

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6309647号
(P6309647)

(45) 発行日 平成30年4月11日(2018. 4. 11)

(24) 登録日 平成30年3月23日(2018. 3. 23)

(51) Int. Cl. F I
 HO4W 52/02 (2009.01) HO4W 52/02
 HO4W 16/32 (2009.01) HO4W 16/32

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2016-554445 (P2016-554445)	(73) 特許権者	503148270
(86) (22) 出願日	平成26年2月28日 (2014. 2. 28)		テレコム・イタリア・エッセ・ピー・アー
(65) 公表番号	特表2017-506858 (P2017-506858A)		イタリア国 20123 ミラノ, ヴィア
(43) 公表日	平成29年3月9日 (2017. 3. 9)		・ガエターノ・ネグリ 1
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/053954	(74) 代理人	100140109
(87) 国際公開番号	W02015/127988		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開日	平成27年9月3日 (2015. 9. 3)	(74) 代理人	100075270
審査請求日	平成29年2月14日 (2017. 2. 14)		弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100101373
			弁理士 竹内 茂雄
		(74) 代理人	100118902
			弁理士 山本 修
		(74) 代理人	100196508
			弁理士 松尾 淳一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モバイルセルラネットワークにおける電力消費量最適化のための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれのマクロセル(105_{c_i})を定める複数のマクロノード(105_i)と、前記マクロセル(105_{c_i})内の複数のスモールノード(110_{i, j})とを含むセルラネットワーク(100)を管理するための方法(200)であって、複数の時間スナップショットのうちの各現在の時間スナップショットにおいて、各マクロセル(105_{c_i})について、

前記セルラネットワーク(100)の履歴トラフィックロード(H_{i, k})に従って、マクロノード(105_i)のみがアクティブ化された前記セルラネットワーク(100)の第1の構成におけるオーバーロード確率(O_{i, k})を提供するステップ(205)と

10

前記複数の時間スナップショットの中で、スモールノード(110_{i, j})非アクティブ化のための第1の候補時間スナップショット(LM_i)を特定するステップ(305~310)であって、各第1の候補時間スナップショット(LM_i)においては、前記オーバーロード確率(O_{i, k})が、閾値オーバーロード確率(O_{TH_i})よりも低い、ステップと、

前記現在の時間スナップショットが、前記第1の候補時間スナップショット(LM_i)の中の1つである場合(435)に、

割り当てられた無線リソースの現在の数(N_{PRB_{i, j}})が閾値数(N_{PRB, TH_{i, j}})未満であり(430)、

20

現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノード(105_i)もスモールノード(110_{i,j})も有しないマクロセル(105_{c_i})内に存在する(420)各スモールノード(110_{i,j})を非アクティブ化するステップ(440)とを含む方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法(200)であって、

特定する前記ステップ(305~310)は、各マクロセル(105_{c_i})について、前記第1の候補時間スナップショットを隣接した第1の候補時間スナップショットのグループにグループ分けするステップと、

時間長を減少させることによって、隣接した第1の候補時間スナップショットの前記グループを順序付けるステップと

を含み、各スモールノードを非アクティブ化する前記ステップ(440)は、各マクロセル(105_{c_i})について、さらに、前記現在の時間スナップショットが、最も長い時間長を有する隣接した第1の候補時間スナップショット(LM_i)のグループに属している場合(435)に、各スモールノードを非アクティブ化するステップ(440)を含む、方法。

10

【請求項3】

請求項1または2に記載の方法(200)であって、

各マクロセル(105_{c_i})について、

前記複数の時間スナップショットの中で、前記履歴トラフィックロード(H_{i,k})および前記セルラネットワーク(100)の電力消費量モデルに従って、スモールノード(110_{i,j})アクティブ化のための第2の候補時間スナップショット(GOPT_{i,C_{i,k}})を特定するステップ(305~330)と、

前記マクロセル(105_{c_i})内の少なくとも1つのスモールノード(110_{i,j})を、

前記マクロセル(105_{c_i})が、現在のところ、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノード(105_i)もしくはスモールノード(110_{i,j})を有する場合(505)、または

前記現在の時間スナップショットが、前記第2の候補時間スナップショット(GOPT_{i,C_{i,k}})のうちの1つである場合(515)

に、アクティブ化するステップ(510)と

をさらに含む方法。

【請求項4】

請求項3に記載の方法(200)であって、

前記複数の時間スナップショットの中で、スモールノード(110_{i,j})アクティブ化のための第2の候補時間スナップショット(GOPT_{i,C_{i,k}})を特定する前記ステップ(305~330)は、

前記履歴トラフィックロード(H_{i,k})および前記セルラネットワーク(100)の前記電力消費量モデルに従って、前記セルラネットワーク(100)の前記第1の構成における第1の平均電力消費量(P_{A_{i,k}})と、マクロ(105_i)およびスモール(110_{i,j})の両ノードがすべてアクティブ化された前記セルラネットワーク(100)の第2の構成における第2の平均電力消費量(P_{B_{i,k}})とを提供するステップ(205、315)をさらに含み、

各第2の候補時間スナップショット(GOPT_{i,C_{i,k}})においては、前記第1の平均電力消費量(C_{A_{i,k}})が、前記第2の平均電力消費量(C_{B_{i,k}})未満である、

方法。

【請求項5】

請求項4に記載の方法(200)であって、各第2の候補時間スナップショット(GOPT_{i,C_{i,k}})は、前記第1の候補時間スナップショット(LM_i)の中に存在しな

20

30

40

50

い時間スナップショットに隣接した連続時間スナップショットのグループにさらに属している、方法。

【請求項6】

請求項4または5に記載の方法(200)であって、

第1の平均電力消費量($P_{A_i, k}$)と第2の平均電力消費量($P_{B_i, k}$)を提供する前記ステップ(205、315)は、

前記履歴トラフィックロード($H_{i, k}$)に従って、各マクロセル(105_{C_i})について、前記セルラネットワーク(100)の前記第1の構成および前記第2の構成それぞれにおける割り当てられた無線リソースの第1の平均数($A_{i, k}$)および第2の平均数($B_{i, k}$)を提供するステップと、

前記セルラネットワーク(100)の前記電力消費量モデルを、割り当てられた無線リソースの前記第1の平均数($A_{i, k}$)および前記第2の平均数($B_{i, k}$)に適用し、それによって、前記第1の平均電力消費量($P_{A_i, k}$)および前記第2の平均電力消費量($P_{B_i, k}$)をそれぞれ得るステップとを含む、方法。

10

【請求項7】

請求項1から6のいずれか一項に記載の方法(200)であって、

割り当てられた無線リソースの現在の数($N_{PRB_i, j}$)が閾値数($N_{PRB, TH_i, j}$)未満の各スモールノード($110_{i, j}$)を非アクティブ化する前記ステップ(440)は、

割り当てられた無線リソースの現在の数($N_{PRB_i, j}$)が前記閾値数($N_{PRB, TH_i, j}$)未満の、前記セルラネットワーク(100)のスモールノード($110_{i, j}$)のリスト(L_1)を提供するステップ(405)であって、前記リストが、割り当てられた無線リソースの数($N_{PRB_i, j}$)を増加させることによって順序付けられる、ステップと、

20

動作を繰り返すステップであって、前記動作は、

前記リスト(L_1)の第1のスモールノード($110_{i, j}$)を選択する動作(415)と、

選択された前記第1のスモールノード($110_{i, j}$)を、

選択された前記第1のスモールノード($110_{i, j}$)が、現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノード(105_i)もスモールノード($110_{i, j}$)も有しないマクロセル(105_{C_i})内に存在する場合(420)に非アクティブ化し(440)、そうでなければ、前記リスト(L_1)から最後のスモールノード($110_{i, j}$)を除去する動作と、

30

選択された前記第1のスモールノード($110_{i, j}$)を、

前記現在の時間スナップショットが、前記第1の候補時間スナップショット(LM_i)のうちの1つである場合(435)、に非アクティブ化し(440)、そうでなければ、前記リスト(L_1)から最後のスモールノード($110_{i, j}$)を除去する動作と、

前記リスト(L_1)が空になる(410)まで、前記リスト(L_1)から最後のスモールノード($110_{i, j}$)を除去する動作と

40

である、ステップとを含む、方法。

【請求項8】

請求項3から7のいずれか一項に記載の方法(200)であって、

前記電力消費量モデルは、

アクティブ化されたときの前記セルラネットワーク(100)のマクロ(105_i)およびスモール($110_{i, j}$)の各ノードの最小電力消費量

【数1】

$$\left(P_{ON_i}^{MACRO}, P_{ON_{i,j}}^{SMALL} \right)$$

と、

非アクティブ化されたときの前記セルラネットワーク(100)のマクロ(105_i)およびスモール(110_{i,j})の各ノードの電力消費量

【数2】

$$\left(P_{OFF_i}^{MACRO}, P_{OFF_{i,j}}^{SMALL} \right)$$

と、

前記セルラネットワーク(100)のマクロ(105_i)およびスモール(110_{i,j})の各ノードによる無線リソース割当てのための電力消費量

【数3】

$$\left(P_{PRB_i}^{MACRO}, P_{PRB_{i,j}}^{SMALL} \right)$$

と

を含む、方法。

【請求項9】

請求項8に記載の方法(200)であって、各マクロセル(105_{c_i})について、無線リソースの前記閾値数(N_{PRB,TH_{i,j}})は、マクロ(105_i)およびスモール(110_{i,j})の各ノードによる前記閾値数(N_{PRB,TH_{i,j}})の無線リソースの割当てのための電力消費量における差と、前記スモールノード(110_{i,j})の、アクティブ化された構成における電力消費量と非アクティブ化された構成における電力消費量との差に依存する、方法。

【請求項10】

コンピュータ上で実行されるとき、請求項1から9のいずれか一項に記載のステップを行うようになされたコード手段を含むコンピュータプログラム。

【請求項11】

それぞれのマクロセル(105_{c_i})を定める複数のマクロノード(105_i)と、前記マクロセル(105_{c_i})内の複数のスモールノード(110_{i,j})とを含むセルラネットワーク(100)を管理するための管理システム(200)であって、

第1のモジュール(205)であって、複数の時間スナップショットのうちの各現在の時間スナップショットにおいて、各マクロセル(105_{c_i})について、

前記セルラネットワーク(100)の履歴トラフィックロード(H_{i,k})に従って、マクロノード(105_i)のみがアクティブ化された前記セルラネットワーク(100)の第1の構成におけるオーバーロード確率(O_{i,k})を提供する(205)

ように構成された第1のモジュール(205)と、

第2のモジュール(210)であって、各現在の時間スナップショットにおいて、各マクロセル(105_{c_i})について、

前記複数の時間スナップショットの中で、スモールノード(110_{i,j})非アクティブ化のための第1の候補時間スナップショット(LM_i)を特定する(305~310

10

20

30

40

50

)

ように構成され、各第1の候補時間スナップショット(LM_i)においては、前記オーバーロード確率($O_{i,k}$)が、閾値オーバーロード確率(O_{TH_i})よりも低い、第2のモジュール(210)と、

第3のモジュール(215)であって、各現在の時間スナップショットにおいて、各マクロセル(105_{C_i})について、各スモールノード($110_{i,j}$)を、

前記現在の時間スナップショットが、前記第1の候補時間スナップショット(LM_i)の中の1つであり、

当該スモールノード($110_{i,j}$)は、割り当てられた無線リソースの現在の数($N_{PRB_{i,j}}$)が閾値数($N_{PRB,TH_{i,j}}$)未満であり(430)、且つ、

当該スモールノード($110_{i,j}$)が、現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノード(105_i)もスモールノード($110_{i,j}$)も有しないマクロセル(105_{C_i})内に存在する(420)

場合に、非アクティブ化する(440)ように構成された第3のモジュール(215)とを備えた管理システム。

【請求項12】

請求項11に記載の管理システム(200)であって、

前記第3のモジュール(215)は、各現在の時間スナップショットにおいて、各マクロセル(105_{C_i})について、

前記複数の時間スナップショットの中で、前記履歴トラフィックロード($H_{i,k}$)および前記セルラネットワーク(100)の電力消費量モデルに従って、スモールノード($110_{i,j}$)アクティブ化のための第2の候補時間スナップショット($G_{OPT_i,C_{i,k}}$)を特定し(305~330)、

前記マクロセル(105_{C_i})内の少なくとも1つのスモールノード($110_{i,j}$)を、

前記マクロセル(105_{C_i})が、現在のところ、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノード(105_i)もしくはスモールノード($110_{i,j}$)を有する場合(505)、または、

前記現在の時間スナップショットが、前記第2の候補時間スナップショット($G_{OPT_i,C_{i,k}}$)のうちの1つである場合(515)

に、アクティブ化する(510)

ようにさらに構成された、管理システム。

【請求項13】

それぞれのマクロセル(105_{C_i})を定める複数のマクロノード(105_i)と、前記マクロセル(105_{C_i})内の複数のスモールノード($110_{i,j}$)とを含むセルラネットワーク(100)であって、請求項11または12に記載の管理システム(200)をさらに含むセルラネットワーク(100)。

【請求項14】

請求項13に記載のセルラネットワーク(100)であって、前記スモールノード($110_{i,j}$)は、前記マクロセル(105_{C_i})よりも小さいそれぞれのスモールセルを定める、セルラネットワーク。

【請求項15】

請求項13または14に記載のセルラネットワーク(100)であって、前記スモールノード($110_{i,j}$)は、マイクロノードと、ピコノードと、フェムトノードとのうちの1以上を含む、セルラネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態による解決策は、一般に、セルラネットワーク(たとえば、2G、3G、およびLTE/LTE-Advancedセルラネットワーク)などのワイヤレス通

10

20

30

40

50

信ネットワークに関する。より詳細には、本発明は、異種セルラネットワークに関し、またそのようなセルラネットワーク内の（たとえば、スモール）ノードのアクティブ化および／または非アクティブ化を効率的かつ動的に管理するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

セルラネットワーク（たとえば、2G、3G、およびLTE/LTE-Advancedセルラネットワーク）は、それぞれのランドエリア（セル）にわたって無線波を放射する固定ロケーション送受信機基地局（またはノード）と、セル内のユーザ装置（たとえば、セルラフォンなどのユーザ端末）との間のデータトラフィック（トラフィックロードとも称される）の高速伝達を可能にする。

10

【0003】

セルラネットワークは、普及および性能という観点から著しく成長し、近年、異種セルラネットワークへと進化してきている。具体的には、各異種セルラネットワークは、いわゆるマクロセルを特定する、相対的に高い電力で幅広いカバレッジのノード（本明細書においては以降、一次ノードまたはマクロノード）と、マクロセル内のスモールセルを特定する、いくつかのより低い電力、より小さいカバレッジのノード（本明細書においては以降、二次ノードまたはスモールノード、たとえば、マイクロノード、ピコノード、フェムトノード）との両方を含んで、カバレッジおよび容量全体を高める。

【0004】

しかしながら、セルラネットワークユーザの数が増大してきていること、および（マルチメディアサービスおよびリアルタイムサービスなどの）非常に高いトラフィックロードを必要とし、「サービスの質（Quality of Service）」を強く要求するサービスへの需要が高まってきていることから、通常、多数のスモールノードが、各マクロセル内、室内および屋外の場所に、ならびに高容量が必要とされるいずれの所に配備される。

20

【0005】

したがって、相当する電力およびカバレッジのマクロノードに基づいている従来の同種セルラネットワークと比較すると、異種セルラネットワークにおいては、高密度のスモールノードが、十分な計画なしに、または全体的に調整されていない方式ですら配備される場合もある。

30

【0006】

知られているように、このことは、電力消費量問題を際立たせる可能性がある。

セルラネットワークの容量および性能をより良く管理し、電力消費量を最適化するために、スモールノードのアクティブ化および／または非アクティブ化を適正に管理することに向けられた解決策が知られている。

【0007】

米国特許出願公開第2012157002号は、モバイルネットワーク制御機器およびエネルギー節約方法を開示している。モバイルネットワーク制御機器は、カバレッジ領域として第1のセルを提供するためにm個の基地局によって消費される第1の量の総消費電力を計算し、カバレッジ領域として第1のセルを含む第2のセルを提供するためにn個の基地局によって消費される第2の量の総消費電力を計算することができる。モバイルネットワーク制御機器は、高電力モードにおけるn個の基地局の動作を開始することによって、および第1の量の総消費電力が第2の量の総消費電力よりも多い場合、n個の基地局を除外する残りの基地局の動作を一時停止することによって、エネルギーを節約することができる。

40

【0008】

WO2012167817は、無線アクセスネットワークの電力消費量を管理するための方法を開示している。この方法は、無線アクセスネットワークの少なくとも2つの無線リソースユニットを含むクラスタを定めるステップと、クラスタの性能、およびクラスタの電力消費量を示すパラメータを定めるステップであって、パラメータが、クラスタの無

50

線リソースユニットによって伝えられるトラフィックスループットの関数として表される、ステップと、パラメータを最適化する、クラスタの無線リソースユニットによって伝えられるトラフィックスループットの値としての最適トラフィックスループットを計算するステップと、クラスタの無線リソースユニットの中でトラフィックを分散させるステップであって、それにより、クラスタの無線リソースユニットが、計算された最適トラフィックスループットを伝えるようになる、ステップを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本出願人は、引用された従来技術の解決策のいずれもが、満足のいくものではないことを認識している。

10

実際、そのような解決策においては、スモールノードのアクティブ化および／または非アクティブ化は、相対的に頻繁に起こり、そのことは、セルラネットワーク機器の寿命および平均故障間隔(Mean Time Between Failures: MTBF)などのパラメータ、したがって、保守費用に負の影響を及ぼす。その上、スモールノードを頻繁にオン／オフに切り替えることにより、多大なハンドオーバーがもたらされ、その影響は、広くセルラネットワークの中に波及することが多く、それによって、不安定性および／または予測不可能な性能が生じることになる。

【0010】

最後に大事なこととして、そのような解決策は、(たとえば、長い処理時間によって引き起こされる)レイテンシーを起因とするスモールノードの高密度によって引き起こされる極めて動的な状態を管理するように適合されていない。

20

【0011】

上記に鑑みて、本出願人は、(交換されるトラフィックロードの観点での満足度を高めると同時に)異種セルラネットワークの電力消費量を効率的に低減させるという課題に取り組む、それを達成するために、履歴トラフィックロードおよび現在のトラフィックロードの状態とともに基づくスモールノードのアクティブ化／非アクティブ化(すなわち、アクティブ化および／または非アクティブ化)を動的に管理することができるアルゴリズムを考案した。

【課題を解決するための手段】

30

【0012】

本発明の具体的な実施形態による解決策の1つまたは複数の態様は、従属クレームの中に示されている同じ解決策の有利な特徴とともに、独立クレームの中に記載され、その表現は、参照によって文字通りに本明細書に含まれている(任意の有利な特徴は、任意の他の態様に準用する本発明の実施形態による解決策の具体的な態様を参照して与えられる)。

【0013】

より具体的には、本発明の1つまたは複数の実施形態による解決策の態様は、それぞれのマクロセルを定める複数のマクロノード、および上記マクロセル内の複数のスモールノードを含むセルラネットワークを管理するための方法に関する。この方法は、複数の時間スナップショットのうちの各現在の時間スナップショット時に、各マクロセルについて、セルラネットワークの履歴トラフィックロードに従って、マクロノードのみがアクティブ化されたセルラネットワークの第1の構成におけるオーバーロード確率を提供するステップと、

40

上記複数の時間スナップショットの中で、スモールノード非アクティブ化のための第1の候補時間スナップショットを特定するステップであって、各第1の候補時間スナップショットにおいては、オーバーロード確率が、閾値オーバーロード確率よりも低い、特定するステップと、

現在の時間スナップショットが、第1の候補時間スナップショットの中の1つである場合、

50

ー 割り当てられた無線リソースの現在の数が閾値数未満であり、
 ー 現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノードまたはスモールノードを全く有しないマクロセル内に存在する各スモールノードを非アクティブ化するステップとを含む。

【0014】

本発明の実施形態によれば、上記特定するステップは、各マクロセルについて、第1の候補時間スナップショットを隣接した第1の候補時間スナップショットのグループにグループ分けするステップと、時間長を減少させることによって、隣接した第1の候補時間スナップショットの上記グループを順序付けるステップとを含み、各スモールノードを上記非アクティブ化するステップは、各マクロセルについて、さらに現在の時間スナップショットが、最も長い時間長を有する隣接した第1の候補時間スナップショットのグループに属している場合、各スモールノードを非アクティブ化するステップを含む。

10

【0015】

本発明の実施形態によれば、方法は、各マクロセルについて、上記複数の時間スナップショットの中で、上記履歴トラフィックロードおよびセルラネットワークの電力消費量モデルに従って、スモールノードアクティブ化のための第2の候補時間スナップショットを特定するステップと、

ー マクロセルが、現在のところ、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノードもしくはスモールノードを有する場合、または

20

ー 現在の時間スナップショットが、第2の候補時間スナップショットのうちの1つである場合、

マクロセル内の少なくとも1つのスモールノードをアクティブ化するステップとをさらに含む。

【0016】

本発明の実施形態によれば、上記複数の時間スナップショットの中で、スモールノードアクティブ化のための第2の候補時間スナップショットを上記特定するステップは、上記履歴トラフィックロードおよびセルラネットワークの上記電力消費量モデルに従って、セルラネットワークの第1の構成における第1の平均電力消費量、ならびにマクロノードおよびスモールノードの両方がすべてアクティブ化されたセルラネットワークの第2の構成における第2の平均電力消費量を提供するステップをさらに含む。各第2の候補時間スナップショットにおいては、第1の平均電力消費量は、第2の平均電力消費量未満である。

30

【0017】

本発明の実施形態によれば、各第2の候補時間スナップショットは、上記第1の候補時間スナップショットの中に存在しない時間スナップショットに隣接した連続時間スナップショットのグループにさらに属している。

【0018】

本発明の実施形態によれば、第1の平均電力消費量および第2の平均電力消費量を上記提供するステップは、

上記履歴トラフィックロードに従って、各マクロセルについて、セルラネットワークの第1の構成および第2の構成それぞれにおける割り当てられた無線リソースの第1の平均数および第2の平均数を提供するステップと、

40

セルラネットワークの上記電力消費量モデルを、割り当てられた無線リソースの上記第1の平均数および上記第2の平均数に適用し、それによって、上記第1の平均電力消費量および上記第2の平均電力消費量をそれぞれ得るステップとを含む。

【0019】

本発明の実施形態によれば、割り当てられた無線リソースの現在の数が閾値数未満の各スモールノードを上記非アクティブ化するステップは、

割り当てられた無線リソースの現在の数が上記閾値数未満のセルラネットワークのスモ

50

ールノードのリストを提供するステップであって、上記リストが、割り当てられた無線リソースの数を増加させることによって順序付けられる、提供するステップと、

以下の動作、

上記リストの第1のスマールノードを選択するステップ、

選択された第1のスマールノードが、現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノードまたはスマールノードを全く有しないマクロセル内に存在する場合、

選択された第1のスマールノードを非アクティブ化し、そうでなければ、上記リストから最後のスマールノードを除去するステップ、および

現在の時間スナップショットが、第1の候補時間スナップショットのうちの1つである場合、

選択された第1のスマールノードを非アクティブ化し、そうでなければ、上記リストから最後のスマールノードを除去するステップ、ならびに

上記リストが空になるまで、上記リストから最後のスマールノードを除去するステップ

を繰り返すステップと

を含む。

【0020】

本発明の実施形態によれば、上記電力消費量モデルは、

— アクティブ化されたときのセルラネットワークのマクロおよびスマールの各ノードの最小電力消費量、

— 非アクティブ化されたときのセルラネットワークのマクロおよびスマールの各ノードの電力消費量、

— セルラネットワークのマクロおよびスマールの各ノードによる無線リソース割当てのための電力消費量

を含む。

【0021】

本発明の実施形態によれば、各マクロセルについて、無線リソースの上記閾値数は、マクロおよびスマールの各ノードによる上記閾値数の無線リソースの割当てのための電力消費量における差、ならびにスマールノードの、アクティブ化された構成における電力消費量と非アクティブ化された構成における電力消費量との差に依存する。

【0022】

本発明の1つまたは複数の実施形態による解決策の別の態様は、コンピュータ上で実行されるとき、上記方法を実装するようになされたコード手段を含むコンピュータプログラムに関する。

【0023】

本発明の1つまたは複数の実施形態による解決策のさらなる態様は、それぞれのマクロセルを定める複数のマクロノード、および上記マクロセル内の複数のスマールノードを含むセルラネットワークを管理するための管理システムに関する。この管理システムは、

複数の時間スナップショットのうちの各現在の時間スナップショット時に、各マクロセルについて、セルラネットワークの履歴トラフィックロードに従って、マクロノードのみがアクティブ化されたセルラネットワークの第1の構成におけるオーバーロード確率を提供するように構成された第1のモジュールと、

各現在の時間スナップショット時に、各マクロセルについて、上記複数の時間スナップショットの中で、スマールノード非アクティブ化のための第1の候補時間スナップショットを特定するように構成された第2のモジュールであって、各第1の候補時間スナップショットにおいては、オーバーロード確率が、閾値オーバーロード確率よりも低い、第2のモジュールと、

各現在の時間スナップショット時に、各マクロセルについて、

現在の時間スナップショットが、第1の候補時間スナップショットの中の1つである場合、

10

20

30

40

50

スモールノードは、割り当てられた無線リソースの現在の数が閾値数未満である場合、および

スモールノードが、現在のところ、オーバーロード状態におけるマクロノードまたはスモールノードを全く有しないマクロセル内に存在する場合、各スモールノードを非アクティブ化するように構成された第3のモジュールとを備える。

【0024】

本発明の実施形態によれば、第3のモジュールは、各現在の時間スナップショット時に、各マクロセルについて、

上記複数の時間スナップショットの中で、上記履歴トラフィックロードおよびセルラネットワークの電力消費量モデルに従って、スモールノードアクティブ化のための第2の候補時間スナップショットを特定し、

— マクロセルが、現在のところ、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノードもしくはスモールノードを有する場合、または

— 現在の時間スナップショットが、第2の候補時間スナップショットのうちの1つである場合、

マクロセル内の少なくとも1つのスモールノードをアクティブ化するようにも構成されている。

【0025】

本発明の1つまたは複数の実施形態による解決策のさらなる態様は、それぞれのマクロセルを定める複数のマクロノード、および上記マクロセル内の複数のスモールノードを含むセルラネットワークに関し、このセルラネットワークは、上に記載の管理システムをさらに含む。

【0026】

本発明の実施形態によれば、スモールノードは、マクロセルよりも小さいそれぞれのスモールセルを定める。

本発明の実施形態によれば、上記スモールノードは、マイクロノード、ピコノード、およびまたはフェムトノードを含む。

【0027】

提案された解決策により、異種セルラネットワーク内のトラフィックロード満足度を満たす同時に、電力消費量を低減させるために、スモールノードのアクティブ化／非アクティブ化を動的に管理することが可能になる。

【0028】

その上、少ない処理時間を必要とする提案された解決策は、多数のマクロノードおよびスモールノード、ならびに多数のユーザを有する大規模の異種シナリオにおいて使用されるようになされている。

【0029】

本発明のこれらならびに他の特徴および利点は、そのいくつかの例示的および非限定的な実施形態の以下の説明によって明らかになる。それをより良く理解するために、以下の説明は、添付の図面を参照しつつ読まれるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の実施形態による解決策がその中で適用され得るセルラネットワークの一部分を概略的に示す図である。

【図2】本発明の実施形態によるセルラネットワークにおいて使用されるようになされているアルゴリズムのアクティビティフローを概略的に示す図である。

【図3】本発明の実施形態による上記アルゴリズムの分析手順のアクティビティフローを概略的に示す図である。

【図4】本発明の実施形態による上記アルゴリズムの非アクティブ化手順のアクティビティフローを概略的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図5】本発明の実施形態による上記アルゴリズムのアクティブ化手順のアクティビティフローを概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

図面を参照すると、本発明の実施形態によるセルラネットワーク100の一部が、図1において概略的に示されている。(たとえば、3GPP LTE/LTE-Advanced標準に準拠した)セルラネットワーク100は、数Nの相対的に高い電力および幅広いカバレッジの送受信機局(本明細書においては以降、一次ノードまたはマクロノード)105_i (i=1, 2, 3, 4, …, N、ただし、問題となっている例においては、N=12)を含む。

10

【0032】

各マクロノード105_iは、(たとえば、六角形の形状の)マクロセル150_{c_i}とも称される相対的に幅広い地理上のエリアにわたって無線カバレッジを提供するように構成され、それにより、マクロセル150_{c_i}内のユーザ装置(たとえばモバイルフォン、図示せず)が、本明細書においては以降、トラフィックロードと呼ぶデータトラフィック(たとえば、ウェブ閲覧、電子メール、音声、またはマルチメディアデータトラフィック)を交換することができるようになる。

【0033】

この図において見てわかるように、セルラネットワーク100はまた、各i番目のマクロセル150_{c_i}内に、数M_iのより低い電力、より小さいカバレッジノード(たとえば、ピコノード、マイクロノード、および/またはフェムトノード)も含み、このノードは、以下では、二次ノードまたはスモールノードと称され、かつ参照番号110_{i, j} (j=1, 2, …, M_i、ただし、M_iは、問題となっている例においては、3から4の範囲に及ぶ)によって示され、各ノードは、セルラネットワーク100容量を増加させるためにそれぞれのスモールセルを特定する。

20

【0034】

説明を容易にするために、i番目のマクロセル150_{c_i}内のj番目のスモールノード(正確には、スモールノード110_{i, j})は、それぞれのi番目のマクロノード105_iに付随する(すなわち、それぞれのi番目のマクロノード105_iによって取り扱われる)ものと見なされることになる。

30

【0035】

完全を期すために、当業者にはよく知られているように、マクロノード105_iおよびスモールノード110_{i, j}は、無線アクセスネットワークを形成する。ひいては、無線アクセスネットワークは、概して、1つまたは複数のコアネットワーク(図示せず)と通信可能に連結され、この1つまたは複数のコアネットワークは、Internetおよび/または公衆交換電話網(例示せず)など、他のネットワークと連結され得る。

【0036】

本発明によれば、アルゴリズムが、スモールノード110_{i, j}アクティブ化/非アクティブ化を効果的に管理するために実行される。容易に理解すべきであるように、アルゴリズムは、コンピュータプログラムがコンピュータ上で実行されるとき、そのプログラムの中に含まれた適正なコード手段によって行われ得る。

40

【0037】

図2において見てわかるように、提案されたアルゴリズムの動作(全体的に、参照番号200によって示されている)は、3つの異なる実施手順(またはモジュール)、すなわち、トレーナ205、分析器210、決定器215の各モジュールによって論理的に特定可能である。用語「モジュール」の使用は、本明細書においては、トレーナ205、分析器210、および決定器215の各モジュールがまた、提案されたアルゴリズム200を実装するように意図された管理システムの物理構造を少なくとも概念的に反映し得ることを強調するように意図されている。アルゴリズム/管理システム動作を徐々に詳述しながら以下において最良に論じられるように、トレーナ205、分析器210、および決定器

50

215の各モジュールは、物理的な観点からは、分散された性質を有することができ（すなわち、それらの一つ一つが、セルラネットワーク100の内側および／または外側に物理的に置かれたネットワーク機器の中で実装され得る）、論理的な観点からは、トレーナ205、分析器210、および決定器215の各モジュールはすべて、それらの物理的な実装形態がどこで（およびいかなるように）行われようとも、セルラネットワーク100の一部であるということが理解される。

【0038】

トレーナモジュール205は、入力として、セルラネットワーク100の履歴トラフィックロードを示す、履歴トラフィックロード行列 $H_{i,k}$ を受け取る。具体的には、 $i = 1, 2, 3, \dots, N$ の行、および $k = 1, 2, 3, \dots, K$ の列を有する履歴トラフィックロード行列 $H_{i,k}$ は、セルラネットワーク100の（ N 個のマクロセル105 c_i の中で）各 i 番目のマクロセル105 c_i について、およびたとえば一日の（ K 個の時間スナップショットの中で）各 k 番目の時間スナップショットについて、ユーザ装置の履歴数および無線リソース（たとえば、3GPP LTE/LTE-Advanced標準における物理リソースブロック、またはPRB）を求めるその履歴要求など、セルラネットワーク100の履歴トラフィックロードの表示を提供する。言い換えれば、履歴トラフィックロード行列 $H_{i,k}$ の各 i 番目の行の（ K ） $h_{i,k}$ 要素は、全体として、セルラネットワーク100の各 i 番目のマクロセル105 c_i についての日間トラフィックロード曲線を定める。しかしながら、当業者には容易に明らかになるべきであるように、異なる履歴トラフィックロード行列は、セルラネットワーク100の中の異なるロード状態および分布（たとえば、稼働日、休日、週末、および対象の任意の他の期間中のユーザ装置の履歴数ならびに無線リソースを求めるその履歴要求）を表すために使用可能である。

【0039】

時間スナップショットによって、本明細書においては、アクティブなマクロノード105 i およびスモールノード110 i,j の数が一定である（管理目的として選択された）時間期間が意味付けられ、時間期間は、任意に、分または時間のオーダーとすることができる。

【0040】

一般性を失うことなく、各日間トラフィックロード曲線は、たとえばセルラネットワーク100の動作の前におよび／または動作中に、実際の（すなわち、実）測定結果および／または推定された測定結果に従って、知られている方式で確定され得る。

【0041】

履歴トラフィックロード行列 $H_{i,k}$ に基づいて、トレーナモジュール205は、以下を提供するように構成されている：

— オーバード行列 $O_{i,k}$ 。オーバード行列 $O_{i,k}$ の各要素 $o_{i,k}$ は、マクロノード105 i のみがアクティブ化されたセルラネットワーク100の第1の境界構成において、 i 番目のマクロノード105 i が、 k 番目の時間スナップショット中にオーバード状態にある確率（以下、オーバード確率）を表す。

【0042】

— 第1の割当て行列 $A_{i,k}$ 。第1の割当て行列 $A_{i,k}$ の各要素 $a_{i,k}$ は、第1の境界構成において、 k 番目の時間スナップショット中に i 番目のマクロノード105 i によって割り当てられたPRBの平均数を示す。

【0043】

— 第2の割当て行列 $B_{i,k}$ 。第2の割当て行列 $B_{i,k}$ の各要素 $b_{i,k}$ は、マクロ105 i とスモール110 i,j の両ノードがアクティブ化された第2の境界構成において、 k 番目の時間スナップショット中に各スモールノード110 i,j について、および（同じ i 番目のマクロセル105 c_i に属している）マクロノード105 i について割り当てられたPRBの数を含む。

【0044】

トレーナモジュール205は、たとえば、その各マクロノード105 i において、セル

10

20

30

40

50

ラネットワーク100内で物理的に実装され得る。結果として、各マクロノード105_iは、同じi番目のマクロセル105_{c_i}に属している(すなわち、その範囲内の)スモールノード110_{i, j}からの定期的な情報に従って、それぞれのi番目のマクロセル105_{c_i}についてのオーバーロード確率を動的に確定/更新することが許容され得る。

【0045】

代替として、トレーナモジュール205は、たとえば、そのデータセンタ(図示せず)において、セルラネットワーク100の外側で物理的に実装され得る。結果として、各i番目のマクロセル105_{c_i}についてのオーバーロード確率は、セルラネットワーク100からの定期的な情報に従って、決定(たとえば、予測)され得る。

【0046】

図2において見てわかるように、分析器モジュール210は、入力として、トレーナモジュール205からオーバーロード0_{i, k}および割当てA_{i, k}、B_{i, k}の各行列、ならびに(マクロ105_iおよびスモール110_{i, j})ノードの電力消費量モデルを受け取る。好ましくは、そのような電力消費量モデルは、マクロ105_iおよびスモール110_{i, j}の各ノードについて:

—

【0047】

【数1】

$$P_{ON i}^{MACRO}, P_{ON i, j}^{SMALL}$$

10

20

【0048】

: それぞれアクティブ化されているときのマクロノード105_iおよびスモールノード110_{i, j}の最小電力消費量、

—

【0049】

【数2】

$$P_{OFF i}^{MACRO}, P_{OFF i, j}^{SMALL}$$

30

【0050】

: それぞれ非アクティブ化されているときのマクロノード105_iおよびスモールノード110_{i, j}の電力消費量、

—

【0051】

【数3】

$$P_{PRB i}^{MACRO}, P_{PRB i, j}^{SMALL}$$

40

【0052】

: それぞれマクロノード105_iおよびスモールノード110_{i, j}によって割り当てられた各PRBについての電力消費量

を含み、

ただし、添え字iおよびi, jの付加は、電力消費量モデルが、セルラネットワーク100の各マクロノード105_iについて、および同じマクロノード105_iに属している各スモールノード110_{i, j}について相異し得ることを示すように意図されている。

【0053】

50

説明を容易にするために、マクロ105_i およびスモール110_{i, j} の各ノードについての上述の電力消費量モデルは、経時的に一定であると仮定されることになるが、これは、本発明について限定的に解釈すべきではない。実際、当業者には明らかになるいくつかの変更形態を用いて、本発明の原理はまた、(たとえば、一日の中でのエネルギーコストが異なることに起因する、またはエネルギー供給業者ポリシーに従って) 経時的に変動する電力消費量モデルにも適用され得る。

【0054】

オーバーロード $O_{i, k}$ および割当て $A_{i, k}$ 、 $B_{i, k}$ の各行列、ならびに電力消費量モデルに基づいて、分析器モジュール210は、トラフィックロード満足度および電力消費量最適化を達成するために、スモールノード110_{i, j} をアクティブ化/非アクティブ化することにより適切に(たとえば、好ましく)なる候補時間スナップショットを確定し、ロード行列 LM_i 、バイナリ消費量行列 $C_{i, k}$ 、および割り当てられたPRBの閾値数 $N_{PRB, TH_i, j}$ を(より良く下に詳述されるように)提供する。

10

【0055】

具体的には、分析器モジュール210は、(図3のアクティビティフローをともに参照しながら)以下のように動作する。

アクティビティブロック305においては、 i 番目のマクロセル105_{c_i}における k 番目の時間スナップショットは、その k 番目の時間スナップショットにおけるおよびセルラネットワーク100の第1の境界構成における(すなわち、マクロノード105_iのみがアクティブ化されている)、オーバーロード行列 $O_{i, k}$ のそれぞれの要素 $o_{i, k}$ によって与えられるオーバーロード確率が、(図2において見てわかるように、分析器モジュール210が受け取った)所定のオーバーロード閾値確率 O_{TH_i} よりも低い場合、すなわち、

20

$$o_{i, k} < O_{TH_i}$$

である場合、「可能(possible)」(本明細書においては以降、可能時間スナップショット)とマーク付けされる。

【0056】

次いで、アクティビティブロック310において、連続した(すなわち、隣接した)可能時間スナップショットが、各 i 番目のマクロセル105_{c_i}について、 $h = 0, 1, 2, \dots, G$ の可能時間スナップショットグループにグループ分けされる。

30

【0057】

各 i 番目のマクロセル105_{c_i}の可能時間スナップショットグループは、好ましくは、時間長を減少させることによって順序付けられる。同じ時間長の時間スナップショットが考慮されている、問題となっている例においては、各 i 番目のマクロセル105_{c_i}の可能時間スナップショットグループは、グループ内の時間スナップショットの数を減少させることによって順序付けられる。

【0058】

その後、すべての i 番目のマクロセル105_{c_i}についてのすべての可能時間スナップショットグループは、ロード行列 LM_i の各要素が、時間長を減少させることによって順序付けられた i 番目のマクロセル105_{c_i}のすべての可能時間スナップショットグループの表示(たとえば、そのリスト、またはそれを指すポインタ)を含むように、対応するロード行列 LM_i に集められる。

40

【0059】

以下の説明によって理解されるように、可能時間スナップショットの時間長を減少させることによって順序付けることにより、スモールノード110_{i, j}切替え(すなわち、アクティブ化および非アクティブ化)の全体的な量を最小限に抑えることが可能になる。

【0060】

代わりに、「可能」とマーク付けされない k 番目の時間スナップショットは、各 i 番目のマクロセル105_{c_i}について、(それぞれの可能時間スナップショットグループに相補的な)それぞれの不可能時間スナップショットグループにグループ分けされる。

50

【 0 0 6 1 】

アクティビティブロック315においては、電力消費量モデルが、適用される。具体的には、割当て行列 $A_{i,k}$ 、 $B_{i,k}$ は、電力消費量モデルと合成され、それによって、それぞれ第1の構成および第2の構成における各 i 番目のマクロセル105 c_i における平均全電力消費量を示す、対応する電力消費量行列 $P_{A_{i,k}}$ 、 $P_{B_{i,k}}$ が得られる。好ましくは、合成演算は、マクロノード105 c_i およびスモールノード110 i,j の、それらのアクティブ化ステータスに関連する電力消費量(すなわち、第1および第2の境界構成それぞれについての

【 0 0 6 2 】

【 数 4 】

$$P_{ON i}^{MACRO}, P_{OFF i,j}^{SMALL}$$

10

【 0 0 6 3 】

および

【 0 0 6 4 】

【 数 5 】

$$P_{ON i}^{MACRO}, P_{ON i,j}^{SMALL}$$

20

【 0 0 6 5 】

)を、割当て行列 $A_{i,k}$ 、 $B_{i,k}$ と、マクロノード105 c_i およびスモールノード110 i,j によって割り当てられる各PRBについての電力消費量(すなわち、

【 0 0 6 6 】

【 数 6 】

$$P_{PRB i}^{MACRO}, P_{PRB i,j}^{SMALL}$$

30

【 0 0 6 7 】

)との各要素間の積に加算することを含む。

その後、閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ が、以下のように電力消費量モデルから各スモールノード110 i,j について計算される:

【 0 0 6 8 】

【 数 7 】

$$N_{PRB,TH_{i,j}} \times P_{PRB_i}^{MACRO} = (N_{PRB,TH_{i,j}} \times P_{PRB_{i,j}}^{SMALL}) + P_{ON_{i,j}}^{SMALL} - P_{OFF_{i,j}}^{SMALL}$$

40

【 0 0 6 9 】

言い換えれば、閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ は、スモールノード110 i,j 非アクティブ化がそれを下回るとエネルギー的に望ましいPRBの数を示し、 i 番目のマクロノード105 c_i および j 番目のスモールノード110 i,j による $N_{PRB,TH_{i,j}}$ 個のPRBの割当てのための電力消費量の差は、 j 番目のスモールノード110 i,j の、アクティブ化された構成における電力消費量と非アクティブ化された構成における電力消費量との差よりも小さい。

【 0 0 7 0 】

アクティビティブロック320においては、(i 番目のマクロセル105 c_i および k 番目の時間スナップショットに関連付けられる)電力消費量行列 $P_{A_{i,k}}$ の各要素 P_A

50

i, k は、電力消費量行列 $P_{B i, k}$ の対応する要素 $p_{B i, k}$ (すなわち、同じ i 番目のマクロセル $105_{C i}$ および同じ k 番目の時間スナップショットに関連付けられるもの) と比較される。そのような比較の結果に従って、準最適時間スナップショットグループが (各 i 番目のマクロセル $105_{C i}$ について) 形成され、それは、電力消費量行列 $P_{A i, k}$ の要素 $p_{A i, k}$ が電力消費量行列 $P_{B i, k}$ のそれぞれの要素 $p_{B i, k}$ 未満になるように k 番目の時間スナップショット (本明細書においては以降、準最適時間スナップショット) をすべて (すなわち、第1の境界構成が、電力消費量という観点で、第2の境界構成よりも優れている、 k 番目の時間スナップショットをすべて) 含む。

【0071】

次いで (アクティビティブロック 325)、各 i 番目のマクロセル $105_{C i}$ について、不可能時間スナップショットに隣接した連続した準最適時間スナップショットの (2つ以上の) グループまたは組に属していない k 番目の準最適時間スナップショットすべてを、準最適時間スナップショットグループから除去することが行われ、それによって、各 i 番目のマクロセル $105_{C i}$ について、最適スナップショットの対応する時間スナップショットグループ (または、最適時間スナップショットグループ $G_{OPT i}$) が得られる。言い換えれば、考慮されている各 k 番目の準最適時間スナップショットは、考慮されている k 番目の準最適時間スナップショットに戻って (不可能時間スナップショットグループによって示される) 最も近い不可能時間スナップショットから連続した (すなわち、隣接した) k 番目の準最適時間スナップショットが依然として準最適時間スナップショットである場合、準最適時間スナップショットグループから除去される (除去の場合、スナップショットは、最適時間スナップショットグループ $G_{OPT i}$ の最適時間スナップショットになることになる)。

【0072】

最後に (アクティビティブロック 330)、バイナリ行列 $C_{i, k}$ が作成され、その要素 $c_{i, k}$ は、 i 番目のマクロセル $105_{C i}$ について、 k 番目の時間スナップショットが、最適時間スナップショットグループ $G_{OPT i}$ に属している / 属していない場合、それぞれ、第1 / 第2のバイナリ値を有し、その後、アクティビティフローは終了する (アクティビティブロック 335)。

【0073】

分析器モジュール 215 によって実装される例示的な非アクティブ化 / アクティブ化手順を論じるとき、以下においてより良く論じられるように、(ロード行列 LM_i における可能時間スナップショットグループ内の) 可能時間スナップショットは、(オーバーロード状態において生じることのない) スモールノード ($110_{i, j}$) 非アクティブ化についての候補時間スナップショットを表し、一方、(最適時間スナップショットグループ $G_{OPT i}$ 内の) 最適時間スナップショットは、(セルラネットワーク 100 のオーバーロード状態に打ち勝つように、または電力消費量を減少させるように意図されている) スモールノード ($110_{i, j}$) アクティブ化についての候補時間スナップショットを表す。

【0074】

分析器モジュール 215 は、トレーナ 210 および決定器 220 の各モジュールと通信することができるセルラネットワーク 100 のいずれの一部においても物理的に実装され得る。実際、分析器モジュール 215 の、セルラネットワーク 100 の他の機器との直接的な通信は、(静的な、すなわち、経時的に更新を要求しない電力消費量モデルが提供されるときは特に) 厳密には必要ではない。しかしながら、分析器モジュール 215 の、セルラネットワーク 100 の他の機器との直接的な通信は、たとえば、動的な電力消費量モデル (すなわち、経時的に更新を受ける電力消費量モデル) が望ましいとき、提供可能になる。

【0075】

図 2 に戻ると、決定器モジュール 215 は、入力として、ロード LM_i およびバイナリ $C_{i, k}$ の各行列、ならびに閾値 PRB 数 $N_{PRB, TH i, j}$ を分析器モジュール 210 から受け取り、それら (ならびにたとえばマクロノード 105_i およびスモールノード

10

20

30

40

50

110_{i, j}によって実際に割り当てられるPRBの数 $N_{PRB i, j}$ を含む、セルラネットワーク100の現在の状況を示すネットワーク測定結果NM)に従って、各k番目の時間スナップショットについて、スモールノード110_{i, j}を非アクティブ化すべきであるか/アクティブ化すべきであるかを決定する。

【0076】

具体的には、スモールノード110_{i, j}非アクティブ化は、(本発明の実施形態による非アクティブ化手順のアクティビティフローを示している図4をともに参照しながら)以下のように決定器モジュール215によって決定される。

【0077】

アクティビティブロック405においては、決定器モジュール215は、上記ネットワーク測定結果NMに基づいて、以下を作成する：

— 閾値PRB数 $N_{PRB, TH i, j}$ 未満の、割り当てられたPRBの(現在の)数 $N_{PRB i, j}$ を有するスモールノード110_{i, j}すべて(の表示)を含む(スモールノード110_{i, j}のアンダーロード状態を示す)現在のアンダーロードリスト(L_1)。好ましくは、現在のアンダーロードリスト L_1 の中のスモールノード110_{i, j}は、割り当てられたPRBの数 $N_{PRB i, j}$ を増加させることによって順序付けられる。言い換えれば、現在のアンダーロードリスト L_1 のスモールノード110_{i, j}は、セルラネットワーク100の

【0078】

【数8】

$$\sum_{i=1}^N M_i$$

【0079】

スモールノード110_{i, j}の中で任意のj番目のスモールノード110_{i, j}を含み、割り当てられたPRBのその(現在の)数 $N_{PRB i, j}$ は、閾値PRB数 $N_{PRB, TH i, j}$ 未満である。ならびに

— オーバーロード状態における少なくとも1つの(マクロ105_iまたはスモール110_{i, j})ノードを有するセルラネットワーク100のi番目のマクロセル105_{c_i}の表示を含む現在のオーバーロードリスト(L_2)。

【0080】

大まかに言えば、考慮されているk番目の時間スナップショットにおいては、継続している(現在の)反復中、現在のアンダーロードリスト L_1 の中に割り当てられたPRBの最も小さい数 $N_{PRB i, j}$ を有するスモールノード110_{i, j}は、以下の条件がすべて満たされる場合、非アクティブ化される：

— $N_{PRB i, j} < N_{PRB, TH i, j}$ であること、
— スモールノード110_{i, j}が属しているi番目のマクロセル105_{c_i}が、現在のオーバーロードリスト L_2 の中に存在しないこと(すなわち、i番目のマクロセル105_{c_i}のマクロノード105_iまたはスモールノード110_{i, j}が、全くオーバーロード状態にないこと)、

— 考慮されているk番目の時間スナップショットが、可能時間スナップショットであること(すなわちそれが、可能時間スナップショットグループに、後述されるように好ましくは、ロード行列 $LM_{i, k}$ の中の第1の可能時間スナップショットグループのうちの1つに属していること)。

【0081】

具体的には、決定ブロック410において、現在のアンダーロードリスト L_1 が空であるか、それとも空でないかを確認するための確認が行われる。

否定である場合、決定ブロック410の出口分岐Nにおいては、現在の反復において、

10

20

30

40

50

割り当てられたPRBの最も小さい数 $N_{PRB_{i,j}}$ を有するスモールノード $110_{i,j}$ (すなわち、問題となっている例においては、現在のアンダーロード L_1 の第1のスモールノード $110_{i,j}$)が選択され、その後、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ が属している i 番目のマクロセル 105_{C_i} が、現在のオーバーロードリスト L_2 内に存在するかどうか(すなわち、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ が属している i 番目のマクロセル 105_{C_i} が、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノード 105_i またはスモールノード $110_{i,j}$ を有するかどうか)を確認するための別の確認が行われる(決定ブロック420)。

【0082】

肯定である場合、決定ブロック420の出口分岐Yにおいては、スモールノード $110_{i,j}$ は、現在のアンダーロードリスト L_1 から除去され(アクティビティブロック425)、その後、アクティビティフローは、アクティビティブロック410へと戻るように跳び、それによって、現在の(更新された)現在のアンダーロードリスト L_1 の新規(第1の)スモールノード $110_{i,j}$ が選択され、新規反復が開始される。

【0083】

代わりに、 i 番目のマクロセル 105_{C_i} が、オーバーロード状態における少なくとも1つのマクロノード 105_i またはスモールノード $110_{i,j}$ を有する場合(決定ブロック420の出口分岐N)、考慮されているスモールノード $110_{i,j}$ の割り当てられたPRBの数 $N_{PRB_{i,j}}$ が、(依然として)閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ 未満であるかどうかを評価するための確認が行われ(決定ブロック430)、否定である場合(決定ブロック430の出口分岐N)においては、スモールノード $110_{i,j}$ は、現在のアンダーロードリスト L_1 から除去され(アクティビティブロック425)、ブロック410~430における動作フローが、たとえば現在のアンダーロードリスト L_1 が空になるまで、反復される。

【0084】

理解すべきであるように、決定ブロック430はまた、冗長であるとき(実際、現在のアンダーロードリスト L_1 は、閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ 未満の、割り当てられたPRBの数 $N_{PRB_{i,j}}$ を有する、すなわち、アンダーロード状態におけるスモールノード $110_{i,j}$ をすでに含む)、基本的な実装形態において省略されてよい。しかしながら、開示される本明細書における好ましい実施形態においては、決定ブロック430は、非アクティブ化手順が動作している間、割り当てられたPRBの数 $N_{PRB_{i,j}}$ が閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ よりも大きくなるスモールノード $110_{i,j}$ が選択されることを回避するために設けられる。これはまた、入力として、ネットワークパラメータNM、したがって、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ についての割り当てられたPRBの更新された数 $N_{PRB_{i,j}}$ も受け取ることが好ましい決定ブロック430を含む、図4に概念的に例示されている。

【0085】

アクティビティフローに戻ると、代わりに、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ の割り当てられたPRBの数 $N_{PRB_{i,j}}$ が、閾値PRB数 $N_{PRB,TH_{i,j}}$ 未満である(すなわち、スモールノード $110_{i,j}$ が、アンダーロード状態にある)場合、現在の k 番目の時間スナップショットが、可能時間スナップショットであるかどうか(決定ブロック435)、すなわち、考慮されている k 番目の時間スナップショットが、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ の非アクティブ化のための可能時間スナップショットの中の1つであるかどうかを評価するための別の確認が行われる。

【0086】

好ましくは、達成すべき性能に従って、決定ブロック435において行われる確認は、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ が属しているマクロセル 105_{C_i} について、考慮されている k 番目の時間スナップショットが、ロード行列 LM_i の中の第1の(G 個の中で) f 個の可能時間スナップショットグループのうちの1つに属しているかどうかを評価することに向けられる(ただし、 $f=1, 2, 3, \dots, F, F < G$)。上に述べたよう

10

20

30

40

50

に、(時間を)減少させることによって可能時間スナップショットグループが順序付けられると、スモールノード非アクティブ化が、最も長い時間スナップショット中に(およびその全期間の間に)行われる。その結果として、スモールノード切替え最小化が達成される。

【0087】

現在の k 番目の時間スナップショットが可能時間スナップショットである、決定ブロック435の出口分岐 Y の場合、スモールノード $110_{i,j}$ は、非アクティブ化され(アクティビティブロック440)、アクティビティフローは、アクティビティブロック425(現在のアンダーロードリスト L_1 から、非アクティブ化されたスモールノード $110_{i,j}$ を除去することを含む)へと戻るように跳び、ブロック410~440における動作フローは、たとえば現在のアンダーロードリスト L_1 が空になるまで、反復される。例示されるように、アクティビティブロック425は、考慮されている k 番目の時間スナップショットが、選択されたスモールノード $110_{i,j}$ の非アクティブ化のための可能時間スナップショットでない場合(決定ブロック435の出口分岐 N)においても、到達される。

10

【0088】

上述のように、アクティビティフローは、現在のアンダーロードリスト L_1 が空になり次第(決定ブロック410の出口分岐 Y)、終了する(アクティビティブロック445)。

【0089】

スモールノード $110_{i,j}$ アクティブ化は、(本発明の実施形態によるアクティブ化手順のアクティビティフローを示している図5をとともに参照しながら)以下のように決定器モジュール215によって決定される。

20

【0090】

大まかに言えば、考慮されている k 番目の時間スナップショットにおいては、各 i 番目のマクロセル 105_{c_i} について、スモールノード $110_{i,j}$ が、以下の条件のうちの少なくとも1つが満たされる場合、アクティブ化される:

— 考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} が、現在のオーバーロードリスト L_2 の中に存在する(すなわち、 i 番目のマクロセル 105_{c_i} の1つまたは複数のマクロノード 105_i もしくはスモールノード $110_{i,j}$ が、オーバーロード状態にある)こと。

30

【0091】

— k 番目の時間スナップショットが、考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} の中のスモールノード $110_{i,j}$ のアクティブ化のための最適時間スナップショットである(すなわち、 k 番目の時間スナップショットが、バイナリ行列 $C_{i,k}$ の要素 $c_{i,k}$ によって表示されるように、最適時間スナップショットグループ G_{OPT_i} に属している)こと。

【0092】

具体的には、決定ブロック505において、考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} が、現在のオーバーロードリスト L_2 の中に存在するかどうかを確認するための確認が行われる。

40

【0093】

肯定の場合、決定ブロック505の出口分岐 Y においては、考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} の1つまたは複数の j 番目のスモールノード $110_{i,j}$ が選択され、アクティブ化される(アクティビティブロック510)。言い換えれば、スモールノード $110_{i,j}$ アクティブ化は、トラフィックロード需要を満たす(およびオーバーロード状態に打ち勝つ)ためのいずれの場合においても行われる。考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} のすべてのスモールノード $110_{i,j}$ が選択され、アクティブ化され得る。代替として、考慮されている i 番目のマクロセル 105_{c_i} のスモールノード $110_{i,j}$ が、ユーザパラメータに従って、たとえば、マクロセル 105_{c_i} 内のユーザ

50

位置の情報(GPS、履歴データおよび／または統計的データに基づいていることが可能なそのような位置情報を含む)に従って、選択され、アクティブ化され得る。

【0094】

否定の場合、決定ブロック505の出口分岐Nにおいては、バイナリ行列 $C_{i,k}$ の要素 $c_{i,k}$ が、(i番目のマクロセル105 c_i についての)k番目の時間スナップショットが最適時間スナップショットグループ G_{OPT_i} に属していることを示す第1の値を有するかどうかを確認するための別の確認が行われる(決定ブロック515)。

【0095】

肯定の場合、決定ブロック515の出口分岐Yにおいては、考慮されているi番目のマクロセル105 c_i のj番目のスモールノード110 i,j が選択され、アクティブ化される(アクティビティブロック510)。言い換えれば、スモールノード110 i,j のアクティブ化は、(セルラネットワーク100の電力消費量全体を低減させるために)エネルギー的に望ましいとき、行われる。

10

【0096】

次いで、アクティビティフローは、決定ブロック520へと進み、すなわち、例示されているように、決定ブロック520は、バイナリ行列 $C_{i,k}$ の要素 $c_{i,k}$ が、(i番目のマクロセル105 c_i についての)k番目の時間スナップショットが最適時間スナップショットグループ G_{OPT_i} に属していないことを示す第2の値を有する場合であっても到達される。

【0097】

20

決定ブロック520においては、考慮されているi番目のマクロセル105 c_i がセルラネットワーク100の最後の(考慮されている)マクロセル105 c_i であるかどうかを評価するための確認が行われる。否定の場合、決定ブロック520の出口分岐Nにおいては、N個のマクロセル105 c_i の中で次の(i+1)番目のマクロセル105 c_i が選択され(アクティビティブロック525)、その後、ブロック505～525において論じられたアクティビティフローが、たとえばセルラネットワーク100の各(i+1)番目のマクロセル105 c_i について繰り返される。

【0098】

上述のように、アクティビティフローは、考慮されているマクロセル105 c_i が最後の考慮されているマクロセル105 c_i になり次第(決定ブロック520の出口分岐Y)、終了する(アクティビティブロック530)。

30

【0099】

加えて、図示されていない別の実施形態によれば、アルゴリズム200の正確な実行(またはトレーナ205、分析器210、および／もしくは決定器215の各モジュールに関連するその一部)を評価し／確認するための品質確認が、最後に行われる。

【0100】

決定器モジュール215は、1つまたは複数のマクロノード105 i 内で物理的に実装され得る。この場合には、決定器モジュール215は、好ましくは、X2インターフェースを介して(たとえば、「Load Indicator」、X2AP-TS36423、およびCell Activation Request、X2AP-TS36.423のメッセージそれぞれを用いて)、セルラネットワーク100の他のマクロノード105 i から情報を受け取ることと、アクティブ化／非アクティブ化のコマンドをスモールノード110 i,j に送ることとの両方を行うことができる。

40

【0101】

代替として、決定器モジュール215は、1つまたは複数のマクロノード105 i 、および1つまたは複数のスモールノード110 i,j に接続された外部モジュールとして、物理的に実装され得る。この場合には、専用の通信「チャンネル」が、(スモールノード110 i,j と通信するためのX2インターフェースを生かすために)決定器モジュール215とマクロノード105 i との間に設置され得る。

【0102】

50

もちろん、ローカルおよび特有の要件を満足させるために、当業者は、多くの論理的ならびに／または物理的な修正形態および代替形態を上述の解決策に適用することができる。より具体的には、本発明は、その好ましい実施形態を参照して、ある程度の具体性ととも説明されているが、形態および詳細における様々な省略形態、置換形態、および変更形態、ならびに他の実施形態が可能であることを理解すべきである。特に、本発明の異なる実施形態は、そのより完全な理解を提供するための前述の説明において記述された具体的な詳細がなくても実践可能であり、それどころか、よく知られている特徴は、不必要な詳細により説明を妨害しないようにするために、省略されていることも、または簡略化されていることもある。その上、本発明の任意の開示された実施形態と関係して説明された具体的な要素および／または方法のステップが、一般的設計選択上、任意の他の実施形態に組み込み可能であることは明示的に意図されている。

10

【0103】

より具体的には、本発明の実施形態による解決策は、それ自体、等価な方法により（同様のステップを使用すること、必須ではないいくつかのステップを除去すること、またはさらなるオプションのステップを追加することによって）実装されるように役に立ち、その上、ステップは、異なる順序で、同時に、または交互的なやり方で（少なくとも部分的に）行われてもよい。

【0104】

加えて、ワイヤレス通信ネットワークが、異なる構造を有する、もしくは等価な構成要素を含む場合、またはワイヤレス通信ネットワークが、他の動作の特徴を有する場合、類似した考慮事項が適用される。いずれの場合でも、その何らかの構成要素が、いくつかの要素に分離されてもよく、または2つ以上の構成要素が、単一の要素に組み合わせられてもよく、加えて、各構成要素が、並行して、対応する動作の実行をサポートするために複製されてもよい。また、異なる構成要素間のいずれの相互作用も、全体的に（特段の指示がない限り）連続している必要はなく、その相互作用は、1つまたは複数の媒介を通じて、直接的と間接的の両方であってよいことにも留意すべきである。

20

【0105】

その上、LTE / LTE - Advanced 標準に基づいたワイヤレス通信ネットワークを明白に参照しているが、いずれかの特定のワイヤレス通信システムアーキテクチャまたはプロトコルの実装形態に限定することは、本出願人の意図することではないことを理解すべきである。この点においては、適切な単純な修正形態を用いて、スモールノードの動的なアクティブ化／非アクティブ化のための提案された方法は、配備異種を特徴付ける任意の他のワイヤレス通信ネットワーク（たとえば、2Gおよび3Gのワイヤレス通信ネットワーク）にも適用され得ることを実現することも可能である。

30

【 図 1 】

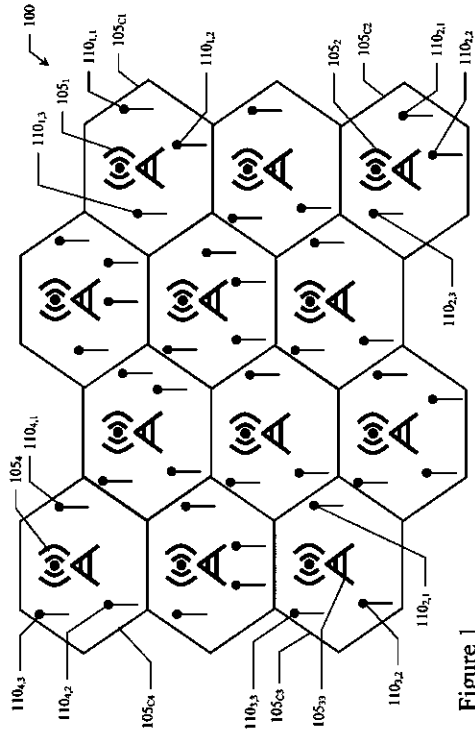


Figure 1

【 図 2 】

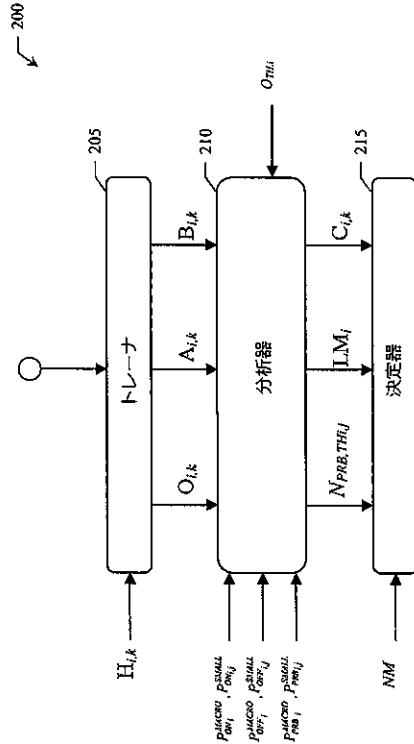


Figure 2

【 図 3 】

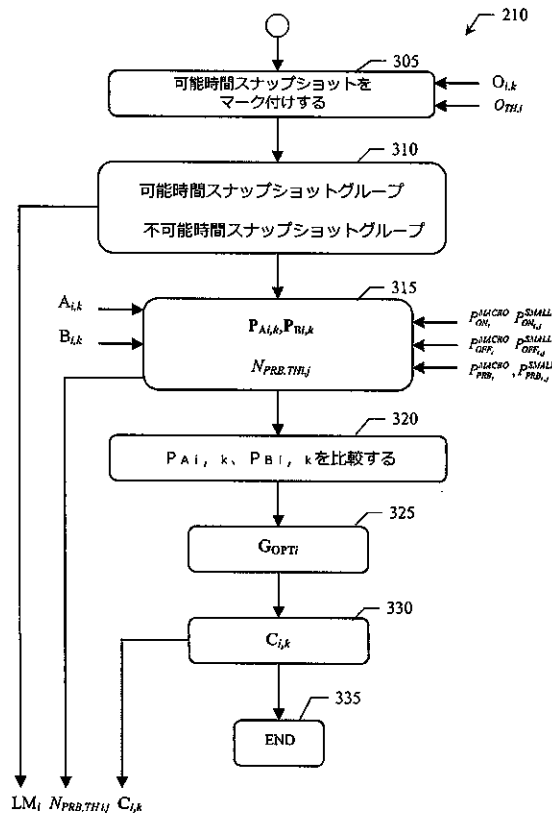


Figure 3

【 図 4 】

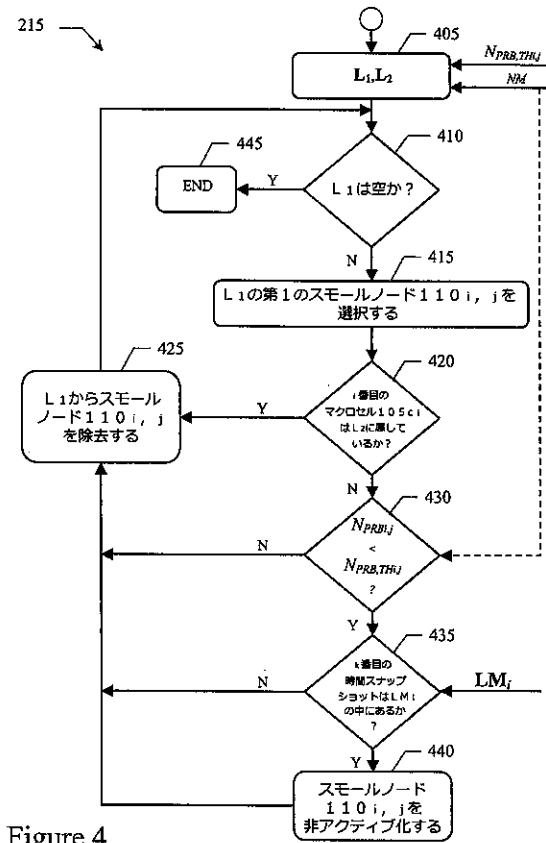


Figure 4

【 図 5 】

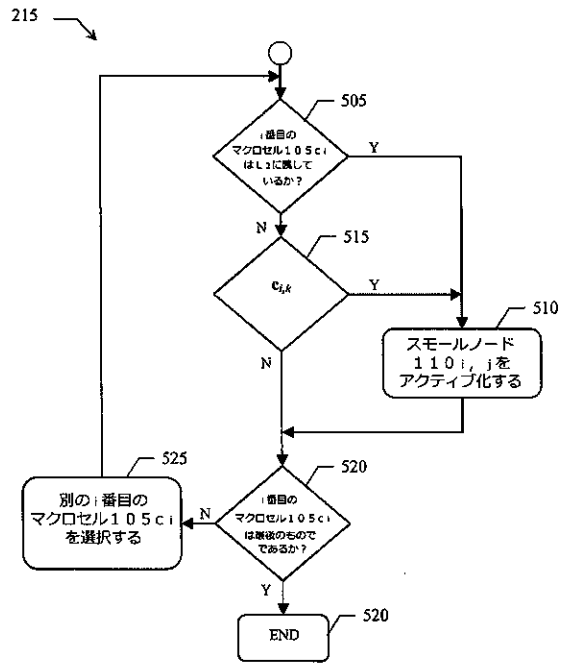


Figure 5

フロントページの続き

- (72)発明者 カレッティ, マルコ
イタリア国 10148 トリノ, ヴィア・ジ・レイス・ロモリ 274, テレコム・イタリア・
エッセ・ピー・アー
- (72)発明者 サベッラ, ダリオ
イタリア国 10148 トリノ, ヴィア・ジ・レイス・ロモリ 274, テレコム・イタリア・
エッセ・ピー・アー
- (72)発明者 ステア, ジョヴァンニ
イタリア国 56122 ピサ, ヴィア・カルーゾ 16, ウニベルシタ・ディ・ピサーディパル
ティメント・ディ・インジェグネリア・デル・インフォルマツィオーネ
- (72)発明者 ヴィルディス, アントニオ
イタリア国 56122 ピサ, ヴィア・カルーゾ 16, ウニベルシタ・ディ・ピサーディパル
ティメント・ディ・インジェグネリア・デル・インフォルマツィオーネ

審査官 羽岡 さやか

- (56)参考文献 英国特許出願公開第2501718(GB, A)
特表2013-516884(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0310048(US, A1)
特開2014-204433(JP, A)
特表2012-527134(JP, A)

- (58)調査した分野(Int. Cl., DB名)
H04W 4/00-99/00