー8, 9は、「出力バッファ」を構成し、下層レートコントローラ12は、「通信制御手段」を構成する。

【0265】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

40

【0266】

この発明は、通信ネットワークの安定化が可能な通信装置に適用される。また、この発明は、通信ネットワークの安定化が可能な通信装置を備えた通信ネットワークに適用される。

【図面の簡単な説明】

【0267】

【図1】この発明の実施の形態1による通信装置の構成を示す概略図である。

【図2】自律的に確立される通信ネットワークであるアドホックネットワークの概念図である。

【図3】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の

50

形態 1 における第 1 の概念図である。

【図 4】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態 1 における第 2 の概念図である。

【図 5】目標入力パケットレートをアプリケーションへ通知する動作を説明するためのフローチャートである。

【図 6】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するためのフローチャートである。

【図 7】目標入力パケットレートを受信した通信装置における動作を説明するためのフローチャートである。

【図 8】図 1 に示す負荷モニタモジュールにおけるキューの許容サイズを演算する動作を説明するためのフローチャートである。 10

【図 9】許容サイズの計算方法を説明するためのフローチャートである。

【図 10】許容サイズの他の計算方法を説明するためのフローチャートである。

【図 11】目標入力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。

【図 12】目標出力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。

【図 13】図 1 に示す下層レートコントローラにおける目標出力パケットレートの計算方法を説明するためのフローチャートである。

【図 14】図 1 に示すダウンストリームスケジューラにおける動作を説明するためのフローチャートである。

【図 15】図 14 によってダウンストリームスケジューラからパケットの Dequeue 要求を受けたときの図 1 に示すアップストリームスケジューラにおける動作を説明するためのフローチャートである。 20

【図 16】実施の形態 2 による通信装置の構成を示す概略図である。

【図 17】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態 2 における第 1 の概念図である。

【図 18】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態 2 における第 2 の概念図である。

【図 19】目標入力パケットレートを他の通信装置へ通知する動作を説明するための実施の形態 2 におけるフローチャートである。

【図 20】図 16 に示すクロスレイヤモジュールにおける動作を説明するためのフローチャートである。 30

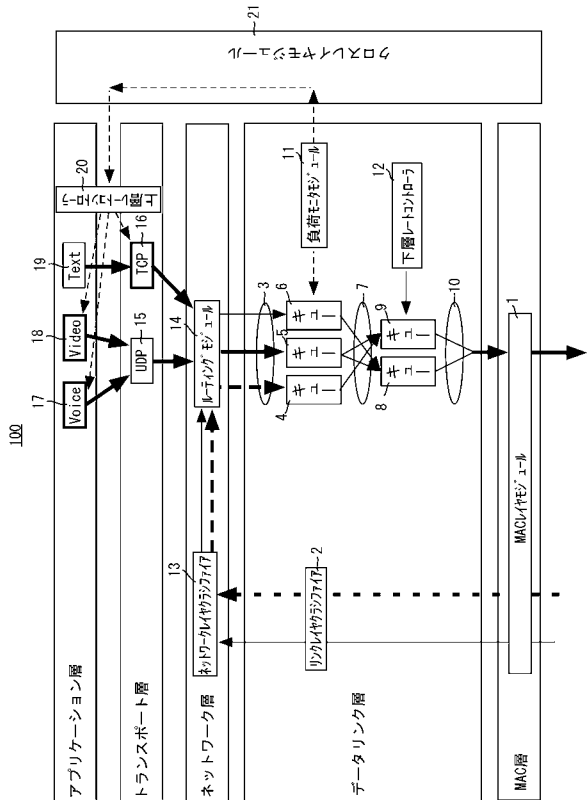
【図 21】専用パケットを受信した通信装置における動作を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

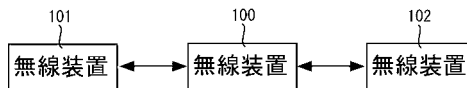
【0268】

1 MACレイヤモジュール、2 リンクレイヤクラシファイア、3 トラフィッククラシファイア、4~6, 8, 9 キュー、7 アップストリームスケジューラ、10 ダウンストリームスケジューラ、11, 11A 負荷モニタモジュール、12 下層レートコントローラ、13 ネットワークレイヤクラシファイア、14 ルーティングモジュール、15 UDP、16 TCP、17 Voice、18 Video、19 Text、20 上層レートコントローラ、21, 21A クロスレイヤモジュール、100, 100A, 101, 102 通信装置。 40

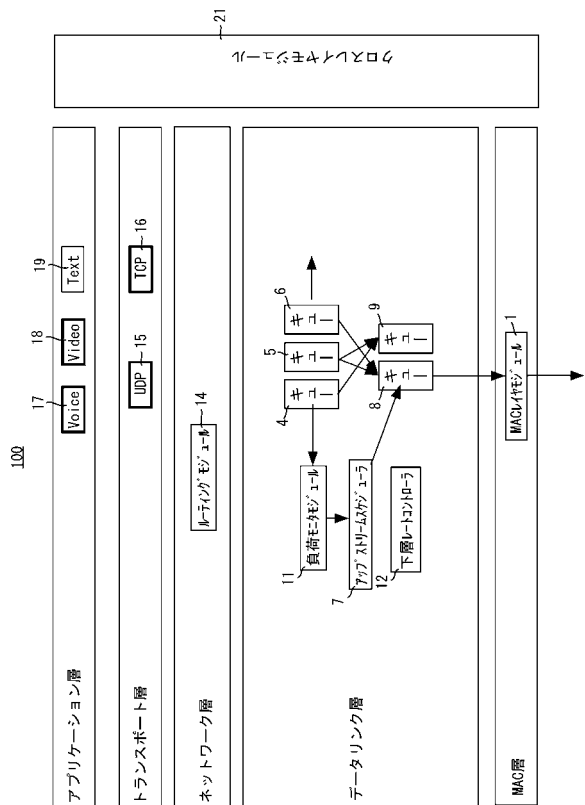
【図1】



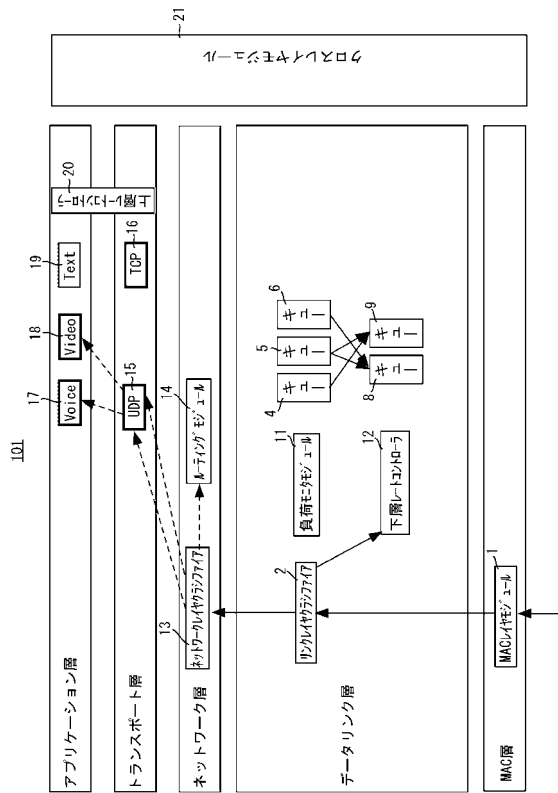
【図2】



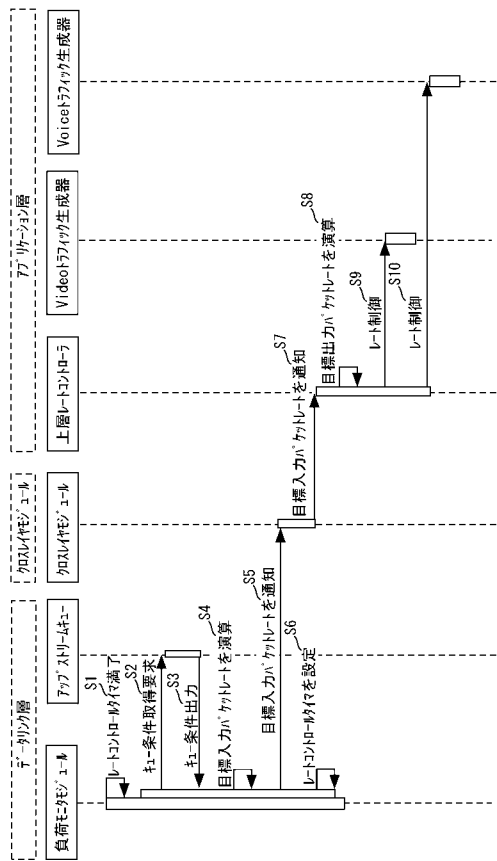
【図3】



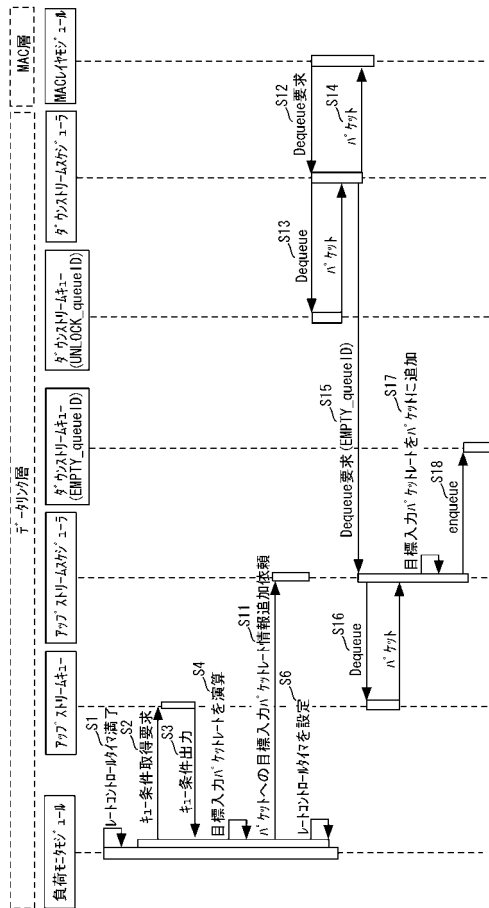
【図4】



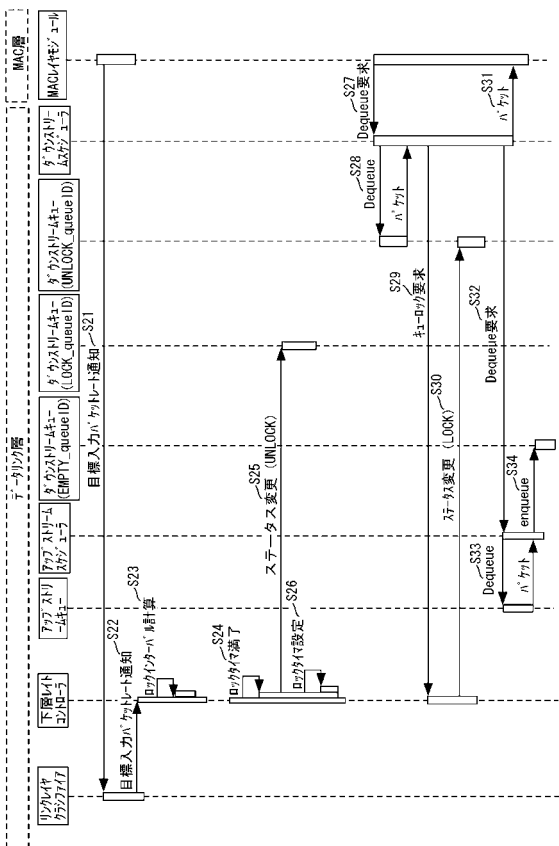
【図5】



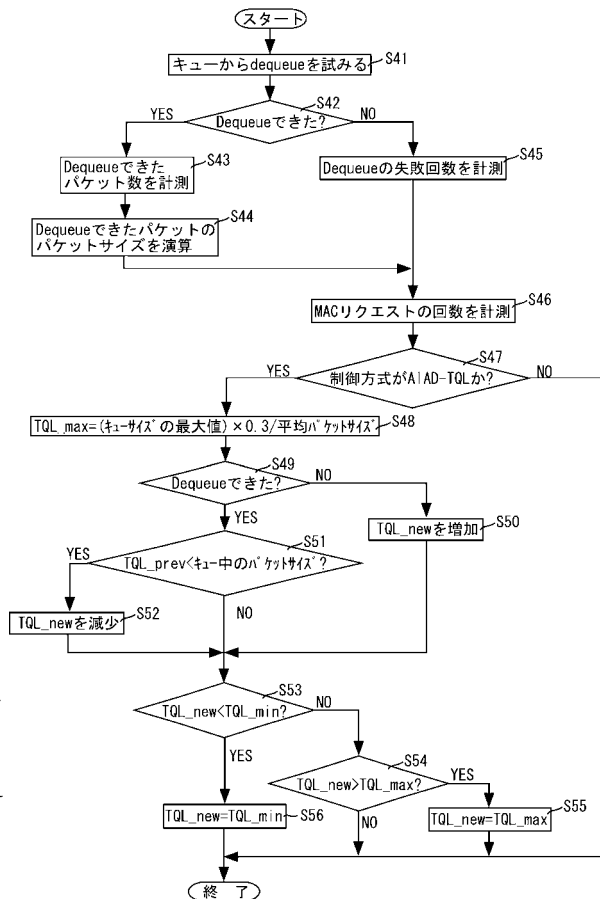
【図6】



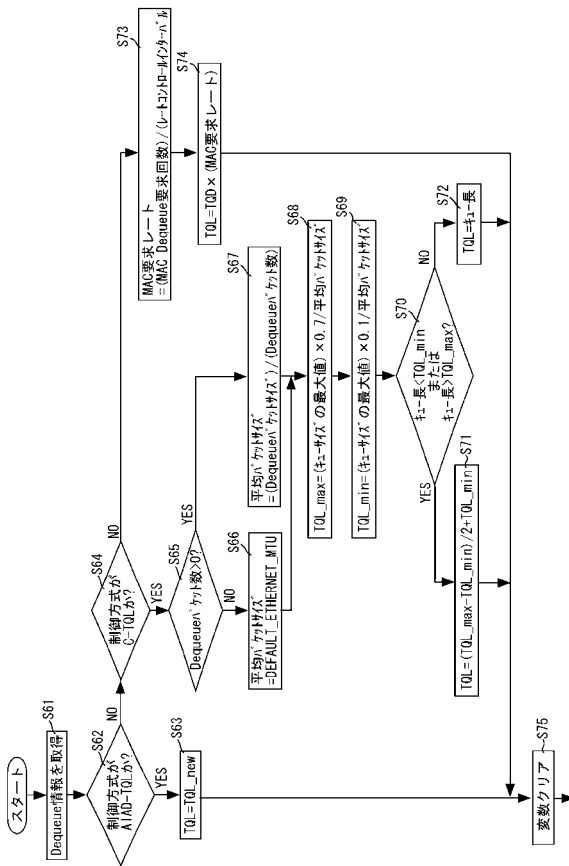
【図7】



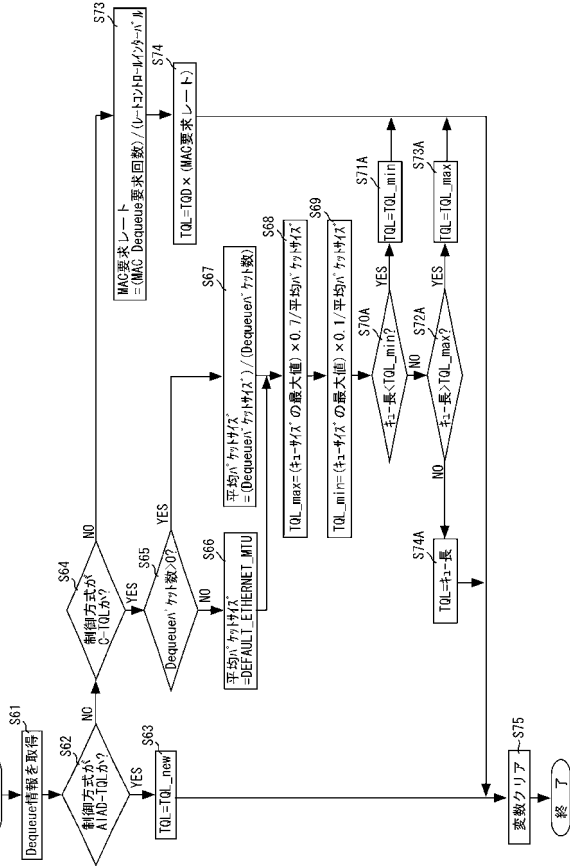
【図8】



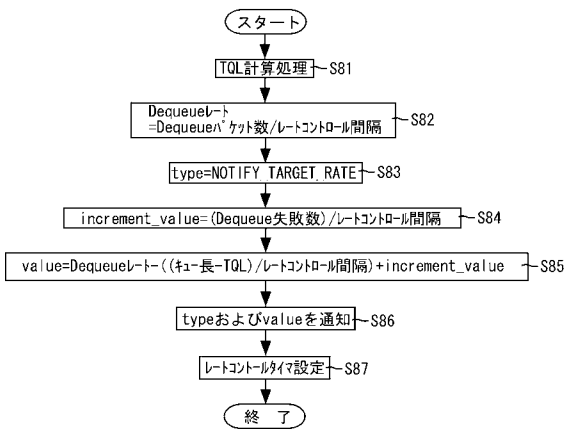
【図 9】



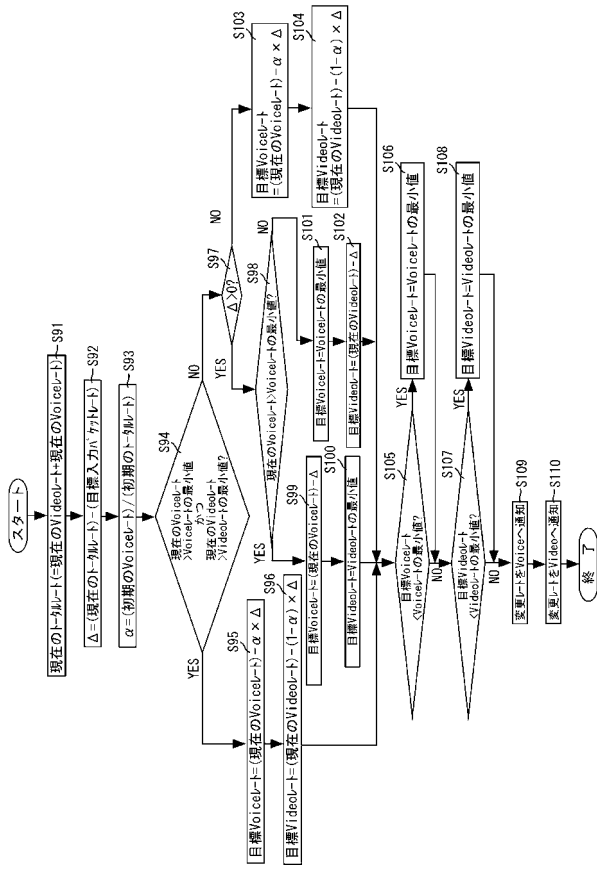
【図 10】



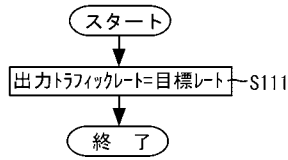
【図 11】



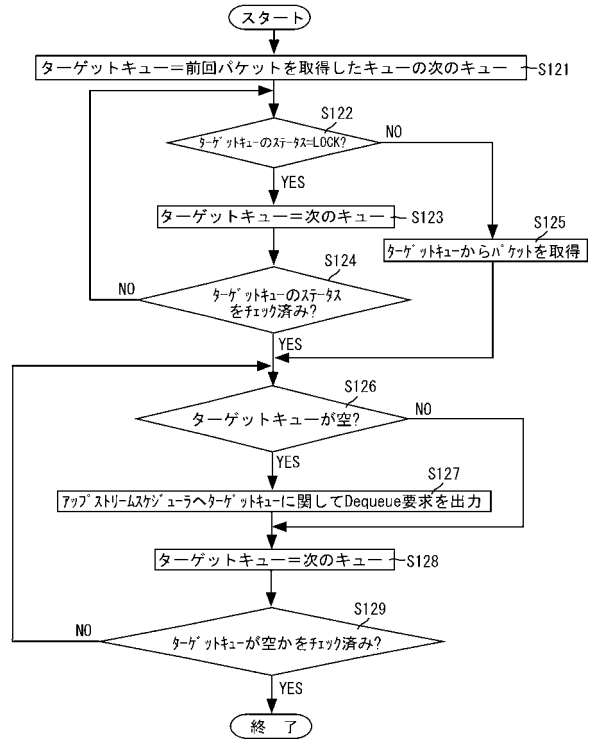
【図 12】



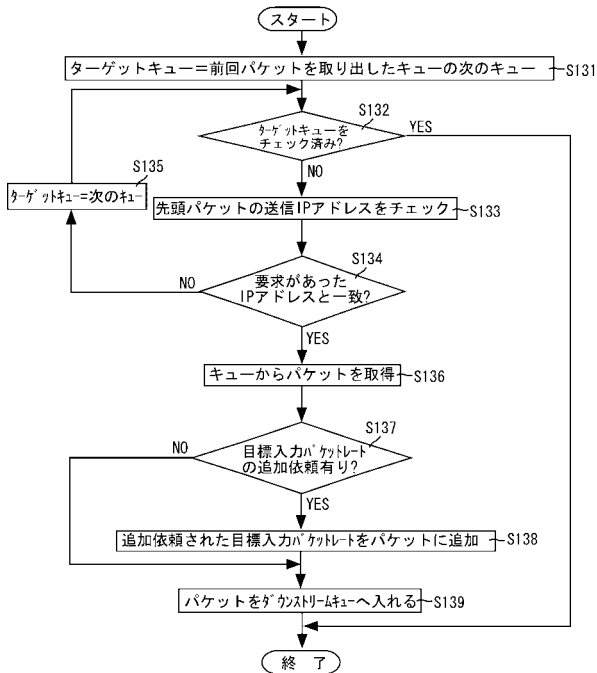
【図13】



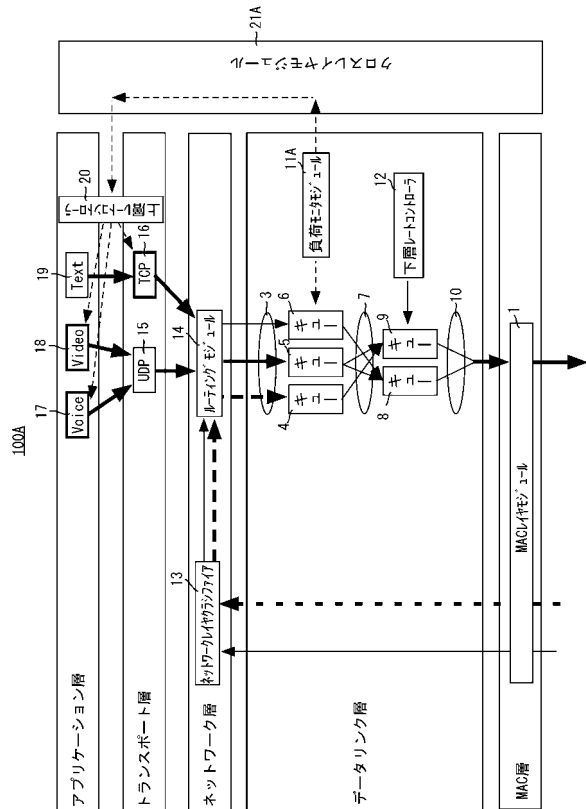
【図14】



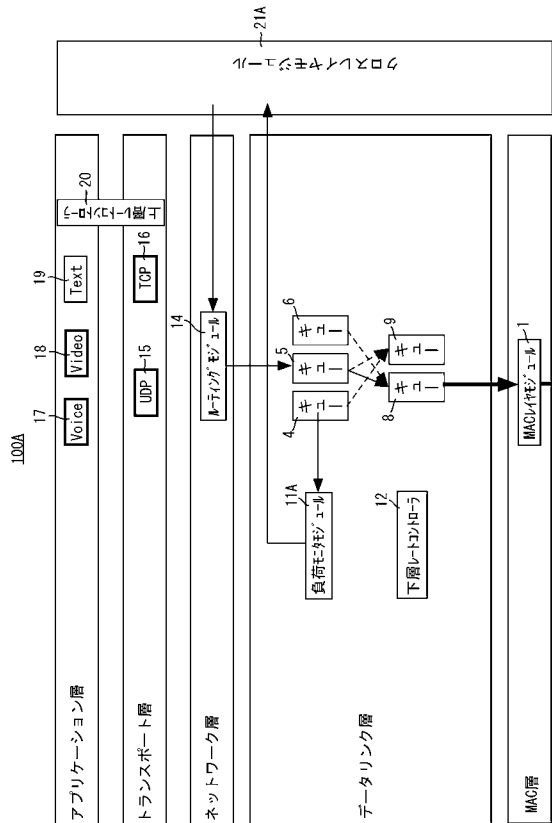
【図15】



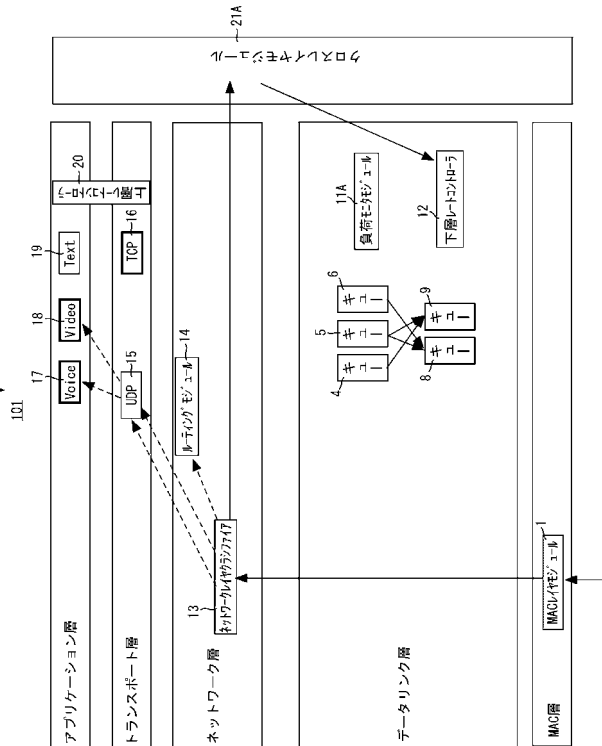
【図16】



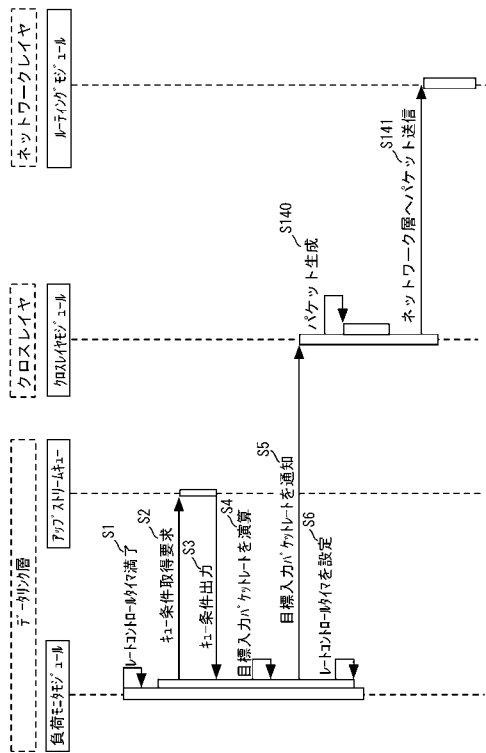
【図17】



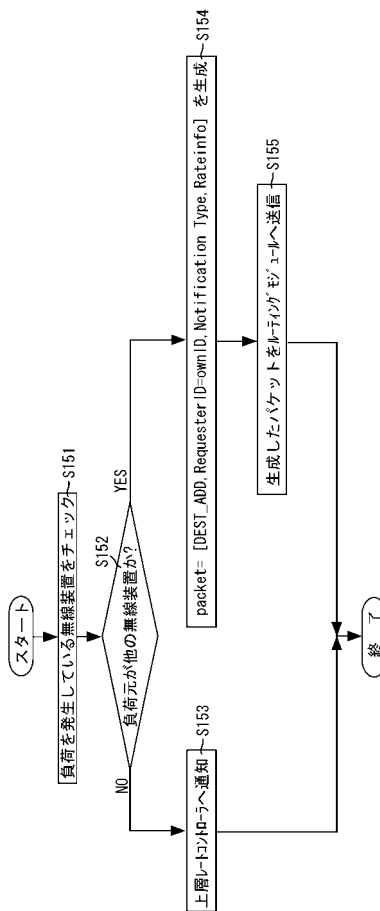
【図18】



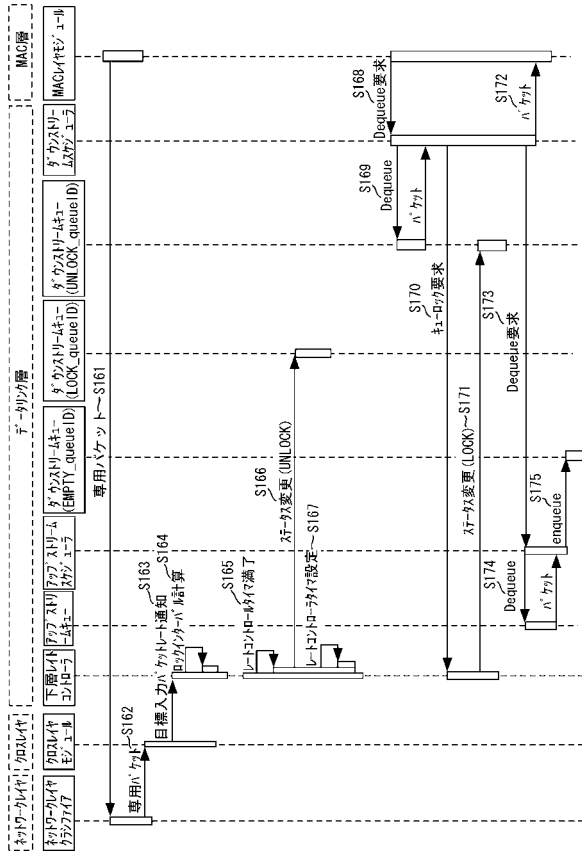
【図19】



【図20】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 門脇 直人

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

(72)発明者 小花 貞夫

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 玉木 宏治

(56)参考文献 国際公開第2006/006208(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00 - 66

H04L 13/08