

明 細 書

発明の名称：通信制御装置、通信制御方法及び通信制御システム

技術分野

[0001] 本開示は、通信制御装置、通信制御方法及び通信制御システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、LTE (Long Term Evolution) 及びWiMAXなどの高速なセル

ラ無線通信方式が実用化され、モバイルユーザにより享受される無線通信サービスへの通信レートは大きく向上した。さらに、LTE-A (LTE-Advanced) などの第4世代セルラ無線通信方式が導入されれば、通信レートは一層向上するものと期待される。

[0003] 一方で、モバイルユーザの数は急速に増加しており、高データレートを要

求するアプリケーションの利用も広まってきている。結果として、セルラ無線

通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

ていない。そこで、セルラ無線通信方式の発展は、モバイルユーザの全てのニーズを満足させるためには至っ

[0004] スマートセルの導入に伴う干渉のリスクを回避するために、下記特許文献

1は、スマートセル及びスマートセルの送信電力又は送信レートを協調的に制

御する手法を提案している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-211369号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、複数のスモールセルが存在する状況を想定すると、マクロセルとスモールセルとの間の関係のみを考慮して干渉を抑制する方式は、干渉のリスクを回避するために十分でない。

[0007] 従って、複数のスモールセルが存在する状況におけるセル間の干渉を適切に抑制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

[0008] 本開示によれば、無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てて割当て部と、第1のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第2のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部と、前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉を制御する制御部と、を備える通信制御装置が提供される。

[0009] また、本開示によれば、無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てることと、第1のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第2のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定することと、前記判定の結果に応じて異なる手法で、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉を制御することと、を含む通信制御方法が提供される。

[0010] また、本開示によれば、無線通信システムのマクロセルに少なくとも部分的に重複する第1及び第2のスモールセルの基地局と、前記第1及び前記第2のスモールセルからの前記マクロセルへの干渉が抑制されるように、前記第1及び前記第2のスモールセルの各々に送信電力を割当てて割当て部、前

記第 1 及び前記第 2 のスモールセルの一方が他方へ許容されるレベルを超える干渉を与える場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部、並びに、前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第 1 のスモールセルと前記第 2 のスモールセルとの間の前記干渉を制御する制御部、を備える通信制御装置と、を含む通信制御システムが提供される。

発明の効果

[0011] 本開示に係る技術によれば、複数のスモールセルが存在する状況におけるセル間の干渉を適切に抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]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2A]複数のスモールセルが存在する場合に生じ得る干渉の第 1 のケースについて説明するための説明図である。

[図2B]複数のスモールセルが存在する場合に生じ得る干渉の第 2 のケースについて説明するための説明図である。

[図2C]複数のスモールセルが存在する場合に生じ得る干渉の第 3 のケースについて説明するための説明図である。

[図3]干渉制御のための協調マネージャの配置のいくつかの例について説明するための説明図である。

[図4]一実施形態に係る協調マネージャの構成の一例を示すブロック図である。

[図5A]複数のスモールセルに起因する累積的な干渉の推定について説明するための第 1 の説明図である。

[図5B]複数のスモールセルに起因する累積的な干渉の推定について説明するための第 2 の説明図である。

[図6]干渉の分類に応じて選択され得る干渉制御方式の例を示す表である。

[図7]一実施形態に係る通信制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]図7に示した干渉分類処理の詳細な流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]一実施形態に係る基地局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

[0013] 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。

[0014] また、以下の順序で説明を行う。

1. システムの概要
 - 1-1. スモールセルの例
 - 1-2. 干渉の分類
 - 1-3. 協調マネージャ（CM）の配置
2. 協調マネージャの構成
 - 2-1. 機能構成例
 - 2-2. 処理の流れ
3. スモールセル基地局の構成
4. まとめ

[0015] <1. システムの概要>

[1-1. スモールセルの例]

まず、図1～図3を用いて、システムの概要について説明する。図1には、一例としての無線通信システム1が示されている。無線通信システム1は、例えば、LTE、W-CDMA、CDMA2000、WiMAX又はLTE-Aなどの任意のセルラ無線通信方式に基づくシステムであってよい。

[0016] 図1を参照すると、マクロセル10内の端末へ無線通信サービスを提供する基地局11（例えば、LTEにおけるeNB）が示されている。マクロセルの半径は、一般的には、数百メートルから十数キロメートルである。しかし、マクロセルの境界付近、建物の陰、地下又は屋内などの空間では、マク

ロセルの基地局からの無線信号の強度が低下する結果として、通信が不能となり又はデータレートが不足するといった問題が生じ得る。このような状況において、スモールセルは、マクロセルを補完して通信容量を増加させるために導入され得る。スモールセルは、上述したように、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む概念であり、様々な種類の中小規模の基地局を設置することにより導入される。表1は、スモールセルの基地局のいくつかの種類を例示している。

[0017] [表1]

表1. スモールセルの基地局の種類と特徴

基地局の種類	IF タイプ	アクセスタイプ	想定される場所
RRH (Remote Radio Head)	タイプ 2	オープン	屋外
ホットゾーン基地局	タイプ 2	オープン	屋外
フェムトセル基地局	タイプ 1	クローズド	屋内
中継局	タイプ 1	オープン	屋外

[0018] 表1において「IF タイプ」は、マクロセルの基地局との間のインタフェースに関する分類である。マクロセルの基地局との間にX2インタフェースを有するRRH及びホットゾーン基地局はタイプ2に、X2インタフェースを有しないフェムトセル基地局及び中継局はタイプ1に分類され得る。「アクセスタイプ」は、UEからのアクセスの受け入れに関する分類である。RRH、ホットゾーン基地局及び中継局のアクセスタイプはオープンであり、これら基地局のスモールセルには原則として全てのユーザ端末が接続可能である。一方、フェムトセル基地局のアクセスタイプはクローズドであり、フェムトセルには原則として限定されたユーザ端末のみが接続可能である。

[0019] 図1には、スモールセルの基地局16a、16b、16c及び16dが示されている。スモールセルの基地局16a、16b、16c及び16dは、マクロセル10と少なくとも部分的に重複するスモールセル14a、14b、14c及び14d内の端末へそれぞれ無線通信サービスを提供する。図1において、マクロセルに接続する端末は黒丸で、スモールセルに接続する端末は白丸でそれぞれ示されている。

[0020] このようにマクロセル内にスモールセルが配置される場合、スモールセルにおいて送受信される無線信号がマクロセルに接続する端末へ干渉を与えるというリスクが生じる。そのようなリスクを回避するために、いくつかの干渉制御方式が利用可能である。最も単純な干渉制御方式は、使用周波数帯の分離であろう。しかし、周波数リソースが枯渇化している状況下では、マクロセルの使用周波数帯と異なる周波数帯を常にスモールセルに割当てることができるとは限らない。従って、上記特許文献 1 により提案されているような、マクロセル及びスモールセルの送信電力又は送信レートを協調的に制御する干渉制御方式は有益である。但し、複数のスモールセルが存在する場合には、マクロセルとスモールセルとの間の関係のみを考慮する干渉制御方式は十分ではない。

[0021] [1 - 2. 干渉の分類]

図 2 A から図 2 C は、複数のスモールセルが存在する場合に生じ得る干渉の典型的な 3 つのケースを示している。図 2 A に示した第 1 のケース（干渉ケース A）では、互いに隣接する 2 つのスモールセル 1 4 a 及び 1 4 b の間の双方向的な干渉が生じている。より具体的には、スモールセル 1 4 a 及び 1 4 b が重複する領域において、スモールセル 1 4 a に接続する端末 1 8 a は、スモールセル 1 4 b 内で送受信される無線信号に起因する干渉を受ける。同様に、スモールセル 1 4 b に接続する端末 1 8 b は、スモールセル 1 4 a 内で送受信される無線信号に起因する干渉を受ける。

[0022] 図 2 B に示した第 2 のケース（干渉ケース B）では、スモールセル 1 4 c からスモールセル 1 4 b への一方向的な干渉が生じている。より具体的には、スモールセル 1 4 b 内で送受信される無線信号は、スモールセル 1 4 c に接続するいずれの端末 1 8 c にも届かない。スモールセル 1 4 c の基地局 1 6 c から送信される無線信号は、スモールセル 1 4 b に接続する端末 1 8 b へ許容されるレベルを超える干渉を与え得る。これは、マクロセルの基地局 1 1 とスモールセル 1 4 c の基地局 1 6 c との間に障害物が存在する結果として基地局 1 6 c に過剰に大きい送信電力が割当てられるために起こり得る

。

[0023] 図2Cに示した第3のケース（干渉ケースC）では、2つのスモールセル14a及び14dからの累積的な干渉がマクロセルに接続する端末に悪影響を及ぼしている。より具体的には、スモールセル14a及び14dの間の地点に位置する端末12aにおいて、スモールセル14aに接続する端末18aからの無線信号に起因する干渉及びスモールセル14dに接続する端末18dからの無線信号に起因する干渉の和が、許容されるレベルを超えている。

。

[0024] これら複数のスモールセルが存在する状況に特有の干渉を適切に抑制するために、本開示に係る技術では、協調マネージャ（CM: Cooperation Manager）という機能エンティティが導入される。

[0025] [1-3. 協調マネージャ（CM）の配置]

協調マネージャは、スモールセルの基地局との間で通信可能ないずれの通信ノード上に配置されてもよい。図3は、協調マネージャの配置のいくつかの例について説明するための説明図である。図3には、LTEベースのネットワークアーキテクチャが一例として示されている。LTEベースのネットワークアーキテクチャにおいて、マクロセル10の基地局（eNB）11は、コアネットワーク20と接続される。コアネットワーク20は、例えばP-GW、S-GW及びMMEを含むEPC（Evolved Packet Core）として実装される。コアネットワーク20は、さらに外部ネットワーク30に接続される。外部ネットワーク30は、PDN（Packet Data Network）とも呼ばれるIP（Internet Protocol）ネットワークであり、外部ネットワーク30上には様々なアプリケーション（AP）サーバが実装され得る。

[0026] 図3に示した各ノードは、それぞれ次のような役割を有する。なお、ここでは代表的なノードのみを示しているが、他の種類のノードもまたネットワークアーキテクチャに含まれ得る。

・HSS（Home Subscriber Server）：加入者の識別情報、プロフィール情報及び認証情報などを管理するサーバである。

- ・ MME (Mobility Management Entity) : UE との間で NAS (Non Access Stratum) 信号を送受信し、モビリティ管理、セッション管理及びページングなどを行うエンティティである。複数の eNB と接続される。

- ・ P-GW (PDN-Gateway) : EPC と PDN との間の接続点に位置し、UE への IP アドレスの割当て、IP ヘッダの付与及び削除などを行うゲートウェイである。課金管理を行う場合もある。

- ・ S-GW (Serving-Gateway) : E-UTRAN と EPC との間の接続点に位置し、ユーザプレーンのパケットをルーティングするゲートウェイである。UE が eNB 間又は UTRAN 間でハンドオーバーする場合には、S-GW がアンカーポイントとなる。

- ・ eNB (evolved Node B) : マクロセル内の無線リンクを実現する基地局である。無線リソース管理 (RRM : Radio Resource Management)、無線ベアラ制御及びスケジューリングなどを行う。

[0027] 図3に例示したようなネットワークアーキテクチャにおいて、協調マネージャは、コアネットワーク20内の新たな制御ノードとして配置されてもよい (CM1)。また、協調マネージャは、コアネットワーク20内の既存の制御ノード (例えば、MME) 上の新たな機能として配置されてもよい (CM2)。また、協調マネージャは、マクロセルの基地局 (eNB) 上の新たな機能として配置されてもよい (CM3)。また、協調マネージャは、スモールセルの基地局上の新たな機能として配置されてもよい (CM4)。また、協調マネージャは、外部ネットワーク30内の新たなサーバ装置として配置されてもよい (CM5)。

[0028] いずれの配置においても、協調マネージャは、X2インタフェース (若しくはその他の論理的／物理的インタフェース)、コアネットワーク20又は外部ネットワーク30などを含むシグナリング経路上で、マクロセルの基地局及びスモールセルの基地局と通信する。そして、協調マネージャは、マクロセルと個々のスモールセルとの間の関係を考慮してスモールセルにリソース及び送信電力を割当てた上で、対処すべき干渉ケースを分類し、複数のス

モールセルが存在する状況に特有の干渉をも制御する。

[0029] < 2. 協調マネージャの構成 >

[2 - 1. 機能構成例]

図 4 は、協調マネージャ 100 の構成の一例を示すブロック図である。図 4 を参照すると、協調マネージャ 100 は、通信部 110、記憶部 120 及び制御部 130 を備える。

[0030] (1) 通信部

通信部 110 は、協調マネージャ 100 による他のノードとの間の通信のための通信モジュールである。通信部 110 は、アンテナ及び RF (Radio Frequency) 回路を含む無線通信モジュールを含んでもよく、又は LAN (Local Area Network) 接続端子などの有線通信モジュールを含んでもよい。

[0031] (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、協調マネージャ 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、後述する割当て部 132 による各スモールセルへのリソース及び送信電力の割当てを記憶してもよい。また、記憶部 120 は、後述する判定部 134 が干渉ケースを分類する際に使用する判定閾値を記憶してもよい。

[0032] (3) 制御部

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、協調マネージャ 100 の様々な機能を動作させる。本実施形態において、制御部 130 は、割当て部 132、判定部 134 及び干渉制御部 136 という 3 つの機能モジュールを有する。

[0033] (3-1) 割当て部

割当て部 132 は、無線通信システムのマクロセルへの各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1 つ以上のスモールセルの各々に送信電力を

割当ててる。

[0034] より具体的には、本実施形態において、割当て部 132 は、まず、各スモールセルについて、許容送信電力をリソースブロックごとに算出する。許容送信電力は、例えば、スモールセルの基地局からマクロセルの基地局までの経路損失が大きいほど大きい値となり得る。マクロセルにおいて優先的に使用されるリソースブロックについては、スモールセルの許容送信電力は抑制され得る。割当て部 132 は、例えば、上記特許文献 1 に記載された手法に従って、スモールセルの許容送信電力をリソースブロックごとに算出してもよい。なお、スモールセルについて算出された許容送信電力が当該スモールセルに収容可能な端末数に対応する電力を超える場合には、割当て部 132 は、当該スモールセルの許容送信電力を減少させてよい。

[0035] 次に、割当て部 132 は、算出した許容送信電力に基づいて、各スモールセルのブロードキャストチャネルにリソース及び送信電力を割当ててる。ここでのブロードキャストチャネルは、端末のセルサーチ及び同期のための同期チャネル、並びにシステム情報をシグナリングするための制御チャネルを含み得る。例えば、割当て部 132 は、スモールセルのブロードキャストチャネルを、当該スモールセルについて相対的に大きい送信電力が許容されているリソースブロックに配置してよい。ブロードキャストチャネルのために連続する F （周波数方向） $\times T$ （時間方向）個のリソースブロックが必要とされる場合には、許容送信電力の最小値が所定の電力レベルを下回ることのない連続する $F \times T$ 個のリソースブロックの集合に、ブロードキャストチャネルが配置され得る。

[0036] 割当て部 132 は、ブロードキャストチャネルを割当てべきリソースがスモールセル間で競合する場合には、スモールセルのアクセスタイプに応じてリソース及び送信電力の割当てを調整し得る。

[0037] 例えば、割当て部 132 は、クローズドアクセスタイプのスモールセルよりもオープンアクセスタイプのスモールセルの通信機会を優先してよい。即ち、クローズドアクセスタイプのスモールセルとオープンアクセスタイプの

スモールセルとの間でリソースが競合する場合、割当て部 132 は、まずオープンアクセスタイプのスモールセルのブロードキャストチャネルを許容送信電力の大きいリソースブロックに配置する。そして、割当て部 132 は、クローズドアクセスタイプのスモールセルの許容送信電力を減少させる。結果として、リソースの競合は解消され得る。その代わりに、割当て部 132 は、クローズドアクセスタイプのスモールセルの許容送信電力を減少させることなく、クローズドアクセスタイプのスモールセルのブロードキャストチャネルを許容送信電力が次に大きいリソースブロック（の集合）に配置してもよい。このようにオープンアクセスタイプのスモールセルを優先することで、より多くのユーザに通信機会を提供することが可能となる。また、オープンアクセスタイプのスモールセルの設置を奨励して、システムの全体の端末収容力を高めることもできる。

[0038] また、オープンアクセスタイプの複数のスモールセルの間でリソースが競合する場合、割当て部 132 は、それらスモールセルの想定端末数に応じて、リソース及び送信電力の割当てを調整してもよい。想定端末数は、端末又は基地局から協調マネージャへ報告される端末の位置データに基づいて判定され得る。例えば、割当て部 132 は、想定端末数のより少ないスモールセルの許容送信電力を減少させる。結果として、リソースの競合は解消され得る。その代わりに、割当て部 132 は、スモールセルの許容送信電力を減少させることなく、想定端末数のより少ないスモールセルのブロードキャストチャネルを、許容送信電力が次に大きいリソースブロック（の集合）に配置してもよい。

[0039] また、クローズドアクセスタイプの複数のスモールセルの間でリソースが競合する場合、割当て部 132 は、それらスモールセルの間で通信機会が公平に配分されるように、リソース及び送信電力の割当てを調整してもよい。この場合、割当て部 132 は、リソースの競合するスモールセルの許容送信電力を均一に（例えば、一定の減少幅又は一定の減少率で）減少させる。結果として、リソースの競合は解消され得る。その代わりに、割当て部 132

は、スモールセルの許容送信電力を減少させることなく、いずれかのスモールセルのブロードキャストチャネルを、許容送信電力が次に大きいリソースブロック（の集合）に配置してもよい。

[0040] (3-2) 判定部

割当て部132により各スモールセルのブロードキャストチャネルの配置及び送信電力が決定されると、各スモールセルのデータチャネルの配置及び送信電力を推定することが可能となる。アップリンク及びダウンリンクのデータチャネルは、例えば、周期的に配置されるブロードキャストチャネルの間のリソースブロック上に配置され得る。データチャネルの送信電力は、ブロードキャストチャネルの送信電力と同等であると推定されてもよく、又はより低く推定されてもよい。

[0041] 判定部134は、割当て部132によるリソース及び送信電力の割当てに基づいて、各スモールセルからのブロードキャストチャネル及びデータチャネル上の無線信号の送信に起因する干渉を推定する。そして、判定部134は、許容されるレベルを超える干渉がある場合には、干渉ケースの分類を実行する。

[0042] より具体的には、例えば、判定部134は、スモールセルの各ペアについて、第1のスモールセルのセルエッジにおける第2のスモールセルからの干渉レベルをリソースブロックごとに推定する。そして、所定の割合を超える数のリソースブロックにおいて推定干渉レベルが許容レベルを超える場合、判定部134は、第1のスモールセルへの第2のスモールセルからの干渉は許容されないと判定し得る。この場合、判定部134は、さらに第1及び第2のスモールセルの間の干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する。ここで、干渉が双方向的である場合には、判定部134は、第1及び第2のスモールセルの間の干渉を図2Aを用いて説明した干渉ケースAに分類する。一方、干渉が一方向的である場合には、判定部134は、第1及び第2のスモールセルの間の干渉を図2Bを用いて説明した干渉ケースBに分類する。なお、上記所定の割合は、固定的に設定されてもよく（例えば1

0%～20%など)、又はスモールセルごとの送信デューティ比などのパラメータに応じて動的に設定されてもよい。

[0043] また、本実施形態において、判定部134は、マクロセルに接続する端末への複数のスモールセルからの累積的な干渉が許容されるレベルを超えるかをさらに判定し得る。例えば、判定部134は、複数のスモールセルの基地局の間の地点において当該複数のスモールセルの各々からの無線信号に起因する干渉レベルを推定し、推定される干渉レベルの累積値を許容されるレベルと比較する。図5Aの例では、スモールセル14aの基地局16aとスモールセル14dの基地局16dとを結ぶ線へeNB11から下ろした垂線が、マクロセル10のエッジまで延伸されている。累積的な干渉は、このような垂線に沿った基準線RL上にマクロセルに接続する端末が存在するものと仮定して評価されてもよい。スモールセルのダウンリンク信号に起因する干渉が支配的である場合には、このような評価が有益である。一方、図5Bの例では、所定の信号レベル（例えば、 $-110\text{ dBm}/6\text{ MHz}$ ）が検出される領域の境界15a及び15dが、スモールセル14a及び14dの各々について算出されている。累積的な干渉は、これら領域の重複部分（図中の斜線部分）にマクロセルに接続する端末が存在するものと仮定して評価されてもよい。支配的な干渉の原因を特定しない場合には、このような評価が有益である。判定部134は、マクロセル端末へ許容レベルを超える累積的な干渉を与えるスモールセルのペアをこのような手順に沿って検出し、当該累積的な干渉を図2Cを用いて説明した干渉ケースCに分類する。

[0044] (3-3) 干渉制御部

干渉制御部136は、判定部134による判定結果に応じて異なる手法で、複数のスモールセルが存在する状況におけるセル間の干渉を制御する。図6は、判定部134による判定結果（即ち、干渉の分類）に応じて干渉制御部136により選択され得る干渉制御方式の例を示している。

[0045] 例えば、干渉制御部136は、干渉ケースAに関与するスモールセルのペアにより同じ無線リソース（即ち、リソースブロック）が同時に使用されな

いように、第1及び第2のsmallセルの少なくとも一方のスケジューリングを制御する。干渉が生じる可能性のあるリソースブロックは、第1及び第2のsmallセルに交互にラウンドロビン方式で割当てられてもよい。また、レイテンシ若しくはスループットなどの通信要件、アプリケーションの重要度又は通信品質などのパラメータに依存し得る優先度に従って、いずれか一方のsmallセルへより多くの又はより早いタイミングのリソースブロックが割当てられてもよい。

[0046] また、例えば、干渉制御部136は、干渉ケースBに関与するsmallセルのペアのうち与干渉側 (interfering side) のsmallセルの基地局へ、送信電力の減少を要求する。与干渉側のsmallセルの基地局が送信電力の減少を容認する場合には、干渉ケースBは解消し得る。与干渉側のsmallセルの基地局が送信電力の減少を容認しない場合には、干渉制御部136は、被干渉側 (interfered side) 及び与干渉側のsmallセルの少なくとも一方のスケジューリングを、同じ無線リソースが同時に使用されないように制御してよい。

[0047] また、例えば、干渉制御部136は、干渉ケースCに分類される累積的干渉が推定される場合には、当該累積的干渉を受けるマクロセル端末とマクロセルの基地局との間で送信される無線信号の耐干渉性能の増加を、マクロセルの基地局へ要求する。無線信号の耐干渉性能は、例えば、送信電力を増加することにより、又はよりレートの低い変調方式を使用することにより増加され得る。その代わりに、干渉制御部136は、マクロセルにおいて使用される無線リソースが与干渉側のsmallセルにおいて同時に使用されないように、与干渉側のsmallセルのスケジューリングを制御してもよい。また、干渉制御部136は、与干渉側のsmallセルの基地局に送信電力の減少を要求してもよい。

[0048] なお、図6では例示的な3つの干渉ケースを示しているが、これら干渉ケースのいずれかが分類から省略されてもよく、又は追加的な干渉ケースが採用されてもよい。また、干渉の制御は、単一のリソースブロック単位で実行

される代わりに、複数のリソースブロック単位で実行されてもよい。それにより、協調マネージャ 100 の負荷及びネットワーク上のシグナリングの負荷を軽減することができる。

[0049] [2-2. 処理の流れ]

(1) 全体的な流れ

図 7 は、本実施形態に係る協調マネージャ 100 による通信制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0050] 図 7 を参照すると、まず、割当て部 132 は、スモールセルの各々について、リソースブロックごとに許容送信電力を算出する（ステップ S110）。次に、割当て部 132 は、算出した許容送信電力に基づいて、スモールセルの各々にブロードキャストチャネルのためのリソース及び送信電力を割当てる（ステップ S120）。

[0051] 次に、判定部 134 は、割当て部 132 によるリソース及び送信電力の割当てに基づいて、各スモールセルからのデータチャネル上のアップリンク信号及びダウンリンク信号の送信に起因する干渉を推定する（ステップ S130）。次に、判定部 134 は、図 8 を用いて説明する干渉分類処理を実行する（ステップ S140）。

[0052] そして、干渉制御部 136 は、干渉分類処理の結果に従って異なる手法で（例えば、図 6 に示したいずれかの手法で）、複数のスモールセルが存在する状況におけるセル間の干渉を抑制する（ステップ S150）。

[0053] (2) 干渉分類処理

図 8 は、図 7 のステップ S140 における干渉分類処理の詳細な流れの一例を示すフローチャートである。

[0054] 図 8 を参照すると、まず、判定部 134 は、制御対象のマクロセル内で運用されるスモールセルの 1 つ以上のペアのうちの 1 つを注目ペアとして選択する（ステップ S141）。

[0055] 次に、判定部 134 は、注目ペアの少なくとも一方のスモールセルから他方のスモールセルへの推定される干渉レベルが、所定の割合を超える数のリ

ソースブロックにおいて許容レベルを超えるか否かを判定する（ステップS 1 4 2）。ここで、いずれのsmallセルを与干渉側としても上記条件が満たされない場合には、処理はステップS 1 4 6へ進む。一方、上記条件が満たされる場合には、処理はステップS 1 4 3へ進む。

[0056] ステップS 1 4 3において、判定部1 3 4は、上述した干渉が双方向的であるか否かを判定する（ステップS 1 4 3）。例えば、いずれのsmallセルを与干渉側としてもステップS 1 4 2において説明した条件が満たされる場合には、干渉は双方向的である。干渉が双方向的である場合には、判定部1 3 4は、注目ペアが関与する干渉を干渉ケースAに分類する（ステップS 1 4 4）。一方、干渉が一方向的である場合には、判定部1 3 4は、注目ペアが関与する干渉を干渉ケースBに分類する（ステップS 1 4 5）。

[0057] また、ステップS 1 4 6において、判定部1 3 4は、注目ペアのsmallセルの間の地点において推定される累積的干渉がmacroセルの許容レベルを超えるか否かを判定する（ステップS 1 4 6）。ここで、推定される累積的干渉がmacroセルの許容レベルを超える場合には、判定部1 3 4は、注目ペアが関与する干渉を干渉ケースCに分類する（ステップS 1 4 7）。そうでない場合には、注目ペアが関与する干渉のレベルは十分に低いため、当該干渉はいずれの干渉ケースにも分類されない。

[0058] その後、分類が終了していない次のsmallセルのペアが存在していれば、処理はステップS 1 4 1へ戻る。一方、全てのペアについて分類が終了していれば、図8の干渉分類処理は終了する（ステップS 1 4 8）。

[0059] <3. smallセル基地局の構成>

smallセルの基地局2 0 0は、上述した協調マネージャ1 0 0と共に通信制御システムを構成する。図9は、本実施形態に係るsmallセルの基地局2 0 0の構成の一例を示すブロック図である。図9を参照すると、基地局2 0 0は、無線通信部2 1 0、ネットワーク通信部2 2 0、記憶部2 3 0及び制御部2 4 0を備える。

[0060] （1）無線通信部

無線通信部 210 は、スマートフォンに接続する端末へ無線通信サービスを提供するための無線通信モジュールである。無線通信部 210 は、アンテナ及び RF 回路を含む。無線通信部 210 から送信される無線信号の送信電力は、協調マネージャ 100 により制御される範囲内に抑制される。

[0061]

(2) ネットワーク通信部

ネットワーク通信部 220 は、スマートフォンセルの基地局 200 と協調マネージャ 100 などの制御ノードとの間の通信のための通信モジュールである。ネットワーク通信部 220 は、無線通信部 210 と共通化され得る無線通信モジュールを含んでもよく、又は LAN 接続端子などの有線通信モジュールを含んでもよい。

[0062]

(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、基地局 200 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 230 は、協調マネージャ 100 から指示されるリソース及び送信電力の割当てを記憶し得る。

[0063]

(4) 制御部

制御部 240 は、CPU 又は DSP などのプロセッサに相当する。制御部 240 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、基地局 200 の様々な機能を動作させる。本実施形態において、制御部 240 は、設定部 242 及び通信制御部 244 という 2 つの機能モジュールを有する。

[0064]

(4-1) 設定部

設定部 242 は、ネットワーク通信部 220 により受信される干渉制御信号に従って、スマートフォンに接続する端末との間の無線通信のための通信パラメータを設定する。例えば、設定部 242 は、干渉制御信号により指定されるリソースブロック上に、プロトコルチャネルを設定する。また、設定部 242 は、無線通信部 210 の送信電力を、干渉制御信号により指定される値に設定する。設定部 242 は、送信電力を減少させる要求が協調マ

ネージャ 100 から受信された場合には、無線通信部 210 に設定される送信電力を減少させる。なお、設定部 242 は、送信電力を減少させると所望の通信品質を維持できないと判定される場合には、上記要求を受け入れなくてもよい。

[0065] (4-2) 通信制御部

通信制御部 244 は、スモールセルに接続する端末との間の無線通信を制御する。例えば、通信制御部 244 は、設定部 242 により設定されるブロードキャストチャネル上で、セルサーチ及び同期のための同期信号並びにシステム情報をブロードキャストする。また、通信制御部 244 は、ブロードキャストチャネルの間に位置し得るデータチャネル上のリソースブロックを各端末に割当てて、無線通信部 210 によりアップリンク信号を受信させ及びダウンリンク信号を送信させる。また、通信制御部 244 は、協調マネージャ 100 により許容される範囲内で、スモールセルに接続する各端末の送信電力を制御する。

[0066] <4. まとめ>

ここまで、図 1 ～図 9 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、少なくとも、スモールセル間の干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかに応じて当該干渉が分類され、その分類に従って異なる手法で干渉が抑制される。従って、干渉の分類に依存しない干渉制御方式と比較して、複数のスモールセルが存在する状況におけるセル間の干渉をより適切に抑制することができる。

[0067] 例えば、干渉が一方向的である場合には、与干渉側のスモールセルの基地局へ送信電力の減少が要求され得る。従って、過度に大きい通信機会を得ているスモールセルの送信電力を減少させることにより、被干渉側のスモールセルの通信機会を維持しながら干渉を抑制することができる。

[0068] また、例えば、干渉が双方向的である場合には、当該干渉に関与する 2 つのスモールセルにおいて同じ無線リソースが同時に使用されないように、こ

れらスモールセルのスケジューリングが制御される。従って、干渉に関する責任を同等に有するスモールセルについて公平に通信機会を削減することにより、干渉を抑制することができる。

[0069] また、例えば、複数のスモールセルからの累積的な干渉がマクロセル端末へ許容レベルを超える干渉を与える場合には、当該累積的な干渉も抑制される。従って、マクロセル端末による通信を適切に保護しながら、複数のスモールセルを安全に導入することができる。例えば、マクロセル側の無線信号の耐干渉性能を増加させることにより、許容干渉レベルに対する累積的な干渉の相対的なレベルが抑制されてもよい。その場合には、累積的な干渉に関与するスモールセルの通信機会を削減することなく、干渉の弊害を防止することができる。

[0070] 上述した実施形態によれば、スモールセルからのデータチャネル上の送信に起因する干渉は、スモールセルのブロードキャストチャネルにリソース及び送信電力を割当てた上で、当該割当てに基づいて、単一の又は複数のリソースブロックの単位で推定される。従って、干渉を推定する際にチャネルの種類を区別しない手法と比較して、リソースブロックごとに変動し得る干渉レベルをより合理的に推定することができる。

[0071] 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に読み込まれ、CPUなどのプロセッサにより実行される。

[0072] 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。

[0073] 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)

無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てる割当て部と、

第1のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第2のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部と、

前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉を制御する制御部と、

を備える通信制御装置。

(2)

前記制御部は、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉が一方向的である場合には、前記第2のスモールセルの基地局へ送信電力の減少を要求する、前記(1)に記載の通信制御装置。

(3)

前記制御部は、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉が双方向的である場合には、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルにおいて同じ無線リソースが同時に使用されないように、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルの少なくとも一方のスケジューリングを制御する、前記(1)又は前記(2)に記載の通信制御装置。

(4)

前記制御部は、前記第2のスモールセルの基地局が前記要求を受け入れない場合には、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルにおいて同じ無線リソースが同時に使用されないように、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルの少なくとも一方のスケジューリングを制御する

、前記（２）に記載の通信制御装置。

（５）

前記判定部は、複数のスモールセルから前記マクロセルに接続する端末への累積的な干渉が許容されるレベルを超えるかをさらに判定し、

前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記累積的な干渉が抑制されるように、前記マクロセルの基地局又は前記複数のスモールセルの基地局の少なくとも１つを制御する、

前記（１）～（４）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（６）

前記判定部は、前記複数のスモールセルの基地局の間の地点において前記複数のスモールセルの各々からの無線信号に起因する干渉レベルを推定し、推定される干渉レベルの累積値を前記許容されるレベルと比較する、前記（５）に記載の通信制御装置。

（７）

前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記マクロセルの端末と基地局との間で送信される無線信号の耐干渉性能を増加させる、前記（５）又は前記（６）に記載の通信制御装置。

（８）

前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記マクロセルにおいて前記端末により使用される無線リソースが前記複数のスモールセルにおいて同時に使用されないように、前記複数のスモールセルのスケジューリングを制御する、前記（５）又は前記（６）に記載の通信制御装置。

（９）

前記割当て部は、リソースブロックごとに算出される各スモールセルの許容送信電力に基づいて、各スモールセルのブロードキャストチャネルにリソース及び送信電力を割当て、

前記判定部は、各スモールセルへの前記リソース及び前記送信電力の割当てに基づいて、各スモールセルからの無線信号の送信に起因する干渉を推定する、

前記（１）～（８）のいずれか１項に記載の通信制御装置。

（１０）

前記割当て部は、クローズドアクセスタイプのスモールセルよりもオープンアクセスタイプのスモールセルの通信機会が優先されるように、前記リソース及び前記送信電力を割当てる、前記（９）に記載の通信制御装置。

（１１）

無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、１つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てることと、

第１のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第２のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定することと、

前記判定の結果に応じて異なる手法で、前記第１のスモールセルと前記第２のスモールセルとの間の前記干渉を制御することと、

を含む通信制御方法。

（１２）

無線通信システムのマクロセルに少なくとも部分的に重複する第１及び第２のスモールセルの基地局と、

前記第１及び前記第２のスモールセルからの前記マクロセルへの干渉が抑制されるように、前記第１及び前記第２のスモールセルの各々に送信電力を割当てる割当て部、

前記第１及び前記第２のスモールセルの一方が他方へ許容されるレベルを超える干渉を与える場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部、並びに、

前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第１のスモールセ

ルと前記第2のsmallセルとの間の前記干渉を制御する制御部、
を備える通信制御装置と、
を含む通信制御システム。

符号の説明

[0074]	1 0	マクロセル	
	1 1	マクロセルの基地局	
	1 4 a ~ 1 4 d	smallセル	
	1 0 0	協調マネージャ（通信制御装置）	
	1 3 2	割当て部	
	1 3 4	判定部	
	1 3 6	干渉制御部	
	1 6 a ~ 1 6 d, 2 0 0	smallセルの基地局	

請求の範囲

- [請求項1] 無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てる割当て部と、
- 第1のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第2のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部と、
- 前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉を制御する制御部と、
- を備える通信制御装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉が一方向的である場合には、前記第2のスモールセルの基地局へ送信電力の減少を要求する、請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記第1のスモールセルと前記第2のスモールセルとの間の前記干渉が双方向的である場合には、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルにおいて同じ無線リソースが同時に使用されないように、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルの少なくとも一方のスケジューリングを制御する、請求項1に記載の通信制御装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記第2のスモールセルの基地局が前記要求を受け入れない場合には、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルにおいて同じ無線リソースが同時に使用されないように、前記第1のスモールセル及び前記第2のスモールセルの少なくとも一方のスケジューリングを制御する、請求項2に記載の通信制御装置。
- [請求項5] 前記判定部は、複数のスモールセルから前記マクロセルに接続する端末への累積的な干渉が許容されるレベルを超えるかをさらに判定し

、

前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記累積的な干渉が抑制されるように、前記マクロセルの基地局又は前記複数のスモールセルの基地局の少なくとも1つを制御する、

請求項1に記載の通信制御装置。

[請求項6] 前記判定部は、前記複数のスモールセルの基地局の間の地点において前記複数のスモールセルの各々からの無線信号に起因する干渉レベルを推定し、推定される干渉レベルの累積値を前記許容されるレベルと比較する、請求項5に記載の通信制御装置。

[請求項7] 前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記マクロセルの端末と基地局との間で送信される無線信号の耐干渉性能を増加させる、請求項5に記載の通信制御装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記累積的な干渉が前記許容されるレベルを超えると判定される場合には、前記マクロセルにおいて前記端末により使用される無線リソースが前記複数のスモールセルにおいて同時に使用されないように、前記複数のスモールセルのスケジューリングを制御する、請求項5に記載の通信制御装置。

[請求項9] 前記割当て部は、リソースブロックごとに算出される各スモールセルの許容送信電力に基づいて、各スモールセルのブロードキャストチャンネルにリソース及び送信電力を割当て、

前記判定部は、各スモールセルへの前記リソース及び前記送信電力の割当てに基づいて、各スモールセルからの無線信号の送信に起因する干渉を推定する、

請求項1に記載の通信制御装置。

[請求項10] 前記割当て部は、クローズドアクセスタイプのスモールセルよりもオープンアクセスタイプのスモールセルの通信機会が優先されるよう

に、前記リソース及び前記送信電力を割当て、請求項 9 に記載の通信制御装置。

[請求項11] 無線通信システムのマクロセルへの、前記マクロセルに少なくとも部分的に重複する各スモールセルからの干渉が抑制されるように、1 つ以上のスモールセルの各々に送信電力を割当てることと、

第 1 のスモールセルへ許容されるレベルを超える干渉を与える第 2 のスモールセルが存在する場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定することと、

前記判定の結果に応じて異なる手法で、前記第 1 のスモールセルと前記第 2 のスモールセルとの間の前記干渉を制御することと、

を含む通信制御方法。

[請求項12] 無線通信システムのマクロセルに少なくとも部分的に重複する第 1 及び第 2 のスモールセルの基地局と、

前記第 1 及び前記第 2 のスモールセルからの前記マクロセルへの干渉が抑制されるように、前記第 1 及び前記第 2 のスモールセルの各々に送信電力を割当て、割当て部、

前記第 1 及び前記第 2 のスモールセルの一方が他方へ許容されるレベルを超える干渉を与える場合に、当該干渉が一方向的であるか又は双方向的であるかを判定する判定部、並びに、

前記判定部による判定結果に応じて異なる手法で、前記第 1 のスモールセルと前記第 2 のスモールセルとの間の前記干渉を制御する制御部、

を備える通信制御装置と、

を含む通信制御システム。