

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-224949

(P2017-224949A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl.
H04W 24/02 (2009.01)

F I
H04W 24/02

テーマコード (参考)
5K067

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-118189 (P2016-118189)
(22) 出願日 平成28年6月14日 (2016.6.14)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(71) 出願人 504132272
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 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100151002
弁理士 大橋 剛之
(74) 代理人 100201673
弁理士 河田 良夫
(72) 発明者 アベセカラ ヒランタ
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】 無線通信システムおよび無線通信方法

(57) 【要約】

【課題】 データ送信を行う無線通信局の周辺の無線環境情報および宛先通信局におけるS I N Rを用いて、データ送信の際に使用する最適なキャリアセンス閾値および送信電力値、または減衰値を算出する。

【解決手段】 共用周波数帯上で無線通信を行う複数の無線通信局を備えた無線通信システムにおいて、無線通信局は、周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比S I N Rの情報を取得する無線環境情報取得手段と、宛先通信局におけるS I N Rと、自局で検知される共用周波数帯を用いる周辺の無線通信局数に応じて、宛先通信局のスループットが最大となる自局の送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值を同時に算出して設定するパラメータ設定手段とを備える。

【選択図】 図2

無線通信局の構成例



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共用周波数帯上で無線通信を行う複数の無線通信局を備えた無線通信システムにおいて

前記無線通信局は、

周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比 S I N R の情報を取得する無線環境情報取得手段と、

前記宛先通信局における前記 S I N R と、自局で検知される前記共用周波数帯を用いる周辺の無線通信局数に応じて、前記宛先通信局のスループットが最大となる自局の送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值を同時に算出して設定するパラメータ設定手段とを備えたことを特徴とする無線通信システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の無線通信システムにおいて、

前記パラメータ設定手段は、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值に応じて減衰器の減衰値を設定する構成である

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の無線通信システムにおいて、

前記パラメータ設定手段は、無線通信局 i における送信電力の最大値 P 、リンクゲインを G_{ii} 、キャリアセンス閾値の最小値 θ としたときの無線通信局 i における S I N R を用い、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值 a_i 、前記周辺の無線通信局数 M 、伝搬係数 δ に対して $\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii} P}{\theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1) a_i^{-\delta}}$ としたときに、該補正值 a_i に対するスループットが

20

【数 1 6】

$$\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii} P}{\theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1) a_i^{-\delta}}$$

と表され、該スループットが最大となる補正值 a_i を算出する構成である

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の無線通信システムにおいて、

前記パラメータ設定手段は、全ての無線通信局における送信電力の最大値 P 、リンクゲインを G 、キャリアセンス閾値の最小値 θ としたときの無線通信局における S I N R を用い、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值 a 、一定期間内における周辺の無線通信局の平均数 $E[M]$ 、伝搬係数 δ に対して $\log_2 \left(1 + \frac{G P}{\theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}}$ としたときに、該補正值 a に対するスループットが

30

【数 1 7】

$$\log_2 \left(1 + \frac{G P}{\theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}}$$

と表され、該スループットが最大となる補正值 a を算出する構成である

40

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 5】

共用周波数帯上で無線通信を行う複数の無線通信局を備えた無線通信方法において、

前記無線通信局は、

周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比 S I N R の情報を取得する無線環境情報取得ステップと、

前記宛先通信局における前記 S I N R と、自局で検知される前記共用周波数帯を用いる周辺の無線通信局数に応じて、前記宛先通信局のスループットが最大となる自局の送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值を同時に算出して設定するパラメータ設定ステップと

50

を有することを特徴とする無線通信方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の無線通信方法において、

前記パラメータ設定ステップは、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值に応じて減衰器の減衰値を設定する

ことを特徴とする無線通信方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の無線通信方法において、

前記パラメータ設定ステップは、無線通信局 i における送信電力の最大値 P 、リンクゲインを G_{ii} 、キャリアセンス閾値の最小値 θ としたときの無線通信局 i における $SINR$ を用い、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值 a_i 、前記周辺の無線通信局数 M 、伝搬係数 δ に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值 a_i に対するスループットが

10

【数 18】

$$\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii} P}{\theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1) a_i^{-\delta}}$$

と表され、該スループットが最大となる補正值 a_i を算出する

ことを特徴とする無線通信方法。

【請求項 8】

20

請求項 5 に記載の無線通信方法において、

前記パラメータ設定ステップは、全ての無線通信局における送信電力の最大値 P 、リンクゲインを G 、キャリアセンス閾値の最小値 θ としたときの無線通信局における $SINR$ を用い、前記送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值 a 、一定期間内における周辺の無線通信局の平均数 $E[M]$ 、伝搬係数 δ に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值 a に対するスループットが

【数 19】

$$\log_2 \left(1 + \frac{GP}{\theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}}$$

30

と表され、該スループットが最大となる補正值 a を算出する

ことを特徴とする無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線 LAN (Local Area Network) の稠密環境において、各無線局の CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 制御に起因するスループットの低下を改善する無線通信システムおよび無線通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

40

近年、ノートパソコンやスマートフォン等の持ち運び可能で高性能な無線端末の普及により企業や公共スペースだけではなく、一般家庭でも IEEE802.11 標準規格の無線 LAN が広く使われるようになってきている。IEEE802.11 標準規格の無線 LAN には、2.4 GHz 帯を用いる IEEE802.11b/g/n 規格の無線 LAN と、5 GHz 帯を用いる IEEE802.11a/n/ac 規格の無線 LAN がある。

【0003】

IEEE802.11b 規格や IEEE802.11g 規格の無線 LAN では、2400 MHz から 2483.5 MHz 間に 5 MHz 間隔で 13 チャンネルが用意されている。ただし、同一場所で複数のチャンネルを使用する際は、干渉を避けるためスペクトルが重ならないようにチャンネルを使用すると最大で 3 チャンネル、場合によっては 4 チャンネルまで同時に使用できる。

50

【 0 0 0 4 】

IEEE802.11 a 規格の無線 LAN では、日本の場合は、5170 MHz から 5330 MHz 間と、5490 MHz から 5710 MHz 間で、それぞれ互いに重ならない 8 チャンネルおよび 11 チャンネルの合計 19 チャンネルが規定されている。なお、IEEE802.11 a 規格では、チャンネル当たりの帯域幅が 20 MHz に固定されている。

【 0 0 0 5 】

無線 LAN の最大伝送速度は、IEEE802.11 b 規格の場合は 11 Mbps であり、IEEE802.11 a 規格や IEEE802.11 g 規格の場合は 54 Mbps である。ただし、ここでの伝送速度は物理レイヤ上での伝送速度である。実際には MAC (Medium Access Control) レイヤでの伝送効率が 50 ~ 70 % 程度であるため、実際のスループットの上限値は IEEE802.11 b 規格では 5 Mbps 程度、IEEE802.11 a 規格や IEEE802.11 g 規格では 30 Mbps 程度である。また、伝送速度は、情報を送信しようとする無線局が増えればさらに低下する。

10

【 0 0 0 6 】

一方で、有線 LAN では、Ethernet (登録商標) の 100Base-T インタフェースをはじめ、各家庭にも光ファイバを用いた F T T H (Fiber to the home) の普及から、100 Mbps ~ 1 Gbps 級の高速回線の提供が普及しており、無線 LAN においても更なる伝送速度の高速化が求められている。

【 0 0 0 7 】

そのため、2009年に標準化が完了した IEEE802.11 n 規格では、これまで 20 MHz と固定されていたチャンネル帯域幅が最大で 40 MHz に拡大され、また、空間多重送信技術 (M I M O : Multiple input multiple output) 技術の導入が決定された。IEEE802.11 n 規格で規定されているすべての機能を適用して送受信を行うと、物理レイヤでは最大で 600 Mbps の通信速度を実現可能である。

20

【 0 0 0 8 】

さらに、2013年に標準化が完了した IEEE802.11ac 規格では、チャンネル帯域幅を 80 MHz や最大で 160 MHz (または 80 + 80 MHz) まで拡大することや、空間分割多元接続 (S D M A : Space Division Multiple Access) を適用したマルチユーザ M I M O (M U - M I M O) 送信方法の導入が決定している。IEEE802.11ac 規格で規定されているすべての機能を適用して送受信を行うと、物理レイヤでは最大で約 6.9 Gbps の通信速度を実現可能である。

30

【 0 0 0 9 】

IEEE802.11 規格の無線 LAN は、2.4 GHz 帯または 5 GHz 帯の免許不要な周波数帯で運用するため、IEEE802.11 規格の無線基地局は、無線 LAN セル (B S S : Basic Service Set) を形成する際に、自無線基地局で対応可能な周波数チャンネルの中から 1 つの周波数チャンネルを選択して運用する。

【 0 0 1 0 】

自セルで使用するチャンネル、帯域幅およびそれ以外のパラメータの設定値および自無線基地局において対応可能なその他のパラメータは、定期的送信する Beacon フレームや、無線端末から受信する Probe Request フレームに対する Probe response フレーム等に記載し、運用が決定された周波数チャンネル上でフレームを送信し、配下の無線端末および周辺の他無線局に通知することで、セルの運用を行っている。

40

【 0 0 1 1 】

無線基地局において、周波数チャンネルや帯域幅およびその他のパラメータの選択および設定方法には、次の 4 つの方法がある。

- (1) 無線基地局の製造メーカで設定されたデフォルトのパラメータ値をそのまま使用する方法
- (2) 無線基地局を運用するユーザが手動で設定した値を使用する方法
- (3) 各無線基地局が起動時に自局において検知する無線環境情報に基づいて自律的にパラメータ値を選択して設定する方法
- (4) 無線 LAN コントローラなどの集中制御局で決定されたパラメータ値を設定する方

50

法

【 0 0 1 2 】

また、同一場所で同時に使えるチャネル数は、通信に用いるチャネル帯域幅によって、2.4 GHz帯の無線LANでは3つ、5 GHz帯の無線LANでは2つ、4つ、9つ、または19のチャネルになるので、実際に無線LANを導入する際には無線基地局が自BSS内で使用するチャネルを選択する必要がある（非特許文献1）。

【 0 0 1 3 】

チャネル帯域幅を40 MHz、80 MHz、160 MHzまたは80 + 80 MHzと広くする場合、5 GHz帯において同一場所で同時に使えるチャネル数は、チャネル帯域幅が20 MHzで19チャネルだったものが、9チャネル、4チャネル、2チャネルと少なくなる。すなわち、チャネル帯域幅が増加するにつれて、使えるチャネル数が低減することになる。

10

【 0 0 1 4 】

使用可能なチャネル数よりもBSS数が多い無線LANの稠密環境では、複数のBSSが同一チャネルを使うことになる（OBSS：Overlapping BSS）。そのため無線LANでは、CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance）を用いて、キャリアセンスによりチャネルが空いているときにのみデータの送信を行う自律分散的なアクセス制御が使われている。

【 0 0 1 5 】

具体的には、送信要求が発生した無線局は、まず所定のセンシング期間（DIFS：Distributed Inter-Frame Space）だけキャリアセンスを行って無線媒体の状態を監視し、この間に他の無線局による送信信号が存在しなければ、ランダム・バックオフを行う。無線局は、引き続きランダム・バックオフ期間中もキャリアセンスを行うが、この間にも他の無線局による送信信号が存在しない場合に、チャネルの利用権を得る。なお、他の無線局による送受信は、予め設定されたキャリアセンス閾値よりも大きな信号を受信するか否かで判断される。チャネルの利用権を得た無線局は、同一BSS内の他の無線局にデータを送信し、またそれらの無線局からデータを受信できる。このようなCSMA/CA制御を行う場合、同一チャネルを使用する無線LANの稠密環境では、キャリアセンスによりチャネルがビジーになる頻度が高くなるためスループットが低下する。したがって、周辺環境をモニタリングし、適切なチャネル、使用する送信電力、使用するキャリアセンス閾値、使用する減衰値を選択することが重要になる。

20

30

【 0 0 1 6 】

無線基地局におけるチャネルの選択方法は、IEEE802.11標準規格で定まっていないため、各ベンダーが独自の方法を採用しているが、最も一般的なチャネル選択方法としては、干渉電力の最も少ないチャネルを自律分散的に選択する方法がある。無線基地局は、一定期間すべてのチャネルをキャリアセンスして最も干渉電力が小さいチャネルを選択し、選択したチャネル上で配下の端末装置とデータの送受信を行う。なお、干渉電力とは、近隣BSSや他システムから受信する信号のレベルである。

【 0 0 1 7 】

IEEE802.11標準規格では、BSS周辺の無線状況が変化した場合におけるチャネルの変更手順が規定されているが、基本的に、レーダ検出などによる強制移行以外は、一度選択したチャネルの再選択を行っていない。すなわち、現状無線LANでは、無線状況の変化に応じたチャネルの最適化は行われていない。

40

【 0 0 1 8 】

また、IEEE802.11標準規格では、各国で定められている電波法に従って送信する信号の最大送信出力値を規定している。キャリアセンス閾値として検知信号が無線LAN信号の場合は-82dBmであり、それ以外の場合は-62dBmと規定されている。

【 0 0 1 9 】

このように、送信電力およびキャリアセンス閾値の最大値が規定されているが、同一チャネル上で複数の無線局が送受信を行う際に、無線状況の変化に応じた最適値については規定されていない（非特許文献2）。

50

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0020】

【非特許文献1】守倉正博、久保田周治監修、「802.11高速無線LAN教科書」改訂三版、インプレスR&D、2008年3月。

【非特許文献2】Robert Stacey, "Specification Framework for TGax, " 2016年1月28日。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

前述した周波数チャネルや帯域幅およびその他のパラメータの選択および設定方法(1)~(4)のうち、特に安価な無線基地局は、(1)の製造メーカーで設定されたデフォルトのパラメータをそのまま使用することが多い。しかし、近くに同じ製造メーカーの無線基地局が複数台設置された環境の場合は、全ての無線基地局が同じ周波数チャネルや送信電力値を使うことになるので、無線基地局間で干渉が発生してしまい通信品質が劣化する問題がある。

10

【0022】

一般家庭など比較的小規模なネットワークでは、(2)の無線LANを運用するユーザが適切なパラメータを設定することが考えられる。しかし、外部干渉源がない環境では各種パラメータの設定は可能だが、都市部や集合住宅など周りで無線LANが使われている環境、または中規模や大規模なネットワークでは、ユーザまたは管理者による適切なパラメータ設定が困難である。

20

【0023】

自律分散動作が可能な無線基地局は、(3)の各無線基地局が起動時に自局において検知する無線環境情報に基づいて自律的にパラメータ値の選択が可能である。しかし、無線基地局が起動される順番によって適切なパラメータ値が異なる。

【0024】

また、起動中の無線基地局数の変化、各々の無線基地局配下の無線端末装置の変化、各々のセル内の無線装置により送出されるデータ量の変化などの環境変化が起きたときに、使用チャネル、使用送信電力、使用キャリアセンス閾値、使用減衰値の最適化を行っていないため、各々のセルのスループット間で差が生じたり、システム全体でもスループットが劣化したりする問題がある。

30

【0025】

本発明は、共用無線周波数帯を用いる無線通信局が密集している環境において、データ送信を行う無線通信局の周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比(SINR)を用いて、データ送信の際に使用する最適なキャリアセンス閾値および送信電力値、または減衰値を算出することができる無線通信システムおよび無線通信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】

【0026】

第1の発明は、共用周波数帯上で無線通信を行う複数の無線通信局を備えた無線通信システムにおいて、無線通信局は、周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比SINRの情報を取得する無線環境情報取得手段と、宛先通信局におけるSINRと、自局で検知される共用周波数帯を用いる周辺の無線通信局数に応じて、宛先通信局のスループットが最大となる自局の送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正値を同時に算出して設定するパラメータ設定手段とを備える。

40

【0027】

第1の発明の無線通信システムにおいて、パラメータ設定手段は、送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正値に応じて減衰器の減衰値を設定する構成である。

【0028】

50

第1の発明の無線通信システムにおいて、パラメータ設定手段は、無線通信局*i*における送信電力の最大値*P*、リンクゲインを*G_{ii}*、キャリアセンス閾値の最小値としたときの無線通信局*i*におけるSINRを用い、無線通信局*i*における送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值*a_i*、周辺の無線通信局数*M*、伝搬係数に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值*a_i*に対するスループットが

【数1】

$$\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1)a_i^{-\delta}}$$

と表され、該スループットが最大となる補正值*a_i*を算出する構成である。

10

【0029】

第1の発明の無線通信システムにおいて、パラメータ設定手段は、全ての無線通信局における送信電力の最大値*P*、リンクゲインを*G*、キャリアセンス閾値の最小値としたときの無線通信局におけるSINRを用い、送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值*a*、一定期間内における周辺の無線通信局の平均台数*E[M]*、伝搬係数に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值*a*に対するスループットが

【数2】

$$\log_2 \left(1 + \frac{GP}{\Theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M]a^{-2\delta})}{E[M]a^{-2\delta}}$$

20

と表され、該スループットが最大となる補正值*a*を算出する構成である。

【0030】

第2の発明は、共用周波数帯上で無線通信を行う複数の無線通信局を備えた無線通信方法において、無線通信局は、周辺の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比SINRの情報を取得する無線環境情報取得ステップと、宛先通信局におけるSINRと、自局で検知される共用周波数帯を用いる周辺の無線通信局数に応じて、宛先通信局のスループットが最大となる自局の送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值を同時に算出して設定するパラメータ設定ステップとを有する。

【0031】

第2の発明の無線通信方法において、パラメータ設定ステップは、送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值に応じて減衰器の減衰値を設定する。

30

【0032】

第2の発明の無線通信方法において、パラメータ設定ステップは、無線通信局*i*における送信電力の最大値*P*、リンクゲインを*G_{ii}*、キャリアセンス閾値の最小値としたときの無線通信局*i*におけるSINRを用い、無線通信局*i*における送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值*a_i*、周辺の無線通信局数*M*、伝搬係数に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值*a_i*に対するスループットが

【数3】

$$\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1)a_i^{-\delta}}$$

40

と表され、該スループットが最大となる補正值*a_i*を算出する。

【0033】

第2の発明の無線通信方法において、パラメータ設定ステップは、全ての無線通信局における送信電力の最大値*P*、リンクゲインを*G*、キャリアセンス閾値の最小値としたときの無線通信局におけるSINRを用い、送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值*a*、一定期間内における周辺の無線通信局の平均台数*E[M]*、伝搬係数に対して $\gamma = 2/\delta$ としたときに、該補正值*a*に対するスループットが

【数 4】

$$\log_2 \left(1 + \frac{GP}{\Theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}}$$

と表され、該スループットが最大となる補正值 a を算出する。

【発明の効果】

【0034】

本発明は、共用無線周波数帯を用いる無線通信局が密集している環境において、無線通信局がデータ送信を行う際のアクセス権（チャネル利用権）を獲得するまでの待機時間が短くなる。そのため、受信する無線通信局のスループットが改善され、使用アプリケーションの通信品質とユーザの体感品質が向上する効果が得られる。 10

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図 1】本発明の無線通信システムの構成例を示す図である。

【図 2】無線通信局の構成例を示す図である。

【図 3】無線通信局の処理手順例を示すフローチャートである。

【図 4】減衰値の補正值 a に対する周辺の無線通信局数の確率分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

図 1 は、本発明の無線通信システムの構成例を示す。 20

図 1 において、無線基地局 $AP1 \sim AP5$ は、共用無線周波数帯でそれぞれ帰属端末と無線通信を行う。 $AP1$ は帰属端末 $STA11 \sim STA13$ と無線通信を行い、 $AP2$ は帰属端末 $STA21$ と無線通信を行い、 $AP3$ は帰属端末 $STA31$ と無線通信を行い、 $AP4$ は帰属端末 $STA41 \sim STA42$ と無線通信を行い、 $AP5$ は帰属端末 $STA51$ と無線通信を行う。

【0037】

図 2 は、本発明の無線通信システムの無線通信局の構成例を示す。なお、無線通信局は、無線基地局 AP または帰属端末 STA であり、どちらも同じ構成である。

図 2 において、無線通信局は、宛先局とデータ送受信を行う無線通信部 11 と、周辺の無線環境情報のスキニングを実施し、周辺の無線通信局の使用パラメータ等の無線環境情報および宛先通信局における信号電力対干渉電力比 $SINR$ の情報を取得する無線環境情報取得部 12 と、取得した無線環境情報を用いて送信電力値、キャリアセンス閾値、減衰値などのパラメータを算出するパラメータ算出部 13 と、算出した送信電力値、キャリアセンス閾値、減衰値などのパラメータを設定するパラメータ設定部 14 と、設定されたパラメータを用いたキャリアセンスによりアクセス権を獲得するアクセス権獲得部 15 とにより構成される。 30

【0038】

図 3 は、本発明の無線通信システムの無線通信局の処理手順例 1 を示す。

図 3 において、無線通信局の無線環境情報取得部 12 は、周辺の無線通信局の使用パラメータ等の無線環境情報を取得し（ $S11$ ）、現在運用中の送信電力値における宛先通信局での信号電力対干渉電力比 $SINR$ の情報を取得する（ $S12$ ）。次に、パラメータ算出部 13 は、各取得情報を用いて当該無線通信局における最適な送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值を算出する（ $S13$ ）。次に、パラメータ設定部 14 は、算出された補正值を用いて送信電力値およびキャリアセンス閾値を設定し（ $S14$ ）、運用を開始する。 40

【0039】

本発明の特徴は、送信電力値を下げた分だけキャリアセンス閾値を上げることにより、キャリアセンスによるアクセス権を取得しやすくするとともに、 $SINR$ が大幅に低下しないように制御するところにある。すなわち、送信電力を a [dB] 下げると、宛先の無線通信局における $SINR$ が劣化し、スループットが減少する。一方、キャリアセンス閾値を a [dB] 上げると、周辺の無線通信局数が減り、アクセス権が取得しやすくなってスループ 50

ットが増加する。したがって、送信電力値およびキャリアセンス閾値には、スループットを最大化しながら SINR が大幅に低下しない最適な補正值 a があり、本発明はその最適な補正值 a を算出する方法を示す。

【0040】

ここで、送信電力値を a [dB] 下げ、同時にキャリアセンス閾値を a [dB] 上げることは、無線通信局の減衰器（アッテネータ）の減衰値を a [dB] 大きくすることと等価である。すなわち、減衰値を現在の値に対して a [dB] 大きくすると、無線通信局の送信電力が a [dB] 下がり、また当該無線通信局における受信電力が a [dB] 減少するので、キャリアセンス閾値を a [dB] 上げたことと等価になる。したがって、例えばキャリアセンス閾値の変更ができない無線通信局、または送信電力値の補正值とキャリアセンス閾値の補正值を正負対称の値に調整できない無線通信局においては、減衰値を調整する方法がとられる。

10

【0041】

（実施例1）

実施例1では、SINRを考慮した場合の減衰値の補正值 a を算出する方法について説明する。なお、送信電力値およびキャリアセンス閾値の補正值 a でもよい。また、無線通信局の送信電力値およびキャリアセンス閾値、または減衰値は、以下の方法で算出された補正值 a で補正された値とする。

【0042】

単位帯域幅における通信容量（シャノン容量） C は、次のように与えられる。

【数5】

$$C = \log_2(1 + \text{SINR}) \quad \dots(1)$$

20

【0043】

共用周波数帯を用いて無線通信を行う周辺の無線通信局数を M とすると、共用周波数帯へのアクセス権を取得する無線通信局の合計数は、 $(1 + M)$ 台となる。したがって、無線通信局1台当たりのスループットは、次のように表される。

【数6】

$$\frac{\log_2(1 + \text{SINR})}{1 + M} \quad \dots(2)$$

【0044】

ここで、無線通信局 i における送信電力を p_i 、リンクゲインを G_{ii} 、キャリアセンス閾値を θ_i とすると、当該無線通信局 i における SINR は、次のように表すことができる。

30

【数7】

$$\text{SINR} = \frac{G_{ii} p_i}{\theta_i} \quad \dots(3)$$

【0045】

送信電力の最大値を P 、キャリアセンス閾値の最小値を Θ とすると、無線通信局 i において正常な送受信のためには、次の関係が成り立つ。

40

【数8】

$$p_i \theta_i = P \Theta \quad \dots(4)$$

【0046】

ここで、無線通信局 i の減衰値の補正值 a_i を設定すると、次の関係が成り立つ。

【数 9】

$$\theta_i = \Theta a_i$$

$$p_i = P / a_i$$

$$\text{SINR}(a_i) = \frac{G_{ii}P/a_i}{\Theta a_i} = \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \quad \dots(5)$$

【0047】

よって、無線通信局 i においてスループットを最大化する減衰値の最適な補正值 a^* は、式(2) および式(5) を用いて次のように表される。 10

【数 10】

$$\begin{aligned} a^* &= \arg \max_{a_i} E \left[\frac{\log_2(1 + \text{SINR}(a_i))}{1 + M(a_i)} \right] \\ &= \arg \max_{a_i} E \left[\frac{\log_2 \left(1 + \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \right)}{1 + M(a_i)} \right] \quad \dots(6) \end{aligned}$$

20

【0048】

ここで、 $M(a_i)$ は、無線通信局 i の減衰値の補正值 a_i を設定した場合に検知可能な周辺の無線通信局数である。 $E[x]$ は、確率変数 x の平均値を示す。

【0049】

図 4 は、減衰値の補正值 a に対する周辺の無線通信局数の確率分布関数を示す。

図 4 において、横軸は減衰値の補正值 a であり、大きくなるほどセルサイズが小さくなる。縦軸は、周辺の無線通信局数 M の確率である。ここでは、補正值 a に対して周辺の無線通信局数 M の確率分布、すなわちチャネル占有率を示す。

【0050】

伝搬係数を δ とし、 $\delta = 2 / \alpha$ とすると、無線通信局 M 台が二項点過程 (BPP) に従って一様に配置される場合に、最適な補正值 a^* は次のように表すことができる。 30

【数 11】

$$E \left[\frac{1}{1 + M(a_i)} \right] = \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1) a_i^{-\delta}} \quad \dots(7)$$

$$a^* = \arg \max_{a_i} \log_2 \left(1 + \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \right) \frac{1 - (1 - a_i^{-\delta})^{M+1}}{(M+1) a_i^{-\delta}} \quad \dots(8)$$

40

【0051】

また、スループットの下限值 (Lower bound) を用いて最適な補正值 a^* は次のように表すことができる。

【数 12】

$$a^* = \arg \max_{a_i} \log_2 \left(1 + \frac{G_{ii}P}{\Theta a_i^2} \right) \frac{1}{1 + M a_i^{-\delta}} \quad \dots(9)$$

【0052】

さらに、スループットの近似値 (Approximated) を用いて最適な補正值 a^* は次のように表すことができる。 50

【数 1 3】

$$a^* = \arg \max_{a_i} \log_2 \left(\frac{G_{ii} P}{\Theta a_i^2} \right) \frac{1}{1 + M a_i^{-\delta}} \quad \dots(10)$$

【0053】

(実施例 2)

実施例 2 では、無線通信局がポアソン点過程 (PPP) に従って一様に配置される場合を考える。すなわち、複数の無線通信局が同一減衰値の補正值 a を採用するものとし、検知可能な周辺の無線通信局の平均台数を $E[M]$ とする。全ての無線通信局において、 $p_i = p$ 、 $\theta_i = \theta$ とし、全ての無線通信局は減衰値の補正值 $a_i = a$ を用いるとすると、スループットの式(7),(8)の中で検知可能な周辺の無線通信局数 $M(a_i) = M(a)$ に関する部分は、次のように表すことができる。

【数 1 4】

$$E \left[\frac{1}{1 + M(a)} \right] = \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}} \quad \dots(11)$$

【0054】

よって、無線通信局がポアソン点過程 (PPP) に従って一様に配置される環境において、全ての無線通信局は減衰値の補正值を用いる場合に、全ての無線通信局においてスループットを最大化する減衰値の最適な補正值 a^* は、次のように表すことができる。ただし、リンクゲインは全ての無線通信局において $G_{ii} = G$ とする。

【数 1 5】

$$\begin{aligned} a^* &= \arg \max_a \log_2 \left(1 + \frac{GP}{\Theta a^2} \right) E \left[\frac{1}{1 + M(a)} \right] \\ &= \arg \max_a \log_2 \left(1 + \frac{GP}{\Theta a^2} \right) \frac{1 - \exp(-E[M] a^{-2\delta})}{E[M] a^{-2\delta}} \quad \dots(12) \end{aligned}$$

【符号の説明】

【0055】

A P 無線基地局

S T A 帰属端末

1 1 無線通信部

1 2 無線環境情報取得部

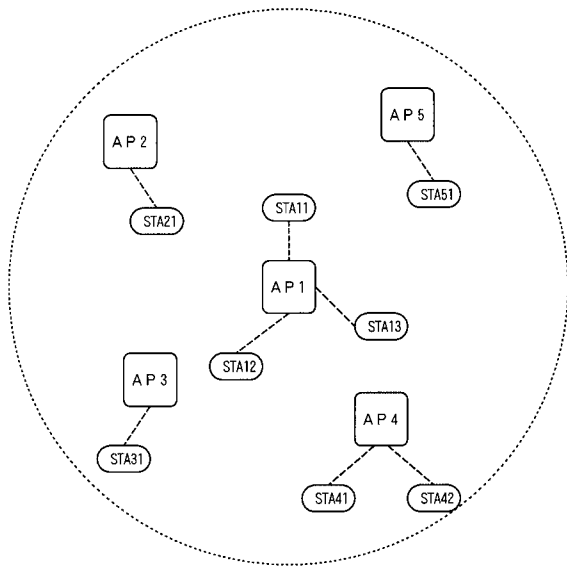
1 3 パラメータ算出部

1 4 パラメータ設定部

1 5 アクセス権獲得部

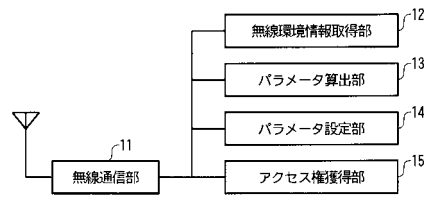
【 図 1 】

本発明の無線通信システムの構成例



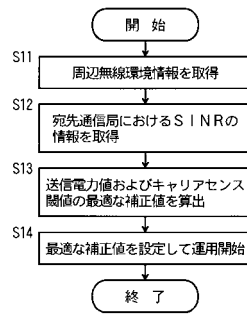
【 図 2 】

無線通信局の構成例



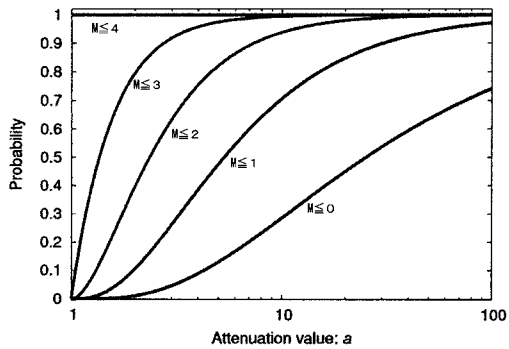
【 図 3 】

無線通信局の処理手順例



【 図 4 】

減衰値の補正値 a に対する周辺の無線通信局数の確率分布



フロントページの続き

- (72)発明者 篠原 笑子
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 福園 隼人
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 松井 宗大
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 溝口 匡人
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 山本 高至
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
- Fターム(参考) 5K067 AA21 BB21 DD43 EE02 EE10 FF16 GG08