

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5824533号

(P5824533)

(45) 発行日 平成27年11月25日 (2015.11.25)

(24) 登録日 平成27年10月16日 (2015.10.16)

(51) Int. Cl.	F 1				
HO 4W 16/28	(2009.01)	HO 4W	16/28	1 3 0	
HO 4W 28/22	(2009.01)	HO 4W	28/22		
HO 4W 72/04	(2009.01)	HO 4W	72/04	1 3 3	
HO 4W 28/18	(2009.01)	HO 4W	28/18	1 1 0	

請求項の数 12 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2013-555769 (P2013-555769)	(73) 特許権者	503148270
(86) (22) 出願日	平成23年3月3日 (2011.3.3)		テレコム・イタリア・エッセ・ピー・アー
(65) 公表番号	特表2014-507097 (P2014-507097A)		イタリア国 20123 ミラノ、ヴィア
(43) 公表日	平成26年3月20日 (2014.3.20)		・ガエターノ・ネグリ 1
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/053225	(74) 代理人	100140109
(87) 国際公開番号	W02012/116755		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開日	平成24年9月7日 (2012.9.7)	(74) 代理人	100075270
審査請求日	平成25年10月31日 (2013.10.31)		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	100120112
			弁理士 中西 基晴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LTEのスケジューリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対応するエリア (1 1 0) と関連し、前記エリア内に位置する対応するユーザ端末 UE (q) とのデータの送信/受信を行うための少なくとも1つの基地局 (1 0 5) を含むワイヤレス通信ネットワーク (1 0 0) における方法であって、

各基地局において、ユーザ・レート・マトリクスを受信するステップであって、前記ユーザ・レート・マトリクスの各エレメントが、1組の所定の伝送モードの中の選択された伝送モードを用いることにより前記対応するエリア内の1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末と前記基地局との間で伝送が行われるときの、前記1つのユーザ端末または前記1グループのユーザ端末に対して達成可能なレートを反映する対応するスコアを提供する、ステップと、

前記基地局において、スケジューリング・リストを生成するために前記ユーザ・レート・マトリクスの前記エレメントを処理するステップであって、前記スケジューリング・リストでは、前記エレメントは降順にスコアによりソートされる、ステップと、

前記基地局によるデータの送信/受信のために、前記スケジューリング・リストに基づいて、対応する選択された伝送モードを各ユーザ端末へ関係付けるステップとを含み、

前記1組の所定の伝送モードは、少なくとも、空間多重化伝送モードと、送信ダイバーシチ伝送モードと、マルチユーザ複数入力複数出力伝送モードとを含み、

各エリアの帯域幅が、対応する複数のリソースブロック (RB (b)) に分割され、

10

20

前記ユーザ・レート・マトリクスは、複数の対応するサブマトリクスを含み、各サブマトリクスは、特定のリソースブロックに対応し、

対応する前記リソースブロックを用いて前記1組の所定の伝送モードの中の選択された伝送モードを用いることにより前記対応するエリア内の1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末と前記基地局との間で伝送が行われるとき、サブマトリクスの各エレメントは、対応するスコアを、前記1つのユーザ端末または前記1グループのユーザ端末へ提供し、

前記1グループのユーザ端末はユーザ端末のペアを含み、各サブマトリクスは、該サブマトリクスのエレメントを、前記対応するエリア内のユーザ端末の数に対応する第1の数の行と、1に前記第1の数を加算したものに<sup>10</sup>対応する第2の数の列とに配することにより生成され、前記サブマトリクスの各行は、それぞれのユーザ端末に対応し、前記サブマトリクスの各列は、最後の列を除き、それぞれのユーザ端末に対応し、各サブマトリクスに<sup>10</sup>関して、

— 主対角線に属する前記サブマトリクスの各エレメントは、対応する前記リソースブロックを用いる前記空間多重化伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末と前記基地局との間で伝送が行われるときの、エレメントの行に対応するユーザ端末のスコアを表し、

— 前記主対角線にも前記最後の列にも属さないサブマトリクスの各エレメントは、対応する前記リソースブロックを用いるマルチユーザ複数入力複数出力伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末のペアと前記基地局との間で伝送が行われるときの、前記エレメントの行に対応するものと前記エレメントの列に対応するものを含む前記ユーザ端末のペアのスコアを表し、<sup>20</sup>

— 前記最後の列に属するサブマトリクスの各エレメントは、対応する前記リソースブロックを用いる送信ダイバーシチ伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末と前記基地局との間で伝送が行われるときの、前記エレメントの行に対応する前記ユーザ端末のスコアを表す、方法。

#### 【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、スケジューリング・リストを生成するために前記ユーザ・レート・マトリクスの前記エレメントを処理する前記ステップは、

— 前記ユーザ・レート・マトリクスに基づいて更なるマトリクスを生成するステップであって、前記更なるマトリクスは、前記第1の数と等しい数の行と、前記第2の数と等しい数の列とを有し、前記更なるマトリクスの各行は、各サブマトリクスの対応する行と関連付けられ、前記更なるマトリクスの各列は、各サブマトリクスの対応する列と関連付けられ、前記更なるマトリクスの行および列に属する前記更なるマトリクスの各エレメントは、前記更なるマトリクスの前記行および前記列と関連する前記サブマトリクスの前記対応する行および前記対応する列に属する前記サブマトリクスの前記エレメントの値に依存する、ステップと、<sup>30</sup>

— 反復するステップであって、

— 前記更なるマトリクスの最高のエレメントを見つけるステップと、

— 前記スケジューリング・リストへ、前記更なるマトリクスの最高のエレメントの行および列と関連する行および列に位置する前記サブマトリクスのエレメントを挿入するステップであって、前記挿入するステップはスコアの減少する順に従って行われる、ステップと、<sup>40</sup>

— 前記最高のエレメントの前記行および前記列に属する、前記更なるマトリクスの前記エレメントをゼロにするステップであって、前記最高のエレメントが、第1の行マトリクス・インデクスにより識別される前記更なるマトリクスの行と、第1の列マトリクス・インデクスにより識別される前記更なるマトリクスの列とに位置する場合であって、前記第1の行マトリクス・インデクスは前記第1の列マトリクス・インデクスとは異なり、前記第1の列マトリクス・インデクスは前記第2の数とは異なる場合に、前記第1の列マトリクス・インデクスと等しい第2の行マトリクス・インデクスにより識別される行に属<sup>50</sup>

し、前記第1の行マトリクス・インデクスと等しい第2の列マトリクス・インデクスにより識別される列に属する、前記更なるマトリクスのエレメントもゼロにする、ステップとを、前記エリア内に位置するそれぞれの前記ユーザ端末が、前記スケジューリング・リストに記載され、それに対応する行または列に位置する各サブマトリクスのエレメントを有するまで、反復するステップとを含む、方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法であって、前記ユーザ・レート・マトリクスに基づいて前記更なるマトリクスを生成する前記ステップは、前記更なるマトリクスの行および列に属する前記更なるマトリクスの各エレメントを、グループの値の合計に依存した値に設定するステップを含み、前記グループの各値は、

— 前記更なるマトリクスの前記行および前記列と関連するそれぞれのサブマトリクスの対応する行および対応する列に属する該サブマトリクスのエレメントと、

— 2の冪乗と

の間での除算の商に対応する、方法。

【請求項4】

請求項2に記載の方法であって、前記ユーザ・レート・マトリクスに基づいて前記更なるマトリクスを生成する前記ステップは、前記更なるマトリクスの行および列に属する前記更なるマトリクスの各エレメントを、前記更なるマトリクスの前記行および前記列と関連する前記サブマトリクスの前記対応する行および前記対応する列に属する前記サブマトリクスの最高のエレメントの組に依存した値に設定するステップを含む、方法。

【請求項5】

請求項1に記載の方法であって、前記スケジューリング・リストを生成するために前記ユーザ・レート・マトリクスの前記エレメントを処理する前記ステップは、

— 反復するステップであって、

— 前記ユーザ・レート・マトリクスの最高のエレメントを見つけるステップであって、前記最高のエレメントは、複数のサブマトリクスのうち特定のサブマトリクスの特定の行および特定の列に属する、ステップと、

— 前記スケジューリング・リストへ、前記特定の行および前記特定の列に対応する1つの前記ユーザ端末または複数の前記ユーザ端末に対応する前記行および前記列に位置する、前記複数のサブマトリクスのうちのサブマトリクスのエレメントを挿入するステップであって、前記挿入するステップはスコアの減少する順に従って行われる、ステップと

、

— 各サブマトリクスにおいて、前記特定の行および前記特定の列に対応する1つの前記ユーザ端末または複数の前記ユーザ端末に対応する前記行および前記列に属するエレメントをゼロにするステップであって、前記特定の行が第1の行マトリクス・インデクスにより識別され、前記特定の列が第1の列マトリクス・インデクスにより識別される場合であって、前記第1の行マトリクス・インデクスは前記第1の列マトリクス・インデクスとは異なり、前記第1の列マトリクス・インデクスは前記第2の数とは異なる場合に、前記第1の列マトリクス・インデクスと等しい第2の行マトリクス・インデクスにより識別される前記特定のサブマトリクスの行に対応する前記ユーザ端末に対応する行に属し、前記第1の行マトリクス・インデクスと等しい第2の列マトリクス・インデクスにより識別される前記特定のサブマトリクスの列に対応する前記ユーザ端末に対応する列に属するエレメントもゼロにするステップと

を、前記エリア内に位置するそれぞれの前記ユーザ端末が、前記スケジューリング・リストに記載されていて、それに対応する行または列に位置する各サブマトリクスのエレメントを有するまで、反復するステップとを含む、方法。

【請求項6】

請求項1から5の何れかに記載の方法であって、前記スケジューリング・リストに基づ

いて、対応する選択された伝送モードを各ユーザ端末へ関係付ける前記ステップは、同じ選択された伝送モードを、前記ユーザ端末が割り当てられる前記リソースブロックの全てへ関連付けるステップを含む、方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 の何れかに記載の方法であって、

－ 各サブマトリクスに関して、該サブマトリクスに対応する前記リソースブロックにおけるセル間干渉の量を示す重みを用いて、各エレメントの値をスケールリングするステップ

を更に含む方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 の何れかに記載の方法であって、

－ 前記スケジューリング・リストに基づいて、各ユーザ端末またはユーザ端末のペアに対しての、該ユーザ端末またはユーザ端末のペアへ割り当てられる対応するリソースブロックのグループを提供する割り当てリストを生成するステップと、

－ 前記割り当てリストに基づいて、サービスの品質の要求を考慮しての、前記基地局によるデータの送信／受信のために、特定のユーザ端末またはユーザ端末のペアへ各リソースブロックを割り当てるステップと

を更に含む方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、割り当てリストを生成する前記ステップは、

－ サービスのクラスのグループを有し、前記グループのサービスの各クラスに関して、緊急データを有するユーザ端末の対応する緊急キューを定めるステップと、

- － 緊急キューにおける各ユーザ端末に関して、ある状態であって、
  - － 該ユーザ端末またはユーザ端末のペアの緊急データが終了する、
  - － 割り当て可能なデータの所定の最大量に到達する、および
  - － 空きリソースブロックが無い、

という状態のうちの少なくとも 1 つが満たされるまで、各ユーザ端末へ割り当てられる前記対応するリソースブロックのグループを、新たな空きリソースブロックを用いて更新するステップと

を含む、方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、割り当てリストを生成する前記ステップは、

－ 各ユーザ端末に関して、該ユーザ端末へ割り当てられる前記対応するリソースブロックのグループを、新たな空きリソースブロックを用いて更新するステップを更に含み、前記ユーザ端末またはユーザ端末のペアは、該ユーザ端末またはユーザ端末のペアのチャンネル品質におけるローカル・ピークを有する、方法。

【請求項 11】

請求項 9 または 10 に記載の方法であって、前記基地局によるデータの送信／受信のために、特定のユーザ端末またはユーザ端末のペアへ各リソースブロックを割り当てる前記ステップは、少なくとも 1 つのリソースブロックが既に割り当てられているユーザ端末またはユーザ端末のペアへ新たなリソースブロックを割り当てることが、セルのスループットに関して有益であるかを検証することにより、同じ符号語に属する全てのリソースブロックが同じ変調およびコード化のスキームを使用する様式で、リソースブロックにおいて使用される変調およびコード化のスキームを適応的に選択するステップ

を更に含む、方法。

【請求項 12】

対応するエリアと関連し、前記エリア内に位置する対応するユーザ端末とのデータの送信／受信を行うための少なくとも 1 つの基地局を含むワイヤレス通信ネットワークであって、前記少なくとも 1 つの基地局が、請求項 1 から 11 の何れかに記載の方法を行うように構成されるスケジューラを含む、ワイヤレス通信ネットワーク。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、一般に、セルラ・ネットワークなどのようなワイヤレス通信ネットワークに関する。より明確には、本発明は、LTE/LTE-A（または、より一般的には、直交周波数分割多元接続（OFDMA）システム）のためのMU-MIMO認識FDPSアルゴリズム（MU-MIMO-aware FDPS algorithm）においてスマート伝送モードが使用されるように選択するため、およびQoS認識（QoS-aware）スケジューリング判断を行うために適用されるスケジューリング・プロセスに関する。

## 【背景技術】

10

## 【0002】

ワイヤレス通信ネットワークの発展は、広がりおよび性能に関して大きく成長し、最近では、標準の3GPP LTEおよびその発展型のLTE-Advanced（「Third Generation Partnership Project Long Term Evolution Advanced」）へと進んでいる。これらは、セルラ技術における大きい進歩を表すものであり、次の10年における高速のデータおよびメディアの転送の要求に適合するように設計されている。

## 【0003】

より明確には、3GPP LTE/LTE-Advancedは、典型的には強化型基地局またはエンハンスドNode B（「eNodeB」）と呼ばれる固定位置トランシーバ、即ち、ネットワーク・セルと呼ばれる個々の地理範囲にわたって電磁波または無線波を放射する固定位置トランシーバと、ネットワーク・セル内にあるユーザ機器（UE）、例えば、セルラ電話などのような端末との間で、データ情報を運ぶことができる高効率の標準である。

20

## 【0004】

知られているように、3GPP LTEおよびその発展型のLTE-Advancedは、OFDMAや複数入力複数出力（MIMO）の信号伝送などのような、先進の技術を用いる。

## 【0005】

「The 28th Conference on Computer Communications, April 2009」のS.-B- Lee, S. Choudhury, A. Khoshnevis, S. Xu、およびS. Luによる論文「Downlink MIMO with Frequency-Domain Packet Scheduling for 3GPP LTE」は、3GPP Long Term Evolution（LTE）のダウンリンクへ空間分割多重（SDM）MIMO技術を組み込む周波数領域パケット・スケジューリング（FDPS）の問題を扱っている。この論文では、LTE MIMOに、伝送時間間隔（TTI）毎に1ユーザ毎に1つのみのMIMOモード（空間多重化（spatial multiplexing）または送信ダイバーシチ（transmit diversity））を選択するという制約を与える。最初に、周波数領域および空間領域へ拡張されるプロポーショナル・フェア（proportional fair）（PF）基準を最大にするために、各TTIにおいてユーザ毎に最適なMIMOモード選択（多重化またはダイバーシチ）が扱われる。LTEの要件の下でのSU-MIMO（シングル・ユーザMIMO）のFDPSの問題はNP困難（NP-hard）であることが証明されており、従って、証明可能な性能の限界をもつ2つの近似アルゴリズム（一方は完全なチャンネル・フィードバックをもち、他方は部分的なチャンネル・フィードバックをもち）が開発されている。3GPP LTEシステムのモデルのシミュレーションに基づき、部分的なチャンネル・フィードバックをもつ近似アルゴリズムは、完全なフィードバック・チャンネルを持つものに匹敵する性能を有するものとして示され、同時に、チャンネル・フィードバックのオーバーヘッドについて50%近くという大幅な低減がなされている。

30

40

## 【0006】

「IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, September 2007」のJingon JungおよびYong H. Leeによる論文「Evaluation

50

for Various Resource Allocation Methods for Multiuser MIMO OFDMA Systems」は、マルチユーザMIMO OFDMAシステムのための、ユーザ・ペアを選択して周波数帯域を割り当てる簡素なアルゴリズムを開示する。比較する目的のため、様々なリソース割り当てアルゴリズム、例えば、最大スループット (max-throughput)、ベスト・フィット (best-fit)、ファースト・フィット (first-fit)、およびランダム・フィット (random-fit) のアルゴリズムなどは、システム・スループット、計算の複雑性、およびユーザ間での公平性に関して検査される。コンピュータ・シミュレーションの結果は、ファースト・フィット・アルゴリズムが、リソース割り当てのための計算の大幅な削減と、ユーザ間での良好な公平性とを達成でき、スループットが僅かに低減するのみであることを示す。

10

## 【0007】

2004年の「Proc European Wireless」の第2ページのT. Bonaldによる論文「A score-based Opportunistic Scheduler for Fading Radio Channels」は、異なるリソース共有戦略について説明しており、古典的なプロポーションアル・フェア (proportional fair) のオポチュニスティック・スケジューラ (opportunistic scheduler) の幾つかの欠点を呈示している。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

上記のことに鑑みて、出願人は、現在知られている何れのスケジューリング・システムも下記の要求を満たさないことを発見した。

20

## 【0009】

— 空間多重化、送信ダイバーシチ、およびマルチユーザMIMO (MU-MIMO) として知られる伝送モードを用いるように構成されたLTE標準に従う。

## 【0010】

— 1つの基地局と複数のアクティブ・ユーザとを持ち、複数のリソースブロックに分割されるシステム帯域を持つセルラ・ネットワーク内にあり、それぞれの伝送時間間隔において、基地局は、幾つかのリソースブロックを同じユーザ (または、MU-MIMO割り当ての場合は同じペア) に割り当てることができるが、1つのRBは1つのユーザのみ (または1つのペアのみ) に割り当てることができる、というように動作する。

30

## 【0011】

— 伝送時間間隔において、ユーザが、割り当てられたリソースブロックの全てにおいて1つの伝送モードのみを使用する。MU-MIMO割り当てに関して、2つのユーザが伝送時間間隔の間にペアにされた場合、スケジューリングを通じて割り当てられたそれぞれのリソースブロックにおいて、それらのユーザをペアにする (これは、MU-MIMOのペアが、伝送時間間隔において、完全に同じ時間一周波数リソースを用いることを暗示する)。

## 【0012】

— 基地局が、その基地局により所与のユーザへ割り当てる全てのリソースブロックに、同じ変調およびコード化のスキームを用いるようにし、たとえそれらのリソースブロックに関して指定されるチャンネル品質インジケータが異なっていたとしても、同じ変調およびコード化のスキームを用いる。本発明の1つの実施形態に従った解決法の1以上の特徴が独立請求項に記載され、その解決法の有利な構成が従属請求項に記載されている (ここで請求項を参照したことにより、請求項の記載がここに逐語的に含まれるものとする)

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0013】

より明確には、本発明の1以上の実施形態に従った解決法は、対応するエリアと関連する少なくとも1つの基地局を含むワイヤレス通信ネットワークにおいて行われる方法に関連し、基地局は、そのエリア内に位置する対応するユーザ端末とのデータの送信/受信を行う。方法は、各基地局に対してのユーザ・レート・マトリクス (user-rate matrix) を

50

生成することを含む。1組の所定の伝送モードの中の選択された伝送モードを用いることにより、対応するエリア内に位置する1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末と基地局との間で伝送が行われるとき、ユーザ・レート・マトリクス各エレメントは、達成可能なレートに関しての、対応するスコアを、前記の1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末へ提供する。方法は、更に、スケジューリング・リストを生成するためにユーザ・レート・マトリクスのエレメントを処理することを含み、スケジューリング・リストでは、エレメントは減っていくスコア (decreasing score) によりソートされ、基地局によるデータの送受信のためにスケジューリング・リストに基づいて、各ユーザ端末へ、対応する選択された伝送モードを関係付ける。前記の1組の所定の伝送モードは、少なくとも、空間多重化伝送モードと、送信ダイバーシチ伝送モードと、マルチユーザ複数入力複数出力伝送モードとを含む。

10

**【0014】**

有利なことに、各エリアの帯域幅が、対応する複数のリソースブロックに分割されるので、前記の、ユーザ・レート・マトリクスを生成することは、複数の対応するサブマトリクスを生成することを含み、各サブマトリクスは、特定のリソースブロックに対応する。対応するリソースブロックを用いる1組の所定の伝送モードの中の選択された伝送モードを用いることにより、対応するエリア内に位置する1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末と基地局との間で伝送が行われるときに、サブマトリクス各エレメントは、対応するスコアを、前記の1つのユーザ端末または1グループのユーザ端末へ提供する。前記の1グループのユーザ端末はユーザ端末のペアを含む。

20

**【0015】**

本発明の1つの実施形態に従うと、前記の、複数のサブマトリクスを生成することは、各サブマトリクスを生成することを含み、これは、そのサブマトリクスのエレメントを、対応するエリア内のユーザ端末の数に対応する第1の数の行と、1に第1の数を加算したものに第2の数の列とに配することにより生成される。サブマトリクスの各行は、それぞれのユーザ端末に対応し、サブマトリクスの各列は、最後の列を除き、それぞれのユーザ端末に対応する。各サブマトリクスは以下のようなものである。

**【0016】**

— 主対角線に属するサブマトリクス各エレメントは、エレメントの行に対応するユーザ端末のスコアを表し、それは、対応するリソースブロックを用いる空間多重化伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末と基地局との間で伝送が行われるときのものである。

30

**【0017】**

— 主対角線にも最後の列にも属さないサブマトリクス各エレメントは、エレメントの行に対応するものとエレメントの列に対応するものを含むユーザ端末のペアのスコアを表し、それは、対応するリソースブロックを用いるマルチユーザ複数入力複数出力伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末のペアと基地局との間で伝送が行われるときのものである。

**【0018】**

— 最後の列に属するサブマトリクス各エレメントは、エレメントの行に対応するユーザ端末のスコアを表し、それは、対応するリソースブロックを用いる送信ダイバーシチ伝送モードを用いることにより前記のユーザ端末と基地局との間で伝送が行われるときのものである。

40

**【0019】**

本発明の1つの実施形態に従うと、前記の、スケジューリング・リストを生成するためにユーザ・レート・マトリクスのエレメントを処理することは、ユーザ・レート・マトリクスに基づいて更なるマトリクスを生成することを含む。前記の更なるマトリクスは、第1の数と等しい数の行と、第2の数と等しい数の列とを有する。更なるマトリクスの各行は、各サブマトリクスの対応する行と関連付けられ、更なるマトリクスの各列は、各サブマトリクスの対応する列と関連付けられる。更なるマトリクスの行および列に属する、更

50

なるマトリクスの各エレメントは、更なるマトリクスの前記の行および列と関連するサブマトリクスの対応する行および対応する列に属する、サブマトリクスのエレメントの値に依存している。前記の、スケジューリング・リストを生成するためにユーザ・レート・マトリクスのエレメントを処理することは、

— その更なるマトリクスの最高のエレメントを見つけるステップと、

— スケジューリング・リストへ、更なるマトリクスの最高のエレメントの行および列と関連する行および列に位置するサブマトリクスのエレメントを挿入するステップであって、前記の挿入はスコアの減少する順 (score decreasing order) に従って行われる、ステップと、

— 最高のエレメントの行および列に属する、更なるマトリクスのエレメントをゼロにするステップであって、最高のエレメントが、第1の行マトリクス・インデクスにより識別される更なるマトリクスの行と、第1の列マトリクス・インデクスにより識別される更なるマトリクスの列とに位置する場合であって、第1の行マトリクス・インデクスは第1の列マトリクス・インデクスとは異なり、第1の列マトリクス・インデクスは第2の数とは異なる場合に、第1の列マトリクス・インデクスと等しい第2の行マトリクス・インデクスにより識別される行に属する、および第1の行マトリクス・インデクスと等しい第2の列マトリクス・インデクスにより識別される列に属する、更なるマトリクスのエレメントもゼロにするステップと

を、エリア内に位置するユーザ端末のそれぞれが、スケジューリング・リストに記載されている、それに対応する行または列に位置する、各サブマトリクスのエレメントを有するまで、反復することを含む。

#### 【0020】

本発明の1つの実施形態に従うと、前記の、ユーザ・レート・マトリクスに基づいて更なるマトリクスを生成することは、更なるマトリクスの行および列に属する、更なるマトリクスの各エレメントを、グループの値の合計に依存した値に設定することを含む。グループの各値は、更なるマトリクスの前記の行および列と関連するそれぞれのサブマトリクスの対応する行および対応する列に属する、そのサブマトリクスのエレメントと、2の冪乗との間での、除算の商に対応する。

#### 【0021】

本発明の更なる実施形態に従うと、前記の、ユーザ・レート・マトリクスに基づいて更なるマトリクスを生成することは、更なるマトリクスの行および列に属する、更なるマトリクスの各エレメントを、更なるマトリクスの前記の行および列と関連するサブマトリクスの対応する行および対応する列に属する、サブマトリクスの最高のエレメントの組に依存した値に設定することを含む。

#### 【0022】

本発明の更に別の実施形態に従うと、前記の、スケジューリング・リストを生成するためにユーザ・レート・マトリクスのエレメントを処理することは、

— ユーザ・レート・マトリクスの最高のエレメントを見つけるステップであって、前記の最高のエレメントは、複数の特定のサブマトリクスの特定の行および特定の列に属する、ステップと、

— スケジューリング・リストへ、前記の特定の行および前記の特定の列に対応する1以上のユーザ端末に対応する行および列に位置する、複数のサブマトリクスのエレメントを挿入するステップであって、前記の挿入はスコアの減少する順 (score decreasing order) に従って行われる、ステップと、

— 各サブマトリクスにおいて、前記の特定の行および前記の特定の列に対応する1以上のユーザ端末に対応する行および列に属するエレメントをゼロにするステップであって、特定の行が第1の行マトリクス・インデクスにより識別され、特定の列が第1の列マトリクス・インデクスにより識別される場合であって、第1の行マトリクス・インデクスは第1の列マトリクス・インデクスとは異なり、第1の列マトリクス・インデクスは第2の数とは異なる場合に、第1の列マトリクス・インデクスと等しい第2の行マトリクス・イ

10

20

30

40

50



ンデクスにより識別される特定のサブマトリクスの行に対応するユーザ端末に対応する行に属する、および第1の行マトリクス・インデクスと等しい第2の列マトリクス・インデクスにより識別される特定のサブマトリクスの列に対応するユーザ端末に対応する列に属するエレメントもゼロにするステップと

を、エリア内に位置するユーザ端末のそれぞれが、スケジューリング・リストに記載されている、それに対応する行または列に位置する、各サブマトリクスのエレメントを有するまで、反復することを含む。

#### 【0023】

好適には、前記の、スケジューリング・リストに基づいて各ユーザ端末へ対応する選択された伝送モードを関係付けることは、同じ選択された伝送モードを、前記のユーザ端末が割り当てられるリソースブロックの全てへ関連付けることを含む。

10

#### 【0024】

好適には、方法は更に、各サブマトリクスに関して、そのサブマトリクスに対応するリソースブロックにおけるセル間干渉 (inter-cell interference) の量を示す重みを用いて、各エレメントの値をスケーリングすることを含む。

#### 【0025】

本発明の1つの実施形態に従うと、方法は更に、

- スケジューリング・リストに基づいて、各ユーザ端末またはユーザ端末のペアに対しての、割り当てられる対応するリソースブロックのグループを提供する割り当てリストを生成することと、

20

- 割り当てリストに基づいて、サービスの品質の要求を考慮しての基地局によるデータの送受信のために、特定のユーザ端末またはユーザ端末のペアへ各リソースブロックを割り当てることと

を含む。

#### 【0026】

本発明の更なる実施形態に従うと、前記の、割り当てリストを生成することは、

- サービスのクラスのグループを有し、グループのサービスの各クラスに関して、緊急データを有するユーザ端末の対応する緊急キューを定めることと、

- 緊急キューにおける各ユーザ端末に関して、以下の

- そのユーザ端末またはユーザ端末のペアの緊急データが終了する、
- 割り当て可能なデータの所定の最大量に到達する、および
- 空きリソースブロックが無い、

30

という状態のうちの少なくとも1つが満たされるまで、各ユーザ端末へ割り当てられる対応するリソースブロックのグループを、新たな空きリソースブロックを用いて更新することと

を含む。

#### 【0027】

本発明の1つの実施形態に従うと、前記の、割り当てリストを生成することは、各ユーザ端末に関して、それへ割り当てられる対応するリソースブロックのグループを、新たな空きリソースブロックを用いて更新することを更に含み、そのユーザ端末またはユーザ端末のペアは、そのチャンネル品質におけるローカル・ピークを有する。

40

#### 【0028】

本発明の更なる実施形態に従うと、前記の、割り当てリストを生成することは、各ユーザ端末またはユーザ端末のペアに関して、それへ割り当てられる対応するリソースブロックのグループを、MaxCiに似た挙動 (MaxCi-like behavior) に従って、新たな空きリソースブロックを用いて更新することを更に含む。

#### 【0029】

本発明の更に別の実施形態に従うと、前記の、基地局によるデータの送受信のために、特定のユーザ端末またはユーザ端末のペアへ各リソースブロックを割り当てることは、少なくとも1つのリソースブロックが既に割り当てられているユーザ端末またはユーザ端末

50

のペアへ新たなリソースブロックを割り当てること、セルのスループットに関して有益であるかを検証することにより、同じ符号語に属する全てのリソースブロックが同じ変調およびコード化のスキームを使用する様式で、リソースブロックに使用される変調およびコード化のスキームを適応的に選択することを更に含む。

【0030】

本発明の1つの実施形態に従った解決法の別の特徴は、対応するエリアと関連する少なくとも1つの基地局を含むワイヤレス通信ネットワークと関連し、基地局は、そのエリア内の対応するユーザ端末とデータの送受信を行う。

【0031】

本発明のこれらおよび他の構成および利点は、例示であり制限を加えるためのものではない幾つかの実施形態についての以下の説明により明らかになる。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て読まれるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】図1は、本発明の1以上の実施形態に従った解決法を適用できるワイヤレス通信ネットワークを概略的に示す。

【図2】図2は、本発明の1つの実施形態に従った、図1の通信ネットワークのeNodeBにより行われるように適合させたスケジューリング・プロセスの主なコンポーネントを示す概略的な図である。

【図3】図3は、本発明の1つの実施形態に従った、図2のスケジューリング・プロセスの伝送モード選択(TMS)プロシージャの主なコンポーネントを示す概略的な図である。

【図4】図4は、本発明の1つの実施形態に従った、図2のスケジューリング・プロセスのQoS認識スケジューリング(QS)プロシージャの主なコンポーネントを示す概略的な図である。

【図5】図5は、本発明の1つの実施形態に従った、変調およびコード化スキーム適応型(MCS適応)割り当て機能のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図面を参照すると、本発明の1以上の実施形態に従った解決法を適用できるワイヤレス通信ネットワーク100は、図1に概略的に示すように、eNodeB(強化型NodeB(enhanced Node B))と呼ばれ参照番号105で示されている1以上の基地局を含む(1つのみを示している)。各eNodeBは、ネットワーク・セルと呼ばれる対応する地理範囲110にわたって無線カバレッジを提供し、ネットワーク・セル110内のユーザ端末(例えば、モバイル電話)が、要求したサービスを受けることを可能にする。図1に示す例示的なシナリオでは、eNodeB105は、複数Nのユーザ端末(UE<sub>q</sub>)(qは1からNの範囲)に対して無線カバレッジを提供する。

【0034】

説明される実施形態は例であり限定のためのものではなく、この実施形態では、ワイヤレス通信ネットワーク100は、第3世代パートナーシップ・プロジェクト(3GPP)のユニバーサル・モバイル・テレコミュニケーションズ・システム(UMTS)・プロトコルのロング・ターム・エボリューション(LTE)に従うものであり、eNodeB105は、ダウンリンクの伝送、即ち、eNodeB105から、そのeNodeB105と関係するネットワーク・セル110内のユーザ端末UE<sub>q</sub>へは、直交周波数分割多元接続(OFDMA)スキームを用いて送信を行う。

【0035】

完全を期するためであるが、当業者には知られているように、eNodeB105のようなeNodeBは、一般に、無線アクセス・ネットワーク(図に示さず)の一部であり、典型的には、1以上の無線ネットワーク・コントローラ(示さず)を含み、無線ネットワーク・コントローラは、更なる個々のeNodeBと通信できるように結合され、無線

10

20

30

40

50

アクセス・ネットワークは、一般に、1以上のコア・ネットワーク（示さず）と通信できるように結合され、コア・ネットワークは、インターネットや公衆交換電話網（図に示さず）などのような他のネットワークと接続され得る。

【0036】

本発明の1つの実施形態に従うと、eNodeB105は、ネットワーク・セル110内のユーザ端末UE(q)ヘデータを伝送するために(eNodeB105自体により)使用されるスマート伝送モードを選択するために適合させたスケジューリング・プロセスを実施するように、構成される。更に、伝送性能を最大にするために、本発明の1つの実施形態によると、スケジューリング・プロセスは更に、クオリティ・オブ・サービス(QoS)の要求を考慮して、最良の変調およびコード化のスキーム(Modulation and Coding Scheme)(MCS)を適応的に選択することにより、システム帯域においてユーザ端末UE(q)を効率的に割り当てるように構成される。

10

【0037】

図2は、eNodeB105により行われるように適合させた本発明の1つの実施形態に従ったスケジューリング・プロセスの主なコンポーネントを機能ブロックで示す概略的な図である。

【0038】

3つの可能な伝送モードのグループ、即ち、空間多重化(SpMux)伝送モードと、送信ダイバーシチ(TxD)伝送モードと、マルチユーザMIMO(MU-MIMO)伝送モードとを有するものと考え、システム帯域は、複数BのリソースブロックRB(b)(bは1からBの範囲)へと更に分割される。更に、ユーザ・レート3次元マトリクスMを有するものと考え、このユーザ・レート3次元マトリクスMは、各ユーザ端末UE(q)へ(および可能なそれぞれのユーザ端末UE(q)のペアへ)、それらが、システム帯域の各リソースブロックRB(b)に対して、グループの様々な伝送モードに従ってeNodeBによりスケジューリングされたときに、以下で定義する達成可能なレートを反映する対応するスコアを提供する。更に、重みアレイWを有するものと考え、重みアレイWは、各リソースブロックRB(b)に関して、リソースブロックRB(b)自体へのセル間干渉の量を示す対応する重みを提供する。

20

【0039】

本発明の1つの実施形態に従うと、スケジューリング・プロセスは、伝送モード選択(TMS)と呼ばれる第1プロシージャ210を含み、第1プロシージャ210は、それぞれの伝送時間間隔(TTI、各TTIは1ミリ秒の長さ)の間に、それぞれのユーザ端末UE(q)に関して、受け取ったユーザ・レート・マトリクスMおよび重みアレイWに基づいて、グループの中から最良の伝送モードを選択する。この説明の後の部分で詳細に説明するように、TMSプロシージャ210は、各ユーザ端末UE(q)に対して、または、MU-MIMO伝送モードの場合にはユーザ端末UE(q)の各ペアに対して、各リソースブロックRB(b)に対しての選択された伝送モードと対応するスコアとを指定するスケジュール・リストSを出力する。

30

【0040】

本発明の1つの実施形態に従うと、スケジューリング・プロセスは更に、QoS認識スケジューリング(QS)プロシージャと呼ばれる第2プロシージャ220を含み、第2プロシージャ220は、各TTIの間に、QoSの要求を考慮して、各リソースブロックRB(b)を特定のユーザ端末UE(q)へ(または、MU-MIMO伝送モードの場合には、ユーザ端末UE(q)のペアへ)割り当てる。この説明の後の部分で詳細に説明するように、TMSプロシージャ210により生成されたスケジュール・リストSに基づいて、QSプロシージャ220は、各ユーザ端末UE(q)に対して(または、MU-MIMO伝送モードの場合にはユーザ端末UE(q)の各ペアに対して)、それらへ割り当てられているリソースブロックRB(b)と送信されたバイトの量とを記す割り当てリストAを出力する。割り当てリストAにより示されるリソースブロックRB(b)の割り当ては、QoSポリシーへのサポートを提供する。なぜなら、各トラフィックが、その特定の要

40

50

求に基づいて考慮されるからである。

【0041】

図3は、本発明の1つの実施形態に従ったTMSプロシージャ210の主なコンポーネントを機能ブロックで示す概略的な図である。TMSプロシージャ210は、2つのサブプロシージャ、即ち、重みアレイWに基づいてレート・マトリクスMのエレメントに重み付けするように適用され、対応するスケーリングされたレート・マトリクスSMを生成するためのスケーリング・サブプロシージャ310と、スケーリングされたレート・マトリクスSMからスケジュール・リストSを生成するように適用される選択サブプロシージャ320とを含む。

【0042】

3次元レート・マトリクスMと、そのスケーリングされたものであるSMとは、次元 $B * N * (N + 1)$ を有し、Bは、システム帯域のリソースブロックRB(b)の数であり、Nは、スケジューリング・プロセスを行うeNodeBによりカバーされるネットワーク・セル内のユーザ端末UE(q)の数である。レート・マトリクスMは、それぞれがN行とN+1列とを有するB個の2次元マトリクスへと更に分割できる。簡潔にするために、これ以降はN+1をGと示す。

【0043】

レート・マトリクスMの総称的なエレメント $m_{b,i,j}$ (bは1からBの範囲、iは1からNの範囲、jは1からGの範囲)は、リソースブロックRB(b)において特定の伝送モードを用いるときに、達成可能なレートに関して、インデクス・ペア{i, j}により識別される対応するユーザ端末UE(q)のセットSUEのスコアを表し、その識別は下記の選択規則

- $i = j \rightarrow SUE = SpMux$  伝送モードのユーザ端末UE(q=i)
- $i \neq j, j \neq G \rightarrow SUE = MU-MIMO$  伝送モードのペアにされたユーザ端末UE(q=i)およびユーザ端末UE(q=j)
- $j = G \rightarrow SUE = TxD$  伝送モードのユーザ端末UE(q=i)

に従う。

【0044】

重みアレイWは、B個の重み $w_b$ (b=1からB)のアレイであり、それぞれのものが0.0と1.0との間の値を持ち、リソースブロックRB(b)において発生するセル間干渉のインジケーション(indication)を提供する。干渉が強くてリソースブロックRB(b)を使用できないとき、対応する重み $w_b$ は0.0の値を有する。干渉が弱いほど、重み $w_b$ の値は高くなる。干渉がゼロの場合、対応する重み $w_b$ は1.0の値を有する。重みアレイWを得るための方法は、この文書の範囲外のものである。単なる例示であるが、重みアレイWは、ネットワークまたはクラスタの対応するeNodeBの間での適切な通信を通じて得ることができることを述べておく。

【0045】

本発明の1つの実施形態に従うと、スケーリング・サブプロシージャ310は、重みアレイWを用いてレート・マトリクスMのエレメントに重み付けを行い、スケーリングされたもの(スケーリング済みレート・マトリクスSM)を得られるようにし、それが、スケジュール・リストSを生成するために選択サブプロシージャ320へ提供されるようにする。スケーリング済みマトリクスSMの総称的なエレメント $m_{b,i,j}$ は、 $m_{b,i,j} * w_b$ と等しい。このように、レート・マトリクスMにより提供されるスコアは、リソースブロックRB(b)のセル間干渉を考慮して調節され、それにより、選択サブプロシージャ320は、高い重み $w_b$ の値に対応するエレメントに特権を与え、他の全ては等しく扱う。

【0046】

本発明の1つの実施形態に従うと、スケーリング済みマトリクスSMにより提供されるスコアに基づいて、選択サブプロシージャ320は、各ユーザ端末UE(q)に対しての最良の伝送モードを、下記の

- ユーザ端末UE(q)は、そのユーザ端末UE(q)が割り当てられた全てのリソ

10

20

30

40

50

ースブロックRB (b) に同じ伝送モードを使用しなければならない、および

－ MU-MIMO伝送モードに従って2つのユーザ端末UE (q) がペアにされた場合、そのペアは、それらのユーザ端末UE (q) が割り当てられた各リソースブロックRB (b) で維持されなければならない

という制約を考慮して選択する。

#### 【0047】

選択サブプロシージャ320により生成されたスケジュール・リストSは複数のタプルT {b, i, j, sm<sub>b i j</sub>} を含み、

－ bは、リソースブロックRB (b) のインデクスであり、

－ iおよびjは、上記の選択規則に従って選択される特定の伝送モードで伝送がなされるユーザ端末UE (q) (1以上) のセットSUEを識別し、

－ sm<sub>b i j</sub>は、そのユーザ端末UE (q) のセットSUEのスコア (対応するリソースブロックRB (b) のセル間干渉に従ってスケーリングされる)

である。

#### 【0048】

タプルT {b, i, j, sm<sub>b i j</sub>} は、減少する順にスコアsm<sub>b i j</sub>に従って全体的にソートされ、それにより、各リソースブロックRB (b) への様々なユーザ端末UE (q) のスケューリングのために何れの伝送モードがより適するか (即ち、最高のスコアを持つもの) を評価することを可能にする。

#### 【0049】

スケーリング済みマトリクスSMからスケジュール・リストSを生成するための様々な方法を、本発明の様々な実施形態に従ってここで説明する。

#### 【0050】

ここでは「加算方法 (sum method)」と呼ばれる方法に従うと、スケーリング済みマトリクスSMから開始して、次元N \* Gを有する2次元マトリクスXが生成される。マトリクスXの各エレメントx<sub>i j</sub>は、スケーリング済みマトリクスSMのB個のエレメントsm<sub>b i j</sub> (B = 1からB) の合計により与えられる。次に、反復するサーチがマトリクスXに関して行われる。

#### 【0051】

特定的には、サーチの第1ステップの間に、最高値を有するマトリクスXのエレメントx<sub>i j</sub>が識別される。次に、スケジュール・リストSのBのタプルの第1グループ、即ち、b = 1からBであるタプルT {b, i, j, sm<sub>b i j</sub>} が、各リソースブロックRB (b) に対するそのエレメントx<sub>i j</sub>のインデクス・ペア {i, j} を用いて生成される。この点において、先に計算された最高のエレメントx<sub>i j</sub>のインデクス・ペア {i, j} により識別されるユーザ端末UE (q) のセットSUEに対応するマトリクスXのエレメントがゼロに設定され、そのようにして、それらを以下のステップで行われるサーチから除く。より明確には、

● 先に計算された最高のエレメントx<sub>i j</sub>のインデクス・ペア {i, j} においてi = jである場合インデクス、ユーザ端末UE (i) は、SpMux伝送モードを用いて伝送がなされるように選択されていることを意味し、また、j = Gの場合、ユーザ端末UE (i) は、TxD伝送モードを用いて伝送がなされるように選択されていることを意味し、マトリクスXの第i行および第i列はゼロに設定される、

● 先に計算された最高のエレメントx<sub>i j</sub>のインデクス・ペア {i, j} においてi ≠ jおよびj ≠ Gである場合、ユーザ端末UE (i) とUE (j) とにより形成されるペアは、MU-MIMO伝送モードを用いて伝送がなされるように選択されていることを意味し、マトリクスXの第i行、第i列、第j行、および第j列はゼロに設定される、というものである。

#### 【0052】

換言すると、伝送モードが選択されているユーザ端末の行 (1以上) および列 (1以上) と関連するマトリクスXの全てのエレメントは、ゼロに設定される。

## 【0053】

次に、上記の動作は、マトリクスの全てのエレメントがゼロになるまで、全ての先行するステップで計算された最高のエレメント  $x_{i,j}$  に従って結果的に更新されたマトリクス  $X$  を用いて、それぞれの後続のステップで反復される。

## 【0054】

ここでは「シフトおよび加算方法 (shift and sum method)」と呼ばれる更なる方法は、マトリクス  $X$  を生成することを目的とする以外は、加算方法と同じ動作を行う。より明確には、スケーリング済みマトリクス  $SM$  の  $b$  (1 から  $B$ ) が変化するエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  を直接的に加算するのではなく、この方法は、これらと同じエレメントを、それらのバイナリ表現を  $K$  位置だけ右シフトした後に、加算する。ここでの  $K$  は、設定可能な負ではない値である。この動作は、各エレメントの  $2^{-K}$  による整数除算の商を考慮することに対応する。

10

## 【0055】

ここでは「最大  $k$  加算方法 (sum  $k$ -max method)」と呼ばれる加算方法の別の変化型は、 $b$  を 1 から  $B$  に広げることにより得られた全てのエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  を用いるのではなく、スケーリング済みマトリクス  $SM$  の最高の  $k$  エレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  (即ち、下付文字  $i, j$  の同じペアに対して、 $b$  が 1 から  $B$  の範囲であることを可能とする見つけれられる最高のエレメント) のみを加算することにより、マトリクス  $X$  の各エレメント  $x_{i,j}$  を生成する。ここでの  $k$  は設定可能な正の値である。

## 【0056】

ここでは「最大ローカル方法 (max local method)」と呼ばれる更に別の方法では、次元  $N * G$  を有するマトリクス  $L$  を生成し、各エレメント  $l_{i,j}$  は、スケーリング済みマトリクス  $SM$  のエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  の最高のエレメント (即ち、下付文字  $i, j$  の同じペアに対して、 $b$  が 1 から  $B$  の範囲であることを可能とする見つけれられる最高のエレメント) である。残りの動作は、加算方法により行われる動作と等しい。

20

## 【0057】

ここでは「最大方法 (max method)」と呼ばれる方法では、スケーリング済みマトリクス  $SM$  の最高エレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  を見つけるために、スケーリング済みマトリクス  $SM$  に対して反復サーチが直接に行われる。各ステップの間に、最高値を有するスケーリング済みマトリクス  $SM$  のエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  に対応するインデクス・ペア  $\{i, j\}$  を用いて、各リソースブロック  $RB$  ( $b$ ) に対してのスケジュール・リスト  $S$  の  $B$  タプルの対応するグループ、即ち、 $b = 1$  から  $B$  であるタプル  $T \{b, i, j, s_{m_{b,i,j}}\}$  を生成する。加算方法の場合ように、タプルの各グループを生成した後、先に計算された最高エレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  のインデクス・ペア  $\{i, j\}$  により識別されるユーザ端末  $UE$  ( $q$ ) のセット  $SUE$  に対応するスケーリング済みマトリクス  $SM$  のエレメントが、ゼロに設定され、それらが、以降のステップで行われるサーチから除かれる。次に、上記の動作は、マトリクスの全てのエレメントがヌルになるまで、後続の各ステップで反復される。

30

## 【0058】

ここでは「空間多重化最大方法 (spatial-multiplexing max method)」と呼ばれる更なる方法では、スケーリング済みマトリクス  $SM$  を形成する対応する  $B$  の 2 次元マトリクス  $N * G$  の対角線に位置するスケーリング済みマトリクス  $SM$  のエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$ 、即ち、 $i = j$  のエレメントのみを考慮することにより、最高エレメントの反復サーチを提供する。第  $b$  の 2 次元マトリクス  $SM$  ( $b$ ) においてそのような最高エレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  が識別されると、更なる最高エレメント  $s_{m_{b,h,k}}$  を、第  $i$  行および第  $j$  列に位置する第  $b$  の 2 次元マトリクスのエレメント  $s_{m_{b,i,j}}$  の中で探す。各ステップの間に、エレメント  $s_{m_{b,h,k}}$  に対応するインデクス・ペア  $\{h, k\}$  を用いて、各リソースブロック  $RB$  ( $b$ ) に対してのスケジュール・リスト  $S$  の  $B$  タプルの対応するグループ、即ち、 $b = 1$  から  $B$  であるタプル  $T \{b, h, k, s_{m_{b,h,k}}\}$  を生成する。この場合も、タプルの各グループを生成した後、先に計算された最高エレメント  $s_{m_{b,h,k}}$  のインデクス・ペア  $\{h, k\}$  により識別されるユーザ端末  $UE$  ( $q$ ) のセット  $SUE$  に対応するスケーリン

40

50

グ済みマトリクス  $S M$  のエレメントが、ゼロに設定され、それらが、以降のステップで行われるサーチから除かれる。次に、上記の動作は、全ての可能なユーザ端末  $U E (q)$  が考慮されるまで、後続の各ステップで反復される。

【0059】

まとめると、本発明の1つの実施形態に従ったスケジューリング・プロセスの  $T M S$  プロシージャ 210 は、順になった一連のタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$  を含むスケジュール・リスト  $S$  を出力する。各タプルは、特定の伝送モードを用いて特定のリソースブロック  $R B (b)$  で送信がなされるユーザ端末  $U E (q)$  の特定のセット  $S U E$  に対してのスコア  $s m_{b i j}$  を提供する。

【0060】

スケジュール・リスト  $S$  の総称的なタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$  において  $i = j$  である場合、対応するスコア  $s m_{b i j}$  が、リソースブロック  $R B (b)$  において  $S p M u x$  伝送モードを用いて伝送がなされる1つのユーザ端末  $U E (q = i)$  を参照することを意味する。

【0061】

スケジュール・リスト  $S$  の総称的なタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$  において  $i \neq j$  および  $j \neq G$  である場合、対応するスコア  $s m_{b i j}$  が、リソースブロック  $R B (b)$  において  $M U - M I M O$  伝送モードを用いて伝送がなされる1ペアのユーザ端末  $U E (q = i)$ 、 $U E (q = j)$  を参照することを意味する。

【0062】

スケジュール・リスト  $S$  の総称的なタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$  において  $j = G$  である場合、対応するスコア  $s m_{b i j}$  が、リソースブロック  $R B (b)$  において  $T x D$  伝送モードを用いて伝送がなされる1つのユーザ端末  $U E (q = i)$  を参照することを意味する。

【0063】

本発明の1つの実施形態に従うと、各ユーザ端末  $U E (q)$  へ向けての  $e N o d e B$  により使用される伝送モードの選択は、最高スコア  $s m_{b i j}$  を有するスケジュール・リスト  $S$  のタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$  により提供される {伝送モード-ユーザ端} ペアを選択することにより、行われる。

【0064】

図2に戻ると、スケジューリング・プロセスは更に  $Q S$  プロシージャ 220 を含むことができ、 $Q S$  プロシージャ 220 は、各  $T T I$  の間に、 $Q o S$  の要求を考慮して、各リソースブロック  $R B (b)$  を特定のユーザ端末  $U E (q)$  (または、 $M U - M I M O$  伝送モードの場合には、ユーザ端末  $U E (q)$  のペア) へ割り当てるように構成されるプロシージャである。

【0065】

既に述べたように、 $T M S$  プロシージャ 210 により生成されたスケジュール・リスト  $S$  に基づいて、 $Q S$  プロシージャ 220 は、各ユーザ端末  $U E (q)$  (または、 $M U - M I M O$  伝送モードの場合には、ユーザ端末  $U E (q)$  のペア) に対して、それへ割り当てられているリソースブロック  $R B (b)$  と伝送されたバイトの量とを記す割り当てリスト  $A$  を出力する。換言すると、 $Q S$  プロシージャ 220 は、スケジュール・リスト  $S$  により提供される情報を用いて、双方が  $Q o S$  の要求を満たし且つ無線リソースを有効に使用するスケジューリング判断を行う。特に、 $Q S$  プロシージャは、ユーザ端末  $U E (q)$  のセット  $S U E$  に対しての割り当てを行うことを選択した場合、まだ割り当てられていないリソースブロック  $R B (b)$  の中での何れのリソースブロック  $R B (b)$  が最高の達成可能なレートを提供するかを知るために、スケジュール・リスト  $S$  を用いる。本発明の1つの実施形態に従うと、割り当ては、本発明の以下の部分で説明される  $M C S$  適応割り当て機能 ( $M C S$ -adaptive allocation function) を用いて、そのリソースブロック  $R B (b)$  に関して行われる。

【0066】

10

20

30

40

50

以下で説明するように、Q S プロシージャ 2 2 0 は、幾つかの目的を達成することを可能にする。最初に、Q S プロシージャ 2 2 0 は、リアルタイム・トラフィック（音声や映像のようなもの）を管理し、そのようなトラフィックにおいて典型的である時間制約を満たすこと（即ち、期限（deadline）の見落としを避けるべきであること）に助力することができる。更に、Q S プロシージャ 2 2 0 は、同じサービス・クラスに属する様々なユーザ端末 U E (q) が公平に扱われるという点で「公平（fair）」であり、枯渇が生じない。最後に、Q S プロシージャ 2 2 0 は、無線リソースを有効に使用し、周波数領域および空間領域の双方においてマルチユーザ・ダイバーシチを利用する。

#### 【0067】

様々なこれらの目的を達成するために、図 4 示す本発明の 1 つの実施形態に従うと、Q S プロシージャ 2 2 0 は、緊急性サブプロシージャ 4 1 0 と呼ばれるものと、公平性サブプロシージャ 4 2 0 と呼ばれるものと、効率性サブプロシージャ 4 3 0 と呼ばれるものと、の 3 つのサブプロシージャを含む。

#### 【0068】

前記の 3 つのサブプロシージャのそれぞれは、異なる目的を達成することを目標とする。特定的には、緊急性サブプロシージャ 4 1 0 は、リアルタイム・トラフィックの時間の制約を扱い、公平性サブプロシージャ 4 2 0 は、リソースの効率的な使用を考慮して各ユーザ端末 U E (q) への最小のサービスを保証し、効率性サブプロシージャ 4 3 0 は、残りのリソースでのセルのスループットを最大にすることを目標とする。

#### 【0069】

緊急性サブプロシージャ 4 1 0 は、最大無線遅延バジェット（maximum radio delay budget）内でデータが受信されることを可能とするために、リアルタイム・トラフィックの期限の見落としを避けるためのタスクを有する。緊急性サブプロシージャ 4 1 0 は、緊急キュー（Urgent Queue）（U Q）の概念を用いる。簡単には、U Q は、緊急データを有する端末 U E (q) の先入先出（F I F O）キューである。幾つかの U Q があり、例えば、リアルタイムの要求を有するサービスの各クラスに対して U Q がある。ユーザ端末 U E (q) がデータを有し、そのデータの遅延が、対応するサービス・クラスに対して定められた無線遅延バジェットに近い場合、このユーザ端末 U E (q) は緊急性のあるものと考慮され、上記のサービス・クラスに対応する U Q へ入れられる。緊急性サブプロシージャ 4 1 0 は Q S プロシージャ 2 2 0 の第 1 ステップを表す。なぜなら、このようにして、緊急リアルタイム・データを要求するユーザ端末 U E (q) は、他の全てのユーザ端末 U E (q) を超える厳格な優先度でサービスを受けられるからである。ユーザ端末 U E (q) が、緊急性のあるものと考慮されない場合、これは、パケットが伝送されないことを意味しないこと（以下で説明する）に注意されたい。

#### 【0070】

各 U Q に関して、下記のパラメータ

- 優先度： これは、他の U Q と関連しての U Q のサービスの優先度を表す、
  - 無線遅延バジェット： e N o d e B と U E (q) との間での上界として定められる（例えば、P D B、パケット遅延バジェット（Packet Delay Budget）から導き出され、3 G P P により定められる）、
  - 最大緊急バースト（max urgent burst）： これは、ユーザ端末 U E (q) に対してサブプロシージャ 4 1 0 によりサービスを行える最大バイト量を指定する、
  - スラック時間： これは、期限のどれくらい前の時間に、データ・パケットが緊急性のあるものと考慮されるべきかを指定する、
- が定められる。

#### 【0071】

単なる例として、前記のパラメータへ適切な値を与えることにより、L T E により提供される Q o S クラス識別子（Q C I）を、U Q へマップすることができる。優先度パラメータを設定することにより、サービスのクラス（サービスの区別）と、様々なユーザまたはそれらのクラス（ユーザの区別）との双方を、例えば、更なるプロプライエタリの Q C

10

20

30

40

50



Iを定めることにより、区別することが可能である。

【0072】

緊急性サブプロシージャ410は、UQに対して優先度の降順でサービスを行う。サービス中、サブプロシージャ410は、リソースブロックRB(b)をユーザ端末UE(q)へ、

- そのユーザ端末UE(q)の緊急データが終了する、
- 最大緊急バーストに到達する、または
- 現在のTTIにリソースがない、

となるまで、割り当てる。

【0073】

本発明の1つの実施形態に従うと、緊急性サブプロシージャ410により行われるリソースブロックRB(b)の割り当ては、後の記載で説明する新規のMCS適応割り当て機能を用いて行われる。

【0074】

公平性サブプロシージャ420は、TのTTIの時間窓(time window)にわたっての各ユーザ端末UE(q)の最高チャンネル品質(全てのリソースブロックRB(b)に対して指定されたものの中で)の追跡を続ける。ユーザ端末UE(q)が、そのチャンネル品質におけるローカル・ピークを有する場合、そのユーザ端末UE(q)は、そのピークに到達したリソースブロックRB(b)でサービスが行われる。公平性サブプロシージャ420は、ユーザ端末UE(q)へ、その相対的なチャンネル状態がその履歴に関して良好である場合に、サービスを行う。たとえユーザ端末UE(q)が絶対的に良好なチャンネル状態を全く表さないとしても(これは、例えば、ユーザ端末UE(q)場合である)、公平性サブプロシージャ420はまた、それへのサービスのための最良時間を選択して、そのユーザ端末UE(q)への最小のサービスを保証する。

【0075】

サービスの各クラスに関して、下記のパラメータ

- 時間窓のサイズT(即ち、時間窓を形成するTTIの数)、および
- 超えると、実際のチャンネル品質がピークの一部であると考慮される閾値t

が定められる。

【0076】

「達成可能レート」を用いて、チャンネル品質が与えられているリソースブロックRB(b)に関してユーザ端末UE(q)により獲得可能なレートを定めるが、そのリソースブロックRB(b)が前記のユーザ端末UE(q)のデータをスケジューリングするために使用されていた場合に、公平性サブプロシージャ420は、ユーザ端末UE(q)がそのチャンネル品質におけるローカル・ピークを有する、という評価を、その実際の最善の達成可能レート(1以上)(まだ割り当てられていない1以上のリソースブロックRB(b)に対応する)が少なくともtの履歴の達成可能レート(窓内のTの達成可能レートの中で)よりも高い場合に、行う。特に、 $r_i$ により時間窓の第i位置における達成可能レートを示すことにより、および $r_c$ により所与のリソースブロックRB(b)での実際の達成可能レートを示すことにより、公平性サブプロシージャ420は、下記の式の場合に、そのリソースブロックRB(b)でユーザ端末UE(q)がローカル・ピークを有すると評価する。

【0077】

10

20

30

40

【数 1】

$$\sum_{i=1}^T 1_{\{r_c > r_i\}} \geq t$$

【0078】

本発明の1つの実施形態に従うと、緊急性サブプロシージャ410のように、公平性サブプロシージャ420により行われるリソースブロックRB(b)の割り当ても、後の記載で説明する新規のMCS適応割り当て機能を用いて行われる。

10

【0079】

QSプロシージャ220の最後のサブプロシージャは、効率性サブプロシージャ430である。そのサブプロシージャは、MaxCiに似た挙動(MaxCi-like behavior)に従って、残りのリソースブロックRB(b)を割り当て、これまで使用されずに残されている周波数リソースを活用してスループットを最大にする。

【0080】

本発明の1つの実施形態に従うと、効率性サブプロシージャ420により行われるリソースブロックRB(b)の割り当ても、緊急性サブプロシージャ410および公平性サブプロシージャ420により用いられるMCS適応割り当て機能を用いて行われる。

20

【0081】

本発明の1つの実施形態に従うと、MCS適応割り当て機能は、同じ符号語に属する全てのリソースブロックが同じMCSを使用するように、リソースブロックRB(b)に対して使用されるMCSを適応的に選択するように構成される。

【0082】

図5に示すフローチャートを参照すると、MCS適応割り当て機能の第1ステップは、考慮されるインデクス・ペア{i, j}により識別されるユーザ端末UE(q)(1以上)のセットSUEが既に割り当てられているか否かを、検査する(ブロック510)。

【0083】

否定の場合(ブロック510の出口分岐N)、インデクス・ペア{i, j}に対応する1以上のユーザ端末UE(q)が、所与のリソースブロックRB(b)に対して最良のMCSを用いて割り当てられる(ブロック520)。実際、前記のリソースブロックRB(b)は、割り当てられた最初のブロックであるので、何れの問題も無しに、このリソースブロックRB(b)に対するCQIに対応するMCSを用いることが可能である。

30

【0084】

肯定の場合(ブロック510の出口分岐Y)、即ち、インデクス・ペア{i, j}に対応する1以上のユーザ端末UE(q)が、1以上の異なるリソースブロックRB(b)へ既に割り当てられている場合、新たな割り当ては、以前に使用したMCSとは異なるMCSの使用を必要とし得る。なぜなら、その新たなリソースブロックRB(b)に対するCQIは、以前に割り当てられたリソースブロックRB(b)のCQIと異なり得るからである。スケジュール・リストSは減っていくスコアによりソートされているので、新たなリソースブロックRB(b)のMCSは、以前に割り当てられたリソースブロックRB(b)のMCS以下である。同じ符号語の様々なリソースブロックRB(b)に関して様々なMCSスキームを使用することが標準により妨げられる場合、保守的であるが実行可能な解決法は、全ての割り当てられたリソースブロックRB(b)に関して、割り当てられたリソースブロックRB(b)の中での最小のCQIを有するRBに対応するMCSを使用することである。しかし、この規則は、小レートMCSを過剰に有利にするので、性能を非常に低くさせ得る。一般に、割り当てられたリソースブロックRB(b)に対してのMCSの一意の値を選択するとき、他の規則を適用することもできる(例えば、割り

40

50

当てられたリソースブロック R B ( b ) の中での平均 M C S を用いることが可能である)。

【0085】

従って、本発明の1つの実施形態に従うと、インデクス・ペア { i , j } に対応するユーザ端末 U E ( q ) ( 1 以上) へ割り当てられる全てのリソースブロック R B ( b ) において小さい M C S を用いて ( おそらくは ) 、インデクス・ペア { i , j } に対応するユーザ端末 U E ( q ) ( 1 以上) へ新たなリソースブロック R B ( b ) を割り当てることにより利益を得られるかを評価するための検査が、行われる。本発明の1つの実施形態に従うと、インデクス・ペア { i , j } に対応するユーザ端末 U E ( q ) への新たなリソースブロック R B ( b ) の割り当てが有利か否かを理解するために、得ることができるスループット利得 T G が計算され、 i ) 新たな割り当てを行うことと、および i i ) 以前に割り当てられたリソースブロックの全てにおいて使用された M C S ( 唯一のもの ) を、新たなリソースブロックに対して特定された C Q I から得られたものに変更することが行われる。本発明の1つの実施形態に従うと、スループット利得 T G は下記のように定義できる。

【0086】

$$T G = ( N_{R B s} ( i ) + 1 ) * M C S_{n e w} - B y t e s ( i )$$

上記において、

$N_{R B s} ( i )$  は、ユーザ i へ以前に割り当てられた R B の数、

$B y t e s ( i )$  は、ユーザ i へ以前に割り当てられたバイトの数、

$M C S_{n e w}$  は、新たな M C S を用いて伝送できるバイトの数

である。

【0087】

スループット利得 T G が負またはヌルである場合、割り当ては即座に妨げられる ( ブロック 5 4 0 の出口分岐 N 、ブロック 5 5 0 へ進む ) 。

【0088】

そうではなく、利得が正の場合 ( ブロック 5 4 0 の出口分岐 Y ) 、異なるインデクス・ペア { h , k } に対応するユーザ端末 U E ( q ) ( 1 以上) がリソースブロック R B ( b ) において割り当てできるバイト数が上記の計算された利得 T G よりも大きい、というインデクス・ペア { h , k } が存在するかを評価するための検査が行われる ( ブロック 5 6 0 ) 。リソースブロック R B ( b ) に関してのより良いインデクス・ペアに対するこのサーチでは、反復を避けるために、既に割り当てされていないペアのみが考慮される。

【0089】

肯定の場合 ( ブロック 5 6 0 の出口分岐 Y ) 、割り当てが即座に妨げられる ( ブロック 5 5 0 ) 。

【0090】

否定の場合 ( ブロック 5 6 0 の出口分岐 N ) 、その M C S は、インデクス・ペア { i , j } に対応するユーザ端末 U E ( q ) ( 1 以上) へ既に割り当てられたリソースブロック R B ( b ) に関して適合させられ ( ブロック 5 7 0 ) 、リソースブロック R B ( b ) はユーザ端末 U E ( q ) ( 1 以上) へ実際に割り当てられる ( ブロック 5 2 0 ) 。

【0091】

ここでの説明の以下の部分では、提案する M C S 適応割り当て機能の例示的な動作を説明する。システム帯域が3つのリソースブロック R B ( b ) ( b は 0 から 2 の範囲) に更に分割されていること、および2つのユーザ端末 U E ( q ) ( q は 1 から 2 の範囲) があることが、想定されている。この考慮されているケースは、単なる例示目的のための3つのリソースブロック R B ( b ) に関連することに留意されたい ( 当業者は、3 G P P 標準において、L T E における R B の最小数が 6 であることと、および 1 . 4 M H z の帯域幅と関連することとに気づく ) 。

【0092】

T M S アルゴリズムにより生成されたスケジュール・リスト S が以下のものであると想定する。

10

20

30

40

50

【0093】

【表1】

	RB	ペア	スコア
1)	0	1,G	100
2)	1	2,G	80
3)	2	1,G	60
4)	2	2,G	55
5)	0	2,G	40
6)	1	1,G	30

10

【0094】

これにおいて、双方のユーザに関して、伝送モードとして送信ダイバーシチが選択されていることを見ることができる。スケジュール・リストSに関してサイクルが行われ、各エントリに対してMCS適応割り当て機能が呼び出される、という仮説が設けられている。以下のステップが得られる。

【0095】

1. エントリ1を見に行く：RB0は空いており、これはユーザに対する最初の割り当てである。

20

【0096】

2. エントリ2を見に行く：RB1は空いており、これはユーザに対する最初の割り当てである。

【0097】

3. エントリ3を見に行く：RB2は空いているが、ユーザ1はRB0に既に割り当てられているので、新たな割り当てが有益か否かを評価するための検査が行われる。

【0098】

a. まず第一に、スループット利得TGを計算する。

【0099】

$$TG = (1 + 1) \times 60 - 100 = 20$$

30

b. 利得は正であるので、より良いインデクス・ペアを捜す必要がある。唯一の残りのペアは{2, G}であるが、それは割り当てられているので、サーチから除外される。従って、より良いインデクス・ペアが無いという結論となり、RB2がユーザ1へ割り当てられる。

【0100】

全てのRBが割り当てられているので、プロシージャは終了する。

【0101】

ここでの説明の以下の部分では、提案するスケジューリング・プロセスの例示的な動作を説明する。この例によると、選択サブプロシージャは、最大ローカル方法を用いてスケジュール・リストSを生成するように構成される。

40

【0102】

システム帯域が3つのリソースブロックRB(b)(b=1から3)に更に分割されていること、および4つのユーザ端末UE(q)(q=1から4)があることが、想定されている。この考慮されているケースは、単なる例示目的のための3つのリソースブロックRB(b)に関連することに留意されたい(当業者は、3GPP標準において、LTEにおけるRBの最小数が6であることと、および1.4MHzの帯域幅と関連することとに気づく)。

【0103】

更に、全てのユーザ端末UE(q)は同じサービス・クラスに属し、対応するUQは以下のパラメータ

50

- 優先度：3、
- 無線遅延バジェット：50ms、
- 最大緊急バースト：500B、および
- スラック時間：10ms

を有する。

【0104】

ユーザ端末UE(3)は、そのバッファに、既に41TTI待っている100Bのパケットを有し、また、他のユーザ端末UE(1)、UE(2)、およびUE(4)は、それぞれのバッファに、15TTI待っているデータを有すると想定されている。

【0105】

公平性サブプロシージャと関連するパラメータは、下記の

- $T=5$ 、および
- $t=3$

である。

【0106】

この例を簡単にするために、全ての重み $w_b$  ( $b=1$ から $B$ )を1に設定する。

【0107】

達成可能レートの履歴値の窓は以下のもの

- UE(1)：100, 100, 100, 120, 80、
- UE(2)：130, 100, 80, 100, 100、
- UE(3)：90, 110, 110, 110, 80、
- UE(4)：80, 100, 100, 100, 100、

と想定されている。

【0108】

更に、スケーリングされたレート・マトリクスSM ( $B * N * G = 3 * 4 * 5$ の次元を有する)が下記のものであると想定されている(読みやすくするため、SMは3次元であり、3つの2次元マトリクスとして記載しており、それぞれが特定のリソースブロックR( $b$ )に対応する)。

【0109】

【数2】

$$SM(b=1) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 45 & 60 & 40 \\ 0 & 120 & 65 & 70 & 30 \\ 0 & 0 & 20 & 75 & 60 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

$$SM(b=2) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 75 & 80 & 50 \\ 0 & 80 & 30 & 90 & 30 \\ 0 & 0 & 40 & 60 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

$$SM(b=3) = \begin{pmatrix} 80 & 60 & 65 & 90 & 70 \\ 0 & 80 & 60 & 50 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 30 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

【0110】

上記のスケーリングされたレート・マトリクスSMに基づく、選択サブプロシージャはマトリクスLを生成し、そのエレメント $l_{i,j}$ は、同じペア $i, j$ に関しておよび全て

10

20

30

40

50

の  $b$  の値にわたって、スケーリングされたレート・マトリクス  $S M$  の対応するエレメント  $s m_{b i j}$  内で、最高である。

【0111】

【数3】

$$L = \begin{pmatrix} 85 & 60 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 120 & 65 & 90 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

10

【0112】

この点で、最大値の反復サーチが開始される。

【0113】

反復サーチの最初のステップにおいて、最大が120であると見いだされ、従って、インデクス・ペア {2, 2} が選択され、これは  $S p M u x$  伝送モードを用いてスケジュールされるユーザ端末  $U E (2)$  に対応する。次に、スケジュール・リスト  $S$  は、以下の3つのタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$ 、

{1, 2, 2, 120}、{2, 2, 2, 80}、{3, 2, 2, 80}

により更新される。

【0114】

次に、マトリクス  $L$  は、 $i = 2$  に対応する行と  $j = 2$  に対応する列とをゼロにすることにより更新され、それにより下記のマトリクス  $L'$  を得る。

20

【0115】

【数4】

$$L' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

30

【0116】

反復サーチの第2のステップにおいて、最大が100であると見いだされ、従って、インデクス・ペア {3, G} が選択され、これは  $T x D$  伝送モードを用いてスケジュールされるユーザ端末  $U E (3)$  の場合に対応する。次に、スケジュール・リスト  $S$  は、以下の3つのタプル  $T \{b, i, j, s m_{b i j}\}$ 、

{1, 3, G, 60}、{2, 3, G, 100}、{3, 3, G, 70}

により更新される。

【0117】

次に、マトリクス  $L'$  は、 $i = 3$  に対応する行と  $j = 3$  に対応する列とをゼロにすることにより更新され、それにより下記のマトリクス  $L''$  を得る。

40

【0118】

【数5】

$$L'' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 0 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

【0119】

反復サーチの第3のステップにおいて、最大が90であると見いだされ、従って、イン

50

デクス・ペア {1, 4} が選択され、これはMU-MIMO伝送モードを用いて伝送がなされるユーザ端末UE (1) およびUE (4) の場合に対応する。次に、スケジュール・リストSは、以下の3つのタプルT {b, i, j, sm<sub>b i j</sub>}、  
 {1, 1, 4, 60}、{2, 1, 4, 80}、{3, 1, 4, 90}  
 により更新される。

【0120】

4つのユーザ端末UE (q) のそれぞれに対して伝送モードが既に選択されているので、サーチは終了する。

【0121】

結果的に得られるスケジュール・リストSは、減少するスコアの順にされており、下記

10

【0122】

【表2】

RB(b)	インデクス・ペア	スコア
RB(1)	{2,2}	120
RB(2)	{3,G}	100
RB(3)	{1,4}	90
RB(2)	{2,2}	80
RB(3)	{2,2}	80
RB(2)	{1,4}	80
RB(3)	{3,G}	70
RB(1)	{3,G}	60
RB(1)	{1,4}	60

20

30

【0123】

上記のスケジュール・リストSに基づいて、QSプロシージャは割り当てリストAを生成し、緊急性サブプロシージャ、公平性サブプロシージャ、および効率性サブプロシージャを行う(この順で)。より詳細には、QSプロシージャが、ユーザ端末UE (q) のセットSUEに対する割り当てを行うことを選択すると、既に割り当てられていないリソースブロックRB (b) の中で何れのリソースブロックRB (b) が最高の達成可能なレートを提供するかを知るために、スケジュール・リストSを用いる。その割り当ては、MCS適応割り当て機能を用いて、そのリソースブロックRB (b) に関して行われる。

【0124】

代替の実施形態として、QSプロシージャの最初の2つのサブプロシージャの実行の順を変更すること、従って、公平性、緊急性、効率性の順でサブプロシージャを実行することが可能である。この変形型を用いるためには、緊急性サブプロシージャに必要なリソースブロックの数を概算する予備ステップを実行する必要がある、これは、緊急性サブプロシージャ自体のためにその量のリソースブロックRB (b) (1以上)を残しておくためである。

40

【0125】

緊急性サブプロシージャ

全てのユーザ端末UE (q) が同じサービス・クラスに属し、データがバッファ内で、以下に定める遅延閾値(DT)

DT = 遅延バジェット - スラック時間

50

よりも長い時間待っている場合、そのデータは緊急性ありと考慮される。

【0126】

従って、緊急性のあるデータを有する唯一のユーザ端末UE (q) は、ユーザ端末UE (3) であり、そのデータは41TTI待っている。従って、優先的な様式で、このユーザ端末UE (3) に対して、リソースブロックRB (b) において、そのユーザ端末に対して有利になるようにサービスが行われ、TMSプロシージャにより選択された伝送モードを使用させる。従って、MCS適応割り当て機能を用いて、TD伝送モードを用い、リソースブロックRB (2) で、100Bがユーザ端末UE (3) へ割り当てられる。

【0127】

他のユーザ端末は緊急性ありと考慮されていないので、緊急性サブプロシージャは終了する。

10

【0128】

公平性サブプロシージャ

各ユーザ端末UE (q) に対して、その現在の最高の達成可能レート (スケジュール・リストSを参照する) が、そのユーザ端末UE (q) 自体がチャンネル・ピークにあると考慮するレートであるかを評価するために、検査が行われる。

【0129】

— ユーザ端末UE (1) に関して、現在の最高の達成可能レートは90バイトであり (リソースブロックRB (3) において)、90は、1つの履歴値より高いだけであり、従って、ユーザ端末UE (1) は、チャンネル・ピークにあるものではないと評価される (閾値は3である)。

20

【0130】

— ユーザ端末UE (2) に関して、現在の最高の達成可能レートは120バイトであり (リソースブロックRB (1) において)、120は、4つの履歴値より高く、即ち、4は閾値tより高く、従って、ユーザ端末UE (2) は、チャンネル・ピークにあると評価される。従って、ユーザ端末UE (2) は、TMSプロシージャにより選択された伝送モードを用いて、リソースブロックRB (2) (このユーザ端末がピークを有する) においてサービスを受ける。従って、MCS適応割り当て機能を用いて、120B (バイト) が、SpMux伝送モードを用いてリソースブロックRB (1) でユーザ端末UE (2) へ割り当てられる。

30

【0131】

— ユーザ端末UE (3) に関して、まだ割り当てられていないリソースブロックでの現在の最高の達成可能レートは70バイトであり (リソースブロックRB (3) において)、70は、全ての履歴値より低く、従って、ユーザ端末UE (3) は、チャンネル・ピークにあるものではないと評価される。

【0132】

— ユーザ端末UE (4) に関して、現在の最高の達成可能レートは90バイトであり (リソースブロックRB (3) において)、90は、1つの履歴値より高いだけであり、従って、ユーザ端末UE (4) は、チャンネル・ピークにあるものではないと評価される。

40

【0133】

効率性サブプロシージャ

今まで割り当てられずに残っているリソースブロックRB (b) を割り当てるために、スケジュール・リストSがルックアップされる。特には下記のようなものである。

【0134】

— スケジュール・リストの第1のタプルはリソースブロックRB (1) に関するものであり、このリソースブロックは、SpMux伝送モードのユーザ端末UE (2) へ既に割り当てられている。

【0135】

— スケジュール・リストの第2のタプルはリソースブロックRB (2) に関するもの

50



であり、このリソースブロックは、T x D 伝送モードのユーザ端末 U E ( 3 ) へ既に割り当てられている。

【 0 1 3 6 】

— スケジュール・リストの第 3 のタプルはリソースブロック R B ( 3 ) に関するものであり、このリソースブロックは空いている。従って、このリソースブロック R B ( 3 ) は、M C S 適応割り当て機能を用いて M U - M I M O 伝送モードのユーザ端末 U E ( 1 ) および U E ( 4 ) へ割り当てられる。

【 0 1 3 7 】

従って、Q S プロシージャにより生成される割り当てリスト A は下記のようになる。

【 0 1 3 8 】

【表 3】

RB(b)	インデクス・ペア	バイト
1	{2,2}	120
2	{3,G}	100
3	{1,4}	90

10

【 0 1 3 9 】

当然、ローカルおよび特定の要求を満たすために、当業者は、上記の解決法へ、多くの論理的および／または物理的な変更および代替を適用することができる。より明確には、本発明について、その好適な実施形態を参照して或る度合いで詳細を説明したが、形態および詳細の様々な省略、代替、および変更、そして他の実施形態も可能であることを理解すべきである。特に、より完全な理解を与えるための先の説明で述べた特定の詳細（数値的な例など）が無くとも、本発明の別の実施形態を実施することもでき、また、対照的に、周知の構成は、不要な詳細により説明を妨げないように省略または簡素化されている。更に、一般的な設計の選択事項として、本発明の何れかの開示された実施形態と関連して説明した特定のエレメントおよび／または方法のステップを、他の何れかの実施形態へ組み込めることが、明らかに意図されている。

20

【 0 1 4 0 】

例えば、この説明では、L T E システムのダウンリンク伝送を参照したが、類似の考えをアップリンク伝送に適用できる。この場合、T M S プロシージャは、既に述べたことと同様に動作し、アップリンク伝送のために別の伝送モードを適切に選択することを可能にする。M C S 適応割り当て機能に関しては、ユーザ端末により報告された C Q I を e N o d e B により行われるアップリンク・チャンネルの概算に代えることで十分である。Q S プロシージャは、バッファ状態と H O L の待ち時間とを知る必要があり、この情報は、ユーザ端末によりアップリンクにおいて送られる B E R から得ることができる。

30

【 0 1 4 1 】

更に、T M S プロシージャは、追加の伝送モードをサポートするように、容易に拡張することができる。前記の追加の伝送モードがシングル・ユーザ型のものである場合、それぞれの追加の伝送モードに関して、レート・マトリクスにおいて新たな列を負荷することで十分である。追加のマルチユーザ伝送モードの場合、結果的なレート・マトリクスが、グループ化できるユーザ端末の最高数と 1 とを足した数と等しい次元数を有することを、理解すべきである。

40

【 0 1 4 2 】

本発明の実施形態に従った解決法は、等価の実施形態を通じて実施されるのに適しており（同様のステップを用いる、必須ではない幾つかのステップを除去する、または更なるオプションのステップを追加することによる）、更に、ステップは、異なる順、同時、または交互に行うことができる（少なくとも部分的に）。

50

【図 1】

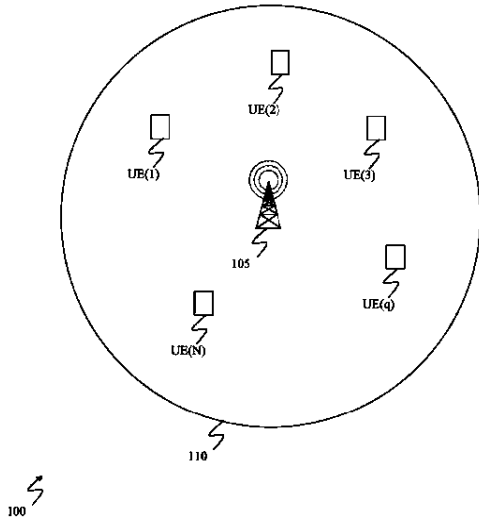


FIG.1

【図 2】

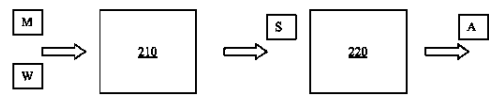


FIG.2

【図 5】

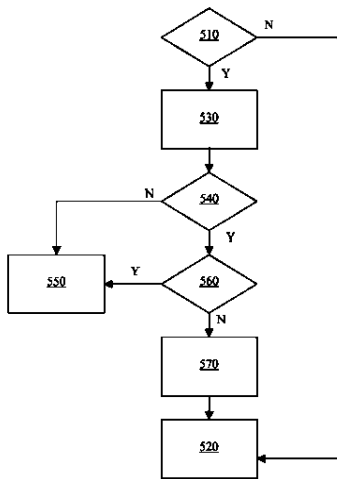


FIG.5

【図 3】

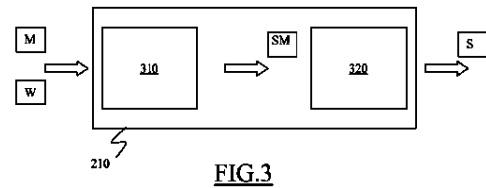


FIG.3

【図 4】

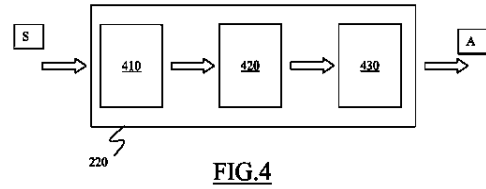


FIG.4

## フロントページの続き

- (72)発明者 アンドレオッツィ, マッテオ・マリア  
 イタリア国イ-56122 ピサ, ヴィア・カルーソ 16, ウニベルシタ・ディ・ピサ, ディパ  
 ルティメント・インジェグネリア・デルインフォマツィオーネ
- (72)発明者 カレッティ, マルコ  
 イタリア国イ-10148 トリノ, ヴィア・グリエルモ・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 ファンティニ, ロベルト  
 イタリア国イ-10148 トリノ, ヴィア・グリエルモ・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 ミリオリーニ, ダニエレ  
 イタリア国イ-56122 ピサ, ヴィア・カルーソ 16, ウニベルシタ・ディ・ピサ, ディパ  
 ルティメント・インジェグネリア・デルインフォマツィオーネ
- (72)発明者 パガーノ, ジェネロソ  
 イタリア国イ-58045 グロッセット・パガーニコ, ヴィア・ピエトロ・レオボルド 31
- (72)発明者 サベッラ, ダリオ  
 イタリア国イ-10148 トリノ, ヴィア・グリエルモ・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  
 イタリア国イ-56122 ピサ, ヴィア・カルーソ 16, ウニベルシタ・ディ・ピサ, ディパ  
 ルティメント・インジェグネリア・デルインフォマツィオーネ

審査官 古市 徹

- (56)参考文献 Schellmann M., ET AL, A Fair Score-Based Scheduler for Spatial Transmission Mode Selec  
 tion, Signals, Systems and Computers, 2007. ACSSC 2007. Conference Record of the Forty  
 -First Asilomar Conference on, 2007年11月 7日, p.1961-1966

## (58)調査した分野(Int. Cl., DB名)

H04B	7/24	—	7/26
H04W	4/00	—	99/00
3GPP	TSG	RAN	WG1-4
		SA	WG1-2
		CT	WG1