

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-134978

(P2012-134978A)

(43) 公開日 平成24年7月12日(2012.7.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO4W 52/02 (2009.01) HO4Q 7/00 421 5K067

審査請求 有 請求項の数 12 O L 外国語出願 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2011-279549 (P2011-279549)	(71) 出願人	392026693
(22) 出願日	平成23年12月21日 (2011.12.21)		株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
(31) 優先権主張番号	10196534.1		東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(32) 優先日	平成22年12月22日 (2010.12.22)	(74) 代理人	100099623
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 奥山 尚一
		(74) 代理人	100096769
			弁理士 有原 幸一
		(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
		(74) 代理人	100114591
			弁理士 河村 英文
		(74) 代理人	100125380
			弁理士 中村 綾子
		(74) 代理人	100142996
			弁理士 森本 聡二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システムのノードを制御するための装置および方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】無線通信システムにおけるエネルギーを節約するための改良された概念を提供する。

【解決手段】無線通信システムのノードを制御するための装置(100)は、トラフィック負荷判定器(110)、協調キャパシティ判定器(120)、および、電力制御ユニット(130)を備える。トラフィック負荷判定器(110)は、無線通信システムにおけるトラフィック負荷(112)を判定し、また、協調キャパシティ判定器(120)は、無線通信システムの他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティ(122)を判定する。また、電力制御ユニット(130)は、判定されたトラフィック負荷(112)と判定された利用可能なキャパシティ(122)とに基づいてノードのアンテナを動作させあるいは停止させる。

【選択図】 図1

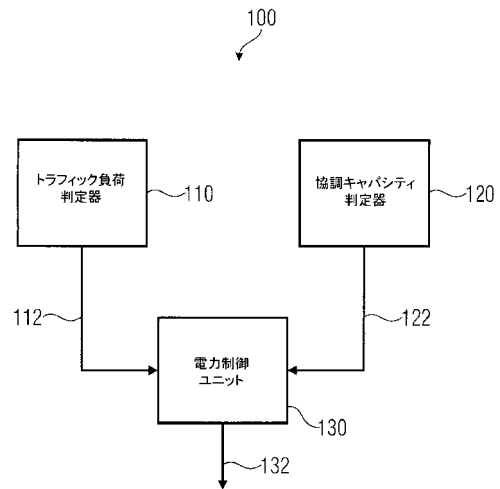


FIG 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

無線通信システムのノードを制御するための装置（100）であって、該ノードは複数のアンテナを備え、該装置は、

無線通信システムにおけるトラフィック負荷（112）を判定するように構成されるトラフィック負荷判定器（110）と、

無線通信システムの他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティ（122）を判定するように構成される協調キャパシティ判定器（120）と、

判定されたトラフィック負荷（112）と判定された利用可能な協調キャパシティ（122）とに基づいてノードのアンテナを動作させあるいは停止させるように構成される電力制御ユニット（130）と、
を備える、装置（100）。

10

【請求項 2】

前記電力制御ユニット（130）は、判定されたトラフィック負荷（112）が下側の負荷閾値（1010）よりも低い場合にはノードの複数のアンテナのうちの動作アンテナの数を減らし、判定されたトラフィック負荷が上側の負荷閾値（1020）よりも高い場合には動作アンテナの数を増大させるように構成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記電力制御ユニット（130）は、判定されたトラフィック負荷（112）が上側の負荷閾値（1020）よりも高い場合あるいは下側の負荷閾値（1010）よりも低い場合には、判定されたトラフィック負荷（112）と判定された利用可能な協調キャパシティ（122）とに基づいて、複数のアンテナのうちから動作アンテナの所要の組を決定するように構成され、前記電力制御ユニット（130）は、アンテナの決定された所要の組に基づいてノードのアンテナを動作させあるいは停止させるように構成される、請求項 1 または 2 に記載の装置。

20

【請求項 4】

前記電力制御ユニット（130）は、少なくとも 1 つの無線ユーザ機器のサービスの質の制約が満たされるように動作アンテナの所要の組を決定するように構成される、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記電力制御ユニット（130）は、動作アンテナの決定された所要の組を使用し且つ判定された利用可能な協調キャパシティ（122）を少なくとも部分的に使用することにより少なくとも 1 つの無線ユーザ機器のサービスの質の制約を満たすことができる一方で、動作アンテナの決定された所要の組を使用しただけでは少なくとも 1 つの無線ユーザ機器のサービスの質の制約を満たすことができないように、動作アンテナの所要の組を決定するように構成される、請求項 4 に記載の装置。

30

【請求項 6】

前記電力制御ユニット（130）は、判定された利用可能な協調キャパシティ（122）の考慮の下で、動作アンテナの所要の組が、判定されたトラフィック負荷（112）を満たす最少数の所要の動作アンテナを備えるように、動作アンテナの所要の組を決定するように構成される、請求項 3 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置。

40

【請求項 7】

前記電力制御ユニット（130）は、動作アンテナの数を増大させあるいは減少させた後に上側の負荷閾値（1020）および下側の負荷閾値（1010）を調整するように構成される、請求項 2 ~ 6 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

前記協調キャパシティ判定器（120）は、少なくとも 1 つの隣接するノードに対して協調キャパシティ要求を送信して、少なくとも 1 つの隣接するノードから受信される協調キャパシティ応答に基づいて利用可能な協調キャパシティ（122）を判定するように構成される、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置。

50

【請求項 9】

前記電力制御ユニット(130)は、アンテナに接続される送信器の電力増幅器を動作させあるいは停止させることによってノードのアンテナを動作させあるいは停止させるように構成される、請求項1~8のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

前記電力制御ユニット(130)は、ノードの複数のアンテナのうちの少なくとも1つのアンテナを動作状態に維持するように構成される、請求項1~9のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

無線通信システムのノードを制御するための方法(1700)であって、該ノードが複数のアンテナを備え、該方法は、

無線通信システムにおけるトラフィック負荷を判定するステップ(1710)と、無線通信システムの他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティを判定するステップ(1720)と、

判定されたトラフィック負荷と判定された利用可能な協調キャパシティとに基づいてノードのアンテナを動作させるあるいは停止させるステップ(1730)と、を含む、方法(1700)。

【請求項 12】

コンピュータまたはマイクロコントローラで実行するときに請求項11に記載の方法を実行するためのプログラムコードを伴うコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明に係る実施形態は、無線通信システムに関し、特に、無線通信システムのノードを制御するための装置および方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

MIMO対応基地局では、MIMOシステムを構成する各アンテナが、アナログ信号を送受信するために必要な増幅を行なう電力増幅器に接続される。ベースバンド処理は、通常、全てのアンテナによって共有される共通のブロックで行なわれる。図3を参照すると分かるように、基地局のエネルギー消費量全体の最大で80%までが電力増幅器によってもたらされる(例えば、非特許文献1参照)。

【0003】

一方、電力増幅器の使用を最小限に抑えても依然としてエネルギー消費の減少に関して何ら利点を与えないことも分かってきた(非特許文献2参照)。これは、電力増幅器が活発に使用されないときであっても多くの電源を必要とする現在の電力増幅器の設計上の選択に起因する。

【0004】

図4は、エネルギー消費量に対するトラフィックパターンの影響を示している。図から分かるように、低負荷状態では、基地局の動作が多くのエネルギーを消費する。基地局のハードウェアは、実際には、通常、高いトラフィック負荷でのみ効率が良くなるように調整され、そのため、トラフィックピーク中でも所要のキャパシティを与えるように設定される。

【0005】

実際のUMTSセルで測定されるように24時間モバイルトラフィックシナリオ(図2)に関してこれらを考慮すると、セルラーシステムにおけるエネルギー改善のためにどの程度大きな空間が必要なのかが既に分かる。

【0006】

基地局ネットワークは、近年、無線送信キャパシティ、セル間干渉管理、および、個々のセルサイトでのエネルギー消費量の減少に関して得られる関連する利点に起因して

10

20

30

40

50

、多くの研究上の注目を引き付けてきた。

【0007】

モバイルネットワークのエネルギー効率に関しては、トラフィック負荷解析によって引き起こされる基地局スリーピングモードの使用が、幾つかの最近の研究論文（例えば、非特許文献3、非特許文献4、および、非特許文献5参照）およびネットワークベンダの研究（例えば、非特許文献2および非特許文献6参照）で提案されてきた。基地局でのスリーピングモードの許可の背後にある考えは、1つ以上の周囲の基地局のカバレッジエリアを広げることによりスリーピング基地局の必要とされるカバレッジ/キャパシティをバックアップすることである。

【0008】

また、例えば図5に示されるように、待機して且つチャネルが良好なときに送信する例えばキューを伴うスケジューリングを使用する幾つかの局所的な手法も存在する。他の構成は、例えば図6に示されるように、MIMO（多重入力多重出力）構成からSISO（単一入力単一出力）構成にまで及ぶことができる。各モバイル機器610は基地局630の1つのアンテナ620だけによってアドレス指定される。

【0009】

例えば省エネルギーのための基地局間の協調のように、幾つかの基地局サイトをOFFに切り換えて同じカバレッジを与えるセルブリージング技術と呼ばれる分散・集中手法（幾つかの隣接するセルの送信範囲が増大する）が存在する。1つの基地局720の動作が停止された4つの基地局710に関する例が図7に示されている。

【0010】

非特許文献3において、著者は、トラフィック負荷が低いときに幾つかの基地局をOFFに切り換えるスリーピングモードスキームを提案する。著者が取り入れる制約は、特定のブロッキング確率の保証に基づいている。また、著者は、基地局での頻繁なON/OFF切り換えを回避するために最小スリーピングモード保持時間も提案する。

【0011】

非特許文献5では、ユーザ要求およびQoS要件を満たすためにリソースが必要とされるときにリソースを起動させる2つの無線割り当てスキームが提案される。第1のスキームは動的である。この第1のスキームは、システムの負荷の瞬間的な変化に応じてリソースをONおよびOFFに切り換え、それにより、ユーザの到着および出発に追従する。第2のスキームは準静的である。この第2のスキームは、平均トラフィック負荷がシステム内で変化するときリソースを動作させて停止させる。

【0012】

非特許文献7では、ネットワークトラフィックが低いときに動的にOFFになる特定のBSが考慮される。集中・分散実施が検討される。前提は、全てのチャネル情報およびトラフィック要件がネットワーク側で知られていることである。提案されたアルゴリズムのエネルギー効率、および、省エネルギーとカバレッジとの間のトレードオフが保証する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献1】L. Saker, S-E. Elayoubi, 及び H. O. Scheck, 「System selection and sleep mode for energy saving in cooperative 2G/3G networks」、IEEE VTC-fall 2009, Anchorage, September 2009

【非特許文献2】Micallef, G., Mogensen, P., Scheck, H.-O., 「Cell Size Breathing and Possibilities to Introduce Cell Sleep Mode」、Proc. of European Wireless 2010, Lucca, Italy

【非特許文献3】Jie Gong, Sheng Zhou, ZhishengNiu, Peng Yang, 「Traffic-aware base station sleeping in dense cellular networks」、Proc. of IEEE IWQOS 2010

【非特許文献4】Sheng Zhou, Jie Gong, Zexi Yang, ZhishengNiu, 及び、Peng Yang, 「Green Mobile Access Network with Dynamic Base Station Energy Saving」、Proc. o

10

20

30

40

50

f ACM Mobicom 2009

【非特許文献5】LouaiSaker、Salah-EddineElayoubi、TijaniChahed、「Minimizing energy consumption via sleep mode in green base station」、Proc. of IEEE 2010

【非特許文献6】Green Radio、「NEC's Approach towards Energy-efficient Radio Access Networks」、Whitepaper, February 2010

【非特許文献7】S. Zhou、J. Gong、Z. Yang、Z. Niu、及び、P. Yang、「Green mobile access network with dynamic base station energy saving」、MobiCom'09 poster, Sept. 2009

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0014】

本発明の目的は、無線通信システムにおけるエネルギーを節約するための改良された概念を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

この目的は、請求項1に係る装置または請求項11に係る方法によって解決される。

【0016】

本発明の一実施形態は、無線通信システムのノードを制御するための装置を提供する。ノードは複数のアンテナを備え、また、装置は、トラフィック負荷判定器、協調キャパシティ判定器、および、電力制御ユニットを備える。トラフィック負荷判定器は、無線通信システムにおけるトラフィック負荷を判定するように構成され、また、協調キャパシティ判定器は、無線通信システムの他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティを判定するように構成される。また、電力制御ユニットは、判定されたトラフィック負荷と判定された利用可能な協調キャパシティとに基づいてノードのアンテナを動作させ、あるいは停止させるように構成される。

20

【0017】

本発明に係る実施形態は、無線通信内のトラフィック負荷が低いときに無線通信システムのノード（例えば、基地局）の1つ以上のアンテナの動作を停止させることができるという中心思想に基づいている。アンテナのこの動作停止は、無線通信システムのノードの利用可能な協調キャパシティの考慮の下で行なわれる。したがって、協調キャパシティを考慮しない場合よりも多くのノードのアンテナを停止させることができる場合がある。これは、複数のノードが共にユーザの所要のデータ転送速度を満たすことができるからである。このようにすると、動作アンテナの平均的な数をかなり減らすことができ、そのため、エネルギー消費量を直接に減らすことができる。

30

【0018】

本発明に係る幾つかの実施形態では、判定されたトラフィック負荷が下側の負荷閾値よりも低い場合、ノードの複数のアンテナのうち動作アンテナの数が増大され、判定されたトラフィック負荷が上側の負荷閾値よりも高い場合、動作アンテナの数が減少されてもよい。このようにすると、動作アンテナの数を無線通信システムの現在のトラフィック負荷に動的に適合させることができる。

40

【0019】

本発明に係る幾つかの実施形態において、電力制御ユニットは、アンテナに接続される送信器の電力増幅器を動作させあるいは停止させることによってノードのアンテナを動作させあるいは停止させてもよい。このようにすると、トラフィック負荷が低い場合に、ノードのアンテナの1つ以上の電力増幅器の高いエネルギー消費を回避できる。

【0020】

以下、添付図面を参照して、本発明に係る実施形態を詳述する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】無線通信システムのノードを制御するための装置のブロック図である。

50

【図 2】一日中にわたってモバイルネットワークセルで測定される平均トラフィックパターンを示す線図である。

【図 3】個々のコンポーネントに関する基地局でのエネルギー消費量を示す図である。

【図 4】トラフィック負荷とエネルギー消費量との間の関係を示す図である。

【図 5】基地局のアンテナに接続されるスケジューラおよび電力増幅器のブロック図である。

【図 6】データをモバイル機器に供給する基地局の概略図である。

【図 7】セルブリージング技術を示す無線通信システムの概略図である。

【図 8】ネットワーク MIMO 構成の概略図である。

【図 9】ネットワーク MIMO 構成の更なる例の概略図である。

10

【図 10】高閾値設定および低閾値設定の概略図である。

【図 11】高閾値設定および低閾値設定の再構成の概略図である。

【図 12】高負荷シナリオの概略図である。

【図 13】低負荷シナリオの概略図である。

【図 14】無線通信システムのノードを制御するためのアルゴリズムの統一モデリング言語図である。

【図 15 a】セルブリージング技術を使用する無線通信システムの概略図である。

【図 15 b】ネットワーク MIMO を使用する無線通信システムの概略図である。

【図 16 a】セルブリージング技術を使用する無線通信システムの概略図である。

【図 16 b】ネットワーク MIMO を使用する無線通信システムの概略図である。

20

【図 17】無線通信システムのノードを制御するための方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下では、同じあるいは同様の機能特性を有するオブジェクトおよび機能ユニットに関して同じ参照符号が部分的に使用され、また、図に関するその説明を他の図にも適用して、実施形態の冗長な説明を減らす。

【0023】

これまでのところ、ネットワーク MIMO との関連で、幾つかの技術が提案され（結合プリコーディング、協調スケジューリング、および、ビームフォーミングなど、例えば、“V. Jungnickel, L. Thiele, T. Wirth, T. Haustein, S. Schiffermuller, A. Forck, S. Wahls, S. Jaeckel, S. Schubert, H. Gabler 他、「Coordinated Multipoint Trials in the Downlink」、Proc. 5th IEEE Broadband Wireless Access Workshop (BWAWS), IEEE, 2009, pp. 1-7”、“S. Venkatesan, H. Huang, A. Lozano, 及び R. Valenzuela、「A WiMAX-based Implementation of Network MIMO for Indoor Wireless Systems」、EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol.2009, p. 3”、および、“A. Benjebbour, M. Shirakabe, Y. Ohwatari, J. Hagiwara, 及び T. Ohya、「Evaluation of User Throughput for MU-MIMO Coordinated Wireless Networks」、2008 IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, IEEE, 2008”参照)、これらの各技術は異なる性能利点を得ている。

30

【0024】

“YANG Wei, LI Li-hua, SUN Wan-lu、「Energy-Efficient Relay Selection and Optimal Relay Location in Cooperative Cellular Networks with Asymmetric Traffic」、The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications”, Elsevier, Sept 2010”においては、エネルギー消費に関して基地局との中継ノードの協調が評価される。エネルギー効率協調領域が調査される。協調エネルギー利得は、MS と BS との間の直接的な送信と同じスペクトル効率を得るために協調によって達成される省エネルギーのパーセンテージとして規定される。基地局協調の固有の性能利得のみが考慮される。同様の手法が無線センサネットワーク範囲で使用される。

40

【0025】

非特許文献 1 では、2G システムと 3G システムとの間の協調も省エネルギーのための

50

手段と見なされる。

【0026】

以下では、例えば図8に示されるように、ネットワークMIMO技術(ターゲットネットワーク構成)を可能にするセルラーネットワーク800が想定されてもよい。この例では、それぞれが4つのアンテナを備える2つの基地局810(ノード)が示されている。また、無線機器830への協調送信または無線機器830からの協調受信を制御するネットワークMIMOコントローラ820が示されている。例えば最多数(可能な数)のアンテナをOFFに維持するためあるいは動作アンテナの数を最小にするための協調ネットワークMIMO技術の使用のための他の例900が図9に示されている。図示の無線通信システムは、同じ無線機器920へデータを供給する3つの基地局910を備える。

10

【0027】

図1は、本発明の一実施形態に係る無線通信システムのノードを制御するための装置100のブロック図を示している。制御されるべきノードは複数のアンテナを備える。装置100は、トラフィック負荷判定器110、協調キャパシティ判定器120、および、電力制御ユニット130を備える。トラフィック負荷判定器110および協調キャパシティ判定器120は電力制御ユニット130に接続される。トラフィック負荷判定器110は無線通信システムにおけるトラフィック負荷112を判定し、協調キャパシティ判定器120は、無線通信システムの1つ以上の他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティ122を判定する。また、電力制御ユニット130は、判定されたトラフィック負荷112と判定された利用可能な協調キャパシティ122とに基づいて、ノードのアンテナを動作させあるいは動作を停止させる。このため、電力制御ユニット130は、ノードのアンテナの動作または動作停止を引き起こす制御信号132を生成してもよい。

20

【0028】

ノードのアンテナを動作させるあるいは動作を停止させることにより、ノードの利用可能な送信速度キャパシティを無線通信システムの現在の負荷に対して動的に適合させることができる。このようにすると、トラフィック負荷が低ければ全てのアンテナが動作しているとは限らないため、ノードの平均エネルギー消費量をかなり減らすことができる。

【0029】

無線通信システムのノードは、例えば、基地局、中継局、または、無線通信システムの遠隔計算ポイントである。

30

【0030】

トラフィック負荷判定器110は、無線通信システムにおいて現存するトラフィック負荷112を測定することができる。例えば、トラフィック負荷112は、制御されるべきノードの1つ以上の無線機器(例えば、携帯電話、ラップトップ)への現在の無線送信速度、無線通信システムの複数のノードの平均無線送信速度またはノードの他のノードとの有線送信速度、無線通信システムにおける一群のノード間の有線送信速度、または、各ユーザ(例えば、それぞれのモバイルユーザ、それぞれの無線機器)によって発生される無線トラフィックの合計を表わすことができる。トラフィック負荷112は例えばビット/秒で表わすことができる。

【0031】

協調キャパシティ判定器120は、制御されるノードに対して付加的な無線リソース(例えば、無線送信速度)を与えることができる協調ノードの想定し得る組が存在するか否かを判定してもよい。これは、例えば、隣接するノードに対するリソース要求問い合わせプロセスによって実施することができ、隣接するノードは、それらの協調するあるいは協調しない能力と、それが与えることができる無線リソースの最終的な量とにしたがって応答する。このようにして、協調キャパシティ判定器120は、制御されるべきノードの無線通信システムの1つ以上の他のノードとの利用可能な協調キャパシティ122を判定することができる。すなわち、協調キャパシティ判定器120は、少なくとも1つの隣接するノードに対して協調キャパシティ要求を送信してもよく、また、少なくとも1つの隣接するノードから受信される協調キャパシティ応答に基づいて利用可能な協調キャパシティ

40

50

122を判定してもよい。

【0032】

電力制御ユニット140は、トラフィック負荷判定器110および協調キャパシティ判定器120によって集められた情報を使用して、ノードのアンテナの動作を停止できるか否か、あるいは現存するユーザの要求を満たすためにノードのアンテナを動作させるべきか否かを決定する。

【0033】

ノードのアンテナは、例えば、アンテナに接続される送信器および/または受信器をONまたはOFFに切り換えることによって、あるいは、アンテナに接続される送信器および/または受信器の電力増幅器をONまたはOFFに切り換えることによって動作されあるいは動作が停止させることができる。送信器(および/または受信器)の電力増幅器をONまたはOFFに切り換えることで十分な場合がある。これは、図3にも示されるように、通常、この電力増幅器が送信器(および/または受信器)の最もエネルギーを消費する部分であるためである。この動作または動作停止は、電力制御ユニット130によって与えられる制御信号132により引き起こすことができる。

【0034】

本発明に係る幾つかの実施形態において、電力制御ユニット130は、判定されたトラフィック負荷112が下側の負荷閾値1010よりも低い場合にはノードの複数のアンテナのうち動作アンテナの数を減らすことができ、また、判定されたトラフィック負荷112が上側の負荷閾値1020よりも高い場合には動作アンテナの数を増やすことができる。これが図10に示されている。現在のトラフィック負荷が上側の負荷閾値1020(H_threshold)よりも高い場合、電力制御ユニット130は、例えば、ノードの更なるアンテナの電力増幅器をONに切り換えることができる。あるいは、現在のトラフィック負荷112が下側の負荷閾値1010(L_threshold)を下回っている場合、電力制御ユニット130は、例えば、ノードのアンテナの電力増幅器をOFFに切り換えることができる。トラフィック負荷112が上側の負荷閾値1020と下側の負荷閾値1010との間にある場合、電力制御ユニット130は、ノードの複数のアンテナのうち動作アンテナの現在の組を維持することができる。

【0035】

電力制御ユニット130は、判定されたトラフィック負荷112が上側の負荷閾値1020よりも高くあるいは下側の負荷閾値1010よりも低い場合には、判定されたトラフィック負荷112と判定された利用可能な協調キャパシティ122とに基づいて、複数のアンテナのうちから動作アンテナの所要の組を決定することができる。あるいは、電力制御ユニット130は、判定されたトラフィック負荷-(マイナス)判定された利用可能な協調キャパシティ122が上側の負荷閾値1020よりも高くあるいは下側の負荷閾値1010よりも低い場合には、判定されたトラフィック負荷112と判定された利用可能な協調キャパシティ122とに基づいて、複数のアンテナのうちから動作アンテナの所要の組を決定することができる。更に代替として、判定された利用可能な協調キャパシティ122は、(例えば、利用可能な協調キャパシティを加えるあるいは差し引くことにより)上側の負荷閾値1020および下側の負荷閾値1010の決定のために考慮することができる。

【0036】

電力制御ユニット130は、アンテナの決定された所要の組に基づいてノードのアンテナを動作させるあるいは停止させることができる。

【0037】

また、電力制御ユニット130は、例えば、少なくとも1つの無線ユーザ機器(例えば、携帯電話またはラップトップ)のサービスの質の制約が満たされるように動作アンテナの所要の組を決定することができる。すなわち、電力制御ユニット130は、ノードまたは無線通信システムの送信範囲内の無線ユーザ機器の要求(1つ以上のサービスの質の制約)を満たすことができるノードの動作アンテナの組を見つけようと試みることができる

10

20

30

40

50

。例えば、無線ユーザ機器が特定のデータ転送速度を必要とする場合、電力制御ユニット 130 は、利用可能な協調キャパシティ 122 も考慮しつつ、このデータ転送速度要件を満たすことができる動作アンテナの組を見つけようと試みる。

【0038】

例えば、電力制御ユニット 130 は、動作アンテナの決定された所要の組を使用し且つ判定された利用可能な協調キャパシティ 122 を少なくとも部分的に使用することにより少なくとも 1 つの無線ユーザ機器のサービスの質の制約を満たすことができる一方で、判定された利用可能な協調キャパシティ 122 を少なくとも部分的に使用しなければ動作アンテナの決定された所要の組を使用しただけでは少なくとも 1 つの無線ユーザ機器のサービスの質の制約を満たすことができないように、動作アンテナの所要の組を決定することができる。このケースは特に興味深い。なぜなら、利用可能な協調キャパシティ 122 が利用されなければ、電力制御ユニット 130 が動作アンテナの決定された所要の組よりも多くのアンテナを動作させなければならない場合があるからである。すなわち、判定された利用可能な協調キャパシティ 122 を少なくとも部分的に使用することにより、より多くのアンテナの動作を停止させることができ、それにより、エネルギー消費量を減らすことができる。

10

【0039】

エネルギー消費を最適化するため、電力制御ユニット 130 は、例えば、判定された利用可能な協調キャパシティ 122 の考慮の下で、動作アンテナの所要の組が、判定されたトラフィック負荷 112 を満たす（その結果として、現在の無線ユーザ要求を満たす）最少数の所要の動作アンテナを備えるように、動作アンテナの所要の組を決定することができる。

20

【0040】

本発明に係る幾つかの実施形態では、上側の負荷閾値 1020 および下側の負荷閾値 1010 が動作アンテナの現在の組に適合される。このため、電力制御ユニット 130 は、動作アンテナの数を増大させあるいは減少させた後に、上側の負荷閾値 1020 および下側の負荷閾値 1010 を調整することができる。閾値は、例えば、動作アンテナの現在の組によって満たされる現在のトラフィック負荷が上側の負荷閾値 1020 と下側の負荷閾値 1010 との間に位置付けられるように適合させることができる。すなわち、動作アンテナの数が増大される場合には、上側の負荷閾値 1020 および下側の負荷閾値 1010 を増大することができ、また、動作アンテナの数が減少される場合には、上側の負荷閾値および下側の負荷閾値を減少することができる。これが図 11 に示され、この場合、動作アンテナの数の増大が上側の負荷閾値における閾値の増大 (H_threshold -) をもたらし、動作アンテナの数の減少が下側の負荷閾値における閾値の減少 (L_threshold -) をもたらしている。

30

【0041】

本発明に係る幾つかの実施形態において、電力制御ユニット 130 は、ノードによってカバーされる領域（セル）内で最小のデータ転送速度を保證できるように、ノードの複数のアンテナのうち少なくとも 1 つのアンテナを動作状態に維持することができる。また、このようにすると、ノードが様々な負荷状況に対してより速く反応できる、また、少なくとも最小の協調キャパシティを隣接するノードに与えることができる。

40

【0042】

以下、本発明の実施形態について更に詳しく説明する。この例では本発明の異なる態様が同時に実施されるが、これらの態様が互いに独立に実現することができる。

【0043】

基地局が N 個の送信 / 受信アンテナを備えるセルラーネットワークシナリオが考慮される。各アンテナには、送信された / 受信された信号の増幅利得を制御するアナログ RF トランシーバモジュール（電力増幅器とも称される）を設けることができる。したがって、N 個のアンテナを備える基地局は N 個のアナログ RF トランシーバを備える。アナログ RF トランシーバは、基地局で最もエネルギーを消費するコンポーネントである。この理解

50

に基づき、提案される概念は、例えばそれぞれの基地局で可能な限り多くのアナログRFトランシーバモジュールをOFFに切り換え、それにより、モバイルユーザのQoS要件を確保しつつ、高いエネルギー効率性能を得ることを目的とする。言い換えると、提案される概念は、最少数の動作アナログRFトランシーバモジュールを使用しつつ接続されたモバイルユーザを所要のQoSレベルをもって扱うことができるように基地局を構成することができる。提案される概念によってとられる動作は、無線セルに存在する実際の無線トラフィック負荷によって引き起こすことができる。ユーザトラフィック要求（例えばKbpsで表わされる）が特定の閾値窓から抜け出ると、アルゴリズムは、ユーザのQoSニーズを満たすことができる最もエネルギー効率の良いアンテナ構成を探ることができる。基地局協調は、この目的を達成するために最終的に使用される。ユーザのQoS要件を満たすために特定数の動作アンテナ（あるいは、同等に動作するアナログRFトランシーバまたは電力増幅器）を注目すべきであるのに対し、隣接するセルで利用できる未使用の無線キャパシティを利用するために隣接する基地局との協調が更に探究される。図12および図13は、提案される概念を適用した後のアンテナ構成における効果を示している。

10

20

30

40

50

【0044】

図12は、高負荷シナリオにおける無線通信システムの2つの基地局1210の一例を示している。両方の基地局は、全てのユーザ1220（無線ユーザ機器）のサービスの質（QoS）要件を満たすために4つの動作アンテナで動作する。適切に、図13は、低トラフィックシナリオにおける2つの基地局1310を示している。左側の基地局では、4つのアンテナの中から2つだけが使用される（右側の基地局では、4つのアンテナの中から3つが使用される）。ユーザ1320の更に高いトラフィック要求に起因する更なる無線リソースの必要性は、最終的に、右側の基地局からの無線リソース（利用できる残りのキャパシティ）を使用することによって満たされる。これは、ネットワーク動作のために使用される動作アンテナの数への影響を示す。

【0045】

アルゴリズムは、最小のエネルギーコストで所要レベルのネットワークサービスを与えつつ、各セルサイトでアナログRFトランシーバモジュールの最小限の組の使用を確保してもよい。

【0046】

アルゴリズムは、バックグラウンドで、別個の計算ポイントで、あるいは、各基地局で局所的に実行してもよい。エネルギー最適アンテナ構成のための計算プロセスの結果をその後を使用して、確立された省エネルギー対策を実際に展開する。

【0047】

図14は、提案される概念1400（アルゴリズム）の想定し得る具体的な実施の詳細な統一モデリング言語図を示している。

【0048】

例えば、提案される概念の目的は、現在のネットワーク状態に基づいて想定し得る最も低いエネルギーコストでユーザQoS要件を満たすことである。最も関連する利得は、通常のネットワーク動作と比べたOPEXコスト（動作費用コスト）全体の低減とすることができる。（図中の）7つのビルディングブロックは、省エネルギースキームを実施するために協働する。以下、それらの個々の機能性およびそれらの相互作用について説明する。

【0049】

トラフィック負荷測定ブロック1410は、無線アクセスネットワークに現存するトラフィック負荷を測定する、例えば基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。この測定は、動作中のモバイル端末がそれらの基地局とやりとりする連続信号データにより常に行なうことができる。提案されたスキームでは、測定出力をビット/秒で表わすことができ且つそれが例えば各ユーザによって発生されるトラフィックの合計により表わされることを前提とする。トラフィック負荷測定ブロック1410がトラフィック負荷判定器によって実現されてもよい。

【0050】

閾値範囲ブロック1420は、提案される省エネルギーポリシーの起動を試みることができるか否かを計算する、例えば基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。この目的のために2つの閾値が使用される(図10)。測定された無線トラフィック負荷が下側の(負荷)閾値1010(L__threshold)を下回っているとき、あるいは高い方の(負荷)閾値1020(H__threshold)を上回っているときは常に、この情報がアンテナ構成ブロック1430へ送られ、それにより、適切なアンテナ構成設定が動作される。測定された無線トラフィック負荷が2つの閾値の間にとどまるときには、措置がとられず、アルゴリズムは制御をトラフィック負荷測定ブロック1410に戻す。閾値の設定は、後述するポリシーにしたがって閾値範囲調整ブロック1470で行なわれる。閾値範囲ブロック1420が電力制御ユニットによって実現されてもよい。

10

【0051】

アンテナ構成ブロック1430は、現在の無線トラフィックパターンを用いてユーザQoS要件を満たすために必要とされるローカルアンテナの最少数を決定する、例えば基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。アンテナ構成ブロック1430が電力制御ユニットによって実現されてもよい。

【0052】

このブロックでとられる動作は、閾値範囲ブロック1420からくる、あるいはユーザQoSチェックブロック1440で行なわれるQoS(サービスの質)測定試験からくる、無線トラフィック負荷報告(判定されたトラフィック負荷)に依存する。

20

【0053】

まず最初に、閾値範囲ブロック1420からくる無線トラフィック負荷報告に基づいて動作を解析する。

【0054】

トラフィック負荷測定ブロック1410で測定される報告された無線トラフィック負荷がL__thresholdを下回る場合には、図10に示されるように特定数xのPA(アンテナ、電力増幅器)がOFFに切り換えられる。変数xの値は、例えば、無線トラフィック減少量、例えば をOFFに切り換えられるPA(電力増幅器)の数xに対してマッピングする階段関数を使用することによって割り当てることができる。このとき、1つの想定し得るアンテナ構成ポリシーは、無線トラフィック減少量 に基づいて可能な限り多くのアンテナをOFFに切り換えることとすることができる。

30

【0055】

測定された無線トラフィック負荷がH__thresholdを上回る場合には、図10に示されるように特定数yのPA(アンテナ、電力増幅器)がONに切り換えられる。変数yの値は、例えば、無線トラフィック減少量、例えば をONに切り換えられるPAの数yに対してマッピングする階段関数を使用することによって割り当てることができる。このとき、1つの想定し得るポリシーは、無線トラフィック増加量 に基づいて可能な限り少ないアンテナをONに切り換えることとすることができる。

【0056】

ここで、入力がユーザQoSチェックブロック1440から生じるときにアンテナ構成ブロック1430でとられる動作を考慮に入れる。ユーザQoSチェックブロック1440はユーザのQoS要件の達成を評価する役目がある。結果は肯定的または否定的のどちらかとなり得る。この結果に基づいて、アンテナ構成ブロック1430で異なる動作がとられる。

40

【0057】

動作アンテナの数の減少がユーザQoS要件を満たすのに十分でない場合、アンテナ構成ブロックはまず、QoSのギャップを満たすために使用できる更なる無線リソースを探し出すために基地局に協調を求める。図14を参照すると、この動作は、アンテナ構成ブロック1430を基地局協調ブロック1450に接続する矢印により示される。

50

【 0 0 5 8 】

基地局協調がユーザ Q o S 達成を可能にすれば、アンテナ構成が受け入れられ、選択された協調戦略の展開がシステム構成展開ブロック 1 4 6 0 によって実行される。

【 0 0 5 9 】

そのような構成を展開する前に動作アンテナの数の減少がユーザ Q o S 要件を満たすのに十分な場合、アンテナ構成ブロックは、最初に、更なるアナログ R F トランシーバを O F F に切り換えることができるかどうかをチェックする。その後、動作アンテナの数が更に少ない新たな構成が試みられる。ユーザ Q o S チェックブロック 1 4 4 0 からの結果に応じて、アンテナ構成ブロックは、(i) そのような構成により Q o S 要件が依然として達成可能である場合にはアナログ R F トランシーバをシャットダウンし続けることができ、あるいは、(i i) 所望の Q o S レベルを達成するために基地局協調を使用しようと試みることができる。

10

【 0 0 6 0 】

所望の Q o S レベルを達成できる構成が見いだされないと直ぐに手続きが停止する。この場合、アンテナ構成ブロックは、ユーザのための目標 Q o S レベルを確保して動作中のアナログ R F トランシーバの数を最小にする最新の作業構成を再開する。

【 0 0 6 1 】

結果として得られるシステム構成 (動作アンテナの組) が実際の展開のためにシステム構成展開ブロック 1 4 6 0 に対して与えられる。

【 0 0 6 2 】

ユーザ Q o S チェックブロック 1 4 4 0 は、現在のアンテナ構成が必要な Q o S 要件をユーザに与えることができるか否かを判定する、例えば基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。この動作は、利用できる無線リソース全体 (ローカルリソース + 基地局協調から最終的に得るリソース) が所望の Q o S レベルをユーザに与えることができるかどうかをチェックすることによって行なうことができる。Q o S 評価は、実際のチャネル品質と利用できる無線リソースとに基づいて、現在のユーザ処理能力要件とそれらを満たすことができる可能性とを評価することによって行なわれる。ユーザ Q o S チェックブロック 1 4 4 0 が電力制御ユニットによって実現されてもよい。

20

【 0 0 6 3 】

Q o S 試験の結果は、その後の動作の評価のためにアンテナ構成ブロック 1 4 3 0 へ再び送られる。

30

【 0 0 6 4 】

基地局協調ブロック 1 4 5 0 は、更なる無線リソースを求めている基地局へ与えることができる想定し得る基地局協調組が存在するか否かを判定する、基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。このメカニズムは、隣接する基地局に対するリソース要求問い合わせプロセスによって実施することができ、隣接する基地局は、それらの協調できるあるいは協調できない能力と、それらが与えることができる無線リソースの最終的な量とにしたがって応答する。この計算段階では、基地局協調を可能にするために必要とされる帰路キャパシティに関する要件を考慮に入れることができる。この構成の出力は、Q o S 評価のためにユーザ Q o S チェックブロック 1 4 4 0 に与えられる。基地局協調ブロック 1 4 5 0 が協調キャパシティ判定器によって実現することができる。

40

【 0 0 6 5 】

システム構成展開ブロック 1 4 6 0 は、目標 Q o S を達成するためにそれが必要とされるかどうかにかかわらず、最終的な基地局協調プロセスと共にローカル基地局で実際のアンテナ構成を展開することを担う、基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。その後、閾値範囲調整のために、制御が閾値範囲調整ブロック 1 4 7 0 へ送られる。システム構成展開ブロック 1 4 6 0 が電力制御ユニットによって実現することができる。

【 0 0 6 6 】

閾値範囲調整ブロック 1 4 7 0 は、現在のユーザトラフィックパターンを用いて任意の

50

省エネルギーポリシーを起動できるか否かを判定するために使用される $L_threshold$ および $H_threshold$ を設定することを担う、基地局であるいは遠隔計算ポイントで実行する処理ユニットである。閾値範囲調整ブロック 1470 が電力制御ユニットによって実現されてもよい。

【0067】

アンテナ構成調整をもたらした測定されたユーザトラフィック要求が $H_threshold$ よりも高かった場合には、ユーザトラフィック要求の僅かな変化に起因するアンテナの繰り返し設定を避けるため、 $H_threshold$ が新たな値 + (プラス) 特定の量 に設定される。

【0068】

アンテナ構成調整をもたらした測定されたユーザトラフィック要求が $L_threshold$ よりも低かった場合には、ユーザトラフィック要求の僅かな変化に起因するアンテナの繰り返し設定を避けるため、 $L_threshold$ が新たな値 - (マイナス) 特定の量 に設定される。

【0069】

メカニズム全体は、動作アンテナおよび最終的な協調基地局組の繰り返し設定を伴うことなく、任意の僅かなトラフィック変動が $H_threshold$ および $L_threshold$ 範囲内のままとする(図11)。その後、ユーザトラフィック測定を再開するために、制御がブロック 1410 へ戻される。

【0070】

本発明に係る幾つかの実施形態は、ネットワーク MIMO 技術を適用することにより基地局の RF (無線周波数) トランシーバユニットを無効にすることによってセルラーネットワークにおけるエネルギーを節約する、あるいは基地局のトランシーバユニットを無効にしてネットワーク MIMO 技術および / または協調マルチポイント技術を適用することによってセルラーネットワークにおけるエネルギーを節約するための方法および / または装置に関する。

【0071】

例えば、モバイルネットワークの全エネルギー消費量を最小にするために無線セルラーシステムの各基地局で最少数の動作アンテナを展開するための概念について説明する。解決策に対する制約として、モバイルユーザの QoS 要件が常に保証されなければならない

【0072】

現在のネットワーク状態にしたがって動的に設定されてもよい特定の閾値窓を無線トラフィックが下回るあるいは上回るときには常に、各基地局でエネルギー効率が最も高いアンテナ構成を探すメカニズムが、ネットワーク MIMO 技術を利用することによって起動される。結果として得られるアンテナ構成は、アクティブユーザの QoS ニーズを満たすことによって抑制されてもよい。提案される概念は、基地局の協調で利用する動作 RF トランシーバの数を最小にし、それにより、ユーザからの新たなトラフィック要求が生じるときにアンテナを再び動作させるのを回避することを目的とする。ネットワーク MIMO 協調の使用はユーザの QoS 要件を達成するのに十分でないが、サービスを保証するためにアンテナが再び動作される。

【0073】

提案される概念は、最小動作アンテナ構成スキームを早い時間に達成し、それにより、エネルギー消費に関して利点を与えることができる。

【0074】

前述した概念は、モバイルネットワークアーキテクチャ、無線協調、ネットワーク MIMO、グリーン(環境対策を施した)ネットワークング、および / または、基地局協調の分野で使用することができる。前述した概念を使用することにより、モバイルアクセスネットワークにおける動作費用(OPEX)が低減されてもよい。また、該概念は、省エネルギーのためおよび / またはネットワーク中枢 MIMO において使用されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

例えば、省エネルギーメカニズムに対して基準点が導入されたような前述した概念によって低負荷トラフィックシナリオが目標付けられる。

【 0 0 7 6 】

提案される概念は、省エネルギーを達成するためにネットワークMIMO基地局協調を使用することができる。このため、複数の隣から利用できるリソースで活用される最少数の動作アンテナを選択することができる。

【 0 0 7 7 】

以前の技術、特にセルブリージング技術と比べて、提案される概念は、低負荷システム動作中にエネルギー効率が最も高いアンテナ構成を採用することができる。更なるトラフィック要求がユーザからくるときは常に、システムは、幾つかのアンテナを再び動作させる前に、隣から利用できる未使用の全てのリソースがネットワークMIMO基地局協調によって利用されるかどうかをチェックする。一方、セルブリージング技術はこの柔軟性を利用できず、また、幾つかの状況では、セルブリージング技術が全ての基地局の再起動を必要とすることができる。

10

【 0 0 7 8 】

提案される概念の採用により、かなりのOPEX低減を達成することができる。

【 0 0 7 9 】

図14により既に示されたように、前述した概念の実施のための一例は、与えられたトラフィックを測定し、ユーザトラフィックが特定の閾値よりも小さいかどうかをチェックし、アンテナを(ループ)再構成して基地局協調を有効にすることにより可能な限り多くのアンテナをOFFに切り換え、ユーザのサービスの質が満たされるかどうかをチェックし、構成を展開し、閾値を再構成し、トラフィック測定値を戻すことを含むことができる。

20

【 0 0 8 0 】

前述した概念は、例えば、最も低いエネルギー消費コストでサービスをユーザに与えるために協調ネットワーク-MIMO技術を使用することができる。他の手法は、図15aに示されるように、セルブリージング技術を使用する。これと比較して、ネットワークMIMOは、図15bに示されるように、例えば結合プリコーディング技術によって複数の隣り合うセルからのリソースを組み合わせる(同時に複数の基地局を扱う)。セルブリージングはローカルリソースのみを考慮する(一回で1つの基地局を扱う)。これも先と同様に高い処理能力を必要とする無線機器に関して図16aに示される。これと比べて、前述した概念は、高い処理能力を必要とする無線機器に関する図16bに示されるように、最も少数の動作アンテナを維持して、複数の協調基地局から更なるリソースを与え、それにより、大きなエネルギー節約をもたらすことができる。

30

【 0 0 8 1 】

前述した概念を使用することにより、大きな動作費用節約(OPEX)を達成することができる。また、低トラフィック負荷状態でのエネルギー効率が高いネットワーク動作、および/または、ユーザのサービスの質(QoS)要件を達成しつつ動作中のアンテナまたは電力増幅器の使用数を最小にすることを常に可能にすることができる。

40

【 0 0 8 2 】

本発明に係る幾つかの実施形態は、ネットワークMIMO技術を使用した隣接する基地局との協調により(基地局全体をOFFに切り換えることなく)1つの基地局のアンテナまたはトランシーバユニットの最大数を停止させることによって、セルラーネットワークにおけるエネルギーを節約するための方法および/または装置に関する。

【 0 0 8 3 】

一態様によれば、方法および/または装置は、即座にONまたはOFFに切り換えられる特定数のトランシーバユニットに対してトラフィック負荷の減少または増大をマッピングする階段関数を使用することにより、トランシーバユニットを動的に動作させあるいは停止させる欲張りな方法で機能させることができる。

50

【0084】

他の態様によれば、方法および/または装置は、基地局および協調する基地局の残りの無線リソース（残りの無線送信速度）がユーザ要件を満たすのに十分であるかどうかをチェックすることにより、基地局のMIMOトランシーバユニットの停止がユーザのサービスの質の要件に違反することなく可能かどうかをチェックすることができる。

【0085】

また、方法および/または装置は、（トランシーバユニットを停止させあるいは動作させた後に）現在のネットワーク負荷に基づいて閾値窓を規定することによって閾値を動的な動作プロセスまたは停止プロセスに自動的に適合させることができる。

【0086】

一態様によれば、方法および/または装置は、ユーザにとって望ましいQoSレベルを達成するためにリソースの借入を交渉する協調基地局の組を選択することができる。このため、無線通信システムの有線コアネットワークの特性（例えば、待ち時間、キャパシティ）を考慮することができる。

【0087】

図17は、本発明の一実施形態に係る無線通信システムのノードを制御するための方法1700のフローチャートを示している。ノードは複数のアンテナを備える。方法1700は、無線通信システムにおけるトラフィック負荷を判定すること1710、および、無線通信システムの他のノードとのノードの利用可能な協調キャパシティを判定すること1720を含む。また、方法1700は、判定されたトラフィック負荷と判定された利用可能な協調キャパシティとに基づいてノードのアンテナを動作させるあるいは停止させること1730を含む。

【0088】

また、方法1700は、前述した異なる実施形態の態様を表わす更なる随意的なステップを含むことができる。

【0089】

装置との関連で前述した概念の幾つかの態様を説明してきたが、これらの態様に対応する方法の説明も表わすことは明らかであり、その場合、ブロックまたは機器が方法ステップまたは方法ステップの特徴に対応する。同様に、方法ステップとの関連で説明した態様は、対応するブロックまたは項目あるいは対応する装置の特徴の説明も表わす。

【0090】

特定の実施要件に応じて、本発明の実施形態をハードウェアまたはソフトウェアで実施することができる。実施は、それぞれの方法が実行されるようにプログラム可能なコンピュータシステムと協働する（または、協働できる）、電子的に読み取り可能な制御信号が記憶されるデジタル記憶媒体、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、DVD、ブルーレイ、CD、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、または、フラッシュメモリを使用して行なうことができる。したがって、デジタル記憶媒体はコンピュータ読み取り可能とすることができる。

【0091】

本発明に係る幾つかの実施形態は、本明細書中に記載される方法のうちの1つが実行されるようにプログラム可能なコンピュータシステムと協働できる電子的に読み取り可能な制御信号を有するデータ担体を備える。

【0092】

一般に、本発明の実施形態は、プログラムコードを伴うコンピュータプログラムプロダクトとして実施することができ、プログラムコードは、コンピュータプログラムプロダクトがコンピュータ上で実行するときに方法のうちの1つを実行する働きをする。プログラムコードは例えば機械可読担体に記憶されてもよい。

【0093】

他の実施形態は、機械可読担体に記憶される、本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するためのコンピュータプログラムを備える。

10

20

30

40

50

【0094】

したがって、言い換えると、本発明の方法の一実施形態は、コンピュータプログラムがコンピュータ上で実行するとき本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するためのプログラムコードを有するコンピュータプログラムである。

【0095】

したがって、本発明の方法の更なる実施形態は、本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するためのコンピュータプログラムが記録されて成るデータ担体（または、デジタル記憶媒体、または、コンピュータ可読媒体）である。

【0096】

したがって、本発明の方法の更なる実施形態は、本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するためのコンピュータプログラムを表わすデータストリームまたは一連の信号である。データストリームまたは一連の信号は、例えば、データ通信接続を介して、例えばインターネットを介して転送されるように構成されてもよい。

10

【0097】

更なる実施形態は、本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するように構成されあるいは実行するように適合されている処理手段、例えばコンピュータまたはプログラマブル論理デバイスを備える。

【0098】

更なる実施形態は、本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行するためのコンピュータプログラムがインストールされて成るコンピュータを備える。

20

【0099】

幾つかの実施形態では、本明細書中に記載される方法の機能性の一部または全てを果たすためにプログラマブル論理デバイス（例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイ）を使用することができる。幾つかの実施形態では、フィールドプログラマブルゲートアレイがマイクロプロセッサと協働して本明細書中に記載される方法のうちの1つを実行してもよい。一般に、方法は、任意のハードウェア装置によって実行することができるが望ましい。

【0100】

前述した実施形態は本発明の原理のための単なる例示である。本明細書中に記載される構成および詳細の改良および変形は当業者に明らかであることが理解される。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲のみによって限定されるものであり、本明細書中の実施形態の記述および説明により与えられる特定の詳細によって限定されるものではない。

30

【 図 1 】

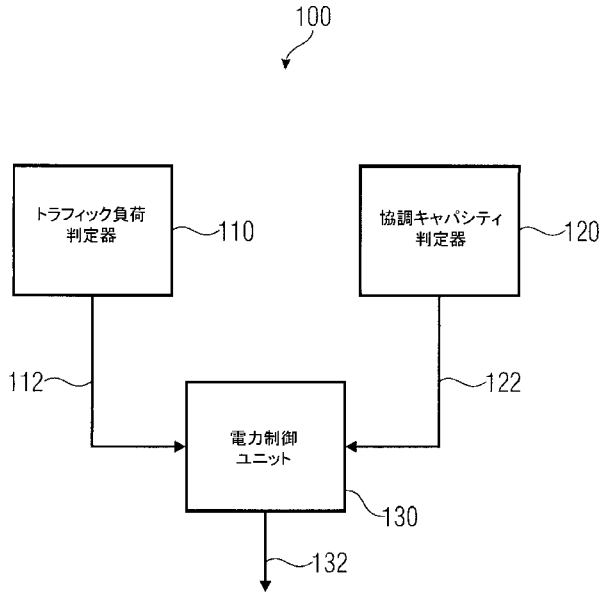


FIG 1

【 図 2 】

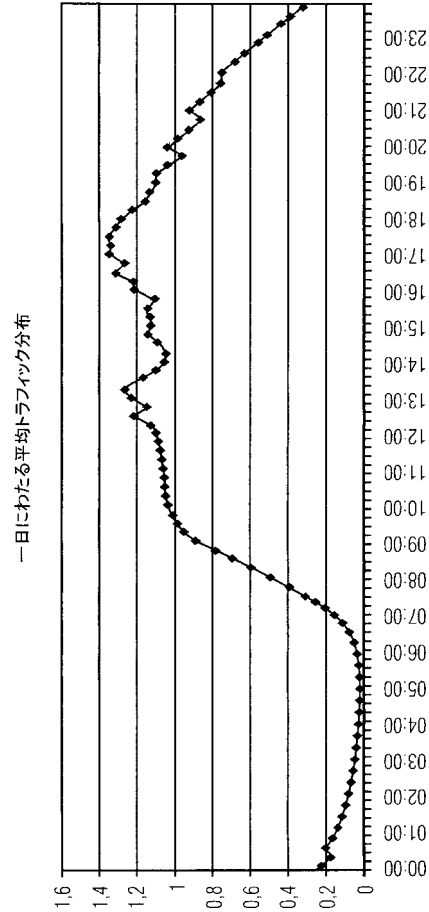


FIG 2

【 図 3 】

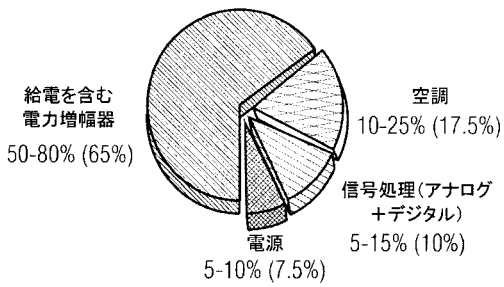


FIG 3

【 図 4 】

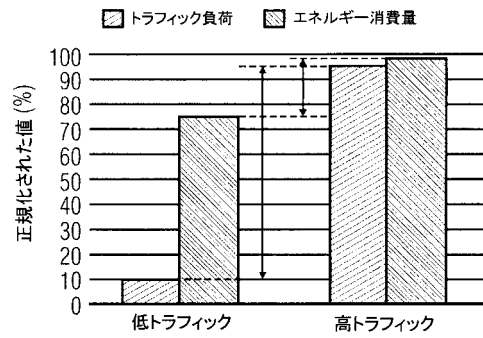


FIG 4

【 図 5 】

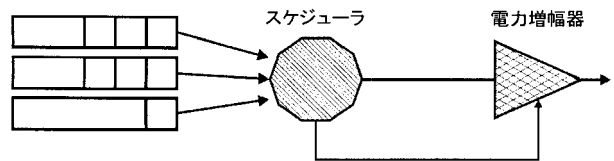


FIG 5

【 図 6 】

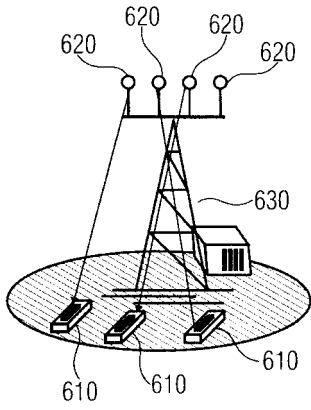


FIG 6

【 図 7 】

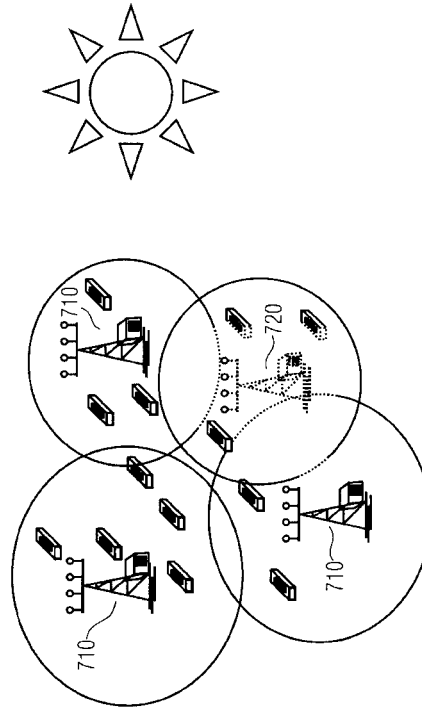


FIG 7

【 図 8 】

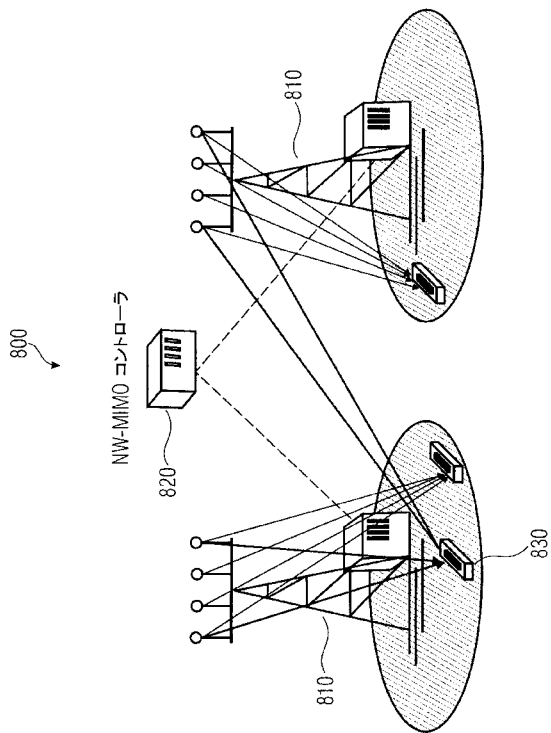


FIG 8

【 図 9 】

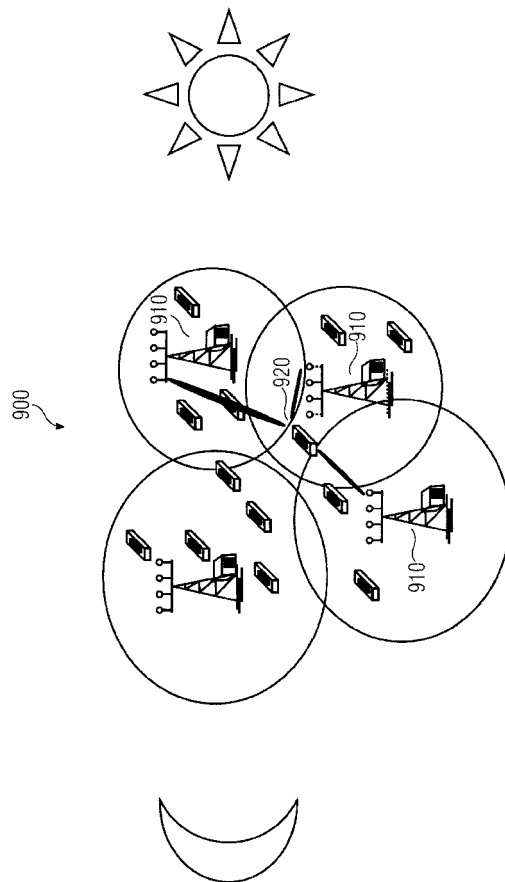


FIG 9

【図10】

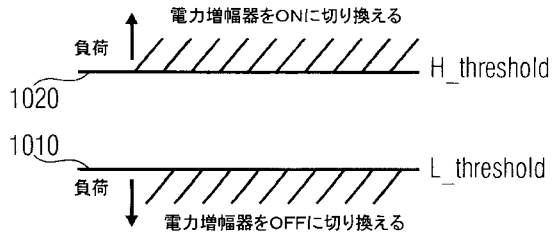


FIG 10

【図11】

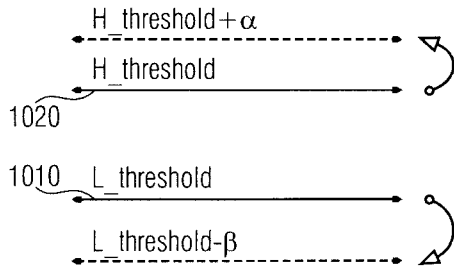


FIG 11

【図12】

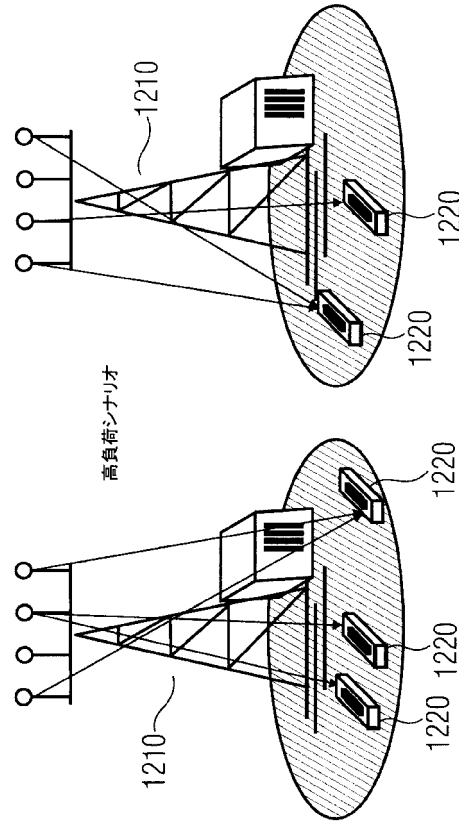


FIG 12

【図13】

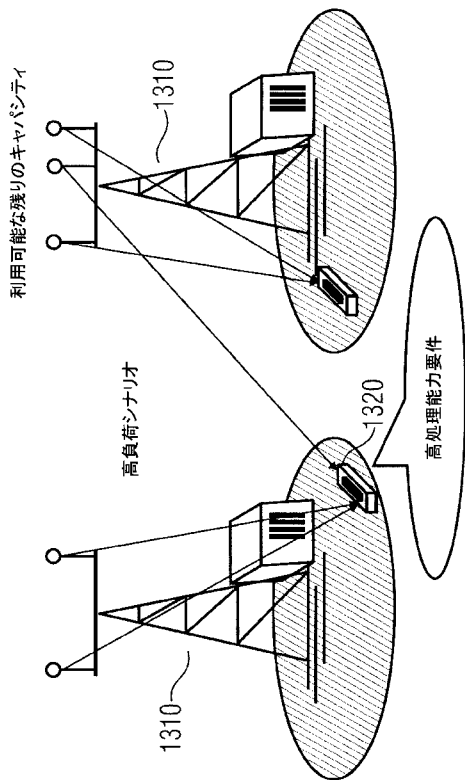


FIG 13

【図14】

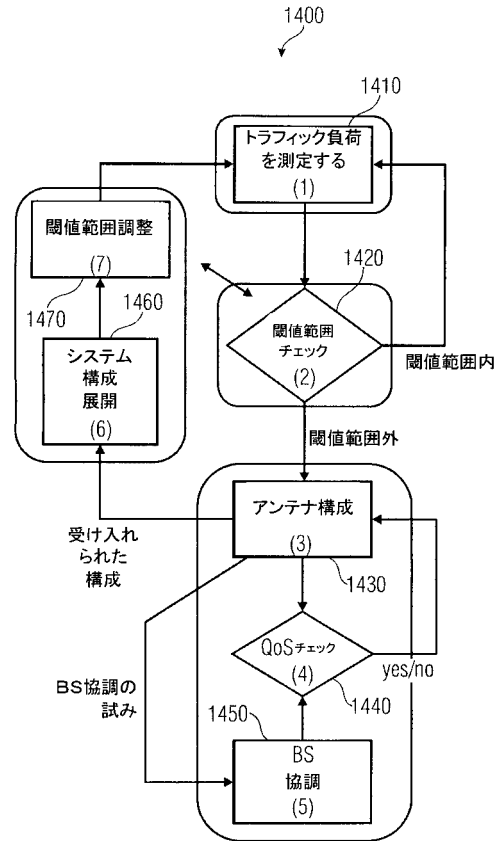


FIG 14

【図 15 a】

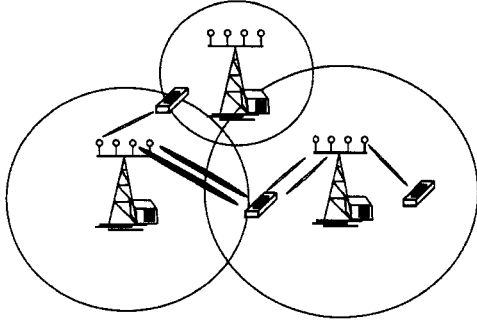


FIG 15A

【図 15 b】

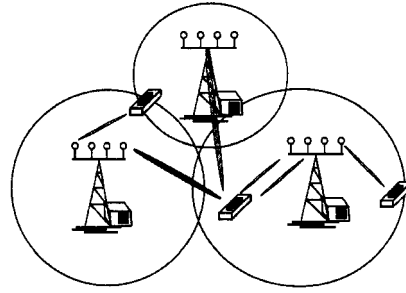


FIG 15B

【図 16 a】

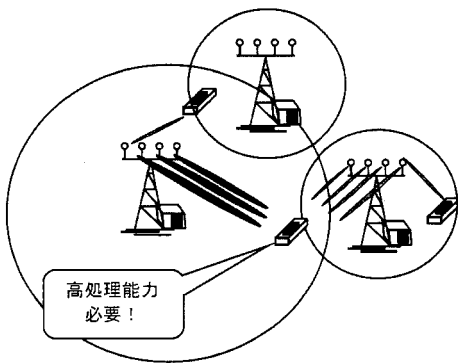


FIG 16A

【図 16 b】

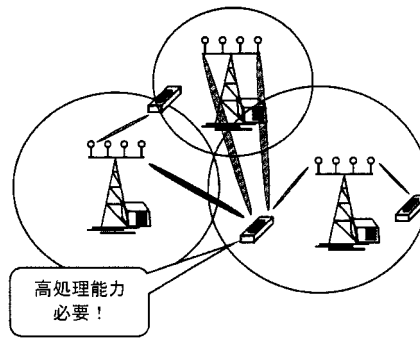


FIG 16B

【 図 17 】

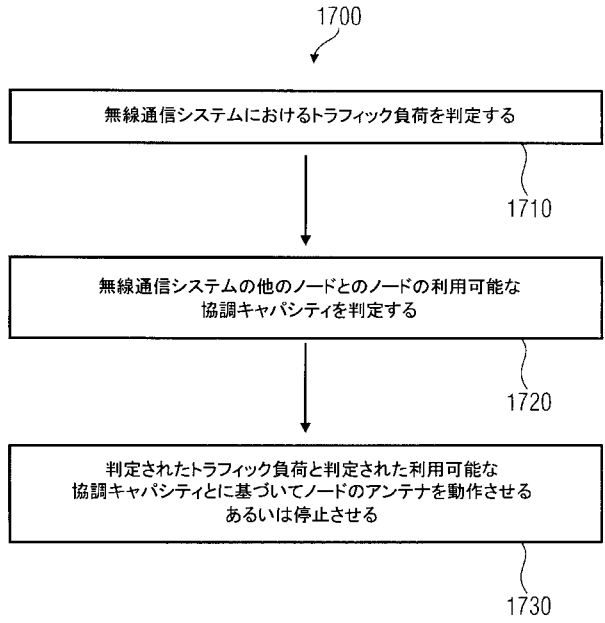


FIG 17

フロントページの続き

- (74)代理人 100154298
弁理士 角田 恭子
- (74)代理人 100166268
弁理士 田中 祐
- (74)代理人 100170379
弁理士 徳本 浩一
- (74)代理人 100161001
弁理士 渡辺 篤司
- (72)発明者 ルカ・スカリア
ドイツ連邦共和国, 8 1 3 7 1 ミュンヘン, ダイザーシュトラッセ 1 4
- (72)発明者 トルステン・ピーアマン
ドイツ連邦共和国, 8 5 7 6 4 オーバーシュライスハイム, ダッハウアーシュトラッセ 1 1
ベー
- (72)発明者 チャンスン・チェ
ドイツ連邦共和国, 8 0 6 6 5 ミュンヘン, パッペンハイムシュトラッセ 5
- (72)発明者 ヴォルフガング・ケレラー
ドイツ連邦共和国, 8 2 2 5 6 フュルステンフェルトブルック, シュトックマイヤーヴェーク
2
- (72)発明者 カズユキ・コース
ドイツ連邦共和国, 8 1 9 2 7 ミュンヘン, グリンマイゼンシュトラッセ 3
- Fターム(参考) 5K067 AA43 EE02 EE10 HH22 KK03

【 外国語明細書 】

Apparatus and Method for Controlling a Node of a Wireless Communication SystemDescription

5

Embodiments according to the invention relate to wireless communication system and particularly to an apparatus and a method for controlling a node of a wireless communication system.

10

In a MIMO-capable base station, each of the antennae that constitutes the MIMO system is connected to a power amplifier that provides the necessary amplification for transmitting and receiving the analog signals. Baseband processing is usually performed in a common block that is shared by all the antennae. Referring to Fig. 3, it is evident from it that up to 15 80% of the overall energy consumption of a base station comes from the power amplifier (see for example “L. Saker, S-E. Elayoubi and H.O. Scheck, System selection and sleep mode for energy saving in cooperative 2G/3G networks, IEEE VTC-fall 2009, Anchorage, September 2009”).

20

On the other hand, it has also been shown that minimizing the usage of the power amplifiers still does not provide any benefit in terms of reduction of energy consumption (see “Micallef, G.; Mogensen, P.; Scheck, H.-O., “Cell Size Breathing and Possibilities to Introduce Cell Sleep Mode”, in Proc. of European Wireless 2010, Lucca, Italy”). This is due to the design choices of the current power amplifiers, which require a lot power supply 25 even when they are not actively used.

30

Fig. 4 shows the impact of the traffic pattern on energy consumption. As it can be seen from it, in low load conditions, the base station operation consumes a lot of energy. The base station hardware in fact is usually tailored to be efficient only at high traffic loads, being dimensioned to provide the required capacity also during the traffic peaks.

35

Putting these considerations in relation to a 24 hours mobile traffic scenario (Fig. 2), as measured in real UMTS cells, it can already be seen how big the room can be for energy improvement in cellular systems.

Base station networking has attracted a lot of research attention recently, due to the relevant benefits achievable in terms of wireless transmission capacity, inter-cell interference management and reduction of energy consumption at the individual cell sites.

Referring to energy efficiency of the mobile network, the use of base station sleeping modes triggered by traffic load analysis has been proposed in some recent research papers (see for example “Jie Gong, Sheng Zhou, ZhishengNiu, Peng Yang, “Traffic-aware base station sleeping in dense cellular networks”, in Proc. of IEEE IWQOS 2010”, “Sheng Zhou, Jie Gong, Zexi Yang, ZhishengNiu and Peng Yang, “Green Mobile Access Network with Dynamic Base Station Energy Saving”, in Proc. of ACM Mobicom 2009” and “LouaiSaker, Salah-EddineElayoubi, TijaniChahed, “Minimizing energy consumption via sleep mode in green base station”, in Proc. of IEEE 2010) and network vendors’ works (see for example “Micallef, G.; Mogensen, P.; Scheck, H.-O., “Cell Size Breathing and Possibilities to Introduce Cell Sleep Mode”, in Proc. of European Wireless 2010, Lucca, Italy” and “Green Radio, “NEC’s Approach towards Energy-efficient Radio Access Networks”. Whitepaper, February 2010”). The idea behind the enabling of sleeping modes at base station is to back up the needed coverage/capacity of the sleeping base station by enlarging the coverage area of one or more surrounding ones.

There are also some local approaches, which use, for example, a scheduling with a queue, which waits and transmits when the channel is good as shown for example in Fig. 5. Other configurations can range from MIMO (multiple input multiple output) up to SISO (single input single output) configurations, as shown for example in Fig. 6. Each mobile device 610 is addressed by only one antenna 620 of the base station 630.

There are distributed and centralized approaches, as for example, a coordination between base stations for energy saving, which switches off some base station sites and provides a same coverage, which is called cell breathing technique (increased transmit range of some neighbor cells). An example for four base stations 710 with one deactivated base station 720 is shown in Fig. 7.

In “Jie Gong, Sheng Zhou, ZhishengNiu, Peng Yang, “Traffic-aware base station sleeping in dense cellular networks”, in Proc. of IEEE IWQOS 2010”, the authors propose a sleeping-mode scheme that switches off some base stations when the traffic load is low. The constraint the authors introduce is based on the guaranteeing of a certain blocking probability. The authors also propose a minimum sleeping-mode holding time to avoid frequent on/off switching at base stations.

In “LouaiSaker, Salah-EddineElayoubi, TijaniChahed, “Minimizing energy consumption via sleep mode in green base station”, in Proc. of IEEE 2010”, two radio allocation schemes are proposed that activate resources only when they are needed to satisfy user

demand and QoS requirement. The first scheme is dynamic. It switches resources ON and OFF as a function of the instantaneous change of the load in the system, which in turn follows the users arrivals and departures. The second scheme is semi-static. It activates and deactivates resources when the mean traffic load varies in the system.

5

In “S. Zhou, J. Gong, Z. Yang, Z. Niu, and P. Yang, “Green mobile access network with dynamic base station energy saving,” MobiCom’09 poster, Sept. 2009”, dynamically turning off certain BS is considered when the network traffic is low. Centralized and decentralized implementations are investigated. The assumption is that all the channel information and the traffic requirements is known at the network side. Energy efficiency of the proposed algorithms and the tradeoff between energy saving and coverage guarantee.

10

It is the object of the present invention to provide an improved concept for saving energy in a wireless communication system.

15

This object is solved by an apparatus according to claim 1 or a method according to claim 11.

20

An embodiment of the invention provides an apparatus for controlling a node of a wireless communication system. The node comprises a plurality of antennas and the apparatus comprises a traffic load determiner, a cooperation capacity determiner and a power control unit. The traffic load determiner is configured to determine a traffic load in the wireless communication system and the cooperation capacity determiner is configured to determine an available cooperation capacity of the node with another node of the wireless communication system. Further, the power control unit is configured to activate or deactivate an antenna of the node based on the determined traffic load and the determined available cooperation capacity.

25

Embodiments according to the present invention are based on the central idea that one or more antennas of a node (e.g. a base station) of a wireless communication system can be deactivated when the traffic load within the wireless communication is low. This deactivation of antennas is done under consideration of an available cooperation capacity of the nodes of the wireless communication system. Therefore, it may be enabled to deactivate more antennas of a node than without consideration of a cooperation capacity, since more than one node can satisfy a required data rate of a user together. In this way, the average number of active antennas can be significantly reduced, which may result directly in a reduced energy consumption.

30

35

In some embodiments according to the invention, the number of active antennas of the plurality of antennas of the node is increased, if the determined traffic load is lower than a lower load threshold, and the number of active antennas may be decreased, if the determined traffic load is higher than an upper load threshold. In this way, the number of active antennas can be dynamically adapted to the current traffic load of the wireless communication system.

In some embodiments according to the invention, the power control unit may activate or deactivate an antenna of the node by activating or deactivating a power amplifier of a transmitter connected to the antenna. In this way, the high energy consumption of one or more power amplifiers of the antennas of a node can be avoided, if the traffic load is low.

Embodiments according to the invention will be detailed subsequently referring to the appended drawings, in which:

15

Fig. 1 is a block diagram of an apparatus for controlling a node of a wireless communication system;

Fig. 2 is a diagram indicating an average traffic pattern as measured in a mobile network cell during a day;

Fig. 3 is a diagram indicating an energy consumption at a base station in terms of individual components;

Fig. 4 is a diagram indicating a relation between traffic load and energy consumption;

Fig. 5 is a block diagram of a scheduler and a power amplifier connected to an antenna of a base station;

30

Fig. 6 is a schematic illustration of a base station providing data to mobile devices;

Fig. 7 is a schematic illustration of a wireless communication system illustrating a cell breathing technique;

35

Fig. 8 is a schematic illustration of a network MIMO configuration;

- Fig. 9 is a schematic illustration of a further example of a network MIMO configuration;
- Fig. 10 is a schematic illustration of a high and a low threshold setting;
- 5 Fig. 11 is a schematic illustration of a reconfiguration of a high and a low threshold setting;
- Fig. 12 is a schematic illustration of a high load scenario;
- 10 Fig. 13 is a schematic illustration of a low load scenario;
- Fig. 14 is a unified modeling language diagram of an algorithm for controlling a node of a wireless communication system;
- 15 Fig. 15a is a schematic illustration of a wireless communication system using a cell breathing technique;
- Fig. 15b is a schematic illustration of a wireless communication system using network MIMO;
- 20 Fig. 16a is a schematic illustration of a wireless communication system using a cell breathing technique;
- Fig. 16b is a schematic illustration of a wireless communication system using network MIMO; and
- 25 Fig. 17 is a flowchart of a method for controlling an node of a wireless communication system.
- 30

In the following, the same reference numerals are partly used for objects and functional units having the same or similar functional properties and the description thereof with regard to a figure shall apply also to other figures in order to reduce redundancy in the description of the embodiments.

35

Several techniques have been proposed so far in the context of network MIMO (joint precoding, coordinated scheduling and beamforming and so on, see for example “V. Jungnickel, L. Thiele, T. Wirth, T. Haustein, S. Schiffermüller, A. Forck, S. Wahls, S.

Jaeckel, S. Schubert, H. Gäbler, and others, "Coordinated Multipoint Trials in the Downlink," Proc. 5th IEEE Broadband Wireless Access Workshop (BWAWS), Ieee, 2009, pp. 1-7", "S. Venkatesan, H. Huang, A. Lozano, and R. Valenzuela, "A WiMAX-based Implementation of Network MIMO for Indoor Wireless Systems," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2009, p. 3" and "A. Benjebbour, M. Shirakabe, Y. Ohwatari, J. Hagiwara, and T. Ohya, "Evaluation of User Throughput for MU-MIMO Coordinated Wireless Networks," 2008 IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Ieee, 2008"), each of them achieving different performance merits.

10

In "YANG Wei, LI Li-hua, SUN Wan-lu, "Energy-Efficient Relay Selection and Optimal Relay Location in Cooperative Cellular Networks with Asymmetric Traffic", in "The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications", Elsevier, Sept 2010", relay nodes' cooperation with base stations is evaluated in terms of energy consumption. Energy-efficient cooperation regions are investigated. The cooperation energy-gain is defined as the percentage of energy saving achieved by cooperation to get the same spectral efficiency as the direct transmission between MS and BS. Only the intrinsic performance gains of base station cooperation are considered. Similar approaches are used in the wireless sensor network extent.

20

In "L. Saker, S-E. Elayoubi and H.O. Scheck, System selection and sleep mode for energy saving in cooperative 2G/3G networks, IEEE VTC-fall 2009, Anchorage, September 2009" cooperation between 2G and 3G systems is also regarded as a mean for energy saving.

25

In the following, a cellular network 800 that allows for network MIMO techniques (target network configuration) may be assumed, as it is shown, for example, in Fig. 8. In this example, two base stations 810 (nodes), each equipped with four antennas, are illustrated. Further, a network-MIMO controller 820 controlling a cooperative transmission to a wireless device 830 or a cooperative reception from a wireless device 830 is shown. Another example 900 for the use of a cooperative network-MIMO technique, for example, for keeping the highest (possible) number of antennas off or to minimize the number of active antennas is shown in Fig. 9. The illustrated wireless communication system comprises three base stations 910 providing data to the same wireless device 920.

35

Fig. 1 shows a block diagram of an apparatus 100 for controlling a node of a wireless communication system according to an embodiment of the invention. The node to be controlled comprises a plurality of antennas. The apparatus 100 comprises a traffic load

determiner 110, a cooperation capacity determiner 120 and a power control unit 130. The traffic load determiner 110 and the cooperation capacity determiner 120 are connected to the power control unit 130. The traffic load determiner 110 determines a traffic load 112 in the wireless communication system and the cooperation capacity determiner 120
5 determines an available cooperation capacity 122 of the node with one or more other nodes of the wireless communication system. Further, the power control unit 130 activates or deactivates an antenna of the node based on the determined traffic load 112 and the determined available cooperation capacity 122. For this, the power control unit 130 may generate a control signal 132 triggering an activation or a deactivation of an antenna of the
10 node.

By activating or deactivating antennas of the node, the available transmission rate capacity of the node can be dynamically adapted to the current load of the wireless communication system. In this way, an average energy consumption of the node can be significantly
15 reduced, since not all antennas are active, if the traffic load is low.

A node of a wireless communication system is, for example, a base station, a relay station or a remote computation point of the wireless communication system.

20 The traffic load determiner 110 may measure a traffic load 112 currently present in the wireless communication system. For example, the traffic load 112 may represent the current wireless transmission rate of the node to be controlled to one or more wireless devices (e.g. cell phone, laptop), an average wireless transmission rate of more than one node of the wireless communication system or a wireline transmission rate of the node
25 with other nodes, a wireline transmission rate between a group of nodes in the wireless communication system or the sum of the wireless traffic generated by each user (e.g. each mobile user, each wireless device). The traffic load 112 may be expressed, for example in bits per second.

30 The cooperation capacity determiner 120 may determine whether or not there exists a possible set of cooperation nodes that is able to provide additional wireless resources (e.g. wireless transmission rate) to the controlled node. This may be implemented, for example, by means of a resource request inquiry process to the neighboring nodes, which will respond according to their capability of cooperating or not and the eventual amount of
35 radio resources it can provide. In this way, the cooperation capacity determiner 120 may determine the available cooperation capacity 122 of the node to be controlled with one or more other nodes of the wireless communication system. In other words, the cooperation capacity determiner 120 may transmit a cooperation capacity request to at least one

neighboring node and may determine the available cooperation capacity 122 based on a cooperation capacity respond received from the at least one neighboring node.

5 The power control unit 140 uses the information gathered by the traffic load determiner 110 and the cooperation capacity determiner 120 to decide whether or not an antenna of the node can be deactivated or whether or not an antenna of the node has to be activated to fulfill the required demand of currently present users.

10 An antenna of a node may be activated or deactivated by switching on or off, for example, the transmitter and/or the receiver connected to the antenna or by switching on or off the power amplifier of the transmitter and/or the receiver connected to the antenna. It may be sufficient to switch on or off the power amplifier of the transmitter (and/or the receiver), since this is usually the most energy consuming part of the transmitter (and/or the receiver), as also shown in Fig. 3. This activation or deactivation may be triggered by the control
15 signal 132 provided by the power control unit 130.

In some embodiments according to the invention, the power control unit 130 may decrease a number of active antennas of the plurality of antennas of the node, if the determined traffic load 112 is lower than a lower load threshold 1010, and may increase the number of
20 active antennas, if the determined traffic load 112 is higher than an upper load threshold 1020. This is illustrated in Fig. 10. If the current traffic load is higher than an upper load threshold 1020 (H_threshold), the power control unit 130 may switch on, for example, a power amplifier of an additional antenna of the node. Otherwise, if the current traffic load 112 is below a lower load threshold 1010 (L_threshold), the power control unit 130 may
25 switch off, for example, a power amplifier of an antenna of the node. If the traffic load 112 is between the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010, the power control unit 130 may keep the current set of active antennas of the plurality of antennas of the node.

30 The power control unit 130 may determine a required set of active antennas of the plurality of antennas based on the determined traffic load 112 and the determined available cooperation capacity 122, if the determined traffic load 112 is higher than an upper load threshold 1020 or lower than a lower load threshold 1010. Alternatively, the power control unit 130 may determine a required set of active antennas of the plurality of antennas based
35 on the determined traffic load 112 and the determined available cooperation capacity 122, if the determined traffic load minus the determined available cooperation capacity 122 is higher than an upper load threshold 1020 or lower than a lower load threshold 1010. Further alternatively, the determined available cooperation capacity 122 may be considered for the

determination of the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010 (e.g. by adding or subtracting the available cooperation capacity).

5 The power control unit 130 may activate or deactivate an antenna of a node based on the determined required set of antennas.

Further, the power control unit 130 may determine the required set of active antennas, for example, so that the quality of service constraint of at least one wireless user device (e.g. cell phone or laptop) is fulfilled. In other words, the power control unit 130 may try to find
10 a set of active antennas of the node, which is able to fulfill the demands (one or more quality of service constraints) of the wireless user devices within a transmission range of the node or of the wireless communication system. For example, if a wireless user device requires a certain data rate, the power control unit 130 tries to find a set of active antennas able to satisfy this data rate requirement, while also considering the available cooperation
15 capacity 122.

For example, the power control unit 130 may determine the required set of active antennas, so that the quality of service constraint of the at least one wireless user device is satisfiable by using the determined required set of active antennas and at least partly the determined
20 available cooperation capacity 122 while the quality of service constraint of the at least one wireless user device is not satisfiable by using only the determined required set of active antennas without using at least partly the determined available cooperation capacity 122. This case is of special interest, since the power control unit 130 may have to activate more antennas than the determined required set of active antennas, if the available cooperation
25 capacity 122 is not exploited. In other words, by using at least partly the determined available cooperation capacity 122, more antennas can be deactivated, so that the energy consumption can be reduced.

For optimizing the energy consumption, the power control unit 130 may determine the
30 required set of active antennas, for example, so that the required set of active antennas comprises a minimal number of required active antennas satisfying the determined traffic load 112 (consequently satisfying the current wireless user demands) under consideration of the determined available cooperation capacity 122.

35 In some embodiments according to the invention, the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010 are adapted to the current set of active antennas. For this, the power control unit 130 may adjust the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010 after increasing or decreasing the number of active antennas. The

thresholds may be adapted, for example, so that the current traffic load, which is satisfied by the current set of active antennas, is located between the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010. In other words, the upper load threshold 1020 and the lower load threshold 1010 may be increased, if the number of active antennas is increased and the upper load threshold and the lower load threshold may be decreased, if the number of active antennas is decreased. This is illustrated in Fig. 11 for an increasing number of active antennas resulting in an increase of the threshold for the upper load threshold ($H_threshold-\alpha$) and for a decreasing of the number of active antennas resulting in a decrease of the threshold for the lower load threshold ($L_threshold-\beta$).

10

In some embodiments according to the invention, the power control unit 130 may keep at least one antenna of the plurality of antennas of the node active so that a minimal data rate within the area (cell) covered by the node can be guaranteed. Further, in this way the node may be able to react faster to a varying load situation as well as at least a minimal cooperation capacity can be provided to neighboring nodes.

15

In the following, embodiments of the invention is described in more detail. Although different aspects of the invention are implemented together in this example, these aspects may also be realized independent from each other.

20

A cellular network scenario is considered where base stations are equipped with N transmit/receive antennas. Each antenna may be equipped with an analog RF transceiver module (referred also as a power amplifier) that controls the amplification gain of the transmitted/received signals. A base station equipped with N antennas will thus be equipped with N analog RF transceivers. Analog RF transceivers are the most energy consuming components at base stations. Based on this understanding, the proposed concept aims at switching off, for example, as many analog RF transceiver modules as possible at each base station, thus achieving high energy efficiency performance, while ensuring the QoS requirements of the mobile user(s). In other terms, the proposed concept may be able to configure a base station such that it can serve the connected mobile users with the required QoS level, while using the minimum number of active analog RF transceiver modules. The actions taken by the proposed concept may be triggered by the actual wireless traffic load present into the wireless cell. When the user traffic demand (e.g. expressed in Kbps) exits a certain threshold window, the algorithm may search for the most energy efficient antennae configuration that is able to fulfill the QoS needs of the users. Base station cooperation is eventually used to achieve this goal. Whereas a certain number of active antennae (or equivalently active analog RF transceivers or power amplifiers) is notable to fulfill the QoS requirements of the user(s), cooperation with

35

neighbor base stations is further explored to exploit unused wireless capacity available at the neighbor cells. Figs. 12 and 13 show the effect in the antennae configuration after applying the proposed concept.

5 Fig. 12 shows an example of two base stations 1210 of a wireless communication system in a high load scenario. Both base stations operate with four active antennas in order to fulfill the quality of service (QoS) requirements of all users 1220 (wireless user devices). Fittingly, Fig. 13 shows two base stations 1310 in a low traffic scenario. Only two out of
10 four antennas are used at the base station on the left hand side (and three out of four antennas are used at the base station on the right hand side). The need of additional wireless resources, due to higher traffic demand of the user 1320, is eventually fulfilled by using wireless resources from the base station on the right hand side (residual capacity available). This illustrates the effect on the number of active antennas used for network operation.

15

The algorithm may ensure the use of a minimal set of analog RF transceiver modules at each cell site, while providing the required level of network service at the minimal energy cost.

20 The algorithm may run in background, in a separate computation point or locally at each base station. The results of the computation process for the energy optimal antennae configuration are then used to actually deploy the established energy saving strategy.

25 Fig. 14 shows a detailed unified modeling language diagram of a possible concrete implementation of the proposed concept 1400 (algorithm).

30 For example, the aim of the proposed concept is to fulfill the user QoS requirements at the lowest energy cost possible based on the current network conditions. The most relevant gain may be the reduction of the overall OPEX costs (operational expense costs) compared to normal network operation. Seven building blocks (in the diagram) concur to implement the energy saving scheme. The description of their individual functionalities as well as their interactions are discussed in the following.

35 The measure traffic load block 1410 is the processing unit, running for example at the base station or on a remote computation point, that measures the traffic load currently present in the wireless access network. This measurement can be constantly performed thanks to the continuous signaling data that active mobile terminals exchange with their base station. In the proposed scheme, it is assumed that the measurement output can be expressed in

bits/second and it is represented by the sum of the traffic generated by each user, for example. The measure traffic load block 1410 may be realized by the traffic load determiner.

5 The threshold range block 1420 is the processing unit, running for example at the base station or on a remote computation point, that computes whether the activation of the proposed energy saving policy can be attempted or not. Two thresholds are used for this goal (Fig. 10). Whenever the measured wireless traffic load is below the lower (load) threshold 1010 (L_threshold) or above the higher (load) threshold 1020 (H_threshold), this
10 information is passed to the antennae configuration block 1430 to activate the appropriate antennae configuration settings. When the measured wireless traffic load remains between the two thresholds, no action is taken and the algorithm returns the control to the measure traffic load block 1410. The setting of the thresholds is performed at the threshold range adjustment block 1470 according to the policy described below. The threshold range block
15 1420 may be realized by the power control unit.

The antennae configuration block 1430 is the processing unit, running for example at the base station or on a remote computation point, that determines the minimum number of local antennae needed to fulfill the user(s) QoS requirements with the current wireless
20 traffic pattern. The antennae configuration block 1430 may be realized by the power control unit.

The actions taken at this block depend either on the wireless traffic load report (determined traffic load) coming from the threshold range block 1420 or from the QoS (quality of
25 service) measurement test that is performed at the user QoS check block 1440.

Lets first analyze the actions based on the wireless traffic load report coming from the threshold range block 1420.

30 If the reported wireless traffic load, as measured at the measure traffic load block 1410, is below L_threshold, a certain number x of PA (antennae, power amplifier) is switched off, as shown in fig. 10. The value of variable x can be assigned by using for example a stepwise function that maps the amount of wireless traffic reduction, say δ , to the number x of PA (power amplifier) that will be switched off. One possible antennae configuration
35 policy could then be to switch off as many antennae as possible based on the amount of wireless traffic reduction δ .

If the measured wireless traffic load is above the $H_threshold$, a certain number y of PA (antennae, power amplifier) is switched on, as shown on Fig. 10. The value of variable y can be assigned by using for example a stepwise function that maps the amount of wireless traffic reduction, say γ , to the number y of PA that will be switched on. One possible
5 policy could then be to switch on as few antennae as possible based on the amount of wireless traffic increment γ .

Now lets take into account the actions taken at the antennae configuration block 1430 when the input occurs from the user QoS check block 1440. The user QoS check block
10 1440 has the role to assess the achievement of the QoS requirements of the user(s). The result can be either positive or negative. Based on this result, different actions are taken at the antennae configuration block 1430.

If the reduction of the number of active antennae is not sufficient to fulfill the users QoS
15 requirements, the antennae configuration block first resorts on base station cooperation in order to scout for further wireless resources, which could be used to fill the QoS gap. Referring to Fig. 14, this action is indicated by arrow connecting the antennae configuration block 1430 to the base station cooperation block 1450.

20 If base station cooperation allows for user(s) QoS achievement, then the antennae configuration is accepted and the deployment of the selected cooperation strategy is executed through the system configuration deployment block 1460.

If the reduction of the number of active antennae is sufficient to fulfill the users QoS
25 requirements, before deploying such a configuration, the antennae configuration block first checks if further analog RF transceivers can be switched off. A new configuration, with a lesser number of active antennae, is then attempted. Depending on the outcome from the user QoS check block 1440, the antennae configuration block can (i) continue to shut down analog RF transceivers, if the QoS requirement were still achievable with such a
30 configuration, or can (ii) attempt to use base station cooperation, to achieve the desired QoS level.

The procedure stops as soon as no configuration able to achieve the desired QoS level is
35 found. In this case, the antennae configuration block will resume the latest working configuration that ensures the target QoS level for the users and adopts the minimum number of active analog RF transceivers.

The resulting system configuration (set of active antennas) is given to the system configuration deployment block 1460 for actual deployment.

5 The user QoS check block 1440 is the processing unit, running for example at the base station or on a remote computation point, that determines whether or not the present antennae configuration is able to provide the user(s) with the necessary QoS requirements. This operation can be performed by checking if the overall available radio resources (local ones plus those eventually deriving from base station cooperation) can provide the desired QoS level to the user(s). The QoS assessment is performed by means of evaluating the
10 current user throughput requirements and the possibility of fulfilling them based on the actual channel quality and available radio resources. The user QoS check block 1440 may be realized by the power control unit.

15 The result of the QoS test is passed again to the antennae configuration block 1430 for the evaluation of the subsequent actions.

The base station cooperation block 1450 is the processing unit, running at the base station or on a remote computation point, that determines whether or not there exists a possible base station cooperative set that is able to provide additional wireless resources to the
20 requiring base station. This mechanism can be implemented by means of a resource request inquiry process to the neighboring base stations, which will respond according to their capability of cooperating or not and the eventual amount of radio resources they can provide. The requirements on the needed backhaul capacity for enabling base station cooperation may also be taken into account at this computation stage. The output of this
25 configuration is given to the user QoS check block 1440 for QoS assessment. The base station cooperation block 1450 may be realized by the cooperation capacity determiner.

The system configuration deployment block 1460 is the processing unit, running at the base station or on a remote computation point, that is in charge to deploy the actual
30 antennae configuration at the local base station together with the eventual base station cooperation process, whether it is required for achieving the targeted QoS. The control is then passed to the threshold range adjustment block 1470 for threshold range adjustment. The system configuration deployment block 1460 may be realized by the power control unit.

35 The threshold range adjustment block 1470 is the processing unit, running at the base station or on a remote computation point, that is in charge to set the L_threshold and H_threshold that are used to determine whether any energy saving policy can be activated

or not with the current user traffic pattern. The threshold range adjustment block 1470 may be realized by the power control unit.

5 If the measured user traffic demand that originated the antennae configuration adjustment was higher than the $H_threshold$, then the $H_threshold$ is set to the new value plus a certain quantity α , to avoid repetitive settings of the antennas due to slight variations of the user traffic demands.

10 If the measured user traffic demand that originated the antennae configuration adjustment was lower than the $L_threshold$, then the $L_threshold$ is set to the new value minus a certain quantity β , to avoid repetitive settings of the antennas due to slight variations of the user traffic demands.

15 The overall mechanism ensures that any slight traffic oscillation remains within the $H_$ and $L_threshold$ range, without repetitive settings of active antennae and eventual cooperative base station sets (Fig. 11). The control is then given back to block 1410 for resuming the user traffic measurements.

20 Some embodiments according to the invention relate to a method and/or an apparatus for saving energy in cellular networks by disabling RF (radio frequency) transceiver units at base stations by applying network MIMO techniques or saving energy in cellular networks by disabling transceiver units at base stations and applying network MIMO and/or cooperative multipoint techniques.

25 For example, a concept for deploying the minimal number of active antennas at each base station of a wireless cellular system for minimizing the overall energy consumption of the mobile network is described. As a constraint to the solution, it may be imposed that the QoS requirements of the mobile users must be guaranteed anytime.

30 Whenever the wireless traffic is below or above a certain threshold window, that may be dynamically set according to the current network conditions, a mechanism that searches the most energy efficient antennae configuration at each base station is activated by exploiting network MIMO techniques. The resulting antenna configuration may be constrained by the fulfilment of the QoS needs of the active users. The proposed concept
35 aims at minimizing the number of active RF transceivers leveraging on cooperation of base stations, which avoids to re-activate antennas when new traffic requests from the users occur. Whereas the use of network MIMO cooperation is not sufficient to achieve the QoS requirements of the users, antennae are re-activated again to guarantee the service.

The proposed concept may achieve the minimal active antennae configuration scheme at fast time, thus providing benefits in terms of energy consumption.

5 The described concept may be used in the field of mobile network architecture, wireless cooperation, network MIMO, green networking and/or base station cooperation. By using the described concept the operation expenses (OPEX) in mobile access networks may be reduced. Further, the concept may be used for energy saving and/or in network-centric MIMO.

10

For example, the low load traffic scenarios are targeted by the described concept as the reference points were introduced to energy saving mechanisms.

15 The proposed concept may use network MIMO base station cooperation to achieve energy saving. For this, the lowest number of active antennas may be selected leveraging on resources available from multiple neighbors.

20 Compared to previous techniques, and in particular cell breathing ones, the proposed concept may ensure that the most energy efficient antennae configuration is adopted during low load system operation. Whenever further traffic demands come from the users, the system checks if, before re-activating some antennas, all the available and unused resources from the neighbors are exploited by network MIMO base station cooperation. On the other hand, cell breathing techniques cannot exploit this flexibility, and in some circumstances they could require the re-activation of whole base stations.

25

Significant OPEX reduction can be achieved with adoption of the proposed concept.

30 As it was already shown by Fig. 14, an example for an implementation of the described concept may comprise measuring of offered traffic, checking if users traffic is lower than a certain threshold, (loop) reconfiguring antennas and enable base station cooperation to switch off as many antennas as possible, checking if users quality of service is fulfilled, deploying configuration, reconfiguring thresholds and going back to traffic measurements.

35 The described concept may use a cooperative network-MIMO technique to provide the service to the users at the lowest energy consumption costs, for example. Other approaches use cell breathing techniques, as it is shown in Fig. 15a. Compared to this, the network-MIMO combines resources from multiple neighbor cells, for example through joint precoding techniques (multiple serving base stations at same time), as it is shown in Fig.

15b. The cell breathing only considers local resources (one serving base station at a time). This is once again illustrated in Fig. 16a for a wireless device in need of high throughput. Compared to this, the described concept may keep the lowest number of active antennas and provide additional resources from multiple cooperating base stations resulting in major energy savings, as it is shown in Fig. 16b for a wireless device in need of high throughput.

By using the described concept, major operation expense savings (OPEX) may be achieved. Further, an energy efficient network operation in low traffic load condition and/or a use of a lowest number of active antennas or power amplifiers while achieving user quality of service (QoS) requirements anytime may be enabled.

Some embodiments according to the invention relate to a method and/or an apparatus for saving energy in cellular networks by deactivating the maximum number of transceiver units or antennas of a base station by cooperating with neighbor base stations using network MIMO techniques (without switching off the entire base station).

According to an aspect, the method and/or the apparatus may work in a greedy way, dynamically activating or deactivating the transceiver units by using a step function that maps the decrease or increase of traffic load on a certain number of transceiver units that are switched on or off at once.

According to another aspect, the method and/or apparatus may check whether the deactivation of the MIMO transceiver units at the base station is possible without violating the users quality of service requirements by checking whether the remaining radio resources (the remaining wireless transmission rate) at the base station and cooperating ones are sufficient to fulfill the users requirements.

Further, the method and/or apparatus may automatically adapt the threshold for the dynamic deactivation or activation process by defining a threshold window based on the current network load (after deactivating or activating transceiver units).

According to an aspect, the method and/or apparatus may select the set of cooperative base stations with which negotiating the borrowing of resources for achieving the desired QoS level for the users. For this, also properties of the wireline core network of the wireless communication system (e.g. latencies, capacities) may be considered.

Fig. 17 shows a flowchart of a method 1700 for controlling a node of a wireless communication system according to an embodiment of the invention. The node comprises

a plurality of antennas. The method 1700 comprises determining 1710 a traffic load in the wireless communication system and determining 1720 an available cooperation capacity of the node with another node of the wireless communication system. Further, the method 1700 comprises activating or deactivating 1730 an antenna of the node based on the
5 determined traffic load and the determined available cooperation capacity.

Additionally, the method 1700 may comprise further optional steps representing aspects of the different embodiments described above.

10 Although some aspects of the described concept have been described in the context of an apparatus, it is clear that these aspects also represent a description of the corresponding method, where a block or device corresponds to a method step or a feature of a method step. Analogously, aspects described in the context of a method step also represent a description of a corresponding block or item or feature of a corresponding apparatus.

15 Depending on certain implementation requirements, embodiments of the invention can be implemented in hardware or in software. The implementation can be performed using a digital storage medium, for example a floppy disk, a DVD, a Blue-Ray, a CD, a ROM, a PROM, an EPROM, an EEPROM or a FLASH memory, having electronically readable
20 control signals stored thereon, which cooperate (or are capable of cooperating) with a programmable computer system such that the respective method is performed. Therefore, the digital storage medium may be computer readable.

Some embodiments according to the invention comprise a data carrier having
25 electronically readable control signals, which are capable of cooperating with a programmable computer system, such that one of the methods described herein is performed.

Generally, embodiments of the present invention can be implemented as a computer
30 program product with a program code, the program code being operative for performing one of the methods when the computer program product runs on a computer. The program code may for example be stored on a machine readable carrier.

Other embodiments comprise the computer program for performing one of the methods
35 described herein, stored on a machine readable carrier.

In other words, an embodiment of the inventive method is, therefore, a computer program having a program code for performing one of the methods described herein, when the computer program runs on a computer.

5 A further embodiment of the inventive methods is, therefore, a data carrier (or a digital storage medium, or a computer-readable medium) comprising, recorded thereon, the computer program for performing one of the methods described herein.

10 A further embodiment of the inventive method is, therefore, a data stream or a sequence of signals representing the computer program for performing one of the methods described herein. The data stream or the sequence of signals may for example be configured to be transferred via a data communication connection, for example via the Internet.

15 A further embodiment comprises a processing means, for example a computer, or a programmable logic device, configured to or adapted to perform one of the methods described herein.

A further embodiment comprises a computer having installed thereon the computer program for performing one of the methods described herein.

20

In some embodiments, a programmable logic device (for example a field programmable gate array) may be used to perform some or all of the functionalities of the methods described herein. In some embodiments, a field programmable gate array may cooperate with a microprocessor in order to perform one of the methods described herein. Generally,
25 the methods are preferably performed by any hardware apparatus.

The above described embodiments are merely illustrative for the principles of the present invention. It is understood that modifications and variations of the arrangements and the details described herein will be apparent to others skilled in the art. It is the intent,
30 therefore, to be limited only by the scope of the impending patent claims and not by the specific details presented by way of description and explanation of the embodiments herein.

Claims

1. Apparatus (100) for controlling a node of a wireless communication system,
wherein the node comprises a plurality of antennas, the apparatus comprising:
5
a traffic load determiner (110) configured to determine a traffic load (112) in the
wireless communication system;
a cooperation capacity determiner (120) configured to determine an available
10 cooperation capacity (122) of the node with another node of the wireless
communication system; and
a power control unit (130) configured to activate or deactivate an antenna of the
15 node based on the determined traffic load (112) and the determined available
cooperation capacity (122).
2. The Apparatus according to claim 1, wherein the power control unit (130) is
configured to decrease a number of active antennas of the plurality of antennas of
20 the node, if the determined traffic load (112) is lower than a lower load threshold
(1010), and increases the number of active antennas, if the determined traffic load
is higher than an upper load threshold (1020).
3. The Apparatus according to claim 1 or 2, wherein the power control unit (130) is
25 configured to determine a required set of active antennas of the plurality of
antennas based on the determined traffic load (112) and the determined available
cooperation capacity (122), if the determined traffic load (112) is higher than an
upper load threshold (1020) or lower than a lower load threshold (1010), wherein
the power control unit (130) is configured to activate or deactivate an antenna of the
30 node based on the determined required set of antennas.
4. The Apparatus according to claim 3, wherein the power control unit (130) is
configured to determine the required set of active antennas, so that a quality of
service constraint of at least one wireless user device is fulfilled.
- 35 5. The Apparatus according to claim 4, wherein the power control unit (130) is
configured to determine the required set of active antennas, so that the quality of
service constraint of the at least one wireless user device is satisfiable by using the
determined required set of active antennas and at least partly the determined

available cooperation capacity (122) while the quality of service constraint of the at least one wireless user device is not satisfiable by using only the determined required set of active antennas.

- 5 6. The Apparatus according to one of the claims 3 to 5, wherein the power control unit (130) is configured to determine the required set of active antennas, so that the required set of active antennas comprises a minimal number of required active antennas satisfying the determined traffic load (112) under consideration of the determined available cooperation capacity (122).
- 10 7. The Apparatus according to one of the claims 2 to 6, wherein the power control unit (130) is configured to adjust the upper load threshold (1020) and the lower load threshold (1010) after increasing or decreasing the number of active antennas.
- 15 8. The Apparatus according to one of the claims 1 to 7, wherein the cooperation capacity determiner (120) is configured to transmit a cooperation capacity request to at least one neighboring node and to determine the available cooperation capacity (122) based on a cooperation capacity respond received from the at least one neighboring node.
- 20 9. The Apparatus according to one of the claims 1 to 8, wherein the power control unit (130) is configured to activate or deactivate an antenna of the node by activating or deactivating a power amplifier of a transmitter connected to the antenna.
- 25 10. The Apparatus according to one of the claims 1 to 9, wherein the power control unit (130) is configured to keep at least one antenna of the plurality of antennas of the node active.
- 30 11. Method (1700) for controlling a node of a wireless communication system, wherein the node comprises a plurality of antenna, the method comprising:
- determining (1710) a traffic load in the wireless communication system;
- determining (1720) an available cooperation capacity of the node with another node of the wireless communication system; and
- 35 activating or deactivating (1730) an antenna of the node based on the determined traffic load and the determined available cooperation capacity.
12. Computer program with a program code for performing the method according to claim 11, when the computer program runs on a computer or a microcontroller.

Abstract

5 An apparatus (100) for controlling a node of a wireless communication system comprises a traffic load determiner (110), a cooperation capacity determiner (120) and a power control unit (130). The traffic load determiner (110) determines a traffic load (112) in the wireless communication system and the cooperation capacity determiner (120) determines an available cooperation capacity (122) of the node with another node of the wireless communication system. Further, the power control unit (130) activates or deactivates an antenna of a node based on the determined traffic load (112) and the determined available capacity (122).

10

15

Fig. 1

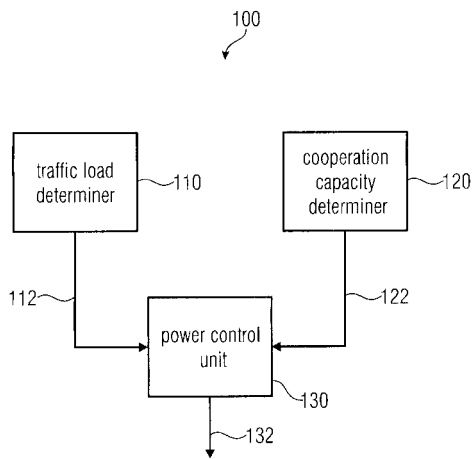


FIG 1

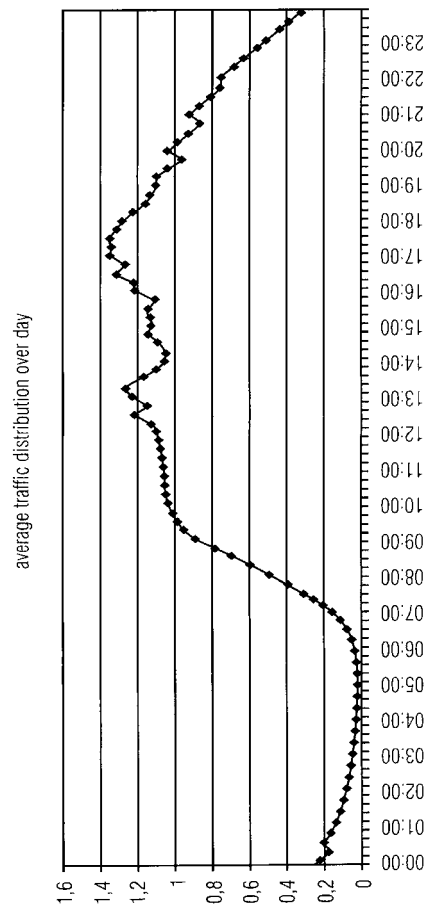


FIG 2

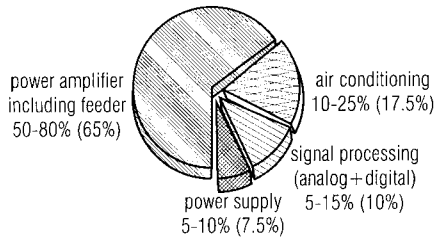


FIG 3

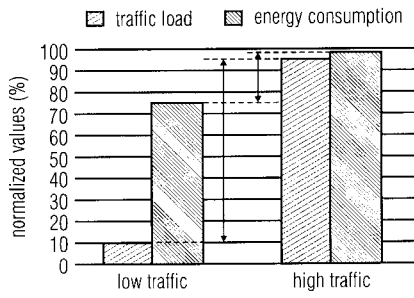


FIG 4

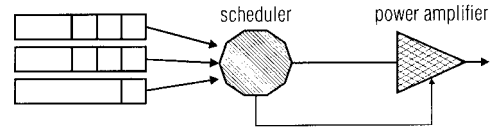


FIG 5

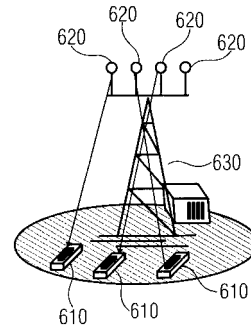


FIG 6

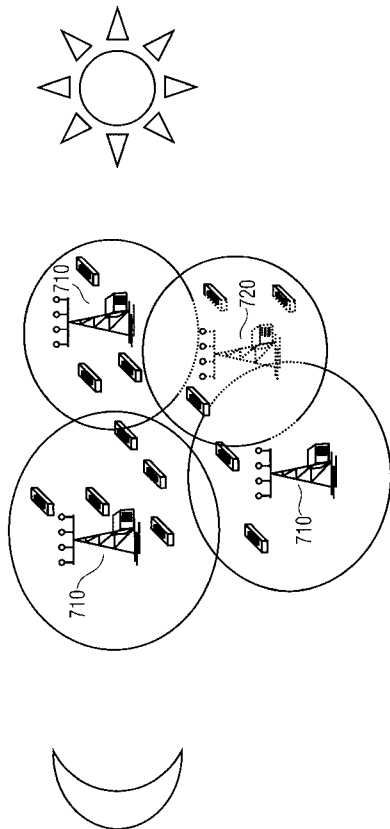


FIG 7

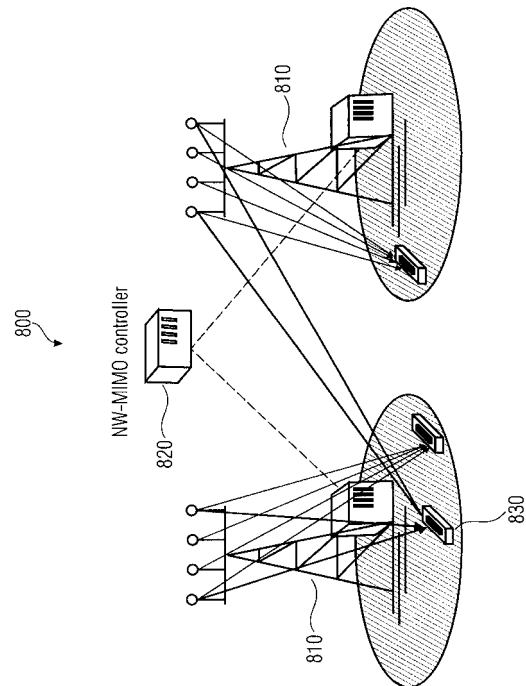


FIG 8

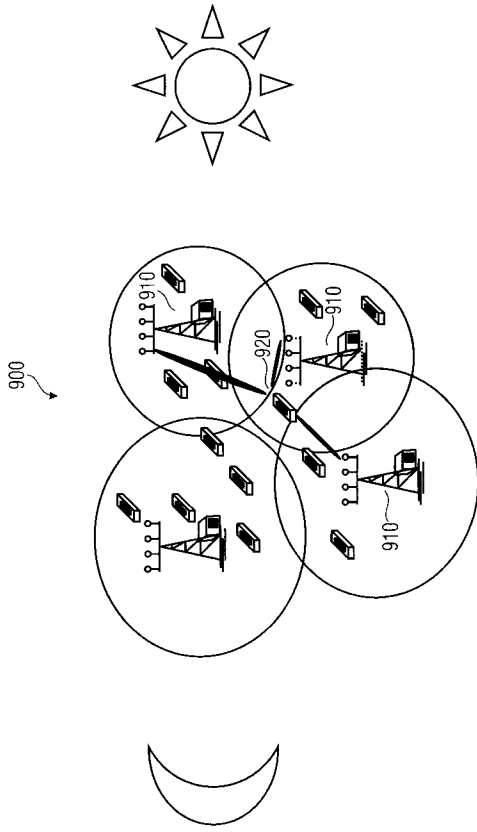


FIG 9

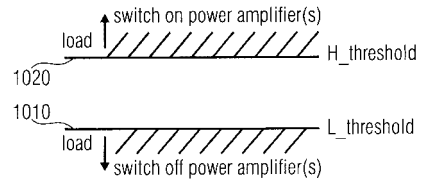


FIG 10

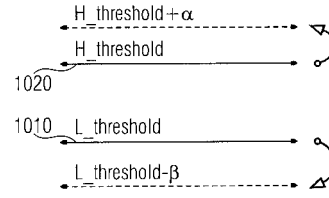


FIG 11

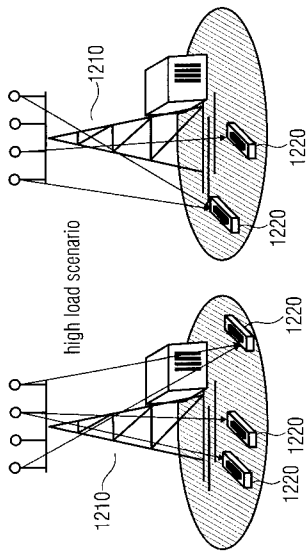


FIG 12

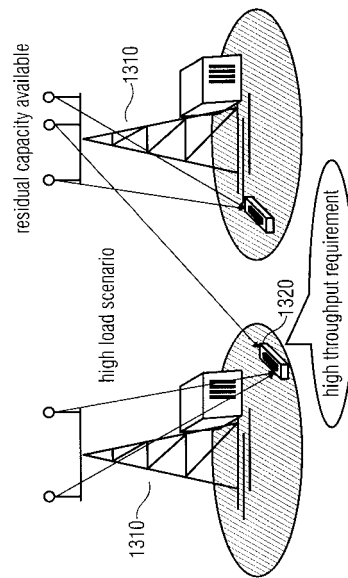


FIG 13

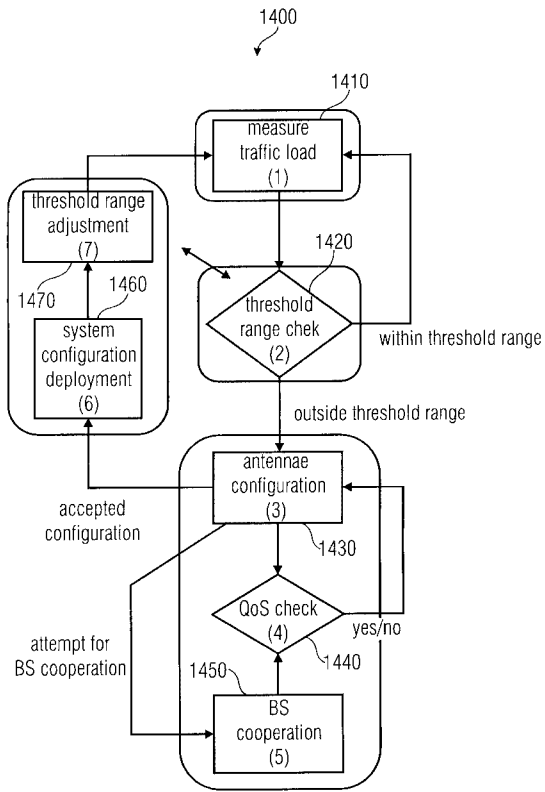


FIG 14

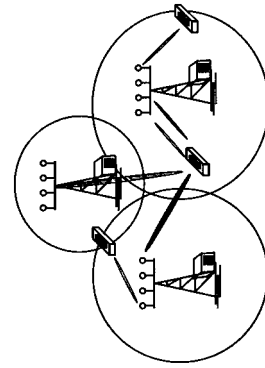


FIG 15B

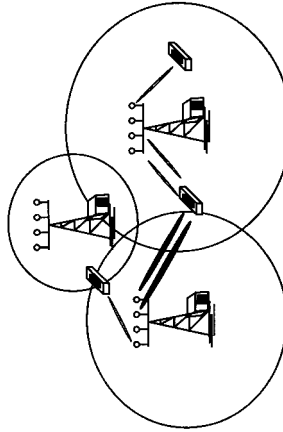


FIG 15A

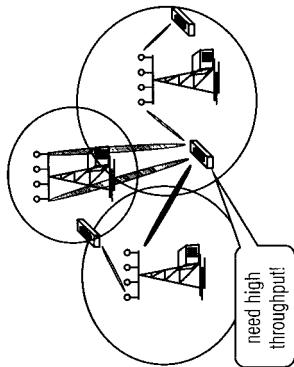


FIG 16B

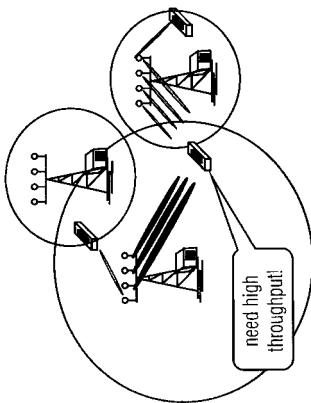


FIG 16A

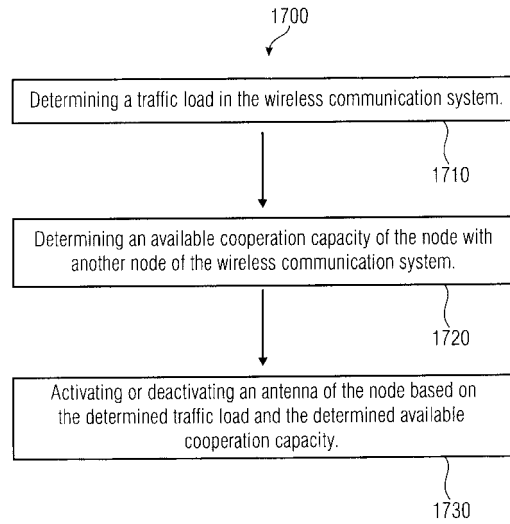


FIG 17