

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6466568号
(P6466568)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019. 2. 6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019. 1. 18)

(51) Int. Cl.		F I
HO4W 24/02	(2009. 01)	HO4W 24/02
HO4W 72/08	(2009. 01)	HO4W 72/08
HO4W 92/18	(2009. 01)	HO4W 92/18
HO4W 40/34	(2009. 01)	HO4W 40/34
HO4W 40/12	(2009. 01)	HO4W 40/12

請求項の数 15 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-510727 (P2017-510727)
(86) (22) 出願日	平成26年5月8日(2014. 5. 8)
(65) 公表番号	特表2017-515439 (P2017-515439A)
(43) 公表日	平成29年6月8日(2017. 6. 8)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/059490
(87) 国際公開番号	W02015/169380
(87) 国際公開日	平成27年11月12日(2015. 11. 12)
審査請求日	平成29年4月3日(2017. 4. 3)

(73) 特許権者	503148270
	テレコム・イタリア・エッセ・ピー・アー イタリア国 20123 ミラノ、ヴィア ・ガエターノ・ネグリ 1
(74) 代理人	100140109
	弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100075270
	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】ワイヤレス通信ネットワークにおけるデバイス間通信の実装に適合されるリソース割当システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モバイル通信ネットワークにおいて、ユーザ機器(110a-f、410a-c)により実行される通信(c_i)のための通信リソースを割り当てる方法であって、

a) 利用可能な通信リソースの量についての、第1のインジケーション(M^{D L}、M^{U L})を受信するステップと、

b) ユーザ機器間の通信に干渉することに関する情報を取得するステップと、

c) 通信リソースが割り当てられるべきユーザ機器間の各通信についての第2のインジケーション(R_i^{D 2 D}、R_i^{U L}、R_i^{D L})であって、インフラストラクチャベースの通信およびデバイス間通信に利用可能な通信レートについての第2のインジケーション(R_i^{D 2 D}、R_i^{U L}、R_i^{D L})を受信するステップと、

d) 前記各通信についての第3のインジケーション(A_i)であって、リクエストされた通信レートについての第3のインジケーション(A_i)を受信するステップと、

e) 通信リソースが割り当てられるべきユーザ機器間の全ての通信についての前記第1、第2、および第3のインジケーションと、通信に干渉することに関する前記情報とに基づき、前記各通信についてインフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプの間で選択を行うステップと、

f) インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプの間での前記選択に基づき、前記各通信に通信リソースを割り当てるステップを含む方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、前記ステップa)、b)、c)、d)、およびe)は、前記ステップf)が実行される周期(TTI)よりも長い周期(TLS)で実行される、方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法であって、各通信は複数のデータパケットを含み、前記ステップf)の前記周期(TTI)は、前記モバイル通信ネットワークの送信の継続時間に対応する、方法。

【請求項4】

請求項1から3のいずれか一項に記載の方法であって、通信に干渉することに関する情報を取得する前記ステップは、前記モバイル通信ネットワーク内の前記ユーザ機器の位置および電力の測定に関する情報に基づく、方法。

10

【請求項5】

請求項4に記載の方法であって、通信に干渉することに関する情報を取得する前記ステップは、

—前記モバイル通信ネットワーク内の前記ユーザ機器の位置および電力の測定に関する情報に基づき、衝突グラフ(CG、CGe)を形成するステップであって、前記衝突グラフは通信するユーザ機器対間の干渉を示す、ステップを含む、方法。

【請求項6】

請求項5に記載の方法であって、

—インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプの間での前記選択に基づき、前記衝突グラフを修正することにより、修正衝突グラフ(CG'、CGe')を生成するステップをさらに含む方法。

20

【請求項7】

請求項6に記載の方法であって、通信リソースを割り当てる前記ステップは、前記修正衝突グラフにさらに基づく、方法。

【請求項8】

請求項1から7のいずれか一項に記載の方法であって、前記第1のインジケーションおよび前記第2のインジケーションは、進行中の通信に関する前記通信リソースの使用メトリクス(Statistics^{D/U})に基づく、方法。

30

【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、前記第1のインジケーションおよび前記第2のインジケーションは、通信リソースを割り当てる前記ステップにより実際に割り当てられる通信リソースに関する情報(Load^{D/U})にさらに基づく、方法。

【請求項10】

請求項1から9のいずれか一項に記載の方法であって、前記モバイル通信ネットワークは、前記モバイル通信ネットワークのカバレッジエリアの部分である複数のセル(400a、400b)を含み、前記方法は、セルの選択されたグループ内のユーザ機器により実行される通信のための通信リソースを割り当てるように構成された、方法。

40

【請求項11】

請求項10に記載の方法であって、

セルの選択された前記グループの各隣接セル(400a、400b)について、

—干渉領域(420)を定めるステップであって、前記干渉領域は、セルの前記グループの各隣接セルの一部(420_A、420_B)を含み、前記一部において、異なるセルのユーザ機器間のデバイス間通信は、インフラストラクチャベースの通信を実行する前記干渉領域内の他のユーザ機器による干渉を受ける可能性があり、逆に、インフラストラクチャベースの通信は、デバイス間通信による干渉を受ける可能性がある、ステップをさらに含む方法。

【請求項12】

50

請求項11に記載の方法であって、
 ー前記干渉領域内に含まれるユーザ機器のリストを生成するステップと、
 ー前記干渉領域内で干渉しない手法で前記リストの前記ユーザ機器に割り当てられる通信リソースを示すステップと
 をさらに含む方法。

【請求項13】

ユーザ機器(110a-f、410a-c)の通信を管理するためのモバイル通信ネットワークであって、前記モバイル通信ネットワークは、複数のセル(100、400a、400b)に分割されるカバレッジエリアを含み、各セルには、ユーザ機器の通信を管理するための無線通信局が設けられ、

10

前記モバイル通信ネットワークは、請求項1から12のいずれか一項に記載の方法を実施するように構成された通信システムをさらに含むことを特徴とするモバイル通信ネットワーク。

【請求項14】

請求項13に記載のモバイル通信ネットワークであって、前記通信システムは、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプの間での前記選択を行うように構成された少なくとも1つのリンク選択モジュール(215、515)と、各通信に通信リソースを割り当てる前記ステップを実行するように構成された少なくとも1つのスケジューラモジュール(220、520a、520b)とを備え、前記少なくとも1つのリンク選択モジュールは、前記選択に従って通信リソースを割り当てるための少なくとも1つのスケジューラモジュールに結合された、モバイル通信ネットワーク。

20

【請求項15】

請求項14に記載のモバイル通信ネットワークであって、少なくとも1つのリンク選択モジュールは、前記モバイル通信ネットワークのセルの選択されたグループ内で発生する通信について、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプの間での前記選択を行うように構成されたリンク選択モジュール(515)を含み、前記少なくとも1つのスケジューラモジュールは、複数のスケジューラモジュール(520a、520b)を含み、各スケジューラモジュールは、前記モバイル通信ネットワークのそれぞれのセル(400a、400b)内の各通信に通信リソースを割り当てる前記ステップを実行するように構成された、モバイル通信ネットワーク。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信システムに言及するものである。より詳細には、本発明は、ワイヤレス電気通信ネットワークまたはモバイル電気通信ネットワークの分野に関する。さらに詳細には、本発明は、ワイヤレス通信ネットワークにおけるデバイス間通信の実装に適合される、リソース割当システムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

概して、モバイル(セルラ)電気通信ネットワークにおいて、モバイル通信デバイス(例えば、携帯電話、スマートフォン、およびタブレット)ー一般的に、ユーザ機器、または簡易的にUE、と称されるーの間の通信は、電気通信ネットワークを通過するものであり、2つのUEは、ネットワークのそれぞれの「サービング」無線トランシーバ(例えば、3GPPロングタームエボリューション(LTE)/LTEアドバンスド(LTE-A)システムにおける、同じまたは異なるeノードB、すなわち発展型ノードB、の無線トランシーバ)に接続され、無線トランシーバとUEとの間でセットアップされ終結される物理通信チャネルを用いて、お互いに通信する。

40

【0003】

以下において、「インフラストラクチャベース」すなわちINFR Aの通信とも称される、かかる従来の「2ホップ」通信に代わるものとして、最近では、UE同士が偶然、比

50

較的短距離内にある際に、直接通信することが可能であるUEが、利用可能となっている。

【0004】

UE間のこの直接無線通信は、一般に、「デバイス間」通信すなわちD2D通信と称され、2つ（または、それ以上）のUEにより直接確立されるD2D通信リンクに基づく。D2D通信は、情報が、ネットワークを通過することなく、直接UE間でセットアップされ終結される物理通信チャネルを介して交換されるという点で、従来のINFR A通信とは異なる。

【0005】

直接通信し合うUEの間のD2D通信リンクは、一般的には、INFR A通信で 사용되는通信周波数範囲内に含まれる周波数にわたって確立される。したがって、無視できない干渉が、D2D通信を行うUEの付近で、特に、D2D通信に使用される、同じおよび／または近接する周波数にわたって、UEが通信を行う際に、INFR A通信を行うUEによって経験される可能性があり、また逆に、D2D通信を行うUEが、同じまたは近接する周波数にわたってINFR A通信を行う近くのUEによる干渉を経験する可能性がある。INFR A通信を行うUEおよびD2D通信を行うUEにより経験されるこの相互干渉は、INFR AおよびD2D通信双方の全体的な劣化の原因となる。

【0006】

したがって、LTE/LTE-Aシステムにおける物理リソースブロック(Physical Resource Block)-PRBまたはRB-に含まれる物理リソース要素などの通信(無線)リソースは、満足できるネットワーク操作性(例えば、サービス品質すなわちQoS、ネットワーク容量、エネルギー効率、スループットなどの観点)を達成するために、INFR A通信およびD2D通信を行うUE間で、注意深く割り当てられる必要がある。

【0007】

従来技術において、INFR A通信またはD2D通信の選択、および、その通信リソース割当のための、いくつかの便宜的な法が提案されている。

例えば、Doppler、Yu、Ribeiro、Janisによる、「Mode selection for Device-to-Device Communication underlying an LTE-Advanced Network (LTE-A上でのネットワークデバイス間通信のためのモード選択)」、Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)、2010 IEEE、2010年4月18日-21日、では、それぞれの達成可能なスループットに従って、INFR A通信またはD2D通信の選択を行うためのモード選択スキームを開示する。

【0008】

Chien、Chen、Hsiehによる、「Exploiting Spatial Reuse Gain through Joint Mode Selection and Resource Allocation for Underlay Device-to-Device Communications (下層のデバイス間通信のためのジョイントモード選択およびリソース割当を介した空間的再利用利得の活用)」、15th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)、2012年9月24日-27日、では、モード選択と通信リソース割当スキームとの両方を開示する。

【0009】

Mohammad Zulhasnine、Changcheng Huang、Anand Srinivasanによる、「Efficient Resource Allocation for Device-to-Device Communication Underlying LTE Network (LTEネットワーク上のデ

10

20

30

40

50

バイス間通信のための効率的なリソース割当)」、6th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)、2010年10月11日-13日、では、リソース割当のための混合整数非線形計画問題(MINLP)、および、伝送時間間隔(Transmission Time Interval)すなわちTTIの時間スケールで問題を解決するための欲張りヒューリスティックス、を開示する。

【0010】

Zhang、Cheng、Yang、Jiaoによる、「Interference-Aware Graph Based Resource Sharing for Device-to-Device Communications Underlaying Cellular Networks(セルラネットワーク上でのデバイス間通信のための干渉を意識したグラフに基づくリソースシェアリング)」、Wireless Communications and Networking Conference(WCNC)、2013 IEEE、2013年4月7日10日、では、シングルセルのカバレッジエリア内においてINTRA通信およびD2D通信にリソースを割り当てる、干渉を意識したグラフベースのリソースシェアリングアルゴリズムの形式を開示する。

10

【0011】

WO2013/008167は、D2Dモバイル端末や、その他セルラ端末、モバイル端末など、デバイスのタイプが多様な、ハイブリッド通信ネットワークにおけるスケジューリングを容易にする、方法、装置、およびコンピュータプログラム製品を開示する。これに関連して、D2Dスケジューリングのアクティビティファクタが、少なくとも部分的に、D2Dモバイル端末および他のモバイル端末両方の総数に基づいて、ネットワークノードにより計算され、スケジューリングのアクティビティファクタは、少なくとも1つのD2Dモバイル端末へ送られる。D2Dモバイル端末は、スケジューリングのアクティビティファクタを使用して、ローカルに測定された信号対干渉雑音比(SINR)情報を、いつネットワークノードに送信するのかを判定する。D2Dモバイル端末は、少なくとも部分的にSINR情報に基づき、他のモバイル端末とは別に、ネットワークノードによりスケジュールされてもよい。

20

【0012】

US2013/0322413は、D2D通信リソースを求めるリクエストを、エンハンスドノードBに送信することを含む、第1のワイヤレス送受信ユニット(WTRU)における使用のための方法を開示する。第1のWTRUは、D2D通信に使用される複数のTTIのためのリソースの割当を、エンハンスドノードBから受け取ってもよい。第1のWTRUは、割り当てられたリソースの間に行われる第2のWTRUとのD2D通信をスケジュールすることができる。第1のWTRUは、割り当てられたリソースの間、半二重通信を使用して、第2のWTRUとのD2D通信を実行してもよい。

30

【0013】

US2010/0261469は、少なくとも部分的に第1の電力値に基づき、第1のリンクの第1のリンク品質を測定するステップと、少なくとも部分的に第2の電力値に基づき、第2のリンクの第2のリンク品質を測定するステップと、少なくとも部分的に第1のリンク品質、第2のリンク品質、および1つまたは複数のD2DのUE制約に基づき、D2D接続の適切なD2Dモードを判定するステップと、を含む方法を開示する。

40

【0014】

Wen、Zhu、Wangによる、「QoS-Aware mode selection and resource allocation scheme for device-to-device(D2D) communication in cellular networks(セルラネットワークにおける装置間(D2D)通信)のためのQoSを意識したモード選択およびリソース割当スキーム」、IEEE International Conference on Communications

50

Workshops (ICC)、2013年6月9日-13日、では、QoSを意識したモード選択およびアップリンク通信リソース割当を開示する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

出願人は、上記で触れた既知の解決方法では、D2D通信およびNFRA通信から選択し、かつ、その通信リソースを割り当てるための、満足できるフレームワークを提供できないことを発見した。

【課題を解決するための手段】

【0016】

したがって、出願人は、通信するどのUEにも最良の通信効率を（例えば、スループットなどの、1つまたは複数の通信パラメータに従って）提供する、いずれかのD2D通信およびNFRA通信から選択するように適合され、同時に、利用可能な通信リソースに従って（UEがモバイル通信ネットワーク内のNFRAまたはD2D通信を介して通信しているかどうかに関わらず、UE間の干渉を回避して）最良のネットワーク操作性能を得るために、通信リソースの割当を提供するように適合される、システムおよび方法を考案するという課題に対処した。

【0017】

特に、本発明の一態様は、モバイル通信ネットワークにおいて、ユーザ機器により実行される通信のための通信リソースを割り当てる方法を提案する。方法は以下のステップを含む。利用可能な通信リソースの量についての、第1のインジケーションを受信するステップと、ユーザ機器間の通信に干渉することに関する情報を取得するステップと、通信リソースが割り当てられるべきユーザ機器間の通信ごとに、インフラストラクチャベースの通信およびデバイス間通信に利用可能な通信レートについての、第2のインジケーションを受信するステップと、各通信のリクエストされた通信レートについての第3のインジケーションを受信するステップと、第1、第2、および第3のインジケーションと、通信に干渉することに関する情報と、に基づき、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプから選択を行うステップと、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプからの選択に基づき、各通信に通信リソースを割り当てるステップ。

【0018】

本発明の好ましい特徴が、従属請求項に記載される。

本発明の一実施形態において、利用可能な通信リソースの量についての、第1のインジケーションを受信するステップと、ユーザ機器間の通信に干渉することに関する情報を取得するステップと、インフラストラクチャベースの通信およびデバイス間通信に利用可能な通信レートについての、第2のインジケーションを受信するステップと、各通信のリクエストされた通信レートについての第3のインジケーションを受信するステップと、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信から選択を行うステップとが、選択に基づく通信リソースを各通信に割り当てるステップが実行される周期性よりも、長い周期性で実行される。

【0019】

本発明の一実施形態において、各通信が、複数のデータパケットを含み、選択に基づき、各通信に通信リソースを割り当てるステップの周期性が、モバイル通信ネットワークの送信の継続時間(durati on)に相当する。

【0020】

本発明の一実施形態において、通信に干渉することに関する情報を取得するステップが、モバイル通信ネットワーク内のユーザ機器の位置および電力の測定に関する情報に基づく。

【0021】

本発明の一実施形態において、通信に干渉することに関する情報を取得するステップが

10

20

30

40

50

、モバイル通信ネットワーク内のユーザ機器の位置および電力の測定に関する情報に基づき、衝突グラフを形成するステップであって、衝突グラフは一对の通信するユーザ機器間の干渉を示す、ステップ、を含む。

【0022】

本発明の一実施形態において、方法は、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信タイプからの選択に基づき、衝突グラフを修正することにより、修正衝突グラフを生成するステップ、をさらに含む。

【0023】

本発明の一実施形態において、通信リソースを割り当てるステップが、修正衝突グラフにさらに基づく。

本発明の一実施形態において、第1のインジケーションおよび第2のインジケーションが、進行中の通信に関する通信リソースの使用メトリクスに基づく。

【0024】

本発明の一実施形態において、第1のインジケーションおよび第2のインジケーションが、通信リソースを割り当てるステップにより実際に割り当てられる通信リソースに関する情報にさらに基づく。

【0025】

本発明の一実施形態において、モバイル通信ネットワークが、モバイル通信ネットワークのカバレッジエリアの一部である複数のセルを含み、方法が、セルの選択されたグループ内のユーザ機器により実行される通信のための通信リソースを割り当てるように構成される。

【0026】

本発明の一実施形態において、方法は、セルの選択されたグループの隣接するセルごとに、干渉領域を定義するステップをさらに含み、干渉領域は、セルのグループの各隣接するセルの部分を含み、部分においては、異なるセルのユーザ機器間のデバイス間通信が、インフラストラクチャベースの通信を実行する干渉領域内の他のユーザ機器による干渉を経験する可能性があり、逆に、インフラストラクチャベースの通信が、デバイス間通信による干渉を経験する可能性がある。

【0027】

本発明の一実施形態において、方法は、干渉領域内に含まれるユーザ機器のリストを生成するステップと、干渉領域内で干渉しない手法で、リストのユーザ機器に割り当てられる通信リソースを示すステップと、をさらに含む。

【0028】

本発明の別の態様は、ユーザ機器の通信を管理するためのモバイル通信ネットワークを提案する。モバイル通信ネットワークは、複数のセルに分割されるカバレッジエリアを含み、各セルには、セル内のユーザ機器の通信を管理するための無線通信局が設けられる。モバイル通信ネットワークは、上記で触れた方法を実装するように構成される通信システムをさらに含む。

【0029】

本発明の一実施形態において、通信システムは、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信から選択を行うように構成される少なくとも1つのリンク選択モジュールと、各通信に通信リソースを割り当てるステップを実行するように構成される少なくとも1つのスケジューラモジュールと、を備え、少なくとも1つのリンク選択モジュールは、選択に従って通信リソースを割り当てるための少なくとも1つのスケジューラモジュールと連結される。

【0030】

本発明の一実施形態において、少なくとも1つのリンク選択モジュールは、モバイル通信ネットワークのセルの選択されたグループ内で発生する通信について、インフラストラクチャベースの通信タイプまたはデバイス間通信から選択を行うように構成される、リンク選択モジュールを含み、少なくとも1つのスケジューラモジュールは、複数のスケジューラ

10

20

30

40

50

ーラモジュールを含み、各スケジューラモジュールは、モバイル通信ネットワークのそれぞれのセル内の各通信に、通信リソースを割り当てるステップを実行するように構成される。

【 0 0 3 1 】

本発明による解決方法の、これらおよび他の特徴および利点は、非限定的な例を用いて単に提供される、以下の実施形態の詳細な説明を、添付の図面と併せて読むことにより、より良く理解されるであろう。

【 図面の簡単な説明】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態が実装され得る、モバイル通信ネットワークのセルの概略図である。 10

【 図 2 】 図 1 のセルにおける通信を管理するための、本発明の一実施形態にかかる通信システムの一部の概略ブロック図である。

【 図 3 】 図 2 の通信システムのための、本発明の一実施形態にかかるリソース割当動作の概略フローチャートである。

【 図 4 】 本発明の一実施形態が実装され得る、モバイル通信ネットワークの隣接する一対のセルの概略図である。

【 図 5 】 図 4 のセルなどのモバイル通信ネットワークの複数のセルにおける通信を管理するための、本発明の一実施形態にかかる通信システムの概略ブロック図である。

【 図 6 】 図 5 の通信システムによって実装され得る、本発明の一実施形態にかかる干渉を回避するためのリソース割当スキームの略図である。 20

【 発明を実施するための形態】

【 0 0 3 3 】

図面を参照すると、図 1 は、本発明の一実施形態が実装され得る、モバイル通信ネットワークのセル 1 0 0 の概略図である。

セル 1 0 0 (簡潔を期して、図 1 では六角形の領域で概略的に表される) は、モバイル通信ネットワークのカバレッジエリアの一部であり、ここにおいて、3 G P P ロングタームエボリューション (L T E) / L T E アドバンスド (L T E - A) システムにおける発展型ノード B すなわちノード B 1 0 5 、などの無線通信局の 1 つまたは複数の無線トランシーバ (図示せず) が、図 1 の例におけるセル 1 0 0 内の 6 個の U E 1 1 0 a 、 1 1 0 b 、 1 1 0 c 、 1 1 0 d 、 1 1 0 e 、 および 1 1 0 f などのユーザ機器すなわち U E (例えば、携帯電話、スマートフォン、およびタブレット) の通信 (すなわち、バイナリデータパケットなどの情報の送信および / または受信) を管理する。例えば、e ノード B 1 0 5 が、利用可能な通信伝送帯域の一部 (物理リソースブロック P R B または R B として示される) の観点から、U E 1 1 0 a - f の通信のための、通信リソースを割り当てる。 30

【 0 0 3 4 】

いくつかの通信が、セル 1 0 0 内で同時に発生することがある。

図 1 の例では、U E 1 1 0 a および U E 1 1 0 b は、e ノード B 1 0 5 を介する、セル 1 0 0 の外部のそれぞれの U E (図示せず) との「インフラストラクチャベース」すなわち I N F R A の通信に関与するものとする。U E 1 1 0 a は、セル 1 0 0 内の U E 1 1 0 a 、 1 1 0 b 、 1 1 0 c 、 1 1 0 d 、 1 1 0 e 、 および 1 1 0 f からデータを受信するために e ノード B 1 0 5 により全体的に割り当てられる通信リソース (アップリンクリソース) の一部分に含まれるアップリンクチャネルを介して、情報 (セル 1 0 0 の外部の受信先 U E に送られる) を e ノード B 1 0 5 に送信する。逆に、U E 1 1 0 b は、セル 1 0 0 内の U E 1 1 0 にデータを提供するために e ノード B 1 0 5 により全体的に割り当てられる通信リソース (ダウンリンクリソース) の一部分に含まれるダウンリンクチャネルを介して、情報 (セル 1 0 0 の外部の送信元 U E により送られる) を e ノード B 1 0 5 から受信する。 40

【 0 0 3 5 】

図1の例では、UE110cおよびUE110dは、eノードB105を介するお互い同士のINFR A通信に関与するものとする。UE110cが、アップリンクチャンネルを介して、情報(すなわち、データパケットの形式で)をeノードB105に送信し、UE110dが、ダウンリンクチャンネルを介して、かかる情報(すなわち、同様にデータパケットの形式で)をeノードB105から受信する。

【0036】

図1の例では、UE110eおよびUE110fは、デバイス間通信すなわちD2D通信に関与するものとする(すなわち、UE110eとUE110fとが、eノードB105を通過する必要なく、情報を直接交換する)。UE110eおよびUE110fは、アップリンクチャンネルまたはダウンリンクチャンネルのいずれかを介して、他方との間で情報を送信/受信してもよい(以下でより詳細に説明する)。

10

【0037】

ここで図2に進むと、図2は、セル100における通信を管理するための、本発明の一実施形態にかかる通信システム200の概略ブロック図である。

通信システム200は、通信タイプ(すなわち、INFR A通信またはD2D通信)からの選択、および、セル100内のUE110a-fの通信全てのための通信リソースの割当(例えば、リソースブロック全体の通信データパケットのスケジューリングにより)、を管理するように適合される。

【0038】

通信システム200は、衝突グラフ(CG)ビルダモジュール205を備え、モジュール205は、セル100内のeノードB105などの、モバイル通信ネットワークのeノードBに配置され、かつ、セル100内の全てのUE110の一部および送信電力に基づき衝突グラフCGを計算するように構成される、モジュール/機能であってもよい。例えば、セル100内の全てのUE110a-fの送信電力は、eノードB105により既知であり、かつ、eノードB105により提供され、UE110a-fの位置は、既知のポジショニング技術により(例えば、GPS信号、ネットワーク信号、またはその組み合わせを使用して)取得されてもよい。衝突グラフCGは、図1の例のUE110cと110d、および、UE110eと110f、などの任意の2つのUEの間の(既にアクティブであるか、または確立されるべき)通信が、グラフノードとして示されるグラフであり、2つのノードを接続するグラフエッジが、対応する通信の間の衝突を意味する(すなわち、かかる通信は、相互干渉を引き起こす)。2つのグラフノードの間のエッジは、リソースの別々の割当が、かかるノードで表される2つの通信の間の衝突を防ぐために必要とされることを暗に示す。

20

30

【0039】

通信システム200はまた、統計マネージャモジュール210を備え、モジュール210は、セル100内のeノードB105などの、モバイル通信ネットワークのeノードBに配置されるモジュール/機能であって、かつ、ダウンリンクチャンネルおよびアップリンクチャンネルの両方の観点で、実際に割り当てられるダウンリンク/アップリンク通信リソースについての情報Load^{D/U}と、そのダウンリンク/アップリンク通信リソースの使用メトリクスStatistics^{D/U}(すなわち、通信システムにより管理される進行中の通信に関する統計データであって、例えば、UE110a-fによりeノードB105に提供されるチャンネル品質インジケーション(Channel Quality Indication)から取得される)と、に基づき、INFR A通信およびD2D通信と、INFR A通信D2D通信についての利用可能なダウンリンク/アップリンクリソースの量(すなわち、ダウンリンク/アップリンクチャンネルが利用可能なリソース)とのための、利用可能な通信レート、または単にレート(例えば、ビット毎秒、bpsで表される)に関してインジケーションを提供するように構成されるモジュール/機能である。例えば、統計マネージャモジュール210は、

40

- ・ 利用可能なダウンリンクリソースの量(例えば、PRBで表される)M^{D,L}、および
- ・ 利用可能なアップリンクリソースの量(例えば、PRBで表される)M^{U,L}、

50

に関するインジケーションを提供する。

【0040】

加えて、セル100内の通信 c_i ごとに(例えば、 $0 < i < I$ 、ここで、 I は、正の整数である)(確立されるべき通信または既に進行中の通信のいずれか)、統計マネージャモジュール210は、

- ・通信 c_i がD2D通信 R_i^{D2D} である場合に、通信 c_i に利用可能なレート
- ・通信 c_i がLNFRA通信 R_i^{UL} である場合に、通信 c_i に利用可能なアップリンクレート、および
- ・通信 c_i がLNFRA通信 R_i^{DL} である場合に、通信 c_i に利用可能なダウンリンクレート

10

に関するインジケーションを提供する。

【0041】

換言すると、レート R_i^{D2D} は、通信 c_i がD2D通信として実行される場合に有するレートであり、レート R_i^{D2D} は、通信 c_i に関与するUEが、かかるUEがD2D通信を実行可能であるD2Dの範囲の外にある場合に、ゼロであることに留意されたい。レート R_i^{UL} および R_i^{DL} は、(アップリンクチャネルおよびダウンリンクチャネルのそれぞれについて)通信 c_i がLNFRA通信として実行される場合に有するレートである。

【0042】

本発明の一実施形態において、通信システム200は、リンク選択モジュール215を備え、モジュール215は、2つ(またはそれ以上の)UE105の間の通信タイプ(すなわち、D2D通信またはLNFRA通信)を選択するように構成され、かつそのように動作可能である。例えば、リンク選択モジュール215は、セル100内のeノードB105などの、モバイル通信ネットワークのeノードBに配置されるモジュール/機能であってもよい。リンク選択モジュール215は、衝突グラフを入力として受信するためのCGビルダモジュール205と連結される。リンク選択モジュール215は、統計マネージャモジュール210と連結されて、ここから、上述したインジケーションである M^{DL} 、 M^{UL} 、 R_i^{D2D} 、 R_i^{UL} 、および R_i^{DL} を入力として受信する。最後に、リンク選択モジュール215は、想定される通信 c_i のリクエストされたレート A_i をさらなる入力として受信し、かかるリクエストされたレート A_i は、モバイル電気通信ネットワークにおける通信トラフィックに従って、通信システム200の進化したパケットコア(Evolved Packet Core: EPC、図2には詳細は示されない)により提供されてもよい。

20

30

【0043】

リンク選択モジュール215は、通信 c_i をLNFRA通信としてまたはD2D通信として、確立するか、既にアクティブである場合には切り替えるか、を受信した入力に基づいて選択する(以下で説明する)。リンク選択モジュール215は、通信 c_i が、LNFRA通信としてまたはD2D通信として、確立される必要があるか、既にアクティブである場合には切り替えられる必要があるか、を判定する通信コマンドを、出力として与える。本発明の一実施形態において、通信コマンドは、第1の2値変数 d_i (例えば、1ビット)と、第2の2値変数 d_i^{UL} (例えば、1ビット)と、第3の2値変数 d_i^{DL} (例えば、1ビット)とを備え、第1の2値変数は通信 c_i が、LNFRA通信であるかD2D通信であるかを判定するものであり—例えば、 $d_i = 0$ はLNFRA通信に相当し、 $d_i = 1$ はD2D通信に相当し、第2の2値変数は、D2D通信が選択された場合(すなわち、 $d_i = 1$)に、D2D通信がアップリンクを介して確立されるかどうかを定義するものであり—例えば、 $d_i^{UL} = 1$ はアップリンクが選択されたことに相当し、 $d_i^{UL} = 0$ はアップリンクが選択されなかったことに相当し、第3の2値変数は、D2D通信がダウンリンクを介して確立されるかどうかを定義するものであり—例えば、 $d_i^{DL} = 1$ は、ダウンリンクが選択されたことに相当し、 $d_i^{DL} = 0$ はダウンリンクが選択されなかったことに相当する。代替実施形態において、D2D通信がダウンリンクまたはアップリ

40

50

リンクを介して確立される、と定義する単一2値変数が提供され、一例えば、1に設定された単一2値変数がアップリンクに相当し、0に設定された単一2値変数がダウンリンクに相当する。

【0044】

リンク選択モジュール215は、通信コマンドを考慮するために修正された衝突グラフCGに相当する修正衝突グラフ(CG')も出力としてさらに提供する(例えば、D2Dタイプの通信 c_i が他の通信と干渉している場合に、かかる通信 c_i をD2D通信からINFR A通信に切り替えることによりCG内のエッジが削除されるが、LTE/LTE-A標準が、INFR A通信を行うUE間の通信リソースシェアリングがそれに従って回避されることを保証済みであるからである)。

10

【0045】

好ましくは、リンク選択モジュール215は、制限コマンドRSも出力としてさらに提供する。例えば、制限コマンドRSは、セル100内で使用される通信リソースに関する制限のセットを備える。本発明の一実施形態において、制限コマンドRSは、{[UE_group]、[PRB]}のフォーマットで提供され、それにおいて、UE_groupは、UE(例えば、D2D通信を実行するUE、アップリンクチャネルおよび/またはダウンリンクチャネルを活用するUE、セルのエッジに沿って配置される、など)の任意のセットを表し(例えば、リストアップする)、PRBは、そのUEのセットに関連付けられるべきリソースを表す(例えば、UE_groupにリストアップされる対応するUEに対して予約される通信リソースであり、以下で説明する)。

20

【0046】

本発明の一実施形態において、通信システム200はパケットスケジューラモジュール220も備え、これは、リンク選択モジュール215の出力に基づき通信リソースを割り当てるように構成される(以下で説明する)。この点で、パケットスケジューラモジュール220は、リンク選択モジュール215の出力を入力として受信するためのリンク選択モジュール215と連結される。例えば、パケットスケジューラモジュール220は、セル100内のeノードB105などの、モバイル通信ネットワークのeノードBに配置されるモジュール/機能であってもよい。

【0047】

加えて、パケットスケジューラモジュール220は、通信 c_i の間に送信されるデータの量に関するインジケーション Q_i を、入力として受信する。例えば、インジケーション Q_i は、eノードB105によりパケットスケジューラモジュールに直接提供され、eノードB105は、ダウンリンクチャネルを介して送信されるデータの量を管理し、セル100内のUE110a-fにより提供されるバッファステータスレポート(Buffer Status Report(BSR))からアップリンクチャネルを介して送信されるデータの量を分かっている。

30

【0048】

受信した入力に基づき、パケットスケジューラモジュール220は、メモリセル100内の通信 c_i ごとに通信リソースの割当を実行する。換言すると、パケットスケジューラモジュール220が、スケジューリングし、通信 c_i に属するリソースブロックの各データパケットが、交換される(すなわち、送信および/または受信される)必要があり、したがって、通信リソースの割当は、パケットスケジューリングの際に頻繁に示される。かかるパケットスケジューリングは、次に、セル100内のUE110a-fに提供され、110a-fがそれに従って通信する。

40

【0049】

リソース割当に沿って、パケットスケジューラモジュール220は、統計マネージャモジュール210に提供される、実際に割り当てられる通信リソースLoad^{D/U}についての情報を出力する。

【0050】

リンク選択モジュール215、パケットスケジューラモジュール220、および統計マ

50

ネージャモジュール210は、フィードバックループを形成し、フィードバックループが、実際に割り当てられる通信リソースLoad^{D/U}に基づき、かつ、使用メトリクスStatistics^{D/U}（すなわち、モバイル通信ネットワークの実際の状態および過去の状態）に基づき、選択の動作と各通信c_iのパケットスケジューリングとの効率を高めることを可能にする、ことに留意すべきである。

【0051】

本発明の一実施形態において、CGビルダモジュール205、統計モジュール210、およびリンク選択モジュール215は、自らの出力に、伝送時間間隔(Transmission Time Interval)すなわちTTI(アップリンクチャネルまたはダウンリンクチャネルでデータパケットを送信する継続時間)より大きいリンク選択期間T_{LS}を与えるが、これは、INFR A通信およびD2D通信からの選択が、特に、通信タイプの切り替えの場合、一定のオーバーヘッド時間を必要とし、また、TTIの周期性でそれを実行することが計算的に困難であるからである。さらに、伝送時間間隔TTIより長いリンク選択期間T_{LS}と等しい周期性で動作するリンク選択モジュール215を有することで、進行中の通信についてINFR AおよびD2Dのタイプを頻繁に切り替えることが回避される。INFR AおよびD2D通信のタイプのかかる頻繁な切り替えは、かかる進行中の通信には有害である。実際、伝送時間間隔と等しい周期性でINFR A/D2Dを切り替えると、INFR Aタイプの通信の間は、進行中の通信の断片(例えば、1つまたは複数のデータパケット)はeノードBに送られ、D2Dタイプの通信の間は、進行中の通信の断片は受信先UEに送られる。したがって、進行中の通信の断片の一部は、eノードBおよび/または受信先UEによって達成できないかもしれず、それにより、進行中の通信の正確な再構築を可能とするためには、かかる断片を、eノードB(INFR Aタイプの通信)または受信先UE(D2Dタイプの通信)の一方に再送信することが必要となる(その結果、通信の品質を低下させ、モバイル通信ネットワークの仕事量を増加させることになる)。例えば、リンク選択期間T_{LS}は、TTI(LTE/LTE-Aでは1msの継続時間を有する)より大きい、100ミリ秒オーダーの継続時間を有する。

【0052】

逆に、パケットスケジューラモジュール220は、自らの出力にwith a 1つのTTIに等しい周期性を与え、これにより、eノードB105が、メモリセル100における各通信c_iを実時間で適切に管理することが可能となる(すなわち、通信c_iにおける遅延を引き起こさない)。

【0053】

リンク選択モジュール215の動作に着目すると、後者(the latter)が、D2D通信およびINFR A通信のどちらが、2つのUE、例えば、セル100内のUE110cと110d、および、UE110eと110f、には良好であるかを、通信の1つ(または複数)の対象のパラメータ(例えば、スループット)を最適化することを目的とする基準に従って、判定する。D2D通信を選択する場合、リンク選択モジュール215はまた、どちらのチャネル(すなわち、ダウンリンクまたはアップリンクチャネル)で、D2D通信を割り当ててるのかを、同じ基準に従って判定する。

【0054】

リンク選択モジュール215は、

- A_iの結果として、各通信c_iの通信レート要件レート
- レートR_i^{D2D}、R_i^{UL}、R_i^{DL}の結果、リソース使用による達成可能なレート
- 量M^{DL}およびM^{UL}の結果として、ダウンリンクとアップリンクリソースの両方のステータス(すなわち、利用可能性)、

を意識する。

【0055】

加えて、衝突グラフCGの結果として、リンク選択モジュール215は、セル100内の衝突する可能性のある任意の通信を意識する。

10

20

30

40

50

したがって、リンク選択モジュール215は、利用可能な通信リソース（または、チャンネル条件）を評価することだけでなく、利用可能なダウンリンクおよびアップリンクリソース、または空間を別個に評価することによっても、通信タイプの選択を実行する（逆に、チャンネル条件のみを考慮すると、D2D通信は、利用可能なダウンリンクリソースがない場合にも、INFR A通信に切り替え可能となってしまう）。

【0056】

本発明の一実施形態において、リンク選択モジュール215は、最適化の問題を解決することにより通信タイプを選択する。例えば、かかる最適化の問題の目的関数は以下のように表すことができる。

【0057】

【数1】

$$\max \sum_{i \in I} x_i^{D2D-UL} \times R_i^{D2D} + x_i^{D2D-DL} \times R_i^{D2D} + x_i^{UL} \times \min\{R_i^{UL}, R_i^{DL}\}$$

【0058】

(1)

式中、変数 x_i^{D2D-UL} 、 x_i^{D2D-DL} 、 x_i^{UL} ($\in \mathbb{R}$)は、それぞれ、アップリンクチャンネル上のD2D通信、ダウンリンクチャンネル上のD2D通信、INFR A通信、として実行される通信 c_i に割り当てられる通信リソースを表す。最適化の問題を解決する間、いちどきに変数 x_i^{D2D-UL} 、 x_i^{D2D-DL} 、 x_i^{UL} のうちの一つのみが、非ゼロの値を持つが、これは、総称的な通信 c_i が、アップリンクチャンネル上のD2D通信、ダウンリンクチャンネル上のD2D通信、またはINFR A通信のうちの一つとして実行されるからであることに留意すべきである。

【0059】

目的関数(1)は、以下の制約に従って解決される。

$$d_i \geq d_i^{DL} \quad (2)$$

$$d_i \geq d_i^{UL} \quad (3)$$

不等式(2)および(3)は、第1の2値変数が1に等しい場合のみ、総称的な通信 c_i が、D2D通信として（ダウンリンクチャンネル上またはアップリンクチャンネル上のいずれか）実行されるということを定義する。

$$d_i^{UL} + d_i^{DL} \leq 1 \quad (4)$$

不等式(4)は、ダウンリンクチャンネルおよびアップリンクチャンネルのうち的一方のみが、D2Dタイプの通信 c_i について選択され得るということを定義する。

【0060】

【数2】

$$n^{D2D-DL} + \sum_{i \in I} x_i^{UL} \times \frac{R_i^{UL}}{R_i^{DL}} \leq M^{DL}$$

【0061】

(5)

式中、 n^{D2D-DL} ($\in \mathbb{R}^+$)は、ダウンリンクチャンネル上のD2D通信を実行するために割り当て可能である通信リソースを表し、

【0062】

10

20

30

40

【数3】

$$\sum_{i \in I} x_i^{UL} \times \frac{R_i^{UL}}{R_i^{DL}}$$

【0063】

は、ダウンリンクチャンネル上で実行されるI N F R A 通信の一部分について割当可能である通信リソースを表し、不等式(4)は、割当可能な通信リソースが、利用可能なダウンリンクリソースの量 M^{DL} より小さい、または、最大でも M^{DL} に等しくなければならない、ということ定義する。

10

【0064】

【数4】

$$n^{D2D-UL} + \sum_{i \in I} x_i^{UL} \leq M^{DL}$$

20

【0065】

(6)

式中、 $n^{D2D-UL} (\in \mathbb{R}^+)$ は、アップリンクチャンネル上のD2D通信を実行するために割当可能な通信リソースを表し、

【0066】

【数5】

$$\sum_{i \in I} x_i^{UL}$$

30

【0067】

は、アップリンクチャンネル上で実行されるI N F R A 通信の一部分について割当可能な通信リソースを表し、不等式(5)は、割当可能な通信リソースが、利用可能なアップリンクリソースの量 M^{UL} より小さい、または、最大でも M^{UL} に等しくなければならない、ということ定義する。

$$x_i^{D2D-DL} \times R_i^{D2D} + x_i^{D2D-UL} \times R_i^{D2D} + x_i^{UL} \times R_i^{UL} \leq A_i \quad (7)$$

40

不等式(7)は、通信 c_i について割り当てられる通信リソースが、考慮される通信 c_i についてリクエストされたレート A_i より小さい、または最大でも A_i に等しくなければならない、ということ定義する。

$$x_i^{UL} \leq \min \{ M^{UL}, A_i / R_i^{UL} \} \times (1 - d_i) \quad (8)$$

不等式(8)は、アップリンクチャンネル上で実行されるI N F R A 通信の一部分について割り当てられる通信リソースの量が、アップリンクチャンネル M^{UL} の利用可能なリソース、および、通信 c_i のリクエストされたアップリンクレートを越えることはできない($d_i = 1$ ならば、すなわち、D2D通信であれば、 $x_i^{UL} = 0$ であることに留意されたい)、ということ定義する。

50

$$x_i^{D2D-U} \leq \min \{ M^{UL}, A_i / R_i^{D2D} \} \times d_i^{UL} \quad (9)$$

不等式(9)は、アップリンクチャンネル上で実行されるD2D通信について割り当てられる通信リソースの量が、アップリンクチャンネル M^{UL} の利用可能なリソース、および通信 c_i のリクエストされたアップリンクレートを超えることはできない($d_i^{UL} = 1$ ならば、 $x_i^{D2D-U} = 0$ であることを留意されたい)、ということ定義する。

$$x_i^{D2D-D} \leq \min \{ M^{DL}, A_i / R_i^{D2D} \} \times d_i^{DL} \quad (10)$$

不等式(10)は、ダウンリンクチャンネル上で実行されるD2D通信について割り当てられる通信リソースの量が、アップリンクチャンネル M^{DL} の利用可能なリソース、および通信 c_i のリクエストされたダウンリンクレートを超えることはできない($d_i^{DL} = 1$ ならば、 $x_i^{D2D-D} = 0$ であることを留意されたい)、ということ定義する。

$$\pi_i^{UL} + x_i^{D2D-U} \leq \pi_j^{UL} + L \times [o_{ij} + (1 - d_i^{UL}) + (1 - d_j^{UL})] \quad (11)$$

式中、 L は、利用可能な通信リソースの数(すなわち、PRBの数)より大きい値を持つ正定数であり、 o_{ij} は2値変数であって、衝突する通信 j の通信リソースが、アップリンクチャンネルの通信 i の通信リソースに先行する場合は、1に等しく、それ以外は0である2値変数、変数 π_i^{UL} ($\in \mathbb{R}^+$)は、通信 c_i に割り当てられる通信リソースが開始する、アップリンクチャンネルにおける初期点を定義する。

$$\pi_j^{UL} + x_j^{D2D-U} \leq \pi_i^{UL} + L \times [(1 - o_{ij}) + (1 - d_i^{UL}) + (1 - d_j^{UL})] \quad (12)$$

不等式(11)および(12)は、アップリンクチャンネル上の通信 c_j と衝突するD2Dタイプの通信 c_i についての、衝突をシーケンスする制約を考慮する(衝突グラフCGにおいて定義される) - 留意すべきは、これら2つの制約は、通信 c_i および c_j の両方が、アップリンクチャンネル上にスケジューラされる衝突する通信である場合には意味があり、それ以外は、常に検証されることであり - この場合、 o_{ij} が0に等しければ、不等式(11)が機能し、通信 c_i が割り当てられた後に通信 c_j が割り当てられ、そうでなければ、 o_{ij} が1に等しければ、不等式(12)が機能し、通信 c_i が割り当てられた後に通信 c_j が割り当てられる。

$$\pi_i^{UL} + x_i^{D2D-U} \leq n^{D2D-U} + L \times (1 - d_i^{UL}) \quad (13)$$

不等式(13)は、 n^{D2D-U} が、アップリンクチャンネル上で実行されるD2Dタイプの通信 c_i に割り当てられるアップリンクチャンネルの通信リソースの上界である、ということ定義する。

$$\pi_i^{DL} + x_i^{D2D-D} \leq \pi_j^{DL} + L \times [o_{ij} + (1 - d_i^{DL}) + (1 - d_j^{DL})] \quad (14)$$

$$\pi_j^{DL} + x_j^{D2D-D} \leq \pi_i^{DL} + L \times [(1 - o_{ij}) + (1 - d_i^{DL}) + (1 - d_j^{DL})] \quad (15)$$

$$\pi_i^{DL} + x_i^{D2D-D} \leq n^{D2D-D} + L \times (1 - d_i^{DL}) \quad (16)$$

不等式(14)、(15)、および(16)は、ダウンリンクチャンネル上で実行されるD2Dタイプの通信 c_i についての不等式(11)、(12)、および(13)に相当し、($\in \mathbb{R}^+$)であって、変数 π_i^{DL} ($\in \mathbb{R}^+$)は、通信 c_i に割り当てられる通信リソースが開始する、ダウンリンクチャンネルにおける初期点を定義する。

[0068]

最適化の問題を解決することで、リンク選択モジュール215が出力 d_i 、 d_i^{UL} 、 d_i^{DL} 、RS、およびCG'を判定することが可能となる。

ここで、パケットスケジューラモジュール220に着目すると、後者(the latter)は、好ましくは、2つのスケジューラ分岐(図2には図示せず)を備え、各分岐は、通信リソースのそれぞれの部分の割当を管理する。すなわち、アップリンクスケジューラ分岐は、アップリンクリソース割当に専用であり、ダウンリンクスケジューラ分岐は、ダウンリンクリソース割当に専用である。各スケジューラ分岐は、アップリンク/ダウンリンクリソースそれぞれを割り当てるが、例えば、最大搬送波対干渉電力比(Maximum Carrier-to-interference Ratio (Max C/I

10

20

30

40

50

))スケジューリング、ラウンドロビン(RR)スケジューリング、または、比例公平(Proportionally Fair(PF))スケジューリング、などの所定の割当スキームを適用し、各リンク選択期間T L Sでリンク選択モジュール215により提供される出力 d_i 、 d_i^{UL} 、 d_i^{DL} 、RSおよびCG'と組み合わせ、かつ各TTIで受信されるインジケーション Q_i (送信されるデータの量に関する)と組み合わせて、行う。特に、スケジューラ分岐は、修正衝突グラフCG'内に示されるエッジを配慮することにより、お互いに干渉しない、INFR A通信に關与するUE110a、110b、110cおよび110dの間、ならびに、D2D通信に關与するUE110eと110fとの間で、同じダウンリンク/アップリンクリソースを共有することができる(INFR A通信に關与するUE110a、110b、110cおよび110dの間の、ダウンリンク/アップリンクリソースシェアリングは、L T E /L T E - A 標準では回避される)。

10

【0069】

ここで、図3に進むと、図3は、通信システム200のための、本発明の一実施形態にかかるリソース割当動作の概略フローチャートである。

最初に、ステップ305にて、パケットスケジューラモジュール220が、次のTTIにおいてセル100内で発生する全てのI通信 c_i の入力リストL1を受信し、次に、ステップ(決定ブロック)310にて、パケットスケジューラモジュール220が、セル100内で発生する全てのI通信 c_i に対して、相互排他的なリソースを割り当てることが可能かどうかをチェックする。肯定の場合(決定ブロック310で分岐Yから出る)、相互排他的なリソースのかかる割当が、ステップ315にて行われ、相互排他的なリソースの割当が、I通信 c_i 間で達成可能な最大スループットおよび最小干渉を確実にし、ステップ320にて動作が終了する。

20

【0070】

否定の場合(決定ブロック310の分岐Nから出る)、すなわち、相互排他的なリソース割当が可能でない場合、ステップ325にて、セル100内で発生するI通信 c_i の順序付きリストL2が、パケットスケジューラモジュール220により生成される。例えば、順序付きリストL2の順序付けは、任意の適切な割当スキーム(例えば、上述のMax C/I、PFまたはRRスケジューリング)に従って実装されてもよい。

【0071】

次に、ステップ330にて、順序付きリストL2内の第1の通信 c_i から開始して、パケットスケジューラモジュール220は、2値データ d_i 、 d_i^{UL} 、および d_i^{DL} で示される通信タイプ、修正衝突グラフCG'、ならびに制限コマンドRSを考慮に入れて、通信リソースを任意の通信 c_i に割り当てる。

30

【0072】

ステップ(決定ブロック)335にて、パケットスケジューラモジュール220が、割当に利用可能な通信リソースがあるかどうかを検証する。否定の場合(決定ブロック335の分岐Nから出る)、割当動作はステップ320にて終了する。

【0073】

肯定の場合(決定ブロック335の分岐Yから出る)、すなわち、利用可能な通信リソースがある場合、パケットスケジューラモジュール220は、ステップ(決定ブロック)340にて、セル100内で発生するI通信 c_i の順序付きリストL2の最後に達したかどうかを検証する。否定の場合(決定ブロック340の分岐Nから出る)、パケットスケジューラモジュール220は、ステップ345にて、順序付きリストL2から次の通信 c_{i-1} を抽出し、次の通信 c_{i+1} に通信リソースを割り当てるために、動作はステップ330に戻る。

40

【0074】

肯定の場合(決定ブロック340の分岐Yから出る)、すなわち、順序付きリストL2の最後に到達した場合、動作はステップ320にて終了する。

このように、次のTTIについて、リソースが割り当てられる。パケットスケジューラモジュール220は、後に続くTTIについて、上記の動作を繰り返す。同じリンク選択

50

期間T L Sの間、入力 d_i 、 $d_i^{U L}$ 、 $d_i^{D L}$ 、R S、およびC G'は変わらない。リンク選択期間T L Sの終わりに、パケットスケジューラモジュール220への入力 d_i 、 $d_i^{U L}$ 、 $d_i^{D L}$ 、R SおよびC G'が変わる。

【0075】

ここまで、同じネットワークセル下にあるUE間のD2D通信のシナリオについて考察した。本発明の一実施形態において、通信システムは、異なるセル内に配置される2つのUE間のD2D通信にも対処するように構成されてもよい。

【0076】

ここで図4に進むと、図4は、本発明の一実施形態が実装され得る、モバイル通信ネットワークの一对のセル400aと400bの概略図である。特に、本例では、2つのセルが隣接するセルであると想定するが、解決方法は、一对の隣接するセルに限定されない(例えば、小さなセルの場合)。

【0077】

以下では、図1を参照して説明した要素と同様の要素には、同様の参照符号を付し、簡潔を期して、その説明を繰り返さない。

図4の例では、一对の隣接するセル400aの第1のセル400a内の通信が、第1のeノードB405aにより管理され、一对の隣接するセル400aの第2のセル400b内の通信が、第2のeノードB405bにより管理される。

【0078】

2つのUE、すなわち、第1のセル400a内の第1のUE410a、および第2のセル400b内の第2のUE410bは、セル内D2D通信に関与する。第2のセル400b内の第3のUE410cは、UE410aおよび410bの間のセル内D2D通信への干渉を引き起こす可能性があり、その逆に、D2D通信におけるUE410aおよび410bが、第3のUE410cにより実行される通信への干渉を引き起こす可能性がある。

【0079】

図4の2セルのシナリオは、より一般的な複数セルのシナリオを単純化したものを有すると解釈されるべきである。好ましい実施形態において、セル内D2D通信はモバイル通信ネットワークのセルの選択されたグループ上で管理され、例えば、セルの選択されたグループは、中央セル、および中央セルに隣接する全ての隣接するセル(すなわち、全部で6個のセル)を備えてもよい。

【0080】

ここで図5を考察すると、図5は、セル400aおよび400bなどのモバイル通信ネットワークの複数のセルにおける通信を管理するための、本発明の一実施形態にかかる通信システム500の概略ブロック図である。

【0081】

以下では、図2を参照して説明した要素と同様の要素には、同様の参照符号を付す。

通信システム500は、図4の例における第1のセル400aおよび第2のセル400bなどの隣接するセル内のユーザの位置に基づく、拡大衝突グラフCGeと、それぞれのセルの送信電力と、と提供するように適合される、拡大CGビルダモジュール505を備える。

【0082】

本発明の一実施形態において、拡大CGビルダモジュール505は、UEの位置と送信電力情報を、モバイル通信ネットワーク内の全てのセル、または、モバイル通信ネットワークのセルの選択されたグループから受信する(例えば、7個のセルのうち、1つがグループの中央セルであり、残り6個のセルが中央セルに隣接する)。

【0083】

本発明の一実施形態において、L T E / L T E - A 標準では、拡大CGビルダモジュール505が、モバイル通信ネットワークの全てのeノードBに接続される通信システム500の進化したパケットコア(E v o l v e d P a c k e t C o r e : E P C - 図示せず)のモジュール/機能であってもよく、または、上記で触れたモバイル通信ネットワ

10

20

30

40

50

ークセルの選択されたグループのうちの、図4の例のeノードB400aまたは400bなどの、eノードBに備えられるモジュール／機能であってもよい。

【0084】

複数セルリンク選択モジュール515は、隣接するセル、すなわち、図4の例におけるセル400aおよび400b、に含まれるUE405a、405b、および405cの通信タイプの選択を実行するべく提供される。

【0085】

本発明の一実施形態において、複数セルリンク選択モジュール515は、UEの位置送信電力情報を、モバイル通信ネットワーク内の全てのセルから受信する。例えば、LTE/LTE-A規格では、複数セルリンク選択モジュール515が、モバイル通信ネットワークの全てのeノードBに接続される通信システム500の進化したパケットコア(Evolved Packet Core: EPC-図示せず)に備えられてもよく、または、または、上記で触れたモバイル通信ネットワークセルの選択されたグループのうちの、図4の例のeノードB400aまたは400bなどの、eノードBに備えられるモジュール／機能であってもよい。

【0086】

逆に、本発明の一実施形態において、通信システム500は、通信リソースの割当を管理するためのパケットスケジューラモジュール、および、モバイル通信ネットワークのそれぞれのセルにおける利用可能な通信リソースの量とレートとについてのインジケーションを提供するための統計マネージャモジュール、を備える。

【0087】

図5の例では、通信システムは、第1のセル400a内における通信リソースの割当を管理するための第1のパケットスケジューラモジュール520a、および、実際に割り当てられる通信リソース $Load_A^{D/U}$ （連結される第1のパケットスケジューラモジュール520aにより提供される）と、第1のセル400aの通信リソースの使用メトリクス $Statistics_A^{D/U}$ と、に基づき、利用可能な通信リソースの量 MA^{DL} および MA^{UL} 、ならびにレート RA_i^{D2D} 、 RA_i^{UL} 、および RA_i^{DL} 、についてのインジケーションを提供するための第1の統計マネージャモジュール510a、を備える。同様に、通信システム500は、第2のセル400bにおける通信リソースの割当を管理するための第2のパケットスケジューラモジュール520b、および、実際に割り当てられる通信リソース $Load_B^{D/U}$ （連結される第2のパケットスケジューラモジュール520bにより提供される）と、第2のセル400bの通信リソースの使用メトリクス $Statistics_B^{D/U}$ と、に基づき、利用可能な通信リソースの量 MB^{DL} および MB^{UL} 、ならびにレート RB_i^{D2D} 、 RB_i^{UL} 、および RB_i^{DL} についてのインジケーションを提供するための第2の統計マネージャモジュール510b、を備える。

【0088】

複数セルリンク選択モジュール515は、衝突グラフCGeを入力として受信するための拡大CGビルダモジュール505と連結される。複数セルリンク選択モジュール515は、対応するインジケーション MA^{DL} 、 MA^{UL} 、 RA_i^{D2D} 、 RA_i^{UL} a、および RA_i^{DL} （第1のセル400aに付随する）を入力として受信するための第1の統計マネージャモジュール510aと連結される。同時に、複数セルリンク選択モジュール515は、対応するインジケーション MB^{DL} 、 MB^{UL} 、 RB_i^{D2D} 、 RB_i^{UL} 、および RB_i^{DL} （第2のセル400bに付随する）を入力として受信するための第2の統計マネージャモジュール510bと連結される。最後に、複数セルリンク選択モジュール515は、通信 c_i のリクエストされたレート A_i を入力として受信する。

【0089】

複数セルリンク選択モジュール515は、受信した入力に基づき（上述と同様に）、両セル400aおよび400b内のUE410a、410b、および410cについて、通信 c_i をLNFRA通信またはD2D通信として確立すべきかどうかを選択する。複数セ

10

20

30

40

50

ルリンク選択モジュール515は、第1の packetschedulerモジュール520a および第2の packetschedulerモジュール520b の両方に接続されて、これらに、通信 c_i が、I N F R A 通信としてまたはD 2 D 通信として確立されるべきか、既にアクティブである場合にはI N F R A 通信としてまたはD 2 D 通信に切り替えられるべきか、を判定する通信コマンドを、それぞれ提供する。本発明の一実施形態において、第1の packetschedulerモジュール520a の通信コマンドは、通信 c_i が第1のセル400a におけるI N F R A またはD 2 D 通信であるかどうかを定義する第1の2値変数 $d A_i$ (例えば、1つのビット) と、D 2 D 通信が選択される場合、第2の2値変数 $d A_i^{UL}$ と、D 2 D 通信が、第1のセル400a においてダウンリンクチャネルまたはアップリンクチャネルを介して確立されるべきかどうかを定義する第3の2値変数 $d A_i^{DL}$ と、を備える。同様に、第2の packetschedulerモジュール520b の通信コマンドは、通信 c_i が第2のセル400b におけるI N F R A またはD 2 D 通信であるかどうかを定義する第4の2値変数 $d B_i$ (例えば、1つのビット) と、D 2 D 通信が選択される場合、第5の2値変数 $d B_i^{UL}$ と、第2のセル400b においてダウンリンクチャネルまたはアップリンクチャネルを介して確立されるべきかどうかを定義する第6の2値変数 $d A_i^{DL}$ と、を備える。通信 c_i にI N F R A タイプを選択するリンク選択モジュール515は、かかる通信 c_i を実行する(または将来実行する)UEが存在するセル405a または405b についてのみ、かかる通信 c_i に付随する通信コマンドを提供する、ことに留意されたい。

10

【0090】

20

複数セルリンク選択モジュール515はまた、第1の packetschedulerモジュール520a および第2の packetschedulerモジュール520b の両方に、提供される通信コマンドを考慮するために修正された修正拡大衝突グラフ(CG e')を提供する

複数セルリンク選択モジュール515は、出力として第1の制限コマンドRS $_A$ および第2の制限コマンドRS $_B$ も、第1の packetschedulerモジュール520a および第2の packetschedulerモジュール520b、にそれぞれ提供する。

【0091】

好ましくは、かかる複数セルのシナリオでは、制限コマンドRS $_A$ およびRS $_B$ のそれぞれが、第1のセル400a および第2のセル405b などの2つ(またはそれ以上)の隣接するセルの境界付近(例えば、以下で説明する干渉領域420内)のUE410a、410b、および410c などのUEをリストアップする、UE_groupに割り当てられる通信リソースに関する制限のセットを備える。

30

【0092】

本発明の一実施形態において、拡大CGビルダモジュール505、統計モジュール510a および510b、ならびに、複数セルリンク選択モジュール515は、自らの出力に、図1のシングルセルのシナリオを参照して説明したように、TTIより大きいリンク選択期間T L_S を与える。例えば、リンク選択期間T L_S は、L T_E /L T_E-A におけるTTI(1ms)より大きい、100ミリ秒オーダーの継続時間を有する。逆に、packetschedulerモジュール520a および520b は、図1のシングルセルのシナリオを参照して説明したように、自らの出力に、TTIと等しい周期性を与える。

40

【0093】

通信システム500のシナリオは、2つの隣接するセル400a および400b 内の2つのUE410a および410b 間のD 2 D 通信の管理であり、それぞれ異なるeノードB405a および405b により、行われる(図4に示す通り)。

【0094】

通信システム500は、UE410a、410b、および410c(ならびに、図示されないが、セル400a および400b 内の任意の他のUE)の間の可能性のある干渉を減少させるために、2つのセル400a および400b 間の通信リソースの割当を調整する。

【0095】

50

本発明の一実施形態において、通信リソース割当の調整は、複数セルリンク選択モジュール515により、2つのパケットスケジューラモジュール520aおよび520bの動作を調整することにより、したがって、リンク選択期間T L Sと等しい周期性を有するようにして、実行される。

【0096】

図4の例では、第1のセル400a内の第1のUE410aは、D2D通信 $c_{a,b}$ を実行することにより、第2のセル405b内の第2のUE410bに送信している。第2のセル400b内の第3のUE410cは、D2D通信 $c_{a,b}$ への、特に第2のUE410bに対して、可能性のある干渉物の1つである(D2D通信とI N F R A通信との間の通信リソースのシェアリングは、第2のセル400bにおいて可能とされるものとする)。第2のUE410bおよび第3のUE410cを囲む破線の円は、第3のUE410cの「干渉範囲」415を表す。かかる干渉範囲内で、第3のUE410cにより実行されるI N F R A通信 $c_{i,n,t}$ は、第1のUE410aと第2のUE410bとの間で実行される通信 $c_{a,b}$ に干渉し得る。

10

【0097】

本発明の一実施形態において、干渉を減少させるために、通信システム500は、D2D通信 $c_{a,b}$ に割り当てられる通信リソースとは異なる通信リソース上に、どの可能性のある干渉通信 $c_{i,n,t}$ (すなわち、エッジにより、拡大衝突グラフC G e内のD2D通信 $c_{a,b}$ を表すノードに接続されるノード)も割り当てるように構成される。

【0098】

20

本発明の一実施形態において、「干渉領域」420(represented in 図4では、黒の実線の矩形で表される)は、UE410aおよび410bなどの異なるセルのUE間のD2D通信が、第2のセル400b内の第3のUE410cの場合のように、I N F R A通信を実行する干渉領域420内の他のUEによる干渉を経験する可能性があり、逆に、I N F R A通信が、D2D通信による干渉を経験する可能性がある、領域として定義される。干渉領域420は、セル400aおよび400bの両方全体に広がり、したがって、第1のセル400a部分の420_A、および第1のセル400a部分の420_Bを含む。

【0099】

干渉領域420内での干渉を回避するために、複数セルリンク選択モジュール515は、拡大C G ビルダモジュール505により提供される修正拡大衝突グラフC G e'から、任意の可能性のある干渉する通信 $c_{i,n,t}$ を判定し、干渉領域420内に含まれるUE405a、405b、および405cなどのUEのセットをリストアップするUE_groupを含む制限コマンドR S_AおよびR S_B、ならびに、干渉領域420内で干渉しない手法でUE_groupのUEに割り当てられる通信リソースを示すP R B、を提供する。例えば、パケットスケジューラモジュール520aおよび520bは、制限コマンドR S_AおよびR S_Bに従って、D2D通信 $c_{a,b}$ およびI N F R A通信 $c_{i,n,t}$ を割り当てる。

30

【0100】

図6に示すように、本発明の一実施形態にかかる干渉を回避するためのリソース割当スキームの略図であり、パケットスケジューラモジュール520aおよび520bは、それぞれ、D2D通信 $c_{a,b}$ およびI N F R A通信 $c_{i,n,t}$ のための通信リソースP R B_AおよびP R B_Bを割り当てることができ、一方が他方に対して(周波数で)最大可能距離を有する。

40

【0101】

図6の例では、第1のパケットスケジューラモジュール520aは、干渉領域420の部分420_A内から第2のUE410bにデータパケットを送信する第1のUE410aのための、第1のセル405aにおける通信に利用可能な伝送帯域610の最初の部分に配置される、通信リソースP R B_A605上の通信リソースを割り当てる。反対に、第2のパケットスケジューラモジュール520bは、干渉領域420の部分420_B内からデ

50

ータパケットを送信する第3のUE 410cのための、第1のセル405aにおける通信に利用可能な伝送帯域620の最後の部分に配置される、通信リソースPRB_B 615上の通信リソースを割り当てる。このように、かかる通信に割り当てられるそれぞれの通信リソースが、周波数領域で重なり合わないため、D2D通信c_{a,b}とINFR A通信c_{i_n}との間の干渉を回避することが可能である。

【0102】

本発明の別の実施形態であって（図示せず）、例えば、集中型無線アクセスネットワーク（Centralized Radio Access Network（C-RAN））のタイプのモバイル通信ネットワークにおいて実装されるように適合される別の実施形態において、グローバルパケットスケジューラモジュール（図示せず）が、モバイル通信ネットワークの全てのセル内のUEのリソースの割り当てを管理するために、または、そのセルの選択されたグループを管理するために、設けられてもよい。

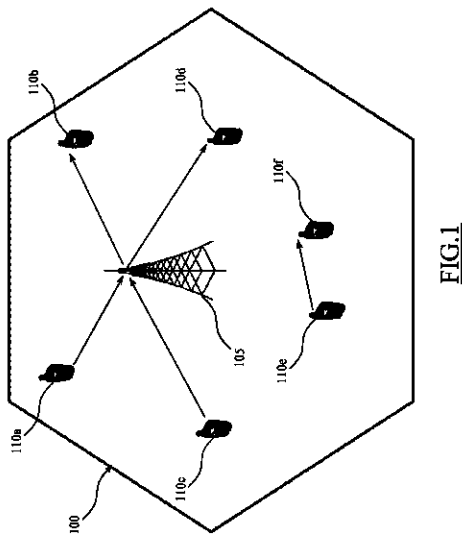
10

【0103】

本明細書に記載される本発明の実施形態では、D2D通信の利用可能性により導入される利点を活用するモバイル通信ネットワークの動作を向上させるために（例えば、セルの開放および使用されるスペクトラム削減、ならびに、INFR A通信に対する待ち時間の減少）、D2D通信とINFR A通信とが共存することに伴う欠点における不利益（例えば、D2D通信とINFR A通信とD2D通信との間の干渉が通信システムにより制御されないこと）を被ることなく、通信リソースの割り当てを効率的に管理することができることに留意されたい。

20

【図1】



【図2】

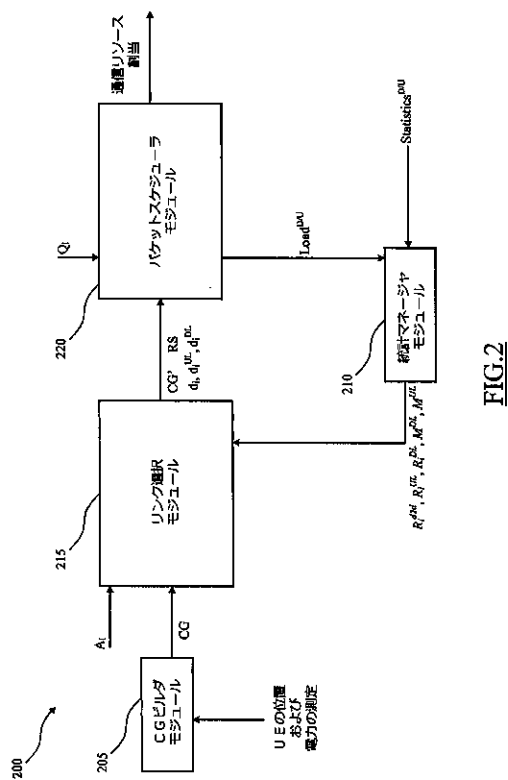


FIG.2

【 図 3 】

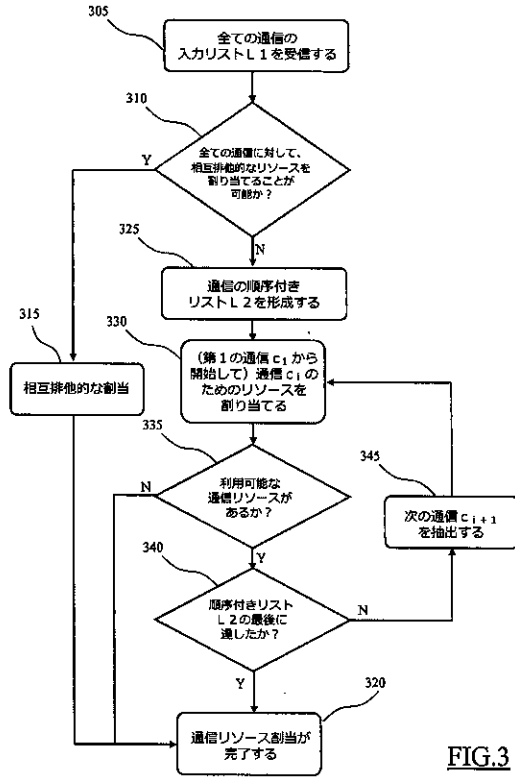


FIG.3

【 図 4 】

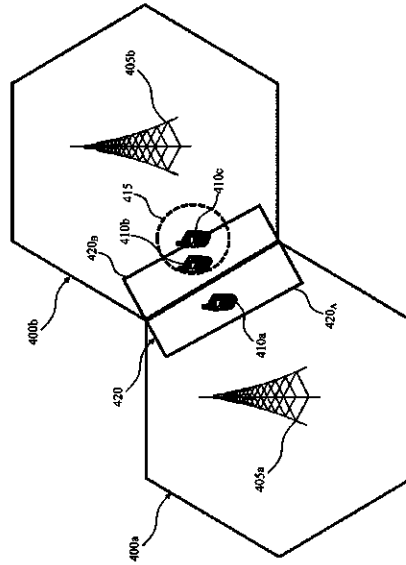


FIG.4

【 図 5 】

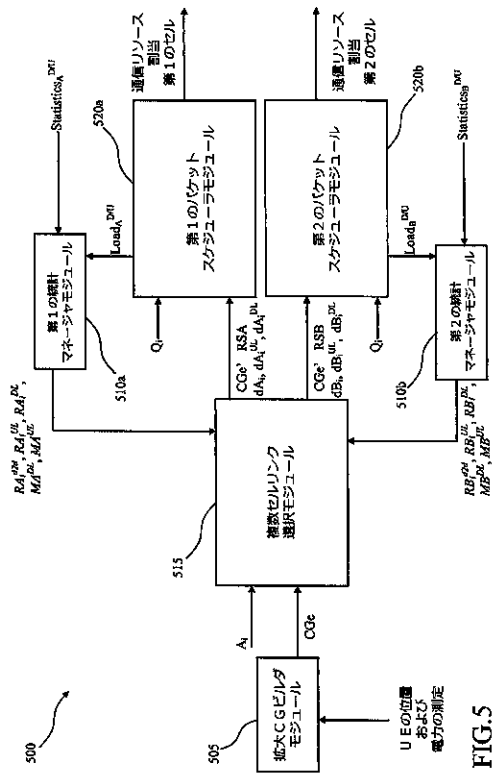


FIG.5

【 図 6 】

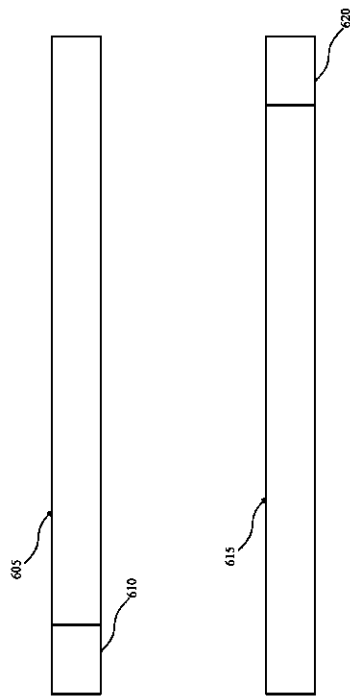


FIG.6

フロントページの続き

(51)Int. Cl. F I
H 0 4 W 3 6 / 0 6 (2 0 0 9 . 0 1) H 0 4 W 3 6 / 0 6

- (72)発明者 カレッティ, マルコ
イタリア国 1 0 1 4 8 トリノ, ヴィア・ジ・レイス・ロモリ 2 7 4, テレコム・イタリア・
エッセ・ピー・アー
- (72)発明者 ナルディーニ, ジョヴァンニ
イタリア国 5 6 1 2 2 ピサ, ヴィア・カルーゾ 1 6, 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 ロッサーリ, アンドレア
イタリア国 ピサ 5 6 0 2 1 カッシーナ, ヴィア・クアットロ・ノヴェンブレ 4
- (72)発明者 サベツラ, ダリオ
イタリア国 1 0 1 4 8 トリノ, ヴィア・ジ・レイス・ロモリ 2 7 4, 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 5 6 1 2 2 ピサ, ヴィア・カルーゾ 1 6, ウニベルシタ・ディ・ピサーディパル
ティメント・ディ
- (72)発明者 ヴィルディス, アントニオ
イタリア国 5 6 1 2 2 ピサ, ヴィア・カルーゾ 1 6, ウニベルシタ・ディ・ピサーディパル
ティメント・ディ

審査官 桑原 聡一

- (56)参考文献 特表2015-510333(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0261469(US, A1)
特表2013-524640(JP, A)
国際公開第2013/112465(WO, A1)
G Nardini, et al., D2D Resource allocation for network-controlled device-to-device com-
munications in LTE-Advanced, Springer Wireless Networks journal, 2016年 1月

(58)調査した分野(Int. Cl., DB名)

H 0 4 B 7 / 2 4 - 7 / 2 6
H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0
3 G P P T S G R A N W G 1 - 4
S A W G 1 - 4
C T W G 1 , 4