

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

要求に応じパケットのトークンを供給する供給部と、
パケットのフローごとに前記供給部に前記トークンを要求し、該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御する通過制御部と、
前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御する優先度制御部とを有することを特徴とする帯域制御装置。

【請求項 2】

前記優先度制御部は、前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする請求項 1 に記載の帯域制御装置。

10

【請求項 3】

前記優先度制御部は、前記要求の優先度を、前記入力レートと前記設定値の差分に応じた複数の段階に分けることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の帯域制御装置。

【請求項 4】

前記通過制御部は、パケットを通過させるたびに前記フローごとに前記トークンを減算し、前記トークンが所定の第 1 閾値を下回ったとき及び前記所定の第 1 閾値より小さい所定の第 2 閾値を下回ったとき、前記トークンを要求することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の帯域制御装置。

20

【請求項 5】

前記優先度制御部は、
前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度を、前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度より高い値とし、
前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回った前記フローのうち、前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする請求項 4 に記載の帯域制御装置。

【請求項 6】

前記優先度制御部は、前記所定の第 1 閾値と前記所定の第 2 閾値の差分、及び前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の帯域制御装置。

30

【請求項 7】

前記優先度制御部は、前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記所定の第 2 閾値を下回ったときの前記トークンの差分、及び前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の帯域制御装置。

【請求項 8】

前記優先度制御部は、複数回算出した前記入力レートの平均値を算出し、前記平均値と前記設定値を比較し、該比較結果に応じて前記要求の優先度を制御することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の帯域制御装置。

40

【請求項 9】

前記通過制御部は、前記トークンに基づきパケットを廃棄し、
前記優先度制御部は、前記通過制御部における前記トークンの要求から供給までの期間ごとに前記フローごとのパケットの廃棄の有無を検出し、複数の期間における該廃棄の判定回数と前記フローごとの所定回数を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記トークンの要求の優先度を前記フローごとに制御することを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の帯域制御装置。

50

【請求項 10】

要求に応じパケットのトークンを供給する供給部に、パケットのフローごとに前記トークンを要求し、

該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御し、

前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、

該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御することを特徴とする帯域制御方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本件は、帯域制御装置及び帯域制御方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

ルータやレイヤ2スイッチなどの通信装置には、入力されるパケットのレートを制御するためにポリサが設けられる場合がある。ポリサは、トークンパケットに供給されるトークンを消費することでパケットを通過させ、トークンが不足する場合、パケットを廃棄することにより、入力されるパケットのフローごとに帯域を制御する。

【0003】

フローは、パケットのV I D (VLAN(Virtual Local Area Network) Identifier) やM P L S (Multi-Protocol Label Switching) ラベルなどで識別される。各ポリサのトークンの供給レートは、フローごとにユーザが契約した帯域などに応じて決定される。なお、特許文献1には、ユーザの送信レートが契約帯域を超えているか否かを判定するルータが開示されている。

【0004】

例えば、M E F (Metro Ethernet Forum) には、あるフローの余剰分のトークンを他のフローに供給するポリシングのアルゴリズムが規定されている。このアルゴリズムによると、例えば、音声信号のフロー及びデータ信号のフローが存在する場合、音声信号に割り当てられた帯域の余剰分を利用してデータ信号を通過させることができる。

【0005】

一例として、音声信号の帯域が5 (Mbps) であり、データ信号の帯域が10 (Mbps) である場合、音声信号が3 (Mbps) しか流れないとすると、データ信号は12 (Mbps) (= 10 + 2) まで流すことができる。実際のポリシング処理では、上位のポリサのトークンパケットにトークンが加算されたとき、そのトークンの余剰分が下位のポリサのトークンパケットに加算される。

【0006】

例えば特許文献2には、上述したアルゴリズムに関連する分散ポリシングの手法が開示されている。分散ポリシングでは、ユーザの契約帯域に応じてトークンが供給されるメインパケットと、フローごとのトークンを蓄積するミニパケットとが用いられ、メインパケットから各フローのミニパケットにトークンが供給される。

【0007】

ミニパケットには閾値が設定され、トークンの蓄積量が閾値を下回った場合、メインパケットに対してトークンが要求される。複数のミニパケットは同時にトークンを要求する場合があるため、ソフトウェアなどによる低速処理でも正常にトークンが供給されるように、要求を保持する待ち合わせバッファが用いられる。

【0008】

待ち合わせバッファには、通常用キュー及び緊急用キューが設けられている。通常用キューには、トークンの蓄積量が上記の閾値を下回ったときの要求が保持され、緊急用キューには、トークンの蓄積量が、上記の閾値より低い閾値を下回ったときの要求が保持され

10

20

30

40

50

る。メインバケツからのトークンの供給は、通常用キュー内の要求より優先して緊急用キュー内の要求に応じて行われる。これにより、トークンが枯渇しそうなミニバケツに対して、優先的にトークンが供給される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2001-345849号公報

【特許文献2】特開2013-197823号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

トークンの消費量は、パケットの出力レートだけでなく、入力レートにも依存する。このため、入力レートが契約帯域のレートを上回る場合、トークンを使い切りつつ、契約帯域分の出力レートだけが確保される。なお、契約帯域を超える分のパケットは廃棄される。

【0011】

したがって、入力レートが契約帯域のレートを上回る多数のフローが存在する場合、通常は輻輳しない緊急用キューが、多数の要求により輻輳してしまう。このため、入力レートが契約帯域のレート以下であるフローのトークンの蓄積量が枯渇しそうな場合、トークンを要求しても、トークンの供給が間に合わずにパケットが廃棄されてしまう。したがって、入力レートが契約帯域のレート以下であるフローについて、契約帯域が保証されないという問題が生ずる。

【0012】

そこで本件は上記の課題に鑑みてなされたものであり、帯域保証の性能が改善された帯域制御装置及び帯域制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本明細書に記載の帯域制御装置は、要求に応じパケットのトークンを供給する供給部と、パケットのフローごとに前記供給部に前記トークンを要求し、該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御する通過制御部と、前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御する優先度制御部とを有する。

【0014】

本明細書に記載の帯域制御方法は、要求に応じパケットのトークンを供給する供給部に、パケットのフローごとに前記トークンを要求し、該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御し、前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御する。

【発明の効果】

【0015】

帯域保証の性能を改善できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】通信装置の一例を示す構成図である。

【図2】インターフェースカードの機能構成一例を示す構成図である。

【図3】比較例のポリサの通常時の動作例を示す図である。

【図4】比較例のポリサの異常時の動作例を示す図である。

【図5】実施例のポリサの一例を示す構成図である。

【図6】通過制御部の動作の一例を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 7 (a)】トークン蓄積量の変化の一例を示すグラフである。

【図 7 (b)】レート監視テーブルの一例を示す図である。

【図 8】トークン蓄積量が第 1 閾値を下回ったときのポリサの動作の一例を示す図である。

【図 9 (a)】入力レート > 契約レートの場合にトークン蓄積量が第 2 閾値を下回ったときのポリサの動作の一例を示す図である。

【図 9 (b)】入力レート 契約レートの場合にトークン蓄積量が第 2 閾値を下回ったときのポリサの動作の一例を示す図である。

【図 10 (a)】通常要求メッセージの出力例を示す図である。

【図 10 (b)】緊急要求メッセージの出力例を示す図である。

10

【図 11】要求判定部の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 12 (a)】更新前のレート監視テーブルの一例を示す図である。

【図 12 (b)】更新後のレート監視テーブルの一例を示す図である。

【図 13】要求判定部の動作の他例を示すフローチャートである。

【図 14 (a)】レート監視テーブルの他例を示す図である。

【図 14 (b)】パケット廃棄の期間の数 上限数の場合にトークン蓄積量が第 2 閾値を下回ったときのポリサの動作の一例を示す図である。

【図 14 (c)】パケット廃棄の期間の数 > 上限数の場合にトークン蓄積量が第 2 閾値を下回ったときのポリサの動作の一例を示す図である。

【図 15】レート監視テーブルの更新処理の一例を示すフローチャートである。

20

【図 16】要求判定部の動作の他例を示すフローチャートである。

【図 17 (a)】通常要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 17 (b)】入力レート 契約レートのフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 17 (c)】入力レート > 契約レートのフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 18】要求判定部の動作の他例を示すフローチャートである。

【図 19 (a)】通常要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

30

【図 19 (b)】入力レート 契約レート / 2 のフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 19 (c)】契約レート / 2 < 入力レート 契約レートのフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 20 (a)】契約レート < 入力レート 2 × 契約レートのフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 20 (b)】2 × 契約レート < 入力レートのフローの緊急要求メッセージが入力された場合の他例の優先制御部の動作を示す図である。

【図 21】要求判定部の動作の他例を示すフローチャートである。

【図 22】実施例のポリサの効果を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0017】

図 1 は、通信装置の一例を示す構成図である。通信装置は、複数のインターフェースカード 91 と、2 枚のスイッチカード 92 と、コントロールカード 93 とを有する。各カード 91 ~ 93 は、筐体に設けられた個別のスロットに収容され、互いに電氣的に接続される。なお、本明細書では、実施例の帯域制御装置を実装した通信装置として、レイヤ 2 スイッチやルータなどを例に挙げるが、これに限定されず、実施例の帯域制御装置は、例えば波長多重伝送装置などの他種の通信装置にも同様に実装される。

【0018】

通信装置は、他装置から受信したパケットを、その宛先に従って他装置に中継する。な

50

お、本明細書において、パケットとは、伝送されるデータ（情報）の伝送単位（PDU：Protocol Data Unit）であり、例としてイーサネット（登録商標、以下同様）フレームを挙げるが、これに限られず、IP（Internet Protocol）パケットなどの他のPDUが用いられてもよい。

【0019】

インターフェースカード91は、それぞれ、他装置との間において、パケットを送受信する。他装置としては、例えば、パーソナルコンピュータなどの端末装置、サーバ、及びルータが挙げられる。インターフェースカード91は、複数のポートにより光ファイバと接続され、例えば10GBASE-LRの規格に基づく通信を行う。

【0020】

2枚のスイッチカード92は、それぞれ、複数のインターフェースカード91の間において、パケットを交換する。より具体的には、スイッチカード92は、インターフェースカード91からパケットが入力され、パケットを、その宛先に応じたインターフェースカード91に出力する。2枚のスイッチカード92は、例えば、ハードウェア故障などの障害に備えて、現用系及び予備系として使用される。

【0021】

コントロールカード93は、複数のインターフェースカード91及び2枚のスイッチカード92を制御する。コントロールカード93は、ネットワーク制御装置などと接続され、ユーザーインターフェースに関する処理、各カード91, 92に対する設定処理、及び各カード91, 92からの情報収集処理などを行う。コントロールカード93は、これら

【0022】

また、コントロールカード93には、後述するように、所定のアルゴリズムに従いトークンが供給されるメインパケットが実装されてもよい。メインパケットに蓄積されたトークンは、要求に応じて各インターフェースカード91に設けられたミニパケットに供給される。このような機能は、ネットワーク機能仮想化（NFV: Network Functions Virtualization）により例えばプロセッサ930、つまりソフトウェアにより実現される。

【0023】

しかし、100（Gbps）を超えるようなトラフィックの帯域制御処理をプロセッサ930で実現することは処理速度の観点から困難である。このため、ミニパケットを用いた帯域制御処理は、インターフェースカード91内のハードウェアに分担させるのが好ましい。なお、帯域制御処理は、これに限定されず、その全てがインターフェースカード91に実装されてもよい。

【0024】

図2は、インターフェースカード91の機能構成を示す構成図である。インターフェースカード91は、複数の光送受信器910と、PHY/MAC部911と、入力処理部912と、出力処理部913と、制御部914と、記憶部915とを有する。

【0025】

複数の光送受信器910は、それぞれ、他装置から光ファイバを介して受信した光信号を電気信号に変換してPHY/MAC部911に出力し、また、PHY/MAC部911から入力された電気信号を光信号に変換し、光ファイバを介して他装置に送信する。つまり、複数の光送受信器910は、他装置との間でパケットを送受信するための複数のポート#1～#N（N：正の整数）として機能する。

【0026】

PHY/MAC部911は、他装置とのリンクの確立処理や複数の光送受信器910に対するパケットの分配処理などを行う。PHY/MAC部911は、複数の光送受信器910から入力されたパケットを入力処理部912に出力し、出力処理部913から入力されたパケットを複数の光送受信器910に出力する。

【0027】

10

20

30

40

50

入力処理部 9 1 2 及び出力処理部 9 1 3 は、F P G A (Field Programmable Gate Array) や A S I C (Application Specific Integrated Circuit) などの論理回路であり、イングレス (INGRESS) 及びイーグレス (EGRESS) のパケット処理をそれぞれ行う。入力処理部 9 1 2 は、P H Y / M A C 部 9 1 1 から入力されたパケットの帯域制御処理などを行って、スイッチカード 9 2 にパケットを出力する。

【 0 0 2 8 】

出力処理部 9 1 3 は、スイッチカード 9 2 から入力されたパケットの送信レートの制御処理などを行って、P H Y / M A C 部 9 1 1 にパケットを出力する。記憶部 9 1 5 は、メモリなどの記憶手段であり、入力処理部 9 1 2 及び出力処理部 9 1 3 が処理に用いる各種のデータを記憶する。

【 0 0 2 9 】

制御部 9 1 4 は、コントロールカード 9 3 と通信を行い、入力処理部 9 1 2 及び出力処理部 9 1 3 の制御を行う。制御部 9 1 4 は、C P U などのプロセッサ及びメモリ (図示せず) を備える。制御部 9 1 4 の処理としては、例えば、入力処理部 9 1 2 及び出力処理部 9 1 3 の各種の設定処理、及び入力処理部 9 1 2 及び出力処理部 9 1 3 で検出された警報の収集処理などが挙げられる。なお、帯域制御処理の一部を、制御部 9 1 4 のソフトウェア処理により実現することも可能である。

【 0 0 3 0 】

図 3 には、比較例のポリサの通常時の動作例が示されている。ポリサは、帯域制御装置の一例であり、フローごとに入力されるパケットの帯域制御を行う。本比較例は、一例として、上記の特許文献 2 に開示された分散ポリシングの手法に基づくものである。

【 0 0 3 1 】

ポリサは、その構成を単純化した場合、メインパケット 8 0 と、待機処理部 8 1 と、ミニパケット 8 2 とを有する。メインパケット 8 0 には、一例として、フロー # 1 ~ # 4 のそれぞれについて、ユーザの契約帯域に応じたレート (以下、「契約レート」と表記) でトークンが加算される。本例では、フロー # 1 ~ # 3 には 1 0 (Mbps) のレートでトークンが加算され、フロー # 4 には 1 (Gbps) のレートでトークンが加算される。なお、トークンの量は、通過を許容するパケットのデータ量 (通過許容量) を表し、トークンの加算のアルゴリズムには限定はない。

【 0 0 3 2 】

メインパケット 8 0 は、高い処理速度は要求されないため、例えばコントロールカード 9 3 のプロセッサ 9 3 0 のソフトウェア処理により実現される。このため、トークンの加算のアルゴリズムは、ソフトウェアの変更により柔軟にカスタマイズすることができる。メインパケット 8 0 のトークンは、要求に応じてミニパケット 8 2 に供給される。

【 0 0 3 3 】

ミニパケット 8 2 は、フロー # 1 ~ # 4 ごとに設けられる。各フロー # 1 ~ # 4 のパケットは、ミニパケット 8 2 内のトークン蓄積量が 0 より大きい場合、ポリサを通過し、トークン蓄積量が 0 以下である場合、廃棄される。これにより、フロー # 1 ~ # 4 ごとの入力帯域が制御される。

【 0 0 3 4 】

このような通過制御の機能は、ポリサでは一般的であり、また、パケットの入力レートに応じた高い処理速度が要求されるため、ハードウェアにより構成されてもよい。ミニパケット 8 2 は、例えばインターフェースカード 9 1 の入力処理部 9 1 2 に設けられる。

【 0 0 3 5 】

本例では、各フロー # 1 ~ # 4 のパケットの入力レートは、契約レートと同じであると仮定する。より具体的には、フロー # 1 ~ # 3 の入力レートは 1 0 (Mbps) であり、フロー # 4 の入力レートは 1 (Gbps) である。

【 0 0 3 6 】

このため、メインパケット 8 0 から各フロー # 1 ~ # 4 のミニパケット 8 2 には、入力レートに対して十分なトークンが供給される。これにより、以下に述べるように、フロー # 1

10

20

30

40

50

～ # 3 には 10 (Mbps) の出力レートが確保され、フロー # 4 には 1 (Gbps) の出力レートが確保される。

【 0 0 3 7 】

ミニパケット 8 2 には閾値が設定され、トークン蓄積量が閾値を下回った場合、メインパケット 8 0 に対してトークンが要求される。複数のミニパケット 8 2 から同時にトークンを要求されると、ハードウェアとソフトウェアの処理速度の差によりトークンの供給が滞る可能性がある。このため、ハードウェア、つまり入力処理部 9 1 2 には、トークンの要求を保持し待機させる待機処理部 8 1 が設けられる。

【 0 0 3 8 】

しかし、フロー # 1 ～ # 4 のうち、出力レートが高いフロー # 4 は、トークンの減少が他のフロー # 1 ～ # 3 より早いため、待機処理部 8 1 内で要求が輻輳した場合、トークンの供給がパケットの通過に間に合わないおそれがある。もっとも、仮に出力レートが低いフロー # 1 ～ # 3 だけのパケットを通過させるのであれば、ミニパケット 8 2 の閾値とメインパケット 8 0 からのトークンの供給量を調整することにより、トークン供給を間に合わせることが可能である。しかし、本例のように、出力レートが高いフロー # 4 と出力レートが低いフロー # 1 ～ # 3 は混在する場合のほうが現実的である。

10

【 0 0 3 9 】

そこで、ミニパケット 8 2 には、第 1 閾値 t_{h1} と、第 1 閾値より小さい第 2 閾値 t_{h2} とが設定され、これに合わせて、待機処理部 8 1 には、優先度の異なる優先キュー 8 1 0 及び通常キュー 8 1 1 が設けられている。トークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回った場合、通常要求メッセージが出力され、通常キュー 8 1 1 に入力される。一方、トークン蓄積量が第 2 閾値 t_{h2} を下回った場合、緊急要求メッセージが出力され、優先キュー 8 1 0 に格納される。

20

【 0 0 4 0 】

図 3 の例では、フロー # 1 ～ # 3 のトークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回り、通常要求メッセージ $RQ \# 1 \sim \# 3$ が出力されて通常キュー 8 1 1 に格納される。その後、出力レートの高いフロー # 4 もトークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回り、通常要求メッセージ $RQ \# 4$ が出力されて通常キュー 8 1 1 に格納される。このとき、フロー # 4 には先行するフロー # 1 ～ # 3 の通常要求メッセージ $RQ \# 1 \sim \# 3$ が存在するため、フロー # 4 の通常要求メッセージ $RQ \# 4$ は通常キュー 8 1 1 の最後尾に格納され、フロー # 4 のミニパケット 8 2 へのトークン供給はフロー # 1 ～ # 3 の後回しとなる。

30

【 0 0 4 1 】

しかし、フロー # 4 の出力レートは、他のフロー # 1 ～ # 3 より高いため、トークンの減少が早い。このため、フロー # 4 のミニパケット 8 2 のトークン蓄積量は、すぐに第 2 閾値 t_{h2} を下回り、緊急要求メッセージ $RQ' \# 4$ が出力される。緊急要求メッセージ $RQ' \# 4$ は、優先キュー 8 1 0 に入力され、通常キュー 8 1 1 に格納されていた通常要求メッセージ $RQ \# 4$ は削除される (点線参照)。

【 0 0 4 2 】

優先キュー 8 1 0 の優先度は通常キュー 8 1 1 より高いため、優先キュー 8 1 0 内の緊急要求メッセージ $RQ' \# 4$ は、通常キュー 8 1 1 内の通常要求メッセージ $RQ \# 1 \sim \# 3$ より先にメインパケット 8 0 に出力される。これにより、フロー # 4 のミニパケット 8 2 には、パケットの通過に間に合うようにメインパケット 8 0 からトークンが供給される。

40

【 0 0 4 3 】

しかし、トークンの消費量は、パケットの出力レートだけでなく、入力レートにも依存する。このため、入力レートが契約レートを上回る場合、トークンを使い切りつつ、契約レート分の出力レートだけが確保される。なお、契約帯域を超える分のパケットは廃棄される。

【 0 0 4 4 】

図 4 には、比較例のポリサの異常時の動作例が示されている。なお、図 4 において、図 3 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

50

【 0 0 4 5 】

本例において、フロー # 1 ~ # 3 の入力レートは、契約レートの 1 0 (Mbps) を上回る 1 0 0 (Mbps) である。また、フロー # 4 の入力レートは、契約レートと同じ 1 (Gbps) である。つまり、フロー # 1 ~ # 4 のうち、フロー # 1 ~ # 3 は、契約帯域を超える帯域超過フローである。このため、フロー # 1 ~ # 3 のメインバケツ 8 0 とミニバケツ 8 2 は、定常的にトークンが枯渇している (「空」 参照) 。

【 0 0 4 6 】

したがって、優先キュー 8 1 0 には、定常的にフロー # 1 ~ # 3 の緊急要求メッセージ R Q ' # 1 ~ # 3 が入力される。また、フロー # 4 の緊急要求メッセージ R Q ' # 4 も同様に優先キュー 8 1 0 に入力されるが、優先キュー 8 1 0 は先行の緊急要求メッセージ R Q ' # 1 ~ # 3 により輻輳しているため、最後尾に格納される。このため、フロー # 4 のミニバケツ 8 2 へのトークン供給が、フロー # 1 ~ # 3 の後回しとなり、バケツの通過に間に合わず、バケツの廃棄が発生する (「廃棄」 参照) 。

10

【 0 0 4 7 】

このように、比較例においては、各フロー # 1 ~ # 4 の入力レートとは無関係に緊急要求メッセージ R Q ' # 1 ~ # 4 が出力されるため、通常は輻輳しない優先キュー 8 1 0 が輻輳してしまう。その結果、入力レートが契約レート以下のフロー # 4 について、トークン供給がバケツの通過に間に合わず、バケツが廃棄されるため、出力レートが契約レートである 1 (Gbps) 未満となる。つまり、フロー # 4 の入力レートは契約レート以内であるにも関わらず、契約帯域が保証されないという問題が生ずる。

20

【 0 0 4 8 】

そこで、実施例では、要求に応じて供給されるトークンに基づき各フローのバケツの通過を制御し、フローごとのバケツの入力レートと契約帯域の比較結果に応じ要求の優先度をフローごとに制御することで、帯域保証の性能を改善する。

【 0 0 4 9 】

図 5 は、実施例のポリサの一例を示す構成図である。ポリサは、帯域制御装置の一例であり、トークン管理部 1 と、優先度制御部 2 と、通過制御部 3 と、フロー識別部 4 とを有する。

【 0 0 5 0 】

トークン管理部 1 は、供給部の一例であり、要求に応じトークンを通過制御部 3 に供給する。トークン管理部 1 は、トークン加算部 1 0 と、メインバケツ 1 1 と、トークン供給部 1 2 とを有する。メインバケツ 1 1 は、例えばメモリにより構成され、フローごとのトークンを蓄積する。トークン加算部 1 0 は、メインバケツ 1 1 のトークンの残量を参照し、所定のアルゴリズムでメインバケツ 1 1 にトークンを加算する。

30

【 0 0 5 1 】

トークン供給部 1 2 は、優先度制御部 2 から要求メッセージが入力されると、メインバケツ 1 1 のトークン蓄積量を検出して、一定量のトークンを通過制御部 3 に出力する。トークン供給部 1 2 は、トークンの供給後、メインバケツ 1 1 のトークン蓄積量から一定量を減算する。

【 0 0 5 2 】

通過制御部 3 は、バケツ (「 P K T 」 参照) のフローごとに、優先度制御部 2 を介してトークン管理部 1 にトークンを要求し、その要求に応じ供給されたトークンに基づき、フローごとにバケツの通過を制御する。通過制御部 3 は、フローごとに、ミニバケツ 3 0 と、トークン要求部 3 2 と、閾値テーブル 3 3 と、通過判定部 3 1 とを有する。

40

【 0 0 5 3 】

ミニバケツ 3 0 は、例えばメモリにより構成され、トークン管理部 1 からトークンが供給され蓄積される。通過判定部 3 1 は、トークン蓄積量に基づきバケツの通過の可否を判定する。より具体的には、通過判定部 3 1 は、トークン蓄積量が 0 より大きい場合、バケツを通過させ、トークン蓄積量が 0 以下である場合、バケツを廃棄する。つまり、通過判定部 3 1 は、トークン蓄積量に応じてバケツを通過させ、または廃棄する。

50

【 0 0 5 4 】

なお、通過判定部 3 1 は、これに限定されず、トークン蓄積量とパケット長を比較し、トークン蓄積量 > パケット長の場合、パケットを通過させ、トークン蓄積量 < パケット長の場合、パケットを廃棄してもよい。通過判定部 3 1 は、パケットを通過させるたびにミニバケツ 3 0 のトークン蓄積量からパケット長分のトークンを減算する。

【 0 0 5 5 】

閾値テーブル 3 3 は、例えばメモリにより構成され、比較例と同様の第 1 閾値 t_{h1} 及び第 2 閾値 t_{h2} が書き込まれている。トークン要求部 3 2 は、ミニバケツ 3 0 のトークン蓄積量を参照し、閾値テーブル 3 3 から読み出した第 1 閾値 t_{h1} 及び第 2 閾値 t_{h2} と比較する。トークン要求部 3 2 は、 t_{h2} > トークン蓄積量 < t_{h1} の場合、通常要求メッセージを優先度制御部 2 へ出力し、トークン蓄積量 < t_{h2} の場合、緊急要求メッセージを優先度制御部 2 へ出力する。

10

【 0 0 5 6 】

フロー識別部 4 は、パケットごとにフローを識別して、パケットをフローに応じた通過判定部 3 1 へ出力する。フロー識別部 4 は、例えばパケットの V I D、M P L S ラベル、または入力ポート (図 2 参照) に基づいてフローを識別する。

【 0 0 5 7 】

優先度制御部 2 は、フローごとのパケットの入力レートと契約レートを比較し、その比較結果に応じてトークン管理部 1 に対する要求の優先度をフローごとに制御する。優先度制御部 2 は、待機処理部 2 0 と、要求判定部 2 1 と、レート監視テーブル 2 2 とを有する。

20

【 0 0 5 8 】

レート監視テーブル 2 2 は、例えばメモリにより構成されている。レート監視テーブル 2 2 には、フローごとの契約レートが設定され、入力レートに関する情報が書き込まれている。ここで、契約レートはフローごとの設定値の一例である。なお、レート監視テーブル 2 2 の内容の詳細は後述する。

【 0 0 5 9 】

要求判定部 2 1 は、レート監視テーブル 2 2 を参照し、待機処理部 2 0 に設けられた優先キュー 2 0 0 及び通常キュー 2 0 1 から、通常要求メッセージ及び緊急要求メッセージの出力先を選択する。より具体的には、要求判定部 2 1 は、通常要求メッセージを通常キュー 2 0 1 へ出力し、緊急要求メッセージを、入力レート > 契約レートの場合に優先キュー 2 0 0 へ出力し、入力レート < 契約レートの場合に通常キュー 2 0 1 へ出力する。

30

【 0 0 6 0 】

待機処理部 2 0 は、通常キュー 2 0 1 内の要求メッセージより優先して、優先キュー 2 0 0 内の要求メッセージをトークン供給部 1 2 へ出力する。つまり、優先キュー 2 0 0 の優先度は、通常キュー 2 0 1 より高い。

【 0 0 6 1 】

このように、優先度制御部 2 は、通常要求メッセージ及び緊急要求メッセージを通常キュー 2 0 1 または優先キュー 2 0 0 に振り分けることによりトークンの要求の優先度を制御する。また、優先度制御部 2 は、フローごとの入力レート及び契約レートの比較結果に応じてトークン管理部 1 に対するトークンの要求の優先度を制御する。

40

【 0 0 6 2 】

したがって、優先度制御部 2 は、入力レートが契約レート以下であるフローの要求の優先度を、入力レートが契約レートより大きいフローの要求より高い値とすることができる。これにより、入力レートが契約レート以下であるフローにトークンが優先的に供給されるため、そのフローの契約帯域が保証される。

【 0 0 6 3 】

また、トークン管理部 1 の機能は、ハードウェア並みの処理速度を要求されるものではない。このため、トークン管理部 1 は、コントロールカード 9 3 のプロセッサ 9 3 0 の一機能としてソフトウェアにより構成されてもよい。この場合、例えばトークン加算部 1 0

50

のトークン加算のアルゴリズムは、ソフトウェアの変更により柔軟にカスタマイズすることができる。

【0064】

一方、通過制御部3及び優先度制御部2の機能は、パケットの入力レートに応じて高い処理速度が要求される。このため、通過制御部3及び優先度制御部2は、ハードウェアとして、インターフェースカード91の入力処理部912及び記憶部915に設けられる。このため、優先キュー200及び通常キュー201のサイズは、例えばハードウェアとソフトウェアの処理速度の差に応じて決定される。なお、フロー識別部4も、入力処理部912に設けられ、PHY/MAC部911から入力されたパケットのフローを識別する。

【0065】

図6は、通過制御部3の動作の一例を示すフローチャートである。本動作は、例えば定期的に行われる。

【0066】

通過判定部31は、パケットが入力されたか否かを判定する(ステップSt1)。通過判定部31は、パケットが入力されていない場合(ステップSt1のNo)、動作を終了し、パケットが入力されている場合(ステップSt1のYes)、ミニパケット30のトークン蓄積量が0より大きいと判定する(ステップSt2)。なお、通過判定部31は、トークン蓄積量の閾値として0以外の値を用いてもよいし、あるいはトークン蓄積量をパケット長と比較してもよい。

【0067】

通過判定部31は、トークン蓄積量0の場合(ステップSt2のNo)、パケットを廃棄して(ステップSt8)、動作を終了する。また、通過判定部31は、トークン蓄積量 >0 の場合(ステップSt2のYes)、パケットを通過させる(ステップSt3)。次に、通過判定部31は、ミニパケット30のトークン蓄積量から、通過したパケット長分を減算する(ステップSt4)。なお、通過したパケットは、入力処理部912の後段を経由してスイッチカード92に入力される。

【0068】

次に、トークン要求部32は、トークン蓄積量と第1閾値 t_{h1} を比較する(ステップSt5)。トークン要求部32は、トークン蓄積量 $\geq t_{h1}$ の場合(ステップSt5のNo)、動作を終了し、トークン蓄積量 $< t_{h1}$ の場合(ステップSt5のYes)、トークン蓄積量と第2閾値 t_{h2} を比較する(ステップSt6)。

【0069】

トークン要求部32は、トークン蓄積量 $\geq t_{h2}$ の場合(ステップSt6のNo)、通常要求メッセージを要求判定部21に出力し、トークン蓄積量 $< t_{h2}$ の場合(ステップSt6のYes)、緊急要求メッセージを要求判定部21に出力する(ステップSt7)。このようにして、通過制御部3は動作する。

【0070】

このように、通過制御部3は、トークンが第1閾値 t_{h1} を下回ったとき及び第2閾値 t_{h2} を下回ったとき、トークンを要求する。このため、トークンの要求を通常要求メッセージと緊急要求メッセージの2段階に区別して出力でき、通常要求メッセージより緊急要求メッセージに応じて優先的にトークンを供給することができる。

【0071】

図7(a)は、トークン蓄積量の変化の一例を示すグラフである。図7(a)において、横軸は時間を示し、縦軸はトークン蓄積量を示す。

【0072】

トークン蓄積量は、時刻 t_1 において第1閾値 t_{h1} を下回り、その後の時刻 t_2 において第2閾値 t_{h2} を下回る。優先度制御部2は、第1閾値 t_{h1} と第2閾値 t_{h2} の差分、及びトークン蓄積量が第1閾値 t_{h1} を下回ったときとトークン蓄積量が第2閾値 t_{h2} を下回ったときの時間差 $t (= t_2 - t_1)$ から入力レート R (Mbps)を算出する。

。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

$$R = (t h 1 - t h 2) / t \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

【 0 0 7 4 】

優先度制御部 2 は、上記の式 (1) により入力レート R を算出する。このとき、第 1 閾値 $t h 1$ 及び第 2 閾値 $t h 2$ は固定値であるため、優先度制御部 2 は、トークン蓄積量が第 1 閾値 $t h 1$ 及び第 2 閾値 $t h 2$ を下回った時刻 $t 1$, $t 2$ の時間差 t を、例えばカウンタなどにより計時することで、入力レート R を概算値として容易に算出できる。

【 0 0 7 5 】

また、図 7 (b) には、レート監視テーブル 2 2 の一例が示されている。レート監視テーブル 2 2 には、フローごとにフロー ID、契約レート $R o$ (Mbps)、要求時刻 $t 1$ (sec)、及び入力レート R (Mbps) が記録されている。フロー ID は、フローを識別する識別番号 (# 1、# 2、# 3、 $\cdot \cdot \cdot$) である。

10

【 0 0 7 6 】

契約レート $R o$ は、ユーザの契約帯域に基づいて予め設定されており、契約内容が変更されない限り、変更されることはない。要求時刻 $t 1$ は、上述したように、トークン蓄積量が第 1 閾値 $t h 1$ を下回った時刻である。要求判定部 2 1 は、トークン蓄積量が第 1 閾値 $t h 1$ を下回ったとき、要求時刻 $t 1$ を検出して、レート監視テーブル 2 2 に記録する。その後、要求判定部 2 1 は、トークン蓄積量が第 2 閾値 $t h 2$ を下回ったとき、時刻 $t 2$ を検出し、レート監視テーブル 2 2 から要求時刻 $t 1$ を読み出して、上記の式 (1) から入力レート R を算出する。算出された入力レート R は、レート監視テーブル 2 2 に記録される。次に、入力レート R に基づく優先制御の動作について説明する。

20

【 0 0 7 7 】

図 8 には、トークン蓄積量が第 1 閾値 $t h 1$ を下回ったときのポリサの動作の一例が示されている。図 8 において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 7 8 】

本例において、ミニパケット 3 0 のトークン蓄積量は、第 1 閾値 $t h 1$ を下回り、かつ、第 2 閾値 $t h 2$ 以上であるとする。この場合、トークン要求部 3 2 は、通常要求メッセージを要求判定部 2 1 に出力する。要求判定部 2 1 は、優先キュー 2 0 0 及び通常キュー 2 0 1 のうち、優先度の低い通常キュー 2 0 1 に通常要求メッセージを入力する (「 R Q 」 参照) 。

30

【 0 0 7 9 】

図 9 (a) には、 $R > R o$ の場合にトークン蓄積量が第 2 閾値 $t h 2$ を下回ったときのポリサの動作の一例が示されている。図 9 (a) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

本例において、ミニパケット 3 0 のトークン蓄積量は、第 2 閾値 $t h 2$ を下回っているとするとする。この場合、トークン要求部 3 2 は、緊急要求メッセージを要求判定部 2 1 に出力する。しかし、要求判定部 2 1 は、該当するフローの入力レート R が契約レート $R o$ を上回るため (「 $R > R o$ 」 参照)、要求メッセージを、優先キュー 2 0 0 には入力せず (x 印参照)、通常キュー 2 0 1 に格納したままにする。

40

【 0 0 8 1 】

したがって、入力レート R が契約レート $R o$ を上回るフローの緊急要求メッセージによる優先キュー 2 0 0 の輻輳が防止される。

【 0 0 8 2 】

また、図 9 (b) には、 $R < R o$ の場合にトークン蓄積量が第 2 閾値 $t h 2$ を下回ったときのポリサの動作の一例が示されている。図 9 (b) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 8 3 】

本例において、ミニパケット 3 0 のトークン蓄積量は、第 2 閾値 $t h 2$ を下回っていると

50

する。この場合、トークン要求部 3 2 は、緊急要求メッセージを要求判定部 2 1 に出力する。要求判定部 2 1 は、該当するフローの入力レート R が契約レート R_o 以下であるため（「R = R_o」参照）、要求メッセージを通常キュー 2 0 1 から優先キュー 2 0 0 に移す。

【 0 0 8 4 】

したがって、入力レート R が契約レート R_o 以下であるフローの緊急要求メッセージに対しては、入力レート R が契約レート R_o を上回るフローより優先してトークン供給が行われる。このため、入力レート R が契約レート R_o 以下であるフローについて、契約帯域が保証される。

【 0 0 8 5 】

このように、優先度制御部 2 は、入力レートが契約レート以下であるフローの要求の優先度を、入力レートが契約レートを上回るフローの要求の優先度より高い値とする。このため、契約帯域内のフローのミニパケット 3 0 には、帯域超過フローより優先してトークンが供給される。

【 0 0 8 6 】

次に、入力レートの算出例を説明する。図 1 0 (a) には通常要求メッセージの出力が示され、図 1 0 (b) には緊急要求メッセージの出力例が示されている。なお、図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 8 7 】

本例において、第 1 閾値 t_{h1} = 1 0 (KByte) 及び第 2 閾値 t_{h2} = 5 (Kbyte) とする。図 1 0 (a) に示されるように、パケット長 L₁ (Byte) のパケットが通過したとき、トークン蓄積量はパケット長 L₁ (Byte) 分だけ減算される。これにより、トークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回り、トークン要求部 3 2 から通常要求メッセージが出力される。

【 0 0 8 8 】

また、図 1 0 (b) に示されるように、通常要求メッセージの出力から 1 0 (msec) 後、パケット長 L₂ (Byte) のパケットが通過したとき、トークン蓄積量はパケット長 L₂ (Byte) 分だけ減算される。これにより、トークン蓄積量が第 2 閾値 t_{h2} を下回り、トークン要求部 3 2 から緊急要求メッセージが出力される。

【 0 0 8 9 】

本例では、通常要求メッセージと緊急要求メッセージの出力の時間差 t = 1 0 (msec) であるため、入力レート R は、上記の式 (1) から 4 (Mbps) (= (1 0 K - 5 K) × 8 / 0 . 0 1) と算出される。

【 0 0 9 0 】

しかし、通常要求メッセージの出力時のトークン蓄積量は、パケット長 L₁ によっては第 1 閾値 t_{h1} と同一にはならず、緊急要求メッセージの出力時のトークン蓄積量も、パケット長 L₂ によっては第 2 閾値 t_{h2} と同一にはならない。このため、式 (1) により算出される入力レート R は、概算値である。

【 0 0 9 1 】

そこで、優先度制御部 2 は、第 1 閾値 t_{h1} を下回ったときと第 2 閾値 t_{h2} を下回ったときのトークン蓄積量の差分、及びトークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回ったときとトークン蓄積量が第 2 閾値を下回ったときの時間差 t から入力レート R を算出してもよい。

【 0 0 9 2 】

$$R = (A 1 - A 2) / t \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

【 0 0 9 3 】

入力レート R は、例えば上記の式 (2) により算出される。式 (2) において、A₁ は、トークン蓄積量が第 1 閾値 t_{h1} を下回ったときのトークン蓄積量であり、A₂ は、トークン蓄積量が第 2 閾値 t_{h2} を下回ったときのトークン蓄積量である。このため、式 (

10

20

30

40

50

2)によると、入力レートRが式(1)より高精度に算出される。

【0094】

本例の場合、トークン蓄積量 $A_1 = 9.8$ (KByte)とし(図10(a)参照)、トークン蓄積量 $A_2 = 4.6$ (KByte)とすると(図10(b)参照)、入力レートRは、 4.16 (Mbps) ($= (9.8K - 4.6K) \times 8 / 0.01$)と算出される。

【0095】

図11は、要求判定部21の動作の一例を示すフローチャートである。本動作は、例えば、トークン要求部32から要求メッセージが入力されたことを契機として行われる。

【0096】

要求判定部21は、要求メッセージが緊急要求メッセージであるか否かを判定する(ステップSt21)。要求判定部21は、要求メッセージが通常要求メッセージである場合(ステップSt21のNo)、その要求時刻 t_1 を検出してレート監視テーブル22に記録する(ステップSt28)。次に、要求判定部21は、通常要求メッセージを通常キュー201に入力して(ステップSt29)、動作を終了する。

【0097】

また、要求判定部21は、要求メッセージが緊急要求メッセージである場合(ステップSt21のYes)、その要求時刻 t_2 を検出する(ステップSt22)。なお、要求時刻 t_1 、 t_2 は、例えばカウンタ値に基づき検出される。次に、要求判定部21は、上記の式(1)により入力レートRを算出する(ステップSt23)。

【0098】

なお、要求判定部21は、上記の式(1)に代えて、上記の式(2)により入力レートRを算出してもよい。この場合、要求判定部21は、上記のステップSt28において、トークン要求部32からトークン蓄積量 A_1 を取得し、要求時刻 t_2 とともにレート監視テーブル22に記録しておく。また、要求判定部21は、上記のステップSt22において、トークン要求部32からトークン蓄積量 A_2 を取得する。取得されたトークン蓄積量 A_1 、 A_2 は、入力レートRの算出に用いられる。

【0099】

次に、要求判定部21は、レート監視テーブル22からフローに応じた契約レート R_0 を取得する(ステップSt24)。次に、要求判定部21は、算出した入力レートRと契約レート R_0 を比較する(ステップSt25)。

【0100】

要求判定部21は、比較の結果、 $R < R_0$ の場合(ステップSt25のYes)、緊急要求メッセージを優先キュー200に入力する(ステップSt26)。次に、要求判定部21は、通常キュー201に格納された通常要求メッセージを削除し(ステップSt27)、動作を終了する。なお、要求判定部21は、ステップSt27の処理を省略し、通常要求メッセージを通常キュー201に格納したままにしてもよい。

【0101】

また、要求判定部21は、比較の結果、 $R > R_0$ の場合(ステップSt25のNo)、緊急要求メッセージを優先キュー200に格納することなく、動作を終了する。これにより、契約帯域内のフロー($R < R_0$)のトークンの要求の優先度が、帯域超過フロー($R > R_0$)より高くなる。このようにして、要求判定部21は動作する。

【0102】

上述した例において、要求判定部21は、入力レートRの1回分の算出値に基づき、要求の優先度を制御するが、これに限定されない。要求判定部21は、複数回算出した入力レート $R_1 \sim R_4$ の平均値 R_{av} を算出し、平均値 R_{av} と契約レート R_0 を比較し、その比較結果に応じて要求の優先度を制御してもよい。これにより、瞬間的な入力レートRの変動に起因する優先度の誤判定が防止されるため、要求の優先度を高精度に制御することが可能となる。

【0103】

図12(a)及び図12(b)には、この場合のレート監視テーブル22の一例が示さ

10

20

30

40

50

れている。図12(a)及び図12(b)において、図7(b)と共通する項目については、その説明を省略する。

【0104】

レート監視テーブル22には、異なる期間に算出された複数の入力レートR1～R4が記録される。入力レートR1～R4のうち、入力レートR1(=6(Mbps))が最も新しい値であり、入力レートR4は最も古い値である。なお、本例では、4つの期間分の入力レートR1～R4がレート監視テーブル22に記録されているが、記録する入力レートR1～R4の数に限定はない。

【0105】

$$R_{av} = (R + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) / 5 \quad \dots \text{式(3)}$$

10

【0106】

要求判定部21は、上記の式(3)により、入力レートR1～R4と新たに算出した入力レートRの移動平均値Ravを算出する。図12(a)の例の場合、新たに算出した入力レートR=4(Mbps)とすると、入力レートR1～R4は、それぞれ、6(Mbps)、20(Mbps)、15(Mbps)、10(Mbps)であるため、移動平均値Rav=11(Mbps)(=(4+6+20+15+10)/5)と算出される。

【0107】

要求判定部21は、新たに算出した入力レートR=4(Mbps)と契約レートRo=10(Mbps)を比較した場合、R<Ro(契約帯域内)と判定するが、移動平均値Rav=11(Mbps)と契約レートRo=10(Mbps)を比較した場合、R>Ro(帯域超過)と判定する。このように、要求判定部21は、移動平均値Ravを優先度の判定に用いることにより、平滑化された入力レートにより正確な判定が可能となる。なお、移動平均値Ravは、平均値の一例であり、これに代えて例えば加重移動平均値などが用いられてもよい。

20

【0108】

また、複数の入力レートR1～R4は、新たに入力レートRが算出されるたびに更新される。図12(a)は更新前のレート監視テーブル22を示し、図12(b)は更新後のレート監視テーブル22を示す。新たに入力レートRが算出されると、その新たに算出された入力レートR(=4(Mbps))は、入力レートR1として新たに記録される。また、更新前の入力レートR1～R3は、入力レートR2～R4として新たに記録される。これにより、更新前の入力レートR4は、レート監視テーブル22から消去される。

30

【0109】

図13は、本例の要求判定部21の動作を示すフローチャートである。なお、図13において、図11と共通する処理については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0110】

要求判定部21は、入力レートRを算出した後(ステップSt23)、入力レートRと、レート監視テーブル22に記録された4つの入力レートR1～R4とから上記の式(3)を用いて移動平均値Ravを算出する(ステップSt23a)。次に、要求判定部21は、レート監視テーブル22から契約レートRoを取得し(ステップSt24)、算出した移動平均値Ravと比較する(ステップSt25a)。

40

【0111】

要求判定部21は、Rav<Roの場合(ステップSt25aのYes)、図11と同様の処理(ステップSt26, St27)を行い、図12(a)及び図12(b)を参照して述べたレート監視テーブル22の更新処理が行われる(ステップSt27a)。また、要求判定部21は、Rav>Roの場合(ステップSt25aのNo)、ステップSt26及びSt27の処理を行わずに、レート監視テーブル22の更新処理を行う(ステップSt27a)。このようにして、要求判定部21は動作する。

【0112】

また、優先度制御部2は、通過制御部3におけるトークンの要求から供給までの期間ごとにフローごとのパケットの廃棄の有無を検出し、複数の期間における廃棄の判定回数と

50

フローごとの所定回数を比較し、その比較結果に応じてトークン管理部 1 に対するトークンの要求の優先度をフローごとに制御してもよい。上述したように、帯域超過フローの場合、契約レート R_0 を超える分のパケットは廃棄されるため、パケットの廃棄が行われた期間の数に基づき帯域超過フローを判別することができる。このため、入力レート R の算出処理を行うことなく、低負荷の処理で要求の優先度を制御することが可能となる。

【0113】

図 14 (a) には、上記の実施例の場合のレート監視テーブル 22 が示されている。レート監視テーブル 22 は、フロー ID、廃棄上限回数 N_u 、期間 # 1 ~ # 4 ごとのパケット (PKT) 廃棄の有無、及び廃棄回数 n が記録されている。廃棄上限回数 N_u は、フローごとに、その契約レートに応じて設定される。

10

【0114】

期間 # 1 ~ # 4 は、それぞれ、通過制御部 3 におけるトークンの要求から供給までの期間である。例えば、期間 # 1 ~ # 4 は、通過制御部 3 が緊急要求メッセージを出力してからトークンが供給されるまでの期間であり、一例として優先度制御部 2 内のカウンタを用いて管理される。なお、本例では 4 つの期間 # 1 ~ # 4 が挙げるが、レート監視テーブル 22 に記録される期間の数に限定はない。

【0115】

優先度制御部 2 は、期間 # 1 ~ # 4 内の廃棄の有無を通過判定部 3 1 の通知から検出し、期間 # 1 ~ # 4 のうち、廃棄が「有」の回数を廃棄回数 n に記録する。なお、期間 # 1 ~ # 4 のうち、期間 # 1 が最も新しく、期間 # 4 が最も古く、期間 # 1 ~ # 4 の「PKT 廃棄有無」は、新たに廃棄有無を検出するたびに更新される。つまり、新たな廃棄有無の検出結果は、期間 # 1 の「PKT 廃棄有無」として新たに記録される。また、更新前の期間 # 1 ~ # 3 の「PKT 廃棄有無」は、期間 # 2 ~ # 4 の「PKT 廃棄有無」として新たに記録される。これにより、更新前の期間 # 4 の「PKT 廃棄有無」は、レート監視テーブル 22 から消去される。

20

【0116】

図 14 (b) には、 $n = N_u$ の場合 (点線の枠内参照) にトークン蓄積量が第 2 閾値 t_{h2} を下回ったときのポリサの動作の一例が示されている。図 14 (b) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0117】

要求判定部 2 1 は、 $n = N_u$ の場合、要求メッセージ RQ を通常キュー 2 0 1 から優先キュー 2 0 0 に移す。より具体的には、要求判定部 2 1 は、緊急要求メッセージを優先キュー 2 0 0 に入力し (実線の RQ 参照)、通常キュー 2 0 1 に格納済みの通常要求メッセージを削除する (点線の RQ 参照)。これにより、 $n = N_u$ のフロー、つまり契約レート内のフローの要求が優先的にトークン管理部 1 に出力される。

30

【0118】

一方、図 14 (c) には、 $n > N_u$ の場合 (点線の枠内参照) にトークン蓄積量が第 2 閾値 t_{h2} を下回ったときのポリサの動作の一例が示されている。図 14 (c) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0119】

要求判定部 2 1 は、要求メッセージを、優先キュー 2 0 0 には入力せず (×印参照)、通常キュー 2 0 1 に格納したままにする。つまり、要求判定部 2 1 は、緊急要求メッセージを廃棄して、優先的な処理を行わない。これにより、 $n > N_u$ のフロー、つまり帯域超過フローの要求が優先的にトークン管理部 1 に出力されることが防止される。

40

【0120】

図 15 は、レート監視テーブル 22 の更新処理の一例を示すフローチャートである。本処理は、例えば一定の周期で行われる。

【0121】

要求判定部 2 1 は、トークンの供給の有無を判定する (ステップ S_{t41})。要求判定部 2 1 は、例えば、通常キュー 2 0 1 または優先キュー 2 0 0 から要求メッセージが出力

50

されたとき、トークンの供給が行われたと判定する。

【0122】

要求判定部21は、トークンの供給がない場合（ステップSt41のNo）、処理を終了し、トークンの供給が行われた場合（ステップSt41のYes）、レート監視テーブル22の期間#2～#4の「PKT廃棄有無」を更新する（ステップSt42）。より具体的には、要求判定部21は、更新前の期間#1～#3の「PKT廃棄有無」を、それぞれ期間#2～#4の「PKT廃棄有無」として新たに記録する。

【0123】

次に、要求判定部21は、通過判定部31からの通知に基づき、最新の期間内のパケットの廃棄の有無を検出する（ステップSt43）。要求判定部21は、廃棄があった場合（ステップSt43のYes）、期間#1の「PKT廃棄有無」を「有」とし（ステップSt44）、廃棄がない場合（ステップSt43のNo）、期間#1の「PKT廃棄有無」を「無」として（ステップSt45）、処理を終了する。このようにして、レート監視テーブル22の更新処理は行われる。

10

【0124】

また、図16は、本例の要求判定部21の動作を示すフローチャートである。本処理は、例えば、トークン要求部32から要求メッセージが入力されたことを契機として行われる。

【0125】

まず、要求判定部21は、要求メッセージが緊急要求メッセージであるか否かを判定する（ステップSt51）。要求判定部21は、要求メッセージが通常要求メッセージである場合（ステップSt51のNo）、通常要求メッセージを通常キュー201に入力し（ステップSt57）、動作を終了する。

20

【0126】

また、要求判定部21は、要求メッセージが緊急要求メッセージである場合（ステップSt51のYes）、レート監視テーブル22の期間#1～#4の「PKT廃棄有無」からパケットの廃棄回数 n を算出する（ステップSt52）。なお、算出されたパケットの廃棄回数 n は、レート監視テーブル22に記録される。次に、要求判定部21は、レート監視テーブル22から上限回数 N_u を取得する（ステップSt53）。

【0127】

次に、要求判定部21は、パケットの廃棄回数 n 及び廃棄上限回数 N_u を比較する（ステップSt54）。要求判定部21は、 $n > N_u$ の場合（ステップSt54のYes）、緊急要求メッセージを優先キュー200に入力する（ステップSt55）。次に、要求判定部21は、通常キュー201から緊急要求メッセージと同一のフローの通常要求メッセージを削除して（ステップSt56）、動作を終了する。なお、ステップSt56の処理は省略されてもよい。

30

【0128】

また、要求判定部21は、 $n < N_u$ の場合（ステップSt54のNo）、緊急要求メッセージを優先キュー200に格納することなく、動作を終了する。これにより、契約帯域内のフロー（ $R \leq R_o$ ）のトークンの要求の優先度が、帯域超過フロー（ $R > R_o$ ）より高くなる。このようにして、要求判定部21は動作する。

40

【0129】

これまで述べた実施例において、待機処理部20には2つのキュー200, 201だけが設けられているが、これに限定されない。例えば図17(a)～図17(c)に示されるように、待機処理部20aには、通常キュー201及び優先キュー200に加えて、帯域超過フローの緊急要求メッセージが入力される準優先キュー202が設けられてもよい。

【0130】

より具体的には、図17(a)には、通常要求メッセージが入力された場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図17(a)において、図5と共通する構成につい

50

ては同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0131】

待機処理部20aには、通常キュー201、優先キュー200、及び準優先キュー202が設けられている。通常キュー201、優先キュー200、及び準優先キュー202のうち、優先キュー200の優先度が最も高く、次に準優先キュー202の優先度が高く、通常キュー201の優先度は最も低い。待機処理部20aは、この優先度に従った順番で要求メッセージをトークン管理部1に出力する。

【0132】

要求判定部21aは、通常要求メッセージが入力された場合、入力レートRに関わらず、通常キュー201にする（RQ参照）。 10

【0133】

また、図17(b)には、 $R = R_0$ のフローの緊急要求メッセージがされた場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図17(b)において、図5と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0134】

要求判定部21aは、緊急要求メッセージがされたとき、レート監視テーブル22から、フローの入力レートRが契約レート R_0 以下であると判定すると（「 $R = R_0$ 」参照）、要求メッセージを通常キュー201から優先キュー200に移す。より具体的には、要求判定部21aは、緊急要求メッセージを優先キュー200にし（実線のRQ参照）、通常キュー201に格納済みの通常要求メッセージを削除する（点線のRQ参照）。 20

【0135】

また、図17(c)には、 $R > R_0$ のフローの緊急要求メッセージがされた場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図17(c)において、図5と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0136】

要求判定部21aは、緊急要求メッセージがされたとき、レート監視テーブル22から、フローの入力レートRが契約レート R_0 より大きいと判定すると（「 $R > R_0$ 」参照）、要求メッセージを通常キュー201から準優先キュー202に移す。より具体的には、要求判定部21aは、緊急要求メッセージを準優先キュー202にし（実線のRQ参照）、通常キュー201に格納済みの通常要求メッセージを削除する（点線のRQ参照）。 30

【0137】

このように、優先度制御部2は、緊急要求メッセージを優先キュー200または準優先キュー202にすることにより、トークン蓄積量が第2閾値 t_{h2} を下回ったフローの要求の優先度を、トークン蓄積量が第1閾値 t_{h1} を下回ったフローの要求の優先度より高い値とする。このため、トークンが枯渇しそうなミニパケツ30には、十分なトークンが蓄積されたミニパケツ30より優先的にトークンが供給される。

【0138】

また、優先度制御部2は、契約レート R_0 内のフローの緊急要求メッセージを優先キュー200にし、帯域超過フローの緊急要求メッセージを準優先キュー202にする。これにより、優先度制御部2は、トークン蓄積量が第2閾値 t_{h2} を下回ったフローのうち、入力レートRが契約レート R_0 以下であるフローの要求の優先度を、入力レートRが契約レート R_0 を上回るフローの要求の優先度より高い値とする。このため、帯域超過フローのミニパケツ30でも、緊急要求メッセージが出力された場合、通常要求メッセージが出力されたものより優先的にトークンが供給される。 40

【0139】

図18は、本例の要求判定部21aの動作を示すフローチャートである。なお、図18において、図11と共通する処理については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0140】

10

20

30

40

50

要求判定部 2 1 a は、入力レート R と契約レート R_o を比較し (ステップ S t 2 5)、 $R < R_o$ の場合 (ステップ S t 2 5 の Y e s)、緊急要求メッセージを優先キュー 2 0 0 に入力する (ステップ S t 2 6)。また、要求判定部 2 1 a は、 $R > R_o$ の場合 (ステップ S t 2 5 の N o)、緊急要求メッセージを準優先キュー 2 0 2 に入力する (ステップ S t 2 6 b)。このため、緊急要求メッセージは、入力レート R と契約レート R_o の比較結果によらずに、通常要求メッセージより優先的にトークン管理部 1 に出力される。

【 0 1 4 1 】

次に、要求判定部 2 1 a は、通常キュー 2 0 1 から、緊急要求メッセージと同じフローの通常要求メッセージを削除して (ステップ S t 2 7)、動作を終了する。なお、ステップ S t 2 7 の処理は省略されてもよい。このようにして、要求判定部 2 1 a は動作する。

10

【 0 1 4 2 】

また、優先度制御部 2 は、要求の優先度を、入力レート R と契約レート R_o の差分に応じた複数の段階に分けてもよい。例えば図 1 9 (a) ~ 図 1 9 (c)、図 2 0 (a)、及び図 2 0 (b) に示されるように、待機処理部 2 0 b には、通常キュー 2 0 1 に加えて、入力レート R と契約レート R_o の差分に応じた第 1 ~ 第 4 キュー 2 0 3 ~ 2 0 6 が設けられてもよい。

【 0 1 4 3 】

図 1 9 (a) には、通常要求メッセージが入力された場合の優先度制御部 2 の動作が示されている。なお、図 1 9 (a) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

20

【 0 1 4 4 】

待機処理部 2 0 b には、通常キュー 2 0 1 及び第 1 ~ 第 4 キュー 2 0 3 ~ 2 0 6 が設けられている。通常キュー 2 0 1 には通常要求メッセージが入力され、第 1 ~ 第 4 キュー 2 0 3 ~ 2 0 6 には緊急要求メッセージが入力される。第 1 ~ 第 4 キュー 2 0 3 ~ 2 0 6 は、入力レート R と契約レート R_o の差分に応じて使い分けられる。

【 0 1 4 5 】

以下に述べるように、 $R < R_o / 2$ のフローの場合、緊急要求メッセージは第 1 キュー 2 0 3 に入力され、 $R_o / 2 < R < R_o$ のフローの場合、緊急要求メッセージは第 2 キュー 2 0 4 に入力される。また、 $R_o < R < 2 \times R_o$ のフローの場合、緊急要求メッセージは第 3 キュー 2 0 5 に入力され、 $2 \times R_o < R$ のフローの場合、緊急要求メッセージは第 4 キュー 2 0 6 に入力される。

30

【 0 1 4 6 】

第 1 ~ 第 4 キュー 2 0 3 ~ 2 0 6 の優先度は、第 1 キュー 2 0 3 が最も高く、第 2 キュー 2 0 4、第 3 キュー 2 0 5、第 4 キュー 2 0 6 の順に低くなる。また、通常キュー 2 0 1 の優先度は第 4 キュー 2 0 6 より低い。待機処理部 2 0 b は、この優先度に従った順番で要求メッセージをトークン管理部 1 に出力する。

【 0 1 4 7 】

要求判定部 2 1 b は、通常要求メッセージが入力された場合、入力レート R に関わらず、通常キュー 2 0 1 に入力する (R Q 参照)。

【 0 1 4 8 】

図 1 9 (b) には、 $R < R_o / 2$ のフローの緊急要求メッセージが入力された場合の優先度制御部 2 の動作が示されている。なお、図 1 9 (b) において、図 5 と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

40

【 0 1 4 9 】

要求判定部 2 1 b は、緊急要求メッセージが入力されたとき、レート監視テーブル 2 2 から、フローの入力レート R が契約レート R_o の $1 / 2$ 以下であると判定すると (「 $R < R_o / 2$ 」参照)、要求メッセージを通常キュー 2 0 1 から第 1 キュー 2 0 3 に移す。より具体的には、要求判定部 2 1 b は、緊急要求メッセージを第 1 キュー 2 0 3 に入力し (実線の R Q 参照)、通常キュー 2 0 1 に格納済みの通常要求メッセージを削除する (点線の R Q 参照)。

50

【0150】

図19(c)には、 $R_o/2 < R < R_o$ のフローの緊急要求メッセージが入力された場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図19(c)において、図5と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0151】

要求判定部21bは、緊急要求メッセージが入力されたとき、レート監視テーブル22から、フローの入力レートRが契約レート R_o の1/2より大きく契約レート R_o 以下であると判定すると(「 $R_o/2 < R < R_o$ 」参照)、要求メッセージを通常キュー201から第2キュー204に移す。より具体的には、要求判定部21bは、緊急要求メッセージを第2キュー204に入力し(実線のRQ参照)、通常キュー201に格納済みの通常要求メッセージを削除する(点線のRQ参照)。

10

【0152】

図20(a)には、 $R_o < R < 2 \times R_o$ のフローの緊急要求メッセージが入力された場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図20(a)において、図5と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0153】

要求判定部21bは、緊急要求メッセージが入力されたとき、レート監視テーブル22から、フローの入力レートRが契約レート R_o より大きく契約レート R_o の2倍以下であると判定すると(「 $R_o < R < 2 \times R_o$ 」参照)、要求メッセージを通常キュー201から第3キュー205に移す。より具体的には、要求判定部21bは、緊急要求メッセージを第3キュー205に入力し(実線のRQ参照)、通常キュー201に格納済みの通常要求メッセージを削除する(点線のRQ参照)。

20

【0154】

図20(b)には、 $2 \times R_o < R$ のフローの緊急要求メッセージが入力された場合の優先度制御部2の動作が示されている。なお、図20(b)において、図5と共通する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0155】

要求判定部21bは、緊急要求メッセージが入力されたとき、レート監視テーブル22から、フローの入力レートRが契約レート R_o の2倍より大きいと判定すると(「 $2 \times R_o < R$ 」参照)、要求メッセージを通常キュー201から第4キュー206に移す。より具体的には、要求判定部21bは、緊急要求メッセージを第4キュー206に入力し(実線のRQ参照)、通常キュー201に格納済みの通常要求メッセージを削除する(点線のRQ参照)。

30

【0156】

このように、要求判定部21bは、緊急要求メッセージの優先度を、入力レートRと契約レート R_o の差分に応じた4段階に制御するため、高精度な優先制御が可能となる。

【0157】

図21は、本例の要求判定部21bの動作を示すフローチャートである。なお、図21において、図11と共通する処理については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0158】

要求判定部21bは、契約レート R_o の取得後(ステップSt24)、算出した入力レートRと契約レート R_o を比較する(ステップSt250)。要求判定部21bは、 $R < R_o/2$ の場合、緊急要求メッセージを第1キュー203に入力し(ステップSt261)、 $R_o/2 < R < R_o$ の場合、緊急要求メッセージを第2キュー204に入力する(ステップSt262)。

40

【0159】

また、要求判定部21bは、 $R_o < R < 2 \times R_o$ の場合、緊急要求メッセージを第3キュー205に入力し(ステップSt263)、 $2 \times R_o < R$ の場合、緊急要求メッセージを第4キュー206に入力する(ステップSt264)。このため、要求判定部21bは、緊急要求メッセージの優先度を、入力レートRと契約レート R_o の差分に応じて4段階

50

に分けて制御することができる。

【 0 1 6 0 】

次に、要求判定部 2 1 b は、通常キュー 2 0 1 から、緊急要求メッセージと同じフローの通常要求メッセージを削除して（ステップ S t 2 7）、動作を終了する。なお、ステップ S t 2 7 の処理は省略されてもよい。このようにして、要求判定部 2 1 b は動作する。

【 0 1 6 1 】

図 2 2 には実施例のポリサの効果を示されている。図 2 2 には、図 4 の比較例と対比できるように図 5 の構成を単純化して示されている。本例のポリサには、図 4 の比較例と同様に、帯域超過のフロー # 1 ~ # 3（1 0 0（Mbps））、及び入力レート R がフロー # 1 ~ # 3 より高い契約レート R o 内のフロー # 4（1（Gbps））が混在する。

10

【 0 1 6 2 】

フロー # 1 ~ # 3 のミニパケット 3 0 は帯域超過により枯渇するため、緊急要求メッセージが出力される。しかし、フロー # 1 ~ # 3 の入力レート R は契約レート R o より大きいいため、フロー # 1 ~ # 3 の緊急要求メッセージは、優先キュー 2 0 0 に入力されない。したがって、優先キュー 2 0 0 は輻輳しない。

【 0 1 6 3 】

そして、フロー # 4 のミニパケット 3 0 のトークン蓄積量が第 2 閾値 t h 2 を下回ったとき、フロー # 4 の緊急要求メッセージが出力される。フロー # 4 の入力レート R は契約レート R o 以下であるため、フロー # 4 の緊急要求メッセージは、通常キュー 2 0 1 ではなく、優先キュー 2 0 0 に入力される（点線参照）。

20

【 0 1 6 4 】

このとき、優先キュー 2 0 0 は輻輳していないため、フロー # 4 の緊急要求メッセージに応じて、直ちにメインパケット 1 1 のトークンがフロー # 4 のミニパケット 3 0 に供給される。したがって、フロー # 4 にミニパケット 3 0 には、パケットの通過に間に合うようにトークンが供給され、パケットの廃棄は生じない。これにより、フロー # 4 の出力レートが入力レート R と同じ 1（Gbps）に維持されるため、フロー # 4 の契約帯域が保証される。

【 0 1 6 5 】

これまで述べたように、実施例に係る帯域制御であるポリサは、トークン管理部 1 と、通過制御部 3 と、優先度制御部 2 とを有する。トークン管理部 1 は、要求に応じパケットのトークンを供給する。通過制御部 3 は、パケットのフローごとにトークン管理部 1 にトークンを要求し、その要求に応じ供給されたトークンに基づき、フローごとにパケットの通過を制御する。

30

【 0 1 6 6 】

優先度制御部 2 は、フローごとのパケットの入力レート R とフローごとに設定された契約レート R o を比較し、その比較結果に応じてトークン管理部 1 に対する要求の優先度をフローごとに制御する。

【 0 1 6 7 】

上記の構成によると、優先度制御部 2 は、入力レート R が契約レート R o 以下であるフローの要求の優先度を、入力レート R が契約レート R o より大きいフローの要求より高い値とすることができる。これにより、入力レート R が契約レート R o 以下であるフローにトークンが優先的に供給されるため、そのフローの契約帯域が保証される。

40

【 0 1 6 8 】

また、実施例に係る帯域制御方法は、以下のステップを含む。

ステップ（ 1 ）：要求に応じパケットのトークンを供給するトークン管理部 1 にパケットのフローごとにトークンを要求する。

ステップ（ 2 ）：要求に応じ供給されたトークンに基づき、フローごとにパケットの通過を制御する。

ステップ（ 3 ）：フローごとのパケットの入力レート R とフローごとに設定された契約レート R o を比較する。

ステップ（ 4 ）：その比較結果に応じてトークン管理部 1 に対する要求の優先度をフロ

50

一ごとに制御する。

【0169】

実施例に係る帯域制御方法は、実施例に係る帯域制御装置と同様の構成を含むので、上述した内容と同様の作用効果を奏する。

【0170】

上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

【0171】

なお、以上の説明に関して更に以下の付記を開示する。

(付記1) 要求に応じパケットのトークンを供給する供給部と、
パケットのフローごとに前記供給部に前記トークンを要求し、該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御する通過制御部と、
前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御する優先度制御部とを有することを特徴とする帯域制御装置。

(付記2) 前記優先度制御部は、前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする付記1に記載の帯域制御装置。

(付記3) 前記優先度制御部は、前記要求の優先度を、前記入力レートと前記設定値の差分に応じた複数の段階に分けることを特徴とする付記1または2に記載の帯域制御装置

。
(付記4) 前記通過制御部は、パケットを通過させるたびに前記フローごとに前記トークンを減算し、前記トークンが所定の第1閾値を下回ったとき及び前記所定の第1閾値より小さい所定の第2閾値を下回ったとき、前記トークンを要求することを特徴とする付記1乃至3の何れかに記載の帯域制御装置。

(付記5) 前記優先度制御部は、
前記トークンが前記所定の第2閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度を、前記トークンが前記所定の第1閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度より高い値とし

、
前記トークンが前記所定の第2閾値を下回った前記フローのうち、前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする付記4に記載の帯域制御装置。

(付記6) 前記優先度制御部は、前記所定の第1閾値と前記所定の第2閾値の差分、及び前記トークンが前記所定の第1閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第2閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする付記4または5に記載の帯域制御装置。

(付記7) 前記優先度制御部は、前記所定の第1閾値を下回ったときと前記所定の第2閾値を下回ったときの前記トークンの差分、及び前記トークンが前記所定の第1閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第2閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする付記4または5に記載の帯域制御装置。

(付記8) 前記優先度制御部は、複数回算出した前記入力レートの平均値を算出し、前記平均値と前記設定値を比較し、該比較結果に応じて前記要求の優先度を制御することを特徴とする付記1乃至7の何れかに記載の帯域制御装置。

(付記9) 前記通過制御部は、前記トークンに基づきパケットを廃棄し、
前記優先度制御部は、前記通過制御部における前記トークンの要求から供給までの期間ごとに前記フローごとのパケットの廃棄の有無を検出し、複数の期間における該廃棄の判定回数と前記フローごとの所定回数を比較し、該比較結果に応じて前記供給部に対する前記トークンの要求の優先度を前記フローごとに制御することを特徴とする付記1乃至8の何れかに記載の帯域制御装置。

10

20

30

40

50

(付記 10) 要求に応じパケットのトークンを供給する供給部に、パケットのフローごとに前記トークンを要求し、

該要求に応じ供給された前記トークンに基づき、前記フローごとにパケットの通過を制御し、

前記フローごとのパケットの入力レートと前記フローごとに設定された設定値を比較し、

該比較結果に応じて前記供給部に対する前記要求の優先度を前記フローごとに制御することを特徴とする帯域制御方法。

(付記 11) 前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする付記 10 に記載の帯域制御方法。

(付記 12) 前記要求の優先度を、前記入力レートと前記設定値の差分に応じた複数の段階に分けることを特徴とする付記 10 または 11 に記載の帯域制御方法。

(付記 13) パケットを通過させるたびに前記フローごとに前記トークンを減算し、前記トークンが所定の第 1 閾値を下回ったとき及び前記所定の第 1 閾値より小さい所定の第 2 閾値を下回ったとき、前記トークンを要求することを特徴とする付記 10 乃至 12 の何れかに記載の帯域制御方法。

(付記 14) 前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度を、前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回った前記フローの前記要求の優先度より高い値とし、

前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回った前記フローのうち、前記入力レートが前記設定値以下である前記フローの前記要求の優先度を、前記入力レートが前記設定値を上回る前記フローの前記要求の優先度より高い値とすることを特徴とする付記 13 に記載の帯域制御方法。

(付記 15) 前記所定の第 1 閾値と前記所定の第 2 閾値の差分、及び前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする付記 13 または 14 に記載の帯域制御方法。

(付記 16) 前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記所定の第 2 閾値を下回ったときの前記トークンの差分、及び前記トークンが前記所定の第 1 閾値を下回ったときと前記トークンが前記所定の第 2 閾値を下回ったときの時間差から前記入力レートを算出することを特徴とする付記 13 または 14 に記載の帯域制御方法。

(付記 17) 複数回算出した前記入力レートの平均値を算出し、前記平均値と前記設定値を比較し、該比較結果に応じて前記要求の優先度を制御することを特徴とする付記 10 乃至 16 の何れかに記載の帯域制御方法。

(付記 18) 前記トークンに基づきパケットを廃棄し、

前記トークンの要求から供給までの期間ごとに前記フローごとのパケットの廃棄の有無を検出し、

複数の期間における該廃棄の判定回数と前記フローごとの所定回数を比較し、

該比較結果に応じて前記供給部に対する前記トークンの要求の優先度を前記フローごとに制御することを特徴とする付記 10 乃至 17 の何れかに記載の帯域制御方法。

【符号の説明】

【0172】

- 1 トークン管理部
- 2 優先度制御部
- 3 通過制御部
- 11 メインパケツ
- 21 要求判定部
- 22 レート監視テーブル
- 30 ミニパケツ

10

20

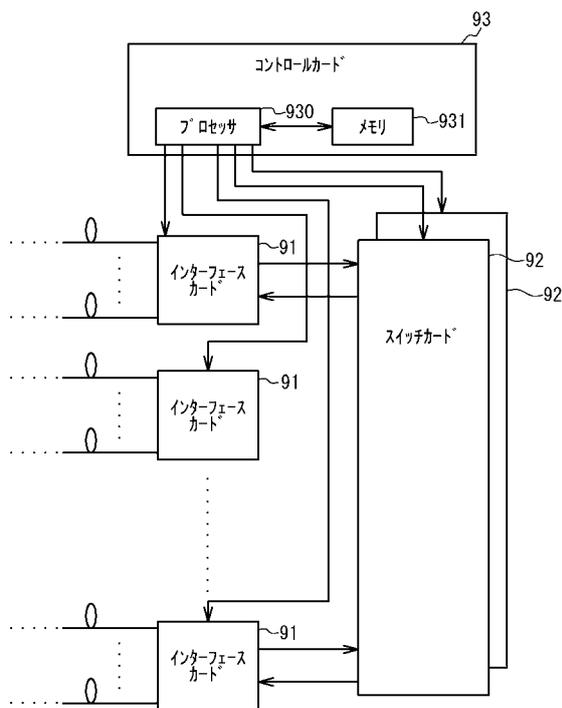
30

40

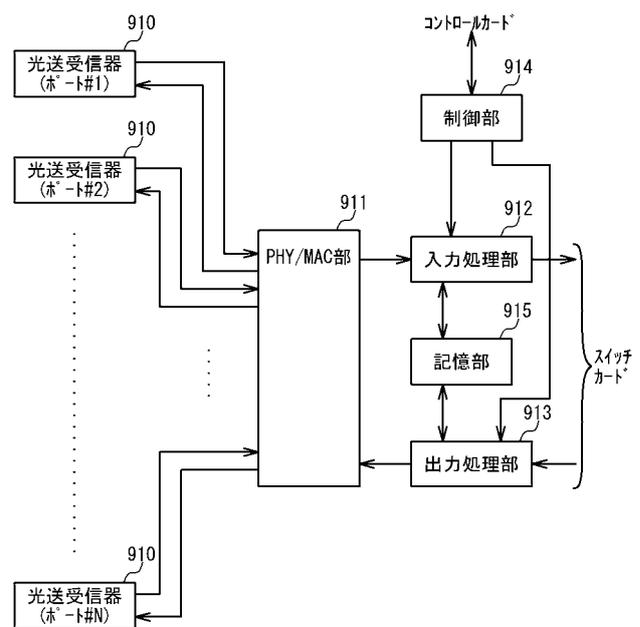
50

- 3 1 通過判定部
- 3 2 トークン要求部
- 2 0 0 優先キュー
- 2 0 1 通常キュー
- 2 0 2 準優先キュー
- 2 0 3 ~ 2 0 6 第 1 ~ 第 4 キュー

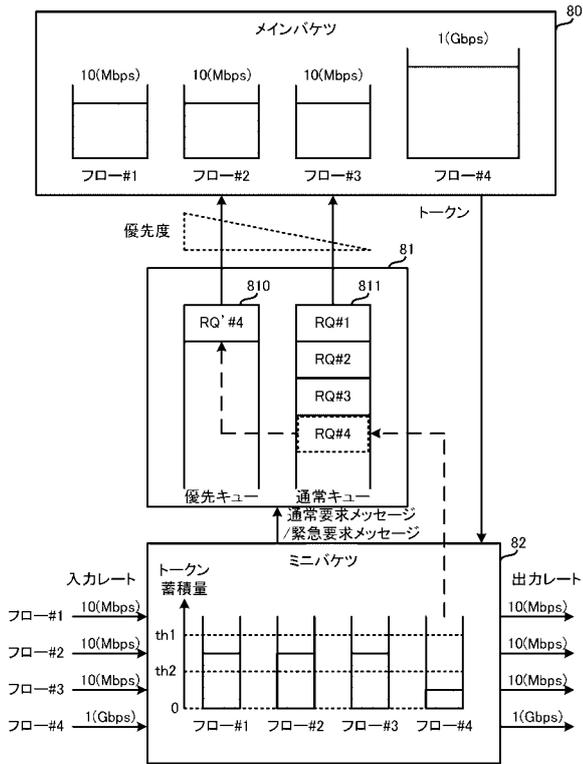
【 図 1 】



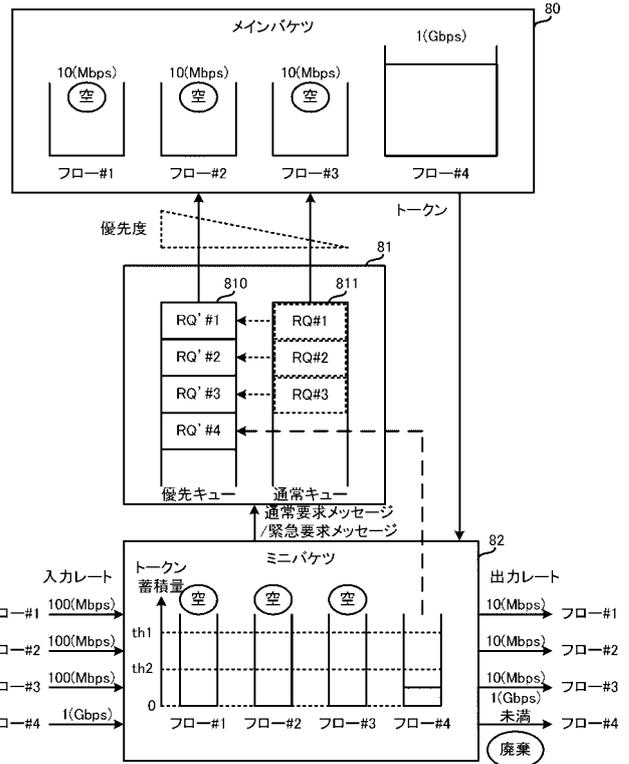
【 図 2 】



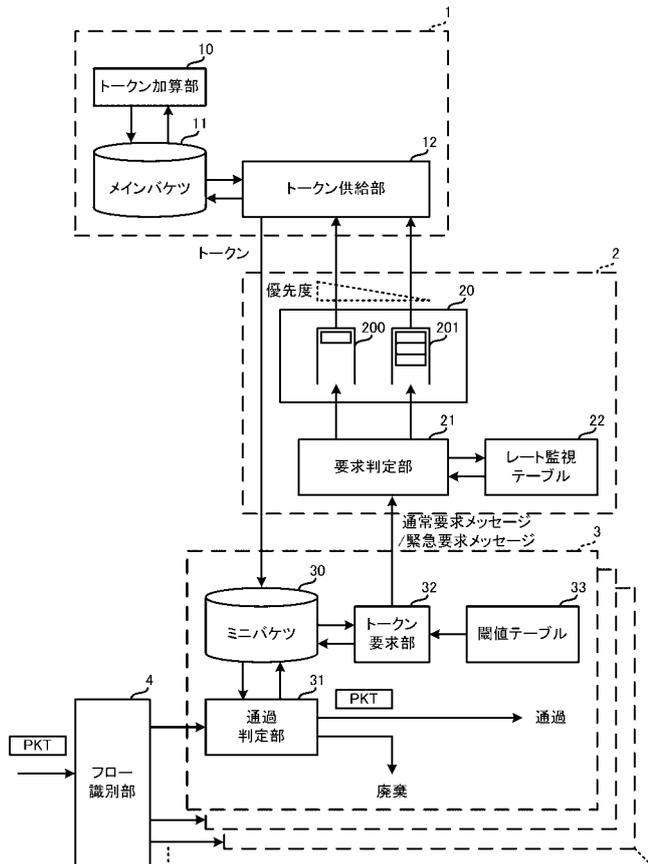
【 図 3 】



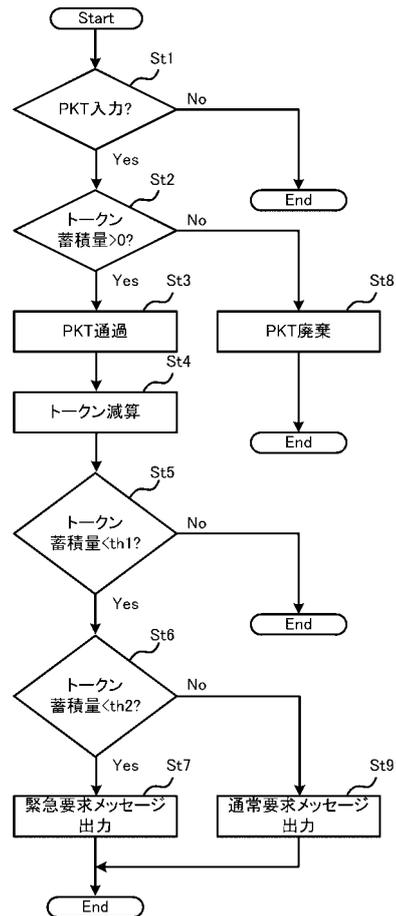
【 図 4 】



【 図 5 】

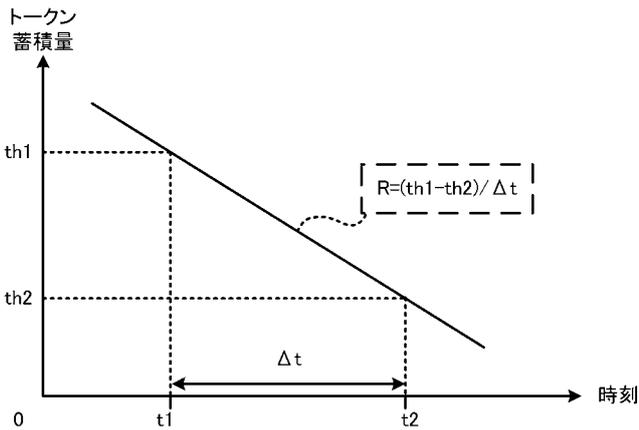


【 図 6 】



【 図 7 】

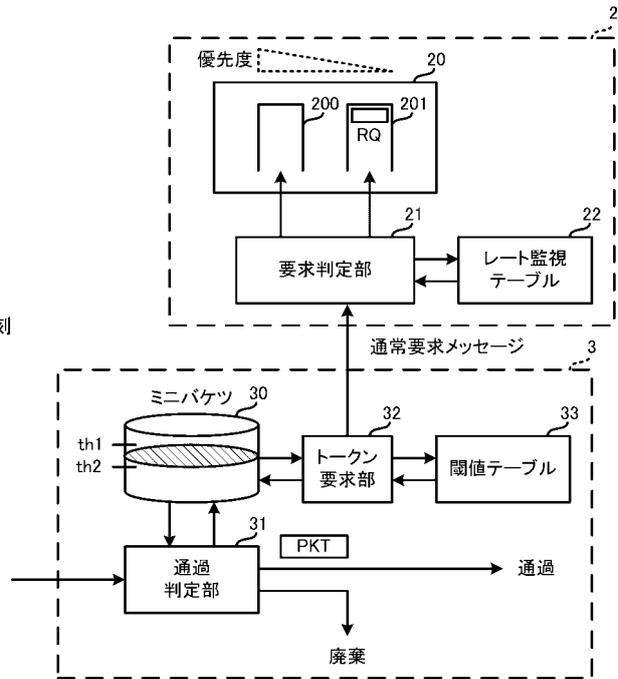
(a) トークン蓄積量の変化



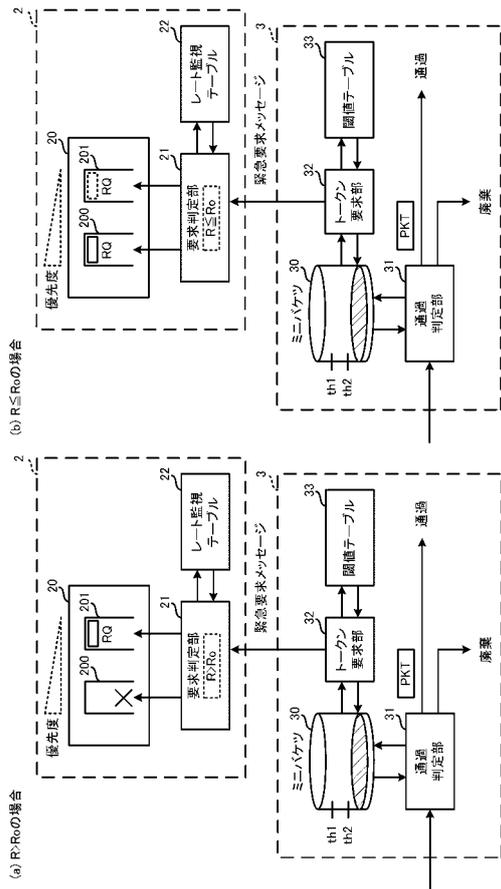
(b) レート監視テーブル

フローID	契約レート Ro(Mbps)	要求時刻 t1(sec)	入力レート R(Mbps)
#1	10	ta	9
#2	10	tb	5
#3	10	tc	20
...

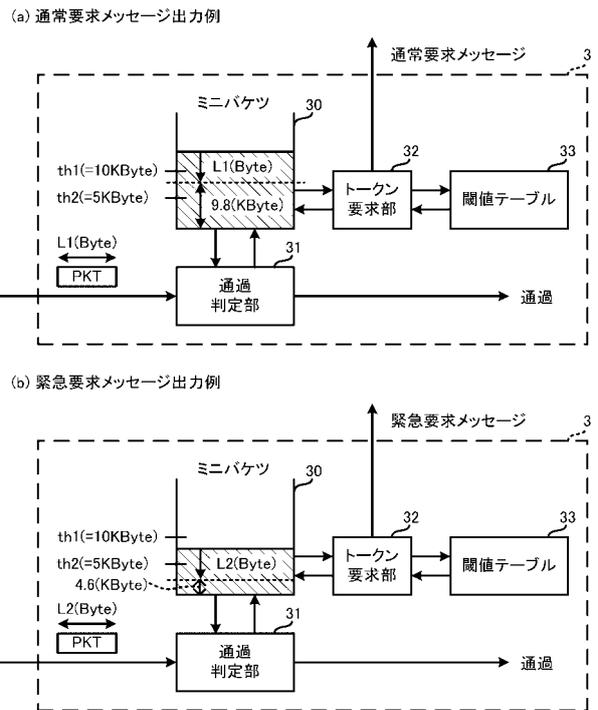
【 図 8 】



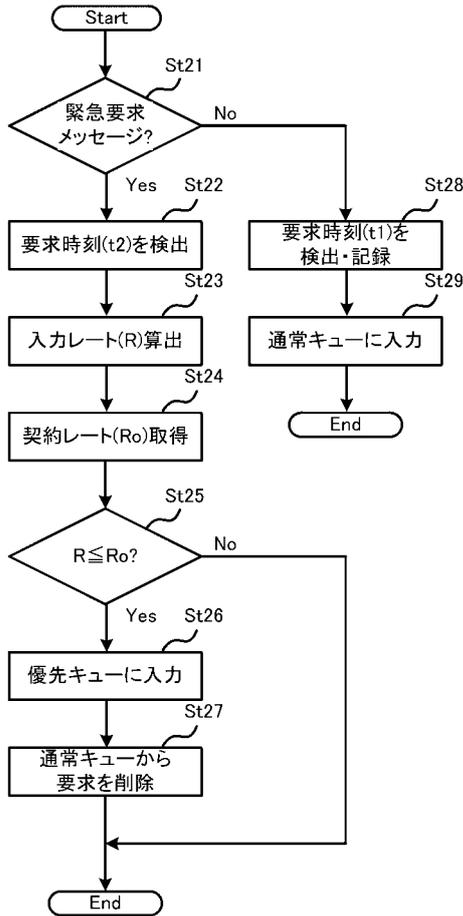
【 図 9 】



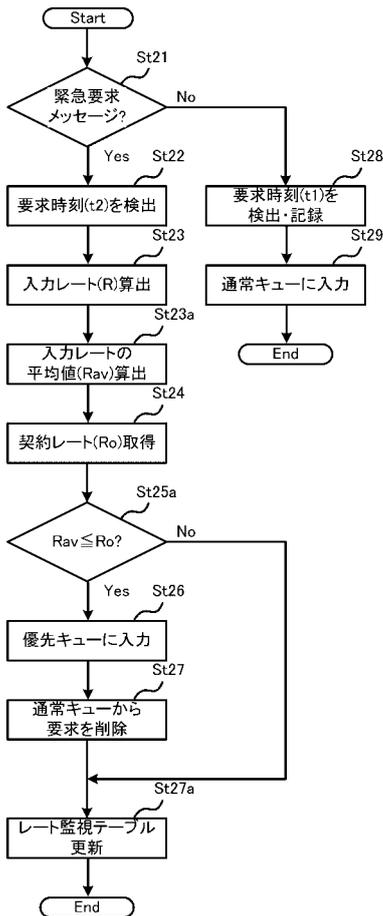
【 図 10 】



【図11】



【図13】



【図12】

(a) 更新前

フローID	契約レート Ro(Mbps)	要求時刻 t1(sec)	入力レート(Mbps)			
			R1	R2	R3	R4
#1	10	ta	6	20	15	10
...

(b) 更新後

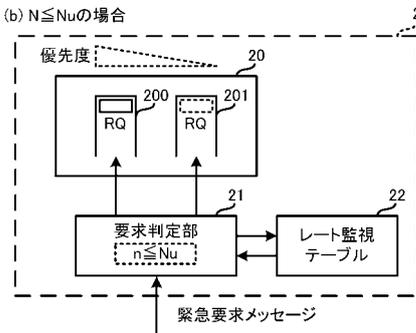
フローID	契約レート Ro(Mbps)	要求時刻 t1(sec)	入力レート(Mbps)			
			R1	R2	R3	R4
#1	10	ta	4	6	20	15
...

【図14】

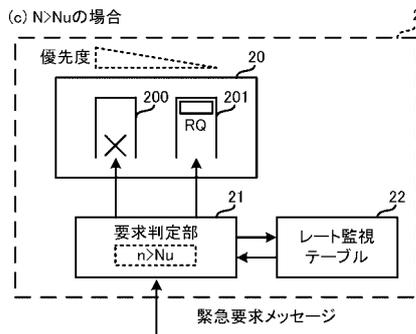
(a) レート監視テーブル

フローID	廃棄上限 回数Nu	PKT廃棄有無				廃棄 回数n
		期間#1	期間#2	期間#3	期間#4	
#1	3	有	無	有	無	2
...

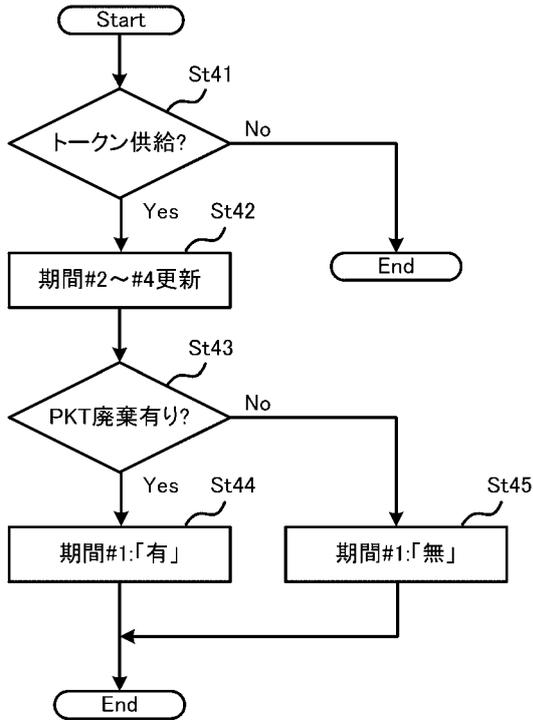
(b) N ≤ Nuの場合



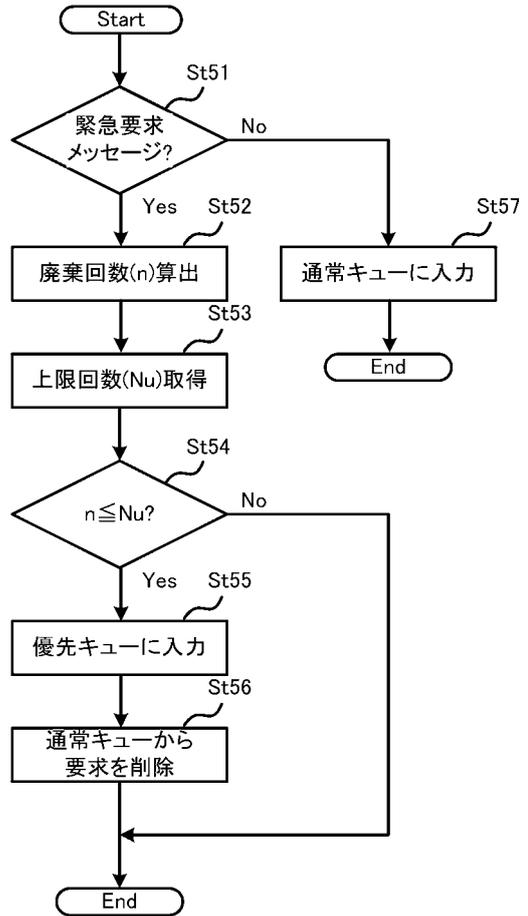
(c) N > Nuの場合



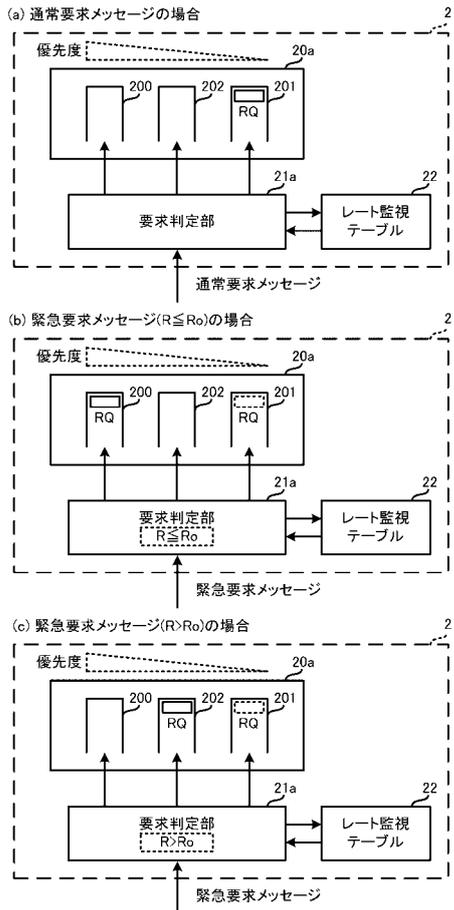
【図15】



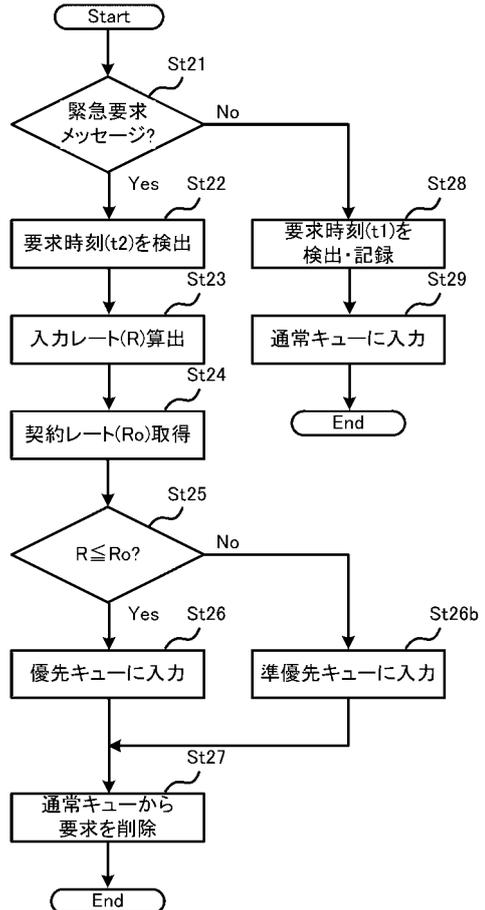
【図16】



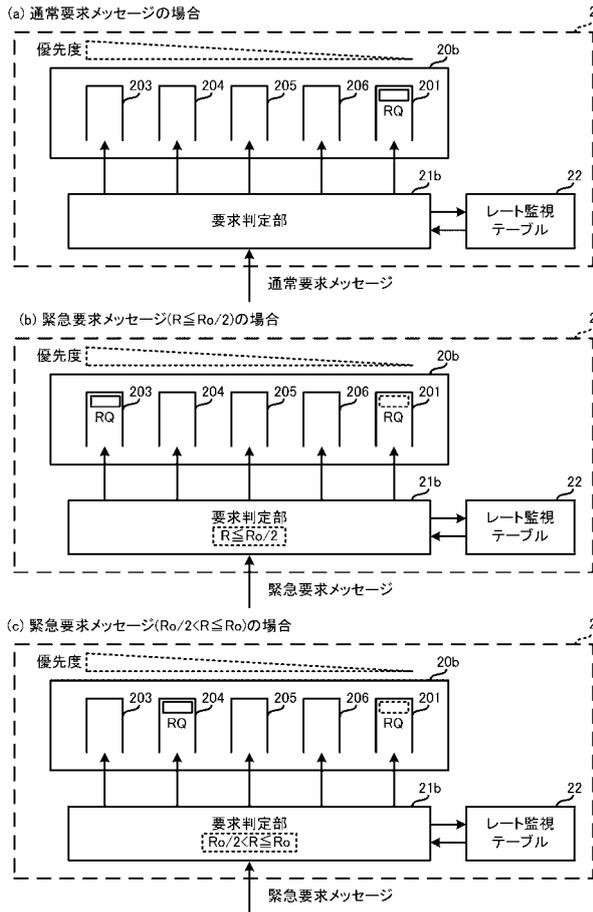
【図17】



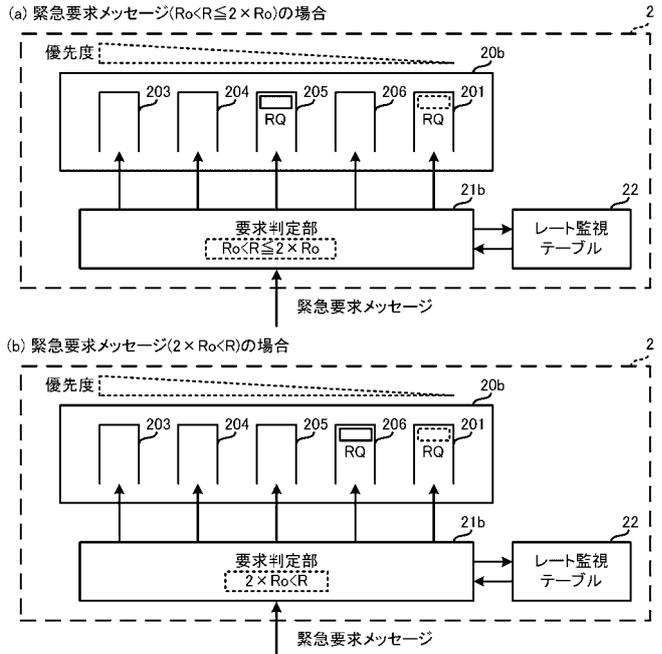
【図18】



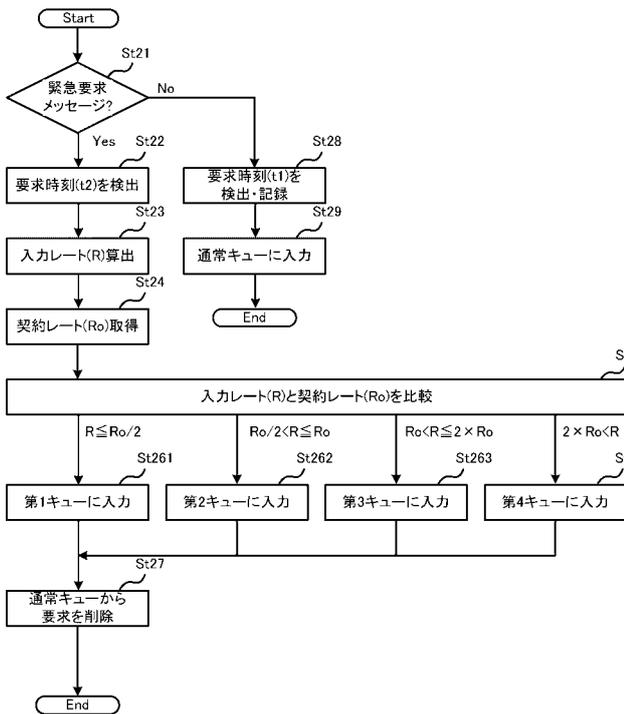
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

