

明 細 書

発明の名称：通信制御装置、送信電力割当て方法及びプログラム 技術分野

[0001] 本開示は、通信制御装置、送信電力割当て方法及びプログラムに関する。

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は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はセカンダリシステム (Secondary System) と呼ばれる。

[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TV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TV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。TVホワイトスペースの二次利用を可能とするための物理層 (PHY) 及びMAC層のための標準規格として、例えば、IEEE 802.22、IEEE 802.11af、及びECMA (European Computer Manufacturer Association) - 392 (Cognitive, 下記非特許文献2 参照) が挙げられる。

[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、下記特許文献1は、セカンダリシステムの基地局とプライマリシステムの受信装置との間の経路上の経路損失に応じてセカンダリシステムの最大送信電力を決定する手

法を提案している。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1: Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), “TECHNICAL AND OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR THE POSSIBLE OPERATION OF COGNITIVE RADIO SYSTEMS IN THE ‘WHITE SPACES’ OF THE FREQUENCY BAND 470-790 MHz”, ECC REPORT 159, Cardiff, January 2011

非特許文献2: 「Standard ECMA-392 MAC and PHY for Operation in TV White Space」、[online]、[2011年12月15日検索]、インターネット<URL: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-392.htm>>

特許文献

[0006] 特許文献1: 特開2009-100452号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] セカンダリシステムが複数存在し得る状況では、複数のセカンダリシステムからの累積的な干渉がプライマリシステムにより許容される範囲内に収まるように各セカンダリシステムの送信電力を制御することが有益である。また、セカンダリシステムの送信電力が小さくない場合には、チャンネル間干渉をも考慮する必要性が生じ得る。しかし、全てのセカンダリシステムについてこのような様々な要因を正確に評価しようとするれば、送信電力の割当てのための計算コストが増加し、二次利用を制御する制御ノードに過剰な負荷が掛かってしまう。

[0008] 従って、セカンダリシステムの送信電力を計算するための負荷を抑制しつつ、プライマリシステムへの有害な干渉を適切に防止することのできる仕組

みが提供されることが望ましい。

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の二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て電力割当て部、を備え、前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、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の二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て方法であって、前記セカンダリシステムの前記プライマリシステムからの距離を取得することと、取得された前記距離が所定の閾値を下回る場合に、第1の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、取得された前記距離が前記所定の閾値を上回る場合に、前記第1の電力割当て方式よりも計算コストの低い第2の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、を含む方法が提供される。

[0011] また、本開示によれば、通信制御装置のコンピュータを、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二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て電力割当て部、として機能させるためのプログラムであって、前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、プログラムが提供される。

発明の効果

[0012] 本開示に係る技術によれば、セカンダリシステムの送信電力を計算するための負荷を抑制しつつ、プライマリシステムへの有害な干渉を適切に防止することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]周波数の二次利用に際してプライマリシステムのノードが受ける干渉について説明するための説明図である。

[図2]チャンネル内の干渉及びチャンネル間の干渉について説明するための説明図である。

[図3]一実施形態に係る通信制御システムの構成について説明するための説明図である。

[図4]一実施形態に係る通信制御システムにおいて実行される通信制御処理の概略的な流れの一例を示すシーケンス図である。

[図5]一実施形態に係る通信制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図6]一実施形態に係る電力割当て処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図7]一実施形態に係るセカンダリシステムのマスタノードの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
2. セカンダリシステムマネージャの構成例
 - 2-1. 各部の説明
 - 2-2. 処理の流れ
3. マスタノードの構成例
4. まとめ

[0016] <1. システムの概要>

まず、図1～図4を参照しながら、一実施形態に係る通信制御システムの概要を説明する。

[0017] 図1は、周波数の二次利用に際してプライマリシステムのノードが受ける干渉について説明するための説明図である。図1を参照すると、プライマリシステムのサービスを提供するプライマリ送信局10、及び当該プライマリシステムのサービスエリアの境界12の内部に位置するプライマリ受信局20が示されている。プライマリ送信局10は、例えば、TV放送の放送局であってもよく、又はセルラ通信方式の無線基地局若しくは中継局であってもよい。セルラ通信方式とは、GSM、UMTS、WCDMA、CDMA2000、LTE、LTE-Advanced、IEEE802.16、WiMAX又はWiMAX2などを含み得る。プライマリ送信局10がTV放送の放送局である場合には、プライマリ受信局20は、TV放送の受信用アンテナ及びチューナを有する受信機である。また、プライマリ送信局10がセルラ通信方式の無線基地局である場合には、プライマリ受信局20は、当該セルラ通信方式に従って動作する無線端末である。図1の例において、プライマリ送信局10には、チャンネルF1が割当てられている。プライマリ送信局10は、このチャンネルF1上で無線信号を送信することにより、TV放送サービス、無線通信サービス又はその他の何らかの無線サービスを提供することができる。なお、図1の例に限定されず、プライマリシステムには複数の周波数チャンネルが割当てられてもよい。

[0018] 図1には、さらに、セカンダリシステムをそれぞれ運用するマスタノード200a、200b、200c及び200dが示されている。各マスタノードは、プライマリシステムに割当てられたチャンネルF1又は近傍のチャンネルF2若しくはF3を利用して、それぞれセカンダリシステムを運用する。各マスタノードは、IEEE802.22、IEEE802.11又はECMAなどの無線通信方式に準拠し若しくはそれらを部分的に利用する無線アクセスポイントであってもよく、又はセルラ通信方式に準拠し若しくはその規格を部分的に利用する無線基地局若しくは中継局であってもよい。セカンダリシステムがセルラ通信方式に従って運用される場合、そのセルラ通信方式は、プライマリシステムと同じ方式であってもよく又は異なる方式であって

もよい。各マスタノードの周囲には、セカンダリシステムの1つ以上のスレーブノード（図示せず）が存在し得る。スレーブノードは、接続相手であるマスタノードと同じ無線通信方式をサポートする。図1の例において、ガードエリアの境界14の外に位置するマスタノード200aは、チャンネルF1を利用している。ガードエリアの内部に位置するマスタノード200b及び200cは、それぞれ、チャンネルF1の近傍のチャンネルF2及びF3を利用している。ガードエリアの境界14の外に位置するマスタノード200dは、チャンネルF2を利用している。

[0019] 図1のような状況下で、プライマリ受信局20は、セカンダリ送信局（マスタノード及びスレーブノードの双方）から送信される無線信号に起因する干渉の影響を受ける可能性がある。図2は、チャンネル内の（In-band）干渉及びチャンネル間の干渉について説明するための説明図である。図2の例において、チャンネルF1は、プライマリシステムの利用チャンネルである。このチャンネルF1を図1のマスタノード200aが二次利用することにより、同一チャンネル内での干渉が生じ得る。チャンネルF2は、チャンネルF1に隣接するチャンネルである。チャンネルF3は、チャンネルF2に隣接するチャンネルである。チャンネルF1とチャンネルF2との間、及びチャンネルF2とチャンネルF3との間には、保護帯域（Guard Band）が設けられる。これらチャンネルF2及びF3を他のシステムが利用した場合に、プライマリシステムが干渉を受けないことが理想的である。しかし、実際には、図2に例示しているように、帯域外輻射を原因として、近傍のチャンネル（チャンネルF2、F3及び他のチャンネルなど）からの無視できない干渉が生じ得る。

[0020] セカンダリシステムからの無線信号に起因するこうした干渉が保護されるべき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送信電力は、図3に例示するようなシステムにおいて制御され得る。

[0021] 図3は、一実施形態に係る通信制御システム1の構成について説明するための説明図である。図3を参照すると、通信制御システム1は、プライマリ送信局10、データサーバ30、通信制御装置100、並びにマスタノード

200a及び200bを含む。なお、図3の例では、セカンダリシステムを運用するマスタノードとしてマスタノード200a及び200bのみを示しているが、実際にはより多くのマスタノードが存在してもよい。本明細書の以降の説明において、特にマスタノード200a及び200b（並びにその他のマスタノード）を相互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マスタノード200と総称する。

[0022] データサーバ30は、二次利用に関するデータを記憶するデータベースを有するサーバ装置である。データサーバ30は、マスタノード200からのアクセスを受け、二次利用可能なチャネルを表すデータ、及びプライマリシステムの送信局10の位置データなどをマスタノード200に提供する。また、マスタノード200は、二次利用の開始に際して、セカンダリシステムに関する情報をデータサーバ30に登録する。データサーバ30とマスタノード200との間の通信は、例えば、インターネットなどの任意のネットワークを介して行われてよい。このようなデータサーバの仕様の一例については、TVホワイトスペースの二次利用について記述した非特許文献1を参照されたい。

[0023] 通信制御装置100は、セカンダリシステムからの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、周波数チャネルの二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て、セカンダリシステムマネージャとしての役割を有する。通信制御装置100は、例えばインターネットなどのネットワークを介してデータサーバ30にアクセス可能であり、送信電力の割当てのために使用するデータを、データサーバ30から取得する。また、通信制御装置100は、各マスタノード200とも通信可能に接続される。そして、通信制御装置100は、マスタノード200若しくはプライマリシステムからの要求に応じて、又は周期的に、セカンダリシステムの送信電力を調整する。なお、図3の例に限定されず、通信制御装置100は、データサーバ30又はいずれかのマスタノード200と物理的に同一の装置上に実

装されてもよい。

[0024] 図4は、通信制御システム1において実行される通信制御処理の概略的な流れの一例を示すシーケンス図である。

[0025] まず、マスタノード200は、セカンダリシステムの運用を開始する前に、セカンダリシステムに関する情報をデータサーバ30に登録する（ステップS10）。ここで登録される情報には、例えば、マスタノード200の装置ID、クラス及び位置データなどが含まれ得る。また、セカンダリシステムに関する情報の登録に応じて、データサーバ30は、二次利用可能な周波数チャネルのチャネル番号のリスト、許容最大送信電力及びスペクトラムマスクなどのセカンダリシステムの構成のための情報を、マスタノード200に通知する。なお、マスタノード200によるデータサーバ30へのアクセスの周期は、周波数利用規制に関する法律の規定に基づいて決定されてもよい。例えば、FCC（Federal Communications Commission）において、マスタノードの位置が変化する場合には位置データの更新を少なくとも60秒ごとに行うべき、という要件が検討されている。また、利用可能なチャネル番号のリストの確認をマスタノードにより少なくとも30秒ごとに行うことが推奨されている。但し、データサーバ30へのアクセスの増加は、オーバヘッドの増加をもたらす。そこで、データサーバ30へのアクセス周期は、より長い周期（例えば、規定される周期の整数倍など）に設定されてもよい。また、アクセス周期は、アクティブなノード数に応じて動的に設定されてもよい（例えば、ノード数が少ない場合には、干渉のリスクが低いため、周期はより長く設定され得る）。アクセス周期は、例えば、セカンダリシステムに関する情報の初期登録の際に、データサーバ30によりマスタノード200へ指示されてもよい。

[0026] また、通信制御装置100は、例えば周期的に、データサーバ30からプライマリシステムに関する情報を受信し、受信した情報を用いて自装置が記憶している情報を更新する（ステップS11）。ここで受信される情報は、プライマリシステムの送信局10の位置データ、アンテナ高さ、ガードエリ

アの幅、周波数チャネルのチャネル番号のリスト、プライマリシステムの許容干渉量、後に説明する干渉計算のための基準点の位置データ、登録済みのマスタノード200のIDのリスト及びその他のパラメータ（例えば、近傍チャネル漏れ率（ACLR : Adjacent Channel Leakage Ratio）、フェージングマージン、シャドウイングマージン、保護比率、ACS（Adjacent Channel Selection）など）のうちの1つ以上を含み得る。なお、通信制御装置100は、マスタノード200から間接的にプライマリシステムに関する情報の全部又は一部（例えば、チャネル番号のリストなど）を受信してもよい。

[0027] 次に、マスタノード200は、データサーバ30から通知された情報に基づいて、セカンダリシステムを構成する（ステップS12）。例えば、マスタノード200は、二次利用可能な周波数チャネルから1つ又は複数のチャネルをセカンダリシステムの利用チャネルとして選択する。そして、マスタノード200（又はデータサーバ30）から通信制御装置100へ、電力割当ての要求が送信される（ステップS13）。

[0028] 電力割当ての要求に対して応答が返されると、通信制御装置100とマスタノード200との間で相互認証及びアプリケーションレベルの情報の交換が行われる（ステップS14）。また、マスタノード200から通信制御装置100へ、セカンダリシステムに関する情報が送信される（ステップS15）。ここで送信される情報には、例えば、マスタノード200の装置ID、クラス、位置データ、マスタノード200が選択した周波数チャネル（利用チャネル）のチャネル番号、通信品質の要件（QoS（Quality of Service）要件など）に関する情報、優先度情報及び通信履歴などが含まれ得る。

[0029] 次に、通信制御装置100は、データサーバ30及びマスタノード200から取得した情報に基づいて、電力割当て処理を実行する（ステップS16）。ここでの通信制御装置100による電力割当て処理について、後に詳細に説明する。そして、通信制御装置100は、新たに割当てられる送信電力を通知する電力通知メッセージをマスタノード200へ送信する（ステップ

S 1 7)。

[0030] マスタノード200は、電力通知メッセージを受信すると、通知された送信電力の値に従って自装置の送信回路の出力レベルを設定する（ステップS 1 8）。さらに、マスタノード200は、自装置に接続するスレーブノードへ使用すべき送信電力の値を指示してもよい。マスタノード200は、送信電力の設定を終了すると、セカンダリシステムの構成を通信制御装置100へレポートする（ステップS 1 9）。そして、通信制御装置100は、マスタノード200からのレポートに応じて、自装置が記憶しているセカンダリシステムに関する情報を更新する（ステップS 2 0）。

[0031] 上述したシーケンスのうち、ステップS 1 6における通信制御装置100による電力割当て処理において、状況に応じて考慮されるべきいくつかの観点が存在する。

[0032] 第1の観点は、各セカンダリシステムについての経路損失である。一般的には、セカンダリシステムからプライマリシステムまでの経路上の経路損失が大きいほど、プライマリシステムが受ける干渉レベルは低くなる。従って、プライマリシステムからより遠くに位置するセカンダリシステムにより大きい送信電力を割当てることで、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。しかし、セカンダリシステムのノード（マスタノード及びスレーブノードの双方）の出力可能な送信電力には上限があるため、セカンダリシステムのプライマリシステムからの距離がある値を超えると、もはや経路損失を考慮することは有意義ではなくなる。

[0033] 第2の観点は、複数のセカンダリシステムからプライマリシステムへの累積的な干渉である。一般的に、プライマリシステムを適切に保護するためには、複数のセカンダリシステムが存在する場合、それら複数のセカンダリシステムからの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送信電力が制御されることが望ましい。しかし、プライマリシステムの許容干渉レベルと比較して十分に干渉レベルの小さいセカンダリシステムについてまで累積的な干渉を計算することは、計算の負荷の増大というデメリ

ットをももたらす。

[0034] 第3の観点、チャネル間の干渉である。一般的に、プライマリシステムを適切に保護するためには、チャネル間の干渉をも適切に評価した上で、セカンダリシステムからの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送信電力が制御されることが望ましい。しかし、同一チャネル上の干渉のみを考慮する場合には、チャネルごとに独立した簡易な送信電力の計算が可能であるのに対し、チャネル間の干渉をも考慮する場合には、互いに異なるチャネルを二次利用する複数のセカンダリシステムにわたって包括的に送信電力を配分することが求められる。チャネル数が多くなればチャネル間干渉を生じ得るチャネルの組合せも増加するため、このような計算の負荷は非常に大きくなる。従って、干渉レベルの小さいセカンダリシステムについては、チャネル間の干渉を考慮しないことも有益な選択肢である。

[0035] そこで、通信制御装置100は、セカンダリシステムに送信電力を割当てる際、セカンダリシステムのプライマリシステムからの距離に応じて電力割当て方式を切替えることにより、計算の負荷を抑制しつつ、プライマリシステムへの有害な干渉を防止する。

[0036] <2. セカンダリシステムマネージャの構成例>

図5は、図3に例示した通信制御装置100（即ち、セカンダリシステムマネージャ）の構成の一例を示すブロック図である。図5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を備える。制御部130は、電力割当て部140を含む。

[0037] [2-1. 各部の説明]

通信部110は、通信制御装置100によるデータサーバ30及びマスタノード200との間の通信のための通信インタフェースである。通信制御装置100とデータサーバ30及びマスタノード200との間の通信は、それぞれ、有線通信若しくは無線通信又はそれらの組合せのいずれにより実現されてもよい。

[0038] 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。
例えば、記憶部 120 は、データサーバ 30 から受信されるプライマリシステムに関する情報、及び各セカンダリシステムのマスタノード 200 から受信されるセカンダリシステムに関する情報を記憶する。

[0039] 制御部 130 は、CPU (Central Processing Unit) 又は DSP (Digital Signal Processor) などのプロセッサに相当する。制御部 130 は、記憶部 120 又は他の記憶媒体に記憶されるプログラムを実行することにより、通信制御装置 100 の様々な機能を動作させる。

[0040] 電力割当て部 140 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の二次利用のための送信電力を、セカンダリシステムに割当てる。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とは、プライマリシステムに割当てられた 1 つ以上の周波数チャネル及びその近傍の周波数チャネルを含み得る。本実施形態において、電力割当て部 140 は、プライマリシステムからの距離が所定の距離閾値を下回る第 1 のグループのセカンダリシステムとプライマリシステムからの距離が当該距離閾値を上回る第 2 のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える。セカンダリシステムのプライマリシステムからの距離とは、例えば、プライマリシステムのサービスエリアの中央からの距離であってもよく、又は当該サービスエリア若しくはガードエリアの外縁からの距離であってもよい。

[0041] (電力割当て方式の例)

本明細書では、電力割当て部 140 による電力割当て方式として、主に次の 4 つの方式を説明する。但し、これらは一例に過ぎず、他の電力割当て方式が用いられてもよい。

- (1) 第 1 の方式：固定的な電力割当て
- (2) 第 2 の方式：経路損失を考慮
- (3) 第 3 の方式：累積干渉を考慮
- (4) 第 4 の方式：チャネル間干渉を考慮

[0042] (1) 第 1 の方式

第1の方式では、各セカンダリシステムに、固定の送信電力値、又は当該セカンダリシステムから要求された送信電力値が割当てられる。固定の送信電力値は、全てのセカンダリシステムについて共通的に定義されてもよく、又はデバイスのタイプ若しくはクラスなどの属性ごとに定義されてもよい。この場合に送信電力の計算に要する計算コストは、実質的にゼロに近い。

[0043] (2) 第2の方式

第2の方式では、各セカンダリシステムに、当該セカンダリシステムからプライマリシステムへの経路損失が大きいほど大きい送信電力値が割当てられる。各セカンダリシステムに割当てられる送信電力の計算式は、例えば、上記特許文献1に記載されている計算式であってもよい。計算式の他の例を後にさらに示す。この場合に送信電力の計算に要する計算コストは、ゼロではないものの、比較的小さい。

[0044] (3) 第3の方式

第3の方式では、複数のセカンダリシステムからプライマリシステムへの同一チャンネル上の累積的な干渉量がプライマリシステムの許容干渉量を超えないように、各セカンダリシステムに送信電力が配分される。

[0045] 第3の方式は、例えば、以下に説明する干渉制御モデルに基づく方式であってよい。なお、ここでは真値表現を用いて干渉制御モデルの数式を記述するが、本干渉制御モデルは、数式を変換することでデシベル値表現にも対応可能である。

[0046] まず、干渉計算上の基準点（リファレンスポイント）を i 、プライマリシステムに割当てられた周波数チャンネルを f_j 、プライマリシステムの許容干渉量を $I_{\text{acceptable}}(i, f_j)$ とする。また、チャンネル f_j を二次利用する単一のセカンダリシステム k がガードエリアの外周上に位置しているとする。すると、セカンダリシステムの最大送信電力 $P_{\text{max}}(f_j, k)$ 、最小離隔距離（ガードエリアの幅）についての経路損失 $L(i, f_j, k)$ 、及び許容干渉量 $I_{\text{acceptable}}(i, f_j)$ の間に次の関係式が成立する。

[0047]

[数1]

$$I_{\text{acceptable}}(i, f_j) = P_{\text{max}}(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \quad (1)$$

[0048] なお、基準点の位置は、図4のステップS11において通信制御装置100がデータサーバ30から受信する情報に基づいて決定され得る。基準点が予め定義される場合には、当該基準点の位置を表す位置データ（例えば、緯度及び経度など）がデータサーバ30から受信されてもよい。また、通信制御装置100は、データサーバ30から受信されるプライマリシステムのノード、サービスエリア又はガードエリアの位置データ、及び各マスタノード200から受信される位置データを用いて、基準点の位置を動的に決定してもよい。

[0049] 同じ周波数チャネルを利用する同じグループのセカンダリシステムが複数存在する場合には、各セカンダリシステムへの送信電力の割当ては、各周波数チャネルについて、式（1）を拡張することにより得られる次の関係式（累積的な干渉量の評価式）を満たしていることが求められる。

[0050] [数2]

$$I_{\text{acceptable}}(i, f_j) \geq \sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \quad (2)$$

[0051] ここで、式（2）の右辺は、プライマリシステムに割当てられたチャネル f_j と同一のチャネルを二次利用するセカンダリシステムに起因する干渉量の総和を表す。 M_j は同一チャネルを二次利用するセカンダリシステムの数、 $P(f_j, k)$ は k 番目のセカンダリシステムに割当てられる電力、 $L(i, f_j, k)$ は k 番目のセカンダリシステムとプライマリシステムの基準点 i との間の経路損失、 $G(f_j, k)$ は利得成分である。なお、 M_j は、アクティブなセカンダリシステム（若しくはマスタノード）の数であってもよい。

[0052] 第3の電力割当て方式において、電力割当て部140は、周波数チャネルごとに当該周波数チャネルを二次利用するセカンダリシステムに送信電力を

暫定的に配分した後、配分された送信電力を上記累積的な干渉量の評価式が満たされるように修正する。

[0053] 送信電力の暫定的な配分は、例えば、以下に説明する固定マージン方式、均等方式及び不均等方式の3種類の手法のいずれかに従って行われてよい。なお、これらの手法における電力配分式は、第2の電力割当て方式のための送信電力の計算式として使用されてもよい。

[0054] (固定マージン方式)

第1の手法は、固定マージン方式である。固定マージン方式の場合、予め固定的に設定される配分マージン MI （及びセーフティマージン SM ）を用いて、各セカンダリシステムに配分される送信電力が算出される。周波数チャンネル f_j を利用する k 番目のセカンダリシステムに配分される送信電力 $P(f_j, k)$ は、次式により導かれる。

[0055] [数3]

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot MI \cdot SM \quad (3)$$

[0056] (均等方式)

第2の手法は、均等方式である。均等方式の場合、各セカンダリシステムに配分される送信電力は互いに等しくなる。即ち、複数のセカンダリシステムに公平に送信電力が配分される。周波数チャンネル f_j を利用する k 番目のセカンダリシステムに配分される送信電力 $P(f_j, k)$ は、次式により導かれる。

[0057] [数4]

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk)\} \quad (4)$$

[0058] (不均等方式)

第3の手法は、不均等方式である。不均等方式の場合、プライマリシステムとの間の距離が大きいセカンダリシステムほど多くの送信電力が配分され

る。それにより、全体として二次利用の機会をより高めることができる。周波数チャネル f_j を利用する k 番目のセカンダリシステムに配分される送信電力 $P(f_j, k)$ は、次式により導かれる。

[0059] [数5]

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j\} \quad (5)$$

[0060] また、均等方式及び不均等方式は、次に説明する与干渉マージン低減方式と組合せられてもよい。

[0061] (与干渉マージン低減方式)

与干渉マージン低減方式は、干渉のリスクを低減するためのセーフティマージン SM を算入する方式であり、上述した均等方式又は不均等方式と組合せて用いられ得る。送信電力 $P(f_j, k)$ は、均等方式との組合せについては次の式(6)、不均等方式との組合せについては次の式(7)により導かれる。なお、 SM は、予め設定され又はマスタノード200から通知されるセーフティマージンを表す。

[0062] [数6]

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk) \cdot SM\} \quad (6)$$

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j \cdot SM\} \quad (7)$$

[0063] さらに、上述した各方式は、次に説明する重み付け配分方式と組合せられてもよい。

[0064] (重み付け配分方式)

重み付け配分方式は、セカンダリシステムごとの優先度に応じて送信電力の配分を重み付けする方式である。送信電力 $P(f_j, k)$ は、均等方式との組合せについては次の式(8)、不均等方式との組合せについては次の式(9)により導かれる。また、送信電力 $P(f_j, k)$ は、均等方式及び与干渉マージン低減方式との組合せについては次の式(8')、不均等方式及び与

干渉マージン低減方式との組合せについては次の式（9'）により導かれる。なお、 w_k は、優先度に応じた重みを表す。なお、セカンダリシステムごとの重み w_k の代わりに、周波数チャネルごとの重み w_j が用いられてもよい。

[0065] [数7]

$$P(f_j, k) = \left(w_k / \sum_{kk=1}^{M_j} w_{kk} \right) I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk)\} \quad (8)$$

$$P(f_j, k) = \left(w_k / \sum_{kk=1}^{M_j} w_{kk} \right) I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j\} \quad (9)$$

$$P(f_j, k) = \left(w_k / \sum_{kk=1}^{M_j} w_{kk} \right) I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk) \cdot SM\} \quad (8')$$

$$P(f_j, k) = \left(w_k / \sum_{kk=1}^{M_j} w_{kk} \right) I_{\text{acceptable}}(i, f_j) / \{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j \cdot SM\} \quad (9')$$

[0066] なお、プライマリシステムにおいて周波数チャネル f_{jj} の許容干渉量 $I_{\text{acceptable}}(i, f_{jj})$ のみが定義され、近傍の周波数チャネル f_j の許容干渉量が定義されないケースがあり得る。例えば、周波数チャネル f_{jj} がプライマリシステムに割当てられたチャネルであり、その近傍チャネル f_j はプライマリシステムにより利用されないものの保護されるチャネルである場合には、そのようなケースが生じ得る。その場合、近傍チャネル f_j を二次利用するセカンダリシステムに送信電力を配分するための配分式は、上述した各配分式において、許容干渉量 $I_{\text{acceptable}}(i, f_j)$ を $I_{\text{acceptable}}(i, f_{jj})$ に置き換えると共に、経路損失及び利得成分の項 $L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k)$ を損失成分を算入する項 $L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) / H(f_{jj}, f_j, k)$ に置き換えることで導かれる。一例として、固定マージン方式の配分式は次のように変形され得る。

[0067]

[数8]

$$P(f_j, k) = I_{\text{acceptable}}(i, f_j) \cdot H(f_{jj}, f_j, k) / L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot MI \cdot SM \quad (3')$$

[0068] 次に、電力割当て部140は、配分された送信電力に基づいて評価される干渉量が最も厳しい地点を、プライマリシステムのサービスエリア内で探索する。例えば、干渉量が最も厳しい地点*i'*は、次の式(10)又は式(10')のように探索される。

[0069] [数9]

$$i' = \arg \min_i \left(I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \right) \quad (10)$$

$$i' = \arg \min_i \left(I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot SM \right) \quad (10')$$

[0070] 次に、電力割当て部140は、地点*i'*での総干渉量と許容干渉量 $I_{\text{acceptable}}(i', f_j)$ とに基づいて、電力配分の修正係数 Δ を次式のように計算する。

[0071] [数10]

$$\Delta = \frac{I_{\text{acceptable}}(i', f_j)}{\sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i', f_j, k) \cdot G(f_j, k)} \quad (11)$$

$$\Delta = \frac{I_{\text{acceptable}}(i', f_j)}{\sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i', f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot SM} \quad (11')$$

[0072] なお、上記式(11')は、電力配分に際して与干渉マージン低減方式が適用される場合に使用され得る。

[0073] そして、電力割当て部140は、算出した修正係数 Δ を用いて送信電力を次式に従って修正し、セカンダリシステム*k*の許容送信電力 $P'(f_j, k)$ を導出する。

[0074]

[数11]

$$P'(f_j, k) = P(f_j, k) \cdot \Delta \quad (12)$$

[0075] (4) 第4の方式

第4の方式では、複数のセカンダリシステムからプライマリシステムへの同一チャネル上の累積的な干渉量及びチャネル間の累積的な干渉量の総和がプライマリシステムの許容干渉量を超えないように、各セカンダリシステムに送信電力が配分される。第4の方式における累積的な干渉量の評価式は、第3の方式における上記式(2)の右辺にチャネル間干渉の項を導入した次のような式であってよい。

[0076] [数12]

$$I_{\text{acceptable}}(i, f_j) \geq \sum_{k=1}^{M_j} P(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) + \sum_{j'=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\} \quad (13)$$

[0077] 式(13)の右辺の第2項は、チャネル f_j とは異なる近傍のチャネルを二次利用するセカンダリシステムに起因する干渉量の総和を表す。 O_j は近傍チャネルの数、 j' は近傍チャネルのインデックス、 N_{jj} は近傍チャネルを二次利用するセカンダリシステムの数、 kk は近傍チャネルを二次利用するセカンダリシステムのインデックス、 $H(f_j, f_{jj}, kk)$ は近傍チャネル f_{jj} からチャネル f_j へのセカンダリシステム kk についての損失成分である。なお、 N_{jj} は、アクティブなセカンダリシステム(若しくはマスタノード)の数であってもよい。

[0078] 式(13)における利得成分 G は、主に次の表1に示す要因に基づいて決定され得る。

[0079]

[表1]

表 1. システム間の利得成分の要因	
記号	要因
$PR(f_{jj} - f_j)$	周波数が $f_{jj} - f_j$ 離れたチャネル間の保護比率
$\mu \sigma$	シャドウイングマージン
σ	シャドウイング (の標準偏差)
$D_{dir}(i, f_j \text{ (or } jj))$	チャネル f_j (f_{jj})、基準点 i におけるプライマリ受信局のアンテナ指向性による信号識別度
$D_{pol}(i, f_j \text{ (or } jj))$	チャネル f_j (f_{jj})、基準点 i におけるプライマリ受信局の偏波による信号識別度
$G_{ant}(i, f_j \text{ (or } jj))$	チャネル f_j (f_{jj})、基準点 i におけるプライマリ受信局のアンテナ利得
$L_f(i, f_j \text{ (or } jj))$	チャネル f_j (f_{jj})、基準点 i におけるプライマリ受信局のフェーダ損失

[0080] 例えば、表 1 の保護比率 PR については、次のような考え方が適用され得る。即ち、チャネル f_{CR} を二次利用するセカンダリシステムからチャネル f_{BS} を利用するプライマリシステムへの許容干渉量を $I_{acceptable}$ とする。また、プライマリシステムの所要受信電力を $P_{req}(f_{BS})$ とする。これらパラメータの間には、次のような式が成立する。

[0081] [数13]

$$I_{acceptable} = P_{req}(f_{BS}) / PR(f_{CR} - f_{BS}) \quad (14)$$

[0082] なお、保護比率がデシベル表記である場合には、上記式 (14) の代わりに、次のような式が用いられ得る。

[0083] [数14]

$$I_{acceptable} = P_{req}(f_{BS}) / 10^{PR(f_{CR} - f_{BS})/10} \quad (15)$$

[0084] 式 (13) における損失成分 H は、例えば、近傍チャネルの選択性 (selectivity) 及び漏洩率 (leakage ratio) に依存する。なお、これら利得成分及び損失成分の詳細については、上記非特許文献 1 を参照されたい。

[0085] 第4の電力割当て方式において、電力割当て部140は、周波数チャンネルごとに当該周波数チャンネルを二次利用するセカンダリシステムに送信電力を暫定的に配分した後、チャンネル間干渉の影響を考慮して、暫定的に配分した送信電力を再配分する。そして、電力割当て部140は、再配分後の送信電力を、上記評価式が満たされるように修正する。

[0086] より具体的には、まず、電力割当て部140は、セカンダリシステムにより利用される周波数チャンネルの各々について、第3の電力割当て方式に関連して説明したいずれかの手法（例えば、式（3）～（9'））に従って暫定的に送信電力を配分する。さらに、電力割当て部140は、チャンネル間干渉を算入して、セカンダリシステム間で送信電力を再配分する。例えば、均等方式における送信電力の再配分は、次の式（16）（与干渉マージン低減方式との組合せの場合には式（16'））に従って行われ得る。

[0087] [数15]

$$P'(f_j, k) = \frac{I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\}}{\sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk)\}} \quad (16)$$

$$P'(f_j, k) = \frac{I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\}}{\sum_{kk=1}^{M_j} \{L(i, f_j, kk) \cdot G(f_j, kk) \cdot SM\}} \quad (16')$$

[0088] 式（16）は、プライマリシステムの許容干渉量から近傍チャンネルの利用に起因する干渉量を差し引いた後に残る許容干渉量が残りのセカンダリシステム間で再配分されることを意味する。同様に、不均等方式における送信電力の再配分は、次の式（17）（与干渉マージン低減方式との組合せの場合には式（17'））に従って行われ得る。

[0089]

[数16]

$$P'(f_j, k) = \frac{I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\}}{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j} \quad (17)$$

$$P'(f_j, k) = \frac{I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\}}{L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot M_j \cdot SM} \quad (17')$$

[0090] なお、当然ながら、再配分のための上述した各数式に、重み付け配分方式における重みがさらに適用されてもよい。

[0091] 次に、電力割当て部140は、再配分後の送信電力に基づいて評価される干渉量が最も厳しい地点を、プライマリシステムのサービスエリア内で探索する。例えば、干渉量が最も厳しい地点*i'*は、次の式(18)又は式(18')のように探索される。

[0092] [数17]

$$i' = \arg \min_i \left(\begin{array}{l} I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{k=1}^{M_j} P'(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \\ - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P'(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\} \end{array} \right) \quad (18)$$

$$i' = \arg \min_i \left(\begin{array}{l} I_{\text{acceptable}}(i, f_j) - \sum_{k=1}^{M_j} P'(f_j, k) \cdot L(i, f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot SM \\ - \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P'(f_{jj}, kk) \cdot L(i, f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) \cdot SM / H(f_j, f_{jj}, kk)\} \end{array} \right) \quad (18')$$

[0093] 次に、電力割当て部140は、地点*i'*での総干渉量と許容干渉量 $I_{\text{acceptable}}(i, f_j)$ とに基づいて、電力配分の修正係数Δを次式のように計算する。

[0094]

[数18]

$$\Delta = \frac{I_{\text{acceptable}}(i', f_j)}{\sum_{k=1}^{M_j} P'(f_j, k) \cdot L(i', f_j, k) \cdot G(f_j, k)} \quad (19)$$

$$+ \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P'(f_{jj}, kk) \cdot L(i', f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) / H(f_j, f_{jj}, kk)\}$$

$$\Delta = \frac{I_{\text{acceptable}}(i', f_j)}{\sum_{k=1}^{M_j} P'(f_j, k) \cdot L(i', f_j, k) \cdot G(f_j, k) \cdot SM} \quad (19')$$

$$+ \sum_{jj=1}^{O_j} \sum_{kk=1}^{N_{jj}} \{P'(f_{jj}, kk) \cdot L(i', f_{jj}, kk) \cdot G(f_{jj}, kk) \cdot SM / H(f_j, f_{jj}, kk)\}$$

[0095] なお、上記式（19'）は、電力配分に際して与干渉マージン低減方式が適用される場合に使用され得る。

[0096] そして、電力割当て部140は、算出した修正係数 Δ を用いて送信電力を次式に従って修正し、セカンダリシステム k の許容送信電力 $P''(f_j, k)$ を導出する。

[0097] [数19]

$$P''(f_j, k) = P'(f_j, k) \cdot \Delta \quad (20)$$

[0098] （電力割当て方式の組合せ）

電力割当て部140は、例えば、プライマリシステムからの距離が距離閾値を下回るセカンダリシステムのグループに上記第2～第4のいずれかの電力割当て方式を適用し、その他のセカンダリシステムに上記第1の方式を適用してもよい。また、電力割当て部140は、プライマリシステムからの距離が距離閾値を下回るセカンダリシステムのグループに上記第3又は第4の方式を適用し、その他のセカンダリシステムに上記第1又は第2の方式を適用してもよい。また、電力割当て部140は、プライマリシステムからの距離が距離閾値を下回るセカンダリシステムのグループに上記第4の方式を適用し、その他のセカンダリシステムに上記第1～第3のいずれかの電力割当

て方式を適用してもよい。下表は、セカンダリシステムの2つのグループにそれぞれ適用され得る電力割当て方式の組合せの例を示している。表中で丸印を付された組合せが、電力割当て部140により選択され得る。

[0099] [表2]

表2. 適用可能な電力割当て方式の組合せの例

	電力割当て方式	より近いSSのグループ			
		第1の方式	第2の方式	第3の方式	第4の方式
より遠いSSのグループ	第1の方式		○	○	○
	第2の方式			○	○
	第3の方式				○
	第4の方式				

[0100] 第3及び第4の電力割当て方式のように、許容干渉量に基づく電力割当て方式が各グループに適用される場合、許容干渉量は、ある基準点から各グループの代表システムまでの距離又は経路損失に応じて各グループに配分されてもよい。グループ間の許容干渉量の配分のために利用される基準点は、予め定義されていてもよく、又はセカンダリシステムの位置に応じて動的に決定されてもよい。

[0101] なお、上述した第3の電力割当て方式において、式(10)～式(12)の許容送信電力の修正が省略されてもよい。同様に、上述した第4の電力割当て方式において、式(18)～式(20)の許容送信電力の修正が省略されてもよい。また、第3及び第4の電力割当て方式とは別の電力割当て方式として、これら許容送信電力の修正が省略された方式が採用され、当該方式がプライマリシステムからより近いグループ又はより遠いグループに適用されてもよい。

[0102] また、電力割当て部140は、複数の距離閾値を用いてセカンダリシステムを3つ以上のグループにグループ分けし、3つ以上のグループについてそれぞれ異なる電力割当て方式を選択してもよい。電力割当て部140により使用される距離閾値は、固定的に定義されてもよい。その代わりに、距離閾値は、プライマリシステムの状況（例えばサービスエリアのサイズ、プライ

マリ受信局の位置若しくはプライマリ受信局の数)又はセカンダリシステムの数などのパラメータに応じて、動的に設定されてもよい。

[0103] 電力割当て部140は、プライマリシステムとの間の距離に応じて選択される方式で、このように各セカンダリシステムに割当てられる送信電力の値を計算し、算出された送信電力値を通信部110を介して各セカンダリシステムに通知する。

[0104] [2-2. 処理の流れ]

次に、図6を用いて、本実施形態に係る通信制御装置100による処理の流れについて説明する。図6は、通信制御装置100による電力割当て処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、ここでは一例として、セカンダリシステムが1つの距離閾値を用いて2つのグループにグルーピングされるものとする。

[0105] 図6を参照すると、まず、電力割当て部140は、データサーバ30から提供されるプライマリシステムに関する情報を取得する(ステップS110)。また、電力割当て部140は、マスタノード200から収集されるセカンダリシステムに関する情報を取得する(ステップS120)。次に、電力割当て部140は、電力を割当てる対象のセカンダリシステムごとに、ステップS132~S138の処理を繰り返す(ステップS130)。

[0106] セカンダリシステムごとの繰り返し処理において、電力割当て部140は、対象のセカンダリシステムのプライマリシステムからの距離を計算する(ステップS132)。次に、電力割当て部140は、計算された距離を所定の距離閾値と比較する(ステップS134)。ここで、対象のセカンダリシステムのプライマリシステムからの距離が距離閾値を下回る場合には、電力割当て部140は、当該対象のセカンダリシステムを第1のグループに分類する(ステップS136)。一方、対象のセカンダリシステムのプライマリシステムからの距離が距離閾値を上回らない場合には、電力割当て部140は、当該対象のセカンダリシステムを第2のグループに分類する(ステップS138)。

[0107] セカンダリシステムの分類が終了すると、電力割当て部 140 は、第 1 のグループに属するセカンダリシステムに割当てられる送信電力を、より計算コストの高い方式で計算する（ステップ S 140）。ここで選択される電力割当て方式は、上述した第 2～第 4 の方式のいずれかであってよい。

[0108] また、電力割当て部 140 は、第 2 のグループに属するセカンダリシステムに割当てられる送信電力を、ステップ S 140 において選択された方式よりも計算コストの低い方式で計算（あるいは決定）する（ステップ S 150）。ここで選択される電力割当て方式は、上述した第 1～第 3 の方式のいずれかであってよい。

[0109] そして、電力割当て部 140 は、ステップ S 140 及び S 150 において算出された送信電力値を、通信部 110 を介してセカンダリシステムのマスタノード 200 に通知する（ステップ S 160）。なお、図 6 のステップ S 160 の通知は、図 4 のステップ S 17 における電力通知メッセージの送信に相当し得る。通知済みの値から割当て送信電力が更新されないセカンダリシステムについては、送信電力値の通知は省略されてもよい。

[0110] <3. マスタノードの構成例>

図 7 は、上述した通信制御装置 100 により割当てられる送信電力を用いてセカンダリシステムを運用する通信装置であるマスタノード 200 の構成の一例を示すブロック図である。図 7 を参照すると、マスタノード 200 は、通信部 210、制御部 220、記憶部 230 及び無線通信部 240 を備える。

[0111] 通信部 210 は、マスタノード 200 によるデータサーバ 30 及び通信制御装置 100 との間の通信のための通信インタフェースとして動作する。通信部 210 は、制御部 220 による制御の下、例えば、二次利用の開始に際して、セカンダリシステムに関する情報をデータサーバ 30 に送信する。また、通信部 210 は、データサーバ 30 から通知される情報を受信する。また、通信部 210 は、通信制御装置 100 との間で、電力割当ての要求及び応答を送受信する。さらに、通信部 210 は、通信制御装置 100 から電力

通知メッセージを受信し、受信したメッセージを制御部 220 へ出力する。

[0112] 制御部 220 は、CPU 又は DSP などのプロセッサに相当する。制御部 220 は、記憶部 230 又は他の記憶媒体に記憶されるプログラムを実行することにより、マスタノード 200 の様々な機能を動作させる。例えば、制御部 220 は、図 4 に例示したシーケンスに従って通信制御装置 100 と連携することで、セカンダリシステムの運用に際してのプライマリシステムへの干渉を抑制する。より具体的には、制御部 220 は、通信制御装置 100 から通知される、マスタノード 200（あるいはマスタノード 200 により運用されるセカンダリシステム）に割当てられた送信電力の範囲内の送信電力を、無線通信部 240 に設定する。制御部 220 は、例えば、割当て送信電力をセカンダリシステムに参加するノードの間でさらに配分してもよい。

[0113] 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、通信制御装置 100 との連携及びセカンダリシステムの運用のために使用されるプログラム及びデータを記憶する。

[0114] 無線通信部 240 は、マスタノード 200 と当該マスタノード 200 に接続するスレーブノードとの間の無線通信のための無線通信インタフェースとして動作する。無線通信部 240 は、例えば、IEEE 802.22、IEEE 802.11af 又は ECMA-392 に従って、1 つ以上のスレーブノードとの間で、無線信号を送受信する。無線通信部 240 により送信される無線信号の送信電力は、上述した割当て送信電力の範囲内で制御部 220 により制御され得る。

[0115] <4. まとめ>

ここまで、図 1 ～図 7 を用いて本開示に係る技術の一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セカンダリシステムに送信電力を割当てる際、プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第 1 のグループのセカンダリシステムとプライマリシステムからの距離が当該閾値を上回る第 2 のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式が切替

えられる。従って、プライマリシステムからより遠いセカンダリシステムについては計算コストの低い簡易な電力割当て方式を採用して、電力割当てのための計算の負荷を抑制することができる。また、プライマリシステムからの距離が遠く、低いレベルの干渉しか引き起こさないセカンダリシステムについて、簡易な方式で送信電力を割当てたとしても、プライマリシステムへの有害な干渉は防止される。

[0116] 上述した実施形態によれば、簡易な電力割当て方式とは、例えば、セカンダリシステムからプライマリシステムへの経路上の経路損失に依存しない方式であってよい。その場合には、より遠いセカンダリシステムについて、実質的な計算の負荷を伴うことなく、当該セカンダリシステムに割当てべき送信電力を決定することができる。また、簡易な電力割当て方式とは、プライマリシステムへの累積的な干渉を考慮しない方式であってもよい。その場合には、より遠いセカンダリシステムについて、セカンダリシステムごとに独立した計算式で送信電力を容易に割当てることができる。また、簡易な電力割当て方式とは、セカンダリシステムからプライマリシステムへのチャンネル間の干渉を考慮しない方式であってもよい。その場合には、より遠いセカンダリシステムについて、周波数チャンネルごとに独立して送信電力を配分することができる。

[0117] 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 (Random Access Memory) に読み込まれ、CPUなどのプロセッサにより実行される。

[0118] 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。

[0119] 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の二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当てる電力割当て部、

を備え、

前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、

通信制御装置。

(2)

前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムについての経路損失に依存する方式であり、

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムについての経路損失に依存しない方式である、

前記(1)に記載の通信制御装置。

(3)

前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの累積的な干渉を考慮する方式であり、

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの累積的な干渉を考慮しない方式である、

前記(1)に記載の通信制御装置。

(4)

前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、セカンダリシ

ステムから前記プライマリシステムへの同一チャネル上の干渉及びチャネル間の干渉の双方を考慮する方式であり、

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、セカンダリシステムから前記プライマリシステムへのチャネル間の干渉を考慮しない方式である、

前記（1）に記載の通信制御装置。

（5）

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、送信電力値として固定値又は各セカンダリシステムから要求された値を各セカンダリシステムに割当て方式である、前記（2）～（4）のいずれか1項に記載の通信御装置。

（6）

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムに当該セカンダリシステムから前記プライマリシステムへの経路損失が大きいほど大きい送信電力値を割当て方式である、前記（3）又は前記（4）に記載の通信御装置。

（7）

前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャネル上の累積的な干渉量が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、前記（4）に記載の通信御装置。

（8）

前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャネル上の累積的な干渉量及びチャネル間の累積的な干渉量の総和が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、前記（2）～（4）のいずれか1項に記載の通信御装置。

(9)

前記第 1 のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャネル上の累積的な干渉量が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、前記 (2) 又は前記 (3) に記載の通信制御装置。

(1 0)

前記第 1 のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムに当該セカンダリシステムから前記プライマリシステムへの経路損失が大きいほど大きい送信電力値を割当て方式である、前記 (2) に記載の通信制御装置。

(1 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の二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て方式であって、

前記セカンダリシステムの前記プライマリシステムからの距離を取得することと、

取得された前記距離が所定の閾値を下回る場合に、第 1 の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、

取得された前記距離が前記所定の閾値を上回る場合に、前記第 1 の電力割当て方式よりも計算コストの低い第 2 の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、

を含む方法。

(1 2)

通信制御装置のコンピュータを、

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二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当て電力割当て部、

として機能させるためのプログラムであって、

前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を

下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、

プログラム。

符号の説明

[0120]	1	通信制御システム
	1 0	プライマリ送信局
	2 0	プライマリ受信局
	1 0 0	通信制御装置
	1 4 0	電力割当て部
	2 0 0	セカンダリシステムのマスタノード

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の二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当てる電力割当て部、
 を備え、
 前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、
 通信制御装置。
- [請求項2] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムについての経路損失に依存する方式であり、
 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムについての経路損失に依存しない方式である、
 請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項3] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの累積的な干渉を考慮する方式であり、
 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの累積的な干渉を考慮しない方式である、
 請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項4] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、セカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャネル上の干渉及びチャネル間の干渉の双方を考慮する方式であり、
 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、セカンダリシステムから前記プライマリシステムへのチャネル間の干渉を考慮しない方式である、
 請求項1に記載の通信制御装置。

- [請求項5] 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、送信電力値として固定値又は各セカンダリシステムから要求された値を各セカンダリシステムに割当て方式である、請求項2に記載の通信御装置。
- [請求項6] 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムに当該セカンダリシステムから前記プライマリシステムへの経路損失が大きいほど大きい送信電力値を割当て方式である、請求項3に記載の通信御装置。
- [請求項7] 前記第2のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャンネル上の累積的な干渉量が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、請求項4に記載の通信御装置。
- [請求項8] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャンネル上の累積的な干渉量及びチャンネル間の累積的な干渉量の総和が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、請求項2に記載の通信御装置。
- [請求項9] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、複数のセカンダリシステムから前記プライマリシステムへの同一チャンネル上の累積的な干渉量が前記プライマリシステムの許容干渉量を超えないように各セカンダリシステムに送信電力を配分する方式である、請求項2に記載の通信御装置。
- [請求項10] 前記第1のグループについて選択される電力割当て方式は、各セカンダリシステムに当該セカンダリシステムから前記プライマリシステムへの経路損失が大きいほど大きい送信電力値を割当て方式である、請求項2に記載の通信御装置。
- [請求項11] 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の二次利用

のための送信電力をセカンダリシステムに割当てる方法であって、
前記セカンダリシステムの前記プライマリシステムからの距離を取得することと、
取得された前記距離が所定の閾値を下回る場合に、第1の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、
取得された前記距離が前記所定の閾値を上回る場合に、前記第1の電力割当て方式よりも計算コストの低い第2の電力割当て方式で前記セカンダリシステムに送信電力を割当てることと、
を含む方法。

[請求項12]

通信制御装置のコンピュータを、
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二次利用のための送信電力をセカンダリシステムに割当てる電力割当て部、
として機能させるためのプログラムであって、
前記電力割当て部は、前記プライマリシステムからの距離が所定の閾値を下回る第1のグループのセカンダリシステムと前記プライマリシステムからの距離が前記所定の閾値を上回る第2のグループのセカンダリシステムとの間で、電力割当て方式を切り替える、
プログラム。