

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5725552号
(P5725552)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015. 5. 27)

(24) 登録日 平成27年4月10日 (2015. 4. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 W 74/08 (2009. 01)

H O 4 W 74/08

H O 4 W 16/14 (2009. 01)

H O 4 W 16/14

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-182661 (P2011-182661)
 (22) 出願日 平成23年8月24日 (2011. 8. 24)
 (65) 公開番号 特開2013-46229 (P2013-46229A)
 (43) 公開日 平成25年3月4日 (2013. 3. 4)
 審査請求日 平成26年7月4日 (2014. 7. 4)

(73) 特許権者 000232254
 日本電気通信システム株式会社
 東京都港区三田 1 丁目 4 番 2 8 号
 (73) 特許権者 509092971
 株式会社テレコグニックス
 京都府京都市左京区吉田下大路町 5 8 - 1
 3
 (74) 代理人 100123788
 弁理士 宮崎 昭夫
 (74) 代理人 100127454
 弁理士 緒方 雅昭
 (72) 発明者 和田 育実
 東京都港区三田一丁目4番28号 日本電
 気通信システム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置、通信システム、通信処理方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信処理部と、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量、ならびに自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得する送信特徴量測定部と、

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態である信号検出圏非対称状態であるか否かを判定する非対称状態判定部と、
 を有する無線通信装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の無線通信装置において、

前記送信特徴量測定部は、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態で前記無線通信処理部がパケット送信処理を所定の時間行ったときの、前記第1の送信特徴量を軸とした該第1の送信特徴量の頻度を示す第1の送信特徴量分布を取得し、自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態で前記無線通信処理部が前記パケット送信処理を所定の時間行ったときの、前記第2の送信特徴量を軸とした該第2の送信特徴量の頻度を示す第2の送

10

20

信特徴量分布を取得し、

前記非対称状態判定部は、

前記第2の送信特徴量分布から前記第1の送信特徴量分布を差し引いた分布である送信特徴量分布差分を生成し、該送信特徴量分布差分のプラス側の分布において、最大値を中心とした所定の幅に含まれる頻度の合計が所定の閾値以上である場合、前記信号検出圏非対称状態であると判定し、該合計が前記所定の閾値よりも小さい場合、前記信号検出圏非対称状態ではないと判定する、無線通信装置。

【請求項3】

請求項1または2記載の無線通信装置において、

前記非対称状態判定部が前記信号検出圏非対称状態であると判定すると、前記無線通信処理部または前記他の無線通信装置に対して、パケット送信処理に関するパラメタの変更を要求する送信パラメタ制御部をさらに有する、無線通信装置。

10

【請求項4】

請求項1または2記載の無線通信装置において、

前記非対称状態判定部が前記信号検出圏非対称状態であると判定すると、該信号検出圏非対称状態である旨を表示する状態表示部をさらに有する、無線通信装置。

【請求項5】

請求項1から4のいずれか1項記載の無線通信装置において、

前記第1および前記第2の送信特徴量が、パケット送信間隔またはパケット送信待機時間である、無線通信装置。

20

【請求項6】

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信処理部と、前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量、ならびに自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得する送信特徴量測定部とを含む無線通信装置と、

前記無線通信装置と通信可能に接続され、該無線通信装置から受信する前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が該無線通信装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に該無線通信装置が位置する状態であるか否かを判定する非対称状態判定部を含むゲートウェイ装置と、
を有する通信システム。

30

【請求項7】

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信装置による通信処理方法であって、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量を取得し、

自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得し、

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態であるか否かを判定する、通信処理方法。

40

【請求項8】

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信装置に実行させるためのプログラムであって、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量を取得し、

自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得し、

50

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態であるか否かを判定する処理を前記無線通信装置に実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信装置、通信システム、通信処理方法、およびその方法を無線通信装置に実行させるためのプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、ISM (Industrial, Science, Medical) 帯と呼ばれる免許不要で利用可能な無線周波数帯を使用する、複数の無線方式が規格化されている。具体的には、無線LAN (Local Area Network) として一般的なIEEE 802.11や、センサーネットワークでの利用が有望視されているIEEE 802.15.4といった無線通信規格が存在し、これら無線通信規格は、今後も増加し、またそれを使用する無線端末の数も、爆発的に増加することが見込まれている。

【0003】

上記のような無線通信規格は、お互いの無線信号が衝突するのを回避するため、TDMA (Time Division Multiple Access)、FDMA (Frequency Division Multiple Access)、CDMA (Code Division Multiple Access)、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance: 衝突回避機能付き搬送波感知多重アクセス) などの多重チャネルアクセス方式を備えている。

【0004】

ISM帯を使用する代表的な通信方式であるIEEE 802.11や、省電力無線通信の代表例であるIEEE 802.15.4では、チャネルアクセス方式として、CSMA/CA方式を用いている。

【0005】

CSMA/CA方式とは、パケット送信に先立ち、バックオフと呼ばれるランダムな時間で送信を待機し、Preamble DetectionやEnergy Detectionといわれる手法で送信チャネルが使用されているか否かを確認するCCA (Channel Clear Assessment) を実施し、チャネルが未使用であればパケット送信を行う手法である。

【0006】

しかしながら、無線端末毎に、CCAによって他端末の送信を検出することができる範囲は異なる。

【0007】

1つ目の理由として、CSMA/CAの詳細な動作が無線通信規格毎に異なることが挙げられる。ここで言うCSMA/CAの詳細な動作とは、具体的には、CCAの実施タイミング、Energy Detectionの閾値やその実行時間、信号が検出された後のパケット送信待ちおよび再送の振る舞いである。

【0008】

2つ目の理由として、同一の無線通信規格を利用する端末同士であっても、信号受信性能の差が存在することが挙げられる。信号受信性能の差は、具体的には、無線通信アンテナの利得、無線通信装置自身のノイズ排除能力、端末の設置場所周囲の環境などにより生じる。

【0009】

図15は、無線端末毎に他の無線端末が送信する信号を検出可能な範囲(信号検出圏)が異なることを示す一例である。図15に示す破線の円は、その円内に他の無線端末が存

10

20

30

40

50

在すれば、その無線信号を検出可能な範囲を示す。図15では、送信端末Bは送信端末Aの検出圏内に位置しているが、送信端末Aは送信端末Bの検出圏外に位置しており、2つの端末間で信号検出圏が非対称な状態である。

【0010】

図15に示すように、送信端末Aおよび送信端末Bの信号検出圏が異なっていると、送信端末Aは送信端末Bが送信した信号を検出できるが、送信端末Bは送信端末Aが送信した信号を検出できなくなる状態がある。このような状態を、以下では「CCA非対称状態」と称する。CCA非対称状態において、図15における送信端末Aに相当する端末を被干渉側端末と称し、図15における送信端末Bに相当する端末を与干渉側端末と称する。

【0011】

CCA非対称状態では、与干渉側端末の送信量が増加した場合に、被干渉側端末の送信が一方的に抑えられるという問題がある。

【0012】

さらに、CCA非対称状態では、被干渉側端末が送信中に与干渉側端末が送信を行うことで、パケット衝突が発生するという問題がある。

【0013】

さらに、上記の問題から、通信効率が低下するという問題点がある。

【0014】

通信効率が低下した原因を判定する手法として、特許文献1では、送信間隔とRSS (Received Signal Strength: 受信信号強度) を用いた手法を提案している。

【0015】

特許文献1に開示された技術では、自端末が送信したパケットの送信間隔と、相手端末から送信されたパケットのRSSを、事前に決定した閾値と比較し、その結果から通信効率の低下の原因を"送信端末数や送信パケット数の増加に伴う輻輳"または"電波伝搬環境の悪化による通信失敗"のどちらかであると判定する。

【0016】

原因が輻輳であると判定された場合は、自端末が送信するパケットの伝送レートを高くして短時間で送信することにより輻輳を回避し、電波環境の悪化が原因であると判定された場合、伝送レートを低くすることでノイズ耐性を向上させてパケットロスを回避する。

【0017】

また、非特許文献1では、「一方向隠れ端末問題」として、同一通信方式無線端末間でのCCA非対称状態の改善方法が論じられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0018】

【特許文献1】特許第4163643号公報

【非特許文献】

【0019】

【非特許文献1】鈴木隆之、外3名、「データベースを用いた適応制御に基づくセカンダリ向けMACプロトコルの検討」、信学技報、電子情報通信学会、2011年4月、vol. 111、No. 13、SR2011-11、p. 65-70

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

特許文献1に開示された方法では、CCA非対称状態による通信効率の低下(以後、CCA非対称状態により生じる干渉と称する)は単純な送信パケット数の増加による輻輳であると判定される。そのため、伝送レートを高くし、短時間で送信が完了するように制御を行うが、既に伝送レートが規格上の上限値である場合は効果がない。さらに、CCA非対称状態においては、被干渉側が送信するパケットの伝送レートを高くし短時間で送信が

10

20

30

40

50

完了するようにしても、与干渉側端末から被干渉側端末を検出できるようなにはならないため、CCA非対称状態自体が改善されることはない。そのため、パケット衝突率は低下するが、通信効率については、被干渉側が伝送レートを高くしたことで空いた時間分を与干渉側の送信パケットが消費するため、大きな改善は望めない。

【0021】

ゆえに、CCA非対称状態により生じる干渉は単純な輻輳とは別の状態であることから、CCA非対称状態を検出しなければ、CCA非対称状態により生じる干渉を改善するのに適した対処を行うことはできない。

【0022】

非特許文献1では、CCA非対称状態の検出方法については言及されていない。また、非特許文献1において提案されている手法では、被干渉側および与干渉側の無線通信方式がIEEE 802.11方式を使用していることを前提としているため、被干渉側と与干渉側の無線通信方式が異なる通信方式であった場合、CCA非対称状態が改善されないばかりか、パケット衝突率が上昇する。

【0023】

具体的には、非特許文献1では、「一方向隠れ端末問題」の改善方法として、被干渉端末に相当するSU (Secondary User) の最小バックオフ時間を制御する定数CW (Contention Window) minの値を小さくし、バックオフ時間を短くすることで、被干渉側端末の過剰な待ちを抑制させることを提案している。しかし、与干渉側端末に相当するPU (Primary User) の送信したパケットを保護するため、NAV (Network Allocation Vector) によりPUの送信したパケットにSUの送信したパケットが衝突しないようにしているが、例えば、PUがIEEE 802.15.4方式で通信を行い、SUがIEEE 802.11方式で通信を行うような場合、PUがNAVを設定することはできないため、PUが送信したデータパケットと、それに対する応答パケット(ACKパケット)の間に、SUがデータパケットを送信し、SUのデータパケットとPUの応答パケット(ACKパケット)が衝突する可能性が上昇してしまう。

【0024】

ゆえに、異なる無線通信方式間においてもCCA非対称状態を検出し、CCA非対称状態により生じる干渉を改善する必要がある。

【0025】

本発明は上述したような技術が有する問題点を解決するためになされたものであり、CCA非対称状態を検出可能にした無線通信装置、通信システム、通信処理方法、およびその方法を実行させるためのプログラム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】

【0026】

上記目的を達成するための本発明の無線通信装置は、

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信処理部と、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量、ならびに自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得する送信特徴量測定部と、

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態である信号検出圏非対称状態であるか否かを判定する非対称状態判定部と、を有する構成である。

【0027】

また、本発明の通信システムは、

他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パ

10

20

30

40

50

ケットの衝突を回避する制御を行う無線通信処理部と、前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量、ならびに自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における前記無線通信処理部のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得する送信特徴量測定部とを含む無線通信装置と、

前記無線通信装置と通信可能に接続され、該無線通信装置から受信する前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が該無線通信装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に該無線通信装置が位置する状態であるか否かを判定する非対称状態判定部を含むゲートウェイ装置と、
を有する構成である。

10

【0028】

また、本発明の通信処理方法は、他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信装置による通信処理方法であって、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量を取得し、

自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得し、

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態であるか否かを判定するものである。

20

【0029】

さらに、本発明のプログラムは、他の無線通信装置から送信されるパケットと同一チャネルでパケットを送信する際、パケットの衝突を回避する制御を行う無線通信装置に実行させるためのプログラムであって、

前記他の無線通信装置がパケット送信を停止している状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第1の送信特徴量を取得し、

自装置および前記他の無線通信装置がパケット送信を行う状態における、自装置のパケット送信処理の特徴量である第2の送信特徴量を取得し、

前記第1および前記第2の送信特徴量に基づいて、前記他の無線通信装置が自装置の信号検出圏内に位置しているが、該他の無線通信装置の信号検出圏外に自装置が位置する状態であるか否かを判定する処理を前記無線通信装置に実行させるものである。

30

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、CCA非対称状態を検出可能になるので、CCA非対称状態を改善するための対策を実行できる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】第1の実施形態の無線通信装置が被干渉無線機に相当する場合における通信システムの一構成例を示すブロック図である。

40

【図2】第1の実施形態の無線通信装置の一構成例を示すブロック図である。

【図3】図1に示したゲートウェイ装置の一構成例を示すブロック図である。

【図4】第1の実施形態の通信処理方法の手順を示すフローチャートである。

【図5】送信パケットを説明するための図である。

【図6】第1の実施形態において、CCA非対称状態の検出方法を説明するためのヒストグラムである。

【図7】図6(c)に示したパケット送信間隔分布差分を拡大して示す図である。

【図8】CCA非対称状態でない場合における、図6(b)に相当する送信間隔分布の一例を示す。

【図9】第2の実施形態の無線通信装置が被干渉無線機に相当する場合において、与干渉

50

無線機となる他の無線通信装置を含む構成を示す概略図である。

【図 1 0】第 2 の実施形態の無線通信装置の一構成例を示すブロック図である。

【図 1 1】第 2 の実施形態の通信処理方法の手順を示すフローチャートである。

【図 1 2】第 2 の実施形態において、C C A 非対称状態の検出方法を説明するためのヒストグラムである。

【図 1 3】図 1 2 (c) に示したパケット送信待機時間分布差分を拡大して示す図である。

【図 1 4】C C A 非対称状態でない場合における、図 1 2 (b) に相当するパケット送信待機時間分布の一例を示す。

【図 1 5】C C A 非対称状態を説明するための図である。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 2 】

本発明の無線通信装置の実施形態を説明する。以下に説明する実施形態では、被干渉側となる無線通信装置が I E E E 8 0 2 . 1 1 方式で通信を行い、与干渉側となる無線通信装置が I E E E 8 0 2 . 1 5 . 4 方式で通信を行う場合で説明するが、通信端末同士が互いの無線信号が衝突するのを回避して通信を行う方法であれば、他の通信方法であってもよい。

【 0 0 3 3 】

(第 1 の実施形態)

本実施形態の無線通信装置について説明する。本実施形態では、C S M A / C A 方式でアクセス制御を行う無線通信装置を S t a t i o n (S T A) と表記する。

20

【 0 0 3 4 】

図 1 は、本実施形態の無線通信装置が被干渉無線機に相当する場合における通信システムの一構成例を示すブロック図である。

【 0 0 3 5 】

本実施形態において、S T A 1 1 1 は、S T A 1 2 1 が送信したパケットにより干渉を受け、C C A 非対称状態を判定する被干渉無線機であるものとする。また、S T A 1 2 1 は、S T A 1 1 1 が送信したパケットを C C A により検出することができず、C C A 非対称状態になることで、S T A 1 1 1 に対して干渉を与える与干渉無線機であるものとする。

30

【 0 0 3 6 】

G W 1 3 1 は、S T A 1 1 1 および S T A 1 2 1 と通信可能であり、S T A 1 1 1 と S T A 1 2 1 の間で通信を介助することが可能な無線通信ゲートウェイ装置である。

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態では、G W 1 3 1 における、S T A 1 1 1 と通信するための無線通信機能と、S T A 1 2 1 と通信するための無線通信機能は、物理的に 1 つの装置の場合で説明する。他の実施形態として、S T A 1 1 1 と通信するための無線通信機能と、S T A 1 2 1 と通信するための無線通信機能を、物理的に別の装置とし、その両者を無線または有線にて接続するようにしてもよい。

【 0 0 3 8 】

40

また、本実施形態では、同一の周波数帯を使用し、かつ、C S M A / C A 方式によるチャネルアクセスを行うことを共通点とする、異なる無線通信方式を、S T A 1 1 1 と S T A 1 2 1 のそれぞれが用いる場合で説明する。他の実施形態として、C S M A / C A 方式によるチャネルアクセスを行う同一の無線通信方式を、S T A 1 1 1 および S T A 1 2 1 が用いる構成であってもよい。

【 0 0 3 9 】

次に、C C A 非対称状態の検出と改善を行う機能の構成について、図 2 を参照して説明する。図 2 は図 1 に示した S T A 1 1 1 の一構成例を示すブロック図である。

【 0 0 4 0 】

図 2 に示すように、S T A 1 1 1 は、無線通信処理部 1 5 と、送信特徴量測定部 1 1 と

50

、通信特徴量記憶部 1 2 と、C C A 非対称状態判定部 1 3 と、送信パラメタ制御部 1 4 と、全体制御部 1 6 とを有する。

【 0 0 4 1 】

送信特徴量測定部 1 1 は、自装置の無線通信処理部 1 5 の送信状態を測定し、パケット送信処理に関する特徴量である送信特徴量を取得する。

【 0 0 4 2 】

通信特徴量記憶部 1 2 は、送信特徴量測定部 1 1 にて取得された送信特徴量を記憶する。通信特徴量記憶部 1 2 は、例えば、不揮発性メモリである。

【 0 0 4 3 】

C C A 非対称状態判定部 1 3 は、通信特徴量記憶部 1 2 に保存された送信特徴量から、送信状態の測定を実施した装置が C C A 非対称状態であるか否かを判定する。

10

【 0 0 4 4 】

送信パラメタ制御部 1 4 は、C C A 非対称状態判定部 1 3 が出力した判定結果と、状態が判定された S T A 1 1 1 (送信状態の測定を行った無線通信装置に相当)の通信状態、それ以外の無線通信装置に相当する S T A 1 2 1 の通信状態、またはその両方から、状態が判定された S T A 1 1 1、S T A 1 2 1、またはその両方の送信制御に係わる諸パラメタを変更する。

【 0 0 4 5 】

無線通信処理部 1 5 は、パケット送信を行う前に、C C A を行って送信チャネルが使用されているか否かを確認し、送信チャネルが未使用であれば、パケット送信を行う。また、無線通信処理部 1 5 は、送信特徴量測定部 1 1 が要求する送信状態情報を取得し、送信パラメタ制御部 1 4 の制御にしたがって送信パラメタを変更する。ここで、送信状態情報とは、無線通信処理部 1 5 がパケット送信を行う際の状態を示す情報を意味し、図 5 を参照して説明するパケット送信間隔の情報を含む。

20

【 0 0 4 6 】

全体制御部 1 6 は、C C A 非対称状態の検出および改善を実行するために、送信特徴量測定部 1 1、通信特徴量記憶部 1 2、および送信パラメタ制御部 1 4 を制御する。

【 0 0 4 7 】

なお、無線通信処理部 1 5、送信特徴量測定部 1 1、C C A 非対称状態判定部 1 3、送信パラメタ制御部 1 4 および全体制御部 1 6 の各部の構成は、例えば、それぞれの機能を実行するための回路が設けられた専用の半導体集積回路である。また、別の一例として、プログラムにしたがって処理を実行する C P U (C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t) およびプログラムを保存するメモリを有する制御部 (不図示) が S T A 1 1 1 に予め設けられ、C P U がプログラムを実行することで、無線通信処理部 1 5、送信特徴量測定部 1 1、C C A 非対称状態判定部 1 3、送信パラメタ制御部 1 4 および全体制御部 1 6 が仮想的に構成されてもよい。さらに、C P U がプログラムを実行することで仮想的に構成される対象は、無線通信処理部 1 5、送信特徴量測定部 1 1、C C A 非対称状態判定部 1 3、送信パラメタ制御部 1 4 および全体制御部 1 6 に限らず、これらのうちの一部であってもよい。

30

【 0 0 4 8 】

次に、図 1 に示した G W 1 3 1 の構成を、図 3 を参照して説明する。図 3 は G W 1 3 1 の一構成例を示すブロック図である。本実施形態では、C C A 非対称状態の検出および改善に関連する構成について説明し、一般的な無線通信ゲートウェイとしての機能についての詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 4 9 】

図 3 に示すように、G W 1 3 1 は、制御部 3 1 および記憶部 3 2 を有する。制御部 3 1 は、プログラムにしたがって処理を実行する C P U (不図示) と、プログラムを記憶するメモリ (不図示) とを有する。制御部 3 1 は、S T A 1 1 1 および S T A 1 2 1 のうち、一方の無線機がテストパケットを G W 1 3 1 に送信し、他方の無線機がパケットの送信を停止している基準状態で、一方の無線機から受信するテストパケットについて、テストパ

50

ケット信号の長さ、平均送信待ち時間、および単位時間当たりの送信パケット数を含むテストパケット情報を記憶部 32 に記録する。制御部 31 は、STA 111 および STA 121 の無線機毎にテストパケット情報を記憶部 32 に保存する。そして、制御部 31 は、STA 111 および STA 121 のうち、一方の無線機から他方の無線機のテストパケット情報についての問い合わせがあると、他方の無線機のテストパケット情報を記憶部 32 から読み出し、読み出したテストパケット情報を問い合わせ元の無線機に通知する。

【0050】

なお、本実施形態では、図 2 に示すように、STA 111 が送信特徴量測定部 11 ~ 全体制御部 16 を有する構成の場合で説明するが、通信特徴量記憶部 12、CCA 非対称状態判定部 13、送信パラメタ制御部 14 および全体制御部 16 は必ずしも STA 111 に設けられている必要はなく、これらの構成が物理的に他の無線通信装置に設けられ、STA 111 が他の無線通信装置と何らかの通信回線で接続される構成であってもよい。

10

【0051】

例えば、STA 111 が送信特徴量測定部 11 および無線通信処理部 15 を備え、GW 131 が通信特徴量記憶部 12、CCA 非対称状態判定部 13、送信パラメタ制御部 14 および全体制御部 16 を備えている場合が考えられる。また、STA 111 が送信特徴量測定部 11、通信特徴量記憶部 12 および無線通信処理部 15 を備え、GW 131 が CCA 非対称状態判定部 13、送信パラメタ制御部 14 および全体制御部 16 を備えている場合が考えられる。さらに、STA 111 が送信特徴量測定部 11、通信特徴量記憶部 12、CCA 非対称状態判定部 13 および無線通信処理部 15 を備え、GW 131 が送信パラメタ制御部 14 および全体制御部 16 を備えている場合が考えられる。

20

【0052】

また、STA 121 が STA 111 と同様な構成であってもよい。

【0053】

次に、STA 111 が実行する、CCA 非対称状態の検出と改善のための動作を説明する。

【0054】

図 4 は本実施形態の通信処理方法の手順を示すフローチャートである。図 5 は送信パケットを説明するための図である。図 6 は本実施形態における、CCA 非対称状態の検出方法を説明するためのヒストグラムである。

30

【0055】

第 1 の処理として、CCA 非対称状態でない場合における送信状態の特徴量を、基準状態の送信特徴量として取得する処理を実行する（ステップ 201）。以下に、第 1 の処理について詳しく説明する。

【0056】

なお、本実施形態では、CCA 非対称状態の判定精度向上のため、基準状態の送信特徴量を取得するために、パケットを実際に送信する場合で説明するが、パケット送信を実際に行わずに、基準状態の送信特徴量を理論値から求めるなどしてもよい。

【0057】

まず、STA 121 のパケット送信による測定への影響を防止するため、全体制御部 16 は、STA 121 に対して送信を禁止するように指示する。続いて、全体制御部 16 が、送信特徴量測定部 11 に対し、後述する送信特徴量の測定を実行させる。送信特徴量の測定が完了したら、全体制御部 16 は STA 121 に対してパケット送信禁止の解除を通知する。

40

【0058】

続いて、送信特徴量測定部 11 の測定動作を、図 5 を参照して説明する。

【0059】

送信特徴量測定部 11 は、パケット長 $L_{tp1} [byte]$ のテストパケットを、送信処理アイドル時間 $T_{spid} [s]$ の間隔を空けて送信時間 $T_{trt} [s]$ の間、送信するよう、無線通信処理部 15 に指示する。

50

【 0 0 6 0 】

なお、図 5 中のパケット送信待機区間は、バックオフ時間およびチャネルビジーによる送信開始待ちを含む、無線通信処理部 1 5 がパケット送信処理を開始した時間から、実際に無線信号の送信が開始される時間までの区間である。

【 0 0 6 1 】

このとき、S T A 1 1 1 が送信するテストパケットのパケット長 $L_{tp1} [byte]$ および送信処理アイドル時間 $T_{spid} [s]$ は、送信時間 $T_{trt} [s]$ の間、一定の値であればよいが、本実施形態では、測定精度を高めるため、パケット長 L_{tp1} は、無線通信処理部 1 5 が許す最大長とし、送信処理アイドル時間 T_{spid} は無線通信処理部 1 5 が許す最小値とする。

10

【 0 0 6 2 】

全体制御部 1 6 より指示を受けた送信特徴量測定部 1 1 は、前回のパケット送信終了時間から送信処理アイドル時間 $T_{spid} [s]$ の間隔において、繰り返しテストパケットを生成し、無線通信処理部 1 5 に G W 1 3 1 宛てにテストパケットを送信させる。無線通信処理部 1 5 はパケット送信の都度、パケット送信間隔の情報を送信特徴量測定部 1 1 に出力するので、送信特徴量測定部 1 1 はこれを保存する。

【 0 0 6 3 】

ここで、パケット送信間隔とは、図 5 に示すように、今回のパケット送信開始時間から、前回パケット送信開始時間を引いたものである。

【 0 0 6 4 】

20

このとき、無線通信処理部 1 5 が送信したテストパケットに対して G W 1 3 1 から A C K パケット（受信応答パケット）が送信されてしまうと、C C A 非対称状態判定の精度が悪化するため、本実施形態においては、G W 1 3 1 から A C K パケットが送信されないようにする。具体的には、送信するテストパケットの制御フィールドを、A C K パケットの送信を要求しないことを示す値に設定する。

【 0 0 6 5 】

最初のテストパケット送信開始から送信時間 T_{trt} だけ経過すると、送信特徴量測定部 1 1 はテストパケットの送信を停止し、取得したパケット送信間隔群を、パケット送信間隔分類単位幅 L_{picw} で分類し、パケット送信間隔分布を生成し、パケット送信間隔分布を通信特徴量記憶部 1 2 に記憶させる。

30

【 0 0 6 6 】

このとき、C S M A / C A 方式が有するランダムバックオフ機能により、図 5 に示すパケット送信待機時間がパケット送信の都度変化するため、必ずパケット送信間隔に分布が生じる。図 6 (a) は基準状態での送信間隔分布の一例を示す。

【 0 0 6 7 】

第 2 の処理として、C C A 非対称状態の判定対象である、S T A 1 1 1 と S T A 1 2 1 が共に送信を行う共存状態において、送信状態特徴量を取得する処理を実行する（ステップ 2 0 2 ）。以下に、第 2 の処理について詳しく説明する。

【 0 0 6 8 】

まず、全体制御部 1 6 が S T A 1 2 1 に対し、G W 1 3 1 宛てにテストパケットの送信を開始するよう指示する。

40

【 0 0 6 9 】

このとき、S T A 1 2 1 が送信するテストパケットのパケット長 $L_{tp1} [byte]$ および送信処理アイドル時間 $T_{spid} [s]$ は、送信時間 $T_{trt} [s]$ の間、一定の値であればよいが、本実施形態では、測定精度を高めるため、パケット長 L_{tp1} は、S T A 1 2 1 が許す最大長とし、送信処理アイドル時間 $T_{spid} [s]$ は S T A 1 2 1 が許す最小値とする（図 5 参照）。

【 0 0 7 0 】

このとき、S T A 1 2 1 が送信したテストパケットに対して G W 1 3 1 から A C K パケット（受信応答パケット）が送信されてしまうと、C C A 非対称状態判定の精度が悪化す

50

るため、本実施形態においては、GW 131からACKパケットが送信されないようにする。具体的には、送信するテストパケットの制御フィールドを、ACKパケットの送信を要求しないことを示す値に設定する。

【0071】

続いて、全体制御部16が、送信特徴量測定部11に対し、前述の送信特徴量の測定を実行させ、共存状態でのパケット送信間隔分布を取得する。図6(b)は共存状態での送信間隔分布の一例を示す。

【0072】

送信特徴量の測定が完了したら、全体制御部16はSTA121に対してテストパケットの送信を停止するよう指示する。

10

【0073】

第3の処理として、CCA非対称状態判定部13において、基準状態の送信特徴量と、共存状態の送信特徴量を比較し、STA111とSTA121の間にCCA非対称状態が生じているかを判定する(ステップ203)。以下に、第3の処理について詳しく説明する。

【0074】

まず、CCA非対称状態判定部13は、全体制御部16からCCA非対称状態判定実行の指示を受けると、通信特徴量記憶部12から、基準状態のパケット送信間隔分布と、共存状態でのパケット送信間隔分布を取得する。

【0075】

20

続いて、CCA非対称状態判定部13は、取得した共存状態でのパケット送信間隔分布と、基準状態のパケット送信間隔分布の差分を取り、その差分分布中に、CCA非対称状態により生じたピークが存在するか否かを判定する。

【0076】

本実施形態においては、CCA非対称状態判定部13は、図6に示すように、まず、取得した共存状態でのパケット送信間隔分布(図6(b))から、基準状態のパケット送信間隔分布(図6(a))を、パケット送信間隔分類単位幅Lpicw[s]単位で減算し、パケット送信間隔分布差分を生成する(図6(c)参照)。

【0077】

図7は図6(c)に示したパケット送信間隔分布差分を拡大して示すものである。比較として、CCA非対称状態でない場合における、図6(b)に相当する送信間隔分布の一例を図8に示す。

30

【0078】

図7に示すように、パケット送信間隔分布差分のプラス側に、CCA非対称状態か否かの判定対象となる分布が現われる。CCA非対称状態である場合、与干渉側であるSTA121が待ち合わせずにパケットを送信する。他方、被干渉側であるSTA111では、STA121の送信パケットが送信される都度送信を待ち合わせるため、STA121の送信パケット長分、送信間隔が長くなるパケットが多く存在する。

【0079】

一方、CCA非対称状態ではない場合、STA121も、STA111が送信したパケットを検出して送信を待ち合わせる。そのため、図8に示すように、STA111では、CCA非対称状態に比べて送信間隔が長いパケットの割合が低下する。

40

【0080】

CCA非対称状態判定部13は、生成したパケット送信間隔分布差分において、最大の値を持つ要素が対応する送信間隔区間が、送信間隔判定閾値Twithresh[s]以上であり、かつ、その最大の値を持つ要素を中心とするピーク幅Lwdistwidth[s]分の要素(図7参照)の値の合計が存在比率閾値Pwaitpkt以上であれば、CCA非対称状態に依る送信間隔分布のピークが存在すると判定する。

【0081】

このときに用いる送信間隔判定閾値Twithresh[s]、ピーク幅Lwdist

50

$wid\theta h[s]$ 、および存在比率閾値 $P_{waitpkt}$ のそれぞれの決定方法の一例を、以下に説明するが、これらの決定方法に限定されるものではない。

【0082】

送信間隔判定閾値 $T_{withresh}[s]$ は、以下の式1から求められる。

【0083】

【数1】

$$T_{withresh} = T_{wiave} + T_{zplen} \quad \cdots (式1)$$

10

【0084】

式1において、 T_{wiave} はSTA111の基準状態での平均送信間隔であり、 $T_{zplen}[s]$ はSTA121が送信するテストパケット信号の長さである。

【0085】

ピーク幅 $L_{wdistwidth}[s]$ は、以下の式2から求められる。

【0086】

【数2】

$$L_{wdistwidth} = ((CW_{min} + 1) \cdot 2^2 - 1) \cdot T_{wslotlen} \quad \cdots (式2)$$

20

【0087】

式2において、 CW_{min} はSTA111のCSMA/CAにおける送信1回目の最大バックオフスロット数であり、 $T_{wslotlen}[s]$ はSTA111のバックオフスロット1つ分の時間長である。

【0088】

存在比率閾値 $P_{waitpkt}$ は、以下の式3から求められる。

【0089】

【数3】

$$\left. \begin{aligned} P_{waitpkt} &= \frac{N_{waitpkt}}{N_{totalpkt}} = \frac{N_{waitpkt}}{N_{waitpkt} + N_{nowaitpkt}} \\ N_{nowaitpkt} &= \frac{T_{zidleave}}{T_{wiave}} \\ N_{waitpkt} &= N_{totalpkt} \end{aligned} \right\} (式3)$$

30

40

【0090】

式3において、 $T_{zidleave}[s]$ はSTA121の基準状態での平均送信待ち時間であり、 $N_{totalpkt}[pkt/s]$ はSTA121の基準状態での単位時間送信パケット数である。

【0091】

上記の式中で使用する T_{zplen} 、 $T_{zidleave}$ 、 $N_{totalpkt}$ 等のようなSTA121に係わる情報は、本実施形態においては、事前にSTA121が基準

50

状態でテストパケットを送信した際の結果をGW131に保存し、その情報をSTA111がGW131に問い合わせたGW131から取得するものとする。STA121に係わる情報の取得方法は、この方法に限定されるものではなく、工場出荷時にSTA111の通信特徴量記憶部12に記憶させる等のように、事前にSTA111に記憶させておいてもよい。

【0092】

CCA非対称状態に依る送信間隔分布のピークが検出された場合、CCA非対称状態判定部13は、全体制御部16に対して、CCA非対称状態であることを通知する。一方、CCA非対称状態に依る送信間隔分布のピークが検出されない場合、CCA非対称状態判定部13は全体制御部16に対してCCA非対称状態ではないことを通知する。

10

【0093】

第4の処理として、送信パラメタ制御部14において、CCA非対称状態を解消するために、STA111、STA121、またはこれらの両方の送信パラメタを変更する(ステップ204)。以下に、第4の処理について詳しく説明する。

【0094】

全体制御部16は、判定結果がCCA非対称状態であれば、送信パラメタ制御部14に対して、送信パラメタ変更を指示する。

【0095】

このとき、送信パラメタを変更する無線通信装置は、STA111、STA121、またはその両方が考えられるが、本実施形態においては、STA121の送信パラメタを変更する。

20

【0096】

全体制御部16から指示を受けた送信パラメタ制御部14は、GW131に対し、STA121から受信したパケットのRSSが、許容受信信号強度閾値 $P_{rsst} [dBm]$ 以上であるか否かを問い合わせる。

【0097】

このとき、本実施形態においては、許容受信信号強度閾値 $P_{rsst} [dBm]$ は、以下の式4から決定される。

【0098】

【数4】

30

$$P_{rsst} = P_{nf} + P_{sn} + P_{margin} \quad \cdots (式4)$$

【0099】

式4において、 $P_{nf} [dBm]$ は受信側の無線機が持つノイズ電力値であり、 $P_{sn} [dB]$ は、使用される無線通信方式に固有の変調信号を複合するために必要なSN比(Signal Noise 比)である。

【0100】

40

式4における $P_{margin} [dB]$ は、無線信号伝送路などの影響による伝送損失の変動量である。例えば、 $P_{margin} [dB]$ は、GW131において、STA121から受信したパケットのRSSの変動幅である。

【0101】

もしGW131がSTA121から受信したパケットのRSSが、許容受信信号強度閾値 $P_{rsst} [dBm]$ 以上であれば、送信パラメタ制御部14はSTA121の送信出力を低下させてもよいと判断し、STA121に対して送信出力を低下させるよう指示する。

【0102】

もしGW131がSTA121から受信したパケットのRSSが、許容受信信号強度閾

50

値 $P_{rss_t} [dBm]$ よりも小さければ、送信パラメタ制御部 14 は STA_{121} に対して CCA における信号検出感度を高くさせるよう指示する。

【0103】

このとき、送信パラメタを変更させるか否か、および、どのパラメタをどの程度変更させるかの判断基準は、前述の RSS の他、端末自身の優先度や、 STA_{121} と GW_{131} の間での通信における PER (Packet Error Rate) などであってもよい。

【0104】

また、変更する送信パラメタは、 CW 、端末間距離、使用チャネルなど、送信に係わるパラメタであれば他のものであってもよい。

10

【0105】

送信パラメタ制御部 14 から指示を受けた STA_{121} は、その指示に従い、送信パラメタを変更する。

【0106】

STA_{121} の送信出力が低下したこと、もしくは信号検出感度が高くなったことで、 STA_{121} のパケット送信により STA_{111} のパケット送信が妨害されることがなくなり、 CCA 非対称状態が解消され、その結果、 STA_{111} の通信効率が改善する。

【0107】

なお、第 4 の処理について、本実施形態においては、無線通信の物理層およびメディアアクセスコントロール層 (MAC 層) のパラメタを調整することで CCA 非対称状態を改善するが、より上位の層 (ネットワーク層など) において、与干渉側の単位時間当たり送信可能パケット数に制限を行う、などの対処を実施することで、 CCA 非対称状態のまま、干渉の発生を減少させるようにしてもよい。

20

【0108】

また、 STA_{111} の送信パラメタを変更する場合には、送信パラメタ制御部 14 は、無線通信処理部 15 に対して、例えば、パケット送信出力を高くするように指示すればよい。

【0109】

本実施形態では、上述のようにして、基準状態および共存状態のパケット送信特徴量の差分に基づいて、 CCA 非対称状態であるか否かを検出することが可能となり、次のような効果を奏する。

30

【0110】

第 1 の効果は、 CCA 非対称状態を回避することで、与干渉側の一方的な送信による被干渉側の送信待ちを改善できることである。

【0111】

第 2 の効果は、 CCA 非対称状態を回避することで、与干渉側のパケットが被干渉側のパケットに衝突する可能性を低下させることである。

【0112】

第 3 の効果は、上記の第 1 の効果および第 2 の効果により、被干渉側、与干渉側の両者の通信効率が改善することである。

40

【0113】

(第 2 の実施形態)

本実施形態は、 CCA 非対称状態の検出および改善の方法について、第 1 の実施形態で説明した方法とは異なる方法である。本実施形態においても、 $CSMA/CA$ 方式でアクセス制御を行う無線通信装置の場合で説明し、無線通信装置を STA と表記する。

【0114】

本実施形態の無線通信装置の構成を説明する。図 9 は、本実施形態の無線通信装置が被干渉無線機に相当する場合において、与干渉無線機となる他の無線通信装置を含む構成を示す概略図である。

【0115】

50

本実施形態において、STA141は、STA151からの干渉を受け、CCA非対称状態を判定する被干渉無線機であるものとする。また、STA142は、STA141が送信したパケットを受信する無線機であるものとする。また、STA151は、ビーコンパケットのような、一定周期で固定長のパケットを送信し、STA141の送信パケットを検出することができずに、CCA非対称状態により干渉を与える与干渉無線機であるものとする。

【0116】

次に、CCA非対称状態の検出と改善を行う機能の構成について、図10を参照して説明する。図10は図9に示したSTA141の一構成例を示すブロック図である。

【0117】

図10に示すように、STA141は、無線通信処理部15と、送信特徴量測定部11と、通信特徴量記憶部12と、CCA非対称状態判定部13と、状態表示部18と、全体制御部16と、アプリケーション部17とを有する。STA141は、第1の実施形態で説明した送信特徴量測定部11、通信特徴量記憶部12、無線通信処理部15および全体制御部16を有しているが、本実施形態では、これらの構成について、第1の実施形態と異なる点を詳細に説明し、第1の実施形態と同様な動作の説明を省略する。

【0118】

送信特徴量測定部11は、自装置の無線通信処理部15の送信状態を測定し、送信特徴量を取得する。

【0119】

通信特徴量記憶部12は、送信特徴量測定部11にて取得された送信特徴量を記憶する。

【0120】

CCA非対称状態判定部13は、通信特徴量記憶部12に保存された送信特徴量から、送信状態の測定を実施した装置がCCA非対称状態であるか否かを判定し、全体制御部16にその結果を出力する。

【0121】

無線通信処理部15は、パケット送信を行う前に、CCAを行って送信チャネルが使用されているか否かを確認し、送信チャネルが未使用であれば、パケット送信を行う。また、無線通信処理部15は、送信特徴量測定部11が要求する送信状態情報を取得し、アプリケーション部17からの指示にしたがって送信パラメタを変更する。ここで、送信状態情報とは、無線通信処理部15がパケット送信を行う際の状態を示す情報を意味し、図5を参照して説明したパケット送信待機時間の情報を含む。

【0122】

状態表示部18は、全体制御部16からの指示に基づき、状態判定結果を表示する。状態表示部18は、例えば、液晶ディスプレイである。

【0123】

全体制御部16は、CCA非対称状態の検出および改善を実行するために、送信特徴量測定部11、通信特徴量記憶部12、および状態表示部18を制御する。

【0124】

アプリケーション部17は、パケットを生成し、無線通信処理部15を用いてパケットの送受信を行い、STA142と通信を行う。

【0125】

なお、無線通信処理部15、送信特徴量測定部11、CCA非対称状態判定部13、アプリケーション部17および全体制御部16の各部は、第1の実施形態と同様に、専用の半導体集積回路であってもよく、CPUがプログラムを実行することで仮想的に構成されるものであってもよい。また、STA151がSTA141と同様な構成であってもよい。

【0126】

次に、STA141が実行する、CCA非対称状態の検出と改善のための動作を説明す

10

20

30

40

50

る。図 1 1 は本実施形態の通信処理方法の手順を示すフローチャートである。図 1 2 は本実施形態における、C C A 非対称状態の検出方法を説明するためのヒストグラムである。

【 0 1 2 7 】

本実施形態では、S T A 1 5 1 のビーコン送信により S T A 1 4 1 のパケット送信待機時間が影響を受けることを利用して C C A 非対称状態の検出を行う。

【 0 1 2 8 】

第 1 の処理として、後述する第 3 の処理で用いられる、理論上での送信特徴量の設定を行う (ステップ 2 1 1)。具体的には、全体制御部 1 6 は、通信特徴量記憶部 1 2 に対して、送信特徴量として理論上でのパケット送信待機時間分布を記憶させる。図 1 2 (a) は理論上でのパケット送信待機時間分布の一例を示す。

10

【 0 1 2 9 】

なお、第 1 の処理は、次に説明する第 2 の処理の直前に実施する必要はなく、工場出荷時に通信特徴量記憶部 1 2 に記憶させるなど、事前に実施してもよい。

【 0 1 3 0 】

第 2 の処理として、実際の環境での送信特徴量を測定する (ステップ 2 1 2)。以下に、第 2 の処理について詳しく説明する。

【 0 1 3 1 】

先ず、全体制御部 1 6 が、送信特徴量測定部 1 1 に対し、無線通信処理部 1 5 がパケット送信を実施するたびに出力するパケット送信待機時間の取得、およびパケット送信待機時間分布の作成を開始するよう指示する。

20

【 0 1 3 2 】

全体制御部 1 6 から指示を受けた送信特徴量測定部 1 1 は、アプリケーション部 1 7 が無線通信処理部 1 5 からパケットを送信する度に無線通信処理部 1 5 が送信特徴量測定部 1 1 に出力するパケット送信待機時間の情報を受け取る。取得したパケット送信待機時間は、パケット送信待機時間分類単位幅 $L p s w c w [s]$ 単位で区分され、その区分ごとに計数を行い、パケット送信待機時間分布が作成される。

【 0 1 3 3 】

パケット送信待機時間の測定が開始されてから、状態測定期間 $T m t [s]$ が経過すると、全体制御部 1 6 は、送信特徴量測定部 1 1 に対し、パケット送信待機時間の取得、およびパケット送信待機時間分布の作成を終了するよう指示する。指示を受けた送信特徴量測定部 1 1 は、パケット送信待機時間分布の取得を終了し、作成したパケット送信待機時間分布を通信特徴量記憶部 1 2 に保存する。図 1 2 (b) は測定したパケット送信待機時間分布の一例を示す。

30

【 0 1 3 4 】

第 3 の処理として、C C A 非対称状態判定部 1 3 において、測定されたパケット送信待機時間分布と、理論上でのパケット送信待機時間分布とを比較し、S T A 1 4 1 と S T A 1 5 1 の間に C C A 非対称状態が生じているかを判定する (ステップ 2 1 3)。以下に、第 3 の処理について詳しく説明する。

【 0 1 3 5 】

先ず、C C A 非対称状態判定部 1 3 は、全体制御部 1 6 から C C A 非対称状態判定実行の指示を受けると、通信特徴量記憶部 1 2 から、測定されたパケット送信待機時間分布と、理論上でのパケット送信待機時間分布を取得する。

40

【 0 1 3 6 】

C C A 非対称状態判定部 1 3 は、図 1 2 に示すように、測定されたパケット送信待機時間分布 (図 1 2 (b)) から、理論上でのパケット送信待機時間分布 (図 1 2 (a)) を、パケット送信待機時間分類単位幅 $L p s w c w [s]$ 単位で減算し、パケット送信待機時間分布差分を生成する (図 1 2 (c) 参照)。

【 0 1 3 7 】

図 1 3 は図 1 2 (c) に示したパケット送信待機時間分布差分を拡大して示したものである。比較として、C C A 非対称状態でない場合における、図 1 2 (b) に相当する送信

50

待機時間分布の一例を図 1 4 に示す。

【 0 1 3 8 】

図 1 3 に示すように、パケット送信待機時間分布差分のプラス側に、C C A 非対称状態か否かの判定対象となる分布が現われる。C C A 非対称状態である場合、与干渉側である S T A 1 5 1 が待ち合わせずにパケットを送信する。他方、被干渉側である S T A 1 4 1 では、S T A 1 5 1 の送信パケットが送信される都度送信を待ち合わせるため、S T A 1 5 1 の送信パケット長分、送信待機時間が長くなるパケットが多く存在する。

【 0 1 3 9 】

一方、C C A 非対称状態ではない場合、S T A 1 5 1 も、S T A 1 4 1 が送信したパケットを検出して送信を待ち合わせる。そのため、図 1 4 に示すように、S T A 1 4 1 では、C C A 非対称状態に比べて送信待機時間が長いパケットの割合が低下する。

10

【 0 1 4 0 】

C C A 非対称状態判定部 1 3 は、図 1 3 に示すように、生成したパケット送信待機時間分布差分において、平均被干渉パケット送信待機時間 $T_{ipsw}[s]$ を中心とするピーク幅 $L_{dw}[s]$ 分の要素（図 1 3 参照）の値の合計が存在比率閾値 Pwp 以上であれば、C C A 非対称状態に依るパケット送信待機時間分布のピークが存在すると判定する。

【 0 1 4 1 】

このときに用いる平均被干渉パケット送信待機時間、ピーク幅、および存在比率閾値のそれぞれの決定方法の一例を、以下に説明するが、これらの決定方法に限定されるものではない。

20

【 0 1 4 2 】

平均被干渉パケット送信待機時間 $T_{ipsw}[s]$ は、以下の式 5 から求められる。

【 0 1 4 3 】

【数 5】

$$T_{ipsw} = T_{pswave} + T_{bplen} \quad \dots (式5)$$

【 0 1 4 4 】

式 5 において、 $T_{pswave}[s]$ は S T A 1 4 1 の通信規格に基づく理論上での平均パケット送信待機時間であり、 $T_{bplen}[s]$ は S T A 1 5 1 が送信するビーコンパケット信号の長さである。

30

【 0 1 4 5 】

ピーク幅 $L_{dw}[s]$ は、以下の式 6 から求められる。

【 0 1 4 6 】

【数 6】

$$L_{dw} = ((CW_{min} + 1) \cdot 2^2 - 1) \cdot T_{sl} \quad \dots (式6)$$

40

【 0 1 4 7 】

式 6 において、 CW_{min} は S T A 1 4 1 の C S M A / C A における送信 1 回目の最大バックオフスロット数であり、 $T_{sl}[s]$ は S T A 1 4 1 のバックオフスロット 1 つ分の時間長である。

【 0 1 4 8 】

存在比率閾値 Pwp は、以下の式 7 から求められる。

【 0 1 4 9 】

【数 7】

$$\left. \begin{aligned} P_{wp} &= \frac{N_{wp}}{N_{sp}} \\ N_{wp} &= N_{bp} = \frac{T_{mt}}{T_{bi}} \end{aligned} \right\} \quad (\text{式7})$$

10

【0150】

式7において、 N_{sp} はSTA141が状態測定期間 T_{mt} [s]中に送信したパケット数、 N_{bp} はSTA151が状態測定期間 T_{mt} [s]中に送信したビーコンパケット数、 T_{bi} [s]はSTA151のビーコンパケット送信間隔 [s]である。

【0151】

上記の式中使用する T_{mt} [s]、 T_{bi} [s]、 T_{bplen} [s]等のようなSTA151に係わる情報は、本実施形態においては、工場出荷時にSTA141の通信特徴量記憶部12に記憶させる等のように、事前にSTA141に対して記憶させておいてもよい。

20

【0152】

第4の処理として、CCA非対称状態の改善を行う(ステップ214)。以下に、第4の処理について詳しく説明する。

【0153】

CCA非対称状態による送信間隔分布のピークが検出された場合、CCA非対称状態判定部13は全体制御部16に対してCCA非対称状態であることを通知し、CCA非対称状態に依る送信間隔分布のピークが検出されない場合、CCA非対称状態判定部13は全体制御部16に対してCCA非対称状態ではないことを通知する。

【0154】

全体制御部16は、CCA非対称状態判定部13から得た判定結果がCCA非対称状態を示すものであった場合、状態表示部18にCCA非対称状態であることを表示させる。状態表示部18がCCA非対称状態である旨を表示する場合、ユーザは、STA141の設置位置を変更し、CCA非対称状態とならないようにする。

30

【0155】

このとき、STA141とSTA151の距離を短くすれば、STA151がSTA141の送信を検出できるようになり、両者の間でCSMA/CAが良好に機能するようになる。また、STA141とSTA151の距離を離すことで、STA141がSTA151の送信を検出できなくなり、両者の間に影響関係はなくなる。その結果、CCA非対称状態が改善する。

【0156】

本実施形態では、上述のようにして、理論および実測のパケット送信特徴量の差分に基づいて、CCA非対称状態であるか否かを検出することが可能となり、次のような効果を奏する。

40

【0157】

第1の効果は、CCA非対称状態を回避することで、与干渉側の一方的な送信による被干渉側の送信待ちをなくし、チャネルアクセス性の悪化を改善できることである。

【0158】

第2の効果は、CCA非対称状態を回避することで、与干渉側のパケットが被干渉側のパケットに衝突する可能性を低下させることである。

【0159】

50

第3の効果は、上記第1の効果および第2の効果により、被干渉側、与干渉側の両者の通信効率が改善することである。

【0160】

なお、第1の実施形態で説明した無線通信装置に対して、状態表示部18を設け、第2の実施形態で説明した第4の処理を実行させてもよい。また、第2の実施形態で説明した無線通信装置に対して、送信パラメタ制御部14を設け、第1の実施形態で説明した第4の処理を実行させてもよい。

【0161】

さらに、本発明の通信処理方法の手順を記述したプログラムを無線通信装置に実行させてもよい。

10

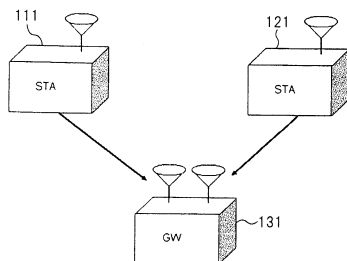
【符号の説明】

【0162】

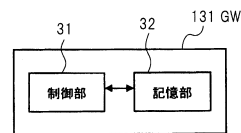
- 111、121、141、151 無線通信装置（STA）
 131 ゲートウェイ装置（GW）
 11 送信特徴量測定部
 12 通信特徴量記憶部
 13 CCA非対称状態判定部
 14 送信パラメタ制御部
 15 無線通信処理部
 16 全体制御部
 17 アプリケーション部
 18 状態表示部

20

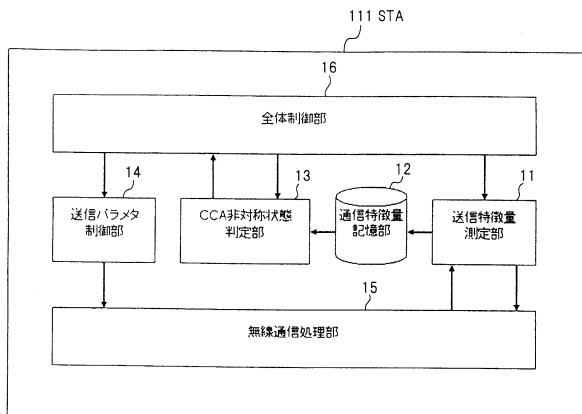
【図1】



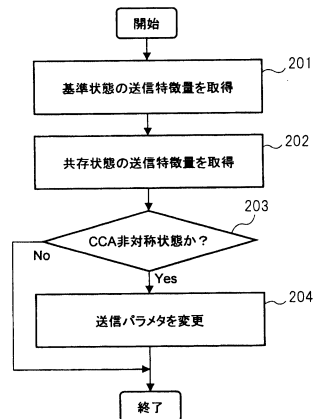
【図3】



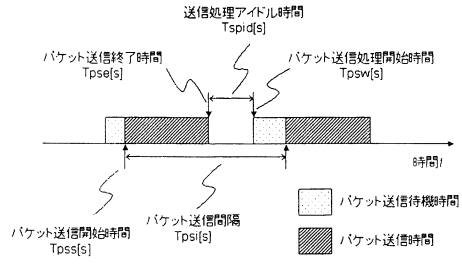
【図2】



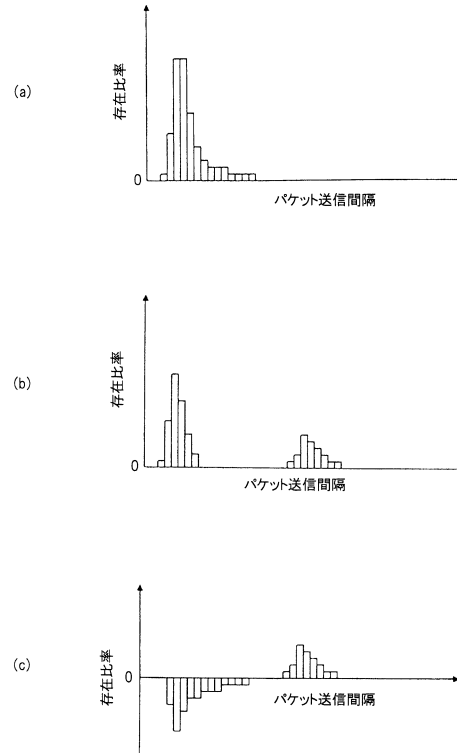
【図4】



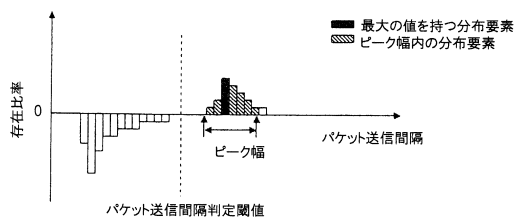
【図 5】



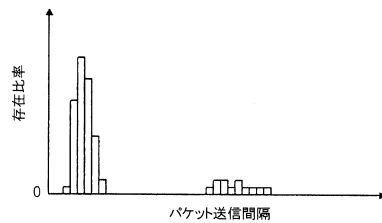
【図 6】



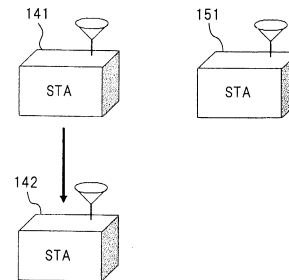
【図 7】



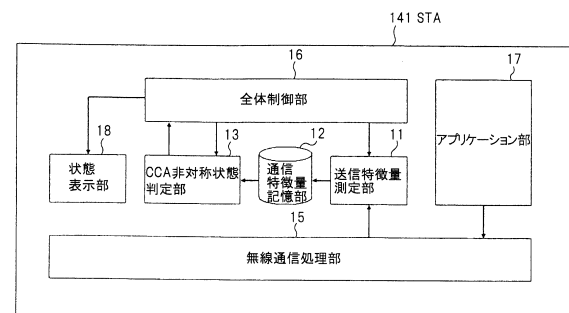
【図 8】



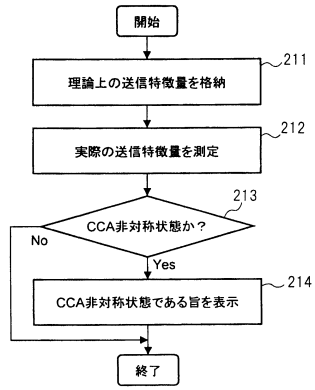
【図 9】



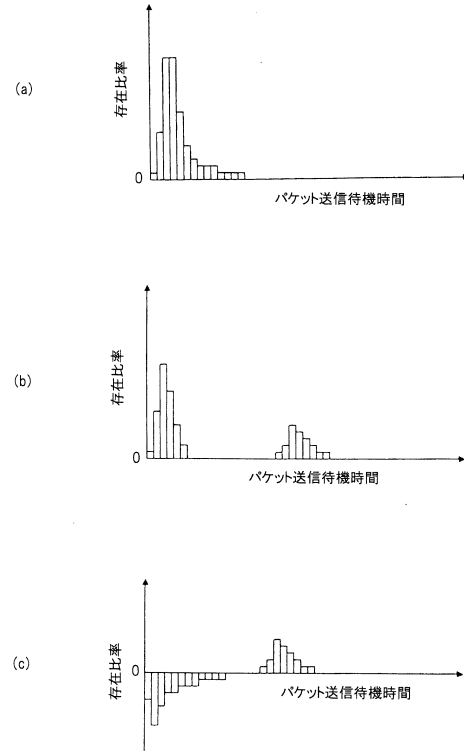
【図 10】



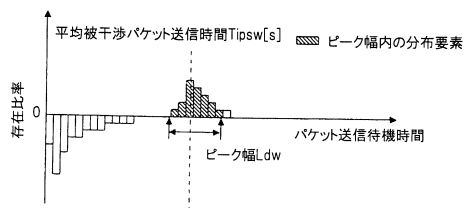
【図 1 1】



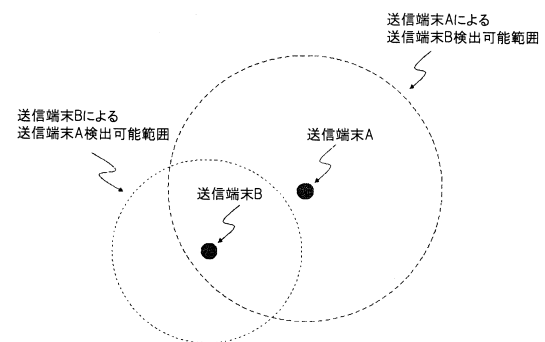
【図 1 2】



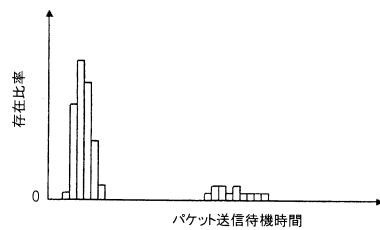
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



 フロントページの続き

- (72)発明者 松本 晃
東京都港区三田一丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 アウスト シュテファン
東京都港区三田一丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 伊藤 哲也
東京都港区三田一丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 邵 鵬
東京都港区三田一丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 デイビス ピーター
京都府京都市左京区吉田下大路町58番13 株式会社テレコグニックス内

審査官 松野 吉宏

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0286122(US, A1)
米国特許出願公開第2008/0008133(US, A1)
Bin Zhen, Huan-Bang Li, Shinsuke Hara, Ryuji Kohno, Clear channel assessment in integrated medical environments, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking - Wireless Telemedicine and Applications, 米国, ACM, 2007年12月13日, Volume 2008, Article No.48
Bin Zhen, Huan-Bang Li, Shinsuke Hara, Ryuji Kohno, Energy Based Carrier Sensing in Integrated Medical Environments, Communications, 2008. ICC '08. IEEE International Conference on, 米国, IEEE explore, 2008年 5月23日, p.3110-3114

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B	7 / 2 4	-	7 / 2 6
H04W	4 / 0 0	-	9 9 / 0 0