

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3698946号

(P3698946)

(45) 発行日 平成17年9月21日(2005.9.21)

(24) 登録日 平成17年7月15日(2005.7.15)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 4 L 12/28

H O 4 L 12/28 3 O O D

H O 4 B 7/212

H O 4 B 7/15 C

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2000-51412 (P2000-51412)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22) 出願日	平成12年2月28日(2000.2.28)	(74) 代理人	100066474 弁理士 田澤 博昭
(65) 公開番号	特開2001-244939 (P2001-244939A)	(74) 代理人	100088605 弁理士 加藤 公延
(43) 公開日	平成13年9月7日(2001.9.7)	(72) 発明者	官崎 拓也 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	平成16年10月7日(2004.10.7)	(72) 発明者	川端 孝史 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
		審査官	矢頭 尚之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線ランダムアクセス制御方式

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1つの基地局が担当する通信アクセスゾーンを複数のセクタに分割して、各セクタに属する1または複数の加入者局と基地局との間の通信をセクタを単位として実施する無線ランダムアクセス制御方式において、

回線を運用する範囲として想定される負荷の範囲を、 G を負荷、 S_u をスロット使用率、加入者数 N をとした場合における

$$S_u = 1 - e^{-G}$$

の式で算出したスロット使用率の範囲に変換して、基地局において測定されたスロット使用率と上記の式により算出したスロット使用率の範囲とを比較することに基づいて通信トラフィック量の制御を実施することを特徴とする無線ランダムアクセス制御方式。

10

【請求項2】

スロットアロハ方式において用いられるランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを再送するまでの待機時間を制御することを特徴とする請求項1記載の無線ランダムアクセス制御方式。

【請求項3】

スロットアロハ方式において用いられるランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを初めて送信する際の待機時間を制御することを特徴とする請求

20

項 1 記載の無線ランダムアクセス制御方式。

【請求項 4】

セクタ毎のランダムアクセス成功通知者数を制限することを特徴とする請求項 1 記載の無線ランダムアクセス制御方式。

【請求項 5】

ランダムアクセスの負荷に応じて、セクタ毎にランダムアクセス用スロット数を増加させることを特徴とする請求項 1 記載の無線ランダムアクセス制御方式。

【請求項 6】

データパケットを送信するための予約送信用 T D M A スロットに対しての予約を要求する予約パケットをランダムアクセスにより送信するランダムアクセス・スロット予約複合方式を用いる際に、予約送信用 T D M A スロットから成る T D M A 回線のトラフィックの混雑状況に応じて、ランダムアクセス用スロットを増加させる処理と送信までの待機時間を増加させる処理のいずれかを選択することを特徴とする請求項 1 記載の無線ランダムアクセス制御方式。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、1つの基地局と複数の加入者局との間で通信を行うポイント - マルチポイント型無線アクセスシステムにおいて、加入者局から基地局へランダムアクセス方式で送信した際のトラフィック制御を実施するための無線ランダムアクセス制御方式に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】

図 1 4 は、1つの基地局と複数の加入者局との間で通信を行う従来のポイント - マルチポイント型無線アクセスシステムの一例を示す図である。図において、101 は基地局、102₁、102₂、102₃、...、102_n は加入者局である。基地局 101 とそれぞれの加入者局 102 との間では、1つの無線回線を用いて時分割多元接続方式で通信が行われている。

【0003】

上記のようなポイント - マルチポイント型無線アクセスシステムにおいて、通常採用されているアクセス方式としては、スロットアロカ方式が挙げられる。スロットアロカ方式では、回線を時分割した単位であるタイムスロット（以下、単にスロットと称する）に対して、すべての加入者局がランダムにアクセスして、パケットデータ（以下、単にパケットと称する）を送信する。同一スロット上に送信されたパケット同士が衝突した場合には、衝突したパケットの再送が必要となる。すなわち、スロットアロカ方式によるランダムアクセスにおいて基地局がパケットを受信するのは1つのスロットにつき1加入者のみである。したがって、ある加入者局からの送信が他の加入者局からの送信と重なった場合には、送信された両方のパケットが無効となる。

30

【0004】

スロットアロカ方式の特性を表すパラメータとして、負荷 G およびスループット S が挙げられる。負荷 G はランダムアクセス用の全スロットに対する加入者からの呼数の割合として定義され、スループット S はランダムアクセス用の全スロットに対する衝突せずに通過した呼数の割合として定義される。スロットアロカ方式の場合、

$$S = G \cdot e^{-G} \quad (1)$$

40

の関係が成立する。図 1 5 は、スロットアロカ方式における負荷 G とスループット S との関係を示すグラフである。当該グラフに示されるように、回線状態を良好に保つためには、負荷が増加した場合にスループットが増加する範囲で回線を運用する必要がある。すなわち、グラフの左斜面の範囲における負荷とスループットとの間の特性に基づいて回線を運用する必要がある。

【0005】

50

ポイント - マルチポイント型無線アクセスシステムにおいて、スロットアロハ方式によるランダムアクセスを実施する場合に、基地局側から直接測定できる測定量はスループットのみである。しかし、図15に示されたグラフからも分かるように、1つのスループット値に対する負荷値は2つ存在するために、トラフィック量の推定が不正確になる可能性がある。したがって、スループット測定のみではなく加入者局から基地局へのトラフィック量推定の指標となる他の量を測定する必要がある。以下に、従来技術で用いられた他の指標の測定について説明する。

【0006】

図16は、例えば特開平6 - 252917号公報に記載された通信システムにおけるスロットアロハ方式を示す図である。この例では、トラフィック監視部が、直前の2フレームで受信したデータパケットの数と、当該データパケットに付加されていた送信試行回数との総和によってトラフィック量の増減を判断する。例えば、直前の2フレームで受信したデータパケットの数が1以上、かつ送信試行回数の平均値が0.5以上ならトラフィックレベル1、それ以外ならトラフィックレベル0とする。中心局は、1フレーム分のデータパケットを受信し終わると、受信確認信号とともにその時点でのトラフィックレベルをトラフィック情報として全周辺局に同報する。一方、各周辺局では、パケットの送出後、中心局からの受信確認がなければ送信データは衝突によって無効にされたものとして、そのデータパケットの再送を実施する。再送する際には乱数を発生して、その乱数分だけスロット間隔においてパケットを送信する。この例では、トラフィックレベルが1なら乱数は0~3とし、トラフィックレベルが0なら乱数は0~1としている。トラフィックレベルが上がるのに応じて、再送時のスロット間隔を広げることでその時点近傍でのトラフィック量を軽減して衝突の増加を回避する。また、さらにトラフィック量が増加してトラフィックレベルが上がった場合には、各周辺局からのパケットの送信を一時的に停止することもできる。

【0007】

また、例えば特開昭64 - 55937号公報に記載された通信システムにおけるスロットアロハ方式によれば、ランダムアクセスに用いられるスロットについて衝突が発生したスロットと正常受信したスロットとの和を算出して、この値を基にして加入者からのトラフィック量を推定する。

【0008】

また、例えば特開平7 - 202896号公報に記載された通信システムにおけるスロットアロハ方式によれば、加入者局がパケットを再送するときはその再送回数があるしきい値以上(N_T)である場合には、送信電力を上げてその再送パケットを送信する。また、送信電力増大後に、受信確認がとれていない回数を保持するカウンタを持ち、その値があるしきい値(N_R)を超えた場合にはチャネルが輻輳状態にあるとみなして、その時点から後の加入者局からの送信要求の全てをバッファリングして加入者局から送信されるパケットを制限し、カウンタ値があるしきい値以下になったらバッファリングを解除して通常の送信手順に従って送信を実施する。この際、送信されるパケットについて基地局は信号強度の大きい再送パケットを優先的に受信する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

従来のポイント - マルチポイント型無線アクセスシステムは以上のように構成されているので、再送試行回数を基にしてトラフィック量を判定するトラフィック量推定方式を採用した場合には、それぞれの加入者局からの呼がランダムアクセスに1回または複数回失敗した後に再送に成功した時点において初めて送信トラフィックの混雑状況を検知することが可能となるから、突発的に初回の送信において既に送信トラフィックが混雑しているような場合には再送の成功までトラフィック制御を実施することができず、トラフィックの混雑に対して迅速に対応する制御を実施することができないという課題があった。

【0010】

また、衝突したスロットと正常に受信されたスロットとの和を所定のしきい値と比較する

10

20

30

40

50

ことでトラフィック量を判定するトラフィック量推定方式を採用した場合には、トラフィック制御のため、または無線リソース節約のためにランダムアクセス用のスロット数を増減させる等の環境変化が生じた場合には、当該環境変化に応じてしきい値等のパラメータを変更する等のシステム修正作業を必要とするので、通信環境の変化に対して柔軟性に欠けるという課題があった。

【0011】

さらに、従来のシステムでは、ランダムアクセス用スロットを増加させることができないので、トラフィック量を制御するためには再送間隔を増加させる方式をとることができるのみであるから、トラフィック制御の柔軟性に欠けるという課題があった。

【0012】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、トラフィック量の推定を再送回数ではなく負荷を基準にして実施することで、突発的に初回の送信トラフィックが増加したような場合においても迅速な対応ができる無線ランダムアクセス制御方式を得ることを目的とする。

【0013】

また、この発明は、負荷を基準とするとともに、TCP/IPの性質を利用して、トラフィックが混雑している場合に加入者端末におけるパケット生成段階から制御を実施することで、より効率の高い回線制御を実施することができる無線ランダムアクセス制御方式を得ることを目的とする。

【0014】

また、この発明は、ランダムアクセス回線において、ランダムアクセス用スロット数が増減する等の通信環境の変化が生じて、システムの大幅な修正等を実施する必要のない柔軟性を有する無線ランダムアクセス制御方式を得ることを目的とする。

【0015】

また、この発明は、再送間隔を増加させる制御とランダムアクセス用スロット数を増加させる制御とを回線状況に応じて使い分けることで、柔軟なトラフィック制御を実現することができる無線ランダムアクセス制御方式を得ることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、回線を運用する範囲として想定される負荷の範囲を、 G を負荷、 S_u をスロット使用率、加入者数 N を とした場合における

$$S_u = 1 - e^{-G}$$

の式で算出したスロット使用率の範囲に変換して、基地局において測定されたスロット使用率と上記の式により算出したスロット使用率の範囲とを比較することに基づいて通信トラフィック量の制御を実施するようにしたものである。

【0017】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、ランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを再送するまでの待機時間を制御するようにしたものである。

【0018】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、ランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを初めて送信する際の待機時間を制御するようにしたものである。

【0019】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、セクタ毎のランダムアクセス成功通知者数を制限するようにしたものである。

【0020】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、ランダムアクセスの負荷に応じて、セ

10

20

30

40

50

クタ毎にランダムアクセス用スロット数を増加させるようにしたものである。

【0021】

この発明に係る無線ランダムアクセス制御方式は、データパケットを送信するための予約送信用TDMASロットに対しての予約を要求する予約パケットをランダムアクセスにより送信するランダムアクセス・スロット予約複合方式を用いる際に、予約送信用TDMASロットから成るTDMA回線のトラフィックの混雑状況に応じて、ランダムアクセス用スロットを増加させる処理と送信までの待機時間を増加させる処理のいずれかを選択するようにしたものである。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1.

図1は、この発明によるポイント-マルチポイント型無線アクセスシステムとして用いられるシステムの例を示す図である。この図に示された無線アクセスシステムでは、干渉波防護および送信電力の軽減を目的として、アクセスゾーンを1つの基地局を中心とした複数の扇形状のセクタと称される部分ゾーンに分割して、それぞれの加入者局がいずれかのセクタに属するように構成している。図において、 $1_1, 1_2, \dots, 1_n$ はセクタ1に属する加入者局、 $2_1, \dots, 2_m$ はセクタ2に属する加入者局、 $3_1, \dots, 3_n$ はセクタ3に属する加入者局、4は基地局である。図1に示される無線アクセスシステムでは、アクセスゾーンが120度ずつの3個のセクタに分割されている。このポイント-マルチポイント型無線アクセスシステムは、図14に示された通信システムと同様に1つの基地局と複数の加入者局とから構成されてはいるが、図1に示される通信システムは、基地局4が指向性の高いアンテナを用いて一度に1つのセクタに属する加入者局と通信を実施する点で差異を有する。

【0023】

基地局から加入者局に向けては、TDM(Time Division Multiplexer)を用いて通信を行う。また、加入者局から基地局に向けてはTDMA(Time Division Multiple Access)方式で通信を実施する。ただし、以下の通信方式についての説明により明らかにされるように、TDMAスロットを使用してデータパケットを送信できる加入者局は、スロットアロカ方式によるランダムアクセスで予約パケットを送信して使用権の獲得に成功した加入者局に限定される。なお、予約パケットとは、後述するランダムアクセス・スロット予約複合方式を用いた際にデータパケットを送信するための予約送信用TDMASロットの予約を要求するためのパケットを示すものである。

【0024】

また、この発明による無線ランダムアクセスシステムで使用されるランダムアクセス方式としては、スロットアロカ方式を改良したランダムアクセス・スロット予約複合方式が採用される。このランダムアクセス・スロット予約複合方式について簡単に説明すると、加入者局において送信データが発生した時点でスロットアロカ方式を用いてランダムアクセス用スロット内に予約パケットを送信し、予約パケットの受信が成功して(予約パケットが通過して)基地局からのTDMAスロットの割り当てについて通知を受けた後に、割り当てられた予約送信用TDMAスロットを用いてデータパケットを送信する。

【0025】

次に、このランダムアクセス・スロット予約複合方式で使用されるフレーム構成について説明する。基地局4と加入者局1, 2, 3との間の送受信信号は、1フレームと呼ばれる所定時間を周期とする情報単位毎に制御される。図2は、この発明による通信システムで用いられるランダムアクセス・スロット予約複合方式で使用されるフレームの構成を示す図である。既に述べたように、本発明ではTDMA方式が採用されている。これは、1フレームを時間分割されたスロットと称される単位に分割して、データパケットをこのスロット毎に収容して送信する方式である。なお、スロット長はすべて同一であり、基地局と加入者局との間で同期がとれているものとする。そして、スロットは以下に説明するよう

10

20

30

40

50

に、目的別にチャンネルを構成している。また、本願発明においては、上り回線および下り回線ともに同一周波数を用いるTDD(Time Division Duplex)方式を採用している。

【0026】

図2において、5は基地局が予約パケットを受信した加入者番号およびトラフィック情報等を放送モードで同報的に送信するための複数のスロットから構成される報知情報用チャンネルである。この報知情報用チャンネル5を用いて、ランダムアクセスに成功した加入者番号、TDMA回線の使用を許可した加入者番号、回線の混雑状況、および制御情報等を報知する。6はランダムアクセス用チャンネルである。このチャンネルを構成するスロットについては、上り回線を使用して加入者局から基地局に向けてスロットアロカ方式で送信が実施される。ランダムアクセス用チャンネル6は、1フレーム中にR1, R2, R3, ..., Rnのように複数のスロットを備えていて、加入者局は予約パケットを送信するスロットをランダムに選択する。また、ランダムアクセス用チャンネル6を用いて、予約パケットと同時にバッファ内の先頭パケットも同時に送信することが可能である。7は予約送信用TDMAチャンネルである。この予約送信用TDMAチャンネルも、1フレーム中にT1, T2, T3, ..., Tnのように複数のスロットを備えている。スロットアロカ方式のランダムアクセスにより予約パケットを送信して送信予約権を得た加入者に対してこの予約送信用TDMAスロットが適宜割り当てられて、加入者は割り当てられた予約送信用TDMAスロットを用いてデータパケットを送信する。また、8はTDM用チャンネルであり、下り回線を用いた基地局から加入者局へのデータ送信に使用される。なお、基地局は、どのスロットをどのセクタに向けるかを自由に設定できるものとする。

10

20

【0027】

次に、基地局および加入者局の構成について説明する。図3は、この発明によるポイント-マルチポイント型無線アクセスシステムにおける加入者局および基地局の構成を示す図である。図において10は基地局、11および12はそれぞれ基地局10を主に構成する制御装置およびバッファ、13は加入者局、14および15はそれぞれ加入者局13を主に構成する制御装置およびバッファ、16は基地局10と加入者局13との間の無線回線、17は基地局10に接続されるインターネット等の外部ネットワーク、18は加入者局13に接続される加入者端末である。

【0028】

次に、基地局と加入者局との間における送受信の動作を簡単に説明する。加入者端末18において発生した外部ネットワーク17向けのデータは、加入者局13に伝送された後に、制御装置14により1つの送信スロットに相当するパケット単位に分割されて、加入者局13内のバッファ15に一旦蓄積される。そして、送信トラフィックの混雑の程度に応じて所定数のフレームだけ待機して、1フレーム中に複数存在するランダムアクセス用スロットR1, R2, R3, ..., Rnの中から1スロットをランダムに選択して、無線回線16を用いてTDMAスロットを予約するための予約パケットの送信を実施する。基地局10は、ランダムアクセスに成功して正常に予約をすることができた加入者番号を集計するとともに当該集計に応じて加入者に対する予約送信用TDMAスロットの割り当てを実施し、予約者リストおよび予約送信用TDMAスロットの割り当て状況を各加入者局に対して放送モードで同報的に送信する。各加入者局13は、この報知情報を基にして、上り回線の予約送信用TDMAスロットT1, T2, T3, ..., Tnを用いてデータパケットの送信を実施する。

30

40

【0029】

次に、基地局と加入者局との間の送受信に関して、本願発明の特徴となる動作について詳細に説明する。これらの動作については、1)トラフィックの混雑の程度を検出する動作、2)トラフィックの混雑に対する制御動作、3)ランダムアクセス成功数を制限する動作、4)ランダムアクセス成功数を増加させる動作に分けてそれぞれ説明する。

1)トラフィックの混雑の程度を検出する動作

図4は、1フレームについてのランダムアクセスの一例を示す図である。図4において、S1~S8はランダムアクセス用スロット、C1~C7は加入者局である。図に示される

50

ように、C1～C7のすべての加入者局がランダムアクセスを実施して、使用されたスロットはS2, S3, S5, S8の4スロット、通過スロットはS3, S8の2スロットで、ランダムアクセスに成功した加入者局はC3, C7である。ここで、ランダムアクセスの成功および失敗にかかわらず、全ランダムアクセス用スロットに対する使用されたスロットの割合をスロット使用率と定義すると、負荷は7/8、スロット使用率は4/8、スループットは2/8と算出される。

【0030】

次に、実際の回線運用法について説明する。あらかじめ、設計段階等において加入者トラフィックの負荷の範囲をどの程度に設定するのかを決定する。基地局で直接測定できるのは、スロット使用率とスループットのみであるから、以下の式を用いて回線運用範囲として設定される負荷の範囲をスロット使用率の範囲に変更する。

【0031】

Nを加入者数、Gを負荷、Suをスロット使用率として、1スロット当たり1加入者が送信する確率をpとおくと、 $p = G / N$ となる。ここで、スロット使用率とは、全てのランダムアクセス用スロットのなかで少なくとも1局が送信を実施したスロットの割合のことであるので、次式のように表すことができる。

$$S_u = 1 - (1 - p)^N = 1 - (1 - G / N)^N \quad (2)$$

Nが十分に大きいときには、N とすれば、

$$S_u = 1 - e^{-G} \quad (3)$$

となる。

【0032】

図5は、上式により求められる負荷Gとスロット使用率Suとの間の関係を示すグラフである。スロット使用率Suは負荷Gの一価関数であるために、一対一の対応が可能となる。図6は、回線運用範囲として設定される負荷Gに対応するスロット使用率の範囲を示す図である。図に示されるように、例えば負荷Gの値が0.1から0.2になるように回線を運用することが意図される場合には、負荷の値の0.1および0.2に対応するスロット使用率の値をグラフから導いて、0.2の負荷値に対応するスロット使用率の値をスロット使用率の上限値として設定し、0.1の負荷値に対応するスロット使用率の値をスロット使用率の下限値として設定して、これらの上限値および下限値を指標としてトラフィックを制御する。

【0033】

基地局は、それぞれのランダムアクセス用スロットに対してキャリア検出すなわち電界強度の測定を実施して、これがしきい値以上のスロットを使用スロットと定義する。これをセクタ毎に、ある期間集計して、合計をランダムアクセス用スロット総数で除算することによって、セクタ毎のスロット使用率を算出する。

【0034】

図7は、セクタ毎のトラフィック量を推定して当該推定量に基づくトラフィック制御を実施するための方法を示すフローチャートである。このセクタ毎のトラフィック量推定に基づくトラフィック制御は、基地局制御部において所定の間隔毎に実施される。この方法においては、まずセクタ毎の使用スロットをスロット総数で除することでスロット使用率を計算する(ステップST1)。スロット使用率が算出されると、スロット使用率を上記で説明した回線運用範囲の指標となる上限値および下限値と比較する(ステップST2)。スロット使用率が上限値より大きな場合には、トラフィックレベルが1増分されて、同様にランダム間隔が1増分される(ステップST3)。また、スロット使用率が下限値より小さな場合には、トラフィックレベルが1減分されて、同様にランダム間隔が1減分される(ステップST4)。また、スロット使用率が上限値と下限値との間の値として得られる場合には、その時点でのランダム間隔をそのまま維持する。そして、変更されたランダム間隔または維持されたランダム間隔が、各加入者局に対して放送モードにより同報される(ステップST5)。なお、ランダム間隔とはパケットを再送する際の再送間隔を導く乱数の範囲を決定するパラメータであり、この場合にはセクタ毎に基地局から通知される

10

20

30

40

50

トラフィックレベルと同一にされる。

【0035】

式(3)にスロットアロカ方式についての関係式(1)を用いてGを消去すると、

$$\begin{aligned} S &= -\ln(1-S_u) * e^{\log(1-S_u)} \\ &= -(1-S_u) * \log(1-S_u) \end{aligned} \quad (4)$$

となる。図8は、式(4)から求められるスロット使用率 S_u とスループット S との間の関係を示すグラフである。

【0036】

式(4)を用いて、測定されたスロット使用率からスループットの理論値を求め、基地局で測定したスループットの測定値と比較して低下率を調べることにより、回線の混雑以外の要因でランダムアクセスに失敗する頻度に係る見積もりを行うことができる。すなわち、本来ならば通過するはずであった予約パケットが無線回線のエラー等の回線の混雑以外の要因で通過しなかった場合には、測定値が計算値よりも低くなるから、その低下率を調べることで回線の混雑以外の要因が予約パケットの通過すなわちランダムアクセスの成功に対して与える影響を推定することができる。

【0037】

「インターネット・アクセスネットワーク設計のためのWWWトラフィックの分析とモデル化：名部他、信学論、Vol. J80-B-I、No. 6、pp428-437」に記載されているように、多くのインターネットトラフィック(telnet、ftp、http)のコネクション発生間隔は、指数分布すなわちランダムであると考察されている。したがって、加入者局からのスロットアロカ方式による送信トラフィックの生起がランダムであるという仮定の下に、本願発明に上記の理論を適用することは妥当であると考察される。

【0038】

2) トラフィックの混雑に対する制御動作

この実施の形態においては、再送間隔はセクタ方式を取ることに基づいてセクタ分割数の倍数をとっている。また、再送間隔の上限値を次のように定義する。

$$n \text{ フレーム} * 2^{\text{ランダム間隔} - 1} \quad (5)$$

ここで、 n はセクタ数を示す。このように定義すると、ランダム間隔が1, 2, 3, ...と増加する際に、待機するフレームは $n, 2n, 4n, \dots$ と指数的に増加する。

【0039】

また、本願発明は、再送のみではなく、その時点におけるトラフィック量に応じて初回の送信においてもランダムに設定した時間間隔だけ待機させることを特徴とする。図9は、TDMAスロットに対する予約パケットの送信のタイミングの一例を示す図である。なお、この場合、セクタ数は3、ランダム間隔は2とする。この場合、式(5)より、乱数の上限値は6フレームとなる。すなわち、待機の上限値は6フレームである。

【0040】

具体的なパケット送信待機制御について説明すると、加入者端末からデータが発生する(ステップST11)と、従来技術では即座に予約パケットの送信を実施するが、本願発明においてはその時点におけるトラフィック量に対応するようにランダム間隔を式(5)に代入してこの値を上限値とする乱数から決定される数のフレームだけ待機する(ステップST12)。その後、1フレーム中のランダムアクセス用スロットから1つのスロットをランダムに選択して、このスロットを用いて基地局に対して予約パケットを送信する(ステップST13)。図9では、3フレーム待機した後に、フレーム f_4 において予約送信用TDMAスロットに対する予約パケットが送信される。

【0041】

図9中のフレーム f_4 の拡大図に示されるように、同一のランダムアクセス用スロットについて他の加入者局から予約パケット(図9において矢印Pで示す)が送信される場合には、予約パケットが通過できずにランダムアクセスは失敗となる。加入者局側からでは、

10

20

30

40

50

予約パケット通過の可否は判別出来ないから、次のフレーム f 5 で基地局側から報知チャネルを利用して通過した予約パケットに係る加入者を報知する（ステップ S T 1 4）。この際、リソース節約のために、通過した加入者局の加入者局番号のみを報知するようにすることも可能である。

【 0 0 4 2 】

基地局から報知される通過した予約パケットに係る加入者局リストに自局の加入者局番号がない場合には、加入者局はランダムアクセスが失敗したと判断して再送準備に移る。この際、予約パケットを送信する際に前回衝突したのと同じ加入者局と再衝突することを回避するために、初送の時と同じようにランダムな待機時間を決定してその分だけ待機する。図 9 では、フレーム f 1 1 まで 6 フレーム分待機した（ステップ S T 1 5）後に、再度予約パケットを送信する（ステップ S T 1 6）。この再度のランダムアクセスの結果、予約パケットが通過した場合には T D M A スロットに対する予約が行われる。図 9 では、フレーム f 1 2 において予約パケットが通過した加入者局番号が報知される（ステップ S T 1 7）。この報知信号により通知される予約送信用 T D M A スロットの割り当て状況に応じて、T D M A 送信処理を実施する（ステップ S T 1 8）。

10

【 0 0 4 3 】

また、初回のパケットを送信する際に、所定の時間間隔だけ待機して送信することで得られる利点について以下に説明する。図 1 0 は、加入者局が例えば W e b サーバ等の外部サーバにアクセスする手順について説明する図である。図 1 0 において、(a) は従来技術におけるアクセス手順を示し、(b) は本願発明に基づくアクセス手順を示すものである。本願発明によるアクセス手順は、初回のパケットの送信前においても所定の時間だけ待機している点で、従来技術のアクセス手順に対して差異を有している。

20

【 0 0 4 4 】

従来技術におけるアクセス手順では、加入者端末において新規のパケットデータが発生する（ステップ S T 2 1）と、ランダムアクセス回線を用いて予約パケットが送信される（ステップ S T 2 3）。予約パケットが通過すると、基地局はランダムアクセスの成功を報知するとともに（ステップ S T 2 4）、その後予約送信用 T D M A スロットの割り当て通知を送信する（ステップ S T 2 5）。加入者局は割り当てられた T D M A 回線でデータパケットの送信を実施して、基地局は当該データパケットを外部サーバに送信する（ステップ S T 2 6）。外部サーバは、送信されたデータを処理して加入者局側でデータが処理されたことを確認できるように A c k 信号を送信する（ステップ S T 2 7）。この A c k 信号が返ってくることで、加入者端末は正常な送信が実施されたことを確認して、次のパケット送信を準備する（ステップ S T 2 8）。

30

【 0 0 4 5 】

パケット発生（ステップ S T 2 1）から A c k 信号確認（ステップ S T 2 8）までに経過する時間は、概略的には、予約パケット通過（ランダムアクセス成功）までに経過する時間 t_1 （図 1 0 では、再送がないためにこの時間は短くなっている）、予約送信用 T D M A スロットの割り当て処理に費やす時間 t_2 、データパケットが加入者局から無線基地局を通過して外部ネットワーク経由で外部サーバに到達するまでに経過する時間 t_3 、外部サーバ内での A c k 信号生成までの処理時間 t_4 、および外部サーバから逆のルートを通じて A c k 信号が加入者端末に戻るまでに経過する時間 t_5 の和として与えられる。この合計時間が長いほど、次のパケット発生にまでかかる時間が長くなる。

40

【 0 0 4 6 】

T C P / I P では、前パケットを送信した場合に、当該パケットに対する A c k 信号を受信しない限り、新パケットを送信しないように制御されることになっている。すなわち、新パケットの生起は、前パケット送信に対応する A c k 信号の受信がトリガとなっている。このために、新規パケットが加入者局に送られた際に即座に T D M A スロットに対する予約パケットを送信することなく待機する（ステップ S T 2 2）ことで、この待機時間の分だけ加入者端末における A c k 信号受信までの 1 つのパケット送信に係る全体的時間に遅れが生じる。この遅れに関しては、加入者端末からはネットワーク全体のどの部分で遅

50

延が生起しているのか判断ができないから、単に自らが送信したパケットに対する Ack 信号が返る時間が長くなる現象として観測される。Ack 信号が受信されるまでは次のデータパケットは発生しないから、加入者端末におけるデータパケットの生成は制限される。このように、送信トラフィックの混雑に応じて加入者局で初送パケットを待機させることで、加入者端末におけるパケット生成間隔を直接制限してトラフィック制御を実施することができる。

【0047】

3) ランダムアクセス成功数を制限する動作

図11は、ランダムアクセス成功数を制限する方法の一例を示す図である。この方法においては、スループットに与える影響が少ない範囲で、1フレーム当たりのランダムアクセス成功通知者数を制限することにより、ランダムアクセス成功数を制限する。

10

【0048】

図11において、従来方式によればランダムアクセスに成功した加入者局は、ランダムアクセス用スロット S1, S2, S3, S6, S8へ予約パケットを送信した5つの加入者局となる。本願発明により、例えばランダムアクセス成功数(予約パケット通過数)を全ランダムアクセススロットの半数に制限した場合には、スロットアロカ方式によるランダムアクセスに成功した加入者局として報知を受けられるのは、番号の若い順から S1, S2, S3, S6の各スロットを使用した加入者局に制限される。すなわち、加入者局 C7は、ランダムアクセスに成功したにもかかわらずランダムアクセス成功者として報知されることはない。

20

【0049】

ランダムアクセスに成功する1フレーム当たりの平均加入者局数は、スループットが最高値のときでもスロット当たり約0.37局と低いので、ランダムアクセス用スロットと同数の加入者局がランダムアクセスに成功することはまれである。図12は、ランダムアクセス成功者を制限した場合および制限しない場合における負荷とスループットとの関係を示すグラフである。この図12に示されたグラフにより、ランダムアクセス用スロットを8スロットにするとともにランダムアクセスの成功を通知する最大値を全スロット数の50%(すなわち4加入者局)に制限した場合のスループットの理論値が示される。なお、この理論値の計算については後述する。グラフに示されるように、ランダムアクセス成功通知者を制限しても、スループットにはさほど大きな影響が出ないことが分かる。

30

【0050】

なお、基地局内で一度に処理できるスロットアロカ方式による予約パケット通過加入者局数すなわち全ランダムアクセス成功数に制限がある場合には、上記のようにセクタ毎におけるランダムアクセス成功通知者数を制限するようにすれば、基地局についての全ランダムアクセス成功数を制限することができるとともに、さらに各セクタ毎のランダムアクセス成功通知者数の最大値を適切に設定すれば、スループットに大きな影響を与えることなく、基地局に対する全トラフィックを適切に制御することができる。

【0051】

4) ランダムアクセス成功数を増加させる動作

図13は、任意のセクタが高負荷の際にセクタ毎のランダムアクセス用スロットを増加する制御を行う方法を示す概念図である。また、この方法においては、増加されたスロット数に応じたランダムアクセス成功通知者数が計算式より求められる。図13において、S9~S12が追加されたスロットである。

40

【0052】

ランダムアクセス用スロット数を増加した場合に、予約パケット通過数を再計算して損失が適切な値となるように設定する。本来のスループットをS、ランダムアクセス用スロット数をN、ランダムアクセス成功通知者数をTとおけば、ランダムアクセス成功通知者数をTに制限した場合のスループット S_T は、Sを用いて次式のように表される。

【0053】

【数1】

50

$$S_T = \left(\sum_{n=0}^T n \cdot {}_N C_n \cdot S^n (1-S)^{N-n} + \sum_{n=T+1}^N T \cdot {}_N C_n \cdot S^n (1-S)^{N-n} \right) / N \quad (6)$$

【0054】

式(6)に基づいて、 $S = G e^{-G}$ 、 $N = 8$ 、 $T = 4$ として求めたスループットが図12の通過制限50%のグラフとして示されている。なお、 T を決定する際には、通過制限すなわちランダムアクセス成功通知者数の制限を実施しなかった場合の本来のスループット S からの低下率である $(S - S_T) / S$ を計算して、この値があまり低くならないように T の値を選定する。

10

【0055】

ところで、トラフィックの混雑を緩和するためには、ランダムアクセス用のスロットを増加する制御、または再送期間を延長するためにランダム間隔を増加する制御を実施することが考えられる。いずれの制御を実施するかについては、TDM A回線における予約送信用TDM Aスロットの予約状況に応じて決定される。このようなTDM A回線の予約状況は、例えばTDM A回線のスロット使用率等から判断することが可能である。具体的には、ランダムアクセス用スロット数を増加させると予約送信用TDM Aスロットの予約数が増加し、ランダム間隔を増加させると予約送信用TDM Aスロットの予約数が減少することを考慮して決定する。

20

【0056】

この実施の形態1による無線ランダムアクセス制御方式は上記のような特徴を有するので、以下に示すような効果を奏する。なお、この効果については、説明を明確にするために本願発明の特徴として上記のように分類した4つの動作毎にその効果について記載するものとする。

【0057】

1) トラフィックの混雑程度を検出する動作に係る効果

トラフィック量の推定および制御をセクタ毎の加入者トラフィックについて実施するようになったので、任意の加入者局に係る加入者トラフィックが不均一な場合でも、セクタ毎に算出されるスロット使用率に基づいてセクタを単位にトラフィックの制御を実施することでトラフィックの急激な変動を抑制して、トラフィックの適切な制御を実施することができるという効果を奏する。

30

【0058】

また、想定される運用範囲に係る負荷の範囲をスロット使用率の範囲に変換して、基地局で測定されたスロット使用率を基準にしてトラフィックの推定を実施するようにしているので、実質的には負荷に基づくトラフィック制御を実施できるから、再送比率に基づく制御よりもパースト的なトラフィックに対して迅速に対応することができるという効果を奏する。さらに、負荷とスロット使用率との関係は理論的に算出されるから、ランダムアクセススロット数が増減する等の通信環境に変化が生じた場合に、当該通信環境の変化に対応するような回線運用に係る負荷範囲に対して容易にスロット使用率の範囲を求めることができるから、再送比率からトラフィックの混雑の程度を推定する方式等と比較すると、通信環境の変化に柔軟に対応できて高い汎用性を有するシステムを得ることができるという効果を奏する。

40

【0059】

2) トラフィックの混雑に対する制御動作に係る効果

初回からTDM Aスロットに対する予約パケットの送信を待機することで、トラフィックの混雑に応じてランダム間隔を増加させるようにしたので、トラフィックが混雑して回線特性が予約パケットの初送の際に既に図15に示されるグラフの右側斜面にあるよう

50

な場合でも、ランダム間隔を増加させて図15に示されるグラフの左側斜面の動作特性上で回線を運用することができ、ランダムアクセスに係るトラフィックを適切に制御することができるという効果を奏する。

【0060】

また、外部サーバにより加入者端末から送信されたパケットが到達したことの確認を示すAck信号を加入者端末が受信するまでの1つのパケット送信に係る全体的時間を初回のパケット送信の待機時間だけ延ばすことができるので、加入者端末で発生したデータパケットを加入者局でバッファリングする制御方式と比較して、加入者局の負担を少なくすることができるという効果を奏する。これは、加入者局1局に対して加入者端末を多数台接続した場合等に、加入者局におけるバッファ溢れを防止するのに効果的である。さらに、ランダムアクセス回線が混雑してランダムアクセスに失敗することが確実な状況においては、初回の送信からランダム間隔を増加させて予約パケットを送信する回数を減少させられるから、例えば移動体通信端末を使用している場合等には電力を節減することができるという効果を奏する。

10

【0061】

3)ランダムアクセス成功数を制限する動作に係る効果

セクタ毎のランダムアクセス成功通知者を制限するようにしたので、ランダムアクセス成功通知者数を適宜設定すればトラフィックに大きな影響を及ぼすことなく、回線内の報知チャンネルにおいてランダムアクセス成功に係る加入者番号を通知する部分があらかじめ専有される場合等に当該専有量を小さくすることができて、無線リソースの有効活用を実現できるという効果を奏する。

20

【0062】

4)ランダムアクセス成功数を増加させる動作に係る効果

任意のセクタが高負荷の際に当該セクタに係るランダムアクセス用スロットを増加させるように制御するので、予約パケット送信時に選択できるランダムアクセス用スロットが増加するから、追加したスロットに予約パケットが送信されてトラフィックが分散すると、加入者局同士の重なりが減少する分だけスループットが上昇するから、再送される予約パケット量を減少させてトラフィック量の効率的な制御を可能にするという効果を奏する。

【0063】

また、ランダムアクセス用スロット数を動的に変化させた場合には、スロット使用数とトラフィックとの関係が変化してしまうが、スロット使用率を基準にしてトラフィックが予測されるから、スロット使用率についての運用想定範囲に係るしきい値を変更する必要がないから、通信環境の動的変化に対して柔軟性のあるシステムを得ることができるという効果を奏する。

30

【0064】

また、ランダムアクセス・スロット予約複合方式を用いる際に、TDM A回線のトラフィック混雑状況に応じてランダムアクセス用スロットを増加させる処理とランダム間隔を増加させる処理のいずれかを選択できるようにしたので、予約送信用TDM Aスロットの予約数を増加させることも減少させることもできるから、上りTDM Aチャンネルのトラフィック量を最適な状態に保持できるという効果を奏する。

40

【0065】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、回線を運用する範囲として想定される負荷の範囲を、 G を負荷、 Su をスロット使用率、加入者数 N をとした場合における

$$Su = 1 - e^{-G}$$

の式で算出したスロット使用率の範囲に変換して、基地局において測定されたスロット使用率と上記の式により算出したスロット使用率の範囲とを比較することに基づいて通信トラフィック量の制御を実施するように構成したので、実質的には負荷に基づくトラフィック制御を実施することができるから、再送比率に基づく制御よりもバースト的なトラフィックに対して迅速に対応することができるという効果を奏する。また、負荷とスロット使

50

用率との関係は理論的に算出されるから、加入者数が変化した場合等の通信環境に変化が生じた場合に、当該通信環境の変化に対応するように設定される回線運用に係る負荷範囲に対して容易に対応するスロット使用率の範囲を求めることができるから、再送比率からトラフィックの混雑の程度を推定する方式等と比較すると、通信環境の変化に柔軟に対応できて高い汎用性を有するシステムを得ることができるという効果を奏する。

【0066】

この発明によれば、スロットアロカ方式において用いられるランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを再送するまでの待機時間を制御するように構成したので、セクタ内の個別の加入者のトラフィックが不均一な場合でも、セクタ毎に算出されるスロット使用率に基づいてセクタを単位にトラフィックの制御を実施することでトラフィックの急激な変動を抑制してトラフィックの適切な制御を実施することができるという効果を奏する。

10

【0067】

この発明によれば、スロットアロカ方式において用いられるランダムアクセス用のタイムスロットのキャリア検出をセクタ毎に実施してセクタ毎のスロット使用率を求め、当該セクタ毎のスロット使用率に基づいてパケットを初めて送信する際の待機時間を制御するように構成したので、セクタ毎に求められるスロット使用率に基づいて導かれるトラフィックの混雑に応じて待機時間を長くすることで送信トラフィックの混雑を緩和することができるから、突発的に初回の送信において既に送信トラフィックが混雑しているような場合でも、トラフィックの混雑に対する迅速な対応を可能にするという効果を奏する。また、初回の送信から送信を待機させることで、パケット生成から当該パケット到達の確認を示す確認信号の受信までの1つのパケット送信に係る全体的時間を初回のパケット送信の待機時間だけ延ばすことができるので、加入者端末で発生したデータパケットを加入者局でバッファリングする制御方式と比較すると、特に加入者局に多数の加入者端末が接続されている場合等においては加入者局の負担を少なくすることができるという効果を奏する。さらに、ランダムアクセス回線が混雑していてランダムアクセスに失敗することが確実な状況においては、初回の送信から待機時間を長くすることでパケット送信回数を減少させることができるから、例えば移動体通信端末を使用している場合等には電力を節減することができるという効果を奏する。

20

30

【0068】

この発明によれば、セクタ毎のランダムアクセス成功通知者数を制限するように構成したので、ランダムアクセス成功通知者数を適宜設定すればトラフィックに大きな影響を及ぼすことなく、回線内の報知チャネルにおいてランダムアクセス成功に係る加入者番号を通知する部分があらかじめ専有される場合等に当該専有量を小さくすることができて、無線リソースの有効活用を実現できるという効果を奏する。

【0069】

この発明によれば、ランダムアクセスの負荷に応じて、セクタ毎にランダムアクセス用スロット数を増加させるように構成したので、任意のセクタが高負荷の際に当該セクタに係るランダムアクセス用スロットを増加させるように制御するので、追加したスロットにパケットが送信されてランダムアクセスに係るトラフィックが分散すれば、パケットを送信する加入者局同士の重なりが減少する分だけスループットが上昇するから、再送されるパケット量を減少させてトラフィックの効率的な制御を可能にするという効果を奏する。また、ランダムアクセス用スロット数を動的に変化させた場合には、スロット使用数ではなくスロット使用率に基づいてトラフィックの予測及び制御が実施されるから、運用想定範囲に係るしきい値を変更する必要がないから、通信環境の動的変化に対して柔軟性のあるシステムを得ることができるという効果を奏する。

40

【0070】

この発明によれば、データパケットを送信するための予約送信用TDMAスロットに対しての予約を要求する予約パケットをランダムアクセスにより送信するランダムアクセス・

50

スロット予約複合方式を用いる際に、予約送信用TDMASロットから成るTDMA回線のトラフィックの混雑状況に応じて、ランダムアクセス用スロットを増加させる処理と送信までの待機時間を増加させる処理のいずれかを選択するように構成したので、予約送信用TDMASロットの予約数を増加させることも減少させることもできるから、TDMA回線のトラフィック量を最適な状態に保持できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による無線ランダムアクセス制御方式が採用されるポイント-マルチポイント型無線アクセスシステムの一例を示す図である。

【図2】 この発明による無線ランダムアクセス制御方式の一例であるランダムアクセス・スロット予約複合方式で使用されるフレームの構成を示す図である。

【図3】 この発明による無線ランダムアクセス制御方式が採用される無線アクセスシステムにおける加入者局および基地局の構成を示す図である。

【図4】 1フレームについてのランダムアクセスの一例を示す図である。

【図5】 スロットアロハ方式における負荷とスロット使用率との関係を示すグラフである。

【図6】 回線運用範囲として設定される負荷の範囲に対応するスロット使用率の範囲を示す図である。

【図7】 セクタ毎にトラフィック量を推定して当該推定量に基づくトラフィック制御を実施するための方法を示すフローチャートである。

【図8】 スロットアロハ方式におけるスロット使用率とスループットとの関係を示す図である。

【図9】 予約送信用TDMASロットに対する予約パケットの送信のタイミングの一例を示す図である。

【図10】 加入者局が外部サーバにアクセスする手順について説明する図である。

【図11】 ランダムアクセス成功数を制限する方式の1つの具体例を示す概略図である。

【図12】 ランダムアクセス成功数を制限した場合および制限しない場合における負荷とスループットとの関係を示すグラフである。

【図13】 セクタ毎のランダムアクセス用スロットを増加させる方式の1つの具体例を示す概略図である。

【図14】 従来のポイント-マルチポイント型無線アクセスシステムの一例を示す図である。

【図15】 スロットアロハ方式における負荷とスループットとの関係を示す図である。

【図16】 従来の通信システムにおけるスロットアロハ方式を示す図である。

【符号の説明】

1, 2, 3 加入者局、4 基地局、5 報知情報用チャネル、6 ランダムアクセス用チャネル、7 予約送信用TDMASロット、8 TDM用チャネル、10 基地局、11, 14 制御装置、12, 15 バッファ、13 加入者局、16 無線回線、17 外部ネットワーク、18 加入者端末。

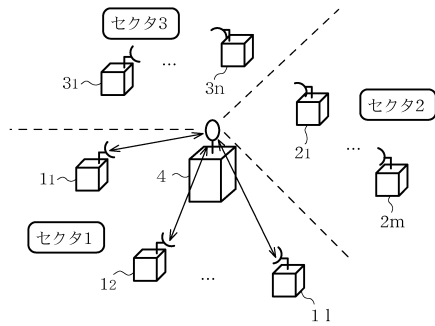
10

20

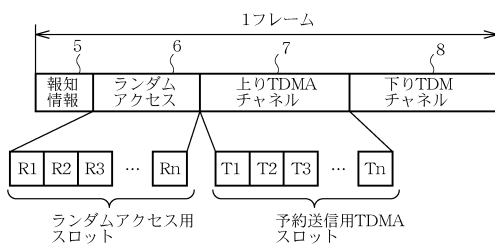
30

40

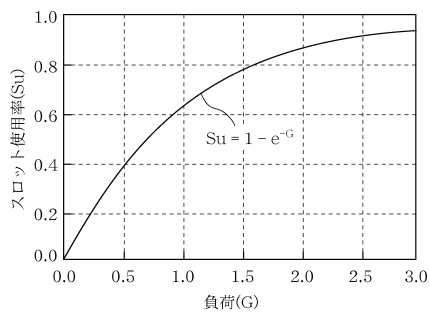
【図1】



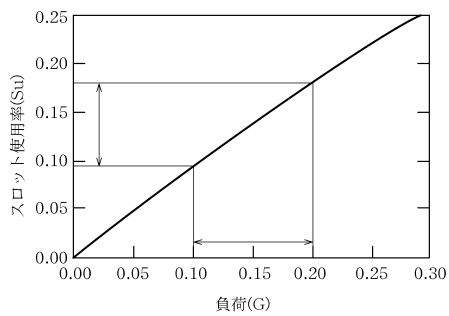
【図2】



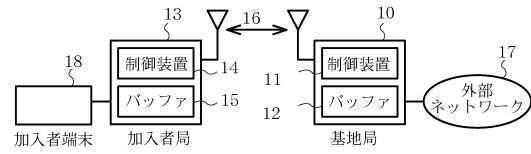
【図5】



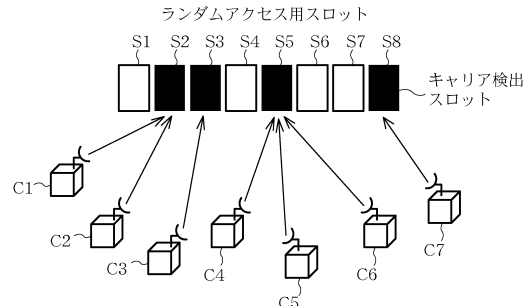
【図6】



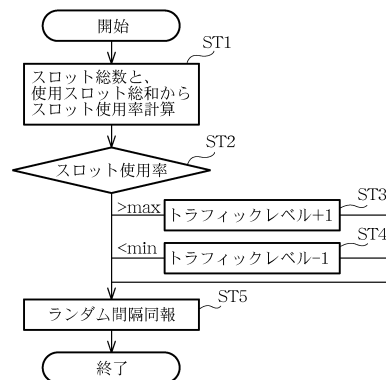
【図3】



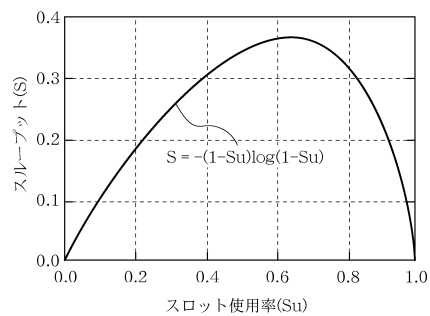
【図4】



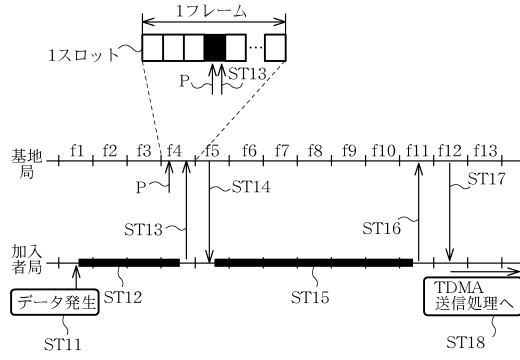
【図7】



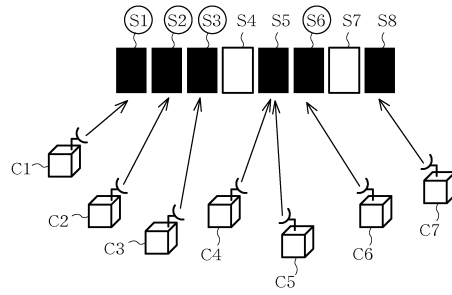
【図8】



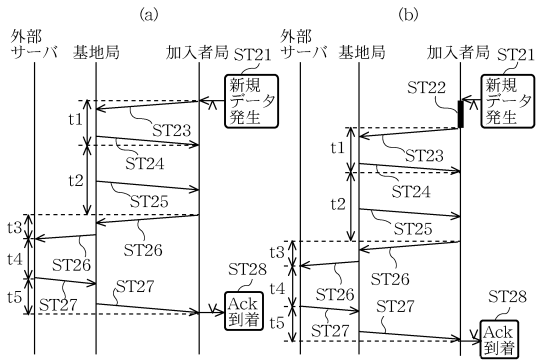
【図9】



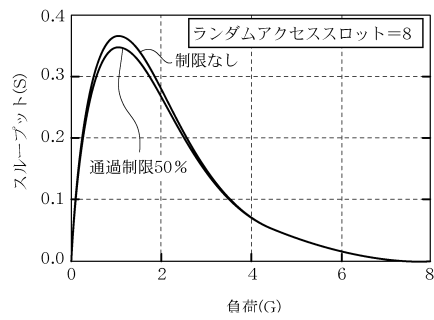
【図11】



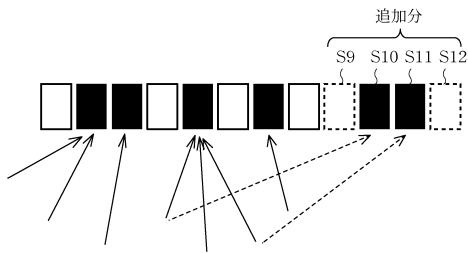
【図10】



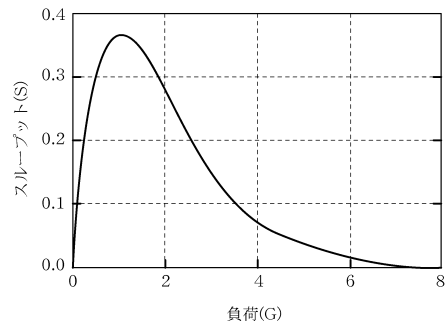
【図12】



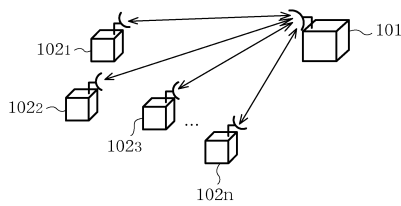
【図13】



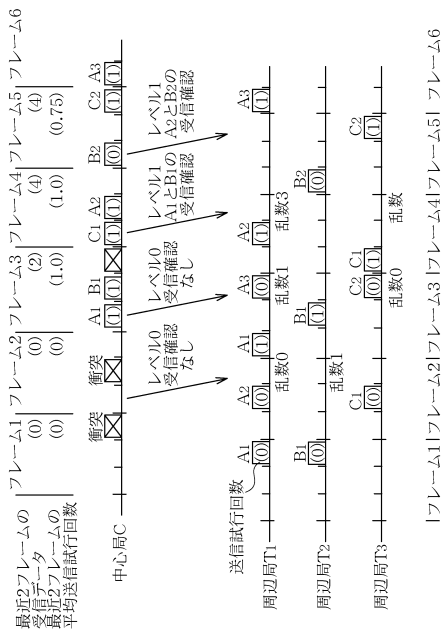
【図15】



【図14】



【 図 16 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-239152(JP,A)
特開平08-051446(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04L 12/28

H04B 7/212