

明 細 書

発明の名称：通信制御装置及び無線通信装置

技術分野

[0001] 本開示は、通信制御装置及び無線通信装置に関する。

背景技術

[0002] 将来の周波数リソースの枯渇を緩和するための対策の1つとして、周波数の二次利用についての議論が進められている。周波数の二次利用とは、あるシステムに優先的に割当てられている周波数チャンネルの一部又は全部を、他のシステムが二次的に利用することをいう。一般的に、周波数チャンネルが優先的に割当てられているシステムをプライマリシステム (Primary System)、当該周波数チャンネルを二次利用するシステムをセカンダリシステム (Secondary System) という。セカンダリシステムの典型的な一例は、認知無線システム (Cognitive Radio System) である。

[0003] TVホワイトスペースは、二次利用が議論されている周波数チャンネルの一例である (非特許文献1参照)。TVホワイトスペースは、プライマリシステムとしてのテレビジョン放送システムに割当てられている周波数チャンネルのうち、地域に応じて当該テレビジョン放送システムにより利用されていないチャンネルを指す。このTVホワイトスペースをセカンダリシステムに開放することで、周波数リソースの効率的な活用が実現され得る。非特許文献1は、セカンダリシステムを利用するホワイトスペースデバイス (WSD) の技術的要件及び動作要件を定義している。セカンダリシステムを運用するデバイスをマスタWSD、セカンダリシステムに参加するデバイスをスレーブWSDともいう。

[0004] 周波数帯の二次利用に際して、通常、セカンダリシステムには、プライマリシステムに有害な干渉 (harmful interference) を与えることのないような運用が求められる。そのための重要な技術の1つが、送信電力制御である。例えば、特許文献1及び特許文献2は、複数のセカンダリシステムがプラ

イマリシステムに与える累積的な干渉（aggregated interference）を許容されるレベルに抑制するための技術を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 1 2 － 1 5 1 8 1 5 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 3 － 7 8 0 9 6 号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：ECC (Electronic Communications Committee), “Technical and operational requirements for the operation of white space devices under geo-location approach”, ECC REPORT 186, January 2013

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、プライマリシステムに与える累積的な干渉を評価するための計算コストは、セカンダリシステムが多くなるほど増加する。例えば、同じプライマリシステムについてホワイトスペースを二次利用するマスタ WSD の数が 2 倍になれば、計算コストは 4 倍になり得る。許容される時間内に干渉評価のための計算が終了しなければ、セカンダリシステム数の変動に電力の割当てが追従することができず、制御の有効性が失われる可能性がある。

[0008] 従って、複数のセカンダリシステムが運用され得る状況下で、有害な干渉の防止と電力割当ての迅速さとを両立することのできる仕組みを実現することが望ましい。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示によれば、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する 1 つ以上のセカンダリシステムの、基準送信電力と干渉回避用のマージンとを含む割当てられるべき送信電力を計算する計算部と、セカ

ンダリシステム数の変化を判定し、判定した変化分に基づいて前記計算部に前記干渉回避用のマージンを調整させる判定部と、を備える通信制御装置が提供される。

[0010] また、本開示によれば、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムのマスタデバイスと通信する通信部と、基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバ、から取得される情報に基づいて、前記割当て送信電力を特定するためのパラメータを、前記通信部を介して前記マスタデバイスへシグナリングする制御部と、を備える通信制御装置が提供される。

[0011] また、本開示によれば、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用するセカンダリシステムを運用する無線通信装置であって、基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバから取得される情報に基づく前記割当て送信電力を特定するためのパラメータ、のシグナリングを受信する通信部と、前記パラメータを用いて特定される前記割当て送信電力に従って、前記無線通信装置と1つ以上の端末装置との間の無線通信を制御する通信制御部と、を備える無線通信装置が提供される。

発明の効果

[0012] 本開示に係る技術によれば、複数のセカンダリシステムが運用され得る状況下で、有害な干渉の防止と電力割当ての迅速さとを両立することができる。

なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果と共に、又は上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、又は本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]一実施形態に係る通信制御システムの概要について説明するための説明図である。

[図2]セカンダリシステムが増加するシナリオの一例について説明するための説明図である。

[図3]セカンダリシステムが増加するシナリオの他の例について説明するための説明図である。

[図4]セカンダリシステム数と割当て送信電力の計算コストとの関係の一例を示すグラフである。

[図5]電力割当ての遅延の一例について説明するための説明図である。

[図6]一実施形態に係る通信制御装置の論理的な構成の一例を示すブロック図である。

[図7A]一実施形態に係る電力配分処理の流れの第1の例を示すフローチャートである。

[図7B]一実施形態に係る電力配分処理の流れの第2の例を示すフローチャートである。

[図7C]一実施形態に係る電力配分処理の流れの第3の例を示すフローチャートである。

[図7D]一実施形態に係る電力配分処理の流れの第4の例を示すフローチャートである。

[図8]図7A～図7Cに示した電力配分処理において実行され得るマージン調整処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9A]一実施形態に係るシステム内のシグナリングシーケンスの一例を示す第1のシーケンス図である。

[図9B]一実施形態に係るシステム内のシグナリングシーケンスの一例を示す第2のシーケンス図である。

[図10]一実施形態に係る無線通信装置の論理的な構成の一例を示すブロック図である。

[図11]システムモデルの他の例について説明するための説明図である。

[図12] G L D B の概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図13] e N B の概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図14] スマートフォンの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図15] カーナビゲーション装置の概略的な構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0015] また、以下の順序で説明を行う。

1. システムの概要
 - 1-1. G L D B を用いるシステムモデル
 - 1-2. セカンダリシステム数の変化
 - 1-3. 電力割当ての遅延
2. 電力計算モデルの例
 - 2-1. 既存の手法
 - 2-2. より簡易な手法
3. 通信制御装置の構成例
 - 3-1. 各部の構成
 - 3-2. 変形例
4. 処理の流れ
 - 4-1. 電力配分処理
 - 4-2. マージン調整処理
 - 4-3. シグナリングシーケンス
5. 無線通信装置の構成例
6. システムモデルの他の例
7. 応用例

7-1. 通信制御装置に関する応用例

7-2. 無線通信装置に関する応用例

8. まとめ

[0016] <1. システムの概要>

[1-1. GLDBを用いるシステムモデル]

図1は、本開示に係る技術の一実施形態に係る通信制御システム1の概要について説明するための説明図である。通信制御システム1は、プライマリ送受信局10、1つ以上の無線通信装置20a、20b、…、及び通信制御装置100を含む。

[0017] プライマリ送受信局10は、法的に認可され又は使用権限を与えられた周波数チャネル上でプライマリシステムを運用するために設置される送受信局である。プライマリ送受信局10は、サービスエリア11の内部に位置するプライマリ端末（図示せず）へ、プライマリシステムの無線信号を送信する。プライマリシステムは、例えば、DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) システムのようなテレビジョン放送システムであってもよい。その場合には、プライマリ端末は、テレビジョンアンテナ及びチューナを有する受信機 (incumbent receiverともいう) である。また、プライマリシステムは、LTE、LTE-A、GSM、UMTS、W-CDMA、CDMA200、WiMAX、WiMAX2又はIEEE802.16などの通信方式に従って動作する移動体通信システムであってもよい。また、プライマリシステムは、航空無線システム（例えば、ARNS (Aeronautical Radio Navigation Service)）などの他の種類の無線通信システムであってもよい。

[0018] プライマリ送受信局10は、コアネットワーク15に接続される。コアネットワーク15は、ユーザ情報の管理、端末の移動性の管理、パケットの転送及びゲートウェイなどの役割をそれぞれ有する複数の制御ノードを含む。

[0019] 無線通信装置20a、20b、…は、それぞれ、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用することによりセカンダリシステ

ムを運用するマスタデバイスである。無線通信装置 20 a、20 b、…は、例えば、非特許文献 1 において説明されているマスタ WSD であってもよく、又はスモールセル基地局若しくは無線アクセスポイントなどのその他の種類のデバイスであってもよい。スモールセルは、フェムトセル、ナノセル、ピコセル及びマイクロセルなどを含み得る。

[0020] なお、本明細書において、無線通信装置 20 a、20 b、…を互いに区別する必要がない場合には、符号の末尾のアルファベットを省略することにより、これらを無線通信装置 20 と総称する。他の構成要素についても同様とする。

[0021] 無線通信装置 20 は、自装置の周囲に位置するスレーブデバイス（図示せず）との間で、無線信号を送信し及び受信する。セカンダリシステムがサービスエリア 11 の近傍に存在する場合、セカンダリシステムの無線信号は、プライマリ端末に干渉を与える。図 1 の例のように複数のセカンダリシステムが存在する場合には、プライマリ端末において観測される干渉は、累積され得る。

[0022] 無線通信装置 20 は、バックホールリンクを介して、パケットデータネットワーク（PDN）16 に接続する。バックホールリンクは、有線リンクであってもよく、又は無線リンクであってもよい。PDN 16 は、ゲートウェイ（図示せず）を介してコアネットワーク 15 に接続する。

[0023] 通信制御装置 100 は、PDN 16 に配置されるデータサーバである。通信制御装置 100 は、例えば、非特許文献 1 において説明されている GLDB（Geo-location Database）であってもよく、又はその他の種類のサーバであってもよい。図 1 の例に限定されず、通信制御装置 100 は、コアネットワーク 15 に配置されてもよい。また、通信制御装置 100 と同等の機能を有する機能エンティティが、プライマリ送受信局 10 上で実装されてもよい。通信制御装置 100 は、1 つ以上のセカンダリシステムからの無線信号に起因する累積的な干渉がプライマリシステムに有害な影響を与えないように、セカンダリシステムの各々に送信電力を割当てて、例えば、各セカンダリ

リシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 は、システムの運用を開始する際にバックホールリンクを介して通信制御装置 100 へアクティブ化リクエストを送信する。通信制御装置 100 は、アクティブ化リクエストの受信に応じて、各セカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を計算する。そして、通信制御装置 100 は、送信電力の割当て結果（及び利用可能チャンネルのリストなどのその他の情報）を、無線通信装置 20 へ通知する。こうした手続を通じて、セカンダリシステムの運用が可能となる。

[0024] 典型的には、セカンダリシステムからの無線信号に起因する累積的な干渉は、サービスエリア 11 内のいずれかの地点（リファレンスポイントという）における干渉レベルとして推定される。そして、通信制御装置 100 は、推定される干渉レベルが許容されるレベルを上回らないように、各セカンダリシステムに割当てべき送信電力を計算する。リファレンスポイントは、例えば、各無線通信装置 20 からの距離が最も小さい、サービスエリア 11 の保護境界（protection contour）上の地点であってもよい。その代わりに、リファレンスポイントは、各無線通信装置 20 からの距離が最も小さいプライマリ端末が存在する地点であってもよい。図 1 の例では、無線通信装置 20 a、20 b、…にそれぞれ対応するリファレンスポイント 22 a、22 b、…が、サービスエリア 11 の保護境界上に設定されている。

[0025] 例えば、特許文献 1 に記載された電力配分法、又は非特許文献 2 に記載されたマージン最小化法（flexible minimized marginを用いる手法）は、干渉回避用のマージンが可能な限り小さく設定される結果として、より大きい送信電力をセカンダリシステムに割当ててセカンダリシステムのスループットを高めることができるという利点を有する。しかし、これら手法では、全てのリファレンスポイントにおいて累積的な干渉が評価されるため、セカンダリシステムの数が増加するほど割当て送信電力の計算のための計算コストが増加する。最も単純な例では、計算コストは、セカンダリシステムの数²（リファレンスポイントの数とセカンダリシステムの数との積）のオーダーで増加し得る。そして、リファレンスポイントの設定のための処理及びシ

グナリングオーバーヘッドなども考慮すると、割当て送信電力の計算のための計算コストは無視できないものとなる。

[0026] [1-2. セカンダリシステム数の変化]

セカンダリシステム数の変化は、様々な要因で発生し得る。例えば、図1との対比において図2を参照すると、新たに無線通信装置20h、20i及び20jが通信制御システム1に含まれている。無線通信装置20h、20i及び20jもまた、それぞれ、セカンダリシステムを運用するマスタデバイスである。結果的に、セカンダリシステム数は、6個から9個へ増加している。無線通信装置20h、20i及び20jは、他の場所からサービスエリア11の近傍へ移動してきたデバイスであってもよく、又はスリープモードからアクティブモードへ復帰したデバイスであってもよい。モバイルデバイスが広く普及し、省電力化のために精細なスリープ制御が望まれることの多い近年のモバイル環境では、こうしたセカンダリシステム数の変化の頻度は高い。よって、セカンダリシステムへの送信電力の割当ても、セカンダリシステム数の変化に十分に追従できることが望ましい。

[0027] 図3の左半分には、地理的領域3aにおいて、サービスエリア11aの内部でプライマリシステムを運用するプライマリ送受信局10aが示されている。通信制御装置100aは、地理的領域3a内でプライマリ送受信局10aのための周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てる権限を有する。図3の右半分には、地理的領域3bにおいて、サービスエリア11bの内部でプライマリシステムを運用するプライマリ送受信局10bが示されている。通信制御装置100bは、地理的領域3b内でプライマリ送受信局10bのための周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てる権限を有する。ここで、領域間のデバイスの位置関係又は送信電力の割当ての状況に応じて、地理的領域3b内のセカンダリシステムからの干渉信号を通信制御装置100aが考慮する必要性が生じる可能性がある。そうした場合にも、電力割当ての計算に算入すべきセカンダリシステムの数が増加し得る。

[0028] 図4は、セカンダリシステム数と割当て送信電力の計算コストとの関係の一例を示すグラフである。図4の横軸は、アクティブなマスタWDSの数、即ち電力割当ての計算に算入すべきセカンダリシステムの数を示している。図4の縦軸は、あるシミュレーションモデルに従って推定される電力割当ての計算コストを示している。図4からも理解されるように、セカンダリシステムのマスタデバイスの数が大きくなるほど、計算コストは増大する。

[0029] [1-3. 電力割当ての遅延]

上述したように、セカンダリシステムへの送信電力の割当ては、セカンダリシステム数の変化に十分に追従できることが望ましい。しかし、計算コストが多大になれば、電力割当ての計算が所定の計算期間 (Calculation Period) 内で終了せず、送信電力の割当てが遅延するリスクが発生する。

[0030] 図5は、電力割当ての遅延の一例について説明するための説明図である。

図5の例において、電力割当ての計算は、水平方向の時間軸に沿って、周期 D_{CP} で周期的に実行される。周期 D_{CP} は、例えば、サブフレーム、無線フレーム、ミリ秒又は秒などを単位として定義されてよい。

[0031] 時刻 T_0 において、 X_0 個のセカンダリシステムがアクティブ化される。 X_0 個のセカンダリシステムに割当てすべき送信電力は、時間長 D_0 にわたって計算される。時間長 D_0 は周期 D_{CP} よりも短いため、電力割当ての結果は、タイムリーに各セカンダリシステムへ通知される。時刻 $T_1 (= T_0 + D_{CP})$ において、 X_1 個のセカンダリシステムがさらにアクティブ化される。 $X_0 + X_1$ 個のセカンダリシステムに割当てすべき送信電力は、時間長 D_1 にわたって計算される。時間長 D_1 は周期 D_{CP} よりも短いため、電力割当ての結果は、タイムリーに各セカンダリシステムへ通知される。時刻 T_2 において、 X_2 個のセカンダリシステムがさらにアクティブ化される。 $X_0 + X_1 + X_2$ 個のセカンダリシステムに割当てすべき送信電力は、時間長 D_2 にわたって計算される。時間長 D_2 は周期 D_{CP} よりも長いため、電力割当ての結果の各セカンダリシステムへの通知は、次の計算期間が時刻 T_3 において開始した後にまで遅延する。時刻 T_3 において、 X_3 個のセカンダリシステムがさらにアクティ

ブ化される。 $X_0 + X_1 + X_2 + X_3$ 個のセカンダリシステムに割当てべき送信電力は、時間長 D_3 にわたって計算される。電力割当ての結果の各セカンダリシステムへの通知は、前回の遅延よりもさらに大きくなる。時刻 T_4 において、 X_0 個のセカンダリシステムが非アクティブ化される。 $X_1 + X_2 + X_3$ 個のセカンダリシステムに割当てべき送信電力は、時間長 D_4 にわたって計算される。時間長 D_4 は周期 D_{CP} よりも短いものの、前回までの遅延の影響が残っているため、電力割当ての結果の各セカンダリシステムへの通知は、次の計算期間が時刻 T_5 において開始した後にまで遅延する。

[0032] こうした遅延は、送信電力が割当てられないことに起因するセカンダリシステムの通信機会の喪失、リソースの利用効率の低下、及びタイムリーに電力割当てが更新されないことに起因する有害な干渉の発生などといった、様々な弊害を招来し得る。そこで、後述する実施形態では、これら弊害に対処し、有害な干渉の防止と電力割当ての迅速さとを両立するために、電力割当てのためのアルゴリズムとして、計算コストの大きい既存の手法と、より簡易にマージンを推定する手法とを適応的に切り替える仕組みを実現する。計算コストの大きい既存の手法と、例えば、特許文献1に記載された電力配分法、又は非特許文献2に記載されたマージン最小化法であってよい。

[0033] <2. 電力計算モデルの例>

[2-1. 既存の手法]

ここでは、非特許文献2において説明されているモデルに類似する電力計算モデルについて簡単に説明する。

[0034] 本電力計算モデルにおいて、各セカンダリシステムに割当てられる送信電力は、当該セカンダリシステムの基準送信電力と、干渉回避用のマージンとを用いて計算される。セカンダリシステムの基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ は、最大放射電力 (maximum radiated power) とも呼ばれ、次式に従って計算され得る。ここでのリファレンスポイントは、マスタデバイスから最も近い保護境界上の地点（又は最も近いプライマリ送受信局の位置）である。プライマリ送受信局が存在しない場合には、リファレンスポイントは、無限遠に設定

されてもよい。なお、本明細書では、原則としてデシベル形式で計算式を表現する。

[0035] [数1]

$$P_{IB}^{SingleWSD} \leq m_Z - m_G - r(df) - SM \quad (1)$$

[0036] 式(1)において、 m_Z はプライマリ端末の最小受信感度、 m_G はパスゲイン、 $r(df)$ は離隔周波数 df に対応する保護比率(protection ratio)、 SM はシャドウイングマージンを表す。パスゲインは、デバイスが存在する地点とリファレンスポイントとの間の距離、及びデバイスのアンテナ高さに依存し得る。保護比率は、二次利用される周波数チャンネルに依存し得る。各セカンダリシステムに割当てられる送信電力 P_{IB}^{WSD} は、複数のセカンダリシステムからの累積的な干渉のレベルがリファレンスポイントにおいて有害とならないように、次式の通り、基準送信電力から干渉回避用マージン IM を減算することにより計算される。

[0037] [数2]

$$P_{IB}^{WSD} \leq P_{IB}^{SingleWSD} - IM \quad (2)$$

[0038] 基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ はセカンダリシステムごとに異なる一方、干渉回避用マージン IM は原則的に全てのセカンダリシステムについて共通的であってよい。干渉回避用マージン IM を計算するために、固定マージン法、フレキシブルマージン法及びマージン最小化法という3通りの手法が知られている。

[0039] 固定マージン法において、干渉回避用マージン IM は、セカンダリシステムの総数 $N_{Potential}$ を用いて、次式に従って計算される。

[0040] [数3]

$$IM = 10 \log_{10}(N_{Potential}) \quad (3)$$

[0041] フレキシブルマージン法において、干渉回避用マージン IM は、チャンネル別のアクティブなセカンダリシステムの数 $N_{Active}(f_{WSD})$ を用いて、次式に従って計算される。なお、ここでのアクティブなセカンダリシステムとは、単純にアクティブ化されたシステムを意味してもよく、又はチャンネル f_{WSD} において何らかの基準値を上回る送信電力を使用しているシステムを意味してもよい。

[0042] [数4]

$$IM = 10 \log_{10} \left(\max_f (N_{Active}(f_{WSD})) \right) \quad (4)$$

[0043] マージン最小化法において、干渉回避用マージン IM は、セカンダリシステムの総数 $N_{Potential}$ 及びマージン低減項 α を用いて、次式に従って計算される。

[0044] [数5]

$$IM = 10 \log_{10} (N_{Potential}) - \alpha \quad (5)$$

$$\text{where } \alpha = m_z - r(0) - SM - I_{Agg,max}$$

[0045] ここで、 $r(0)$ は離隔周波数ゼロ、即ち同一チャンネル (co-channel) の保護比率、 $I_{Agg,max}$ は最も干渉の大きいリファレンスポイントにおける累積干渉量を表す。ここでの累積干渉量は、他システムからの干渉量を含んでもよい。固定マージン法及びフレキシブルマージン法ではプライマリシステムが慎重に保護されるのに対し、マージン最小化法では、マージン低減項 α の寄与によってセカンダリシステムのスループットを高め、リソースの利用効率を向上させることができる。但し、マージン最小化法では、累積干渉量 $I_{Agg,max}$ を導出するために、全てのリファレンスポイントについて累積的な干渉のレベルを評価することが求められる。

[0046] [2-2. より簡易な手法]

(1) セカンダリシステム数とマージン調整分との関係

ある実施形態によれば、上述した電力計算モデルに従ってセカンダリシステムへ送信電力が割当てられた後、セカンダリシステム数が増加した場合に、セカンダリシステム数の変化分に基づいて、過去に計算した送信電力が調整され得る。送信電力の調整は、セカンダリシステム数の変化分に基づいて干渉回避用マージン IM を調整することにより、簡易的に行われる。過去の基準時点において（例えばマージン最小化法に従って）計算された割当て済みの干渉回避用マージン、調整後の干渉回避用マージン及びマージン調整分（margin adjustment）の間には、次の関係式が成立する。

[0047] [数6]

$$IM' = IM_{Base} + dM \quad (6)$$

[0048] ここで、 IM' は調整後の干渉回避用マージン、 IM_{Base} は基準時点における干渉回避用マージン（調整の基準値）、 dM はマージン調整分である。

[0049] ここで、基準時点におけるセカンダリシステム数を N_{WSD} 、基準時点からのセカンダリシステム数の変化分を $N_{WSD\ VAR}$ とすると、式（5）及び式（6）から、マージン調整分 dM を次のように表現することができる。なお、セカンダリシステム数及びその変化分は、アクティブなデバイスのみを対象としてもよく、又は総数であってもよい。

[0050]

[数7]

$$\begin{aligned}
dM &= IM' - IM_{Base} \\
&= 10\log_{10}(N_{WSD} + N_{WSD_VAR}) - \alpha_{Adj} - (10\log_{10}(N_{WSD}) - \alpha_{Prev}) \\
&= 10\log_{10}\left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}}\right) - \alpha_{Adj} + \alpha_{Prev} \\
&= 10\log_{10}\left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}}\right) + 10\log_{10}\left(Y + \text{sgn}(N_{WSD_VAR}) \cdot 10^{\frac{dl}{10}}\right) - 10\log_{10}(Y) \\
&= 10\log_{10}\left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \cdot \frac{Y + \text{sgn}(N_{WSD_VAR}) \cdot 10^{\frac{dl}{10}}}{Y}\right) \quad (7)
\end{aligned}$$

$$\text{where } \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & : x > 0 \\ 0 & : x = 0 \\ -1 & : x < 0 \end{cases} \quad \text{and } Y = 10^{\frac{I_{Agg,max}}{10}}$$

[0051] 式(7)において、 dl は、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} に対応する累積干渉量 $I_{Agg,max}$ の変化分の大きさ(以下、推定干渉変化という)を表す。計算コストを低減するために、推定干渉変化 dl は、厳密に計算される代わりに、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} に基づいて簡易的に推定される。推定干渉変化 dl を計算するためのいくつかの手法について、以下に説明する。

[0052] (2-1) 推定干渉変化の計算(第1の手法)

第1の手法において、推定干渉変化 dl は、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} と推定干渉変化 dl とのマッピングを定義するテーブルを用いて推定される。表1及び表2は、マッピングテーブルの例をそれぞれ示している。表1においては、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} に対して推定干渉変化 dl が直接的にマッピングされる。一方、表2においては、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} が属する範囲に対して推定干渉変化 dl がマッピ

ングされる。

[0053] [表1]

N_{WSD_VAR}	dI (dB)
K_1	dI_1
K_2	dI_2
K_3	dI_3
:	:
K_x	dI_x

表 1 : セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} と推定干渉変化 d I とのマッピングの一例

[0054] [表2]

Range of N_{WSD_VAR}	dI (dB)
$[K_1, K_2]$	dI_1
$[K_2, K_3]$	dI_2
$[K_3, K_4]$	dI_3
:	:
$[K_{X-1}, K_x]$	dI_x

表 2 : セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} と推定干渉変化 d I とのマッピングの他の例

[0055] 第 1 の手法によれば、予め定義されるマッピングテーブルをルックアップすることにより、少ない計算コストで推定干渉変化 d I を導出することができる。

[0056] (2-2) 推定干渉変化の計算 (第 2 の手法)

第 2 の手法において、推定干渉変化 d I は、セカンダリシステム数と累積干渉量とが比例するとの仮定に基づいて推定される。この仮定の下では、推定干渉変化 d I は、次式のように表現され得る。

[0057]

[数8]

$$dI = 10 \log_{10} \left(\frac{|N_{WSD_VAR}|}{N_{WSD}} \cdot Y \right) \quad (8)$$

[0058] 式(8)を式(7)に代入すると、セカンダリシステム数とマージン調整分との間の関係式は、次のように変形され得る。

[0059] [数9]

$$\begin{aligned} dM &= 10 \log_{10} \left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \cdot \frac{Y + \operatorname{sgn}(N_{WSD_VAR}) \cdot \left(\frac{|N_{WSD_VAR}|}{N_{WSD}} \cdot Y \right)}{Y} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \cdot \left(1 + \frac{N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \right) \right) \\ &= 20 \log_{10} \left(1 + \frac{N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \right) \quad (9) \end{aligned}$$

[0060] 従って、この場合、基準時点におけるセカンダリシステム数 N_{WSD} 及びセカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} のみを用いて、マージン調整分 dM を簡易に算出することができる。

[0061] なお、フレキシブルマージン法の考え方を式(7)に取り入れることにより、次式のようにマージン調整分 dM が算出されてもよい。

[0062] [数10]

$$dM = 10 \log_{10} \left(\left(1 + \frac{N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \cdot \frac{\max_m (f_m(N_{WSD_VAR}))}{N_{channel}} \right) \cdot \frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}}{N_{WSD}} \right) \quad (10)$$

[0063] 式(10)において、 $f_m(N_{WSD_VAR})$ はセカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} のうちの m 番目の周波数チャネルを割当てられているセカンダリシステムの

数を表す。

[0064] (2-3) 推定干渉変化の計算 (第3の手法)

第3の手法において、推定干渉変化 dI は、最悪ケースとして、次式に従って推定される。

[0065] [数11]

$$dI = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{I_{TH}}{10}} - 10^{\frac{I_{Agg, max}}{10}} \right) \quad (11)$$

[0066] 式 (11) において、 I_{TH} は、プライマリ端末が許容する累積的干渉の最大値に相当し得る閾値を表す。

[0067] (3) セカンダリシステム数のカウント手法

本節で説明した電力計算モデルにおけるセカンダリシステム数は、セカンダリシステムのマスタデバイス及びスレーブデバイス的一方又は双方のデバイス数に基づいてよい。例えば、セカンダリシステムが時間分割方式で運用され、スレーブデバイスがマスタデバイスの送信電力と同等の（又はより低い）送信電力を使用する場合、セカンダリシステム数として、マスタデバイスのデバイス数のみをカウントすることで十分である。一方、例えばマスタデバイス及びスレーブデバイスが同時に信号を送信し得る場合には、セカンダリシステム数としてマスタデバイス及びスレーブデバイスの双方のデバイス数をカウントすることで、安全な電力の計算が保証され得る。

[0068] これらデバイスの数は、デバイスの構成に依存する重みを算入することにより計算されてもよい。ここでのデバイスの構成とは、例えば、アンテナ高さ、送信電力（最大若しくは所望、又は既存のデバイスについては割当て送信電力であってもよい）及び利用周波数チャネルのうちの1つ以上を含み得る。一例として、デバイスのアンテナがより高いほど、そのデバイスから発せられる信号の干渉への寄与はより大きい。そこで、アンテナ高さのデバイス間の比を重みとして用いてデバイス数をカウントする（重み付け加算する）ことで、電力の再計算又は調整を通じて有害な干渉のリスクを効果的に低

減することができる。

[0069] 本節で説明した電力計算モデルを用いてセカンダリシステムにタイムリーに送信電力を割当てする仕組みについて、次節以降で説明する。

[0070] <3. 通信制御装置の構成例>

[3-1. 各部の構成]

図6は、一実施形態に係る通信制御装置100の論理的な構成の一例を示すブロック図である。図6を参照すると、通信制御装置100は、通信部110、記憶部120及び制御部130を含む。

[0071] (1) 通信部

通信部110は、無線通信装置20のバックホールリンクを介して、無線通信装置20と通信する。例えば、通信部110は、アクティブ化され又は通信制御装置100が管理する地理的領域へ移動してきた無線通信装置20から、アクティブ化リクエストを受信する。通信部110は、当該無線通信装置20から、後述するセカンダリシステム情報をも受信する。そして、通信部110は、制御部130により電力割当てのための計算が実行されると、その計算結果に基づく電力割当て関連情報を無線通信装置20へ送信する。

[0072] 通信部110は、プライマリ送受信局10及びコアネットワーク15内の制御ノードとも通信し得る。また、通信部110は、通信制御装置100が管理する地理的領域の周辺の領域において送信電力の割当ての権限を有するデータサーバ（例えば、隣接領域を管理するGLDB）とも通信し得る。

[0073] (2) 記憶部

記憶部120は、ハードディスク又は半導体メモリなどの記憶媒体を用いて、通信制御装置100の動作のためのプログラム及びデータを記憶する。記憶部120により記憶されるデータは、例えば、プライマリ送受信局10若しくはコアネットワーク15内の制御ノードから収集され又は予め記憶されるプライマリシステム情報を含む。プライマリシステム情報は、例えば、プライマリ送受信局の位置、サービスエリアの配置、保護される周波数チャ

ネル、プライマリ端末の最小受信感度、保護比率、シャドウイングマージン、許容干渉レベル、無線アクセス技術の識別子、及び実測された干渉レベル、のうちの1つ以上を含み得る。プライマリ送受信局の位置及びサービスエリアの配置は、例えば、上述した電力計算モデルにおいてリファレンスポイントを特定する際に使用され得る。

[0074] また、記憶部120により記憶されるデータは、無線通信装置20の各々から収集されるセカンダリシステム情報を含む。セカンダリシステム情報は、マスタデバイスの識別子、位置、アンテナ高さ、デバイスタイプ、放射特性（例えば、ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio)）、無線アクセス技術の識別子、並びに送信電力情報（例えば、最大送信電力及び／又は所望送信電力）のうちの1つ以上を含み得る。

[0075] また、記憶部120により記憶されるデータは、無線通信装置20へ通知される電力割当て関連情報を含み得る。電力割当て関連情報は、利用可能な周波数チャネルのリスト、基準送信電力（最大放射電力）、干渉回避用マージン、干渉回避用マージンの調整分及び情報の有効期間のうちの1つ以上を含み得る。

[0076] また、記憶部120により記憶されるデータは、電力割当ての計算のために使用されるパラメータを含む。ここでのパラメータは、例えば、電力割当ての計算周期、セカンダリシステム数と比較される判定閾値、推定干渉変化を導出するためのマッピングテーブル、並びに過去の基準時点におけるセカンダリシステム数、累積干渉量及び干渉回避用マージンのうちの1つ以上を含み得る。

[0077] (3) 制御部

制御部130は、通信制御装置100の動作全般を制御する。本実施形態において、制御部130は、判定部132、計算部134及びシグナリング部136を含む。

[0078] (3-1) 判定部

判定部132は、通信制御装置100により管理される地理的領域内のセ

カンダリシステム数が変化した場合に、当該セカンダリシステム数に依存する条件に従って、計算部 134 により実行される電力割当てのための計算処理を切り替える。一例として、判定部 132 は、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を下回る場合に、上述した電力計算モデルにおけるマージン最小化法に従って、セカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を、計算部 134 に再計算させる。また、判定部 132 は、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回る場合に、計算部 134 に過去に計算した送信電力を調整させる。ここでの判定閾値は、セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように設定される。

[0079] 許容される計算時間は、例えば、セカンダリシステムの運用上の要件、通信制御装置 100 のハードウェア上の制約、通信制御装置 100 を運用する事業者のルールなどといった、いかなる条件に従って予め設定されてもよい。また、判定部 132 は、通信制御装置 100 の処理リソース（プロセッサ及びメモリなど）に掛かっている負荷又は利用可能なプロセッサのコア数などの処理条件に応じて、許容される計算時間を動的に設定してもよい。許容される計算時間は、上述した電力割当ての計算周期と等しくてもよい。一例として、3GPP により仕様化された LTE 方式の標準仕様では、eNodeB におけるスケジューリング周期は、実装依存とされており、1 サブフレーム（= 1 ms）又は 1 無線フレーム（= 10 msec）などの様々な値に設定され得る。許容される計算時間は、こうしたスケジューリング周期と等しくてもよい。

[0080] 例えば、判定部 132 は、無線通信装置 20 から受信されるアクティブ化リクエスト及び非アクティブ化リクエストを監視することにより、セカンダリシステム数の変化を追跡する。 N_{WSD} は基準時点におけるセカンダリシステム数を表し、 $N_{WSD\ VAR}$ は当該基準時点からのセカンダリシステム数の変化分を表す。そして、計算部 134 における計算処理を切り替えるための判定条件は、次のように表現され得る。

[0081]

[数12]

$$N_{WSD} + N_{WSD_VAR} > N_{TH} \quad (12)$$

[0082] 条件式(12)が満たされる場合、判定部132は、計算部134にセカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} に基づいて過去に計算した送信電力を調整させる。

[0083] 上述したマージン最小化法において、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルの数を $N_{Channel}$ とすると、全てのリファレンスポイントについて累積的干渉を計算する際に実行される個別の干渉量の演算の回数 N_{Calc} は、次式で表される。

[0084] [数13]

$$N_{Calc} = N_{Channel} \cdot N_{WSD}^2 \quad (13)$$

[0085] さらに、プロセッサのクロック周波数を f_{clock} 、1クロック当たりの計算可能な干渉量の個数を $N_{CalcPerClock}$ 、許容される計算時間を D_{TH} とすると、計算時間 D_{TH} において計算可能な干渉量の最大数は、 D_{TH} 、 f_{clock} 及び $N_{CalcPerClock}$ の積に等しい。従って、条件式(12)における判定閾値 N_{TH} は、次のように導出され得る。

[0086] [数14]

$$N_{TH} = \sqrt{\frac{D_{TH} f_{Clock} N_{CalcPerClock}}{N_{Channel}}} \quad (14)$$

[0087] なお、式(14)は一例に過ぎない。例えば、判定閾値 N_{TH} にマージンが算入されてもよい。

[0088] ある実施例において、基準時点とは、計算部134により最後に送信電力が再計算された時点であってよい。この実施例において、判定部132は、

例えば時刻 T_1 において最後に送信電力が再計算されたとすると、その後時刻 T_2 において送信電力が調整されたとしても、時刻 T_1 におけるセカンダリシステム数を、変化分がゼロとなる基準値 N_{WSD} として保持する。この場合、簡易な手法で送信電力が複数回にわたって粗く調整されたとしても、調整の誤差が蓄積されず、誤差の蓄積に起因して有害な干渉が生じるリスクが回避される。

[0089] 他の実施例において、基準時点とは、直前に送信電力が再計算され又は調整された時点であってよい。この実施例において、判定部132は、時刻 T_2 において送信電力が調整されたとすれば、時刻 T_2 におけるセカンダリシステム数を、変化分がゼロとなる基準値 N_{WSD} として保持する。この場合、判定部132は、最新の及び直前の計算期間のセカンダリシステム数のみを保持すればよい。ため、計算処理の実装が単純化され得る。

[0090] なお、セカンダリシステム数の変化分に基づいて干渉回避用マージンのみを簡易的に調整する手法は、電力割当ての最適性をある程度犠牲にしながら、少ない計算コストで結果を得ることを可能とする。しかし、セカンダリシステム数の変化以外にも干渉のリスクを変動させる要因は存在する。そこで、判定部132は、さらに、セカンダリシステム数の変化以外の要因に依存する追加的な判定条件に従って、計算部134に送信電力を再計算させるか、又は過去に計算した送信電力を調整させるか、を判定してもよい。ここでの追加的な判定条件を左右する要因は、例えば、リファレンスポイント、二次利用される周波数チャネル、デバイスのアンテナ高さ、及び他システムからの干渉レベル、のうち少なくとも1つであってよい。例えば、これら要因の変化の度合いが大きい場合には、追加的な判定条件が満たされたと判定され、干渉回避用マージンが調整され得る。

[0091] (3-2) 計算部

計算部134は、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を計算する。本実施形態において、計算部134は、計算処理を切り替える

ための上述した判定条件が満たされない限り、各セカンダリシステムに割当てられる送信電力を、例えば上述したマージン最小化法に従って再計算（計算）する。この場合、各セカンダリシステムの送信電力は、式（２）に示したように、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ と干渉回避用マージン I_M とを用いて計算され得る。

[0092] 上述した判定条件が満たされる場合、計算部 134 は、式（７）又は式（９）に示したように、セカンダリシステム数の変化分 $N_{WSD\ VAR}$ に基づいて干渉回避用マージンの調整分 dM のみを計算することにより、干渉回避用マージン I_M を調整する。計算部 134 は、例えば、セカンダリシステム数の変化分 $N_{WSD\ VAR}$ 、 $N_{WSD\ VAR}$ に基づいて推定される干渉量の変化分 dI 及び基準時点における累積干渉量 $I_{Agg, max}$ を式（７）に代入することにより、干渉回避用マージンの調整分 dM を計算してもよい。その際、計算部 134 は、セカンダリシステム数の変化分 $N_{WSD\ VAR}$ と推定干渉変化 dI とのマッピングを定義するマッピングテーブルを用いて、推定干渉変化 dI を導出してもよい。また、計算部 134 は、例えば、セカンダリシステム数と累積干渉量とが比例するとの仮定に基づく式（９）にセカンダリシステム数 N_{WSD} 及びその変化分 $N_{WSD\ VAR}$ を代入することにより、干渉回避用マージンの調整分 dM を計算してもよい。いずれのケースでも、セカンダリシステム数の２乗のオーダーで増加するような計算コストは必要とされない。システム全体として送信電力を再計算するような手法と比較すると、干渉回避用マージンの調整分 dM の計算は、より短い時間内に完了する。

[0093] セカンダリシステム数が増加する場合、即ちアクティブな無線通信装置 20 が新たに発生する場合、計算部 134 は、新たな無線通信装置 20 により運用されるセカンダリシステムの基準送信電力を計算し得る。基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ は、式（１）に従い、プライマリシステム情報及びセカンダリシステム情報に含まれるパラメータを用いて計算される。計算部 134 の負荷に応じて、基準送信電力の計算は、セカンダリシステムへ委任されてもよい。例えば、ある計算期間において計算部 134 の負荷が所定の閾値よりも高い

場合、計算部 134 は、基準送信電力の計算をセカンダリシステムへ委任し得る。その場合には、基準送信電力の計算のためのパラメータが当該セカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 へシグナリングされ得る。

[0094] (3-3) シグナリング部

シグナリング部 136 は、通信部 110 を介して、プライマリ送受信局 10、コアネットワーク 15 内の制御ノード、無線通信装置 20 及び他のデータサーバとの間のシグナリングを実行する。例えば、計算部 134 により各セカンダリシステムに割当てられる送信電力が再計算され又は干渉回避用マージンが調整される都度、アクティブなセカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 へ、電力割当て関連情報を通知する。

[0095] 一例として、式 (2) によれば、各セカンダリシステムに割当てられる送信電力 P_{IB}^{WSD} は、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ と干渉回避用マージン I_M とを含む。基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ はシステムごとに異なる一方、干渉回避用マージン I_M は、複数のセカンダリシステムについて共通である。干渉回避用マージン I_M が調整される計算期間、即ち変化後のセカンダリシステム数が条件式 (12) を満たす計算期間においては、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ は更新されず、式 (6) に示したマージン調整分 dM のみが計算される。この場合、シグナリング部 136 は、計算部 134 により計算される干渉回避用マージンの調整分 dM のみを、既存のセカンダリシステムへシグナリングする。それにより、シグナリングオーバーヘッドは低減される。新たなセカンダリシステムには、シグナリング部 136 は、干渉回避用マージンの調整分 dM に加えて、過去の基準時点において既存のセカンダリシステムへ通知された干渉回避用マージン $I_{M_{Base}}$ と、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ とをシグナリングする。セカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 は、基準時点における干渉回避用マージン $I_{M_{Base}}$ とマージン調整分 dM とを加算することにより、調整後の干渉回避用マージン I_M' を導出することができる。なお、シグナリング部 136 は、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステ

ムの双方へ、調整後の干渉回避用マージン $I M'$ をシグナリングしてもよい。また、シグナリング部 136 は、割当て送信電力 P_{IB}^{WSD} を何らかのタイミングでセカンダリシステムへシグナリングしてもよい。

[0096] シグナリング部 136 は、計算部 134 の負荷に応じて基準送信電力の計算がセカンダリシステムへ委任される場合には、基準送信電力の計算のためのパラメータを新たなセカンダリシステムにシグナリングする。基準送信電力の計算のためのパラメータは、例えば、プライマリ送受信局の位置、利用可能な周波数チャネルのリスト、プライマリ端末の最小受信感度、保護比率、シャドウイングマージン及び総セカンダリシステム数 ($N_{WSD} + N_{WSD\ VAR}$) のうちの 1 つ以上を含み得る。この場合、新たなセカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 自身によって、基準送信電力が計算される。シグナリング部 136 は、基準送信電力の計算結果のレポートを無線通信装置 20 から受け取り、記憶部 120 に記憶させてもよい。

[0097] 送信電力が再計算される計算期間、即ち変化後のセカンダリシステム数が条件式 (12) を満たさない計算期間においては、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ が更新される可能性がある。また、干渉回避用マージン $I M$ も再計算される。シグナリング部 136 は、再計算された基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ 及び干渉回避用マージン $I M$ を、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステムへシグナリングする。ここで通知される干渉回避用マージン $I M$ は、その後の干渉回避用マージンの調整の基準値として扱われ得る。既存のセカンダリシステムについて、基準送信電力が更新されなかった場合、既存のセカンダリシステムへの基準送信電力のシグナリングは省略されてもよい。また、既存のセカンダリシステムへのシグナリングは、差分のみを伝送することにより行われてもよい。

[0098] シグナリング部 136 が無線通信装置 20 へ電力割当て関連情報を通知するためのシグナリングメッセージは、通知されるパラメータのタイプを示す標識を含んでもよい。例えば、パラメータタイプは、以下のように定義され得る。

0 : 干渉回避用マージン (IM) ※基準値 IM_{Base} としても使用され得る

1 : マージン調整分 (dM)

2 : 干渉回避用マージン及びマージン調整分 (IM, dM)

3 : 調整後マージン ($IM' = IM_{Base} + dM$)

4 : 割当て送信電力

パラメータタイプの値は、上述した例に限定されず、他の値であってもよい。こうした標識をシグナリングメッセージに取り入れることで、通信制御システム1が様々なシグナリングのバリエーションをサポートし、オーバーヘッドの削減又は実装の複雑さの低減などの観点で最適なシグナリグ手法を選択することが可能となる。

[0099] 図3を用いて説明したように、通信制御装置100は、例えば地理的領域内3aの1つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てる権限を有するデータサーバであってよい。但し、送信電力の割当てに際して、地理的領域3aに隣接する隣接領域3b内のセカンダリシステムの存在を考慮すべき状況も存在し得る。そうした状況の一例は、領域境界の近くで、多数の又は比較的大きい送信電力を使用するセカンダリシステムが運用されるような状況である。その場合、シグナリング部136は、隣接領域3bについてセカンダリシステムに送信電力を割当てる権限を有する他のデータサーバから、隣接領域3b内の考慮すべきセカンダリシステム数を示す情報を取得し得る。ここで、地理的領域3a内のセカンダリシステム数を N_{WSD_A} 、他のデータサーバから取得される考慮すべきセカンダリシステム数を N_{WSD_B} とする。これらの値が次の条件式(15)を満たす場合、計算部134により送信電力を再計算するために想定される計算時間が、許容される計算時間を超えてしまう。

[0100] [数15]

$$N_{WSD_A} + N_{WSD_B} > N_{TH} \quad (15)$$

[0101] 条件式(12)と条件式(15)との対比から、セカンダリシステム数 N_{WSD}

N_{A} はセカンダリシステム数の基準値 N_{WSD} 、セカンダリシステム数 N_{WSD_B} はセカンダリシステムの空間方向での変化分 N_{WSD_VAR} という意味を持つと理解される。判定部132は、条件式(15)の判定条件が満たされる場合には、地理的領域3aのみを考慮して過去に計算した送信電力に含まれる干渉回避用マージン M を、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_B} に基づいて計算部132に調整させる。セカンダリシステム数 N_{WSD_B} は正であることから、式(7)は次のように変形され得る。

[0102] [数16]

$$dM = 10 \log_{10} \left(\frac{N_{WSD_A} + N_{WSD_B}}{N_{WSD_A}} \cdot \frac{Y + 10^{\frac{dI}{10}}}{Y} \right) \quad (16)$$

$$\text{where } Y = 10^{\frac{I_{Agg,max}}{10}}$$

[0103] このように、本実施形態によれば、隣接領域内のセカンダリシステムの存在を考慮すべき状況においても、通信制御装置100は、当該隣接領域について権限を有する装置から、考慮すべきセカンダリシステム数のみを取得するだけでよい。通信制御装置100は、取得したセカンダリシステム数を用いて干渉回避用マージンを調整することによりプライマリシステムを適切に保護しつつ、セカンダリシステムに迅速に通信機会を与えることができる。なお、シグナリング部136は、隣接領域について権限を有する装置から、推定干渉変化 dI などの他のパラメータを取得してもよい。

[0104] [3-2. 変形例]

セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} が小さい場合には、マージン調整分 dM も小さい。そのような場合に、セカンダリシステム数が増加する都度マージン調整分 dM がシグナリングされるとすれば、通信制御システム1内のシグナリングオーバーヘッドが多くなり、リソース利用効率を低下させかね

ない。そこで、本項では、上述した実施形態の変形例として、電力割当てのシグナリングのオーバーヘッドを削減するための手法について説明する。

[0105] (1) 第1の変形例

第1の変形例では、特許文献2において提案されたシグナリングオーバーヘッド削減用のマージンが取り入れられる。計算部134は、各セカンダリシステムに割当てられる送信電力 P_{Alloc}^{WSD} を、次式のように、基準送信電力 $P_{IB}^{SingleWSD}$ 、干渉回避用マージン IM に加えて、シグナリング削減用マージン M_{Int} を用いて計算する。

[0106] [数17]

$$P_{Alloc}^{WSD} = P_{IB}^{WSD} - M_{Int} \leq P_{IB}^{SingleWSD} - IM - M_{Int} \quad (17)$$

[0107] セカンダリシステム数が増加する場合において、総セカンダリシステム数が判定閾値 N_{TH} を上回るときは、計算部134は、式(17)における干渉回避用マージン IM の調整分 dM を、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSDVAR} に基づいて計算する。このとき、次の条件式(18)が満たされる場合には、セカンダリシステムが割当て済みの送信電力 P_{Alloc}^{WSD} を継続的に使用しても、有害な干渉は生じない。なお、条件式(18)の右辺は、割当て済みの送信電力 P_{Alloc}^{WSD} に等しい。

[0108] [数18]

$$P_{IB}^{SingleWSD} - (IM + dM) \geq P_{IB}^{SingleWSD} - IM - M_{Int} \quad (18)$$

[0109] 条件式(18)は、次のように等価的に変形され得る。

[0110] [数19]

$$\begin{aligned} IM + dM &\leq IM + M_{Int} \\ dM &\leq M_{Int} \quad (19) \end{aligned}$$

[0111] そこで、シグナリング部 136 は、既存のセカンダリシステムについて干渉回避用マージンの調整分 dM が割当て済みの送信電力に含まれるシグナリング削減用マージン M_{Int} を下回る場合には、マージン調整分 dM を当該既存のセカンダリシステムへシグナリングしない。

[0112] セカンダリシステム数が減少する場合においても、総セカンダリシステム数が判定閾値 N_{TH} を上回るときは、計算部 134 は、式 (17) における干渉回避用マージン I_M の調整分 dM を、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} に基づいて計算する。このとき、次の条件式 (20) が満たされる場合には、セカンダリシステムの送信電力を調整することによるスループットの向上は小さい。

[0113] [数20]

$$|dM| \leq M_{TH_Int} \quad (20)$$

[0114] ここで、 M_{TH_Int} は、予め設定され得るシグナリングオーバーヘッド削減用閾値である。シグナリング部 136 は、既存のセカンダリシステムについて干渉回避用マージンの調整分 dM の絶対値がシグナリングオーバーヘッド削減用閾値 M_{TH_Int} を下回る場合には、マージン調整分 dM を当該既存のセカンダリシステムへシグナリングしない。

[0115] (2) 第2の変形例

第2の変形例では、セカンダリシステム数の厳密な追跡を行う代わりに、一種のヒステリシス制御を取り入れることにより、電力割当ての計算の回数が低減される。計算部 134 は、送信電力を調整する際に、次式のように、セカンダリシステム数の変化分 N_{WSD_VAR} を実際よりも多い仮想的な値 N_{WSD_VAR}' に設定して、マージン調整分 dM を計算する。

[0116]

[数21]

$$dM = 10 \log_{10} \left(\frac{N_{WSD} + N_{WSD_VAR}'}{N_{WSD}} \cdot \frac{Y + \operatorname{sgn}(N_{WSD_VAR}') \cdot 10^{\frac{dl}{10}}}{Y} \right) \quad (21)$$

[0117] その後、セカンダリシステム数が増加しても、総セカンダリシステム数（ $N_{WSD} + N_{WSD_VAR}$ ）が仮想的な値（ $N_{WSD} + N_{WSD_VAR}'$ ）を上回らない限り、計算部 134 は、干渉回避用マージンの調整を実行しなくてよい。それにより、各セカンダリシステムへのシグナリングの頻度は低減される。仮想値 N_{WSD_VAR}' は、予め固定的に設定されてもよく、又は動的に設定されてもよい。例えば、計算部 134 は、通信制御装置 100 により管理されるセカンダリシステムの時間別の最大数を通信の履歴として保持し、仮想的なセカンダリシステム数（ $N_{WSD} + N_{WSD_VAR}'$ ）が当該最大数に等しくなるように、仮想値 N_{WSD_VAR}' を設定してもよい。それにより、干渉回避用マージンがセカンダリシステム数の増加に先立って先回りして大きく計算されるため、プライマリシステムに有害な干渉を与えることなく、新たなセカンダリシステムに迅速に送信電力を割当てることができる。仮想値 N_{WSD_VAR}' について、有効期間が設定されてもよい。その場合、有効期間が経過した後は、計算部 134 は、仮想値 N_{WSD_VAR}' に関わらず干渉回避用マージンの調整（又は送信電力の再計算）を実行し、電力割当ての結果がセカンダリシステムへシグナリングされ得る。

[0118] セカンダリシステム数が減少するケースでも、セカンダリシステム数の変化分の絶対値 $|N_{WSD_VAR}|$ が所定の閾値を上回らない限り、計算部 134 は、干渉回避用マージンの調整を実行しなくてもよい。

[0119] <4. 処理の流れ>

本節では、上述した実施形態に係る通信制御装置 100 により実行され得る処理の流れのいくつかの例を説明する。

[0120] [4-1. 電力配分処理]

(1) 第1の例

図7Aは、一実施形態に係る電力配分処理の流れの第1の例を示すフローチャートである。第1の例では、計算部134により最後に送信電力が再計算された時点が、セカンダリシステム数の変化の基準時点として扱われる。

[0121] 図7Aを参照すると、まず、判定部132は、セカンダリシステム数の変化を待ち受ける（ステップS110）。そして、セカンダリシステム数が増加した場合には、処理はステップS115へ進む。

[0122] 次に、判定部132は、変化後のセカンダリシステム数（ $N_{\text{WSD}} + N_{\text{WSD VAR}}$ ）が判定閾値 N_{TH} を上回るかを判定する（ステップS115）。変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回らない場合、処理はステップS120へ進む。一方、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回る場合、処理はステップS140へ進む。

[0123] ステップS120において、計算部134は、特許文献1に記載された電力配分法、又は非特許文献2に記載されたマージン最小化法などの手法に従って、基準送信電力及び干渉回避用のマージンを再計算する（ステップS120）。そして、シグナリング部136は、再計算された基準送信電力及び干渉回避用マージンを、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置20へ通知する（ステップS125）。また、計算部134は、セカンダリシステム数の基準値 N_{WSD} 及び基準時点における最大の累積干渉量 $I_{\text{Agg, max}}$ を最新の値に更新する（ステップS130）。

[0124] ステップS140において、計算部134は、セカンダリシステム数の変化分 $N_{\text{WSD VAR}}$ に基づいて干渉回避用マージンの調整分 dM を計算することにより、干渉回避用マージン IM を調整する（ステップS140）。そして、シグナリング部136は、計算部134により計算されたマージン調整分 dM を、既存のセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置20へ通知する（ステップS145）。

[0125] さらに、計算部134は、新たなセカンダリシステムのために基準送信電

力を計算するかを、その時点の負荷に応じて判定する（ステップS 1 5 0）。例えば、計算部 1 3 4 の負荷が相対的に高い場合には、基準送信電力の計算は、セカンダリシステムへ委任される。この場合、シグナリング部 1 3 6 は、基準送信電力の計算のためのパラメータ、干渉回避用マージン及びその調整分を、新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 2 0 へ通知する（ステップS 1 5 5）。一方、計算部 1 3 4 の負荷が相対的に低い場合には、基準送信電力の計算は、セカンダリシステムへ委任されない。この場合、計算部 1 3 4 は、新たなセカンダリシステムのための基準送信電力を計算する（ステップS 1 6 0）。そして、シグナリング部 1 3 6 は、基準送信電力、干渉回避用マージン及びその調整分を、新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 2 0 へ通知する（ステップS 1 6 5）。

[0126] その後、次の計算タイミングが到来するまでの間、判定部 1 3 2 によりセカンダリシステム数の変化が監視され、処理はステップS 1 1 0 へ戻る（ステップS 1 8 0）。

[0127] (2) 第2の例

図 7 B は、一実施形態に係る電力配分処理の流れの第 2 の例を示すフローチャートである。第 2 の例では、直前に送信電力が再計算され又は調整された時点が、セカンダリシステム数の変化の基準時点として扱われる。また、判定閾値 N_{TH} が動的に設定される。なお、かかる例に限定されず、第 1 の例において判定閾値 N_{TH} が動的に設定されてもよく、又は第 2 の例において判定閾値 N_{TH} が予め固定的に設定されてもよい。

[0128] 図 7 B を参照すると、まず、判定部 1 3 2 は、通信制御装置 1 0 0 の処理リソースに掛かっている負荷又は利用可能なプロセッサのコア数などの処理条件に応じて、判定閾値 N_{TH} を設定する（ステップS 1 0 5）。また、判定部 1 3 2 は、セカンダリシステム数の変化を待ち受ける（ステップS 1 1 0）。そして、セカンダリシステム数が変化した場合には、処理はステップS 1 1 5 へ進む。

- [0129] 次に、判定部 132 は、変化後のセカンダリシステム数 ($N_{\text{WSD}} + N_{\text{WSD VAR}}$) が判定閾値 N_{TH} を上回るかを判定する (ステップ S 115)。変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回らない場合、処理はステップ S 120 へ進む。一方、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回る場合、処理はステップ S 140 へ進む。
- [0130] ステップ S 120 において、計算部 134 は、特許文献 1 に記載された電力配分法、又は非特許文献 2 に記載されたマージン最小化法などの手法に従って、基準送信電力及び干渉回避用のマージンを再計算する (ステップ S 120)。そして、シグナリング部 136 は、再計算された基準送信電力及び干渉回避用マージンを、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 20 へ通知する (ステップ S 125)。
- [0131] ステップ S 140 において、計算部 134 は、セカンダリシステム数の変化分 $N_{\text{WSD VAR}}$ に基づいて干渉回避用マージンの調整分 dM を計算することにより、干渉回避用マージン IM を調整する (ステップ S 140)。そして、シグナリング部 136 は、計算部 134 により計算されたマージン調整分 dM を、既存のセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 20 へ通知する (ステップ S 145)。
- [0132] さらに、計算部 134 は、新たなセカンダリシステムのために基準送信電力を計算するかを、その時点の負荷に応じて判定する (ステップ S 150)。例えば、計算部 134 の負荷が相対的に高い場合には、シグナリング部 136 は、基準送信電力の計算のためのパラメータ、干渉回避用マージン及びその調整分を、新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 20 へ通知する (ステップ S 155)。一方、計算部 134 の負荷が相対的に低い場合には、計算部 134 は、新たなセカンダリシステムのための基準送信電力を計算する (ステップ S 160)。そして、シグナリング部 136 は、基準送信電力、干渉回避用マージン及びその調整分を、新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 20 へ通

知する（ステップS 1 6 5）。

[0133] その後、計算部 1 3 2 は、セカンダリシステム数の基準値 N_{WSD} 及び基準時点における最大の累積干渉量 $I_{Agg, max}$ を最新の値に更新する（ステップS 1 7 5）。そして、次の計算タイミングが到来するまでの間、判定部 1 3 2 によりセカンダリシステム数の変化が監視され、処理はステップS 1 0 5 へ戻る（ステップS 1 8 0）。

[0134] (3) 第3の例

図 7 C は、一実施形態に係る電力配分処理の流れの第 3 の例を示すフローチャートである。第 3 の例では、第 1 の例と同様、計算部 1 3 4 により最後に送信電力が再計算された時点が、セカンダリシステム数の変化の基準時点として扱われる。第 3 の例では、前節において第 1 の変形例として説明したシグナリングのオーバーヘッドを削減する手法が取り入れられる。

[0135] 図 7 C を参照すると、まず、判定部 1 3 2 は、セカンダリシステム数の変化を待ち受ける（ステップS 1 1 0）。そして、セカンダリシステム数が変化した場合には、処理はステップS 1 1 5 へ進む。

[0136] 次に、判定部 1 3 2 は、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回るかを判定する（ステップS 1 1 5）。変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回らない場合、処理はステップS 1 2 1 へ進む。一方、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回る場合、処理はステップS 1 4 0 へ進む。

[0137] ステップS 1 2 1 において、計算部 1 3 4 は、特許文献 1 に記載された電力配分法、又は非特許文献 2 に記載されたマージン最小化法などの手法に従って、基準送信電力及び干渉回避用のマージンを再計算する。再計算には、シグナリング削減用マージン M_{Int} も算入される（ステップS 1 2 1）。そして、シグナリング部 1 3 6 は、再計算された基準送信電力及びマージンを、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 2 0 へ通知する（ステップS 1 2 6）。また、計算部 1 3 2 は、セカンダリシステム数の基準値 N_{WSD} 及び基準時点における最大の

累積干渉量 $I_{\text{Agg, max}}$ を最新の値に更新する（ステップ S 1 3 0）。

[0138] ステップ S 1 4 0 において、計算部 1 3 4 は、セカンダリシステム数の変化分に基づいて干渉回避用マージンの調整分を計算することにより、干渉回避用マージンを調整する（ステップ S 1 4 0）。そして、シグナリング部 1 3 6 は、計算部 1 3 4 により計算されたマージン調整分をシグナリングすべきかを判定する（ステップ S 1 4 4）。例えば、マージン調整分 dM が上述した条件式（19）又は条件式（20）を満たさない場合、シグナリング部 1 3 6 はマージン調整分 dM をシグナリングすべきであると判定し得る。マージン調整分 dM をシグナリングすべきであると判定された場合、シグナリング部 1 3 6 は、計算部 1 3 4 により計算されたマージン調整分を、既存のセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 2 0 へ通知する（ステップ S 1 4 5）。

[0139] さらに、計算部 1 3 4 は、新たなセカンダリシステムのための基準送信電力を計算する（ステップ S 1 6 0）。そして、シグナリング部 1 3 6 は、基準送信電力、干渉回避用マージン、マージン調整分及びシグナリング削減用マージンを、新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 2 0 へ通知する（ステップ S 1 6 6）。

[0140] その後、次の計算タイミングが到来するまでの間、判定部 1 3 2 によりセカンダリシステム数の変化が監視され、処理はステップ S 1 1 0 へ戻る（ステップ S 1 8 0）。

[0141] （4）第4の例

図 7 D は、一実施形態に係る電力配分処理の流れの第 4 の例を示すフローチャートである。第 4 の例では、前節において第 2 の変形例として説明したシグナリングのオーバーヘッドを削減する手法が取り入れられる。

[0142] 図 7 D を参照すると、まず、判定部 1 3 2 は、セカンダリシステム数の変化を待ち受ける（ステップ S 1 1 0）。そして、セカンダリシステム数が変化した場合には、処理はステップ S 1 1 5 へ進む。

[0143] 次に、判定部 1 3 2 は、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回

るかを判定する（ステップS 1 1 5）。変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回らない場合、処理はステップS 1 2 0へ進む。一方、変化後のセカンダリシステム数が判定閾値を上回る場合、処理はステップS 1 3 5へ進む。

[0144] ステップS 1 2 0において、計算部1 3 4は、特許文献1に記載された電力配分法、又は非特許文献2に記載されたマージン最小化法などの手法に従って、基準送信電力及び干渉回避用のマージンを再計算する（ステップS 1 2 0）。そして、シグナリング部1 3 6は、再計算された基準送信電力及び干渉回避用マージンを、既存のセカンダリシステム及び新たなセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置2 0へ通知する（ステップS 1 2 5）。また、計算部1 3 2は、セカンダリシステム数の基準値 N_{WSD} 及び基準時点における最大の累積干渉量 $I_{Agg, max}$ を最新の値に更新する（ステップS 1 3 0）。

[0145] ステップS 1 3 5において、判定部1 3 2は、さらに、セカンダリシステム数の変化分の絶対値を閾値と比較する（ステップS 1 3 5）。ここでの閾値は、仮想的な変化分 $N_{WSD, VAR}$ であってもよい。また、増加のケースと減少のケースとで異なる閾値が使用されてもよい。セカンダリシステム数の変化分の絶対値が閾値を上回る場合、計算部1 3 4は、セカンダリシステム数の仮想的な変化分に基づいて干渉回避用マージンの調整分を計算することにより、干渉回避用マージンを調整する（ステップS 1 3 9）。そして、シグナリング部1 3 6は、計算部1 3 4により計算されたマージン調整分を、既存のセカンダリシステムの各々のマスタデバイスである無線通信装置2 0へ通知する（ステップS 1 4 5）。セカンダリシステム数の変化分の絶対値が閾値を上回らない場合、これらステップS 1 4 0及びS 1 4 5はスキップされる。

[0146] さらに、計算部1 3 4は、新たなセカンダリシステムのための基準送信電力を計算する（ステップS 1 6 0）。そして、シグナリング部1 3 6は、基準送信電力、干渉回避用マージン及びその調整分を、新たなセカンダリシ

テムの各々のマスタデバイスである無線通信装置 20 へ通知する（ステップ S 165）。

[0147] その後、次の計算タイミングが到来するまでの間、判定部 132 によりセカンダリシステム数の変化が監視され、処理はステップ S 110 へ戻る（ステップ S 180）。

[0148] [4-2. マージン調整処理]

図 8 は、図 7 A ~ 図 7 C に示した電力配分処理において実行され得るマージン調整処理（ステップ S 140 に相当）の流れの一例を示すフローチャートである。

[0149] 図 8 を参照すると、まず、計算部 134 は、セカンダリシステム数の変化分 $N_{WSD\ VAR}$ に基づいて、推定干渉変化 $d\ I$ を導出する（ステップ S 141）。次に、計算部 134 は、基準時点における累積干渉量 $I_{Agg, max}$ を記憶部 120 から取得する（ステップ S 142）。そして、計算部 134 は、セカンダリシステム数の変化分 $N_{WSD\ VAR}$ 、推定干渉変化 $d\ I$ 及び累積干渉量 $I_{Agg, max}$ を式（7）に代入することにより、マージン調整分 $d\ M$ を計算する（ステップ S 143）。

[0150] なお、セカンダリシステム数と累積干渉量とが比例するとの仮定に基づく式（9）が使用される場合には、推定干渉変化 $d\ I$ の導出及び $d\ I$ の計算式への代入は省略されてよい。

[0151] [4-3. シグナリングシーケンス]

図 9 A 及び図 9 B は、一実施形態に係る通信制御システム 1 内のシグナリングシーケンスの一例を示している。図 9 A のシーケンスには、通信制御装置 100、既存のセカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 a、及び新たなセカンダリシステムのマスタデバイスである無線通信装置 20 h が関与する。なお、ここでは説明の簡明さのために無線通信装置 20 a 及び 20 h のみを図示しているが、実際には、通信制御システム 1 はより多くの無線通信装置 20 を含むものとする。

[0152] 図 9 A を参照すると、まず、無線通信装置 20 h は、通信制御装置 100

へアクティブ化リクエストを送信する（ステップS 10）。無線通信装置20hからのアクティブ化リクエストを受信した通信制御装置100は、セカンダリシステム数をカウントアップする。

[0153] 周期的な計算タイミングが到来すると、通信制御装置100は、図7A～図7Dを用いて説明した電力配分処理を実行する（ステップS 15）。その結果、セカンダリシステムに割当てられるべき送信電力が再計算され、又は過去に計算された送信電力がセカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される。

[0154] 通信制御装置100は、アクティブ化を許可する旨の通知と共に、電力割当ての結果を無線通信装置20hへシグナリングする（ステップS 20）。また、通信制御装置100は、電力割当ての結果又はマージン調整の結果を、無線通信装置20aへシグナリングする（ステップS 20）。

[0155] 無線通信装置20hは、新たなセカンダリシステムに割当てられた送信電力を、通信制御装置100から通知された電力割当ての結果を用いて計算する（ステップS 30）。そして、無線通信装置20hは、計算した割当て送信電力を、通信制御装置100へレポートし得る（ステップS 35）。

[0156] 無線通信装置20aは、再計算され又は調整された割当て送信電力を、通信制御装置100から通知された電力割当ての結果又はマージン調整の結果を用いて計算する（ステップS 40）。そして、無線通信装置20aは、計算した割当て送信電力を、通信制御装置100へレポートし得る（ステップS 45）。

[0157] 図9Bを参照すると、通信制御装置100、無線通信装置20a及び無線通信装置20hを含む地理的領域3aに隣接する隣接領域3bについて送信電力の割当ての権限を有するデータサーバと、隣接領域3b内の無線通信装置とが示されている。

[0158] 隣接領域3b内のセカンダリシステムの存在を考慮すべき状況において、通信制御装置100は、隣接領域3bについて権限を有するデータサーバから、考慮すべきセカンダリシステム数をシグナリグされる（ステップS 50）。

）。ここでシグナリングされるセカンダリシステム数は、上述した式（１５）及び式（１６）におけるパラメータ $N_{WSD\ B}$ に相当し、セカンダリシステム数の変化分として扱われる。

[0159] 通信制御装置１００は、地理的領域３ａ内のセカンダリシステム数 $N_{WSD\ A}$ 及び隣接領域３ｂ内の考慮すべきセカンダリシステム数 $N_{WSD\ B}$ を用いて、電力配分処理を実行する（ステップＳ５５）。その結果、セカンダリシステムに割当てられるべき送信電力が再計算され、又は過去に計算された送信電力が $N_{WSD\ B}$ に基づいて調整される。

[0160] 通信制御装置１００は、電力割当ての結果又はマージン調整の結果を、無線通信装置２０ａ及び無線通信装置２０ｈへシグナリングする（ステップＳ６０、Ｓ６５）。

[0161] 無線通信装置２０ｈは、再計算され又は調整された割当て送信電力を、通信制御装置１００から通知された電力割当ての結果又はマージン調整の結果を用いて計算する（ステップＳ７０）。そして、無線通信装置２０ｈは、計算した割当て送信電力を、通信制御装置１００へレポートし得る（ステップＳ７５）。

[0162] 無線通信装置２０ａも同様に、再計算され又は調整された割当て送信電力を、通信制御装置１００から通知された電力割当ての結果又はマージン調整の結果を用いて計算する（ステップＳ８０）。そして、無線通信装置２０ａは、計算した割当て送信電力を、通信制御装置１００へレポートし得る（ステップＳ８５）。

[0163] <５．無線通信装置の構成例>

図１０は、一実施形態に係る無線通信装置２０の論理的な構成の一例を示すブロック図である。図１０を参照すると、無線通信装置２０は、無線通信部２１０、ネットワーク通信部２２０、記憶部２３０及び通信制御部２４０を含む。

[0164] （１）無線通信部

無線通信部２１０は、近傍に位置する端末装置（セカンダリシステムのス

レーブデバイス)との間で、通信制御装置100により割当てられた送信電力を用いて、無線通信を実行する。例えば、無線通信部210は、通信制御装置100から通知されるいずれかの利用可能な周波数チャネル上でビーコン信号を送信する。ビーコン信号を検知したスレーブデバイスは、無線通信装置20との間でセカンダリシステムの運用のためのパラメータを交換し、無線通信を開始する。ここで交換されるパラメータは、スレーブデバイスの送信電力を制御するためのパラメータ(例えば、送信電力の値)を含み得る。

[0165] (2) ネットワーク通信部

ネットワーク通信部220は、無線通信装置20と通信制御装置100との間のバックホールリンクを確立する。そして、ネットワーク通信部220は、通信制御装置100から送信される様々なシグナリングメッセージをバックホールリンク上で受信する。また、ネットワーク通信部220は、無線通信装置20により運用されるセカンダリシステムについてのセカンダリシステム情報を、通信制御装置100へ送信する。なお、バックホールリンクが無線リンクである場合には、無線通信装置20の構成からネットワーク通信部220が省略されてもよい。

[0166] (3) 記憶部

記憶部230は、ハードディスク又は半導体メモリなどの記憶媒体を用いて、無線通信装置20の動作のためのプログラム及びデータを記憶する。記憶部230により記憶されるデータは、例えば、無線通信装置20により運用されるセカンダリシステムについてのセカンダリシステム情報、通信制御装置100から通知される電力割当て関連情報、及びスレーブデバイス情報を含み得る。

[0167] (4) 通信制御部

通信制御部240は、無線通信装置20により実行される通信を制御する。例えば、通信制御部240は、無線通信装置20がセカンダリシステムの運用を開始する(又はスリープモードから復帰する)場合に、バックホール

リンクを介して通信制御装置 100 へアクティブ化リクエストを送信する。そして、通信制御装置 100 から電力割当て関連情報が受信されると、通信制御装置 100 による送信電力の割当てに従って、無線通信部 210 に動作周波数及び送信電力を設定する。それにより、マスタデバイスである無線通信装置 20 と 1 つ以上のスレーブデバイスとの間の無線通信が可能となる。無線通信部 210 が使用可能な最大送信電力は、通信制御装置 100 から通知される基準送信電力から干渉回避用マージン（及び、必要に応じてシグナリング削減用マージン）を減算することにより計算され得る。通信制御部 240 は、通信制御装置 100 から干渉回避用マージンの調整分を通知するシグナリングメッセージが受信されると、設定済みの送信電力に含まれるマージンにマージン調整分を加えることにより、無線通信部 210 における送信電力の設定を更新する。通信制御部 240 は、セカンダリシステムの運用を停止する（又はスリープモードへ遷移する）場合には、バックホールリンクを介して通信制御装置 100 へ非アクティブ化リクエストを送信する。それにより、通信制御装置 100 は、セカンダリシステムの減少を認識することができる。

[0168] <6. システムモデルの他の例>

図 1 には、通信制御システム 1 に G L D B に相当し得る通信制御装置 100 が配備され、通信制御装置 100 が電力の計算及びセカンダリシステムとの間のシグナリングを実行するシステムモデルが示されている。しかしながら、そうしたシステムモデルは一例に過ぎない。例えば、上述した通信制御装置 100 の機能は、階層的に分離される 2 つ以上のエンティティにより実現されてもよい。

[0169] 図 1 1 は、システムモデルの他の例について説明するための説明図である。図 1 1 を参照すると、通信制御システム 2 は、G L D B 102、1 つ以上の W S D B (White Space Database) 104 a、104 b、…、1 つ以上のマスタ W S D 20 a、20 b、…及び 1 つ以上のスレーブ W S D を含む。G L D B 102 は、上述した通信制御装置 100 の機能のうち、主に電力割

当てのための計算機能、及び電力の再計算と調整とを上述した判定条件に従って切り替える機能を有する。また、GLDB102は、WSDB104a、104b、…（以下、WSDB104と総称する）を含み得る他のエンティティと通信する機能をも有する。GLDB102は、自身が管理する地理的領域内のセカンダリシステム数が増加した場合には、セカンダリシステムのための割当て送信電力を再計算し、又は、セカンダリシステム数の変化分に基づいて干渉回避用のマージンを調整する。

[0170] WSDB104は、GLDB102から送信電力の計算結果を示す情報を取得し、各セカンダリシステムの割当て送信電力を特定するためのパラメータを、当該セカンダリシステムのマスタデバイスへシグナリングする機能を有する。また、WSDB104は、GLDB102を含み得る他のエンティティと通信する機能、及びマスタWSD20と通信する機能をも有する。WSDB104は、送信電力の計算結果を示す情報をGLDB102から直接的に受信してもよく、又は他のWSDBを介して取得してもよい。一例として、GLDB102は公的な又は公益的な機関により運営されるサーバであってよく、一方でWSDBは営利の又は非営利の事業者により運営されるサーバであってよい。

[0171] GLDB102は、プライマリシステム情報、及びWSDB104から報告されるセカンダリシステム情報に基づいて、セカンダリシステムに割当てべき送信電力を周期的に（又は非周期的に）計算（再計算／調整）する。そして、GLDB102は、計算結果を示す上述した電力割当て関連情報を、WSDB104へ送信する。電力割当て関連情報は、少なくとも、計算された干渉回避用マージンを特定するパラメータを含む。当該パラメータのタイプは、通信制御装置100のシグナリング部136に関連して上で説明したような任意のタイプであってよい。

[0172] 第1の例において、電力割当て関連情報は、個々のセカンダリシステム（又はマスタWSD）に関連付けられ、例えばシステムID又はデバイスIDを含み得る。この場合、WSDB104は、マスタWSD20からの要求へ

の応答において、要求元のIDに対応する情報をマスタWSD20へシグナリングし得る。第2の例において、電力割当て関連情報は、ロケーション（及びアンテナ高さなどのデバイス属性）に関連付けられる。例えば、GLDB102により管理される地理的領域はグリッド状にセグメント化され、個々のセグメントに識別情報が付与される。そして、電力割当て関連情報は、セグメントとデバイス属性（例えば、アンテナ高さ）とのペアにマージン値をマッピングするテーブルの形式で、WSD B104に提供される。この場合、WSD B104は、マスタWSD20からの要求への応答において、要求元のデバイスが位置するセグメント及び属性のペアにマッピングされているマージン値をシグナリングし得る。いずれの例においても、WSD B104は、基準送信電力と干渉回避用マージンとをそれぞれマスタWSD20へシグナリングしてもよい。その代わりに、WSD B104は、電力割当て関連情報に基づいて、基準送信電力、並びに干渉回避用マージン（基準値及び調整分）から個々のマスタWSD20の割当て送信電力を計算し、計算した割当て送信電力を特定するためのパラメータを個々のマスタWSD20へシグナリングしてもよい。また、WSD B104は、基準送信電力をマスタWSD20に計算させるためのパラメータをマスタWSD20へシグナリングしてもよい。

[0173] マスタWSD20は、図10を用いて説明した無線通信装置20に相当する。マスタWSD20は、自らが運用するセカンダリシステムのための割当て送信電力を特定する電力割当て関連情報を有しているWSD B104と通信する機能を有する。マスタWSD20は、接続先のWSD B104から、割当て送信電力を特定するためのパラメータのシグナリングを受信し、受信したパラメータを用いて特定される割当て送信電力に従って、マスタWSD20と1つ以上のスレーブWSDとの間の無線通信を制御する。

[0174] <7. 応用例>

本開示に係る技術は、様々な製品へ応用可能である。例えば、通信制御装置100、102及び104は、タワーサーバ、ラックサーバ、又はブレー

ドサーバなどのいずれかの種類のデータサーバとして実現されてもよい。また、通信制御装置１００、１０２及び１０４は、サーバに搭載される制御モジュール（例えば、１つのダイで構成される集積回路モジュール、又はブレードサーバのスロットに挿入されるカード若しくはブレード）であってもよい。

[0175] また、例えば、無線通信装置２０は、マクロeNB、ピコeNB、又はホームeNBなどのいずれかの種類のeNB（evolved Node B）として実現されてもよい。その代わりに、無線通信装置２０は、NodeB又はBTS（Base Transceiver Station）などの他の種類の基地局として実現されてもよい。

[0176] また、例えば、無線通信装置２０は、スマートフォン、タブレットPC（Personal Computer）、ノートPC、携帯型ゲーム端末、携帯型／ドングル型のモバイルルータ若しくはデジタルカメラなどのモバイル端末、又はカーナビゲーション装置などの車載端末として実現されてもよい。また、無線通信装置２０は、M2M（Machine To Machine）通信を行う端末（MTC（Machine Type Communication）端末ともいう）として実現されてもよい。さらに、無線通信装置２０は、これら端末に搭載される無線通信モジュール（例えば、１つのダイで構成される集積回路モジュール）であってもよい。

[0177] [7 - 1 . 通信制御装置に関する応用例]

図１２は、本開示に係る技術が適用され得るGLDB700の概略的な構成の一例を示すブロック図である。GLDB700は、プロセッサ701、メモリ702、ストレージ703、ネットワークインタフェース704及びバス706を備える。

[0178] プロセッサ701は、例えばCPU（Central Processing Unit）又はDSP（Digital Signal Processor）であってよく、GLDB700の各種機能を制御する。メモリ702は、RAM（Random Access Memory）及びROM（Read Only Memory）を含み、プロセッサ701により実行されるプログラム及びデータを記憶する。ストレージ703は、半導体メモリ又は

ハードディスクなどの記憶媒体を含み得る。

[0179] ネットワークインタフェース 704 は、G L D B 700 が有線通信ネットワーク 705 に接続するための有線通信インタフェースである。有線通信ネットワーク 705 は、E P C (Evolved Packet Core) などのコアネットワークであってもよく、又はインターネットなどの P D N (Packet Data Network) であってもよい。

[0180] バス 706 は、プロセッサ 701、メモリ 702、ストレージ 703 及びネットワークインタフェース 704 を互いに接続する。バス 706 は、速度の異なる 2 つ以上のバス（例えば、高速バス及び低速バス）を含んでもよい。

[0181] 図 12 に示した G L D B 700 において、図 6 を用いて説明した制御部 130 は、プロセッサ 701 において実装されてもよい。例えば、プロセッサ 701 が判定部 132、計算部 134 及びシグナリング部 136 として機能することにより、プライマリシステムへの有害な干渉を防止しつつ、G L D B 700 が管理する地理的領域内のセカンダリシステム数の変動に追従して迅速に各セカンダリシステムに送信電力を割当てることができる。

[0182] [7-2. 無線通信装置に関する応用例]

(第 1 の応用例)

図 13 は、本開示に係る技術が適用され得る e N B の概略的な構成の一例を示すブロック図である。e N B 800 は、1 つ以上のアンテナ 810、及び基地局装置 820 を有する。各アンテナ 810 及び基地局装置 820 は、R F ケーブルを介して互いに接続され得る。

[0183] アンテナ 810 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、M I M O アンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、基地局装置 820 による無線信号の送受信のために使用される。e N B 800 は、図 13 に示したように複数のアンテナ 810 を有し、複数のアンテナ 810 は、例えば e N B 800 が使用する複数の周波数帯域にそれぞれ対応してもよい。なお、図 13 には e N B 800 が複数のアンテナ 810 を有する例を示したが、e

NB800は単一のアンテナ810を有してもよい。

[0184] 基地局装置820は、コントローラ821、メモリ822、ネットワークインタフェース823及び無線通信インタフェース825を備える。

[0185] コントローラ821は、例えばCPU又はDSPであってよく、基地局装置820の上位レイヤの様々な機能を動作させる。例えば、コントローラ821は、無線通信インタフェース825により処理された信号内のデータからデータパケットを生成し、生成したパケットをネットワークインタフェース823を介して転送する。コントローラ821は、複数のベースバンドプロセッサからのデータをバンドリングすることによりバンドルドパケットを生成し、生成したバンドルドパケットを転送してもよい。また、コントローラ821は、無線リソース管理 (Radio Resource Control)、無線ベアラ制御 (Radio Bearer Control)、移動性管理 (Mobility Management)、流入制御 (Admission Control) 又はスケジューリング (Scheduling) などの制御を実行する論理的な機能を有してもよい。また、当該制御は、周辺のeNB又はコアネットワークノードと連携して実行されてもよい。メモリ822は、RAM及びROMを含み、コントローラ821により実行されるプログラム、及び様々な制御データ (例えば、端末リスト、送信電力データ及びスケジューリングデータなど) を記憶する。

[0186] ネットワークインタフェース823は、基地局装置820を有線通信ネットワーク705に接続するための通信インタフェースである。コントローラ821は、ネットワークインタフェース823を介して、GLDB700と通信し得る。

[0187] 無線通信インタフェース825は、LTE (Long Term Evolution) 又はLTE-A (LTE-Advanced) などのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、アンテナ810を介して、eNB800のセル内に位置する端末 (スレーブデバイス) に無線接続を提供する。無線通信インタフェース825は、典型的には、ベースバンド (BB) プロセッサ826及びRF回路827などを含み得る。BBプロセッサ826は、例えば、符号化／復号、変調／復

調及び多重化／逆多重化などを行なってよく、各レイヤ（例えば、L1、MAC (Medium Access Control)、RLC (Radio Link Control) 及びPDCP (Packet Data Convergence Protocol)) の様々な信号処理を実行する。BBプロセッサ826は、コントローラ821の代わりに、上述した論理的な機能の一部又は全部を有してもよい。BBプロセッサ826は、通信制御プログラムを記憶するメモリ、当該プログラムを実行するプロセッサ及び関連する回路を含むモジュールであってもよく、BBプロセッサ826の機能は、上記プログラムのアップデートにより変更可能であってもよい。また、上記モジュールは、基地局装置820のスロットに挿入されるカード若しくはブレードであってもよく、又は上記カード若しくは上記ブレードに搭載されるチップであってもよい。一方、RF回路827は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ810を介して無線信号を送受信する。

[0188] 無線通信インタフェース825は、図13に示したように複数のBBプロセッサ826を含み、複数のBBプロセッサ826は、例えばeNB800が使用する複数の周波数帯域にそれぞれ対応してもよい。また、無線通信インタフェース825は、図13に示したように複数のRF回路827を含み、複数のRF回路827は、例えば複数のアンテナ素子にそれぞれ対応してもよい。なお、図13には無線通信インタフェース825が複数のBBプロセッサ826及び複数のRF回路827を含む例を示したが、無線通信インタフェース825は単一のBBプロセッサ826又は単一のRF回路827を含んでもよい。

[0189] 図13に示したeNB800において、図10を用いて説明した通信制御部240は、無線通信インタフェース825において実装されてもよい。また、その機能の少なくとも一部は、コントローラ821において実装されてもよい。例えば、eNB800が通信制御装置100により割当てられる送信電力を用いてスレーブデバイスとの間で無線通信を実行することにより、プライマリシステムへの有害な干渉を防止しつつ、迅速にセカンダリシステ

ムの運用を開始することができる。

[0190] (第2の応用例)

図14は、本開示に係る技術が適用され得るスマートフォン900の概略的な構成の一例を示すブロック図である。スマートフォン900は、プロセッサ901、メモリ902、ストレージ903、外部接続インタフェース904、カメラ906、センサ907、マイクロフォン908、入力デバイス909、表示デバイス910、スピーカ911、無線通信インタフェース912、1つ以上のアンテナスイッチ915、1つ以上のアンテナ916、バス917、バッテリー918及び補助コントローラ919を備える。

[0191] プロセッサ901は、例えばCPU又はSoC (System on Chip) であってよく、スマートフォン900のアプリケーションレイヤ及びその他のレイヤの機能を制御する。メモリ902は、RAM及びROMを含み、プロセッサ901により実行されるプログラム及びデータを記憶する。ストレージ903は、半導体メモリ又はハードディスクなどの記憶媒体を含み得る。外部接続インタフェース904は、メモリーカード又はUSB (Universal Serial Bus) デバイスなどの外付けデバイスをスマートフォン900へ接続するためのインタフェースである。

[0192] カメラ906は、例えば、CCD (Charge Coupled Device) 又はCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などの撮像素子を有し、撮像画像を生成する。センサ907は、例えば、測位センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ及び加速度センサなどのセンサ群を含み得る。マイクロフォン908は、スマートフォン900へ入力される音声を音声信号へ変換する。入力デバイス909は、例えば、表示デバイス910の画面上へのタッチを検出するタッチセンサ、キーパッド、キーボード、ボタン又はスイッチなどを含み、ユーザからの操作又は情報入力を受け付ける。表示デバイス910は、液晶ディスプレイ (LCD) 又は有機発光ダイオード (OLED) ディスプレイなどの画面を有し、スマートフォン900の出力画像を表示する。スピーカ911は、スマートフォン900から出力される音声信号を

音声に変換する。

[0193] 無線通信インタフェース 912 は、LTE 又は LTE-A などのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、無線通信を実行する。無線通信インタフェース 912 は、典型的には、BB プロセッサ 913 及び RF 回路 914 などを含み得る。BB プロセッサ 913 は、例えば、符号化／復号、変調／復調及び多重化／逆多重化などを行なってよく、無線通信のための様々な信号処理を実行する。一方、RF 回路 914 は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ 916 を介して無線信号を送受信する。無線通信インタフェース 912 は、BB プロセッサ 913 及び RF 回路 914 を集積したワンチップのモジュールであってもよい。無線通信インタフェース 912 は、図 14 に示したように複数の BB プロセッサ 913 及び複数の RF 回路 914 を含んでもよい。なお、図 14 には無線通信インタフェース 912 が複数の BB プロセッサ 913 及び複数の RF 回路 914 を含む例を示したが、無線通信インタフェース 912 は単一の BB プロセッサ 913 又は単一の RF 回路 914 を含んでもよい。

[0194] さらに、無線通信インタフェース 912 は、セルラー通信方式に加えて、近距離無線通信方式、近接無線通信方式又は無線 LAN (Local Area Network) 方式などの他の種類の無線通信方式をサポートしてもよく、その場合に、無線通信方式ごとの BB プロセッサ 913 及び RF 回路 914 を含んでもよい。

[0195] アンテナスイッチ 915 の各々は、無線通信インタフェース 912 に含まれる複数の回路（例えば、異なる無線通信方式のための回路）の間でアンテナ 916 の接続先を切り替える。

[0196] アンテナ 916 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、MIMO アンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、無線通信インタフェース 912 による無線信号の送受信のために使用される。スマートフォン 900 は、図 14 に示したように複数のアンテナ 916 を有してもよい。なお、図 14 にはスマートフォン 900 が複数のアンテナ 916 を有する例を示

したが、スマートフォン900は単一のアンテナ916を有してもよい。

[0197] さらに、スマートフォン900は、無線通信方式ごとにアンテナ916を備えてもよい。その場合に、アンテナスイッチ915は、スマートフォン900の構成から省略されてもよい。

[0198] バス917は、プロセッサ901、メモリ902、ストレージ903、外部接続インタフェース904、カメラ906、センサ907、マイクロフォン908、入力デバイス909、表示デバイス910、スピーカ911、無線通信インタフェース912及び補助コントローラ919を互いに接続する。バッテリー918は、図中に破線で部分的に示した給電ラインを介して、図14に示したスマートフォン900の各ブロックへ電力を供給する。補助コントローラ919は、例えば、スリープモードにおいて、スマートフォン900の必要最低限の機能を動作させる。

[0199] 図14に示したスマートフォン900は、セカンダリシステムのマスタデバイスとして動作してもよい。その際、図10を用いて説明した通信制御部240は、無線通信インタフェース912において実装されてもよい。また、これら機能の少なくとも一部は、プロセッサ901又は補助コントローラ919において実装されてもよい。例えば、スマートフォン900が通信制御装置100により割当てられる送信電力を用いてスレーブデバイスとの間で無線通信を実行することにより、プライマリシステムへの有害な干渉を防止しつつ、迅速にセカンダリシステムの運用を開始することができる。また、スマートフォン900は、セカンダリシステムのスレーブデバイスとして動作してもよい。

[0200] (第3の応用例)

図15は、本開示に係る技術が適用され得るカーナビゲーション装置920の概略的な構成の一例を示すブロック図である。カーナビゲーション装置920は、プロセッサ921、メモリ922、GPS (Global Positioning System) モジュール924、センサ925、データインタフェース926、コンテンツプレーヤ927、記憶媒体インタフェース928、入力デバイ

ス 9 2 9、表示デバイス 9 3 0、スピーカ 9 3 1、無線通信インタフェース 9 3 3、1 つ以上のアンテナスイッチ 9 3 6、1 つ以上のアンテナ 9 3 7 及びバッテリー 9 3 8 を備える。

[0201] プロセッサ 9 2 1 は、例えば CPU 又は SOC であってよく、カーナビゲーション装置 9 2 0 のナビゲーション機能及びその他の機能を制御する。メモリ 9 2 2 は、RAM 及び ROM を含み、プロセッサ 9 2 1 により実行されるプログラム及びデータを記憶する。

[0202] GPS モジュール 9 2 4 は、GPS 衛星から受信される GPS 信号を用いて、カーナビゲーション装置 9 2 0 の位置（例えば、緯度、経度及び高度）を測定する。センサ 9 2 5 は、例えば、ジャイロセンサ、地磁気センサ及び気圧センサなどのセンサ群を含み得る。データインタフェース 9 2 6 は、例えば、図示しない端子を介して車載ネットワーク 9 4 1 に接続され、車速データなどの車両側で生成されるデータを取得する。

[0203] コンテンツプレーヤ 9 2 7 は、記憶媒体インタフェース 9 2 8 に挿入される記憶媒体（例えば、CD 又は DVD）に記憶されているコンテンツを再生する。入力デバイス 9 2 9 は、例えば、表示デバイス 9 3 0 の画面上へのタッチを検出するタッチセンサ、ボタン又はスイッチなどを含み、ユーザからの操作又は情報入力を受け付ける。表示デバイス 9 3 0 は、LCD 又は OLED ディスプレイなどの画面を有し、ナビゲーション機能又は再生されるコンテンツの画像を表示する。スピーカ 9 3 1 は、ナビゲーション機能又は再生されるコンテンツの音声を出力する。

[0204] 無線通信インタフェース 9 3 3 は、LTE 又は LTE-A などのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、無線通信を実行する。無線通信インタフェース 9 3 3 は、典型的には、BB プロセッサ 9 3 4 及び RF 回路 9 3 5 などを含み得る。BB プロセッサ 9 3 4 は、例えば、符号化／復号、変調／復調及び多重化／逆多重化などを行なってよく、無線通信のための様々な信号処理を実行する。一方、RF 回路 9 3 5 は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ 9 3 7 を介して無線信号を送受信する。無線通

信インタフェース 933 は、BB プロセッサ 934 及び RF 回路 935 を集積したワンチップのモジュールであってもよい。無線通信インタフェース 933 は、図 15 に示したように複数の BB プロセッサ 934 及び複数の RF 回路 935 を含んでもよい。なお、図 15 には無線通信インタフェース 933 が複数の BB プロセッサ 934 及び複数の RF 回路 935 を含む例を示したが、無線通信インタフェース 933 は単一の BB プロセッサ 934 又は単一の RF 回路 935 を含んでもよい。

[0205] さらに、無線通信インタフェース 933 は、セルラー通信方式に加えて、近距離無線通信方式、近接無線通信方式又は無線 LAN 方式などの他の種類の無線通信方式をサポートしてもよく、その場合に、無線通信方式ごとの BB プロセッサ 934 及び RF 回路 935 を含んでもよい。

[0206] アンテナスイッチ 936 の各々は、無線通信インタフェース 933 に含まれる複数の回路（例えば、異なる無線通信方式のための回路）の間でアンテナ 937 の接続先を切り替える。

[0207] アンテナ 937 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、MMO アンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、無線通信インタフェース 933 による無線信号の送受信のために使用される。カーナビゲーション装置 920 は、図 15 に示したように複数のアンテナ 937 を有してもよい。なお、図 15 にはカーナビゲーション装置 920 が複数のアンテナ 937 を有する例を示したが、カーナビゲーション装置 920 は単一のアンテナ 937 を有してもよい。

[0208] さらに、カーナビゲーション装置 920 は、無線通信方式ごとにアンテナ 937 を備えてもよい。その場合に、アンテナスイッチ 936 は、カーナビゲーション装置 920 の構成から省略されてもよい。

[0209] バッテリー 938 は、図中に破線で部分的に示した給電ラインを介して、図 15 に示したカーナビゲーション装置 920 の各ブロックへ電力を供給する。また、バッテリー 938 は、車両側から給電される電力を蓄積する。

[0210] 図 15 に示したカーナビゲーション装置 920 は、セカンダリシステムの

マスタデバイスとして動作してもよい。その際、図10を用いて説明した通信制御部240は、無線通信インタフェース933において実装されてもよい。また、これら機能の少なくとも一部は、プロセッサ921において実装されてもよい。例えば、カーナビゲーション装置920が通信制御装置100により割当てられる送信電力を用いてスレーブデバイスとの間で無線通信を実行することにより、プライマリシステムへの有害な干渉を防止しつつ、迅速にセカンダリシステムの運用を開始することができる。また、カーナビゲーション装置920は、セカンダリシステムのスレーブデバイスとして動作してもよい。

[0211] また、本開示に係る技術は、上述したカーナビゲーション装置920の1つ以上のブロックと、車載ネットワーク941と、車両側モジュール942とを含む車載システム（又は車両）940として実現されてもよい。車両側モジュール942は、車速、エンジン回転数又は故障情報などの車両側データを生成し、生成したデータを車載ネットワーク941へ出力する。

[0212] <8. まとめ>

ここまで、図1～図15を用いて、本開示に係る技術のいくつかの実施形態について詳細に説明した。上述した実施形態によれば、プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を計算する装置において、セカンダリシステム数が増加した場合に、送信電力を再計算するか、又は過去に計算した送信電力をセカンダリシステム数の変化分に基づいて調整するか、がセカンダリシステム数に依存する条件に従って動的に判定される。従って、有害な干渉の防止と電力割当ての迅速さとを両立することができる。また、タイムリーに電力割当てが更新されないことに起因する有害な干渉の発生などといった弊害を解消することができる。それにより、無線リソースの利用効率が向上される。なお、本明細書では主に送信電力の再計算又は調整が周期的に行われる例を説明したが、本開示に係る技術は、かかる例に限定されない。例えば、プライマリシステム若しくはセカンダリシステムからのリクエスト

ト、又は何らかの入力条件の変化などのトリガが検出された際に、本開示に係る技術に従って少ない計算コストで送信電力が調整されてもよい。

[0213] 例えば、変化後のセカンダリシステム数が閾値を下回る場合には送信電力が再計算される。一方、変化後のセカンダリシステム数が閾値を上回る場合には過去に計算した送信電力の調整が実行される。従って、セカンダリシステムが多数存在し、許容される時間内に電力割当ての計算が終了しない可能性がある場合には、簡易なアルゴリズムでの送信電力の調整のみが実行される。それにより、プライマリシステムの保護を維持しつつ、送信電力の割当ての遅延に起因するセカンダリシステムの通信機会の喪失を防止することができる。

[0214] 一例としての電力計算モデルによれば、各セカンダリシステムに割当てられる送信電力は、当該セカンダリシステムの基準送信電力と、干渉回避用マージンとを用いて計算される。このモデルにおいて、送信電力の調整は、セカンダリシステム数の変化分に基づいて干渉回避用マージンを調整することにより実行される。従って、セカンダリシステム数の変化を監視するだけで、少ない計算コストで送信電力を調整することができる。

[0215] なお、本明細書において説明した各装置による一連の制御処理は、ソフトウェア、ハードウェア、及びソフトウェアとハードウェアとの組合せのいずれを用いて実現されてもよい。ソフトウェアを構成するプログラムは、例えば、各装置の内部又は外部に設けられる記憶媒体（非一時的な媒体：non-transitory media）に予め格納される。そして、各プログラムは、例えば、実行時にRAMに読み込まれ、CPUなどのプロセッサにより実行される。

[0216] また、本明細書においてフローチャートを用いて説明した処理は、必ずしもフローチャートに示された順序で実行されなくてもよい。いくつかの処理ステップは、並列的に実行されてもよい。また、追加的な処理ステップが採用されてもよく、一部の処理ステップが省略されてもよい。

[0217] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分

野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0218] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的又は例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果と共に、又は上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏し得る。

[0219] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を計算する計算部と、

セカンダリシステム数が増加した場合に、前記セカンダリシステム数に依存する条件に従って、前記計算部に前記送信電力を再計算させるか、又は過去に計算した前記送信電力を前記セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整させるか、を判定する判定部と、

を備える通信制御装置。

(2)

前記判定部は、変化後の前記セカンダリシステム数が閾値を下回る場合に、前記計算部に前記送信電力を再計算させ、変化後の前記セカンダリシステム数が前記閾値を上回る場合に、前記計算部に過去に計算した前記送信電力を調整させる、前記(1)に記載の通信制御装置。

(3)

前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように予め設定される、前記(2)に記載の通信制御装置。

(4)

前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように動的に設定される、前記（２）に記載の通信制御装置。

（５）

前記セカンダリシステム数の前記変化分は、最後に前記送信電力が再計算された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、前記（１）～（４）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（６）

前記セカンダリシステム数の前記変化分は、直前に前記送信電力が再計算され又は調整された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、前記（１）～（４）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（７）

各セカンダリシステムに割当てられる送信電力は、当該セカンダリシステムの基準送信電力と、干渉回避用のマージンとを含み、

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分に基づいて前記干渉回避用のマージンを調整することにより、前記送信電力を調整する、

前記（１）～（６）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（８）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分に基づいて干渉量の変化分を推定することにより、前記干渉回避用のマージンの調整分を計算する、前記（７）に記載の通信制御装置。

（９）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分と前記干渉量の前記変化分とのマッピングを定義するテーブルを用いて、前記干渉量の前記変化分を推定する、前記（８）に記載の通信制御装置。

（１０）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数と前記干渉量とが比例するとの仮定に基づいて、前記干渉量の前記変化分を推定する、前記（８）に記載の

通信制御装置。

(11)

前記通信制御装置は、

前記計算部により計算される前記干渉回避用のマージンの調整分を既存のセカンダリシステムへシグナリングするシグナリング部、

をさらに備える、前記(7)～(10)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(12)

前記シグナリング部は、新たなセカンダリシステムへ、前記干渉回避用のマージンの基準値と前記調整分とをシグナリングする、前記(11)に記載の通信制御装置。

(13)

前記シグナリング部は、前記計算部の負荷に応じて、計算用パラメータを前記新たなセカンダリシステムへシグナリングすることにより、当該セカンダリシステム自身に前記基準送信電力を計算させる、前記(12)に記載の通信制御装置。

(14)

前記通信制御装置は、第1の地理的領域内の前記1つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てて権限を有し、

前記計算部は、送信電力の割当てに際して前記第1の地理的領域に隣接する第2の地理的領域内のセカンダリシステムの存在を考慮すべきである場合に、前記第2の地理的領域について権限を有する他の装置から、考慮すべき前記第2の地理的領域内のセカンダリシステム数を示す情報を取得する、

前記(1)～(13)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(15)

各セカンダリシステムに割当てられる送信電力は、シグナリングオーバーヘッド削減用のマージンをさらに含み、

前記シグナリング部は、前記干渉回避用のマージンの前記調整分が割当て

済みの送信電力に含まれる前記シグナリングオーバーヘッド削減用のマージンを下回る場合には、前記干渉回避用のマージンの前記調整分を前記既存のセカンダリシステムへシグナリングしない、

前記（１１）～（１３）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１６）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分を実際よりも多い仮想的な値に設定して送信電力を調整することにより、各セカンダリシステムへのシグナリングの頻度を低減する、前記（１）～（１５）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１７）

プロセッサにおいて、プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用する１つ以上のセカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を計算することと、

セカンダリシステム数が変化した場合に、前記セカンダリシステム数に依存する条件に従って、前記プロセッサに前記送信電力を再計算させるか、又は過去に計算した前記送信電力を前記セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整させるか、を判定することと、

を含む通信制御方法。

（１８）

無線通信装置であって、

プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用することにより運用されるセカンダリシステムの数が増加した場合に、前記セカンダリシステムの数に依存する条件に従って、各セカンダリシステムに割当てられるべき送信電力を再計算し又は過去に計算した前記送信電力を前記セカンダリシステムの数の変化分に基づいて調整する通信制御装置、との間で通信する通信部と、

前記通信部を介して前記通信制御装置から通知される送信電力の割当てに従って、前記無線通信装置と１つ以上の端末装置との間の無線通信を制御す

る通信制御部と、
を備える無線通信装置。

[0220] また、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する 1 つ以上のセカンダリシステムの、基準送信電力と干渉回避用のマージンとを含む割当てられるべき送信電力を計算する計算部と、

セカンダリシステム数の変化を判定し、判定した変化分に基づいて前記計算部に前記干渉回避用のマージンを調整させる判定部と、

を備える通信制御装置。

(2)

前記判定部は、前記セカンダリシステム数に依存する条件に従って、前記計算部に前記送信電力を再計算させるか、又は、過去に計算した前記送信電力を、前記変化分に基づいて前記干渉回避用のマージンを調整することにより調整させるか、を判定する、前記 (1) に記載の通信制御装置。

(3)

前記判定部は、変化後の前記セカンダリシステム数が閾値を下回る場合に、前記計算部に前記送信電力を再計算させ、変化後の前記セカンダリシステム数が前記閾値を上回る場合に、前記計算部に過去に計算した前記送信電力を調整させる、前記 (2) に記載の通信制御装置。

(4)

前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように予め設定される、前記 (3) に記載の通信制御装置。

(5)

前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように動的に設定される、前記 (3) に記載の通信制御装置。

(6)

前記セカンダリシステム数の前記変化分は、最後に前記送信電力が再計算された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、前記(2)～(5)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(7)

前記セカンダリシステム数の前記変化分は、直前に前記送信電力が再計算され又は調整された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、前記(2)～(5)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(8)

前記セカンダリシステム数は、セカンダリシステムのマスタデバイス及びスレーブデバイスの一方又は双方のデバイス数に基づく、前記(1)～(7)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(9)

前記デバイス数は、デバイスの構成に依存する重みを算入することにより計算される、前記(8)に記載の通信制御装置。

(10)

前記判定部は、さらに、リファレンスポイント、二次利用される周波数チャネル、デバイスのアンテナ高さ、及び他システムからの干渉レベル、のうち少なくとも1つに依存する条件に従って、前記計算部に前記送信電力を再計算させるか、又は過去に計算した前記送信電力を調整させるか、を判定する、前記(2)～(7)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(11)

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分に基づいて干渉量の変化分を推定することにより、前記干渉回避用のマージンの調整分を計算する、前記(1)～(10)のいずれか1項に記載の通信制御装置。

(12)

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分と前記干渉量の前記変化分とのマッピングを定義するテーブルを用いて、前記干渉量の前記変

化分を推定する、前記（１１）に記載の通信制御装置。

（１３）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数と前記干渉量とが比例するとの仮定に基づいて、前記干渉量の前記変化分を推定する、前記（１１）に記載の通信制御装置。

（１４）

前記通信制御装置は、第１の地理的領域内の前記１つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てて権限を有し、

前記計算部は、送信電力の割当てに際して前記第１の地理的領域に隣接する第２の地理的領域内のセカンダリシステムの存在を考慮すべきである場合に、前記第２の地理的領域について権限を有する他の装置から、考慮すべき前記第２の地理的領域内のセカンダリシステム数を示す情報を取得する、

前記（１）～（１３）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１５）

前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分を実際よりも多い仮想的な値に設定して前記干渉回避用のマージンを調整する、前記（１）～（１４）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１６）

前記通信制御装置は、

前記計算部により計算される前記干渉回避用のマージンの調整分を前記セカンダリシステムのためにシグナリングするシグナリング部、

をさらに備える、前記（１）～（１５）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１７）

各セカンダリシステムのための前記割当て送信電力は、シグナリングオーバーヘッド削減用のマージンをさらに含み、

前記シグナリング部は、前記干渉回避用のマージンの前記調整分が割当て済みの送信電力に含まれる前記シグナリングオーバーヘッド削減用のマージン

を下回る場合には、前記干渉回避用のマージンの前記調整分をシグナリングしない、

前記（１６）に記載の通信制御装置。

（１８）

プロセッサにおいて、プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用する１つ以上のセカンダリシステムの、基準送信電力と干渉回避用のマージンとを含む割当てられるべき送信電力を計算することと、

セカンダリシステム数の変化を判定し、判定した変化分に基づいて前記プロセッサに前記干渉回避用のマージンを調整させることと、

を含む通信制御方法。

（１９）

プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用する１つ以上のセカンダリシステムのマスタデバイスと通信する通信部と、

基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバ、から取得される情報に基づいて、前記割当て送信電力を特定するためのパラメータを、前記通信部を介して前記マスタデバイスへシグナリングする制御部と、

を備える通信制御装置。

（２０）

前記制御部は、前記基準送信電力、並びに前記干渉回避用のマージンの基準値及び調整分から各マスタデバイスについて前記割当て送信電力を計算し、計算した前記割当て送信電力を特定するための前記パラメータを前記マスタデバイスへシグナリングする、前記（１９）に記載の通信制御装置。

（２１）

前記パラメータは、前記基準送信電力を計算するためのパラメータを含む、前記（１９）に記載の通信制御装置。

（２２）

プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用する 1 つ以上のセカンダリシステムのマスタデバイスと通信する通信制御装置における通信制御方法であって、

基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバ、から取得される情報に基づいて、前記割当て送信電力を特定するためのパラメータを、前記マスタデバイスへシグナリングすること、

を含む通信制御方法。

(23)

プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用するセカンダリシステムを運用する無線通信装置であって、

基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバから取得される情報に基づく前記割当て送信電力を特定するためのパラメータ、のシグナリングを受信する通信部と、

前記パラメータを用いて特定される前記割当て送信電力に従って、前記無線通信装置と 1 つ以上の端末装置との間の無線通信を制御する通信制御部と、

を備える無線通信装置。

(24)

プライマリシステムのために保護される周波数チャンネルを二次利用するセカンダリシステムを運用する無線通信装置における通信制御方法であって、

基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバから取得される情報に基づく前記割当て送信電力を特定するためのパラメータ、のシグナリングを受信することと、

前記パラメータを用いて特定される前記割当て送信電力に従って、前記無

線通信装置と１つ以上の端末装置との間の無線通信を制御することと、
を含む通信制御方法。

符号の説明

[0221]	１， ２	通信制御システム
	１ ０	プライマリ送受信局
	１ ０ ０	通信制御装置（ＧＬＤＢ）
	１ ０ ２	通信制御装置（ＧＬＤＢ）
	１ ０ ４	通信制御装置（ＷＳＤＢ）
	１ １ ０	通信部
	１ ２ ０	記憶部
	１ ３ ０	制御部
	１ ３ ２	判定部
	１ ３ ４	計算部
	１ ３ ６	シグナリング部
	２ ０	無線通信装置（マスタＷＳＤ）
	２ １ ０	無線通信部
	２ ２ ０	ネットワーク通信部
	２ ３ ０	記憶部
	２ ４ ０	通信制御部

請求の範囲

- [請求項1] プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する1つ以上のセカンダリシステムの、基準送信電力と干渉回避用のマージンとを含む割当てられるべき送信電力を計算する計算部と、
- セカンダリシステム数の変化を判定し、判定した変化分に基づいて前記計算部に前記干渉回避用のマージンを調整させる判定部と、
- を備える通信制御装置。
- [請求項2] 前記判定部は、前記セカンダリシステム数に依存する条件に従って、前記計算部に前記送信電力を再計算させるか、又は、過去に計算した前記送信電力を、前記変化分に基づいて前記干渉回避用のマージンを調整することにより調整させるか、を判定する、請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項3] 前記判定部は、変化後の前記セカンダリシステム数が閾値を下回る場合に、前記計算部に前記送信電力を再計算させ、変化後の前記セカンダリシステム数が前記閾値を上回る場合に、前記計算部に過去に計算した前記送信電力を調整させる、請求項2に記載の通信制御装置。
- [請求項4] 前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように予め設定される、請求項3に記載の通信制御装置。
- [請求項5] 前記閾値は、前記セカンダリシステム数に依存する推定計算時間が許容される計算時間を上回らないように動的に設定される、請求項3に記載の通信制御装置。
- [請求項6] 前記セカンダリシステム数の前記変化分は、最後に前記送信電力が再計算された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、請求項2に記載の通信制御装置。
- [請求項7] 前記セカンダリシステム数の前記変化分は、直前に前記送信電力が再計算され又は調整された時点のセカンダリシステム数に基づいて計算される、請求項2に記載の通信制御装置。

- [請求項8] 前記セカンダリシステム数は、セカンダリシステムのマスタデバイス及びスレーブデバイスの一方又は双方のデバイス数に基づく、請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項9] 前記デバイス数は、デバイスの構成に依存する重みを算入することにより計算される、請求項8に記載の通信制御装置。
- [請求項10] 前記判定部は、さらに、リファレンスポイント、二次利用される周波数チャネル、デバイスのアンテナ高さ、及び他システムからの干渉レベル、のうち少なくとも1つに依存する条件に従って、前記計算部に前記送信電力を再計算させるか、又は過去に計算した前記送信電力を調整させるか、を判定する、請求項2に記載の通信制御装置。
- [請求項11] 前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分に基づいて干渉量の変化分を推定することにより、前記干渉回避用のマージンの調整分を計算する、請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項12] 前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分と前記干渉量の前記変化分とのマッピングを定義するテーブルを用いて、前記干渉量の前記変化分を推定する、請求項11に記載の通信制御装置。
- [請求項13] 前記計算部は、前記セカンダリシステム数と前記干渉量とが比例するとの仮定に基づいて、前記干渉量の前記変化分を推定する、請求項11に記載の通信制御装置。
- [請求項14] 前記通信制御装置は、第1の地理的領域内の前記1つ以上のセカンダリシステムに送信電力を割当てする権限を有し、
前記計算部は、送信電力の割当てに際して前記第1の地理的領域に隣接する第2の地理的領域内のセカンダリシステムの存在を考慮すべきである場合に、前記第2の地理的領域について権限を有する他の装置から、考慮すべき前記第2の地理的領域内のセカンダリシステム数を示す情報を取得する、
請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項15] 前記計算部は、前記セカンダリシステム数の前記変化分を実際より

も多い仮想的な値に設定して前記干渉回避用のマージンを調整する、請求項 1 に記載の通信制御装置。

[請求項16] 前記通信制御装置は、
前記計算部により計算される前記干渉回避用のマージンの調整分を前記セカンダリシステムのためにシグナリングするシグナリング部、
をさらに備える、請求項 1 に記載の通信制御装置。

[請求項17] 各セカンダリシステムのための前記割当て送信電力は、シグナリングオーバーヘッド削減用のマージンをさらに含み、
前記シグナリング部は、前記干渉回避用のマージンの前記調整分が割当て済みの送信電力に含まれる前記シグナリングオーバーヘッド削減用のマージンを下回る場合には、前記干渉回避用のマージンの前記調整分をシグナリングしない、
請求項 16 に記載の通信制御装置。

[請求項18] プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用する 1 つ以上のセカンダリシステムのマスタデバイスと通信する通信部と、
基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバ、から取得される情報に基づいて、前記割当て送信電力を特定するためのパラメータを、前記通信部を介して前記マスタデバイスへシグナリングする制御部と、
を備える通信制御装置。

[請求項19] 前記制御部は、前記基準送信電力、並びに前記干渉回避用のマージンの基準値及び調整分から各マスタデバイスについて前記割当て送信電力を計算し、計算した前記割当て送信電力を特定するための前記パラメータを前記マスタデバイスへシグナリングする、請求項 18 に記載の通信制御装置。

[請求項20] プライマリシステムのために保護される周波数チャネルを二次利用

するセカンダリシステムを運用する無線通信装置であって、

基準送信電力と、セカンダリシステム数の変化分に基づいて調整される干渉回避用のマージンと、を含む前記セカンダリシステムのための割当て送信電力を計算するデータサーバから取得される情報に基づく前記割当て送信電力を特定するためのパラメータ、のシグナリングを受信する通信部と、

前記パラメータを用いて特定される前記割当て送信電力に従って、前記無線通信装置と1つ以上の端末装置との間の無線通信を制御する通信制御部と、

を備える無線通信装置。