

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5496203号
(P5496203)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4W 52/38	(2009.01)	HO4W 52/38
HO4W 16/28	(2009.01)	HO4W 16/28 130
HO4J 11/00	(2006.01)	HO4J 11/00 Z
HO4J 99/00	(2009.01)	HO4J 15/00

請求項の数 27 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-523124 (P2011-523124)
(86) (22) 出願日	平成21年8月11日 (2009.8.11)
(65) 公表番号	特表2012-500524 (P2012-500524A)
(43) 公表日	平成24年1月5日 (2012.1.5)
(86) 國際出願番号	PCT/US2009/053471
(87) 國際公開番号	W02010/019617
(87) 國際公開日	平成22年2月18日 (2010.2.18)
審査請求日	平成24年8月7日 (2012.8.7)
(31) 優先権主張番号	61/089,096
(32) 優先日	平成20年8月15日 (2008.8.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	12/538,739
(32) 優先日	平成21年8月10日 (2009.8.10)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	392026693 株式会社NTTドコモ 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(74) 代理人	100121980 弁理士 沖山 隆
(74) 代理人	100128107 弁理士 深石 賢治
(72) 発明者	ケール, ジュゼッペ アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サウス パサデナ, ハンティントン ド ライヴ 1948

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチセル環境において送信電力パターンを変更するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のセルを有し、MIMO送信を使用してワイヤレス信号を送信するワイヤレス通信システム、において使用するための方法であつて、

基地局の1つのクラスタ内における、及び、基地局の複数のクラスタにわたる、1組の仮想チャネル上の基地局送信電力を合同で変化させるために、前記ワイヤレス通信システム内の基地局のための送信電力協調パターンを変化させるステップであつて、少なくとも2つの仮想チャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第1の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち1つにおいて前記第1の電力レベルとは異なる第2の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第1および第2の電力レベルとは異なる第3の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該送信電力協調パターンを変化させるステップと、

前記送信電力協調パターンに基づいて、前記基地局のグループが、それぞれのクラスタ内で1つ又は複数のユーザ端末への合同の送信を行うステップと、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、

10

20

を含む方法。

【請求項 2】

各仮想チャネルが、

周波数サブバンド、1組のタイムスロット、1組の時間-周波数スロット、及び、1組の拡散符号、

から成る送信リソースのグループ、から選択された1つを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

送信電力協調パターンを変化させるステップが、

各クラスタのエッジにいる基地局により、1組の仮想チャネルの少なくとも1つを介して、先に割り当てられた送信電力パターンとは異なる電力レベルでの送信をさせる方法によって、基地局からなる各クラスタに送信電力パターンを割り当てるサブステップ、を含む、請求項1に記載の方法。

10

【請求項 4】

送信電力協調パターンを変化させるステップが、

前記クラスタの中央に配置された基地局、クラスタの前記エッジにいない基地局、又は、自身のクラスタ内の局に取り巻かれた基地局により、同じ電力レベルでの送信をさせる方法によって、基地局からなる各クラスタに送信電力パターンを割り当てるサブステップ、を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

20

異なる送信電力協調パターンが、基地局からなる異なるクラスタを指定する、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

少なくとも1つの仮想チャネルについて1つのクラスタ内の少なくとも2つの基地局の送信電力レベルは異なるが、複数のクラスタについて複数の仮想チャネルの前記送信電力レベルは同じである、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

送信電力協調パターンを変化させるステップが、

各クラスタ内のすべての基地局に対し、送信が行われる複数の仮想チャネル、および、送信のために使用される1組の電力レベルを、各仮想チャネル上の送信が前記1組の電力レベル内のある1つの電力レベルにあるように、割り当てるサブステップ、を含む、請求項1に記載の方法。

30

【請求項 8】

各送信電力協調パターンが、各仮想チャネルについて前記クラスタ内の各基地局に個々の電力レベルを割り当てる、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記1組の仮想チャネルの少なくとも1つについては、クラスタ内の基地局に対し、同じ送信電力レベルが割り当たらない、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

複数のセルを有し、MIMO送信を使用してワイヤレス信号を送信するワイヤレス通信システム、において使用するための方法であって、

40

単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する隣接基地局からなる第1のクラスタによって使用される1組のチャネルを、時間及び周波数に応じて分割するステップであって、前記1組のチャネルがサブチャネルに分割される、当該ステップと、

前記サブチャネル上で送信するための電力を、非一様なパターンで、前記第1のクラスタ内の各基地局に対し、前記第1のクラスタに隣接する第2のクラスタと合同で割り当てるステップであって、少なくとも2つのチャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つのチャネルのそれぞれにおいて第1の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つのチャネルのうち1つにおいて前記第1の電力レベルとは異なる第2の電力レベルでの送信

50

を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも 2 つのチャネルのうち他のチャネルにおいて前記第 1 および第 2 の電力レベルとは異なる第 3 の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応するチャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該割り当てるステップと、

前記第 1 のクラスタ内の中の基地局のために送信をスケジュールするステップと、

前記クラスタ内の中の各基地局及び各サブチャネルにおいて送信電力レベルを変化させながら各基地局からワイヤレス信号を送信するサブステップを含む、前記第 1 のクラスタ内の中の基地局から 1 つ又は複数のユーザ端末への合同の送信を行うステップであって、同時に合同で前記第 2 のクラスタ内の中の基地局からの送信を行う、当該ステップと、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、

を含む方法。

【請求項 1 1】

各チャネルが、

周波数サブバンド、1組のタイムスロット、1組の時間 - 周波数スロット、及び、1組の拡散符号、

から成る送信リソースのグループ、から選択された 1 つを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記サブチャネル上で送信するための電力を、非一様なパターンで、前記第 1 のクラスタ内の中の各基地局に対し、前記第 1 のクラスタに隣接する第 2 のクラスタと合同で割り当てるステップは、

前記サブチャネルの少なくとも 1 つを介して、各クラスタのエッジにいる基地局により、異なる電力レベルでの送信をさせる方法によって、基地局からなる各クラスタに送信電力パターンを割り当てるこによって、少なくとも前記第 1 及び第 2 のクラスタの間で送信電力協調パターンを変化させるように送信電力レベルを割り当てるサブステップ、

を含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記サブチャネル上で送信するための電力を、非一様なパターンで、前記第 1 のクラスタ内の中の各基地局に対し、前記第 1 のクラスタに隣接する第 2 のクラスタと合同で割り当てるステップは、

前記クラスタの中央に配置された基地局又は前記クラスタの前記エッジにいない基地局により同じ電力レベルでの送信をさせる方法によって、基地局からなる各クラスタに送信電力パターンを割り当てるこによって、少なくとも前記第 1 及び第 2 のクラスタの間で送信電力協調パターンを変化させるように送信電力レベルを割り当てるサブステップ、

を含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 4】

基地局からなる前記第 1 のクラスタ及びすべての近隣(干渉)クラスタにおいて、電力レベルを合同で協調させる、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記送信電力協調パターンは、前記サブチャネルに応じて、どの基地局が異なるクラスタにクラスタ化されるかを変化させる、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 6】

少なくとも 1 つのチャネルについて 1 つのクラスタ内の少なくとも 2 つの基地局の前記送信電力レベルは異なるが、複数のクラスタについて複数のチャネルの前記送信電力レベルは同じである、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

複数のセルを有し MIMO 送信を使用してワイヤレス信号を送信するワイヤレス通信システムに設けられたコンピュータに、

10

20

30

40

50

基地局の1つのクラスタ内における、及び、基地局の複数のクラスタにわたる、1組の仮想チャネル上の基地局送信電力を合同で変化させるために、前記ワイヤレス通信システム内の基地局のための送信電力協調パターンを変化させるステップであって、少なくとも2つの仮想チャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第1の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち1つにおいて前記第1の電力レベルとは異なる第2の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第1および第2の電力レベルとは異なる第3の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該送信電力協調パターンを変化させるステップと、

前記送信電力協調パターンに基づいて、前記基地局のグループが、それぞれのクラスタ内で1つ又は複数のユーザ端末への合同の送信を行うステップと、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、
を実行させるためのプログラム、を記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項18】

複数のセルを有しMIMO送信を使用してワイヤレス信号を送信するワイヤレス通信システムに設けられたコンピュータに、

単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する隣接基地局からなる第1のクラスタによって使用される1組のチャネルを、時間及び周波数に応じて分割するステップであって、前記1組のチャネルがサブチャネルに分割される、当該ステップと、

前記サブチャネル上で送信するための電力を、非一様なパターンで、前記第1のクラスタ内の各基地局に対し、前記第1のクラスタに隣接する第2のクラスタと合同で割り当てるステップであって、少なくとも2つの仮想チャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第1の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち1つにおいて前記第1の電力レベルとは異なる第2の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第1および第2の電力レベルとは異なる第3の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該割り当てるステップと、

前記第1のクラスタ内の基地局のために送信をスケジュールするステップと、

前記クラスタ内の各基地局及び各サブチャネルにおいて送信電力レベルを変化させながら各基地局からワイヤレス信号を送信するサブステップを含む、前記第1のクラスタ内の基地局から1つ又は複数のユーザ端末への合同の送信を行うステップであって、同時に合同で前記第2のクラスタ内の基地局からの送信を行う、当該ステップと、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、
を実行させるためのプログラム、を記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項19】

複数のセルを有するワイヤレス通信システムにおける前記セルにて使用される基地局であって、

送信機と、

前記送信機のための送信電力レベルを含む、送信のための送信電力レベルの複数の仮想チャネルへの割り当てを指定する電力協調パターンを保存するメモリであって、前記送信電力レベルが、基地局からなる個々のクラスタ内で、及び、基地局の複数のクラスタにわたって、合同で割り当てられ、少なくとも2つの仮想チャネルが基地局の各クラスタによ

10

20

30

40

50

り使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第 1 の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのうち 1 つにおいて前記第 1 の電力レベルとは異なる第 2 の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第 1 および第 2 の電力レベルとは異なる第 3 の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該メモリと、

前記メモリ及び前記送信機に結合され、変化する前記電力協調パターンに応答して、前記送信機により、前記電力協調パターンにおいて指定される前記送信電力レベルに基づいて、1 つ又は複数のユーザ端末への送信をさせるコントローラと、

を備え、

前記コントローラは、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、
を実行する、

基地局。

【請求項 20】

各電力協調パターンが、クラスタ毎に送信中に一緒に協調する基地局を指定する、請求項 19 に記載の基地局。

【請求項 21】

前記電力協調パターンは、

前記基地局を含むクラスタ内の基地局の少なくとも 2 つが隣接クラスタの送信電力協調パターンとは同じでない電力レベルでの送信を行う少なくとも 1 つの仮想チャネル、を指定する送信電力パターン、

を指定する、請求項 19 に記載の基地局。

【請求項 22】

複数のユーザ端末と、

複数の基地局と、

送信のための送信電力レベルの複数の仮想チャネルへの割り当てを指定する 1 組の電力協調パターンを保存したメモリであって、前記送信電力レベルが、基地局からなる個々のクラスタ内で、及び、基地局の複数のクラスタにわたって、合同で割り当てられ、少なくとも 2 つの仮想チャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第 1 の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのうち 1 つにおいて前記第 1 の電力レベルとは異なる第 2 の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも 2 つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第 1 および第 2 の電力レベルとは異なる第 3 の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該メモリと、

前記複数の基地局によって使用される、事前定義された前記 1 組の電力協調パターンを変化させるコントローラと、

を備え、

前記コントローラは、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、
を実行する、

ワイヤレス通信システム。

【請求項 23】

10

20

30

40

50

各電力協調パターンは、

各サブチャネルがクラスタ内で1つの送信電力パターンを有すること、

を指定する、請求項2_2に記載のワイヤレス通信システム。

【請求項2_4】

各電力協調パターンは、異なるクラスタ、および、各サブチャネル上で使用される異なる基地局毎の電力パターン、を指定する、請求項2_2に記載のワイヤレス通信システム。

【請求項2_5】

各電力協調パターンは、クラスタ毎に送信中に一緒に協調する基地局を指定する、請求項2_2に記載のワイヤレス通信システム。

【請求項2_6】

送信リソースを複数の仮想チャネルにマッピングするステップであって、各仮想チャネルが、近隣基地局からなるクラスタによって定義される異なる協調パターンと、送信のために割り当てられる基地局毎の送信電力とを表し、少なくとも2つの仮想チャネルが基地局の各クラスタにより使用され、各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのそれぞれにおいて第1の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち1つにおいて前記第1の電力レベルとは異なる第2の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち他の仮想チャネルにおいて前記第1および第2の電力レベルとは異なる第3の電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて異なる電力レベルでの送信を行う、当該マッピングするステップと、

互いに独立に各クラスタについての送信をスケジュールし、実行するステップと、

各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する複数の基地局、を異なるクラスタにシフトするステップと、

前記異なるクラスタの各々に送信電力協調パターンを再割り当てるステップと、

を含む方法。

【請求項2_7】

各クラスタの中央にいる基地局が前記少なくとも2つの仮想チャネルのうち2つの仮想チャネルにおいて中程度の電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記2つの仮想チャネルのうち第1の仮想チャネルにおいて低い電力レベルでの送信を行い、各クラスタのエッジにいる基地局が前記2つの仮想チャネルのうち第2の仮想チャネルにおいて高い電力レベルでの送信を行い、隣接するクラスタのエッジにいる基地局が、対応する仮想チャネルにおいて正反対の電力レベルでの送信を行う、請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0003]本発明の実施形態は、ワイヤレス通信システムにおける協調送信の分野に関し、より詳細には、本発明の実施形態は、クラスタ内の異なる基地局が一緒に動作して、複数の周波数、帯域、及び/又はチャネル上において異なる電力レベルで送信するように、またすべてのクラスタにわたって送信電力の変更を合同で協調させるように、マルチ基地局環境全体において協調した方式でクラスタ内の基地局の送信電力を変更することに関する。

【0002】

[優先権]

[0001]本特許出願は、2008年8月13日に出願された、「A Method for Joint User Scheduling and MIMO Transmission by Using Varying Transmit Power Patterns and Varying Antenna-User Coordination Patterns in a Multi-Cell Environment」

10

20

30

40

50

t」と題する、対応する特許仮出願第61/089096号の優先権を主張し、同特許仮出願を参照により組み込む。

【0003】

[関連出願]

[0002]本出願は、本出願と同時に出願された以下の出願に、すなわち、2009年8月10日に出願された、「A Variable Coordination Pattern Approach for Improving Performance in Multi-Cell or Multi-Antenna Environment」と題する、米国特許出願第12/538729号、及び2009年8月10日に出願された、「A Method of Combined User and Coordination Pattern Scheduling Over Varying Antenna and Base Station Coordination Patterns in a Multi-Cell Environment」と題する、米国特許出願第12/538733号に関連する。

【背景技術】

【0004】

[0004]新興及び将来のワイヤレスシステムは、与えられた送信帯域幅内で達成可能なデータレートを高めるために、無線周波数スペクトルの利用においてますます高い効率を必要とする。単位帯域幅当たり達成可能なスループットの増加は、信号処理を用いて組み合わされる複数の送受信アンテナを利用することによって達成することができる。実際に、多くの最近開発された技法及び新興の規格は、基地局において複数のアンテナを利用するに基づいて、ワイヤレスシステムの有効データレートを損なうことなく、ワイヤレス媒体上のデータ通信の信頼性を改善する。代替として、複数のアンテナは、単位帯域幅当たり達成可能なデータレートを高めるために使用することができる。

【0005】

[0005]具体的には、ワイヤレス通信における最近の進展は、(例えば、基地局で複数の送信アンテナを使用して)時間及び空間にわたって合同でシンボルを符号化することによって、信頼性(ダイバーシチ)利益に加えて、基地局から各セルラユーザへの有効データレートの増加も獲得できることを示している。これらの多重化(スループット)利得及びダイバーシチ利益は、システムにおける送受信アンテナの数によって決定付けられる多重化-ダイバーシチトレードオフ曲線(multiplexing-diversity trade-offs curve)によって基本的に制約されるという意味で、配備されるシステムにおける送受信アンテナの数に本質的に依存する。多くの送受信アンテナを利用することによって、非常に高いスペクトル効率を達成する、非常に高いレートの設計が示された。そのようなMIMO方式は、シングルユーザMIMOシステムと呼ばれるものの基礎を形成する。これらの方によれば、割り当てられたチャネル上で複数のアンテナを介して送信される信号に情報搬送ストリームを符号化することによって、複数のストリームを单一のユーザに送信するために、時間-周波数スロットの異なる組に対応するチャネルが使用される。その場合、スケジューラを使用して、SISO送信で行われるのと同様の方法で、異なるユーザのための送信を異なるチャネル上にスケジュールする。

【0006】

[0006]最近、基地局でいくつかの送信アンテナが利用可能であり、すべての送信-受信チャネルが送信基地局に知られているならば、1つ又は2つのアンテナを利用する単純な移動体を用いて、非常に高い合計レート(すなわち、送信先であるユーザのレートの合計)が獲得できることが示された。これらの技法は、マルチユーザMIMO(MU-MIMO)方式と呼ばれる。一般に、これらの方によって達成可能なレートは、基地局で利用可能なチャネル推定の品質に強く依存する。ゼロ強制(又はブロックゼロ強制)MU-MIMOプリコーダとして知られる、マルチユーザMIMOプリコーダの最も簡単なクラスの1つは、各ユーザの受信機が雑音内に自身の信号を「見出す」ように、送信されるユーザの信号を線形プリコードするために、送信/受信アンテナペアの間のすべてのチャネル

についての知識を使用する。

【0007】

[0007]既存のマルチセル配備は、異なるユーザに不均衡なスループットを提供することが知られており、各セルのエッジにいるユーザは、そのセルの中央にいるユーザと比べて、スループットが劣る。MIMO送信を使用するマルチセル配備のために、多くの方式が提案されている。いくつかのマルチセル配備は、セル間での協調を行わない孤立セル合同スケジューリング / MIMOプリコーディングアルゴリズムを利用する。協調は、各セル内のアンテナに制限される。また、これらの方は、容易に拡張可能であるが、(セルの外部に配置されたアンテナから来る)干渉によって制限され、エッジスループットが大きく損なわれる。いくつかの完全に協調するマルチセル配備は、干渉によって制限されず、(増加した電力を用いた)任意に高い合計スループットと、任意に高いエッジスループットを提供することができる。しかし、それらは、すべてのセルにわたってすべての送信アンテナを協調させる必要があるので、拡張可能ではない。また、ネットワーク全体におけるアンテナの数、及びスケジュールする必要があるユーザの数とともに、複雑さが非常に速やかに増加し、すぐに非実用的になる。したがって、この方式は、実用的ないずれの方式の性能にも上限を課す。

【0008】

[0008]ロングタームエボリューション (LTE : Long - Term Evolution) と呼ばれる3G規格の現在の発展は、異なるチャネルの電力レベルが隣接セルにおいて異なるように調整される、セル間干渉 (inter-cell interference) 協調技法を提案する。結果として、エッジユーザによって経験される干渉は低減され、より高いデータレートを達成することができる。LTEは、各セル内のダウンリンクにおいて、シングルユーザMIMO (SU-MIMO) 送信を仮定する。加えて、基地局(又はコントローラ)は、常にアンテナの同じ組を制御し、チャネルにわたる電力レベルは、時間とともに、また同じ1組のスケジューリング対象のユーザに対して変化しない。

【発明の概要】

【0009】

[0009]本明細書では、マルチセルワイヤレス送信環境において送信電力パターンを変更するための方法及び装置が開示される。一実施形態では、方法は、ワイヤレス通信システム内の基地局のための送信電力協調パターンを変更して、基地局からなる1つのクラスタ内の及びクラスタにわたる基地局にわたって1組の仮想チャネル上の基地局電力を合同で変更するステップと、送信電力協調パターンに基づいて、基地局のグループがそれぞれのクラスタ内で1つ又は複数のユーザ端末に合同で送信するステップとを含む。

【0010】

[0010]本発明は、以下で与えられる詳細な説明から、また本発明の様々な実施形態についての添付の図面からより十分に理解されるが、それらは、本発明を特定の実施形態に限定するものと解釈されるべきではなく、もっぱら説明及び理解のためのものと解釈されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】クラスタ当たり3つのサブチャネルを有するサイズが3のクラスタのレイアウト例を示す図である。

【図2】図1の構成における周波数電力割り当てを示す図である。

【図3】基地局を制御するためのプロセスの一実施形態のフロー図である。

【図4】コントローラが4つの場合の2チャネル電力 / ユーザスケジューリング割り当てパターンを示す図である。

【図5】3チャネル電力 / ユーザスケジューリング割り当てパターンを示す図である。

【図6】2つのチャネル上で電力 / スケジューリングセット割り当てパターンを示す図である。

10

20

30

40

50

【図7】コントローラが4つの場合の4チャネル電力／ユーザセット割り当てパターンを示す図である。

【図8】一連のコントローラに対する電力割り当てパターンを示す図である。

【図9】基地局の一実施形態のブロック図である。

【図10】送信電力パターンの例を示す図である。

【図11】送信電力パターンの例を示す図である。

【図12】送信電力パターンの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[0011]本発明の実施形態は、1組のコントローラ間でリソース及びユーザをシステムティックに協調させるマルチセル配備を含む。一実施形態では、各コントローラは、クラスタ又は基地局の一部である。一実施形態では、リソースの協調は、時間とともに変化する方法（例えば、時間とともに周期的に変化する方法）で起こる。特に、これらの方程式は、以下のものの使用を、すなわち、(i)各コントローラによって制御される1組の送信アンテナ、(ii)各コントローラによって制御されるアンテナに課される送信電力限界、(iii)コントローラ別のスケジューリングについて検討される1組のユーザの使用を協調させる。本発明の実施形態は、時間／周波数スロット上でコントローラ毎に各チャネルに適用される電力レベルパターンを合同で変更する。より具体的には、基地局からなる1つのクラスタ内の及び他のクラスタにわたる基地局にわたって、基地局送信電力レベルがチャネル上に割り当てられる。すなわち、1つのクラスタ内の基地局の電力は、事前に、他のクラスタ内の基地局の関連する電力と合同で選択され、送信電力レベル割り当てが、（近隣クラスタを含む）他のクラスタにおける関連する割り当てと独立することなく、1組のチャネル1、2、...、Fにわたって、すべてが合同で変更される。これは、協調しないシステムと比較して、複雑さをあまり増大させることなく、すべてのユーザについて向上したスループットと、センタユーザとエッジユーザの間のより公平な性能をもたらす。

【0013】

[0012]以下の説明では、本発明のより完全な説明を提供するために、多くの詳細が説明される。しかし、本発明がこれらの特定の詳細なしでも実施できることは、当業者には明らかであろう。他の例では、よく知られた構造及びデバイスは、本発明を曖昧にしないために、詳細にではなく、ブロック図形式で示される。

【0014】

[0013]以下の詳細な説明のいくつかの部分は、コンピュータメモリ内のデータビットに対する操作のアルゴリズム及びシンボル表現によって提示される。これらのアルゴリズムによる説明及び表現は、自分の仕事の内容を他の当業者に最も効果的に伝えるために、データ処理分野の当業者によって使用される手段である。アルゴリズムは、ここでは、また一般に、所望の結果に到達する自己矛盾のないステップの系列であると考えられる。ステップは、物理的量の物理的操作を必要とするステップである。必ずしも必要ではないが、通常は、これらの量は、保存し、転送し、組み合わせ、比較し、及び他の方法で操作することが可能な、電気的又は磁気的な信号の形態をとる。主として一般的な慣習上の理由で、これらの信号をビット、値、要素、シンボル、文字、項、又は数などと呼ぶことが便利であると分かることがある。

【0015】

[0014]しかし、これらの用語及び類似の用語のすべては、適切な物理的量に関連付けられ、これらの量に付された単に便利なラベルであるにすぎないことに留意されたい。別途具体的に述べられない限り、以下の説明から明らかなように、説明の全体において、「処理する」、又は「計算する」、又は「算定する」、又は「決定する」、又は「表示する」などの用語を利用した説明は、コンピュータシステムのレジスタ及びメモリ内の物理的（電子的）量として表現されるデータを操作及び変形して、コンピュータシステムのメモリ若しくはレジスタ内の、又は他のそのような情報記憶デバイス、伝送デバイス、若しくは

10

20

30

40

50

表示デバイス内の物理的量として同様に表現される他のデータにする、コンピュータシステム又は同様の電子的なコンピューティングデバイスのアクション及びプロセスを指すことが理解される。

【0016】

[0015]本発明は、本明細書の動作を実行するための装置にも関する。この装置は、必要とされる目的のために特別に構成することができ、又はコンピュータに保存されたコンピュータプログラムによって選択的に活動化又は再構成される汎用コンピュータを含むことができる。そのようなコンピュータプログラムは、フロッピディスク、光ディスク、CD-ROM、磁気光ディスクを含む任意のタイプのディスク、リードオンリメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、EPROM、EEPROM、磁気若しくは光カード、又は電子的命令を保存するのに適した任意のタイプの媒体などの、しかしそれらに限定されない、コンピュータ可読記憶媒体に保存することができ、各々は、コンピュータシステムバスに結合される。

【0017】

[0016]本明細書で提示されるアルゴリズム及び表示は、特定のコンピュータ又は他の装置のいずれにも、本質的に関係しない。本明細書の教示に従ったプログラムとともに、様々な汎用システムを使用することができ、又は必要とされる方法ステップを実行するためには、より専門的な装置を構成することが便利であると分かることもある。様々なこれらのシステムに必要とされる構造は、以下の説明から明らかとなる。加えて、本発明は、特定のプログラミング言語のいずれかに関連して説明されない。本明細書で説明される本発明の教示を実施するために、様々なプログラミング言語が使用できることが理解されよう。

【0018】

[0017]機械可読媒体は、機械(例えばコンピュータ)によって可読な形式で、情報を保存又は伝送するための任意の機構を含む。例えば、機械可読媒体は、リードオンリメモリ(「ROM」)、ランダムアクセスメモリ(「RAM」)、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイスなどを含む。

【0019】

概要

[0018]ワイヤレス通信システムにおいて送信電力パターンを変更するための技法が説明される。一実施形態では、方法は、ワイヤレス通信システム内の基地局のための送信電力協調パターンを変更して、基地局からなる1つのクラスタ内の及びクラスタにわたる基地局にわたって1組の仮想チャネル上の基地局送信電力を合同で変更するステップと、合同で変更された送信電力協調パターンに基づいて、基地局のグループがそれぞれのクラスタ内で1つ又は複数のユーザ端末に合同で送信するステップとを含む。このようにして、1つのクラスタ内の基地局の送信電力は、他のクラスタの基地局の関連する送信電力とともに合同で選択され、1組の仮想チャネルにわたって、すべてが合同で変更される。仮想チャネルは、周波数サブバンド、時間-周波数スロット、又は例えば拡散符号などの他の送信リソースとすることができます。

【0020】

[0019]一実施形態では、第1の複数のクラスタ間で送信電力協調パターンを変更するステップは、1つのクラスタ内の少なくとも2つの基地局の送信電力が仮想チャネルの少なくとも1つについて異なることを保証する方法で、基地局からなる各クラスタに送信電力パターンを割り当てるサブステップを含む。別の実施形態では、送信電力協調パターンは、隣接クラスタのエッジにある基地局が、少なくとも1つの仮想チャネル上において異なる電力レベルで送信するように割り当てられる。また別の実施形態では、送信電力協調パターンは、すべてのクラスタ又はクラスタのグループに対して中央に配置された基地局(又は近隣基地局のすべてがその基地局と同じクラスタに属する任意の基地局)に、同じ電力レベルで送信させるように割り当てられる。したがって、送信電力割り当てパターンは、異なるチャネルにわたって変更される。

【0021】

10

20

30

40

50

[0020]一例として、システムが12個の基地局を有し、12個の基地局は1～12の基地局IDによって識別され、4つのクラスタに分類され、2つの周波数 f_1 及び f_2 を使用すると仮定する。また1次元基地局レイアウト表現を仮定すると、 $k = 2, \dots, 11$ の場合、IDが k の局は、左隣にIDが $k-1$ の基地局を有し、右隣に基地局 $k+1$ を有する。また循環モデルを仮定すると、基地局12は基地局1の左隣である。一実施形態では、基地局クラスタと、4つの隣接クラスタ内の基地局に対する、2つの周波数における、割り当て電力レベルの各々は、以下のようにすることができる。

【数1】

	[1, 2, 3]	[4, 5, 6]	[7, 8, 9]	[10, 11, 12]	10
f_1	H H''H	L H' L	H H''H	L H' L	
f_2	L H' L	H H''H	L H' L	H H''H	

したがって、上の例に示されるように、各クラスタについて異なる各周波数帯域内で送信するための電力レベルは、各基地局の異なる周波数における送信電力がどれも同じにならない、非一様な方法で割り当てられる。

【0022】

[0021]これらの技法の1つの利点は、スケジューリング対象のユーザの組と、可能性として、各コントローラによって制御されるアンテナサイトと一緒に、異なるチャネルにわたって送信電力割り当てパターンを考慮深く合同で変更することによって（これらの電力パターンの選択はオフライン最適化を介して最適化される）、（非実用的な）完全に協調したマルチユーザMIMOシステムの性能利益の多くを有する、スケーラブルなマルチユーザMIMO配備を獲得できることである。そのような電力／ユーザセット／アンテナサイトセット割り当てパターンを有する良好な組は、オフラインで事前に生成（又は定期的に再生成）することができ、基地局コントローラにおいてルックアップテーブルに保存することができる。一実施形態では、これらのユーザの組は、（必ずではないが）任意の与えられたチャネル上ではコントローラ毎に互いに素であるが、チャネル毎に合同で変更することができる。加えて、異なるコントローラに割り当てられる送信電力レベルも、チャネル毎にシステムティックに合同で変更される。さらに、単一のコントローラによって制御されるアンテナ（及びこれらのアンテナに個別に又はグループで割り当てられる送信電力）も、時間に応じて及び／又は周波数帯域に応じて変更することができる。

【0023】

クラスタ及び電力割り当て

[0022]本明細書で説明するように、基地局（又は送信アンテナ）は、クラスタにグループ化され、送信電力が異なるクラスタに対して合同で変更される協調した方式で、クラスタ内の基地局が動作するように、各クラスタには、周波数、チャネル、又はサブバンド毎に電力レベルが割り当てられる。

【0024】

[0023]図1は、サイズ $C = 3$ の協調クラスタを有するレイアウトを示している。説明のために便利なように、基地局が列挙されている。簡潔にするため、「クラスタ1」= {1, 2, 3}、「クラスタ2」= {4, 5, 6}、「クラスタ3」= {7, 8, 9}のクラスタだけが、明示的に示されている。システムは、3つより多くの又は少ない（一般にははるかに多くの）クラスタを有することができることに留意されたい。

【0025】

[0024]一実施形態では、クラスタ内のすべての基地局は、完全に協調する。すなわち、基地局のアンテナは、 $C N_T$ 個のアンテナを有する単一のMIMO送信機として効果的に動作し、基地局毎の合計電力制約を受ける。これは、実際には、各クラスタ内の基地局をクラスタコントローラ（プロセッサ）に接続することによって実施することができ、クラ

10

20

30

40

50

スタコントローラ（プロセッサ）は、新しい各時間フレームにおいて、クラスタ内のすべてのユーザ端末からすべてのチャネル状態情報測定を収集し、ダウンリンクにおいて同時にサービスされる1組のユーザと、対応するビーム形成ベクトル、電力割り当て、及びユーザ符号語とをスケジュールする。クラスタ合同処理は、各クラスタコントローラ（プロセッサ）当たり、限られた数の基地局しか含まないことに留意されたい。このようにして、非常に広いエリアにわたるカバーレージを提供するために多数の基地局が使用される極限においてさえも（ $N_{b,s}$ ）、システムの複雑さは抑制される。

【0026】

[0025]図2のチャートは、クラスタの割り当てと、周波数サブチャネルに対する基地局電力割り当て係数（本明細書の目的では「電力マスク（power mask）」と呼ばれる）とを示している。この例では、ダウンリンクシステム帯域幅の全体が、3つの異なるクラスタリングレイアウトに対応する、3つのサブバンドに分割される。図1に示されるように、基地局1、2、3は、高い電力レベル（）では周波数 $f = 1$ の信号を送信し、中間のレベルの電力（）では周波数 $f = 2$ の信号を送信し、低い電力レベル（）では周波数 $f = 3$ の信号を送信する。また、基地局4、5、6は、中間の電力レベル（）では周波数 $f = 3$ の信号を送信し、高い電力レベル（）では周波数 $f = 2$ の信号を送信し、低い電力レベル（）では周波数 $f = 1$ の信号を送信し、基地局7、8、9は、高い電力レベル（）では周波数 $f = 3$ の信号を送信し、中間の電力レベル（）では周波数 $f = 1$ の信号を送信し、低い電力レベル（）では周波数 $f = 2$ の信号を送信する。

【0027】

[0026]一実施形態では、図1の基本レイアウトをシフトすることによって、重なり合った又はもつれ合った協調構造が獲得される。各シフトは、サブバンドに割り当てられる。この例では、シフトベクトルは、基準「クラスタ1」 = {1, 2, 3}内のセル1を（3つのシフトの1つによって）同じクラスタのセル1、2、3に移動することができるよう選択される。一実施形態では、3つの重なり合うクラスタ構成は、 $N_{b,s}^3$ 内の3つの格子ベクトル（lattice vector）「シフト0」 = 0、「シフト1」 = $x_{b,s}(2) - x_{b,s}(1)$ 、及び「シフト2」 = $x_{b,s}(3) - x_{b,s}(1)$ によって、図1の構成をシフトすることによって獲得される。例えば、「シフト1」構成のクラスタ1は、{2, 4, 7}であり、「シフト2」構成のクラスタ1は、{3, 4, 5}である。一実施形態では、基準構成（「シフト0」）のクラスタの境界の（トーラストポロジを法とする）剛性移動（rigid translation）によって、他のすべてのクラスタも同様に定義される。

【0028】

[0027]図2に示されるように、各クラスタ構成は、サブバンドに関連付けられる。したがって、 $s = 0, 1, 2$ として、「シフト s 」によって表されるサブバンド上で送信されるすべての信号は、シフト s に対応するクラスタ構成に従ってクラスタ化される基地局が、合同で協調させる。そのような方式を実施するため、任意の1組の隣接する3つの基地局は、クラスタプロセッサに接続される必要がある。しかし、各コントローラ（プロセッサ）は、一度に3つの基地局だけを合同で扱う。したがって、一実施形態では、合同送信方式に必要な高速の相互接続は、ローカルリンクのみを含む。

【0029】

[0028]図2では、各クラスタサブバンドは、（この例では3つの）サブチャネルにさらに分割される。Fが、サブチャネルの総数を表すとし、Pが、すべての電力マスク係数を含む、次元が $F \times N_{b,s}$ の非負配列を表すとする。例えば、図2は、F = 9で、サイズが3のクラスタの例を動作させるためのPを（定性的に）示している。各基地局が、最大で公称値1の電力レベルで送信することができ、 $P_{b,f}$ が、基地局 b 及び周波数サブチャネル f の電力マスク係数を表すとして、基地局毎の合計電力制約が、

10

20

30

40

【数2】

$$\frac{1}{F} \sum_{f=1}^F p_{b,f} \leq 1$$

であることを課すと仮定する。クラスタの対称性が与えられた場合、一実施形態では、電力マスクは対称的である。この例では、係数 、 、 が、P の各列において繰り返される。一般に、P のすべての要素が、厳格に正である場合、各クラスタは、システムの全帯域幅を利用する（完全周波数再利用）。一実施形態では、係数は、 0 となるように選択される。

10

【0030】

[0029] サイズ C = 3 のクラスタと、電力割り当てを含む上記の例は、六角形格子の規則的なタイル張りを形成する任意のサイズ C のクラスタと、任意の数のシフトに一般化することができる。ここでの目的では、1つのクラスタ構成のみを使用するシステムは、「シフトなし」と呼ばれる。本明細書では、あるセルを基本クラスタの C 個のセルに移動する C 個すべての可能なシフトベクトルに対応する C 個のクラスタを使用するシステムは、「完全シフト」と呼ばれ、 $1 < C' < C$ として、C' 個のシフトを用いるシステムは、「部分シフト」と呼ばれる。図 1 及び図 2 の例において示される方式は、C = 3 の完全シフトである。

20

【0031】

[0030] 図 3 は、通信システムにおいて送信電力を変更するためのプロセスの一実施形態のフロー図である。プロセスは、ハードウェア（例えば、専用ロジック、回路など）、（汎用コンピュータシステム若しくは専用マシンなどで作動する）ソフトウェア、又は両方の組み合わせを含むことができる処理ロジックによって実行される。

【0032】

[0031] 図 3 を参照すると、プロセスは、処理ロジックが、単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する隣接基地局からなる第 1 のクラスタによって使用される 1 組のチャネルを、サブチャネルに分割することによって開始する（処理ブロック 301）。一実施形態では、チャネルは、周波数サブバンドに分割される。

30

【0033】

[0032] サブバンドに分割した後、処理ロジックは、サブチャネル上で送信するための電力を、非一様なパターンで、第 1 のクラスタ内の各基地局に、第 1 のクラスタ内で及び他のクラスタにわたって合同で割り当てる（処理ブロック 302）。一実施形態では、送信するための電力を割り当てるステップは、少なくとも 2 つのサブチャネルにおいて、第 1 のクラスタの基地局間で非一様な方法で各サブチャネル上において異なる電力レベルで送信するように、第 1 のクラスタ内の各基地局を設定するサブステップを含む。

【0034】

[0033] その後、処理ロジックは、第 1 のクラスタ内の基地局のために送信をスケジュールし（処理ブロック 303）、各サブチャネル上でワイヤレス信号を送信することを含む、第 1 のクラスタ内の基地局から 1 つ又は複数のユーザ端末への合同送信を生じさせ、それによって、各基地局及び各クラスタにおける送信電力は、電力協調パターンの事前割り当て電力レベルに従う（処理ブロック 304）。

40

【0035】

[0034] 一実施形態では、プロセスは、各々が単一の分散マルチアンテナ送信機として一緒に動作する多くの基地局を異なるクラスタにシフトするステップと、クラスタ内の少なくとも 2 つの基地局がサブチャネルの少なくとも 1 つについて異なる送信電力レベルを有することを保証する方法で、送信電力協調パターンを異なるクラスタの各々に再割り当てるステップとをさらに含む。

【0036】

[0035] 送信電力レベルパターンは、各チャネル上で、システムティックな方法で、送信

50

電力変化を生じさせる。特に、与えられたクラスタ内に任意の与えられたチャネル上において、そのクラスタ内の及び近接性が一定のレベル内にあるすべてのクラスタにわたる関連する送信電力レベルは、スケジューリング / MIMO 送信アルゴリズムによって選択された、そのクラスタ内のあるユーザに有利に働く結果を暗黙的にもたらす。クラスタ配備全体にわたる電力割り当てパターンは、各ユーザの信号対干渉及び雑音比 (SINR) に影響を及ぼすことによって、これを達成する。与えられたチャネルにおいてユーザにサービスするコントローラにおける送信電力は、任意の与えられたユーザによって受信される大規模な信号レベルに影響を及ぼすが、近隣アンテナを制御するコントローラにおける関連する送信電力は、このユーザに対する干渉信号を生じさせ、そのユーザによって経験される大規模な集約干渉レベルを決定付ける。マルチセル配備にわたって一斉に適用される 10 1組の電力レベルパターンを適切に（例えばオフライン最適化を介して）選択することによって、また例えば、周波数 / 時間スロットに応じて、1組の電力レベルパターンを周期的に繰り返すことによって、センタユーザとエッジユーザの間のスループットの乖離をより小さくしながら、高い合計レート配備を獲得することができる。

【0037】

[0036]一実施形態では、技法は、実施の複雑さ、スケーラビリティ、及び性能の間のバランスをとるように試みる。パターンが適切に設計された場合、異なるコントローラによる異なるチャネル上でのスケジューリングに対して、ユーザの異なる（及びおそらくはまったく別個の）サブセットが有利になる。結果として、任意の与えられたチャネル内において各コントローラが作用するスケジューリングセットのサイズを制限することによって、各コントローラによって実行されるスケジューラ / MIMO アルゴリズムの複雑さを、（その性能を著しく損なうことなく）さらに低減させることができる。加えて、異なるチャネル内において各ユーザが経験している SINR レベルに電力マスクが「バイアスをかける」ので、チャネルの小さなサブセット上でのみ、各ユーザはスケジューリングにおいて有利となる（スケジューリングについて検討されればよい）。あるチャネル内におけるスケジューリングについてユーザを検討するために、チャネル状態情報が必要とされることがある場合、そのような電力マスク変更は、かなりのシステム性能の悪化を招くことなく、システムのチャネルトレーニングオーバヘッドを低減させることも潜在的に可能である。 20

【0038】

[0037]本発明の実施形態は、マルチセル環境の下リンク (forward link) における合同スケジューリング及び物理層送信のための方法を含む。一実施形態では、複数のコントローラが存在し、各々は、1組の送信アンテナからの送信を制御し、1組の送信アンテナは、1つのサイト又は複数のサイトに存在することができる。一実施形態では、広帯域マルチユーザ送信は、符号化多入力多出力 (MIMO) / 直交周波数分割多重化 (OFDM) を使用して達成される。合同スケジューリング / MIMO 送信は、チャネルと見なされる、OFDM 送信における時間 - 周波数スロットのグループ上で実行される。MIMO 送信技術は、シングルユーザ MIMO 又はマルチユーザ MIMO とすることができる。 30

【0039】

[0038]一実施形態によれば、時間 - 周波数スロット（スロットは与えられた OFDM ブロック上の単一の OFDM トーンに対応する）は、チャネル上に（おそらくはグループとして）マッピングされる。各チャネル上で、各コントローラには、1組の送信アンテナサイト、与えられた送信電力限界、及びそのスケジューリング / MIMO 送信アルゴリズムにおいて検討するユーザ端末のサブセットが割り当てられる。一実施形態では、各コントローラは、クラスタ内に存在する1つ又は複数の基地局を制御する。コントローラは、基地局内に存在すること、別個のユニットであること、又は複数の基地局にわたって分散することができる。 40

【0040】

[0039]本明細書で説明される本発明の実施形態のための構築ブロックは、以下の通りで 50

ある。(a) サイトあたり 1 つ又は複数のアンテナを有する 1 組の送信アンテナサイト、(b) 1 組のコントローラ(例えば、1 つ又は複数のクラスタ内の基地局)、(c) 1 組の仮想チャネル、及び時間的に変化する方法による、これらの仮想チャネルへの物理(時間/周波数)チャネルのマッピング、(d) アンテナ対コントローラの 1 組のマッピング、1 つのマッピングは各仮想チャネルに関連付けられる、(e) 1 組のコントローラに割り当てる 1 組の送信電力レベルパターン、コントローラにわたる 1 つのパターンは各仮想チャネルに関連付けられる、(f) スケジューリングのためのコントローラへのユーザの 1 組の分配、1 つのユーザ-コントローラ分配は各仮想チャネルに関連付けられる、(g) 合同スケジューリング/MIMO 送信アルゴリズム。一実施形態では、MIMO 送信アルゴリズムは、マルチユーザ MIMO プリコーディングアルゴリズム(例えば、ブロックゼロ強制プリコーダ)である。別の実施形態では、MIMO 送信アルゴリズムは、シングルユーザ MIMO アルゴリズムである。ユーザ選択アルゴリズムは、比例公平性又は他の任意の基準に基づくことができる。任意の与えられたチャネル内で、合同スケジューリング/MIMO 送信アルゴリズムは、与えられたスケジューリング基準に関して、各コントローラ上で(分配マップによって指定される 1 組のユーザ上で)別個に動作する。10

【0041】

2 ステージ動作

[0040]一実施形態では、基地局協調パターン及び送信電力マスクの変更は、2 ステージ動作として実施される。以下の 2 ステージ動作は、コントローラに関して説明される。これらのコントローラは、1 つ又は複数のアンテナを制御する基地局の一部とすることができる。20

【0042】

[0041]ステージ 1 において、ステージ 2 で各コントローラによって使用される 1 組のパラメータが生成される。これらのパラメータは、(仮想)チャネルの番号 1、2、. . . 、F によってインデックス付けされるルックアップテーブルに保存される。インデックスが f のチャネルエントリが与えられると、ルックアップテーブルは、各コントローラによって使用される、合同スケジューリング/MIMO 送信のためのパラメータを提供する。一実施形態では、ルックアップテーブルがひとたび生成されると、それがコントローラにプッシュされる。一実施形態では、ルックアップテーブル全体を各コントローラにプッシュすることができるが、そのコントローラの動作に關係するパラメータのサブセットだけが、各コントローラにプッシュされる。ステージ 1 は、例えば、オフライン最適化、又はより一般に、ステージ 2 におけるスケジューリング/送信動作よりも通常はかなり長い時間スケールで実行される最適化など、1 回限りの計算とすることができる。30

【0043】

[0042]ステージ 2 は、各コントローラによって実行される合同スケジューリング/送信動作に対応する。一実施形態では、1 組のコントローラが、この動作を並列に実行する。各物理チャネル内で、各コントローラは最初に、ルックアップテーブル内でコントローラが対応する実際の「仮想チャネル」を識別し、ルックアップテーブルから対応するパラメータをフェッチする。一実施形態では、これらのパラメータは、(i) このチャネル内でコントローラがそれから送信する 1 組の送信アンテナ及びサイト、(ii) このチャネルについてコントローラに課される送信電力制約、(iii) コントローラの合同スケジューリング/MIMO 送信アルゴリズムによってスケジューリングについて検討される必要がある 1 組のユーザを含む。40

【0044】

[0043]一実施形態では、各ユーザのための(例えば、スケジューリングアルゴリズムにおけるユーザ重みの更新バージョンを含む)リアルタイムスケジューリングパラメータの 1 つ又は複数のリポジトリが存在する。与えられたチャネル内におけるスケジューリングのためにコントローラが検討するすべてのユーザについての関連する重み/パラメータをコントローラが入手できることを保証するために、必要な場合は、各コントローラはリポジトリにアクセスする。その結果、合同スケジューリング/送信アルゴリズムが実施され50

、ユーザのサブセットが選択されて、サービスされ、サービス対象セット内のすべてのユーザの重みを更新するための情報が、リポジトリにプッシュされる。一実施形態では、更新は、各コントローラにおいてローカルに起こり、その場合、コントローラのユーザスケジューリングセットのための更新された重み／パラメータが、関連するリポジトリにプッシュされる。別の実施形態では、サービスされたユーザ及びそれらのレートを要約したパラメータの組を、リポジトリにプッシュバックすることができ、更新される重み／パラメータが計算され、保存される。

【0045】

[0044]以下の代表的な高水準コードは、ステージ2において1例のコントローラ上で実行される動作の論理セットを示している。

10

1) (ステージ1において生成された)スケジューリング／送信パラメータルックアップテーブルのコントローラのセクションを獲得する。

2) $k = 1, \dots, K$ として、各物理チャネル k に対して以下を実行する。

a. (ルックアップテーブルを介して、又は決定論的な方法で)物理チャネル k を仮想チャネルに関連付ける。 $f = f(k)$ がこの仮想チャネルの関連インデックスを表すとする。

b. (論理ステップ1で獲得された)ルックアップテーブルからチャネルインデックス f に関連付けられたエントリをフェッチする。

c. ルックアップテーブルエントリ内に列挙されたスケジューリングセット内のすべてのユーザのためのリアルタイムスケジューリングパラメータをリポジトリに要求する。(この列挙は暗黙的とすることができる、例えば、公称SINRが与えられた範囲内にあるユーザなど、ルックアップテーブルエントリはユーザの組を間接的に表すことができる)。

20

d. リポジトリからのリアルタイムスケジューリングパラメータを使用して、このユーザの組に対して合同スケジューリング／送信アルゴリズムを実行する。1組のアンテナから、チャネルインデックス f を有するルックアップテーブルエントリによって表される送信電力を用いて、送信が実行される。

e. スケジューリングについて検討されたユーザの組のリアルタイムスケジューリングパラメータを更新するのに必要とされる情報を、リポジトリにプッシュする。

【0046】

[0045]概略的なステップ2dでは、すなわち、合同スケジューリング／送信アルゴリズムは、あらゆるチャネル上で実行されるが、上記の動作2c及び2eは、合同スケジューリングアルゴリズムを1回使用するたびに生じる必要はない。

30

【0047】

マッピングテーブルの例

[0046]以下で説明される表は、コントローラにどのように送信アンテナサイト、送信電力、及びスケジューリング対象のユーザの組を割り当てるかを示す、マッピングの代表的な例を提供している。例のすべてにおいて、時間 - 周波数スロットのグループが、周期的に時間変化する方式で、1組の「チャネル」にマッピングされると仮定される。その場合、そのような各チャネルにおける、このチャネル(時間 - 周波数スロットのグループ)上で各コントローラによって使用される送信電力レベル、各コントローラによって制御されるアンテナサイト、コントローラが各場合にスケジュールするサブセットを各コントローラがそれから選択するユーザのサブセットを決定するために、各例において提供されるマッピングが使用されると仮定される。具体的には、各チャネル内で、マッピングは、与えられたコントローラによってどのアンテナが制御されるか、信号送信のためにそのコントローラに利用可能な総電力、合同スケジューリング - 送信アルゴリズムが実施されるユーザのサブセットを列挙する。

40

【0048】

[0047]説明を簡潔にするため、1次元配備の例が使用され、有限の数のアンテナサイトが、循環する線分にわたって一様に配置され、すなわち、線分の左端は、線分の右端と同一点であると見なされる。M個のアンテナサイトが、 S_0, S_1, \dots, S_{M-1} とし

50

て列挙される。「 i 」が0又は $M - 1$ に等しい場合を除いて、 S_i の左隣及び右隣のアンテナサイトは、それぞれ S_{i-1} 及び S_{i+1} である。具体的には、構成の循環性のため、 S_0 の左隣及び右隣は、それぞれ S_M 及び S_1 であり、 S_{M-1} の左隣及び右隣は、それぞれ S_{M-2} 及び S_0 である。

【0049】

[0048]任意の与えられたチャネル内では、原理的に、スケジューリングのためにどのコントローラにも割り当てられないユーザが存在する場合、性能上の損失が生じる。しかし、任意の与えられたコントローラ上でより小さな組のユーザの合同スケジューリング/MIMO送信は、複雑さ及び必要とされるチャネル状態情報のオーバヘッドの著しい低減をもたらすことができる。これは、MU-MIMOが、利用されるMIMO送信方式である場合に特に当てはまる。さらに、チャネル及び空間（又は信号対干渉レベル）上でスケジューリング対象のユーザの組を慎重に制限することによって、またチャネル及びコントローラ上で送信電力レベルパターンを慎重に選択することによって、協調及びスケジューリング/MIMO送信アルゴリズムにおいて、はるかに低い複雑さオーバヘッドを有する、高性能のシステムを設計することができる。

【0050】

コントローラ当たり1つのアンテナサイト

[0049]図4は、4つのアンテナサイト（ S_0, \dots, S_3 ）の各々を制御する4つのコントローラ（ C_0, \dots, C_3 ）についての、2チャネル電力/ユーザスケジューリング割り当てパターンを示している。図4を参照すると、 U_i は、アンテナサイト S_i に「関連付け」られたすべてのユーザを表す。簡潔にするため、この関連付けは、距離ベース（すなわち経路損失ベース）であると仮定する。より一般的には、この関連付けは、大規模な信号対干渉及び雑音電力比（SINR）に基づくことができる。 U_i の2つのサブセットが、すなわち、ユーザの組 $U_{i,c}$ 及び $U_{i,E}$ が存在する。組 $U_{i,c}$ は、 S_i に十分に近い（したがって本明細書では「センタユーザ」と呼ばれる）ユーザのサブセットに対応し、組 $U_{i,E}$ は、 S_i から十分に遠い（したがって本明細書では「エッジユーザ」と呼ばれる）ユーザのサブセットに対応する。（図では、これらの2つの組は重なり合わずに示されているが） $U_{i,c}$ 及び $U_{i,E}$ は、重なり合う組とすることができることに留意されたい。1つの究極においては、 $U_{i,E}$ は、例えば、組 U_i の全体に対応することができる。一般に、「センタ」ユーザと「エッジ」ユーザの分割は、距離に基づかず、むしろ公称の大規模なSINRレベルに基づくことができるにも留意されたい。1つのそのような戦略によれば、すべてのサイトに共通する公称送信電力が与えられた場合、 U_i 内のどのユーザも、平均公称大規模SINRがある閾値を超えた場合には、サイトのセンタグループに含まれ、公称SINRレベルがある閾値を下回る場合には、エッジグループに含まれる。

【0051】

[0050]偶数（奇数）セル/コントローラの $U_{i,E}$ 内のユーザは、チャネル1（チャネル2）でサービスされ、 $U_{i,c}$ 内のユーザは、他方のチャネルでサービスされる。 $U_{i,c}$ と $U_{i,E}$ は、互いに素でもよく、又は互いに素でなくてもよいことに留意されたい。例えば、 $U_{i,E} = U_i$ であるが、 $U_{i,c} \subset U_i$ である場合、エッジユーザは、両方のチャネル上でスケジュールすることができる、センタユーザは、関連するコントローラ送信電力が低い場合にのみ、スケジュールすることができる。代替として、 $U_{i,c} = U_i$ であるが、 $U_{i,E} \subset U_i$ である場合、センタユーザは、両方のチャネル上でスケジュールすることができ、エッジユーザは、関連するコントローラ送信電力が高い場合にのみ、スケジュールすることができる。

【0052】

[0051]表1は、図4の例のための1例のルックアップテーブルの説明を含んでいる。ルックアップテーブルは、2つのチャネル上におけるコントローラにわたる送信アンテナ/送信電力/ユーザセット合同パターン割り当ての説明を提供する。一実施形態では、チャネルは、同じOFDMブロック上の異なるOFDMトーン、又は異なるOFDMブロック

10

20

30

40

50

の同じトーンに対応する。送信電力 P_L 及び P_H は、センタユーザとエッジユーザに対するレート割り当てを最適化するように選択され、総電力制約 P に従う、すなわち、 $(P_L + P_H) / 2 = P$ である、適切に事前選択された電力レベルに対応する。エッジユーザに提供されるレートを改善するには、 P_L 及び P_H は、エッジユーザがサービスされるスロット（チャネル）の間、エッジユーザの公称 SINR レベルが好ましく（すなわち十分に大きく）なるように選択されなければならないことに留意されたい。それらのチャネルでは、エッジユーザの信号電力は、 P_H を増大させることによって高めることができ、干渉電力は、 P_L を減少させることによって低減することができるので、 $P_H = P_L = P$ の場合のエッジスループットを改善するために、 $P_H > P_L$ とする。結果として、任意の与えられたチャネル上では、スケジューリングについて検討されるすべてのエッジユーザに高い電力レベルが割り当てられ、エッジユーザに最も近い干渉サイトは、低い電力で送信する。この不均衡な電力割り当ての試みは、送信のためにすべての基地局によって等しい送信電力が使用される場合に存在する、センタユーザとエッジユーザの間の大きな公称 SINR レベルの差を釣り合わせることによって、システム全体の公平性を改善する。

【0053】

[0052]一実施形態では、最適化された (P_H, P_L) ペアは、オフライン最適化を介して決定される。 P_H 及び P_L は、それぞれエッジユーザ及びセンタユーザに任意の与えられたコントローラの基地局が任意の与えられたチャネル上で送信するために許容される最大送信電力である。スケジュールされるユーザの間へのその電力の割り当ては、適切なスケジューリングアルゴリズムに委ねられる。

【表1】

表1：2つのチャネル及び4つのコントローラ上での送信アンテナ／送信電力／ユーザセット合同パターン割り当ての例

		コントローラ0	コントローラ1	コントローラ2	コントローラ3
チャネル1	送信アンテナ	S_0	S_1	S_2	S_3
	送信電力	P_H	P_L	P_H	P_L
	ユーザセット	$U_{0,E}$	$U_{1,C}$	$U_{2,E}$	$U_{3,C}$
チャネル2	送信アンテナ	S_0	S_1	S_2	S_3
	送信電力	P_L	P_H	P_L	P_H
	ユーザセット	$U_{0,C}$	$U_{1,E}$	$U_{2,C}$	$U_{3,E}$

【0054】

[0053]上記の割り当てが、 $F > 2$ として、 F 個のチャネルが利用される場合に容易に一般化されることは、当業者には容易に明白である。特に、 P_1, P_2, \dots, P_F が、 $P_i < P_{i+1}$ で、 $(1/F) \cdot P_f = P$ である、電力レベルを表すとする。 $\{U_{i,1}, U_{i,2}, \dots, U_{i,F}\}$ が、それらの結びが U_i である、集合 U_i の部分集合を表すとする。さらに、部分集合 $U_{i,1}$ 及び $U_{i,F}$ が、セルの「センタ」及び「エッジ」にいるユーザを表すと仮定し、 f が $f = 1$ から $f = F$ に増加するにつれて、アンテナサイト S_i から次第に遠ざかるユーザを含む部分集合 $U_{i,f}$ が生成されると仮定する。その場合、表2は、先の2チャネルの例を一般化した F チャネルバージョンを示している。やはり、電力割り当ての組 $\{P_i\}$ は、オフライン最適化を介して決定される。

【表2】

表2：表1に示された例の F チャネル ($F > 2$) への一般化

		コントローラ0	コントローラ1	コントローラ2	コントローラ3
チャネル $f \leq 1 \leq F$	送信アンテナ	S_0	S_1	S_2	S_3
	送信電力	P_{F+1-f}	P_f	P_{F+1-f}	P_f
	ユーザセット	$U_{0,F+1-f}$	$U_{1,f}$	$U_{2,F+1-f}$	$U_{3,f}$

【0055】

10

20

30

40

50

コントローラ当たり 2 つ (以上) のアンテナサイト

[0054] 以下の 3 つの代表的な例は、8 個の送信アンテナと 4 個のコントローラを有する循環線形配列を含むワイヤレスシステムに関する。これらのケースでは、単一のコントローラが、複数の (このケースでは 2 つの) アンテナサイトにおいてアンテナを制御する。元の例と同様に、 $U_{i,c}$ は、 U_i 内のユーザの内 S_i に最も近いユーザのサブセットを表す。しかし、このケースでは、「エッジ」ユーザの組は、2 つの組に、すなわち、 $U_{i,L}$ 及び $U_{i,R}$ (それぞれ「左」エッジグループ及び「右」エッジグループ) に分割される。やはり、グループはそれらの距離及び S_i に対する相対位置関係に関して分割されたが、より関連性のある大規模な信号対干渉レベルをユーザ分配のために使用できることに留意されたい。例えば、ユーザは、右 (「左」) 近隣送信アンテナサイトからのその公称集約干渉レベルが一定の閾値を超えた場合、コントローラによって、「右」 (「左」) エッジグループに含めることができる。ユーザを複数のグループに含めることができることにも留意されたい。10

【0056】

[0055] 図 5 に示されるこれらのケースの第 1 の例は、どのコントローラによって制御されるアンテナサイトもチャネルに応じて変化しないパターンについて考察し、これは図 4 の例の自然な拡張である。すなわち、図 5 は、表 2 に関する、3 つのチャネル電力 / ユーザスケジューリング割り当てパターンを示している。図 5 を参照すると、4 つのコントローラ (C_0, \dots, C_3) が存在し、各々が、2 つのアンテナサイトを制御する (コントローラ C_3 と、それが制御するサイト S_6 及び S_7 は図に示されていない)。3 つの電力レベル P_1, P_2, P_3 が存在する。「センタ」ユーザの組 ($U_{i,c}$) と、「左エッジ」ユーザの組 ($U_{i,L}$) と、「右エッジ」ユーザの組 ($U_{i,R}$) の、ユーザの 3 つの組が、アンテナサイト S_i に関連付けられたユーザの組 U_i から生成される。すべての「センタ」ユーザは、チャネル 3 内にスケジュールされる。そのチャネルでは、すべてのコントローラに同じ送信電力 (P_3) が割り当てられる。チャネル 1 及びチャネル 2 は、エッジセット内のユーザにサービスする。これらのチャネルでは、コントローラ送信電力割り当ては、「奇数」コントローラが電力 P_1 (P_2) を使用する場合、偶数コントローラが電力 P_2 (P_1) を使用するように、 P_1 と P_2 の間で変更される ($P_1 > P_2$ とする)。また、コントローラは、電力 P_1 (P_2) で送信する場合、その 2 セルクラスタの「エッジ」 (「センタ」) にいるエッジセットのユーザにサービスする。20

【0057】

[0056] 表 3 は、1 例の 3 チャネル送信サイト / 送信電力 / ユーザセットパターン割り当てを提供する。電力は、($P_1 > P_2$) として、 $(P_1 + P_2 + P_3) / 3 = P$ を満たし、一般に、オフラインで決定される。30

【表 3】

表 3 : 2 つのアンテナサイトを各コントローラが制御する、3 つのチャネル及び 4 つのコントローラ上での送信アンテナ / 送信電力 / ユーザセット合同パターン割り当ての例

		コントローラ 0	コントローラ 1	コントローラ 2	コントローラ 3
チャネル 1	送信アンテナ	S_0, S_1	S_2, S_3	S_4, S_5	S_6, S_7
	送信電力	P_2	P_1	P_2	P_1
	ユーザの組	$U_{0,C}, U_{1,C}$	$U_{2,L}, U_{3,R}$	$U_{4,C}, U_{5,C}$	$U_{6,L}, U_{7,R}$
チャネル 2	送信アンテナ	S_0, S_1	S_2, S_3	S_4, S_5	S_6, S_7
	送信電力	P_1	P_2	P_1	P_2
	ユーザの組	$U_{0,1}, U_{1,R}$	$U_{2,C}, U_{3,C}$	$U_{4,L}, U_{5,R}$	$U_{6,C}, U_{7,C}$
チャネル 3	送信アンテナ	S_0, S_1	S_2, S_3	S_4, S_5	S_6, S_7
	送信電力	P_3	P_3	P_3	P_3
	ユーザの組	$U_{0,R}, U_{1,L}$	$U_{2,R}, U_{3,L}$	$U_{4,R}, U_{5,L}$	$U_{6,R}, U_{7,L}$

【0058】

[0057] 次の 2 つの表は、各コントローラによって制御されるアンテナサイトがチャネル50

に応じて変化する（代替として時間に応じて変化してもよい）、2つの例を考察している。図6に示される第1の例では、各コントローラに割り当てる送信電力は、チャネル毎に変化しない。図6を参照すると、4つのコントローラ（C0、...、C3）の各々は、各チャネル内において2つのアンテナサイトを制御する。コントローラによって制御されるアンテナサイトは、2つのチャネルの間で変化する。送信電力は、チャネル毎に変化しない。アンテナサイト S_i に関連付けられるユーザの組 U_i は、センタユーザ（ U_i, c ）とエッジユーザ（ U_i, E ）に分割され、「エッジ」ユーザは、2つの組、 U_i, L と U_i, R （それぞれ「左」エッジグループ及び「右」エッジグループ）にさらに分割される。アンテナサイトが配置される線分は循環する。しかし、あるユーザは、チャネルの1つの上でのみ（あるコントローラによって）スケジューリングについて検討することができ、他のユーザは、複数のチャネルの上でスケジューリングについて検討することができる。これは、表4に示される例におけるセンタユーザ（アンテナサイトに最も近いユーザ）の場合である。この例では、センタユーザは、2つのチャネル上でスケジュールすることができるが、エッジユーザは常に、1つのチャネル上でスケジュールされる。しかし、スケジュールされるエッジユーザは、近隣アンテナサイトの両方がそれらのコントローラによって制御される場合に、スケジューリングについて検討されることに留意されたい。10

【表4】

表4：使用されるチャネルに応じて変更できる2つのアンテナサイトを各コントローラが制御する、2つのチャネル及び4つのコントローラ上での送信アンテナ／送信電力／ユーザセット合同パターン割り当ての例

		コントローラ 0	コントローラ 1	コントローラ 2	コントローラ 3
チャネル1	送信アンテナ	S_0, S_1	S_2, S_3	S_4, S_5	S_6, S_7
	送信電力	P	P	P	P
	ユーザセット	$U_{0,C}, U_{0,R}, U_{1,L}, U_{1,C}$	$U_{2,C}, U_{2,R}, U_{3,L}, U_{3,C}$	$U_{4,C}, U_{4,R}, U_{5,L}, U_{5,C}$	$U_{6,C}, U_{6,R}, U_{7,L}, U_{7,C}$
チャネル2	送信アンテナ	S_1, S_2	S_3, S_4	S_5, S_6	S_7, S_0
	送信電力	P	P	P	P
	ユーザセット	$U_{1,C}, U_{1,R}, U_{2,L}, U_{2,C}$	$U_{3,C}, U_{3,R}, U_{4,L}, U_{4,C}$	$U_{5,C}, U_{5,R}, U_{6,L}, U_{6,C}$	$U_{7,C}, U_{7,R}, U_{0,L}, U_{0,C}$

【0059】

[0058]図7に示される最後の例では、送信アンテナサイト、送信電力、及び任意の与えられたコントローラによってスケジュールされるユーザの組はすべて、チャネルに応じて変更される。図7を参照すると、コントローラ（C0、...、C3）の各々は、2つのアンテナサイトを制御し、各コントローラによって制御されるサイトと、それらの送信電力レベルは、チャネルに応じて変化する。図7に示されるように、2つの異なるシフトと、シフト当たり2つの電力割り当てが存在する。すべての組み合わせからなる組が、表5に示される4チャネル電力／BS対コントローラ関連付けで説明されている。40

【表5】

表5：各コントローラが2つのアンテナサイトを制御し、アンテナサイト送信電力及びユーザセットがチャネルに応じて変化する、4つのチャネル及び4つのコントローラ上での送信アンテナ／送信電力／ユーザセット合同パターン割り当ての例

		コントローラ0	コントローラ1	コントローラ2	コントローラ3
チャネル1	送信アンテナ	S ₀ , S ₁	S ₂ , S ₃	S ₄ , S ₅	S ₆ , S ₇
	送信電力	P _L	P _H	P _L	P _R
	ユーザセット	U _{0,C} , U _{1,C}	U _{2,E} , U _{3,E}	U _{4,C} , U _{5,C}	U _{6,E} , U _{7,E}
チャネル2	送信アンテナ	S ₀ , S ₁	S ₂ , S ₃	S ₄ , S ₅	S ₆ , S ₇
	送信電力	P _H	P _L	P _H	P _L
	ユーザセット	U _{0,E} , U _{1,E}	U _{2,C} , U _{3,C}	U _{4,E} , U _{5,E}	U _{6,C} , U _{7,C}
チャネル3	送信アンテナ	S ₁ , S ₂	S ₃ , S ₄	S ₅ , S ₆	S ₇ , S ₀
	送信電力	P _L	P _H	P _L	P _H
	ユーザセット	U _{1,C} , U _{2,C}	U _{3,E} , U _{4,E}	U _{5,C} , U _{6,C}	U _{7,E} , U _{0,E}
チャネル4	送信アンテナ	S ₁ , S ₂	S ₃ , S ₄	S ₅ , S ₆	S ₇ , S ₀
	送信電力	P _H	P _L	P _H	P _L
	ユーザセット	U _{1,E} , U _{2,E}	U _{3,C} , U _{4,C}	U _{5,E} , U _{6,E}	U _{7,C} , U _{0,C}

【0060】

その他の拡張

[0059]本明細書で説明されたパターン割り当てには多くの直接的な拡張が存在する。例えば、表5では、ただ2レベルの送信電力粒度が考えられたが、この手法は、 $F > 2$ として、Fレベル粒度に容易に拡張することができる。一般に、電力割り当てを選択するための厳格な規則は設定されないことに留意されたい。先の例は、最も高い電力レベルが1つのコントローラで使用される場合、その近隣コントローラでは最も低い電力レベルが使用されることを示唆しているように見えるが、オフラインで生成される電力割り当てパターンは、この示唆に従う必要はない。

【0061】

[0060]加えて、表5の例では、各コントローラは、一度に2つのアンテナサイトを制御するだけであり、ただ2つのパターンの制御の間で振動する。任意の時点で、より多くのアンテナサイトを制御することができ、アンテナサイトのより多くのサブセットを制御するために、コントローラを割り当てることができる。図10、図11、及び図12は、サイズが3のクラスタを有するそのような例を示している。コントローラは、C₀ ~ C₃として指定され、基地局は、S₀ ~ S₁₁として指定される。図10に示される実施形態では、2つのチャネルが利用される。各コントローラは、両方のチャネル上で基地局の同じ組に関連付けられる。各クラスタ内のセンタ基地局は、常に電力P_Mで送信する。各クラスタ内のエッジ基地局は、一方のチャネル上では電力P_Lで送信し、他方のチャネル上では電力P_Hで送信する。さらに、与えられたチャネル(1又は2)においてクラスタのエッジ基地局が電力P_Hで送信する場合、同じチャネルにおける2つの近隣クラスタのエッジ基地局は、電力P_Lで送信するように設定される。結果として、P_H > P_Lを仮定すると、各クラスタにおけるカバーレージは、チャネル1とチャネル2とでは違いがある。図の影付きの領域は、ユーザがスケジュールされるカバーレージエリアがチャネル及びクラスタに応じてどのように変化するかを定性的に示唆することを意図している。具体的には、チャネル内により濃いエリアは、与えられたロケーションにいるユーザがそのチャネル上でスケジュールされる可能性がより高いことを示唆し、より薄い影付き領域は、これらのエリア内のユーザがスケジュールされる可能性が低いことを示唆する。

【0062】

[0061]図11は、図10に示された例の変形である別の実施形態を示している。やはり、各コントローラは、両方のチャネル上で同じ組の基地局に関連付けられ、各クラスタ内のセンタ基地局は、常に電力P_Mで送信する。さらに、与えられたチャネル(1又は2)

10

20

30

40

50

においてクラスタの左エッジ基地局の電力が P_H に等しい場合、左側の近隣クラスタの右エッジ基地局の電力は、同じチャネル上で P_L に設定される。図 10 と同様に、図の影付き領域は、 $P_H > P_L$ と仮定して、ユーザがスケジュールされるカバレージエリアがチャネル及びクラスタに応じてどのように変化するかを定性的に示唆することを意図している。

【0063】

[0062] 図 12 は、サイズが 3 のクラスタを有する 3 つのチャネルを含む別の関連実施形態を示している。クラスタは、3 つのチャネルに応じて変更される（完全シフトシステムを実施する）。各チャネル内で、センタ基地局は、電力 P_M で送信し、エッジ基地局は、電力 P_L で送信する。

10

【0064】

[0063] 2 次元セルラレイアウトを含む関連実施形態を容易に設計することができる。2 次元六角形タイプセル構成を含む一実施形態では、各コントローラは、一度に 7 つのアンテナサイトを制御する。最初に、コントローラとアンテナサイトの間の関連付けが固定され、各コントローラが「センタ」サイトとその 6 つの近隣サイトを制御する、静的なアンテナ割り当てケースについて考える。F 個の異なる電力レベルパターンの全部がコントローラにわたって利用される場合、F 個のチャネルの全部を利用して、関連するパターン割り当てを表すことができる。各コントローラ / 送信アンテナサイト関連付けがチャネルに応じて変化する、より動的な設定を考えることができる。例えば、各コントローラは、7 つの可能な「7 送信アンテナサイト」クラスタ構成の間で振動することができるコントローラによって制御されるクラスタ内の中央アンテナサイトは、与えられたサイトとその 6 つの第 1 層近隣サイトの間で周期的に変更される。その場合、各アンテナサイト / コントローラ割り当てについて、F 個の異なる電力レベルパターンがコントローラにわたって利用されると仮定すると、7 F 個のチャネルの全部を利用して、関連するパターン割り当てを表すことができる。先のケースと同様に、7 F 個のチャネルのためのルックアップテーブルパラメータは、オフラインで生成することができる。

20

【0065】

[0064] ユーザのスケジューリングは、チャネル（又は協調パターン）にわたって合同で実行される。任意の与えられたチャネル上では、ユーザの互いに素の組を異なるコントローラに割り当てるが、各スケジューリングアルゴリズムは、各コントローラ上で独立に実行される。しかし、各コントローラは、任意の与えられたチャネル内では他のコントローラとは独立にユーザをスケジュールするが、マルチセル配備にわたるユーザのレートは、依然として結合させることができる。具体的には、与えられたユーザが異なるチャネル上では異なるコントローラに割り当てられる配備が使用される場合、ユーザのスケジューリングは、コントローラにわたって間接的に結合される。これらのケースでは、各チャネル内で、与えられたコントローラについて、ユーザ選択が独立に行われるとしても、チャネル（又は協調パターン）にわたって共有される情報が存在し、この情報が、コントローラによって利用されて、そのチャネルの各々のユーザ選択で使用されるパラメータを更新する。この情報は、各ユーザに関連付けられた重み、ユーザが最後にスケジュールされた時、及び / 又は他の関連スケジューリングパラメータとすることができます。

30

【0066】

[0065] マルチセル配備にわたるユーザのレート間の結合は、コントローラへの送信アンテナの静的な割り当てが存在する場合であっても生じることができる。例えば、そのようなユーザ - レート結合は、コントローラにわたって変化する送信電力レベルパターンを使用することによって、また例えば「エッジ」ユーザを異なるチャネルに応じて異なるコントローラに（スケジューリングのために）思慮深く関連付けことによって引き起こすことができる。1 つのそのような例が、図 8 に示されている。アンテナ対コントローラ関連付けは、図 4 の例におけるものと同じである。図 8 を参照すると、各コントローラ C_n (C_0, \dots, C_3 だけが示されている) は、1 つのアンテナサイト S_n を制御する。各コントローラによって使用される電力レベルは、2 つのチャネル上で、低い電力 (P_L) と

40

50

高い電力(P_H)の間で変更される。図では、「センタ」ユーザ(すなわち、アンテナサイトに十分に近いユーザ、又は十分に高い公称SINRを有するユーザ)は常に、同じコントローラによってサービスされるが、「エッジ」ユーザ(すなわち、最も近いアンテナサイトから十分に遠いユーザ)は、高い電力で送信する最も近いアンテナサイトを制御するコントローラによってサービスされる。

【0067】

[0066]図8のコントローラ当たり電力は、図4におけるのとまったく同様に、低い電力と高い電力の間で変更される。しかし、コントローラへのユーザ関連付けは、図8では、図4におけるものとは異なる。第1に、図8に示される方法では、任意の与えられたチャネル内において、1つ1つのユーザが、スケジューリングのためにコントローラに関連付けられるが、図4の方法では、これは必ずしも当てはまらない(図4では、 $U_{i,c} = U_{i,E} = U_i$ 場合にのみ、これが当てはまる)。しかし、2つの例の間には、より重要な相違が存在する。特に、図4の方法では、各ユーザは、スケジューリングのために同じコントローラに関連付けられるが(組 $U_{i,c}, U_{i,E}$ 内のユーザはコントローラ C_i に関連付けられるが)、図8では、ユーザは、各チャネル内において、異なるコントローラに関連付けることができる。図5~図7のすべての例についても、図8におけるのと同様の拡張を構成することができる。より一般に、実用的な配備では、任意の与えられたチャネル内において、ユーザがどのコントローラのスケジューリングセットにも割り当てられない場合、又は1つ若しくは2つ以上のコントローラのスケジューリングセットに割り当たられる場合、及びこの関連付けがユーザ毎にチャネルに応じて変化する場合もあり得る。

【0068】

本発明の実施形態の利点

[0067]本発明の実施形態は、ダウンリンクマルチセル配備のための合同スケジューリング/MIMO送信アルゴリズムのための、複雑さが小さく、容易に拡張可能で、高性能の方法の設計を可能にする。特に、制御されるアンテナサイト、送信電力限界、及びスケジュールされるユーザセットの合同時間-周波数変更パターンの事前設計は、合計レートが高く、セルエッジにおけるユーザのスループットが改善された、MIMO配備をもたらすことができる。これらのシステム設計を魅力的にする一実施形態の要素は、以下のものを含む。

1. 一組のコントローラ、その各々は、複数のアンテナサイトの1つを制御することができ、各アンテナサイトは、1つ又は複数のアンテナを有する。
2. 符号及び符号化レートのファミリを伴う、符号化MIMO/OFDMトランシーバ。スケジュールされるユーザのためのレートが与えられると、この特定のユーザのための符号及び符号化レートが選択され、そのユーザについての情報搬送信号のセグメントを符号化するために使用される。一実施形態では、すべてのユーザについての結果の信号が総計され、OFDMを介して送信される。
3. 周波数(OFDMトーン) / 時間(OFDMブロック)及び空間のチャネルへの分割。
4. すべてのコントローラによって合同で使用されるマップ/ルックアップテーブル、そのエントリは、すべてのコントローラによって一斉に繰り返される。マップは、すべてのコントローラが同期をとって訪れる(又は同期をとって繰り返す)、1組の「チャネル」上のリソース割り当てを列挙する。一実施形態では、各チャネルエントリは、各コントローラに以下のものを提供する。(a)当該コントローラが当該チャネル内で制御する(したがって、送信をスケジュールする)送信アンテナサイト、(b)当該チャネル上で当該コントローラによって制御される各基地局によって使用される総送信電力、(c)スケジューリング/MIMOプリコーディングアルゴリズムがコントローラによって実行されるユーザの組、(d)例えば各チャネルのデューティサイクルなど、他の関連情報。
5. 仮想チャネルへの時間-周波数スロットのマッピング。任意の時間-周波数スロット内で何が送信されるかを決定するために、スロット(又は1組のスロット)が最初に仮想

チャネルエントリにマッピングされる。その後、すべてのコントローラが、マップ内のそのチャネルエントリ上にそれらのために列挙されたものに従って、それらのリソース割り当てパラメータを選択する。

6. 各コントローラにおいて別々に実施される合同スケジューリング / MIMO送信アルゴリズム。一実施形態では、以下のものがコントローラに与えられる。(a)コントローラにおける送信電力制約、(b)1組のユーザ(それらからコントローラはスケジュール対象の組を選択する)、(c)ユーザの「重み」、すなわち、スケジューリング / 最適化基準において各ユーザのレートに加重される係数、(d)与えられたコントローラによって制御されるアンテナと各ユーザのアンテナの間で必要とされるチャネルパラメータ、(e)各ユーザにおける集約干渉レベル。その後、コントローラは、スケジューリングアルゴリズム(例えば比例公平スケジューリングアルゴリズム)を含む合同スケジューリング / MIMO送信アルゴリズムを、MIMO送信方式と一緒に使用する。一実施形態では、MIMO送信方式は、SU-MIMOアルゴリズム又はマルチユーザプリコーディングアルゴリズム(すなわちブロックゼロ強制プリコーダ)である。スケジューリングアルゴリズムは、協調するパターン上で動作する。このアルゴリズムは、与えられたコントローラによって与えられたチャネル内でサービスされるユーザのサブセットを(関連するレートとともに)もたらす。アルゴリズムは、MIMO送信方式のための関連パラメータも生成する。一実施形態では、これらは、チャネル符号化パラメータ、ユーザ当たりのストリーム数、及び可能性として(例えば、マルチユーザMIMO又は閉ループSU-MIMOの場合の)関連するプリコーディング行列を含む。その後、項番2に挙げられた戦略が、送信のために使用され、ユーザのスケジューリングパラメータが、適切に更新される。10

【0069】

[0068]本発明の実施形態の1つの利点は、それが、マルチセル協調を利用しない方式の簡潔性を維持しながら、高い合計レート及び高いエッジスループットを達成するための干渉管理及び軽減を可能にすることである。特に、任意の与えられたチャネル上で、各コントローラは、協調しないケースにおける場合のように、独自のスケジューリング / MIMO送信アルゴリズムを実行する。しかし、制御されるアンテナサイト、送信電力プロファイル、及びスケジューリング対象のユーザセットの協調するパターンを使用することによって、複雑さの著しい増加を招くことなく、合計レート及びエッジレートに関して、著しい改善を獲得することができる。結果の方式は、(a)マップに従うアンテナサイトの数、(b)各コントローラによって制御されるアンテナサイトの数、(c)サイトあたりのアンテナの数、(d)ユーザ当たりの受信アンテナ、(e)送信電力プロファイルにおける粒度において容易に拡張可能である。30

【0070】

基地局の一例

[0069]図9は、上で説明された機能の1つ又は複数を実行する基地局の一実施形態のブロック図である。図9を参照すると、基地局900は、ネットワークインターフェース902及びベースバンド処理903に結合されたコントロール901を含む。ベースバンド処理903は、ネットワークインターフェース902及び増幅器/Tx/Rx 904にも結合され、増幅器/Tx/Rx 904は、増幅器とともに、基地局の(1つ又は複数の)送信機及び(1つ又は複数の)受信機を備え、これらは、アンテナ905に結合される。これらは、当技術分野でよく知られた方法で動作する。電力源906も、基地局900のコンポーネントに電力を供給する。これが関連のあるコメントであるかどうか確信はないが、そのような例は本特許の実施形態のいくつかに合致すると発明者には思われる。すべての実施形態は、少なくとも2つの異なるロケーションから合同で送信が生じるケースに関係する。ロケーション当たり1つの基地局が存在する場合、それは、複数の基地局から合同で送信が生じることを意味する(すなわち、1つのエンティティが、すべてのチャネル情報を収集し、スケジューリングを行い、クラスタ内のすべての基地局がどのように合同で送信するかを決定する)。40

【0071】

50

[0070]コントロール 901 は、例えば、協調パターンを指定する情報及び／又は他の基地局若しくはアンテナコントローラを制御する情報などの、制御情報を送受信するコントロールインターフェース 901 (b) を含む。(1つ又は複数の) プロセッサ 901 (a) は、協調パターンの変更を含む、基地局の動作(若しくは他の基地局の動作)の多くを制御し、又はそのような動作が制御されるようにする。

【0072】

[0071]一実施形態では、プロセッサ 901 (a) は、すべてのチャネル情報を収集し、クラスタ内のどの基地局が互いに合同で送信するかのスケジューリング及び決定を実行する。(代替として、これらの制御機能は、基地局の外部のデバイスで実施でき、1つ(又は複数)のクラスタ内のすべての基地局を制御できることに留意されたい)。 10

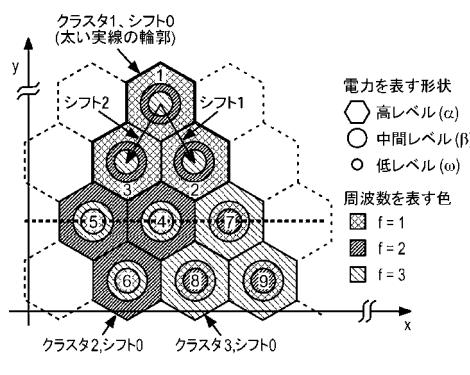
【0073】

[0072]メモリ 901 (c) は、上で説明された協調パターンなど、事前定義された協調パターンとともに、本明細書で説明された機能を実行するための命令及び他のデータを保存する。一実施形態では、メモリ 901 (c) は、上で説明された1つ又は複数のルックアップテーブルを保存する。タイミング/クロックユニット 901 (d) は、当技術分野でよく知られた方法で、タイミング及び／又はクロックを基地局に供給する。

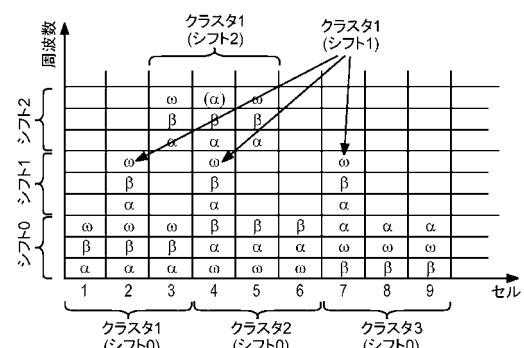
【0074】

[0073]上述の説明を読んだ後には、本発明の多くの代替及び変更が、当業者には疑いもなく明らかになるが、例示によって示され、説明された特定の実施形態はいずれも、限定と見なされることはまったく意図していないことを理解されたい。したがって、様々な実施形態の詳細についての言及は、本発明にとって必須と見なされるような特徴のみをそれ自体が列挙する、特許請求の範囲を限定することを意図していない。 20

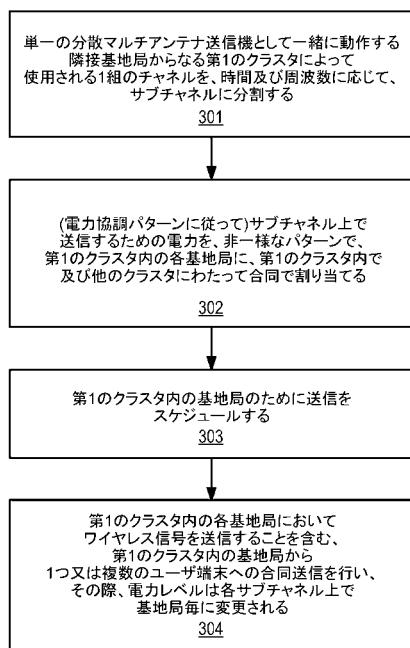
【図1】



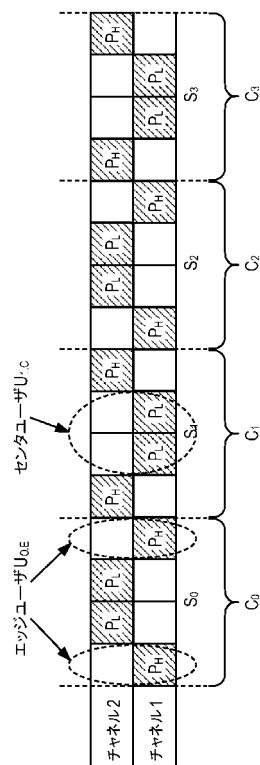
【図2】



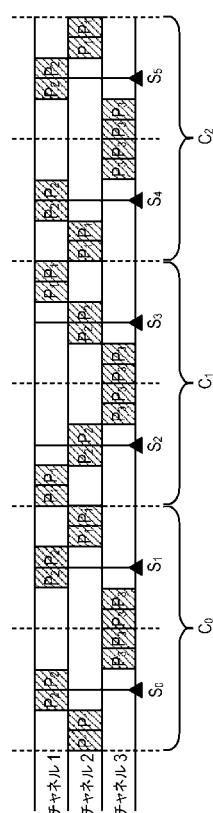
【図3】



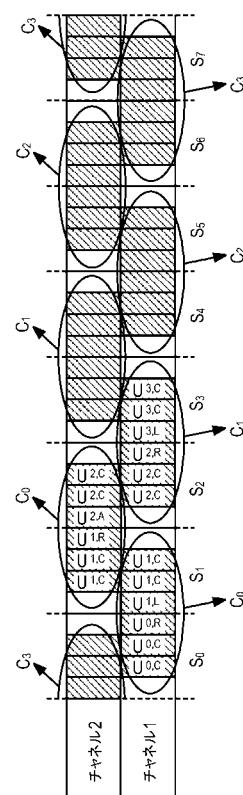
【図4】



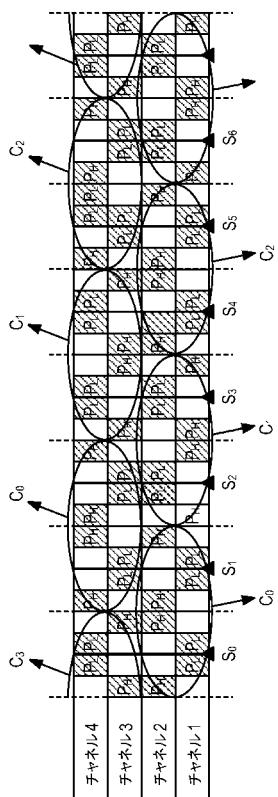
【図5】



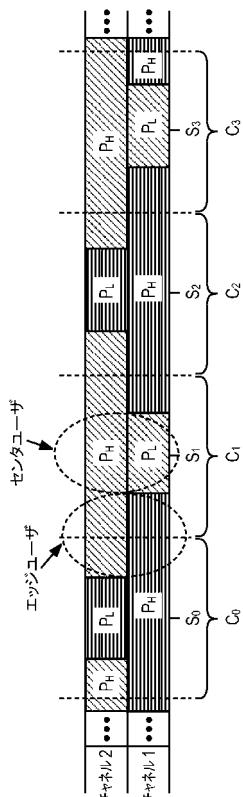
【図6】



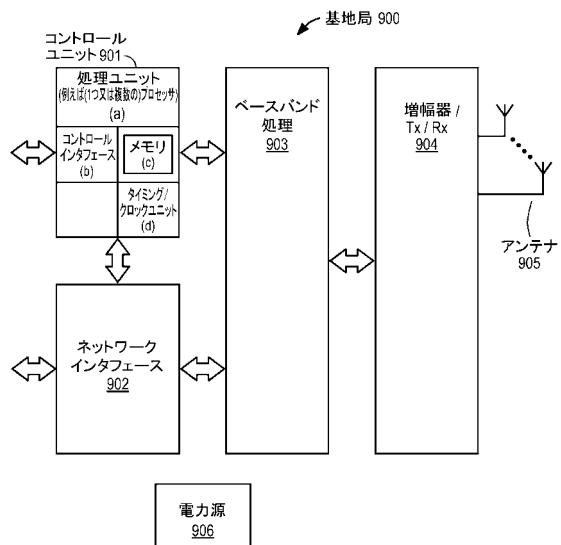
【図7】



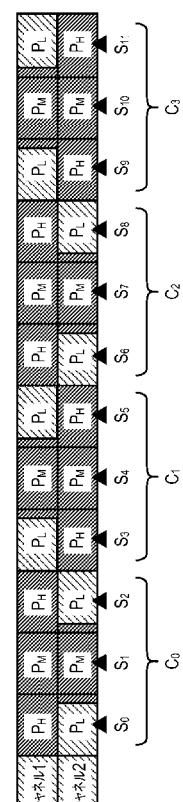
【図8】



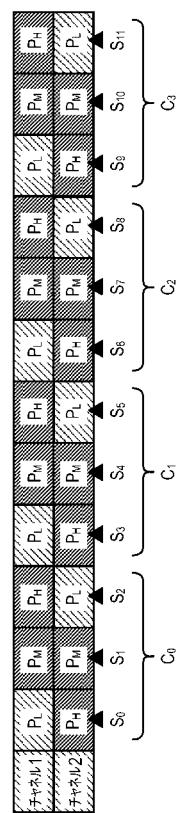
【図9】



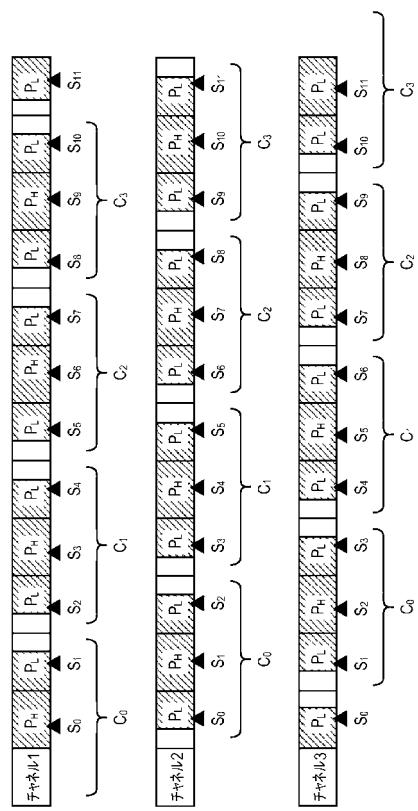
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 ラムブラシャド, ショーン, エー.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ロス アルトス, テラス ドライヴ 960
(72)発明者 パパドポウロス, ハララボス
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, サウス サイプレス アヴェニュー 3
90
(72)発明者 ペピン, クリストイーン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, マウンテン ヴュー, ハンス アヴェニュー 712

審査官 田部井 和彦

(56)参考文献 特表2007-512730 (JP, A)
特表2010-508718 (JP, A)
国際公開第2007/073267 (WO, A1)
特開2007-243425 (JP, A)
3GPP TS 36.321 V8.2.0(2008-05);3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT;TECHNICAL SPECIFICATION GROUP RADIO ACCESS NETWORK;EVOLVED UNIVERSAL TERRESTRIAL RADIO, 3GPP, 2008年5月 1日, P1-33
YIDONG LANG, A NOVEL RESOURCE ALLOCATION STRATEGY FOR DISTRIBUTED MIMO MULTI-HOP MULTI-COMMODITY COMMUNICATIONS, INTERNATIONAL ITG WORKSHOP ON SMART ANTENNAS (WSA 2008), 2008年 2月 26日, P125-132
Huawei, Consideration on CoMP for LTE-Advanced, 3GPP TSG RAN WG1#54 R1-083049, 2008年 8月 12日, U R L, http://3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_54/Docs/R1-083049.zip

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00
H04J 11/00
H04J 99/00