

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-48403  
(P2008-48403A)

(43) 公開日 平成20年2月28日(2008.2.28)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
HO4J	15/00	(2006.01)	HO4J 15/00	5K022
HO4B	7/04	(2006.01)	HO4B 7/04	5K059
HO4Q	7/38	(2006.01)	HO4B 7/26	109M 5K067

審査請求 有 請求項の数 16 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2007-208224 (P2007-208224)  
 (22) 出願日 平成19年8月9日(2007.8.9)  
 (31) 優先権主張番号 10-2006-0075582  
 (32) 優先日 平成18年8月10日(2006.8.10)  
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 390019839  
 三星電子株式会社  
 Samsung Electronics  
 Co., Ltd.  
 大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416  
 (74) 代理人 100087398  
 弁理士 水野 勝文  
 (74) 代理人 100067541  
 弁理士 岸田 正行  
 (74) 代理人 100105072  
 弁理士 小川 英宣  
 (74) 代理人 100126147  
 弁理士 川上 成年

最終頁に続く

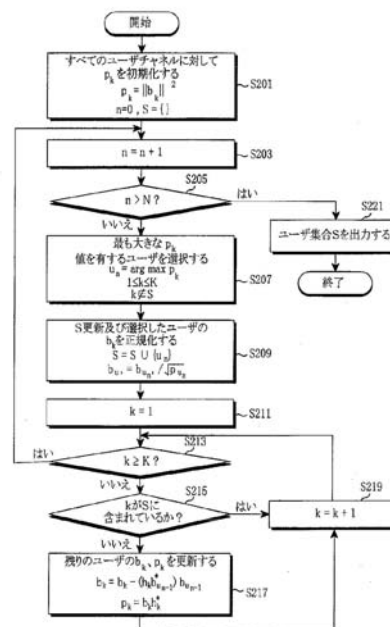
(54) 【発明の名称】 多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム及びその方法

(57) 【要約】

【課題】 多重ユーザ環境の多重入力多重出力システムにおける低い複雑度を有するスケジューリング装置及び方法を提供する。

【解決手段】 多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法は、すべてのユーザ端末に対して該当チャネル情報を使用してベクトル値を設定し、ベクトル値に対するスカラー値を初期化する過程と、選択されていないユーザ端末のうち、最も大きなスカラー値を有するユーザ端末を選択する過程と、選択したユーザ端末を含んで、ユーザ集合を更新する過程と、ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対して、ベクトル値及びスカラー値を更新する過程とを含む。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基地局と多数のユーザ端末とを含む多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法であって、

すべてのユーザ端末に対して該当チャネル情報を使用してベクトル値を設定し、前記ベクトル値に対するスカラー値を初期化する過程と、

選択されていないユーザ端末のうち、最も大きなスカラー値を有するユーザ端末を選択する過程と、

前記選択したユーザ端末を加えて、ユーザ集合を更新する過程と、

前記ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対して、前記ベクトル値及びスカラー値を更新する過程と、

を含むことを特徴とする多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

10

## 【請求項 2】

前記ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対するベクトル値及びスカラー値は、前記選択したユーザ端末の属性が除去されるように更新されることを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

## 【請求項 3】

前記ベクトル値及び前記スカラー値は、

前記選択したユーザ端末を基底 (basis) とする部分空間 (subspace) の零空間 (null space) に、前記ユーザ集合に含まれないユーザ端末のベクトル値を正射影 (projection) させて更新されることを特徴とする請求項 2 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

20

## 【請求項 4】

前記ベクトル値  $b_k$  は、下記の式 1 のように設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

## 【数 1】

$$b_k = h_k$$

ここで、前記  $h_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末と送信端とのチャネルを表す複素数ベクトルであって、 $1 \times N$  の大きさを有する。

30

## 【請求項 5】

前記ベクトル値  $b_k$  は、下記の式 2 のように設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

## 【数 2】

$$b_k = \sqrt{\rho_k} h_k$$

ここで、前記  $b_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末のベクトルを意味し、前記  $h_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末と送信端とのチャネルを表す複素数ベクトルであって、 $1 \times N$  の大きさを有し、前記  $\rho_k$  値は、チャネル品質情報を意味する。

40

## 【請求項 6】

前記スカラー  $\rho_k$  値は、下記の式 3 のように初期化されることを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

## 【数 3】

$$\rho_k = \|b_k\|^2$$

ここで、前記  $b_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末のベクトルを意味し、前記スカラー  $\rho_k$  値は、各

50

ユーザ端末のチャネル状態を表す値であって、スケジューリングの条件値として用いられる。このとき、前記  $k$  は、1 から  $K$  までの全体ユーザ端末  $K$  台に対する探索変数を意味する。

【請求項 7】

同時にデータを送信しようとするユーザ端末の台数分だけ前記すべての過程を繰り返すことを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

【請求項 8】

前記ベクトル値は、各ユーザ端末のチャネル行列から計算した固有ベクトルと、各ユーザ端末のチャネル行列から計算した固有ベクトルとこれに対応する固有値とを乗算した値と、各ユーザ端末のチャネル状態情報の大きさと、のうちのいずれか一つに設定することを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

10

【請求項 9】

前記ユーザ集合を更新した後に、前記選択したユーザ端末のベクトル値を正規化する過程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

【請求項 10】

前記正規化は、前記選択したユーザ端末のベクトル値を下記の式 4 のように初期化することを特徴とする請求項 9 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

20

【数 4】

$$b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}}$$

ここで、前記  $u_n$  は選択されたユーザ端末を意味し、前記  $b_{u_n}$  は、前記選択したユーザ端末  $u_n$  のベクトル値を意味し、前記  $p_{u_n}$  は、前記選択したユーザ端末  $u_n$  のスカラー値を意味する。

【請求項 11】

前記ベクトル値と前記スカラー値とは、下記の式 5 を使用して更新することを特徴とする請求項 1 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法。

30

【数 5】

$$b_k = b_k - (h_k b_{u_{n-1}}^*) b_{u_{n-1}}$$

$$p_k = b_k h_k^*$$

ここで、前記  $b_k$  は  $k$  番目のユーザ端末のベクトル値を表し、前記  $p_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末のスカラー値を意味する。また、前記  $h_k$  は、 $k$  番目のユーザ端末と送信端とのチャネルを表す複素数ベクトルであって、 $1 \times N$  の大きさであり、前記演算  $*$  は、複素転置 (complex transpose) を意味する。

40

【請求項 12】

チャネル状態を推定し、チャネル状態情報を帰還する各ユーザ端末のチャネル状態帰還部を有する多数のユーザ端末と、

すべてのユーザ端末に対して該当チャネル情報を使用してベクトル値を設定し、前記ベクトル値に対するスカラー値を初期化し、選択されないユーザ端末のうち、最も大きなスカラー値を有するユーザ端末を選択してユーザ集合を更新し、前記ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対して前記ベクトル値及び前記スカラー値を更新する、多重ユーザスケジ

50

ユーラを有する基地局と、  
を含むことを特徴とする多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム。

【請求項 13】

前記多重ユーザスケジューラは、同時にデータを送信しようとするユーザ端末の台数分だけ前記過程を繰り返すことを特徴とする請求項 12 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム。

【請求項 14】

前記基地局は、  
すべてのユーザ端末のデータのうち、前記選択したユーザ端末に該当するデータを出力する情報収集器と、

前記選択したユーザ端末に該当するデータを既定義の方式によって前符号化 (precoding) して、所定個数の送信アンテナを介して各ユーザ端末に伝送する前処理器と、をさらに含むことを特徴とする請求項 12 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム。

【請求項 15】

前記多重ユーザスケジューラは、前記ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対するベクトル値及びスカラー値を前記選択したユーザ端末の属性が除去されるように更新することを特徴とする請求項 12 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム。

【請求項 16】

前記多重ユーザスケジューラは、前記ユーザ集合を更新した後に、前記選択したユーザ端末のベクトル値を正規化することを特徴とする請求項 12 に記載の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリングシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多重入力多重出力システムに関し、特に、多重ユーザ環境の多重入力多重出力システムにおける低い複雑度を有するスケジューリングシステム及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

多重入力多重出力 (Multi Input Multi Output : 以下、MIMO とする) チャネルは、極めて高い送信効率を提供することができ、特に、多重ユーザ環境でより高い送信効率を提供できるものと知られている。

【0003】

多重ユーザ環境において到達できる送信率の最大和 (sum-capacity) は、一般に同じ通信資源を各々のユーザ端末に同時に割り当てて送信することによって得ることができる。例えば、N本の送信アンテナを使用するシステムの場合、送信端の複雑度を考慮するとき、同じ資源を最大N台のユーザ端末に同時に割り当てて送信することによって、理論的な最大送信容量の送信率の最大和に近接できる。しかしながら、送信容量の最大化のために、N台のユーザ端末を選択することは極めて高い複雑度を要求するもので、現実的に実現し難いのが現状である。

【0004】

送信容量の最大化のために、多重ユーザ間の干渉を抑制する方式として、いくつかの従来の技術が提案されている。従来の技術は、すべてのユーザ端末から帰還したチャネル情報を使用して、多重ユーザ間の干渉を最小化する方向にユーザ端末を一台ずつ順次決定する方式に基づいており、これは、送信端において高い演算量を行わなければならないという短所がある。

【0005】

多重ユーザ選択において、演算量は、送信アンテナの数と同時に情報を伝達すべくユー

10

20

30

40

50

ザ端末の数によって決定されるが、従来の技術は、たとえユーザ端末の数に線形的に比例する水準で演算量を減少させたが、依然として送信アンテナの数の5次項に達する演算量を持っているから、実際のセルラー網基地局においてリアルタイムで動作させ難いのが現状である。

【0006】

一方、従来の技術である連続的投影法に基づいたスケジューリング方式について説明すれば、次のとおりである。ここで、一つのサービング基地局領域内にK台のユーザ端末が存在し、基地局は、N本の送信アンテナを有すると仮定する。この方式は、順次に先に選択されたユーザ端末のチャンネルと最も相関関係の少ないチャンネルのユーザ端末を選択する方法を取る。すなわち、k番目のユーザ端末を選択する式は、下記の式6のとおりである

10

【0007】

【数6】

$$u_k = \underset{1 \leq i \leq K, i \notin S_{k-1}}{\operatorname{arg\,max}} \left[ \underset{(\alpha_1, \dots, \alpha_{k-1}) \in R^{k-1}}{\operatorname{min}} \left\| \sum_{j \in S_{k-1}} \alpha_j h_j - h_i \right\|^2 \right]$$

【0008】

ここで、 $u_k$ は、k番目に選択されたユーザ端末のインデックスであり、 $h_i$ は、i番目のユーザ端末と送信端とのチャンネルである。 $h_i$ は、 $1 \times N$ の大きさを有する複素数ベクトルを意味する。 $S_{k-1} = \{u_1, \dots, u_{k-1}\}$ は、以前に選択されたユーザインデックスの集合であり、ベクトル  $h_i = \{h_{i1}, \dots, h_{iN}\}$   $R^{k-1}$ は、k-1番目のステップまで選択されたユーザ端末のチャンネル情報からすべての可能な線形組み合わせを表すための係数である。Rは、一般的な実数集合である。

20

【0009】

式6を使用してk番目のステップでは以前に選択されたユーザ端末と最も直交したチャンネルを有するユーザ端末を探すようになり、これを通じてk番目のステップで選択されたユーザ端末は、先に選択されたユーザ端末に最も小さな干渉の影響のみを及ぼすようになる。

30

【0010】

ここで、 $H_{S_{k-1}}$ をk-1番目のステップまで選択されたユーザ端末のチャンネルを蓄積した行列と仮定するとき、式1は、下記の式7の行列形態に変換できる。

【0011】

【数7】

$$u_k = \underset{1 \leq i \leq K, i \notin S_{k-1}}{\operatorname{arg\,max}} \left\| h_i \left[ H_{S_{k-1}}^* (H_{S_{k-1}} H_{S_{k-1}}^*)^{-1} H_{S_{k-1}} - I_N \right] \right\|^2$$

【0012】

ここで、 $I_N$ は、 $N \times N$ の大きさを有する単位行列であり、上記の過程は、全体ユーザ端末K台の中から同時にデータを送信するN台のユーザ端末が選択されるまで繰り返し行われる。

40

【0013】

しかしながら、上記過程においてk番目のユーザ端末一台を決定するためには、行列積と逆行列を求めるべきであり、このとき求めようとする逆行列の大きさは、kが大きくなるほど増加する。また、まだ選択されないユーザ端末全てに対して比較演算を行わなければならないため、高い演算量が必要となるという問題点がある。

【特許文献1】韓国特許出願公開第10-2006-0096365号明細書

【発明の開示】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0014】**

そこで、本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、多重ユーザ環境の多重入力多重出力システムにおける低い複雑度を有するスケジューリング装置及びその方法を提供することにある。

**【0015】**

本発明の他の目的は、多重ユーザ環境の多重入力多重出力システムにおいて、多重アンテナを使用する多数のユーザ端末のうち、最も高い送信容量を有するユーザ端末の集合を選択して、従来のような送信容量性能を有し、かつ、複雑度を大きく減少させることのできるスケジューリング装置及びその方法を提供することにある。

10

**【課題を解決するための手段】****【0016】**

上記の目的を達成すべく、本発明の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング方法は、すべてのユーザ端末に対して該当チャネル情報を使用してベクトル値を設定し、ベクトル値に対するスカラー値を初期化する過程と、既に選択されていないユーザ端末のうち、最も大きなスカラー値を有するユーザ端末を選択する過程と、選択したユーザ端末を含んで、ユーザ集合を更新する過程と、ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対して、ベクトル値及びスカラー値を更新する過程と、を含むことを特徴とする。

**【0017】**

また、上記の目的を達成すべく、本発明の多重入力多重出力システムにおけるスケジューリング装置は、チャネル状態を推定し、チャネル状態情報を帰還する各ユーザ端末のチャネル状態帰還部と、すべてのユーザ端末に対して該当チャネル情報を使用してベクトル値を設定し、ベクトル値に対するスカラー値を初期化し、既選択されないユーザ端末のうち、最も大きなスカラー値を有するユーザ端末を選択してユーザ集合を更新し、ユーザ集合に含まれないユーザ端末に対してベクトル値及びスカラー値を更新する多重ユーザスケジューラを含むことを特徴とする。

20

**【発明の効果】****【0018】**

本発明によれば、従来の方法に比べて多くの演算量を減らすことができることができる。

30

**【0019】**

本発明は、多重ユーザ環境の多重入力多重出力システムにおいて、多重アンテナを使用する多数のユーザ端末のうち、最も高い送信容量を有するユーザ端末を順次選択することによって、基地局は、最も高い直交性を有するユーザ端末の集合を得ることができ、選択したユーザ端末のデータを同時に送信することによって、基地局は、干渉信号による影響を最小化し、かつ高い送信容量を得ることができるという利点がある。また、従来方式において問題とされた逆行列を計算する必要がないため、演算量を大きく減少させることができるという利点がある。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0020】**

以下、本発明の好ましい実施形態を、添付した図面の参照とともに詳細に説明する。そして、本発明を説明するにおいて、関連した公知機能又は構成に対する具体的な説明が本発明の要旨を不明にすると判断される場合には、その詳細な説明を省略すべきである。

40

**【0021】**

以下、本実施形態の多重ユーザ環境のMIMOシステムにおける低い複雑度を有するスケジューリング装置及び方法について説明する。

**【0022】**

図1は、本発明の実施形態の多重ユーザ環境におけるMIMOシステムの構成を示す図である。本実施形態のMIMOシステムは、基地局100と多数のユーザ端末200とで構成され、基地局100は、多重ユーザスケジューラ101と、情報収集器102と、前

50

処理器 103 で構成され、多数のユーザ端末 200 は、それぞれ受信機 104 と、チャンネル状態帰還部 105 とを含んで構成される。

【0023】

図 1 を参照すれば、多重ユーザスケジューラ 101 は、各ユーザ端末から受信されるチャンネル状態情報を使用して、同じ時間に同じ周波数資源を介して送信されるユーザ端末の集合を選択し、該選択したユーザ端末の集合を情報収集器 102 に出力する。

【0024】

情報収集器 102 は、すべてのユーザ端末のデータのうち、選択したユーザ端末に該当するデータのみを収集し、該収集したユーザ端末データを前処理器 103 に出力する。

【0025】

前処理器 103 は、選択したユーザ端末に同時にデータを送信するために、情報収集器 102 から入力されるユーザ端末データを所定の方式によって前符号化 (precoding) し、送信シンボルを生成し、該生成した送信シンボルを実際の無線で送信できるように無線周波数処理を行った後、所定の個数の送信アンテナを介して各ユーザ端末に送信する。

【0026】

ここで、本実施形態で選択されたユーザ端末は、互いにほぼ直交に近いチャンネルを有するように設計されており、簡単なビーム形成技法を使用して前処理器 103 を構成することができる。例えば、選択したユーザのインデックスを  $d_1, d_2, \dots, d_N$  とするとき、各ユーザのチャンネル情報  $h_{d_1}, h_{d_2}, \dots, h_{d_N}$  から多重ユーザビーム形成ベクトル  $v_{d_1}, v_{d_2}, \dots, v_{d_N}$  を生成することができる。

【0027】

簡単な実施形態において、チャンネル行列の第 1 番目の固有ベクトルを使用してビーム形成ベクトルを構成する固有値分解前処理器 (Singular Value Decomposition precoder : SVD precoder) を例に挙げることができ、この場合には、構成された各ユーザ端末のビーム形成ベクトルも、互いに直交する性質を有するようになり、したがって、多重ユーザ間の干渉を最小にすることができる。最終的に、基地局から送信される信号ベクトルは、下記の式 8 のように構成される。

【0028】

【数 8】

$$x = v_{d_1} S_{d_1} + v_{d_2} S_{d_2} + \dots + v_{d_N} S_{d_N} = \sum_{i=1}^N v_{d_i} S_{d_i}$$

【0029】

ここで、 $S_i$  は、 $i$  番目のユーザ端末に送信すべきデータを表す。

【0030】

各ユーザ端末の受信機 104 は、所定個数の受信アンテナを介して基地局からデータを受信し、該受信したデータをそれぞれのストリームに分離及びデコードして、所望のデータを出力する。ここで、ユーザ  $d_i$  の受信機 104 に入力される信号ベクトルは、下記の式 9 のように構成される。

【0031】

【数 9】

$$y = h_{d_i} \sum_{i=1}^N v_{d_i} S_{d_i} + n_{d_i}$$

【0032】

ここで、 $h_{d_i}$  は、ユーザ  $d_i$  の受信アンテナに入力されるチャンネルベクトルを意味し、 $n_{d_i}$  は、ユーザ  $d_i$  の受信アンテナに入力される雑音ベクトルを意味する。

【0033】

10

20

30

40

50

受信機 104 に入力された信号は、マッチトフィルタ (matched filter)、ゼロフォーシング (Zero-forcing) 又は最小平均自乗誤差 (Minimum Mean-Square Error : M M S E) 技法などを使用してデータを抽出することができる。

【0034】

各ユーザのチャネル状態帰還部 105 は、現在のチャネル状態を推定して基地局に帰還するチャネル状態情報を収集し、該収集したチャネル状態情報を基地局の多重ユーザスケジューラ 101 に送信する。ここで、チャネル状態は、基地局から受信されたデータを使用して推定することもでき、パイロット信号によって基地局から受信される資源情報を使用して推定することもできる。

【0035】

図 2 は、本発明の実施形態の多重ユーザ環境の M I M O システムにおけるスケジューリング方法の手順を示すフローチャートである。

【0036】

図 2 に示すように、まず、基地局の多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 201 (図中ではステップを S と略す) において、すべてのユーザ端末から帰還されたチャネル状態情報から該当ユーザチャネルに対して変数、すなわちベクトル  $b_k$  とスカラー  $p_k$  値を下記の式 10 のように初期化する。

【0037】

【数 10】

$$b_k = h_k$$

$$p_k = \|b_k\|^2$$

【0038】

ここで、 $h_k$  は、k 番目のユーザと送信端とのチャネルを表す複素数ベクトルであって、 $1 \times N$  の大きさを有する。スカラー  $p_k$  値は、各ユーザのチャネル状態を表す値であって、後述のスケジューリングのための条件値として用いられる。このとき、k は、1 から K までの全体ユーザ端末 K 台に対する探索変数を意味する。また、多重ユーザスケジューラ 101 は、スケジューリングを介して N 台のユーザ端末を選択するためにユーザインデックス  $n$  を 0 に初期化し、選択されたユーザ集合  $S$  を空集合  $\{ \}$  に初期化する。

【0039】

次に、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 203 において  $n$  を  $n$  に 1 を足した数に更新し、ステップ 205 に進んで  $n$  が選択しようとするユーザ端末数の  $N$  より大きいか否かを検査する。ここで、 $N$  は、 $K$  より小さいか、又は同じ数である。

【0040】

$n$  が、選択しようとするユーザ端末数の  $N$  より小さいか、又は同じであるときには、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 207 に進み、選択されないユーザ端末のうち、最も大きい  $p_k$  値を有する一台のユーザ端末を選択する。このとき、選択したユーザ端末  $u_n$  は、全体ユーザ端末のうち、最も良いチャネル利得を有するユーザ端末を意味する。

【0041】

ここで、一台のユーザ端末を選択する式は、下記の式 11 のように表すことができる。

【0042】

【数 11】

$$u_n = \arg \max_{\substack{1 \leq k \leq K \\ k \notin S}} p_k$$

【0043】

10

20

30

40

50



次に、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 209 において選択したユーザ端末  $u_n$  を集合  $S$  に追加して集合  $S$  を更新し、選択したユーザ端末  $u_n$  のチャンネルベクトル  $b$  を正規化 (normalization) する。ここで、正規化とは、特定ベクトルをその大きさに分けて単位ベクトルを作ることであって、パワーの影響を既に選択した他のユーザと同様にすするため過程である。

【0044】

ここで、集合  $S$  を更新し、選択したユーザ端末  $u_n$  の  $b$  を正規化する式は、下記の式 12 のように表すことができる。

【数 12】

$$S = S \cup \{u_n\}$$

10

$$b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}}$$

【0045】

次に、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 211 において探索変数  $k$  を 1 に初期化した後、ステップ 213 において  $k$  が全体ユーザ数の  $K$  より大きいか又は同じであるかを検査する。これは、全体ユーザのうち、選択されないユーザを検査して該当ユーザの  $b_k$  及び  $p_k$  を更新するためである。  $k$  が  $K$  より小さいとき、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 215 において、  $k$  が選択したユーザ集合  $S$  に含まれているか否かを検査する。

20

【0046】

$k$  が、選択したユーザ集合  $S$  に含まれていないときには、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 217 において、ステップ 207 で選択されたユーザを基底 (basis) とする部分空間 (subspace) の零空間 (null space) に  $k$  のチャンネルベクトルを正射影 (projection) させることによって、  $k$  のチャンネルベクトル  $b_k$  を更新し、該更新したチャンネルベクトル  $b_k$  を使用して、スカラー  $p_k$  値を更新する。

【0047】

ここで、  $b_k$  と  $p_k$  を更新する式は、下記の式 13 のように表すことができる。

30

【0048】

【数 13】

$$b_k = b_k - (h_k b_{u_{n-1}}^*) b_{u_{n-1}}$$

$$p_k = b_k h_k^*$$

【0049】

ここで、演算  $*$  は、複素転置 (complex transpose) を意味する。このように、  $b_k$  及び  $p_k$  は、既に選択したユーザ端末に対する属性を全て除去する方向に更新する。

40

【0050】

以後、多重ユーザスケジューラ 101 は、ステップ 219 で  $k$  を  $k$  に 1 を足した数に更新し、ステップ 213 に戻る。

【0051】

これに対し、ステップ 215 において、  $k$  が選択したユーザ集合  $S$  に含まれているとき、多重ユーザスケジューラ 101 は、条件値を更新する必要がないので、ステップ 217 を行わずに直にステップ 219 に進んで  $k$  を  $k$  に 1 を足した数に更新した後、ステップ 213 に戻る。

【0052】

50

一方、ステップ 2 1 3 において  $k$  が  $K$  より大きいか又は同じであるとき、多重ユーザスケジューラ 1 0 1 は、すべてのユーザ端末に対する条件値を更新したことを判断し、ステップ 2 0 3 に戻って、以下のステップを行って選択されないユーザ端末のうち、条件値  $p_k$  値の最も大きいユーザを選択する。これにより、多重ユーザスケジューラ 1 0 1 は、以前のステップで既に選択したユーザ端末のチャンネル状態情報と比較して、最も干渉を少なく引き起こすユーザ端末を選択するようになる。

【 0 0 5 3 】

したがって、上記のように選択されたユーザ端末は、既選択のユーザ端末のチャンネル状態と最も高い直交性を有するようになり、このような性質によって選択したユーザ端末のデータが同時に送信される場合には、引き起こされる干渉は最も小さくなる。結局、多重ユーザスケジューラ 1 0 1 は、受信される信号対雑音及び干渉信号比 (Signal-to-Interference and Noise Ratio: 以下、S I N R とする) を最も大きく選択するようになるので、チャンネルの容量を極大化することができる。

10

【 0 0 5 4 】

一方、ステップ 2 0 5 において、 $n$  が、選択しようとするユーザ端末数の  $N$  より大きいときには、多重ユーザスケジューラ 1 0 1 は、選択しようとする数のユーザ端末を全て選択したことを判断し、ステップ 2 2 1 に進んでユーザ集合  $S$  を情報収集器 1 0 2 に出力した後、本実施形態のアルゴリズムを終了する。

【 0 0 5 5 】

一方、本実施形態は、帰還されたチャンネル状態情報からベクトル  $b_k$  の初期値を多様に設定することによって、スケジューリング方式を拡張又は変更することができる。例えば、比例公平 (Proportional fair) スケジューリング方式に適用するために、ベクトル  $b_k$  を下記の式 1 4 のように初期化できる。

20

【 0 0 5 6 】

【 数 1 4 】

$$b_k = \sqrt{\rho_k} h_k$$

【 0 0 5 7 】

ここで、 $p_k$  値は、信号対雑音及び干渉信号比 (S I N R) のようなチャンネル品質情報を意味する。

30

【 0 0 5 8 】

また、副空間 (subspace) 基盤のスケジューリング方式に適用するために、ベクトル  $b_k$  を  $k$  番目のユーザ端末のチャンネル行列から計算した固有ベクトルあるいは固有ベクトルとこれに対応する固有値とを乗算した値に初期化できる。このとき、各ユーザ端末は、多重アンテナを使用していなければならない。

【 0 0 5 9 】

また、複数のアンテナを有したユーザ端末において、1 個又はその以上のアンテナのみを使用する場合、チャンネル状態情報の大きさを調節してベクトル  $b_k$  に初期化できる。

【 0 0 6 0 】

40

最後に、一個のユーザ端末に複数のベクトル  $b_k$  を割り当てることによって、1 つのユーザ端末に複数の送信経路を割り当てることもでき、特定のユーザ端末が一旦スケジューリングされると、該当ユーザ端末に割り当てられた残ったベクトルを除去することによって、1 つのユーザ端末に一個の送信経路のみを割り当てることもできる。

【 0 0 6 1 】

図 3 は、従来技術と本実施形態の技術の性能を比較したグラフである。ここで、基地局は 4 個の送信アンテナを有し、それぞれのユーザ端末は 1 個の受信アンテナを有すると仮定し、平均信号対雑音比 (Average S N R) は 1 0 d B と仮定する。

【 0 0 6 2 】

図 3 を参照すれば、本実施形態で提案する方法は、一回に  $N$  個のユーザ端末に対しての

50

み同時に送信できるので、すべてのユーザ端末を同時送信するという仮定の下に理論的な最大送信容量である送信率の最大和 (sum-capacity) には到達できないが、ゼロフォースビーム形成 (zero-forcing beamforming) 技法を使用する従来の方式に比べて、優れた性能を有することが確認できる。

【 0 0 6 3 】

また、本実施形態の方法と従来の方式での演算量を比較すると、下記の表 1 のように表すことができる。

【 0 0 6 4 】

【表 1】

	掛け算	割算
連続的投影法に基づいたスケジューリングアルゴリズム	約 $(1.25K - 0.2N) N^4$	$(0.33K - 0.25N) N^3$
本実施形態で提案された方法	約 $3KN^2$	N

10

【 0 0 6 5 】

ここで、N は、基地局の送信アンテナの数であり、K は、セル内の一セクターに分布した全体ユーザ端末の数を表す。例えば、N が 4 で、K が 100 の場合、演算量は、下記の表 2 のように表すことができる。

20

【 0 0 6 6 】

【表 2】

	掛け算	割算
連続的投影法に基づいたスケジューリングアルゴリズム	約 32000	2048
本実施形態で提案された方法	約 4800	4

30

【 0 0 6 7 】

上述した本発明の好ましい実施形態は、例示の目的のために開示されたものであり、本発明の属する技術の分野における通常知識を有する者であれば、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲内で、様々な置換、変形、及び変更が可能であり、このような置換、変更などは、特許請求の範囲に属するものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 8 】

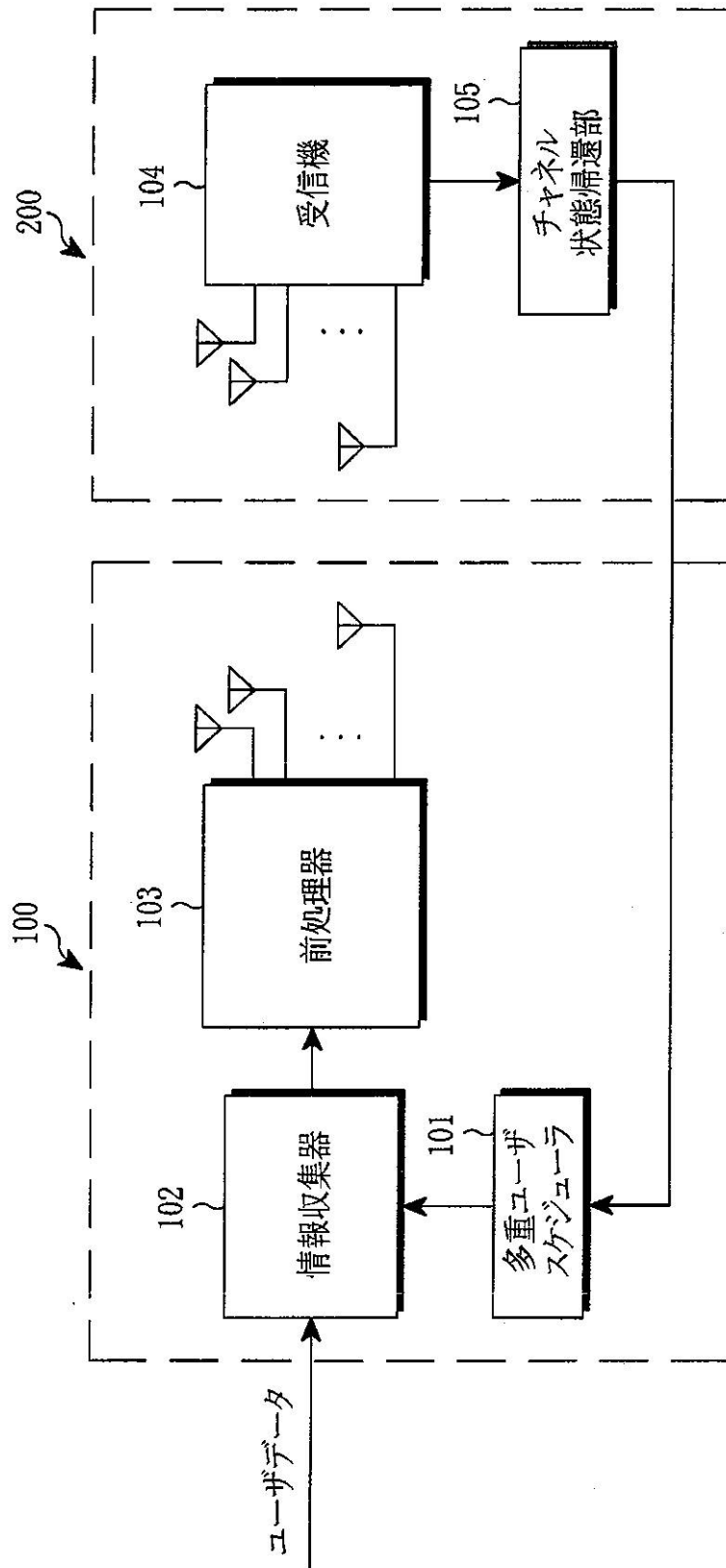
【図 1】本発明の実施形態の多重ユーザ環境における MIMO システムの構成を示す図である。

40

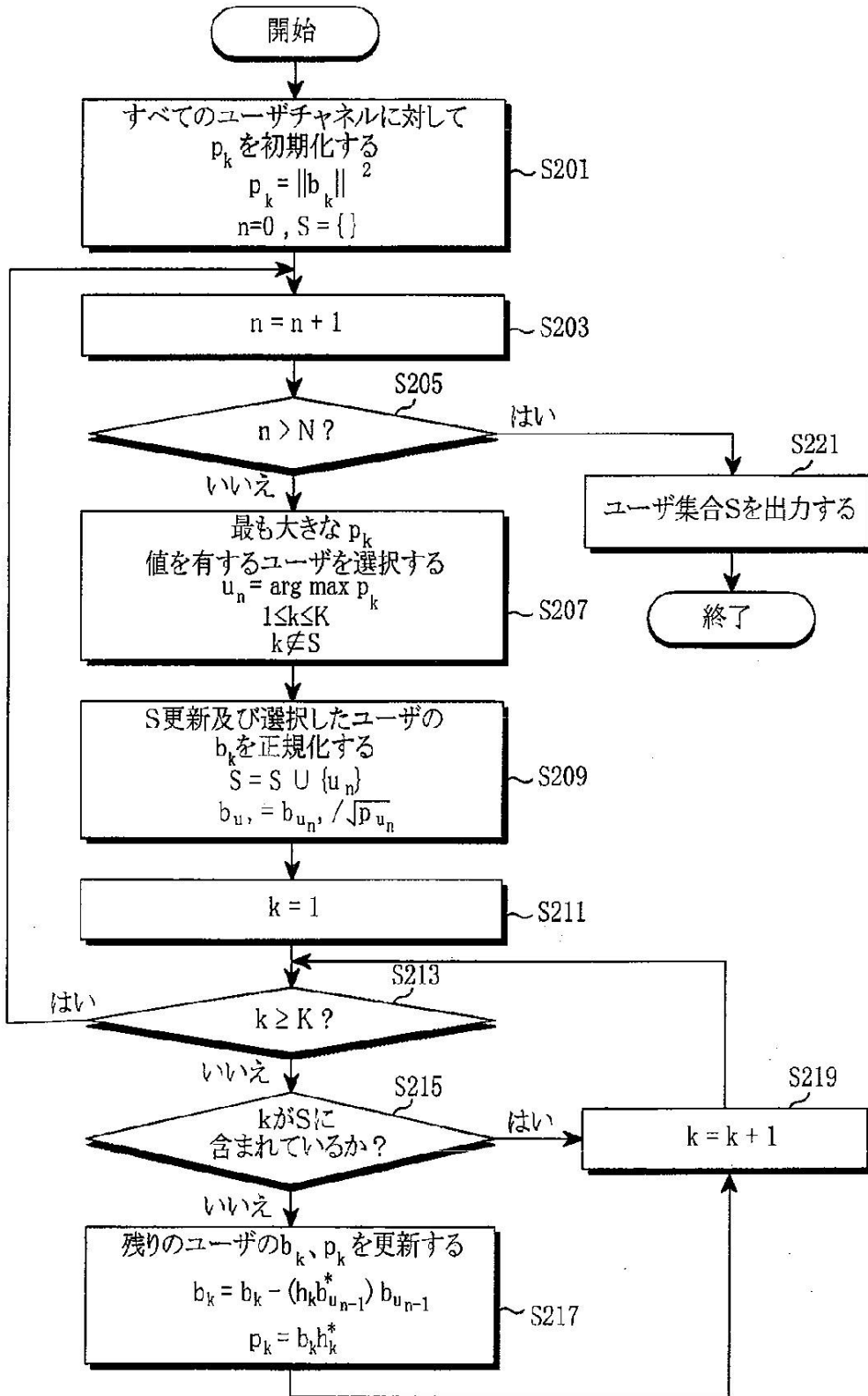
【図 2】本発明の実施形態の多重ユーザ環境の MIMO システムにおけるスケジューリング方法の手順を示すフローチャートである。

【図 3】従来の技術と本実施形態の技術との性能を比較したグラフである。

【図1】



【図2】



開始

すべてのユーザチャンネルに対して  
 $p_k$  を初期化する  
 $p_k = \|b_k\|^2$   
 $n=0, S = \{\}$

~ S201

$n = n + 1$

~ S203

$n > N?$

~ S205

はい

いいえ

ユーザ集合Sを出力する

~ S221

終了

最も大きな  $p_k$   
値を有するユーザを選択する  
 $u_n = \arg \max_{\substack{1 \leq k \leq K \\ k \notin S}} p_k$

~ S207

S更新及び選択したユーザの  
 $b_k$  を正規化する  
 $S = S \cup \{u_n\}$   
 $b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}}$

~ S209

$k = 1$

~ S211

$k \geq K?$

~ S213

はい

いいえ

$k$ がSに  
含まれているか?

~ S215

はい

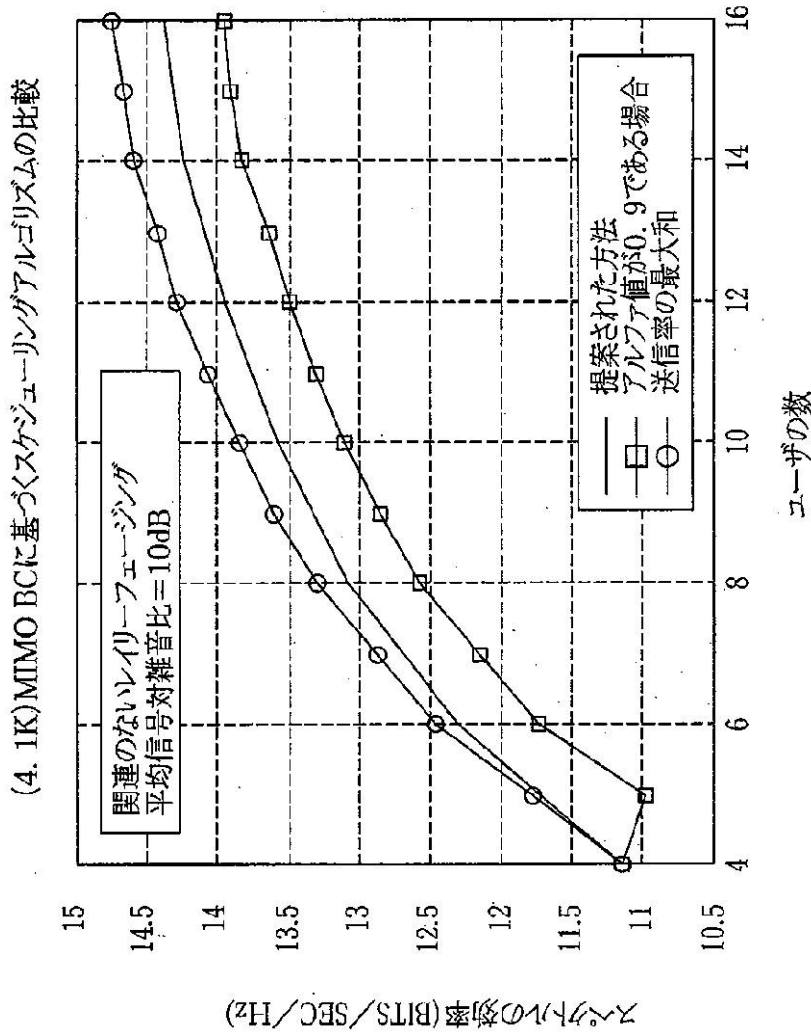
$k = k + 1$

~ S219

残りのユーザの  $b_k, p_k$  を更新する  
 $b_k = b_k - (h_k b_{u_{n-1}}^*) b_{u_{n-1}}$   
 $p_k = b_k^* h_k^*$

~ S217

【 図 3 】



【 手続 補正書 】

【 提出日 】平成19年10月18日 (2007.10.18)

【 手続 補正 1 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0 0 4 4

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0 0 4 4 】

ここで、集合  $S$  を更新し、選択したユーザ端末  $u_n$  の  $b$  を正規化する式は、下記の式 1 2 のように表すことができる。

【数 1 2】

$$S = S \cup \{u_n\}$$

$$b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}}$$

---

フロントページの続き

(72)発明者 李 學 周

大韓民国仁川広域市富平区十井2洞新東亜アパート110棟1003号

(72)発明者 マツザレーゼ デビット

大韓民国京畿道水原市靈通区靈通洞ロッテアパート945棟104号

(72)発明者 朴 東 植

大韓民国京畿道龍仁市器興区書川洞エスケーアパート107棟1802号

Fターム(参考) 5K022 FF00

5K059 CC01

5K067 AA42 BB01 BB21 EE02 EE10 GG01 HH21 KK03