

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6474136号
(P6474136)

(45) 発行日 平成31年2月27日(2019.2.27)

(24) 登録日 平成31年2月8日(2019.2.8)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4W 74/08	(2009.01)	HO4W 74/08	
HO4W 84/12	(2009.01)	HO4W 84/12	
HO4W 72/04	(2009.01)	HO4W 72/04	150

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-32343 (P2016-32343)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成28年2月23日 (2016.2.23)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2017-152862 (P2017-152862A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成29年8月31日 (2017.8.31)	(73) 特許権者	504132272
審査請求日	平成29年12月22日 (2017.12.22)		国立大学法人京都大学
			京都府京都市左京区吉田本町36番地1
		(74) 代理人	110001634
			特許業務法人 志賀国際特許事務所
		(72) 発明者	村山 大輔
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	中平 勝也
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置及び無線通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

キャリアセンスによってデータ送信の衝突を回避する無線通信システムにおいて、他の通信装置のデータ送信の後にキャリアセンスを行うことなくデータ送信を開始する通信装置であって、

他の通信装置の通信量を計測する計測部と、

自装置のデータ送信が可能となったタイミングにおいて、所定の確率でデータ送信を実行するデータ送信部と、

前記確率を、前記計測部によって計測された前記他の通信装置の通信量に基づいて決定する確率制御部と、

を備え、

前記確率制御部は、

自装置が送信するデータの目標量と前記他の通信装置の通信量との合計が、使用する無線チャネルの通信容量を超えない場合には、前記目標量と前記通信量との割合に基づいて前記確率を決定し、

前記目標量と前記通信量との合計が前記通信容量を超える場合には、前記目標量と前記通信容量とに基づいて前記確率を決定する、

通信装置。

【請求項2】

前記確率制御部は、

自装置が送信するデータの目標量 S_R と前記他の通信装置の通信量 G_L との合計が、使用する無線チャネルの通信容量 C を超えない場合には、前記確率 を

【数 1】

$$\alpha = S_R / 2G_L$$

と決定し、

前記目標量 S_R と前記通信量 G_L との合計が前記通信容量 C を超える場合には、前記確率 を、

【数 2】

$$\alpha = \frac{S_R}{2(C - S_R)}$$

と決定する、

請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

キャリアセンスによってデータ送信の衝突を回避する無線通信システムにおいて、他の通信装置のデータ送信の後にキャリアセンスを行うことなくデータ送信を開始する通信装置が行う無線通信方法であって、

他の通信装置の通信量を計測する計測ステップと、

自装置のデータ送信が可能となったタイミングにおいて、所定の確率でデータ送信を実行する送信ステップと、

前記確率を、前記計測ステップにおいて計測された前記他の通信装置の通信量に基づいて決定する決定ステップと、

を有し、

前記決定ステップでは、

自装置が送信するデータの目標量と前記他の通信装置の通信量との合計が、使用する無線チャネルの通信容量を超えない場合には、前記目標量と前記通信量との割合に基づいて前記確率を決定し、

前記目標量と前記通信量との合計が前記通信容量を超える場合には、前記目標量と前記通信容量とに基づいて前記確率を決定する、

無線通信方法。

【請求項 4】

前記決定ステップでは、

自装置が送信するデータの目標量 S_R と前記他の通信装置の通信量 G_L との合計が、使用する無線チャネルの通信容量 C を超えない場合には、前記確率 を

【数 3】

$$\alpha = S_R / 2G_L$$

と決定し、

前記目標量 S_R と前記通信量 G_L との合計が前記通信容量 C を超える場合には、前記確率 を、

【数 4】

$$\alpha = \frac{S_R}{2(C - S_R)}$$

と決定する、

請求項 3 に記載の無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、キャリアセンスによってアクセス制御を行う無線通信装置及び無線通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

C S M A / C A 方式のようにキャリアセンスによってアクセス制御を行う無線通信システムの代表例として I E E E (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) 8 0 2 . 1 1 で規定されている無線通信システムがある (例えば、非特許文献 1 参照) 。 I E E E 8 0 2 . 1 1 で仕様が規定されている無線通信システムは、世界的な普及が進んでおり、量産化による構成部品の低価格化が実現されている。

10

【0003】

このような無線通信システムでは、各ノードは、データの送信に先立って、使用する無線帯域のチャンネルについてキャリアセンスを行う。具体的には、当該チャンネルの電波強度を測定し、測定値が予め定められた所定の閾値以上である場合には当該チャンネルは使用不可の状態 (以下、「ビジー状態」という。) であると判断し、測定値が該閾値よりも低い場合には当該チャンネルは使用可能な状態 (以下、「アイドル状態」という。) であると判断する。当該チャンネルがアイドル状態であると判断された場合、各ノードは、ランダム長のバックオフ時間を待機した後にデータを送信する。このようなキャリアセンスと、バックオフ時間の待機により、各ノードは、同じ帯域を使用する他ノードとの衝突を回避することができる。

20

【0004】

さらに I E E E 8 0 2 . 1 1 では、衝突による無線リソースの浪費を抑制するために、R T S (Request to Send) 及び C T S (Clear to Send) と呼ばれる制御パケットを用いたフロー制御方式が規定されている。このアクセス制御方式では、各ノードは、データの送信に先立って R T S を送信する。A P (Access Point: アクセスポイント) は、R T S の受信に応じて C T S を送信することにより、各ノードに対してデータ送信を許可するノードを通知する。各ノードは、受信された C T S が自装置のデータ送信の許可を示す場合にデータを送信する。このように、C T S によって許可されたノードのみがデータを送信することにより衝突が回避される。なお、仮に衝突が発生した場合であっても、衝突による無線リソースの浪費が可能な限り低減されるように、一般に、R T S 及び C T S には、データパケットより小さいサイズのパケットが用いられる。

30

【0005】

また、R T S 及び C T S には、データ送信が許可される期間 (以下、「送信許可期間」という。) を示す情報 (N A V : Network Allocation Vector) が含まれている。R T S 及び C T S を用いたフロー制御方式は、各ノードがこの N A V に基づいてデータ送信を行う、又は N A V に基づいてデータ送信を控えることで衝突の確率がより低くなるように設計されている。

40

【0006】

一方で、R F (Radio Frequency) 部と、M A C (Media Access Control) 部とを離れた場所に設置し、それらを光ファイバで接続する R o F (Radio on Fiber) 無線 L A N (Local Area Network) が検討されている。R o F 無線 L A N には、R F 部と M A C 部とを光ファイバで接続することにより生じる内部遅延により、使用するチャンネルのキャリアセンスが遅れる可能性がある。そのため、R o F 無線 L A N と、R o F 無線 L A N よりも内部遅延の小さい無線 L A N (以下、「既存無線 L A N」という。) と、が共存する環境 (以下、「共存環境」という。) では R o F 無線 L A N と既存無線 L A N との間で衝突が発生する可能性があった。そのため、このような R o F 無線 L A N と既存無線 L A N との間で生じる衝突を回避する方法が検討されている (例えば、非特許文献 2 参照) 。

50

【 0 0 0 7 】

非特許文献2には、キャリアセンスに長い時間を要するAP（例えば、RoF無線LANのAP（以下、「RoF-AP」という。））が、他ノードの送信許可期間を示すNAVに基づいて、他ノードの送信許可期間の終了後に、バックオフ時間を待機することなく即座にデータ送信を開始するフロー制御方式が提案されている。さらに、非特許文献2には、このフロー制御方式において、STA（Station）とAPとの間でのスループット比を調節するために、APが送信バッファに蓄積されている送信フレームを確率的に送信する手法が提案されている。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

10

【 0 0 0 8 】

【非特許文献1】IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks-Specific requirements, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Std 802.11TM-2012(Revision of IEEE Std 802.11-2007)

【非特許文献2】Kaito Funabiki, Takayuki Nishio, Masahiro Morikura, Koji Yamamoto, Daisuke Murayama, Takayuki Yamada, and Katsuya Nakahira, Throughput and Fairness Improvement for WLAN with Long Propagation Delay Coexisting with Conventional WLANs

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

しかしながら、非特許文献2には、RoF-APがフレームを送信する確率を決定する具体的な方法までは記載されておらず、RoF無線LANにおけるSTA（以下、「RoF-STA」という。）とRoF-APとのスループット比を必ずしも適切に調節できない可能性があった。RoF無線LANのスループット比は、RoF無線LANと既存無線LANとの間のスループット比にも影響する。そのため、RoF無線LANのスループット比が適切に設定されない場合、RoF無線LANと既存無線LANとの間で使用可能な無線リソースに不公平が生じ、スループットが低下する可能性があった。

30

【 0 0 1 0 】

上記事情に鑑み、本発明は、キャリアセンスに要する時間の異なる無線LANが共存する無線通信システムにおいて、各無線LANに対する無線リソースの割り当てを公平にしつつ衝突を回避することができる技術を提供することを目的としている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様は、キャリアセンスによってデータ送信の衝突を回避する無線通信システムにおいて、他の通信装置のデータ送信の後にキャリアセンスを行うことなく即座にデータ送信を開始する通信装置であって、他の通信装置の通信量を計測する計測部と、自装置のデータ送信が可能となったタイミングにおいて、所定の確率でデータ送信を実行するデータ送信部と、前記確率を、前記計測部によって計測された前記他の通信装置の通信量に基づいて決定する確率制御部と、を備える通信装置である。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様は、上記の通信装置であって、前記確率制御部は、自装置が送信するデータの目標量と前記他の通信装置の通信量との合計が、使用する無線チャネルの通信容量を超えない場合には、前記目標量と前記通信量との割合に基づいて前記確率を決定し、前記目標量と前記通信量との合計が前記通信容量を超える場合には、前記目標量と前記通信容量とに基づいて前記確率を決定する。

【 0 0 1 3 】

本発明の一態様は、上記の通信装置であって、前記確率制御部は、自装置が送信するデ

50

ータの目標量 S_R と前記他の通信装置の通信量 G_L との合計が、使用する無線チャネルの通信容量 C を超えない場合には、前記確率 を以下に記載の式 (4) にて決定し、前記目標量と前記通信量との合計が前記通信容量を超える場合には、前記確率 を以下に記載の式 (9) にて決定する。

【0014】

本発明の一態様は、キャリアセンスによってデータ送信の衝突を回避する無線通信システムにおいて、他の通信装置のデータ送信の後にキャリアセンスを行うことなく即座にデータ送信を開始する通信装置が行う無線通信方法であって、他の通信装置の通信量を計測する計測ステップと、自装置のデータ送信が可能となったタイミングにおいて、所定の確率でデータ送信を実行する送信ステップと、前記確率を、前記計測ステップにおいて計測された前記他の通信装置の通信量に基づいて決定する決定ステップと、を有する無線通信方法である。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明により、キャリアセンスに要する時間の異なる無線LANが共存する無線通信システムにおいて、各無線LANに対する無線リソースの割り当てを公平にしつつ衝突を回避することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】RoF - 無線LANと既存無線LANの共存構成例を示す図である。

20

【図2】ATRAS法によるRoF - APのデータ送信の制御例を示す図である。

【図3】実施形態のRoF - AP3の機能構成の具体例を示すブロック図である。

【図4】送信待機確率算出部524が送信待機確率を算出する処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】実施形態のRoF - AP3がDATAフレームを送信する処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】既存WLANのトラヒック量を1 ~ 10 Mbit/secで変化させた場合のスループット比の具体例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

30

< 概略 >

図1は、RoF - 無線LANと既存無線LANの共存構成例を示す図である。図1において、宅内もしくはオフィス内に、既存無線LAN (以下、「既存WLAN」と記載する。) とRoF - 無線LAN (以下、「RoF - WLAN」と記載する。) とが存在する。既存WLANには、既存AP (Access Point) 11 及び既存STA (Station) 12 が存在し、RoF - WLANには、RoF - APのRF処理部21 及びRoF - STA 24 が存在する。ここで、RoF - APの機能は、光ファイバ23 を介して接続される宅内 (もしくはオフィス内) のRF処理部21 と局舎内のAP処理部22 とに分割されている。RoF - APのRF処理部21 は、光信号と電波との変換を行う構成であり、RoF - APのAP処理部22 は、無線LAN通信におけるPHY (Physical) 層及びMAC (Medium Access Control) 層の処理を行う。したがって、RF処理部21 とAP処理部22 と間には光ファイバ23 を介して通信することによる伝搬遅延が発生し、RoF - APとしてのフレーム送受信やキャリア検出が遅れる。

40

【0018】

そのため、既存WLANとRoF - WLANとが共存する構成において、CSMA/CA方式によりアクセス制御を行う場合、RoF - WLANのフレーム送受信やキャリア検出が遅れることによる衝突が発生し、RoF - WLANのスループット特性が劣化する。

【0019】

図2は、非特許文献2に記載のATRAS法によるRoF - APのデータ送信の制御例を示す図である。具体的には、ATRAS法は、RoF - APが既存AP又は既存STA

50

から送信されたCTSを受信したときに実行される。このCTSの受信は、図2において矢印100で表されている。矢印100に示されるように、RoF-APによるCTSの受信は、RF処理部21とAP処理部22との間の伝搬遅延により、CTSの送信に対してある程度の時間遅れを伴う。CTSを受信したRoF-APは、受信されたCTSに基づいて自身にNAV期間 T_{NAV} を設定し、設定したNAV期間の間データ送信を控える。

【0020】

図2からも分かるように、RoF-APでは、RTS/CTSフレームの遅れにより、設定されるNAV期間も遅れて設定される。そのため、RoF-APは、送信データがある場合において、データ送信の制御を、NAV期間の終了時刻から往復伝搬遅延時間(RTT: Round Trip Time)である $2 \times T_{RoF}$ だけ遡った時刻において開始する。そして、RoF-APは、データ送信の制御開始から、SIFS(Short Inter Frame Space)時間を待機した後、ランダムバックオフ期間を設けず即座にDATAフレームを送信する。これにより、RoF-APからRoF-STAへのDATAフレームの送信は成功し、RoF-WLANにおける下りスループットの改善が可能になる。すなわち、ATRAS法は、他の既存WLANの通信に付随してRoF-APに優先的に送信権を与えることにより、RoF-WLANの下りスループット特性を改善する制御方法である。なお、RoF-STAにおける上り方向のデータ送信の開始制御は、既存WLANとの間でCSMA/CAに基づくキャリアセンスを行い、通常のRTS/CTSアクセス手順に従って行われる。

【0021】

ところで、図2に示すATRAS法では、既存WLANの通信に付随してRoF-APに優先的に送信権が与えられるので、下りスループットが上りスループットに比べて優勢(上下スループット比が1を大きく超える)となる。特に、既存WLANの通信が頻繁に行われる場合に、RoF-WLAN内では下りスループットが過剰となる問題がある。また、RoF-WLANの伝搬遅延時間によっても、上下スループット比が大きく変化する。

【0022】

また、非特許文献2には、ATRAS法においてRoF-WLANの下りスループットが過剰となる問題に対して、RoF-APによるフレームの送信を確率で制御する方法が提案されている。すなわち、所定の送信待機確率でフレームの送信を待機させ、下りスループットが過剰にならないようにする。なお、フレームの送信を待機した場合には、RoF-APは、既存WLANのCTSフレームを受信してNAV期間終了後に通常のRTS/CTSアクセス手順に従って次の送信動作に入る。

【0023】

ここで、RoF-WLANにおける上下スループット比を目標値に設定するには、伝搬遅延時間や既存WLANの通信状況に合わせて送信待機確率を適宜調整する必要がある。しかし、非特許文献2では、上下スループット比を目標値に設定するために、あるいは上下スループットを公平にするために、送信待機確率をどのように調整すればよいかについて具体的に示されていない。また、RoF-APの送信待機確率は、既存WLANの送信機会にも影響するため、RoF-APの送信待機確率が適切に設定されない場合、RoF-AP内の上下スループットに加え、RoF-WLANと既存WLANとの間の無線リソースの割り当てに不公平が生じる可能性がある。その結果、既存WLANとRoF-WLANとの共存環境において、RoF-WLAN及び既存WLANのスループットが低下する可能性がある。

【0024】

本発明は、既存WLANとRoF-WLANとが共存する構成において、各無線LANに対する無線リソースの割り当てを公平にしつつ衝突を回避することができる無線通信システム及び無線通信方法を提供することを目的とする。

【0025】

< 詳細 >

図3は、実施形態のR o F - A P 3の機能構成の具体例を示すブロック図である。R o F - A P 3 (通信装置の一例)は、バスで接続されたC P U (Central Processing Unit)やメモリや補助記憶装置などを備え、R o F - A P プログラムを実行する。R o F - A P 3は、R o F - A P プログラムの実行によってR F 処理部4及びA P 処理部5を備える装置として機能する。R F 処理部4及びA P 処理部5は、光ファイバ6を介して接続される。なお、R o F - A P 3の各機能の全て又は一部は、A S I C (Application Specific Integrated Circuit)やP L D (Programmable Logic Device)やF P G A (Field Programmable Gate Array)等のハードウェアを用いて実現されてもよい。R o F - A P プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、R O M、C D - R O M等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置である。R o F - A P プログラムは、電気通信回線を介して送信されてもよい。

10

【0026】

R F 処理部4は、光通信部41、信号変換部42及びアンテナ部43を備える。光通信部41は、A P 処理部5との間での光通信を実現する機能部である。具体的には、光通信部41は、光ファイバ6とR F 処理部4との間の光信号の入出力を行う。信号変換部42は、光ファイバ6で伝送される光信号を、アンテナ部43から送出される無線電波に変換する。アンテナ部43は、R o F - S T Aとの間で無線電波の送受信を行う。具体的には、アンテナ部43は、R o F - S T Aから送信されたR F 波を受信し信号変換部42に出力するとともに、信号変換部42から出力されたR F 波を無線出力する。

20

【0027】

A P 処理部5は、光通信部51及び制御部52を備える。光通信部51は、R F 処理部4との間での光通信を実現する機能部である。具体的には、光通信部51は、光ファイバ6と制御部52との間の光信号の入出力を行う。制御部52は、光信号の送受信を制御する機能部である。具体的には、制御部52は、送信バッファ521、データ送信部522、データ受信部523、送信待機確率算出部524(確率制御部)及び送信開始タイミング決定部525を備える。

【0028】

送信バッファ521は、データ送信部522が送信するデータを一時的に記憶する記憶部である。例えば、送信バッファ521は、磁気記憶装置や半導体記憶装置などのR A M (Random Access Memory)を用いて構成される。

30

【0029】

データ送信部522は、データの送信を制御する機能部である。データ送信部522は、送信バッファ521に一時記憶された送信用データを、所定のタイミングで光通信部51に出力する。具体的には、データ送信部522は、送信用データが送信バッファ521に記憶されている状態であって、かつデータ送信が可能となった状態(以下、「送信可能状態」という。)において、送信待機確率算出部524によって決定された送信待機確率に応じてデータの出力を行う。送信待機確率は、送信可能状態において、データ送信部522がデータの送信を行うか否かを決定する確率である。

40

【0030】

データ受信部523(計測部の一例)は、データの受信を制御する機能部である。データ受信部523は、R F 処理部4によって受信された無線電波が示す受信データを光通信部51から取得する。また、データ受信部523は、受信データに基づいて、R o F - W L A N及び既存W L A Nごとのトラフィック量を計測する機能(以下、「トラフィック計測機能」という。)を有する。トラフィック計測機能は、トラフィック量のどのような計測方法に基づいて行われてもよい。例えば、トラフィック計測機能は、既存A P及び既存S T Aが単位時間あたりに送信したD A T Aフレーム数を計測することによって実現されてもよいし、単位時間あたりに送信されるD A T Aフレームのサイズを合計することによって実現されてもよい。データ受信部523は、トラフィック計測機能によって取得されたトラフィック

50

量を送信待機確率算出部 5 2 4 に通知する。

【 0 0 3 1 】

また、データ受信部 5 2 3 は、受信データに基づいて、R o F - A P 3 と R o F - S T A との間の R T T を計測する機能（以下、「R T T 計測機能」という。）を有する。データ受信部 5 2 3 は、R T T 計測機能によって取得された R T T を送信開始タイミング決定部 5 2 5 に通知する。また、データ受信部 5 2 3 は、R T S 又は C T S から N A V 期間を取得する機能を有する。データ受信部 5 2 3 は、取得された N A V 期間を送信開始タイミング決定部 5 2 5 に通知する。

【 0 0 3 2 】

送信待機確率算出部 5 2 4（確率制御部の一例）は、送信待機確率を算出する機能部である。具体的には、送信待機確率算出部 5 2 4 は、データ受信部 5 2 3 から出力される R o F - W L A N 及び既存 W L A N ごとのトラヒック量に基づいて送信待機確率を算出する。送信待機確率算出部 5 2 4 は、算出された送信待機確率をデータ送信部 5 2 2 に設定する。

10

【 0 0 3 3 】

送信開始タイミング決定部 5 2 5 は、データ送信部 5 2 2 にデータ送信を開始させるタイミングを示す送信開始タイミングを決定する機能部である。具体的には、送信開始タイミングは、図 3 において、N A V 期間の終了時刻から $2 \tau_{R o F}$ だけ遡った時刻を示す情報である。送信開始タイミング決定部 5 2 5 は、データ受信部 5 2 3 から通知される R T T 及び N A V 期間に基づいて送信開始タイミングを決定し、データ送信部 5 2 2 に通知する。

20

【 0 0 3 4 】

続いて、送信待機確率の算出方法について説明する。ここでは、共存環境全体でのスループットの状況（以下、「スループット状況」という。）を複数の場合に分け、目標とする R o F - A P 3 のスループット S_R （目標量の一例）を場合分けされたそれぞれのスループット状況に応じて調整する方法を説明する。例えば、共存環境のスループット状況は、既存 W L A N のトラヒック量 G_L （通信量の一例）と、使用する無線チャンネルのスループットの飽和量 C （通信容量の一例）とを用いて、次の式（1）及び式（2）の場合に分けすることができる。以下、共存環境のスループット状況を表す平面において、式（1）を満たす領域を第 1 領域と称し、式（2）の領域を第 2 領域と称する。

30

【 0 0 3 5 】

【数 1】

$$S_R + G_L < C \quad \dots \text{式 (1)}$$

【 0 0 3 6 】

【数 2】

$$S_R + G_L \geq C \quad \dots \text{式 (2)}$$

40

【 0 0 3 7 】

（第 1 領域のスループット状況における送信待機確率の算出方法）

第 1 領域は、既存 W L A N のトラヒック量が少なく、無線チャンネルのスループットが飽和量 C に達することのない非飽和な領域である。既存 W L A N のトラヒック量が少ない場合、既存 W L A N のデータ送信に付随して与えられる R o F - W L A N の送信機会も少なくなる。そのため、送信待機確率を 1 とした場合であっても、無線チャンネルのスループットは飽和量 C に達することがない。

【 0 0 3 8 】

例えば、無線 L A N において、トランスポート層のトラヒックの大部分は T C P（Transmission Control Protocol）によるものであるとみなすことができる。そのため、A T

50

RAS法を適用したTCP通信において、RoF-AP3は、既存WLANで送信されるTCP-DATA及びTCP-ACKのそれぞれに付随して、自局のTCP-DATAを送信することができる。したがって、この場合、送信待機確率をとすると、既存WLANのトラヒック量 G_L に対して、RoF-AP3のスループット S_R は次の式(3)のように表すことができる。

【0039】

【数3】

$$S_R = 2\alpha G_L \quad \dots \text{式(3)}$$

10

【0040】

すなわち、第1領域のスループット状況においては、RoF-AP3の送信待機確率を次の式(4)のように目標量 S_R とトラヒック量 G_L の割合に基づいて決定することで、RoF-AP3の目標スループット S_R を実現することができる。

【0041】

【数4】

$$\alpha = S_R / 2G_L \quad \dots \text{式(4)}$$

【0042】

(第2領域のスループット状況における送信待機確率の算出方法)

第2領域は、既存WLANのトラヒック量が多く、無線チャンネルのスループットが飽和量 C に達している、もしくは飽和量 C に近い領域である。このようなスループット状況では、既存WLAN及びRoF-AP3のトラヒック量の合計は、飽和量 C を越えることができないという制約が生じる。ここで、既存WLANのスループットを S_L とし、かつDATAフレームが固定長であると仮定した場合、飽和量 C と既存WLANのスループット S_L の間には、次の式(5)が成り立つ。そして、式(5)を変形することにより式(6)が得られる。

【0043】

【数5】

$$C = S_L + 2\alpha S_L \quad \dots \text{式(5)}$$

【0044】

【数6】

$$S_L = \frac{C}{1+2\alpha} \quad \dots \text{式(6)}$$

【0045】

また、RoF-AP3の目標スループット S_R と、既存WLANのスループット S_L の間には次の式(7)が成り立つ。そして、式(6)及び式(7)から式(8)の関係が得られる。

【0046】

【数7】

$$S_R = C - S_L \quad \dots \text{式(7)}$$

【0047】

20

30

40

【数 8】

$$S_L = C - \frac{C}{1+2\alpha} \quad \dots \text{式 (8)}$$

【0048】

すなわち、第2領域のスループット状況においては、R o F - A P 3の送信待機確率を次の式(9)のように目標量 S_R と飽和量 C とに基づいて決定することで、R o F - A P 3の目標スループット S_R を実現することができる。

【0049】

【数 9】

$$\alpha = \frac{S_R}{2(C-S_R)} \quad \dots \text{式 (9)}$$

10

【0050】

図4は、送信待機確率算出部524が送信待機確率を算出する処理の流れを示すフローチャートである。まず、利用者は、R o F - A P 3に対して、目標とするスループット S_R を設定する(ステップS101)。送信待機確率算出部524は、データ受信部523から通知される既存WLANのトラヒック量 G_L と、使用する無線チャンネルのスループットの飽和量 C とに基づいて、現在の共存環境のスループット状況が第1領域又は第2領域のいずれであるかを判定する。例えば、送信待機確率算出部524は、式(2)の真偽を判定する(ステップS102)。

20

【0051】

式(2)が偽である場合(ステップS102-NO)、すなわち、スループット状況が第1領域で表される場合、送信待機確率算出部524は、送信待機確率を式(4)で決定する(ステップS103)。一方、式(2)が真である場合(ステップS102-YES)、すなわち、スループット状況が第2領域で表される場合、送信待機確率算出部524は、送信待機確率を式(9)で決定する(ステップS104)。

【0052】

送信待機確率算出部524は、式(4)又は式(9)で決定された送信待機確率をデータ送信部522に対して設定する(ステップS105)。データ送信部522は、送信可能状態において、送信待機確率算出部524によって設定された送信待機確率に基づいてデータの送信を行う。

30

【0053】

図5は、実施形態のR o F - A P 3がDATAフレームを送信する処理の流れを示すフローチャートである。まず、R o F - A P 3は、RTS又はCTSの受信を検出する(ステップS201)。RTS又はCTSの検出は、データ受信部523によって行われる。データ受信部523は、検出されたRTS又はCTSが自局宛であるか否かを判定する(ステップS202)。検出されたRTS又はCTSが自局宛である場合(ステップS202-YES)、R o F - A P 3は、通常のRTS/CTSアクセス手順を実行する(ステップS203)。

40

【0054】

一方、検出されたRTS又はCTSが自局宛でない場合(ステップS202-NO)、R o F - A P 3は、受信されたRTS又はCTSに基づいて、自装置にNAV期間を設定する(ステップS204)。以下では、ステップS201においてCTSが検出されたと仮定して説明する。続いて、データ送信部522は、送信可能状態となるまで待機する。具体的には、データ送信部522は、現在時刻が、NAV期間の終了時刻からRTTだけ遡った時刻(以下、「送信可能時刻」という。)に達したか否かを判定する(ステップS205)。

【0055】

現在時刻が送信可能時刻に達していない場合(ステップS205-NO)、データ送信

50

部522は、現在時刻が送信可能時刻に達するまでステップS205の判定を繰り返す。一方、現在時刻が送信可能時刻に達している場合（ステップS205 - YES）、データ送信部522は、送信バッファ521に送信すべきDATAフレームが存在するか否かを判定する（ステップS206）。

【0056】

送信バッファ521に送信すべきDATAフレームが存在しない場合（ステップS206 - NO）、RoF-AP3は、ステップS201に処理を戻し、RTS又はCTSの検出を繰り返し実行する。一方、送信バッファ521に送信すべきDATAフレームが存在する場合（ステップS206 - YES）、送信待機確率算出部524は、送信待機確率を算出し（ステップS207）、算出した送信待機確率をデータ送信部522に設定する。

10

【0057】

データ送信部522は、乱数 x ($0 < x < 1$)を生成する（ステップS208）。データ送信部522は、生成された乱数 x の値が、送信待機確率以上であるか否かを判定する（ステップS209）。乱数 x の値が送信待機確率より小さい場合（ステップS209 - NO）、ステップS201に処理を戻し、RTS又はCTSの検出を繰り返し実行する。一方、乱数 x の値が送信待機確率以上である場合（ステップS209 - YES）、データ送信部522は、SIFS時間を待機（ステップS210）した後、送信バッファ521に記憶されているDATAフレームの送信を行う（ステップS211）。

【0058】

20

このように構成された実施形態のRoF-AP3は、送信可能状態におけるDATAフレームの送信待機確率を、既存WLANのトラフィック量に基づいて決定する。そのため、実施形態のRoF-AP3によれば、キャリアセンスに要する時間の異なる無線LANが共存する無線通信システムにおいて、各無線LANに対する無線リソースの割り当てを公平にしつつ衝突を回避することが可能となる。

【0059】

例えば、RoF-WLANと既存WLANとのスループット比を1に制御する場合を考える。ここでは、共存環境が1つのRoF-WLANと1つの既存WLANとで構成されると仮定する。さらに各無線LANシステムのAPは1台であり、各APには9台のSTAが接続するものと仮定する。また、RoF-AP3の伝搬遅延は $50 \mu\text{sec}$ 、伝送レートは 54Mbit/sec 、DATAフレームのペイロード長は1500バイトであり、トランスポート層のプロトコルにTCPが用いられた共存環境を想定する。なお、RoF-WLANのトラフィックは下りのみであり、トラフィック状況は十分に飽和している状態を想定する。

30

【0060】

図6は、上記想定のコ存環境において、既存WLANのトラフィック量を $1 \sim 10 \text{Mbit/sec}$ で変化させた場合のスループット比の具体例を示す図である。図6の横軸は、既存WLANのトラフィック量を表し、縦軸は既存WLANに対するRoF-WLANのスループット比を表している。図6における第1の系列は、送信待機確率を1に固定した場合のスループット比を表しており、第2の系列は、本実施形態の決定方法で送信待機確率を決定した場合のスループット比を表している。

40

【0061】

図6に示されるように、送信待機確率を1で固定した場合は、スループット比は約 $0.5 \sim 0.6$ の範囲で遷移する。仮に 1 ± 0.1 程度のスループット比が公平であると考えた場合、第1の系列は、既存WLANとRoF-WLANとが共存することによってスループットに著しい不公平が生じていることを示している。これに対して、本実施形態の決定方法では、送信待機確率が、既存WLANのトラフィック量に応じて、スループット比が1となるように動的に調整される。そのため、本実施形態のRoF-AP3は、既存WLAN及びRoF-WLANのスループットをほぼ同等にしつつ、衝突を回避することができる。

50

< 変形例 >

【 0 0 6 2 】

上述した実施形態における R o F - A P 3 をコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

10

【 0 0 6 3 】

以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 4 】

本発明は、キャリアセンスに要する時間の異なる無線 LAN が共存する無線通信システムに適用可能である。

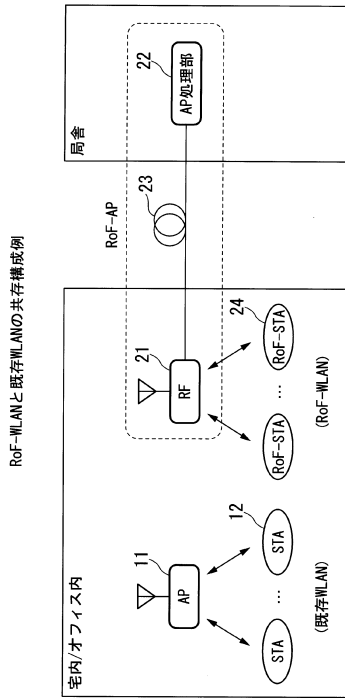
【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

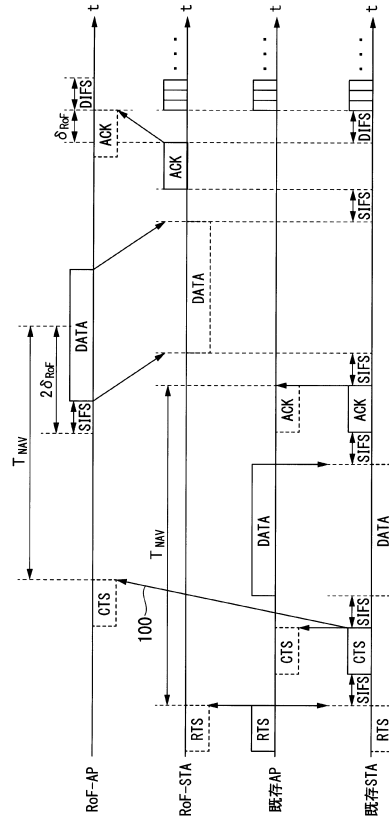
1 1 ... 既存 AP (Access Point)、 1 2 ... 既存 STA (Station)、 2 1 ... RF (Radio Frequency) 処理部、 2 2 ... AP 処理部、 2 3 ... 光ファイバ、 2 4 ... R o F (Radio on Fiber) - STA、 3 ... R o F - AP、 4 ... RF 処理部、 4 1 ... 光通信部、 4 2 ... 信号変換部、 4 3 ... アンテナ部、 5 ... AP 処理部、 5 1 ... 光通信部、 5 2 ... 制御部、 5 2 1 ... 送信バッファ、 5 2 2 ... データ送信部、 5 2 3 ... データ受信部、 5 2 4 ... 送信待機確率算出部、 5 2 5 ... 送信開始タイミング決定部、 6 ... 光ファイバ

30

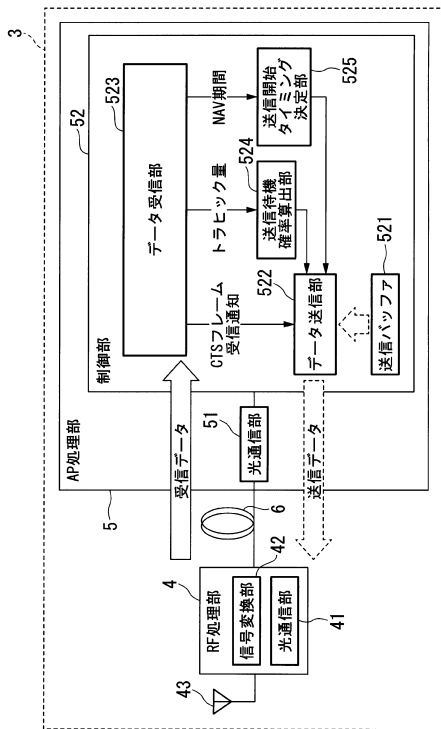
【図1】



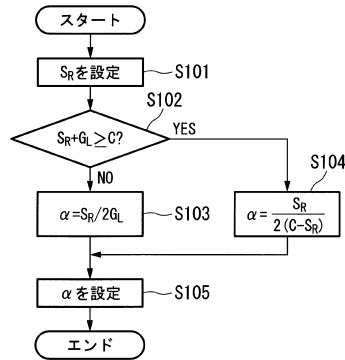
【図2】



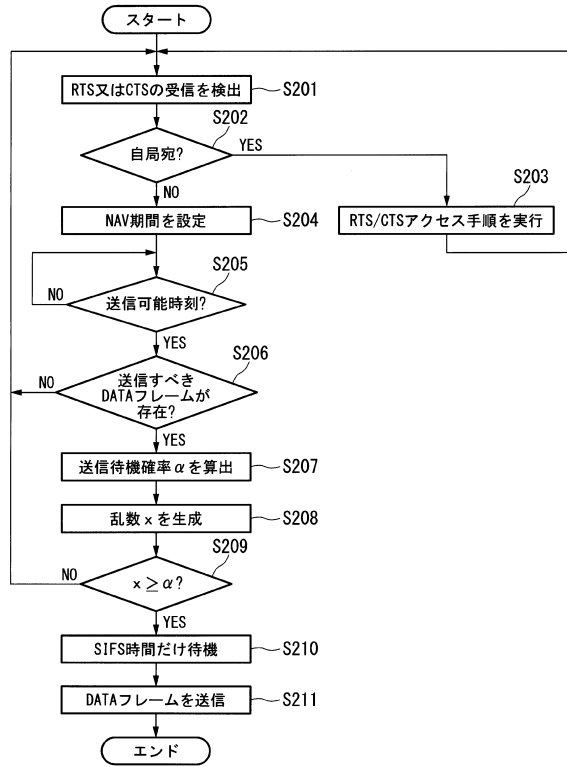
【図3】



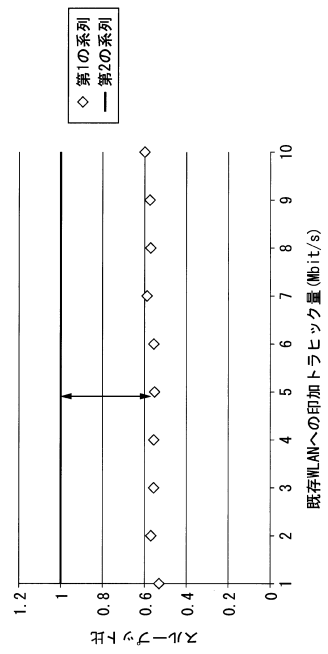
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 守倉 正博
京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内
- (72)発明者 西尾 理志
京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内

審査官 三枝 保裕

- (56)参考文献 国際公開第2008/096705(WO, A1)
船引 魁人, 長遅延を含む無線LANと既存無線LANの共存に向けたアクセス方式制御の提案
, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 115 No. 311 IEICE Technical Report,
日本, 一般社団法人電子情報通信学会 The Institute of Electronics, Information and Commu-
nication Engineers, 2015年11月10日, 第115巻

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------------|
| H04B | 7/24 - 7/26 |
| H04W | 4/00 - 99/00 |