

(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2010-93825

(P2010-93825A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00 Z	5K022
HO4J 1/00 (2006.01)	HO4J 1/00	
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	

審査請求 有 請求項の数 3 O L 外国語出願 (全 81 頁)

(21) 出願番号	特願2009-253007 (P2009-253007)	(71) 出願人	392026693
(22) 出願日	平成21年11月4日 (2009.11.4)		株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
(62) 分割の表示	特願2006-160879 (P2006-160879) の分割	(74) 代理人	100099623
原出願日	平成18年6月9日 (2006.6.9)		弁理士 奥山 尚一
(31) 優先権主張番号	05013276.0	(74) 代理人	100096769
(32) 優先日	平成17年6月20日 (2005.6.20)		弁理士 有原 幸一
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
(特許庁注：以下のものは登録商標)		(74) 代理人	100114591
1. GSM			弁理士 河村 英文
		(74) 代理人	100118407
			弁理士 吉田 尚美
		(74) 代理人	100125380
			弁理士 中村 綾子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信リンクの割当てに関する情報を信号により伝達する装置および通信リンクの割当てを決定する装置

(57) 【要約】

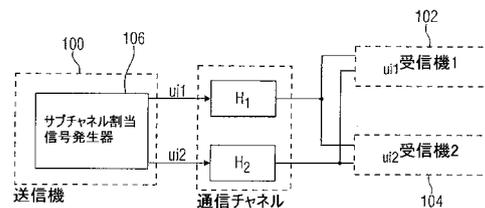
【課題】

送信機と1つ以上の受信機との間の通信リンクにおける副搬送波の割当てに関する情報の送受信を効率良く行う。

【解決手段】

送信機(100)と第1の受信機(102)との間の通信リンクを通信チャネルの第1のサブチャネル(H<sub>1</sub>)に割当ててることに関する情報を信号により伝達し、送信機(100)と第2の受信機(104)との間の第2の通信リンクを通信チャネルの第2のサブチャネル(H<sub>2</sub>)に割当ててることに関する情報を信号により伝達する装置は、第1のユーザ識別子(ui1)を第1のサブチャネル(H<sub>1</sub>)を介して送信し、第2のユーザ識別子(ui2)を第2のサブチャネル(H<sub>2</sub>)を介して送信するサブチャネル割当信号発生器(106)を備える。

【選択図】 図1A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

送信機(100)と第1の受信機(102)との間の第1の通信リンクを通信チャネルの第1のサブチャネル( $H_1$ )に割当てることに関する情報を信号により伝達し、送信機(100)と第2の受信機(104)との間の第2の通信リンクを通信チャネルの第2のサブチャネル( $H_2$ )に割当てることに関する情報を信号により伝達する装置であって、前記第1および第2のサブチャネル( $H_1$ 、 $H_2$ )は互いに異なるものであり、

第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )を前記第1のサブチャネル( $H_1$ )を介して送信し、第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )を前記第2のサブチャネル( $H_2$ )を介して送信するサブチャネル割当信号発生器(106)を備え、

10

前記第1および第2のユーザ識別子( $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$ )は互いに異なるものであり、前記第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )は前記第1の受信機(102)に割当てられ、前記第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )は前記第2の受信機(104)に割当てられるものであり、

前記サブチャネル割当信号発生器(106)は、第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )として第1のパイロットシーケンスを選択し、第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )として第2のパイロットシーケンスを選択するものであり、前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものである、

装置。

## 【請求項 2】

前記通信チャネルがマルチ入力マルチ出力チャネルであり、

20

前記サブチャネル割当信号発生器(106)は、第1の空間範囲によって前記第1のサブチャネル( $H_1$ )を特定し、第2の空間範囲によって前記第2のサブチャネル( $H_2$ )を特定するものであり、前記第1および第2の空間範囲は互いに異なるものである、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 3】

第1の重み係数の集合を生成し、第2の重み係数の集合を生成する発生器をさらに備え、

前記第1の重み係数の集合は、前記第1の受信機(102)に関連する第1のユーザ信号を重み付けして第1の送信信号を得るために使われ、前記第2の重み係数の集合は、前記第2の受信機(104)に関連する第2のユーザ信号を重み付けして第2の送信信号を得るために使われるものであり、

30

前記発生器は計算機を備えており、

前記計算機は、ある空間の第1の部分空間を張る $m$ 個の固有ベクトルを計算するものであって、 $m$ は1以上であり、前記 $m$ 個の固有ベクトルは、前記第1の受信機の前記第1の重み係数の集合を形成しており、

前記計算機はさらに、別の空間の第2の部分空間を張る $n$ 個の固有ベクトルを計算するものであって、前記第2の部分空間は、前記第1の部分空間に直交しており、 $n$ は1以上であり、前記 $n$ 個の固有ベクトルは、前記第2の受信機(104)の前記第2の重み係数の集合を形成しており、

これにより前記第1の送信信号は、前記第1のユーザ信号の前記第1の部分空間への射影を表し、前記第2の送信信号は、前記第2のユーザ信号の前記第2の部分空間への射影を表すものであり、

40

前記サブチャネル割当信号発生器(106)は、前記第1の重み係数の集合を用いて前記第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )を送信し、前記第2の重み係数の集合を用いて前記第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )を送信するものである、請求項1または2に記載の装置。

## 【請求項 4】

前記サブチャネル割当信号発生器(106)は、前記第1および第2のサブチャネル( $H_1$ 、 $H_2$ )の送信特性に関する情報を備え、

前記サブチャネル割当信号発生器(106)はさらに、前記第1のサブチャネル( $H_1$ )の送信特性に応じて前記第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )をプレコーディングし、または

50

前記第2のサブチャネル( $H_2$ )の送信特性に応じて前記第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )をプレコーディングするものである、請求項1~3のいずれか一項に記載の装置。

【請求項5】

前記第1のサブチャネル( $H_1$ )と第3のサブチャネルとが、前記送信機(100)と前記第1の受信機(102)との間の前記第1の通信リンクに割当てられており、前記第1および第3のサブチャネルは互いに異なるものであり、

前記サブチャネル割当信号発生器(106)は、前記第3のサブチャネルを介して前記第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )を送信するものである、請求項1~4のいずれか一項に記載の装置。

【請求項6】

送信機(100)と第1の受信機(102)との間の第1の通信リンクを通信チャネルの第1のサブチャネル( $H_1$ )に割当てることに関する情報を信号により伝達し、前記送信機(100)と第2の受信機(104)との間の第2の通信リンクを通信チャネルの第2のサブチャネル( $H_2$ )に割当てることに関する情報を信号により伝達する方法であって、前記第1および第2のサブチャネル( $H_1$ 、 $H_2$ )は互いに異なるものであり、

第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )を前記第1のサブチャネル( $H_1$ )を介して送信し、第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )を前記第2のサブチャネル( $H_2$ )を介して送信することにより実行されるステップであってサブチャネルの割当てに関する情報を信号により伝達するステップを含んでおり、

前記第1および第2のユーザ識別子( $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$ )は互いに異なるものであり、

前記第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )は前記第1の受信機(102)に割当てられ、前記第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )は前記第2の受信機(104)に割当てられるものであり、

前記サブチャネルの割当てに関する情報を信号により伝達するステップは、第1のユーザ識別子( $u_{i1}$ )として第1のパイロットシーケンスを選択するステップと、第2のユーザ識別子( $u_{i2}$ )として第2のパイロットシーケンスを選択するステップとを含んでおり、前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものである、

方法。

【請求項7】

受信機(102)に割当てられている所定の第1のパイロットシーケンス( $u_{i1}$ )に基づいて、送信機(100)と前記受信機(102)との間の通信リンクを通信チャネルのサブチャネル( $H_1$ )に割当ててことを決定する装置(150)であって、

前記送信機は、第1のサブチャネルを介して第1のパイロットシーケンスを送信し、第2のサブチャネルを介して第2のパイロットシーケンスを送信するものであり、

前記第2のサブチャネルは前記第1のサブチャネルと異なるものであり、

前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものであり、

前記サブチャネル( $H_1$ )からの受信信号と、前記所定の第1のパイロットシーケンスとの相関を求める推定器(152)と、

前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合に、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクを前記サブチャネル( $H_1$ )に割当て、前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にない場合に、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクの前記サブチャネル( $H_1$ )に割り当てない検出器(154)と

を備える装置。

【請求項8】

前記通信チャネルがマルチ入力マルチ出力チャネルであり、

前記推定器(152)が、第1の空間範囲によって前記第1のサブチャネル( $H_1$ )を特定し、第2の空間範囲によって前記第2のサブチャネル( $H_2$ )を特定するものであり、前記第1および第2の空間範囲は互いに異なるものである、請求項7に記載の装置。

【請求項9】

10

20

30

40

50

前記第1のサブチャネル( $H_1$ )と第3のサブチャネルとが、前記送信機(100)と前記第1の受信機(102)との間の前記通信リンクに割当てられており、前記第1および第3のサブチャネルは互いに異なるものであり、

前記送信機は、前記第3のサブチャネルを介して前記第1のパイロットシーケンスを送信するものであり、

前記推定器(152)は、前記第3のサブチャネルからの別の受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関を求めるものであり、

前記検出器(154)は、前記別の受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合に、前記第3のサブチャネルを前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクに割当てるものである、請求項7または8に記載の装置。

10

#### 【請求項10】

受信機(102)に割当てられている所定の第1のパイロットシーケンスに基づいて、送信機(100)と前記受信機(102)との間の通信リンクを通信チャネルのサブチャネル( $H_1$ )に割当てることを決定する方法であって、

前記第1のパイロットシーケンスは第1のサブチャネルを介して送信され、第2のパイロットシーケンスは第2のサブチャネルを介して送信されるものであり、

前記第2のサブチャネルは前記第1のサブチャネルとは異なるものであり、

前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものであり、

前記サブチャネル( $H_1$ )からの受信信号と、前記所定の第1のパイロットシーケンスとの相関を求めるステップと、

20

前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合に、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクを前記サブチャネル( $H_1$ )に割当て、前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にない場合に、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクを前記サブチャネル( $H_1$ )に割当てないステップとを含む方法。

#### 【請求項11】

コンピュータ上で請求項6または10に記載の方法を実行するプログラムコードを有するコンピュータプログラム。

30

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【背景技術】

#### 【0001】

マルチポイント環境、例えばモバイル通信システムのダウンリンクにおいて複数のユーザ受信機は、ある特定の送信機から独立または共通の情報を受信する。各ユーザへの独立情報のストリームの送信を考慮して、一般的に送信機は最初に利用可能なリソース(例えば、時間、周波数、符号、空間)をユーザ間で互いに異なるように分割する。したがって各ユーザは、異なるタイムスロット、異なる符号、異なる搬送波または異なる空間範囲で情報を受信する。検出を可能にするために、各ユーザはこのリソースの割当ての結果を知る必要がある。すなわち各ユーザは、そのユーザ自身を対象とする信号が送信される物理的な範囲を知る必要がある。その結果、この情報を送信機から各受信機に伝える信号による伝達が必要となる。

40

#### 【0002】

この課題は、様々なシステムにおいて様々な処理される。例えばGSMにおいては基地局が、TDM A(時分割多重アクセス)方式にしたがって異なるタイムスロットを各ユーザに割当てる。移動局がランダムアクセスチャネルを介してタイムスロットを要求した後、基地局は、例えばドイツ語文献としては、非特許文献1に示されているように、タイムスロット識別子をいわゆるアクセス許可されたチャネルでブロードキャストする。この識別子は、移動局が情報の流れを要求するタイムスロットを表している。各タイムスロットにおいてチャネル推定に役立つパイロットシーケンスが送られる。同様にHIPERLA

50

N / 2 においてランダムアクセスチャネルを介したモバイル端末のリソースの要求に対し、アクセスポイントは割当てられたタイムスロットに関する情報とともにブロードキャストチャネルを介して応答する。割当てられた各タイムスロットにおいて、例えばドイツ語文献としては、非特許文献 2 に示されているように、モバイル端末がチャネルを推定できるようにするパイロットが送信される。GSM とは対照的に、タイムスロットの継続時間ならびに伝達速度はあらかじめ定義されないため、パラメータに関する情報は各タイムスロットの開始時に送信される。UMTS においてユーザは、送信に使用するタイムスロット、搬送周波数および符号によって特徴付けられた互いに異なるチャネルを割当てられる。GSM および H I P E R L A N / 2 と同様に送信機は、非特許文献 3 に示されている共通信号チャネルを介してリソースの割当てをユーザに通知する。ユーザに割当てられたリソースを利用して、非特許文献 4 に示されているように、チャネルを推定するためのパイロットおよび送信パラメータが送られる信号チャネルを確立する。

10

【 0 0 0 3 】

細部では異なるものの、最新の無線システムの信号方式は、規則的な 2 ステップパターンを呈する。第 1 に、リソースの割当てに関する情報が共通信号リンクを介してブロードキャストされる。次に、割当てられたチャネルを介して、信号の検出に役立つパイロットおよび送信パラメータが送信される。従来の送信方式のフレーム構造は、図 6 および図 7 に示されている。

【 0 0 0 4 】

さらに具体的に言うと、各受信機における、複数の送信アンテナおよびおそらくは複数の受信アンテナを伴うマルチキャリアシステムの信号伝達を本明細書で説明する。副搬送波  $n \in \{ 1, \dots, N \}$  に対して、送信信号のベクトル  $\mathbf{x}(n) \in \mathbb{C}^t$  とユーザ  $k \in \{ 1, \dots, K \}$  が受信する信号のベクトル

20

【 数 1 】

$$\mathbf{y}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k}$$

との関係は以下のように表わされる。

【 数 2 】

$$\mathbf{y}_k(n) = \mathbf{H}_k(n)\mathbf{x}(n) + \mathbf{n}_k(n), \quad (1.1)$$

30

ここで、

【 数 3 】

$$\mathbf{H}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k \times t}$$

は副搬送波  $n$  においてユーザ  $k$  が受信する通信路行列であり、

【 数 4 】

$$\mathbf{n}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k}$$

40

はゼロ平均円対称複素ガウス分布ランダムノイズ  $\mathbf{n}_k(n)$  を表現するものであり、 $t$  は送信要素の数、 $r_k$  はユーザ  $k$  の受信要素の数である。

【 0 0 0 5 】

送信信号  $\mathbf{x}(n)$  は以下の式で与えられる。

【 数 5 】

$$\mathbf{x}(n) = \sum_{c=1}^C v_{n_n(c)} p_{n_n(c)}^{1/2} \mathbf{s}_{n_n(c)}. \quad (1.2)$$

ここで、 $C$  は副搬送波  $n$  に割当てられた空間範囲の数であり、送信アンテナの数  $t$  以下

50

である。関数  $v_n(\cdot)$  は、副搬送波  $n$  の各空間範囲をサブチャネルのラベルのペア  $(k, l)$  にマッピングする。ここで、 $k$  は範囲が割当てられたユーザであり、 $l$  は全サブチャネルの中の、副搬送波におけるそのユーザに割当てられた特定のサブチャネルを表す。各サブチャネルは、単位ノルム送信重みベクトル (unit-norm transmit weighting vector)

【数 6】

$$v_{n_n(c)} \in C^t$$

と、受信信号

10

【数 7】

$$Y_{u_n(c)}$$

をフィルタリングする単位ノルム受信重みベクトル (unit-norm receive weighting vector)

【数 8】

$$u_{n_n(c)}^H \in C^{1 \times r_n(c)}$$

とによって一意に特徴付けられるものであって、 $u_n(c)$  であり、副搬送波  $n$  における範囲  $c$  に対するユーザが割当てられる。サブチャネル  $v_n(c)$  において送信に割当てられる出力は

20

【数 9】

$$p_{n_n(c)}$$

であり、送信信号は

【数 10】

$$S_{n_n(c)}$$

である。非特許文献 5、または特許文献 1 には連続アルゴリズムが記載されており、このアルゴリズムでは、送信重みベクトルおよび受信重みベクトルを連続計算し、特定のサブチャネル  $v_n(c)$  でサブチャネル  $v_n(c' > c)$  による干渉が発生しないようにする。サブチャネル  $v_n(c' < c)$  によって生じる干渉は、信号

30

【数 11】

$$S_{\pi_n(c)}$$

を符号化するとき、インデックス  $c$  により規定される順番に信号を符号化し、既に符号化された信号により生じる干渉の内容を考慮することによって、回避することができる。

40

【0006】

ここで述べる送信方式において各ユーザは、システムのリソースを構成する、利用できる空間および周波数範囲の一部を受信する。このリソースの分配は送信機が行い、ユーザに知らせる必要がある。現在の信号による伝達方法に必須の要件は、最初にリソース割当てに関する情報をブロードキャストし、次に各サブチャネルでパイロットおよび送信パラメータを送信することである。しかし、この標準的な信号による伝達方法を直接利用することにより非常に効率が悪くなるシステムには、いくつか重要な特徴がある。

【0007】

このような従来システムに特有の欠点の 1 つは、副搬送波の数 (例えば、 $N = 1024$ ) および送信アンテナの数 (例えば、 $t = 4$ ) が多いシステムになってしまうことである。したがって、ユーザにリソース割当ての結果を知らせるため、大量の情報をブロード

50

キャストチャンネル内で送信する必要がある。さらに、時間、周波数または符号の範囲をある種の数値的な識別子により明確に特定できる標準的なシステムとは異なり、システムにおける空間範囲は、割当てられた空間周波数のサブチャンネルを特徴付ける送信重みベクトル  $v_n(c)$  および副搬送波  $n$  と、対応する受信重みベクトル  $u_n(c)$  とのブロードキャストを必要とする。これにより、従来のシステムと比べて必要な信号伝達量が増加する。さらに、標準的なシステムとは異なり、リソースの割当てがチャンネルの状態に強く依存し、結果的に、無線チャンネルに極めて大きな変化をもたらす。この結果、受信機を最新の状態に保つために、信号のブロードキャストチャンネルの極めて広い帯域幅が必要となる。

【0008】

さらに、通信チャンネルを介したデータ送信の際にデータに混入する干渉を除外できるようにするために、例えば、非特許文献6に記載されている Tomlinson-Harashima 復号化にデータ送信のわずかな改良が見られる。これはデータ送信をわずかに改良でき、したがって、信号のブロードキャストチャンネルに必要な帯域幅をわずかに低減することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際特許出願 PCT/EP 2004/012571

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】B. Walke, 「Mobilfunknetze und ihre Protokolle 1」(Teubner, 2001)

【非特許文献2】B. Walke, 「Mobilfunknetze und ihre Protokolle 2」(Teubner, 2001)

【非特許文献3】3GPP規格 TR25.331.無線リソース制御(RRC) プロトコル仕様 V6.4.0 リリース6 (2004)

【非特許文献4】B. Walkeによる「Mobilfunknetze und ihre Protokolle 1」(Teubner, 2001)

【非特許文献5】ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg に掲載された、P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, J. A. Nossek による「A Novel Decomposition Technique for International Multiuser MIMO」(2005年4月)

【非特許文献6】G. Ginis, J. Cioffi, 「A Multi-user Precoding Scheme achieving Crosstalk Cancellation with Application to DSL Systems」, Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp. 1627 - 1631 (2000年10月)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

したがって、本発明の目的は、送信機と1つ以上の受信機との間の通信リンクにおける副搬送波の割当てに関する情報のやり取りについての改良された可能性を提供することである。この改良は特に、必要な帯域幅を小さくすることに関し、さらに送信機と受信機との間のデータ送信のための副搬送波の割当てに関する情報を信号により伝達するためのデータのオーバーヘッドを小さくすることに関する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この目的は、請求項1に係る信号伝達装置、請求項7に係る決定装置、請求項6に係る信号伝達方法、および請求項10に係る決定方法によって達成できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 3 】

本発明は、送信機と第 1 の受信機との間の第 1 の通信リンクを通信チャネルの第 1 のサブチャネルに割り当てることに関する情報を信号により伝達し、送信機と第 2 の受信機との間の第 2 の通信リンクを通信チャネルの第 2 のサブチャネルに割り当てることに関する情報を信号により伝達する装置を提供する。ここで、前記第 1 および第 2 のサブチャネルは互いに異なる。この装置は、第 1 のユーザ識別子を第 1 のサブチャネルを介して送信し、第 2 のユーザ識別子を第 2 のサブチャネルを介して送信するサブチャネル割当信号発生器を備えている。ここで、前記第 1 および第 2 のユーザ識別子は互いに異なる。このとき、第 1 のユーザ識別子は第 1 の受信機に割り当てられ、第 2 のユーザ識別子は第 2 の受信機に割り当てられる。

10

## 【 0 0 1 4 】

本発明はさらに、送信機と第 1 の受信機との間の第 1 の通信リンクを通信チャネルの第 1 のサブチャネルに割り当てることに関する情報を信号により伝達し、送信機と第 2 の受信機との間の通信リンクを通信チャネルの第 2 のサブチャネルに割り当てることに関する情報を信号により伝達する方法を提供する。ここで、前記第 1 および第 2 のサブチャネルは互いに異なる。この方法は、第 1 のユーザ識別子を第 1 のサブチャネルを介して送信し、第 2 のユーザ識別子を第 2 のサブチャネルを介して送信することにより実行されるステップであってサブチャネルの割当てを信号により伝達するステップを含む。ここで、前記第 1 および第 2 のユーザ識別子は互いに異なる。このとき、前記第 1 のユーザ識別子が前記第 1 の受信機に割り当てられ、前記第 2 のユーザ識別子が前記第 2 の受信機に割り当てられる。

20

## 【 0 0 1 5 】

さらに本発明は、受信機に割り当てられる所定のユーザ識別子に基づいて、送信機と受信機との間の通信リンクを通信チャネルのサブチャネルに割り当てることを決定する装置を提供する。この装置は、推定したユーザ識別子を得るためにサブチャネルを介して受信したユーザ識別子を推定する推定器と、推定したユーザ識別子が所定のユーザ識別子と所定の関係にある場合は送信機と受信機との間の通信リンクをサブチャネルに割り当て、推定したユーザ識別子が所定のユーザ識別子と所定の関係にない場合は送信機と受信機との間の通信リンクをサブチャネルに割り当てない検出器とを備えている。

## 【 0 0 1 6 】

最後に本発明は、受信機に割り当てられる所定のユーザ識別子に基づいて、送信機と受信機との間の通信リンクを通信チャネルのサブチャネルに割り当てることを決定する方法を提供する。この方法は、サブチャネルを介して受信したユーザ識別子を推定し、推定したユーザ識別子を得るステップと、推定したユーザ識別子が所定のユーザ識別子と所定の関係にある場合は送信機と受信機との間の通信リンクをサブチャネルへ割り当て、推定したユーザ識別子が所定のユーザ識別子と所定の関係にない場合は送信機と受信機との間の通信リンクをサブチャネルへ割り当てないステップとを含む。

30

## 【 0 0 1 7 】

本発明は、データ送信の改良、特に、副搬送波またはサブチャネルを送信機と受信機との間の特定の通信リンクに割り当てることに関する情報を信号により伝達する点における改良が、参照テーブルを用いている従来の手法を省略することにより達成できるという見地に基づいている。もっと正確に言えば、サブチャネルを送信機と受信機との間の通信リンクに割り当てることにより、受信機がその受信機に割り当てられている特定のユーザ識別子に関する情報を取得することができる。さらに、送信機もその受信機に割り当てられているユーザ識別子に関する情報を有している。このとき、送信機がある特定のサブチャネルを使用して送信機と前記受信機との間の通信リンクを確立する場合に送信機は、送信機から前記受信機へデータを送信するために使用するサブチャネルを介して、この所定のユーザ識別子を送信する。これに対する応答として、受信機は全サブチャネルを受信し、そのデータ、詳細にはサブチャネルを介して送信されたユーザ識別子を、受信機内に保存されているものであってその受信機に割り当てられている所定のユーザ識別子と比較する。このとき、受信機がサブチャネルを介して送信されたユーザ識別子を受信した場合、および/また

40

50

は推定する場合に、受信したユーザ識別子を保存されているものであって所定のユーザ識別子と比較し、そのサブチャネルを介して受信したユーザ識別子が、その受信機のための所定のユーザ識別子と所定の関係にあることを決定した場合、例えば、受信したユーザ識別子が保存されているものであって所定のユーザ識別子と等しい場合に、受信機はそれぞれのサブチャネルが送信機とその受信機との間の通信リンクに割当てられていることを認識する。逆に受信機が、サブチャネルを介して受信したユーザ識別子が所定のユーザ識別子とその所定の関係にないことを検出した場合は、サブチャネルが送信機とその受信機との間の通信リンクのためにあるその受信機に割当てられていないことを認識する。したがって、受信機がデータを受信できるサブチャネルを受信機に通知することができる。

【0018】

10

本発明の手法は、受信機へのサブチャネルの割当てに関する情報を各サブチャネルを通して信号により直接伝達するために、完全な参照テーブルの送信を必要としないという利点を提供する。したがって本発明の手法は、大きくないオーバーヘッド（受信機への副搬送波またはサブチャネルの割当てに関する参照テーブルを含む）が必要になるだけであるため、改良されたデータ送信の利点を提供する。したがって、今までその参照テーブルを送信するのに使用していた帯域幅または送信容量は、今ではペイロードデータの送信に使用することができ、この結果このような通信システムにおいて利用できるペイロード伝送速度を増加できる。本発明の手法の利点は、多くの副搬送波を有する通信システム、および/または、例えば（モバイル）無線チャネルまたはMIMO（マルチ入力マルチ出力）チャネルのような高速に変化する通信チャネルを使用する通信システムにおいて特に明らかである。

20

【0019】

詳細に述べると、本発明は米国特許出願公開第2004/0179627号に記載されている2つの信号伝達ステップを一つにすること、すなわち互いに直交するユーザ特有のパイロットシーケンスを送信することにより、チャネル推定のための一般的なパイロットの送信と、それぞれの範囲についてのユーザ特有のリファレンスの送信とを単一のステップにまとめることを提案する。少数のユーザに対しては、ここで提案する手法は信号による伝達を大幅に短縮できる。

【0020】

30

特に、特定のユーザは推定するためにユーザ自身のパイロットシーケンスを利用し、送信機は各範囲を通して、その範囲が割当てられているユーザに対応するパイロットシーケンスを送信する。パイロットシーケンスが直交するように選ばれている場合に、ユーザは、受信信号とユーザの所定のパイロットシーケンスとの相関を取ることで、ユーザに割当てられた範囲だけを推定できる。同じ副搬送波を介して複数の範囲を推定するために、ユーザには、受信アンテナの数および送信要素の数のうちいずれか小さい方と同数のパイロットシーケンスを与える必要がある。受信信号と送信されていないパイロットシーケンスとの相関を取ることで得られる推定は、極めて質の悪いチャネルを生成する結果となり、そのチャネルを介した場合は認識不可能な信号しか受信できないことになる。受信機は、後続の段階においてこれらの不正確な推定を破棄することができる。

【0021】

40

本発明の好ましい実施形態を、添付の図面を参照しながら説明する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A】本発明に係る信号伝達のための装置の実施形態のブロック図である。

【図1B】本発明に係る決定のための装置の実施形態のブロック図である。

【図2】本発明に係る方法を説明するために用いるMIMOシステムの概略図である。

【図3】送信機と受信機との間の通信リンクの概略図である。

【図4A】本発明に係る方法の1つの実施形態のフローチャートである。

【図4B】本発明に係る方法の1つの好ましい実施形態のフローチャートである。

【図5A】本発明に係る実施形態を用いるときに発生する、フレーム構造の概略図である

50

。

【図5B】本発明に係る好ましい実施形態を用いるときに発生する、フレーム構造の概略図である。

【図6】従来の信号伝達の手法を用いるときに考えられるフレーム構造の概略図である。

【図7】従来の信号伝達の手法を用いるときに考えられる別のフレーム構造の概略図である。

【0023】

以後の説明においては、同一または類似の要素を同一または類似の参照符号で示し、これらの参照符号を繰返し説明することを省略する。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1Aは、送信機100と第1の受信機102との間の第1の通信リンク、および送信機100と第2の受信機104との間の第2の通信リンクの割当てに関する情報を信号により伝達するものであって本発明に係る装置の実施形態のブロック図である。送信機100は、第1のユーザ識別子 $u_{i1}$ を第1のサブチャネル $H_1$ を介して送信し、第2のユーザ識別子 $u_{i2}$ を第2のサブチャネル $H_2$ を介して送信するサブチャネル割当信号発生器106を備えている。第1のサブチャネル $H_1$ および第2のサブチャネル $H_2$ は通信チャネルのサブチャネルであるが、第1および第2のサブチャネルは互いに異なる。さらに、このようなシステム設計において、第1の受信機102は第1のサブチャネル $H_1$ および第2のサブチャネル $H_2$ の両方を受信するが、第2の受信機104も、第1のサブチャネル $H_1$ および第2のサブチャネル $H_2$ の両方を受信する。受信機が送信機100からのデータを受信できるサブチャネルを決定するため、受信機102および104のそれぞれは、受信機自身に割当てられているユーザ識別子に関する情報を有する。言い換えると、第1の受信機102は第1のユーザ識別子 $u_{i1}$ に関する情報を有するのに対し、第2の受信機104は第2のユーザ識別子 $u_{i2}$ に関する情報を有する。同様に送信機100、特にサブチャネル割当信号発生器106は、第1および第2のユーザ識別子のうちどちらのユーザ識別子がそれぞれの受信機に割当てられているかに関する情報を有し、第1のサブチャネル $H_1$ を介して第1のユーザ識別子 $u_{i1}$ を送信することにより、第1の受信機102に対して、この第1のサブチャネル $H_1$ を介して送信したデータを第1の受信機102が受信するようになっていることを正確に通知する。同様に、第2の受信機104が第2のサブチャネル $H_2$ を介して第2のユーザ識別子 $u_{i2}$ を受信した場合、第2の受信機は、第2のサブチャネル $H_2$ を介して送信されたデータを第2の受信機104が受信するようになっていることを認識する。さらに第1の受信機102は、第2のサブチャネル $H_2$ を介して送信されたデータを第1の受信機102が受信しないことになっていることを認識している。同様に、第2の受信機104は、第1のサブチャネル $H_1$ を介して送信されたデータを第2の受信機104が受信しないことになっていることを認識している。サブチャネルを介して受信機に送信されたデータの取得または破棄を区別する実現性は、サブチャネルのそれぞれを介して（例えば、通信リンクを確立する時間において）送信されたユーザ識別子の特定に基づいている。このように、それぞれの受信機にサブチャネルの割当てに関する情報を信号により伝達することは、（受信機に対するサブチャネルの割当てが含まれている）参照テーブルの送信を回避できるという利点を提供する。したがって、受信機にサブチャネルの割当てに関する情報を信号により伝達することは、最新技術よりも効率的かつ高速に実現でき、したがって、ユーザに対してペイロードデータを送信するためのデータ伝送速度を増加できる。

【0025】

図1Bは、受信機102内に配置されているものであって決定するための本発明に係る装置150の実施形態のブロック図である。説明を簡潔にするために、決定装置150の実施形態は、図1Bの受信機が1つのチャネルだけ、例えば第1のサブチャネル $H_1$ だけを管理する場合を除いて、図1Aに示されている第1の受信機102について説明する。決定装置150は、推定器152および検出器154を備えている。推定器152は、サ

10

20

30

40

50

ブチャンネルを介してユーザ識別子  $u_i$  を受信し推定する。例えば、第 1 のサブチャンネル  $H_1$  を介して受信機 102 に送信される第 1 のユーザ識別子  $u_{i1}$  を受信し推定する。推定器はさらに、例えば様々なユーザ識別子のうちどのユーザ識別子  $u_i$  が実際に送信されたか（すなわち、第 1 のユーザ識別子  $u_{i1}$  または第 2 のユーザ識別子  $u_{i2}$  が送信されたかどうか）を推定する。これは、例えばサブチャンネルを介して送信されたユーザ識別子が、フェージングまたは混合ノイズなどのチャンネル障害により歪みを生じる場合に有効である。このとき推定器は、ユーザ識別子を送信機により送信することを決定する要素と同じように動作する。

#### 【0026】

さらに推定器は、それぞれのサブチャンネルを介して送信されるものであって、「プレコーディングされた」ユーザ識別子を復号化し、ユーザ識別子のプレコーディングは、図 1A に示されているとおり、送信機または送信機 100 内のサブチャンネル割当信号発生器によって行われる。このプレコーディングは、チャンネルを介してデータを送信するときに生じるチャンネル障害の影響をなくするために、例えば、送信機内で行うことができる。したがって、推定器 152 は、例えば所定のユーザ識別子の集合から、あるユーザ識別子であって推定されるユーザ識別子  $e_{ui}$  を提供する。次に、推定されたユーザ識別子  $e_{ui}$  は、それぞれの受信機に割当てられたユーザ識別子に関する情報を有する検出器 154 に提供される。図 1B に示される例においては、検出器 154 は第 1 の受信機 102 に割当てられた第 1 のユーザ識別子  $u_{i1}$  に関する情報を有する。推定したユーザ識別子  $e_{ui}$  が所定のユーザ識別子と所定の関係にある場合、例えば、推定したユーザ識別子  $e_{ui}$  が所定のユーザ識別子  $u_{i1}$  に等しい場合に、検出器は、それぞれのユーザ識別子  $u_i$  を受信したサブチャンネルがデータ送信のために割当てられていることを表す割当信号  $AS$  を出力する。図 1B に示される例については、検出器 154 は、推定されたユーザ識別子  $e_{ui}$  が所定のユーザ識別子に等しい場合に、第 1 のサブチャンネル  $H_1$  が送信機と第 1 の受信機 102 との間の通信に割当てられていることを示す割当信号  $AS$  を出力し、この場合所定のユーザ識別子は第 1 のユーザ識別子  $u_{i1}$  に等しい。これに対し、検出器 154 が、推定したユーザ識別子  $e_{ui}$  が第 1 のユーザ識別子  $u_{i1}$  に等しくないと判断した場合は、検出器 154 は、第 1 のサブチャンネル  $H_1$  が送信機から第 1 の受信機 102 へのデータ送信のために第 1 の受信機 102 に割当てられていないことを示す割当信号  $AS$  を出力する。

#### 【0027】

図 2 は、本発明で考えられるシステムの例を示している。このようなマルチポイント環境において中央ユニット 100 は、複数の端末装置 102、104（ユーザ）と通信する。無線システムにおいては、これら端末装置 102、104 は一般に、ランダムアクセスチャンネル  $H(n)$  を介して中央ユニット 100 にメッセージを送ることにより、ネットワーク内に登録される。中央ユニット 100 はこのメッセージを確認し、ユーザ 102、104 に対し、そのユーザが疑わしいものでないことを示し、更なる信号による伝達の手順において利用する数値識別子を割当てる。例えば、共通ブロードキャストチャンネルを介して特定のユーザ 102、104 に向けて情報を送信する場合である。

#### 【0028】

このようなシステムにおける物理チャンネル  $H(n)$  は、中央ユニット 100 と各ユーザ 102、104 との間のチャンネルに対応する行列の集合  $H_1(n), \dots, H_n(n)$  によってモデル化でき、送信信号と受信信号との関係は式 1.1 で表わすことができる（上述のとおり）。いずれかの手段によって、基地局 100 はそれぞれの副搬送波上の各ユーザの通信路行列  $H_1(n), \dots, H_n(n)$  の完全な情報を得ることができる。この情報を用いて、中央ユニット 100 は式 1.2 に示されている方法で送信信号を構成し、P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch および J. A. Nossek による、ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas、Duisburg に掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」（2005 年 4 月）、または国際特許出願 PCT/EP 2004/012571 に記載されているような連続符号化方

10

20

30

40

50

法および連続割当て方法を伴う協調的なゼロフォーシング (zero-forcing) を用いて、割当てられた空間範囲を特徴付ける送信重みベクトルおよび受信重みベクトルを計算する。このアルゴリズムの適用により得られるものであって効果的に分離された範囲を介して、ある出力およびビットローディングを、ある対象の基準にしたがって実行できる。以下において、割当てられたサブチャネルを介して送信される信号の正しい検出を実行するのに必要な全情報をユーザに提供するための信号による伝達の概念について説明する。

【0029】

信号伝達手順の第1のステップは、ダウンリンクにおいて、プレコーディングされた全てのチャネルを介してパイロットシーケンスを同時送信することからなる(図3を参照)。任意の副搬送波  $n$  に関して、ユーザ  $k$  が受信するプレコーディング行列は、以下のように与えられる。

10

【数12】

$$\mathbf{M}_k(n) = \mathbf{H}_k(n)\mathbf{V}(n)\mathbf{P}(n)^{1/2}$$

ここで、

【数13】

$$\mathbf{V}(n) = [\mathbf{v}_{n_n(1)} \dots \mathbf{v}_{n_n(c)}]$$

20

であり、 $\mathbf{P}(n)$   $C^C \times C^C$  は、主対角に要素

【数14】

$$P_{n_n(c)}$$

を有する対角行列である。パイロットシーケンス

【数15】

$$q_c^T, 1 \leq c \leq C$$

が  $\mathbf{P}(n)$  および  $\mathbf{V}(n)$  により作られた送信チェーンを介して送信された場合、副搬送波  $n$  を介して任意のユーザ  $k$  が受信する信号は、以下のように表される。

30

【数16】

$$\mathbf{Y}_k(n) = \mathbf{M}_k(n)\mathbf{Q} + \mathbf{N}_k(n), \quad (1.3)$$

ここで、 $\mathbf{Q} = [q_1 \dots q_c]^T$   $C^C \times B$  は、長さ  $B$  のパイロットシーケンスの行列である。なお、この行列は全ての副搬送波について同一であってもよく、パイロットシーケンスの最大数は送信要素の数  $t$  に等しい。したがってこれらパイロットシーケンスは、全ての受信端末装置が認識するシステム所定のパラメータであってもよい。認識したこの情報を用いていずれの受信機も、プレコーディング行列  $\mathbf{M}_k(n)$  の列を推定できる。言うまでもなく、パイロットシーケンスが長くなれば、推定はさらに正確になる。パイロットシーケンスの幾何的特性は推定の質に影響を与える。これに関しては、最尤推定の場合におけるノイズの増加を避けるために、パイロットシーケンスとして互いに直交するベクトルを選択することが特に重要である。

40

【0030】

一例 ( $\mathbf{M}_k(n)$  の最尤推定) として、受信行列

【数17】

$$\mathbf{Y}_k(n) = [\mathbf{y}_k^1(n) \dots \mathbf{y}_k^B(n)]$$

の列を並べて式 1.3 を書き直すと、以下のように1つの列ベクトル

50

【数 1 8】

$$\tilde{\mathbf{y}}_k$$

を形成することができる。

【数 1 9】

$$\underbrace{\begin{bmatrix} y_k^1(n) \\ \vdots \\ y_k^B(n) \end{bmatrix}}_{\tilde{\mathbf{y}}_k} = \underbrace{\left( \mathbf{Q}^T \otimes \mathbf{I}_{r_k} \right)}_{\tilde{\mathbf{Q}}_k} \begin{bmatrix} m_k^1(n) \\ \vdots \\ m_k^C(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_k^1(n) \\ \vdots \\ n_k^B(n) \end{bmatrix}, \quad (1.4)$$

10

ここで、

【数 2 0】

$$m_k^c(n)$$

および

【数 2 1】

$$n_k^c(n)$$

20

は、それぞれ行列  $M_k(n)$  および  $N_k(n)$  の第  $c$  列を表し、

【数 2 2】

$$\mathbf{I}_{r_k}$$

は  $r_k \times r_k$  サイズの単位行列であり、

【数 2 3】

⊗

30

はクロネッカー積である。

【0 0 3 1】

分散  $\sigma^2$  を有する相関のないノイズを仮定すると、プレコーディングされたチャネルの係数の最尤推定は以下のように得られる。

【数 2 4】

$$\begin{bmatrix} \hat{m}_k^1(n) \\ \vdots \\ \hat{m}_k^C(n) \end{bmatrix} = \left( \tilde{\mathbf{Q}}_k^H \tilde{\mathbf{Q}}_k \right)^{-1} \tilde{\mathbf{Q}}_k^H \tilde{\mathbf{y}}_k,$$

40

さらに、推定誤りの共分散行列は

【数 2 5】

$$\sigma^2 \left( \tilde{\mathbf{Q}}_k^H \tilde{\mathbf{Q}}_k \right)^{-1}$$

によって与えられる。なお、パイロットシーケンスが直交となるように選択されている場合は、推定誤りは相関がなく、全てのチャネル係数に対して等しい分散を有する。

【0 0 3 2】

受信機  $k$  に対し行列  $M_k(n)$  の各列は、受信機が中央ユニットにより割当てられてい

50

る空間範囲を表わしている。列

【数 2 6】

$$m_k^c(n) = H_k(n) v_{n_n(c)} \sqrt{P_{n_n(c)}}$$

がユーザ  $k$  に割当てられている、すなわち  $u_n(c) = k$  と仮定する。P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch および J. A. Nossek による、2005 年 4 月の ITG / IEEE Workshop on smart Antennas, Duisburg に掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願 PCT / EP 2004 / 012571 に記載されているとおり、

10

【数 2 7】

$$v_{n_n(c)}$$

は特定の部分空間における

【数 2 8】

$$H_{u_n(c)}(n)$$

の右特異ベクトル (right singular vector) であり、受信重みベクトル

【数 2 9】

20

$$u_{n_n(c)}^H$$

は対応する左特異ベクトル (left singular vector) となるように選択される。したがって、以下の式が成立する。

【数 3 0】

$$m_k^c(n) = \lambda_{n_n(c)} u_{n_n(c)} \sqrt{P_{n_n(c)}}$$

ここで、

【数 3 1】

30

$$\lambda_{n_n(c)}$$

はサブチャネル  $n_n(c)$  の増幅率 (gain) である。したがって、ユーザ  $k$  は、列

【数 3 2】

$$m_k^c(n)$$

を正規化し、得られた単位ノルムベクトルの共役転置を取ることにより、割当てられた範囲  $c$  に対する受信重みベクトルを得ることができる。しかし、この時点では、ユーザはそれぞれのプレコーディングされたチャネルのどの列が割当てられているかを認識していない。

40

【0033】

割当てられた範囲をユーザに知らせるために、信号による伝達の手順の第 2 のステップにおいて、各サブチャネルを介して、そのサブチャネルが割当てられているユーザに対応するユーザ識別子が送信される。

【0034】

説明の導入部分で述べたとおり、サブチャネル  $n_n(c' > c)$  がサブチャネル  $n_n(c)$  に干渉を起こさないのに対して、サブチャネル  $n_n(c' < c)$  は干渉を起こす。したがって、連続符号化を用い、各ステップにおいて既に符号化されたユーザにより発生する干渉の情報を考慮に入れてユーザ識別子を送信することにより、干渉のない送信を

50

実現する必要がある。

【 0 0 3 5 】

ユーザ識別子の送信中に受信機は、全ての空間範囲を介して、すなわちプレコーディング通信路行列  $M_k(n)$  の全ての列を介して、送信された信号の検出を試みる必要がある。これを達成するために、受信重みフィルタを計算し、受信信号に適用しなければならない。副搬送波  $n$  上で、サブチャネル  $n(c)$  だけがユーザ  $k$  に割当てられていると仮定する。副搬送波  $n$  上で受信した信号を

【 数 3 3 】

$$m_k^{c,H}(n) / \|m_k^{c,H}(n)\|$$

10

でフィルタリングすることにより、ユーザ  $k$  がユーザ自身の識別子を検出する必要がある。ところが、受信した信号を別のベクトル

【 数 3 4 】

$$m_k^{c',H}(n) / \|m_k^{c',H}(n)\|$$

を用いてフィルタリングすると、ユーザ自身の識別子とは明らかに異なる値が検出される。なお、検出のためにユーザは、ユーザ識別子を送信するために使用された一連の信号を知る必要がある。これは、所定のシステムパラメータでなければならない。

20

【 0 0 3 6 】

別の例（ユーザ識別子の送信および検出）では、2人のユーザを有するシステム、すなわち  $K = 2$ 、 $r_1 = r_2 = 2$  および  $t = 2$  であるシステムを考える。副搬送波  $n$  においては、以下のように表される。

【 数 3 5 】

$$\mathbf{H}_1(n) = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_2(n) = \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

30

これらのチャネルの情報を使用して、中央ユニットは、P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch および J. A. Nossek による、2005年4月の ITG / IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg に掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願 PCT/EP2004/012571 に記載されている CZF-SESA M アルゴリズムを実行し、以下のような。

【 数 3 6 】

$$\pi_n(1) = (2, 1)$$

$$\pi_n(2) = (1, 1)$$

$$v_{\pi_n}(1) = [1 \ 0]^T$$

$$v_{\pi_n}(2) = [0 \ 1]^T$$

40

【 0 0 3 7 】

中央ユニットは、

## 【数 37】

$$P_{n_n(1)} = P_{n_n(2)} = 1$$

となるように出力を割当てると仮定すると、結果として得られるプレコーディング通信路行列は  $M_1(n) = H_1(n)$  および  $M_2(n) = H_2(n)$  となり、これはパイロットシーケンスを利用して受信機により推定できる。1 をユーザ 1 の識別子とし、-1 をユーザ 2 の識別子とする。サブチャネル  $n(1)$  を介して -1 が送信される。特定の符号化を適用し、サブチャネル  $n(2)$  のユーザ 1 が受ける干渉を取り除くことにより、このサブチャネル  $n(2)$  を介して 1 が送信される。これを実行する方法は、2000 年 10 月に発行された、Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers、pp. 1627 - 1631、G. Ginis および J. Cioffi による「A Multi-user Precoding Scheme achieving Crosstalk Cancellation with Application to DSL Systems」に記載されている Tomlinson-Harashima プレコーディングである。この方法は最初に、送信されたシンボルから、チャネルを介して送信されたときの信号に加わる干渉を差し引き、次に、送信出力を抑えるために、送信機におけるモジュロ演算により得られる値にモジュロ演算を実行する。この例では、ユーザ 1 に割当てられたサブチャネル上のユーザ 2 の識別子によって発生する干渉は以下の式で与えられる。

10

## 【数 38】

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \end{bmatrix} \cdot -1 = -7 / \sqrt{2}.$$

20

## 【0038】

ユーザ 1 の識別子からの干渉を差し引き、サブチャネル  $n(2)$  の増幅率を考慮に入れると、以下の式が得られる。

## 【数 39】

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{-7}{\sqrt{2}} = 9/2.$$

30

## 【0039】

なお、この値がサブチャネル  $n(2)$  を介して送信される場合、サブチャネル  $n(1)$  からの干渉は受信機で消される。不都合なのは、この値が 1 よりはるかに大きく、送信機における可能な限りの出力の制限を超える場合があるということである。送信出力を制限するために、区間  $[-2, 2]$  に基づいてモジュロ演算を適用できる。その結果、サブチャネル  $n(2)$  を介して送信される値  $1/2$  が得られる。

## 【0040】

ノイズを無視すると、第 1 の範囲を介してユーザ 1 は以下の信号を受信する。

40

## 【数 40】

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 3 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -\frac{43}{10},$$

この信号値をチャネル増幅率  $= 5$  で割ると  $-0.86$  が得られる。この値はモジュロ区間内にあり、-1 として検出される。このようにしてユーザ 1 は、この範囲が割当てられていないことを認識する。

## 【0041】

50

第 2 の範囲を介して、ユーザ 1 は以下の信号を受信する。

【数 4 1】

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [1 \ 1] \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -3\sqrt{2}.$$

【0 0 4 2】

この値をチャンネル増幅率

【数 4 2】

$$\lambda = \sqrt{2}$$

10

で割り、区間  $[-2, 2]$  にわたってモジュロ演算を適用すると値 1 が得られ、これはユーザ 1 にこの範囲が割当てられていることを示す。

【0 0 4 3】

第 1 の範囲を介して、ユーザ 2 は以下の信号を受信する。

【数 4 3】

$$[1 \ 0] \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -6,$$

20

この信号値をチャンネル増幅率  $= 6$  で割ると  $-1$  が得られ、ユーザ 2 がこのサブチャンネルを介して信号を受信することを示している。

【0 0 4 4】

最後に、第 2 の範囲を介して、ユーザ 2 は以下の信号を受信する。

【数 4 4】

$$[1 \ 0] \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = 1/2,$$

30

この信号は 1 として検出され、受信機がこの範囲を無視すべきであることを示している。

【0 0 4 5】

このような例においては、偶発的に、ユーザが割当てられていない範囲にユーザ自身の識別子を検出することがある。実際には、これが発生する確率は、BPSK より大きいレベルの一連の信号、および、例えば QPSK、8-QAM、16-QAM 等の符合化手法を用いることにより適宜小さくすることができる。

【0 0 4 6】

各ユーザはユーザ自身の識別子を認識しているため、受信機はこの認識情報を利用して、受信重みベクトルの推定を改良できる。

40

【0 0 4 7】

信号による伝達手順の第 3 の段階では、任意の特定のサブチャンネルを介して、一連の信号またはビットローディングに関する情報が送信される。第 2 の段階と同様にこの情報は、ユーザにより認識されている所定のシステムのパラメータを用いて送信する必要がある。このステップの後、ユーザは検出に必要な全パラメータを認識し、データ送信を開始できる。

【0 0 4 8】

図 4 A には、本発明の実施形態による本提案の手順の可能な信号伝達の手順が示されて

50

いる。ここで、第1のステップ402では、基地局がプレコーディング行列およびローディング方法を計算する。次の第2のステップ404では、基地局BSはプレコーディング行列を介してパイロットを送信し、移動局MSがプレコーディングチャネルを推定する。次に第3のステップ406では基地局BSが、基地局とユーザとの間の通信リンクに割当てられているサブチャネルの各ユーザにユーザ識別子を送信する。次に第4ステップ408で基地局BSは、各サブチャネルを介して送信されるデータ量を信号化するビットローディング方法をユーザMSに送信する。最後の第5ステップ410では、サブチャネルを介するペイロードデータの送信を開始する。

#### 【0049】

図4Bに関して信号伝達の手順は、図4Aの実施形態による信号伝達の手順に似ているが、ステップ404と406が結合されているという点で異なる。これは、例えばユーザ識別子およびチャネル推定に対してパイロットシーケンスを使用し、信号伝達のオーバーヘッドを低減することによって実現できる。しかし、特定の信号伝達の結果を得るには、それぞれ異なるサブチャネルを介するパイロットシーケンスが互いに直交している必要がある。

10

#### 【0050】

図5はダウンリンクの場合に得られるフレーム構造の例を示している。第1の時間間隔502では、図4のステップ404に示されているように、パイロット信号が送信される。次に、第2の時間間隔504では、ユーザ識別子UIDが(図4のステップ406で示されているように)送信される。次に、第3の時間間隔506では、図4のステップ408に示されているように、ビットローディングBLが実行される。最後に、第4の時間間隔508では、図4のステップ410にしたがって、ペイロードデータが送信される。なお一般的には、パイロットは連続符号化を実行することなく送信される。ただし、連続符号化が、識別子、ビットローディングパラメータおよびデータの送信に必要となる場合もある。

20

#### 【0051】

図4Bによる信号伝達の方法を使用する場合、図5Bに示されているように一連のユーザ識別子およびパイロットの組み合わせができる。この方式は、別々になっている信号伝達とは異なり、もはやユーザ識別子およびチャネル推定という2つのステップがなく、ユーザ識別子およびチャネル推定を一体で実行する1つのステップのみとなる。

30

#### 【0052】

ユーザが少数の場合には、提案した手順を変更して、第1および第2のステップを単一のステップに結合でき、これにより信号伝達の手順を短縮できる。これは、チャネル推定に使用するパイロットシーケンスの異なる集合を各ユーザに割当てることで達成できる。特定のユーザは、推定のためにユーザ自身のパイロットシーケンスを利用し、送信機は各範囲を介してその範囲が割当てられているユーザに対応するパイロットシーケンスを送信する。パイロットシーケンスが直交するように選択されている場合、ユーザは、受信信号とユーザの既知のパイロットシーケンスとの相関を求めることにより、ユーザに割当てられた範囲だけを推定できる。同じ副搬送波を介して複数の範囲を推定するためにユーザには、受信アンテナの数または送信要素の数のうちいずれか小さい数と同じ数のパイロットシーケンスを与える必要がある。受信信号と送信されていないパイロットシーケンスとの相関を取ることにより得られる推定は、極めて質の悪いチャネルを生成する結果となり、そのチャネルを介すると認識不可能な信号しか受信できないことになる。受信機は後続の段階においてこれらの不正確な推定を破棄することができる。この識別子とパイロット信号の結合の主な欠点は、適度な数のユーザと受信アンテナに対して、事前に多数のシーケンスを割当てる必要があり、これにより直交度を維持するためにシーケンスが極めて長くなることである。

40

#### 【0053】

しかし、短いシーケンスに対しては、むしろこの手法が適している。この手法では、パイロットシーケンスは少なくとも、ユーザに割当てられたパイロットシーケンスと同じ長

50

さである。例えば、10人のユーザが存在し、各ユーザがユーザ自身のパイロットシーケンスを割当てられている場合、各パイロットシーケンスは、直交性の基準を満たすために少なくとも10ビットの長さを有する必要がある。

【0054】

以下においては、数値的な例を用いて、CZF-SESA Mを有するマルチユーザ・マルチキャリアMIMOシステムに適用される標準的な手法に関して、本提案の信号伝達の手法の利点を説明する。

【0055】

送信アンテナ  $t = 4$ 、ユーザ  $K = 10$ 、各ユーザの受信アンテナ  $r_k = 2$ 、搬送波  $N = 1024$  であると仮定する。10人のユーザを参照するのに必要なビットの最小数は4である。さらに、ユーザ識別子が2/3のレートで符号化され、QPSKシンボルとして送信されると仮定する。すなわち、ユーザ識別子を送信するためには、3つのシンボルが必要であると仮定する。標準的な手法では、ユーザ識別子が、割当てられた全ての副搬送波および受信重みベクトルによって表わされる空間範囲を有するある参照テーブルよりも前に置かれる(図6参照)。副搬送波の参照は少なくとも10ビットを必要とし、これは、一連のQPSKによって符号化されずに送信される場合、5つのシンボルを形成する。各受信重みベクトルまたは各ビームは、一組の複素数または区間  $[-1, 1]$  内の同等な4つの実数により表わされる。この区間が16セグメントで量子化される場合、各実数は4ビットで表わされ、したがってQPSKを用いると、重みベクトルを表すには全体で8つのシンボルが必要となる。全ての空間、周波数の範囲が割当てられていると仮定すると、これら範囲全体を参照するのに必要なシンボルの総数は、 $2 \times 1024 \times (5 + 2 \times 8) = 43008$  以上となり、この場合は、全ての副搬送波が少なくとも2つの異なるユーザのテーブル内で参照されることと、所定の搬送波上の特定のユーザに割当てられるビームの最大数は2であることが考慮されている。この数に対して、ユーザを参照するのに必要なシンボルを加える必要がある。すなわち、全ユーザがある特定の範囲を占めると仮定すると、30シンボルとなる。また、参照テーブル内の全てのビーム領域の終端および各参照テーブルの終端を表わすには、いくつかの追加シンボルが必要となる。さらに各ビーム領域および各参照テーブルの終端には、これらの形式を合わせるために3つのシンボルを追加することを考慮しなければならない。全搬送波が割当てられ、全ユーザがある特定の範囲を有すると考えると、形式を合わせる必要があるシンボルの数は、 $2 \times 1024 \times 3 + 10 \times 3 = 6174$  以上となる。範囲およびユーザを参照するのに必要なシンボルおよび形式を合わせたシンボルが加えられると、全体で少なくとも49212のシンボルが得られる。これらのシンボルは、標準的な手法において共通信号リンクを介して送信する必要があるものであって情報内容の保守的な推定を構成する。共通信号リンクに対して、フレームの最初にタイムスロットが割当てられ、このリンク内で送信するのに、1024の搬送波を有するOFDM方式を用いると仮定する。共通信号リンクを介して信号伝達シンボルを送信するのに必要なOFDMシンボルの数は、

【数45】

$$\lceil 49212/1024 \rceil = 49$$

である。この数に対して、チャネル推定のためにパイロットとして使用されるOFDMシンボルがさらに4つ加えられ、標準的な信号伝達の手法による共通信号リンクを介した信号伝達のために必要な全部で53個のOFDMシンボルが得られる(図7参照)。共通信号リンクでの送信後、最初にパイロットを送信して、受信機が自身に割当てられたチャネルを推定できるようにし、最後にいくつかのシンボルを割当てて、データ送信に使用するビットロードまたは一連の信号を表す必要がある。8つのシンボルおよびビットロードを表わすための2つ以上のシンボルを有するパイロットシーケンスを考えると、標準的な信号伝達手法における全体の信号オーバーヘッドは、63個のOFDMシンボルである。共通信号リンクにおけるチャネルの推定に比べて、プレコーディングされたサブチャネルの推

定のために長いトレーニングシーケンスを取るのは、共通信号リンクにおいては副搬送波間の相関を利用して推定を改善できるが、C Z F - S E S A Mアルゴリズムから得られるプレコーディングは周波数領域におけるチャネルの相関特性を崩し、結果として推定における同一の質を達成するのにより多くのパイロットが必要となるからである。

【 0 0 5 6 】

前述の新規の信号伝達手法に戻ると、信号伝達のために必要なO F D Mシンボルの量は  $8 + 3 + 2 = 13$  に減少することが分かる。この計算に関しては、ユーザの参照およびビットロードの表示に必要なパイロットシーケンスの長さおよびシンボルの数は、標準的な手法の場合と同様に選択されると仮定した。この例ではオーバーヘッドは約  $79.4\%$  減少することがわかった。この計算例においては、標準的な手法に好都合である極めて保守的な数値を選択した。さらに、標準的な手法のオーバーヘッドは、システムにおけるユーザ数が増加するに伴って増加するが、新規の信号伝達の手法のオーバーヘッドは、全てのユーザが参照のために割当てられたシンボルで参照できる限り、ユーザ数に対して一定である。この例に関しては、最初の2つの信号伝達ステップを結合することにより、特定のユーザのパイロットシーケンスのための10個のシンボル、およびビットローディングのための2ビットが得られる。この結果、このオーバーヘッドは  $7.7\%$  に減少する。

10

【 0 0 5 7 】

ホワイトノイズのシナリオに対しては、当初C Z F - S E S A Mアルゴリズムが提案された。カラーノイズのシナリオに対する簡単な拡張は、受信機の構造内におけるノイズの白色化段階の適用を含んでいる。この種のシナリオでは、前述のダウンリンク信号伝達 20 の概念を簡単に適用できる。唯一の違いは、基地局が物理チャネルではなくシステム内のユーザの利用できるチャネルを知る必要があるということである。T D D方式では、基地局がアップリンク内で利用できるチャネルの推定ができるようにするために、任意のユーザ  $k$  が、物理チャネル  $H_k$  を介してパイロットを送信する代わりに、行列

20

【 数 4 6 】

$$H_k^T R_k^{T/2}$$

を介してパイロットを送信する必要がある。すなわち、パイロットは移動局において、対応する白色化行列の転置行列を用いてプレコーディングする必要がある。これらの利用できるチャネルを介して、基地局はC Z F - S E S A Mアルゴリズムを実行し、ダウンリンクの信号伝達が前述と同様に発生する。しかし、この段階で基地局から送信された情報を正しく検出するためには、移動局は物理チャネルの出力における信号ではなく、白色化フィルタの出力における受信信号を考慮しなければならない。

30

【 0 0 5 8 】

さらに詳細には、通信チャネルのサブチャネルの決定は、以下に説明するように実行できる。ここでは、チャネルの幾何的特性を利用する。より詳細な解析に関しては、国際特許出願P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に示されている。

【 0 0 5 9 】

国際特許出願P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に記載されている考えは、各ユーザに関連した各ユーザ信号が、互いに直交した異なる部分空間内で送信される場合に、効率的なマルチユーザ送信システムを実現できるという見地に基づいており、この場合本発明に係る通信環境において送信する各ユーザ送信機は、送信のために特定のユーザの特定の部分空間に割当てられる。

40

【 0 0 6 0 】

デジタル領域におけるユーザ信号が複数の係数を含んでいるという事実に基づき、ベクトルは、そのベクトルの係数が配列されている空間内に配置されたベクトルと見なされる。

【 0 0 6 1 】

例えば3つの係数を含んだユーザ信号は、3次元の空間内に配置されたベクトルと考え

50

ることができ、この空間は固有値または特異値に関連付けられた直交固有ベクトルにより範囲が決められている。さらに、固有ベクトルに関連する固有値は、固有ベクトルにより決定される空間方向に関連した減衰係数または増幅係数と考えることができる。

#### 【0062】

国際特許出願 PCT/EP 2004/012571 に記載されている考えによれば、ユーザ信号はある特定の共通周波数に関連付けられ、これは、信号をマルチキャリアシステムにおける副搬送波に割当てた結果として生じる。ある特定の周波数で信号を送信するために、部分空間をこの特定の周波数に関連する部分空間とすることができる。さらに、国際特許出願 PCT/EP 2004/012571 に記載されているアイデアによれば、互いに直交する別の部分空間に別の周波数に関連する別のユーザ信号をマッピングできる。さらに、例えばマルチユーザ送信において、有効帯域幅を効率的に利用できる。これは、同一の周波数帯域が、同一周波数を共有するものの異なる部分空間内で送信される複数ユーザ信号に対して使用できるためである。

10

#### 【0063】

本説明において、「部分空間」とは空間の一部を指す。前述の例を再び参照すると、3次元空間に関連付けられた部分空間は、例えば、第1および第2の方向（例えば、x、y成分）に関連付けられた固有ベクトルにより範囲が決まる平面であってもよい。しかし、部分空間は、1つの固有ベクトルにより範囲が決まることもある。この場合には、部分空間は1次元である。一般的に、ある空間に関連付けられた部分空間は、その空間よりも低い次元を有する。

20

#### 【0064】

本発明の手法は単純である。これは、公知の幾何的で線形な信号処理方法、例えば回転、射影または選択的な部分空間の処理、例えば、ある特定の部分空間に関連付けられた特定の信号成分だけの処理が実行されるためである。

#### 【0065】

国際特許出願 PCT/EP 2004/012571 に記載されているアイデアは、デジタル信号の幾何的な特性を利用して、マルチユーザ信号の処理と分離の概念を提供するものであり、異なるユーザに関連付けられた異なるユーザ信号は異なる部分空間上に射影され、全ての部分空間は他の全ての部分空間と直交している。

#### 【0066】

例えば、マルチユーザ信号を第1の受信機と、第1の受信機および基地局から空間的に離れた第2の受信機とに送信するものである本発明の概念を利用する基地局が、第1の受信機で受信する第1のユーザ信号と、第2の受信機で受信する第2のユーザ信号とを処理する。例えば、受信機における効率的なマルチユーザ分離を可能にするために、基地局を国際特許出願 PCT/EP 2004/012571 に記載されているアイデアにしたがって構成することにより、第1のユーザ信号を第1の部分空間に射影し、第2のユーザ信号を第2の部分空間に射影し、ここで第2の部分空間は第1の部分空間に直交しており、結果として得られる空間的に分離された信号を重ね合わせて、例えば第1および第2の受信機に対し複数の送信点によって同時に送信される送信信号を得ることができる。それぞれの受信機においてチャネルの影響が完全に除去できる場合第1の受信機は、第2の部分空間を削除する間に、第1の部分空間を取り込むことにより送信信号を受信したものから第1のユーザ信号を抽出することができる。同様に、第2の受信機は第2の部分空間を取得して、第2のユーザ信号を抽出し、第1のユーザ信号を含んだ第1の部分空間を削除することができる。

30

40

#### 【0067】

しかし、通信チャネルすなわち送信機と第1の受信機との間の第1の通信チャネル、および送信機と第2の受信機との間の第2の通信チャネルが互いに直交していない場合は、干渉が発生する可能性がある。この場合には、受信機はチャネルを均等化して干渉を除去し、それぞれの部分空間を取得する。

#### 【0068】

50

均等化の概念に加えて、国際特許出願 P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に記載されているアイデアはさらに、非直交チャネルを処理して、分離された各ユーザ信号を壊す干渉を防ぐ概念を提供している。このとき、ある特定の部分空間だけが選択されている。

【 0 0 6 9 】

チャネルを直交させる代わりに、すなわち第 1 および第 2 のユーザ信号に干渉を制御可能に導入し、物理的な通信チャネルを介して送信するときに発生する干渉を消す代わりに、国際特許出願 P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に記載されているアイデアは、それぞれの「チャネル部分空間」に信号を線形射影することに基づいた概念を提供している。このとき、例えば第 1 の信号は、送信機と第 1 の受信機との間にある第 1 のチャネルの係数により決定される空間の第 1 の部分空間に射影され、第 2 のユーザ信号は、送信機と第 2 の受信機との間にある第 2 のチャネルの係数により決定される空間の第 2 の部分空間に射影されている。

10

【 0 0 7 0 】

言い換えると、各チャネルを直交させる代わりに、互いに直交するある特定の 1 つの「チャネル部分空間」だけを使用してそれぞれのユーザ信号を送信する。このとき、別の「チャネル部分空間」に対して非直交である「チャネル部分空間」は、そのユーザ信号の送信から除かれる。

【 0 0 7 1 】

例えば、送信機が  $t$  個の送信点を含み、各送信点はアンテナを含んでいる。このとき、 $t$  個の係数を含んだ送信信号が  $t$  個の送信点により同時に送信される。すなわち、送信信号の各係数は異なる送信点により送信される。 $t$  が 1 より大きい場合に結果として得られるチャネルは、各送信点に関連するそれぞれの経路により決定される。したがって、チャネル係数は、複数の列および例えば  $t$  個の行、または複数の行および例えば  $t$  個の列を含んだ行列を形成するように配置される。

20

【 0 0 7 2 】

互いに直交する部分空間内の第 1 のユーザ信号および第 2 のユーザ信号を送信することにより、それぞれの受信機における本発明に係るユーザ分離を可能にするため、および通信チャネルの非直交性に起因する干渉を低減するために、第 1 のユーザ信号が射影される第 1 の部分空間は、第 1 の通信路行列の係数が配置される空間のある部分空間である。さらに、国際特許出願 P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に記載されているアイデアによれば、第 2 の部分空間は、第 2 の通信路行列の係数が配置される空間のある特定の部分空間である。さらに詳細には第 2 の部分空間は、第 2 の部分空間が第 1 の部分空間に直交するように第 2 の通信路行列の係数が配置されている空間から選択される。それぞれのチャネルに応じて異なるユーザ信号が直交部分空間に射影されるため、送信信号が非直交チャネルを介して送信される場合でも、干渉は完全になくなるか、または少なくとも減少する。

30

【 0 0 7 3 】

国際特許出願 P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 2 5 7 1 に記載されているアイデアはさらに、例えばサービス品質、ビット誤り率、遅延等のある特定の送信要件に応じて、それぞれのユーザに通信リソースを空間的およびユーザによる選択に応じて割り当てる可能性を提供する。再び 2 つのユーザ信号を有する例を参照すると、第 1 のユーザ信号は第 2 のユーザ信号より広い帯域幅を必要とする。この場合、第 1 の部分空間は、第 2 のユーザ信号の送信に使用される第 2 の部分補空間よりも大きい範囲を有するように選択される。例えば、部分空間の割り当ては、後続の複数のステップで実行される。第 1 のステップでは、減衰を低減するため、または一般的に第 1 のユーザ信号の送信に関連した送信要件を満たすため、データ転送速度を増加するために十分大きい範囲を持つ部分空間または大きい固有値に関連する固有ベクトルにより張られる部分空間が選択される。第 1 および第 2 の通信チャネルが互いに非直交である可能性があるため、第 1 の部分空間は、第 2 のチャネルの係数が配置されている空間と重複する成分を有することがある。したがって、第 2 の部分空間は、第 2 のチャネルの係数が配置されている結果として得られる補空間から選択でき、補

40

50

空間は、第2のチャンネルの係数が配置されている空間から第1の部分空間の重複する成分を除いた結果として得られる。

【0074】

国際特許出願PCT/EP2004/012571に記載されているアイデアはさらに、例えば最小チャンネル減衰、送信遅延、ユーザ優先度、ビットレート、ビット誤り率等のある特定の送信要件に応じて、それぞれのユーザに通信リソースを空間的かつユーザの選択に応じて割当てする可能性を提供する。

【0075】

2つのユーザ信号に関する前述の説明を参照すると、第1および第2の部分空間の成分、すなわち第1の部分空間全体にわたる固有ベクトルおよび第2の部分空間全体にわたる固有ベクトルが、後続の反復ステップの間に連続的に決定される。言い換えると、前述の本発明の概念である部分空間を連続的に決定する代わりに、例えば、例として第1または第2の部分空間のいずれかの固有ベクトルを決定してもよい。したがって、選択される固有ベクトルに関連する1つの固有値のある特性を考慮に入れる一方で、例えば、両方の部分空間が互いに直交するように、第1および第2の部分空間を連続的、例えば反復的に決定することができる。したがって、ある特定の部分空間の特性は明示的に考慮に入れることができる。

10

【0076】

例えば減衰は、部分空間全体にわたる固有ベクトルに関連する固有値に直接依存するため、部分空間の特性は送信の特性に関連する。この場合、最大の固有値に関連する固有ベクトルを選択することが重要である。例えば、第1の反復ステップにおいて、例えば第1または第2のユーザのために利用できる固有値の中の最大の固有値に関連する固有ベクトルが選択される。したがって、選択された固有ベクトルによって張られた部分空間を、利用できる部分空間から差し引いて後続の反復のために縮小した部分空間を得ることができる。

20

【0077】

後続の反復ステップでは、縮小した部分空間に対して特異値分解を行い、固有値およびそれに関連する固有ベクトルを得ることができる。固有ベクトルは縮小した部分空間全体を含んでいる。さらに後続の反復ステップでは、固有値を解析し、例えば、決定した固有値の中の更なる最大値を決定できる。例えば更なる最大固有値は、例としてビット誤り率、サービス品質、遅延等のユーザ要件に応じて、あるいはそれぞれのユーザに対する固有ベクトルの適合性に応じて、第1および第2のユーザに割当てることができる。

30

【0078】

後続の反復ステップでは、利用できる部分空間から先に選択された固有ベクトルにより張られた部分空間を差し引き、後続の反復等の基礎として役立つ部分補空間を得ることができる。この反復は、利用できる部分空間に関連付けされた利用できる全ての範囲がユーザに割当てられると停止し、または残りの範囲、例えば小さい固有値、例えば0.01の最大固有値に関連付けることにより、対応する空間方向に対して顕著な減衰を予測できるようにし、結果的にこれらの方向を考慮しなくてよいときに停止する。反復の終了時に、第1のユーザに割当てられた固有ベクトルは第1の部分空間を張り、第2のユーザに割当てられた固有ベクトルは第2の部分空間を張る。各反復において、事前に割当てられている部分空間が、現在利用できる部分空間から差し引かれ、次に、補空間が考慮される。したがって、結果として得られる第1および第2の部分空間の直交関係を常に得ることができる。

40

【0079】

本説明において、「直交(orthogonal)」は、部分空間を張る固有ベクトルの理想的で丸め誤差のない決定を実行できる事例に関係する。しかし、固有ベクトルをデジタル処理で計算すると、限定された計算精度だけを達成して、例えば有限のワード長または丸め誤差に起因する直交誤差が発生する。したがって、以下の説明において「直交」は、計算精度に応じて、例えば、例としては(例えば、非直交性に関して)0~0.001、0~0

50

． 0 1 または 0 ~ 0 . 1 に跨る直交範囲内で直交するベクトルに関係する。

【 0 0 8 0 】

したがって、好ましい実施形態においては、本発明に係る信号伝達装置はさらに、第 1 の重み係数の集合を生成し、第 2 の重み係数の集合を生成する発生器を備えている。ここで、第 1 の重み係数の集合を用い第 1 の受信機に関連する第 1 のユーザ信号に重み付けして第 1 の送信信号を得、第 2 の重み係数の集合を用い第 2 の受信機に関連する第 2 のユーザ信号に重み付けして第 2 の送信信号を得る。

発生器はさらに、空間の第 1 の部分空間を張る m 個の固有ベクトルを計算する計算機を備えている。ここで、m は 1 以上であり、m 個の固有ベクトルが第 1 の受信機の第 1 の重み係数の集合を形成している。この計算機はさらに、別の空間の第 2 の部分空間を張る n 個の固有ベクトルを計算する。ここで、第 2 の部分空間は第 1 の部分空間に直交しており、n は 1 以上であり、n 個の固有ベクトルは、第 2 の受信機の第 2 の重み係数の集合を形成している。この結果第 1 の送信信号は、第 1 のユーザ信号の第 1 の部分空間への射影を表し、第 2 の送信信号は、第 2 のユーザ信号の第 2 の部分空間への射影を表している。

ここで、サブチャネル割当信号発生器は、第 1 の重み係数の集合を用いて第 1 のユーザ識別子を送信し、第 2 の重み係数の集合を用いて第 2 のユーザ識別子を送信する。

【 0 0 8 1 】

まとめると、新しい信号伝達の方法は、マルチ出力マルチ入力およびマルチキャリアのシステムの利用者に対し、標準的な信号伝達手法の主な欠点を克服するものであるリソース割当て、チャネル状態および送信パラメータに関する必要な情報を提供する。

【 0 0 8 2 】

第 1 のステップにおいてリソース割当てに関する情報をブロードキャストする代わりに、本発明に係る方法の実施形態では、最初にパイロットシーケンスをプレコーディングされたチャネルを介してブロードキャストすることにより、システム中の全ての受信機がその受信機に割当てられた全ての空間範囲を推定できるようにする。第 2 のステップでは、ユーザ識別子が各空間範囲を介して送信され、受信機がその受信機自身に割当てられている範囲を認識できるようにする。最後に、ビットローディングなどの送信パラメータが割当てられた各サブチャネルを介して送信される。

【 0 0 8 3 】

この手法は信号をブロードキャストするチャネルが必要ないため、帯域幅を節約できる。パイロットは、割当てられたサブチャネルを推定するために従来の手法で送信する必要があり、したがってパイロットの送信は、標準的な信号伝達方式と比較して追加の帯域幅を必要としない。ユーザ識別子は利用者へのリソース割当てを明らかにし、もっぱらこのために割当てられた追加の帯域幅を表わす。この帯域幅は、信号のブロードキャストチャネルを動作させるのに必要な帯域幅と比較して小さい。さらに、ユーザ識別子がそれぞれの受信機により認識されるため、この情報を用いてチャネル推定を改善できる。

【 0 0 8 4 】

これまで、マルチポイントシステムに関する、本発明を適用できる信号伝達の新しい一般概念を説明してきた。この一般化された手順は、3 つのステップで表すことができる。まず、割当てられたリソースを介して、パイロットシーケンスをブロードキャストするステップである。次に、リソースが割当てられたそれぞれの部分を介して、ユーザ識別子を送信するステップである。さらに、リソースが割当てられたそれぞれの部分を介して、追加の送信パラメータを送信するステップである。

【 0 0 8 5 】

この一般概念は特に、マルチ入力およびマルチ出力を有するマルチポイントシステムに適する。このようなシステムにおいては、P . T e j e r a , W . U t s c h i c k , G . B a u c h および J . A . N o s s e k による、2005年4月のITG / IEEE Workshop on Smart Antennas、Duisburgに掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願PCT / EP 2004 / 012571

10

20

30

40

50

において記載されている分解アルゴリズムにより、中央ユニットで計算されたリソース割当てを受信端末装置に信号伝達することができる。この信号伝達は、以下のステップを含んでいる。

まず、任意の特定の範囲を介した送信に使用する出力を表わす出力割当行列と、P. Tejera, W. Utschick, G. BauchおよびJ. A. Nossekによる、2005年4月のITG/IEEE Workshop on Smart Antennas、Duisburgに掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願PCT/EP2004/012571に記載されているCZF-SESAMアルゴリズムを適用した結果得られるプレコーディング行列とにより形成されるチェーンを介してパイロットシーケンスを送信するステップである。これらのシーケンスは、直交シーケンスまたは任意のシーケンスであってよいが、前者はプレコーディングされたチャンネルの推定の際にいくつかの利点を提供する。これらのシーケンスは一般的に、いずれの連続符号化手法も適用することなく送信される。

10

次に、所定の一連の信号、または連続符号化のうち少なくとも一方を用いて、各サブチャンネルを介してユーザ識別子を送信し、干渉を抑制するステップである。

さらに、各サブチャンネルを介して、データ送信に使用するビットローディングまたは一連の信号に関する情報を送信するステップである。所定の一連の信号または連続符号化手法のうち少なくとも一方を用いて、この情報を送信し干渉を抑制する必要がある。

【0086】

20

あるいは、受信アンテナの数または送信要素の数のうちどちらか小さいほうと同数のパイロットシーケンスの集合を各ユーザに割当てることにより、第1および第2のステップを結合して単一のステップとすることができる。この場合には、P. Tejera, W. Utschick, G. BauchおよびJ. A. Nossekによる、2005年4月のITG/IEEE Workshop on Smart Antennas、Duisburgに掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願PCT/EP2004/012571に記載されている分解アルゴリズムにより、中央ユニットで計算されたリソース割当てを受信端末装置に信号伝達できる。この信号伝達は、以下のステップを含んでいる。

30

まず、任意の特定の範囲を介して送信するのに使用する出力を表わす出力割当行列と、P. Tejera, W. Utschick, G. BauchおよびJ. A. Nossekによる、2005年4月のITG/IEEE Workshop on Smart Antennas、Duisburgに掲載された「A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO」、または国際特許出願PCT/EP2004/012571に記載されているCZF-SESAMアルゴリズムを適用した結果得られるプレコーディング行列とにより形成されるチェーンを介して、パイロットシーケンスを送信するステップである。このステップでは、各空間範囲に対して、その空間範囲が割当てられているユーザに対応するシーケンスを選択する必要がある。特定の副搬送波でユーザが2つ以上の範囲が割当てられる場合は、そのユーザに割当てられたシーケンス中の異なるパイロットシーケンスが異なる範囲に対して選ばなければならない。パイロットシーケンスは、直交シーケンスまたは任意のシーケンスであってよいが、前者はプレコーディングされたチャンネルの推定の際にいくつかの利点を提供する。これらのシーケンスは一般的に、どの連続符号化手法も適用することなく送信される。

40

次に、各サブチャンネルを介して、データ送信に使用するビットローディングまたは一連の信号に関する情報を送信するステップである。所定の一連の信号または連続符号化のうち少なくとも一方を用いてこの情報を送信し、干渉を抑制する必要がある。

【0087】

最後の方法によれば、ユーザに対してどの範囲が割当てられたかは明示的に示されない

50

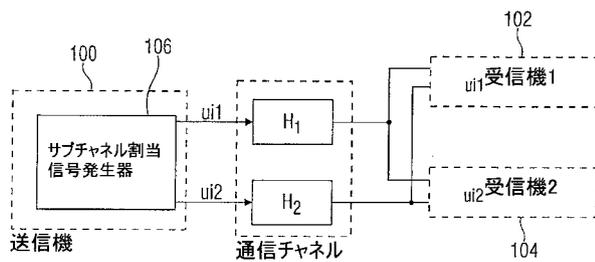
。しかし、この場合、推定は割当てられたサブチャネルに一致せず、その結果サブチャネルは極めて質が悪いため、受信信号は認識されず、その後受信端末装置はその範囲を破棄できる。

【 0 0 8 8 】

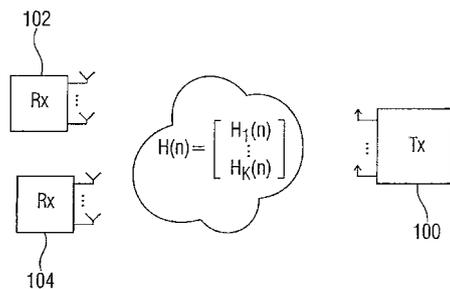
ある特定の実施要件に応じて、本発明に係る方法はハードウェアまたはソフトウェアにより実現できる。これは、デジタル記憶媒体、特に本発明に係る方法を実行するプログラム可能なコンピュータシステムと協調するものであって、電子的に読み取り可能な制御信号を有するディスクまたはCDを用いて実施することができる。したがって一般的に本発明は、コンピュータ読み取り可能な担体に格納されているプログラムコードを有するコンピュータプログラム製品であり、プログラムコードはコンピュータ上で本発明に係る方法を実行する。したがって言い換えると本発明に係る方法は、コンピュータ上で本発明に係る方法を実行するプログラムコードを有するコンピュータプログラムである。

10

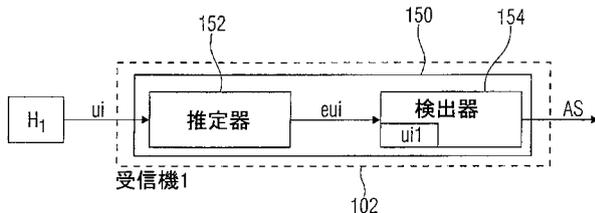
【 図 1 A 】



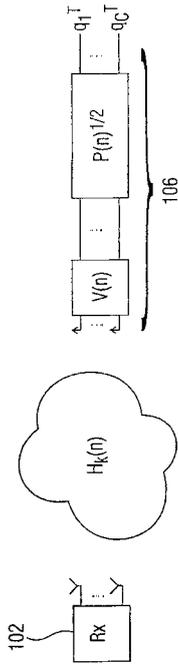
【 図 2 】



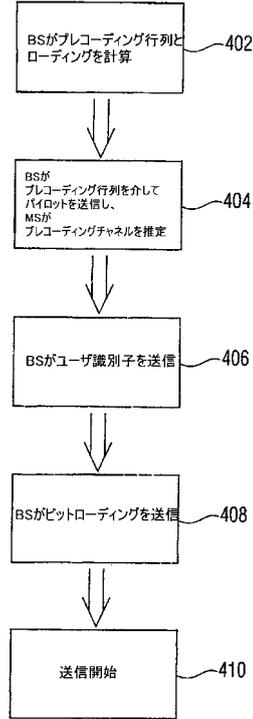
【 図 1 B 】



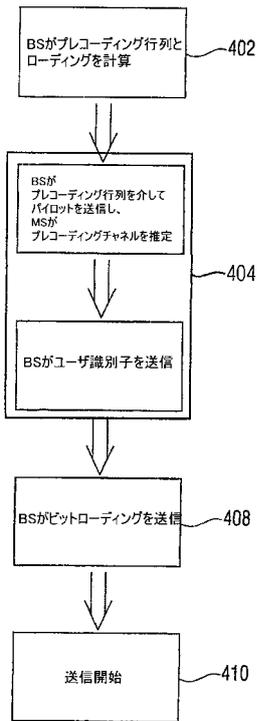
【 図 3 】



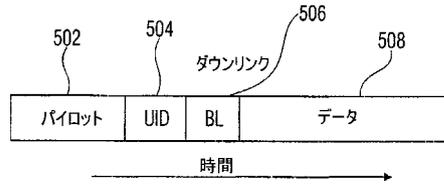
【 図 4 A 】



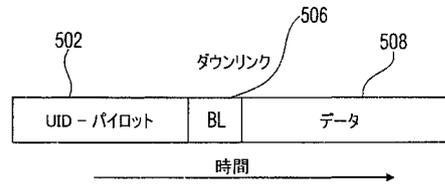
【 図 4 B 】



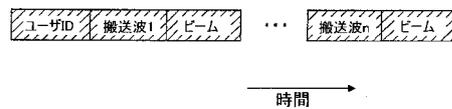
【 図 5 A 】



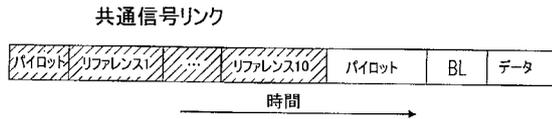
【 図 5 B 】



【 図 6 】



【 図 7 】



## 【 手続補正書 】

【 提出日 】平成21年12月2日(2009.12.2)

## 【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】全文

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

受信機(102)に割当てられている所定の第1のパイロットシーケンスに基づいて、送信機(100)と前記受信機(102)との間の通信リンクを通信チャネルのサブチャネル( $H_1$ )に割当ててを決定する装置(150)であって、前記通信チャネルはマルチ入力マルチ出力チャネルであり、前記送信機は、第1のサブチャネルを介して第1のパイロットシーケンスを送信し、第2のサブチャネルを介して第2のパイロットシーケンスを送信するものであり、前記第2のサブチャネルは前記第1のサブチャネルと異なるものであり、前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものであって、

異なるサブチャネル( $H_1, H_2$ )からの複数の受信信号と、前記所定の第1のパイロットシーケンスとの相関を求める推定器(152)と、

ブロードキャストするチャネルを用いることなく、サブチャネルを通して最初に信号伝達されるユーザ識別子であって、ユーザ別のパイロットシーケンスの形式をとるユーザ識別子に基づいてサブチャネルの割当てを決定するために、前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合には、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクを各サブチャネル( $H_1, H_2$ )に割当て、前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にない場合には、前記送信機(100)と前記受信機(102)との間の前記通信リンクを各サブチャネル( $H$

$H_1, H_2$ ) に割り当てない検出器 (154) と  
を備え、

ここで、前記推定器 (152) は、第1の空間範囲によって前記第1のサブチャネル ( $H_1$ ) を特定し、第2の空間範囲によって前記第2のサブチャネル ( $H_2$ ) を特定するものであり、前記第1および第2の空間範囲は互いに異なるものであり、

前記推定器 (152) は、前記第1のサブチャネルとは異なる第3のサブチャネルからの別の受信信号と、前記第1のパイロットシーケンスまたは前記第1の受信機 (102) へ関連付けられた別のパイロットシーケンスとの相関を求めるものであり、

前記検出器 (154) は、前記別の受信信号と、前記第1のパイロットシーケンスまたは前記第1の受信機 (102) へ関連付けられた前記別のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合に、前記第3のサブチャネルを前記送信機 (100) と前記第1の受信機 (102) との間の前記通信リンクに割り当てるものであり、

結果として、前記パイロットシーケンスは、ユーザの特定とチャンネルの推定の双方に用いられるものである、装置。

#### 【請求項2】

受信機 (102) に割り当てられている所定の第1のパイロットシーケンスに基づいて、送信機 (100) と前記受信機 (102) との間の通信リンクを通信チャンネルのサブチャネル ( $H_1$ ) に割り当てることを決定する方法であって、前記通信チャンネルはマルチ入力マルチ出力チャンネルであり、第1のサブチャネルは第1の空間範囲により特定され、第2のサブチャネルは第2の空間範囲により特定され、前記第1および第2の空間範囲は互いに異なるものであり、前記第1のサブチャネル ( $H_1$ ) と第3のサブチャネルとは、前記送信機 (100) と前記第1の受信機 (102) との間の通信リンクへ割り当てられ、前記第1および第3のサブチャネルは互いに異なるものであり、前記送信機は、前記第1のパイロットシーケンスまたは前記受信機 (102) へ関連付けられた別のパイロットシーケンスを、前記第3のサブチャネルを介して送信するものであり、

前記第1のパイロットシーケンスは第1のサブチャネルを介して送信され、第2のパイロットシーケンスは第2のサブチャネルを介して送信されるものであり、

前記第2のサブチャネルは前記第1のサブチャネルとは異なるものであり、

前記第1および第2のパイロットシーケンスは互いに直交するものであり、

異なるサブチャネル ( $H_1, H_2$ ) からの複数の受信信号と、前記所定の第1のパイロットシーケンス、または前記第1の受信機 (102) へ関連付けられた別のパイロットシーケンスとの相関を求めるステップと、

ブロードキャストするチャンネルを用いることなく、サブチャネルを通して最初に信号伝達されるユーザ識別子であって、ユーザ別のパイロットシーケンスの形式をとるユーザ識別子に基づいてサブチャネルの割り当てを決定するために、前記受信信号の各々と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合には、前記送信機 (100) と前記受信機 (102) との間の前記通信リンクを各サブチャネル ( $H_1, H_2$ ) に割り当て、前記受信信号と前記第1のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にない場合には、前記送信機 (100) と前記受信機 (102) との間の前記通信リンクを各サブチャネル ( $H_1, H_2$ ) に割り当てないステップと、

前記第1のサブチャネルとは異なる第3のサブチャネルからの別の受信信号と、前記第1のパイロットシーケンス、または前記第1の受信機へ関連付けられた別のパイロットシーケンスとの相関を求めて、前記別の受信信号と、前記第1のパイロットシーケンスまたは前記受信機へ関連付けられた前記別のパイロットシーケンスとの相関が所定の関係にある場合に、前記第3のサブチャネルを前記送信機と前記第1の受信機との間の前記通信リンクへと割り当てるステップであって、結果として、前記パイロットシーケンスは、ユーザの特定とチャンネルの推定の双方に用いられるものである、ステップと

を含む方法。

#### 【請求項3】

コンピュータ上で請求項1または2に記載の方法を実行するプログラムコードを有する

コンピュータプログラム。

## フロントページの続き

- (74)代理人 100125036  
弁理士 深川 英里
- (74)代理人 100142996  
弁理士 森本 聡二
- (74)代理人 100162330  
弁理士 広瀬 幹規
- (72)発明者 ペドロ・テヘラ  
ドイツ連邦共和国, 8 0 7 9 8 ミュンヘン, アーデルハイトシュトラッセ 1 4
- (72)発明者 ヴォルフガング・ウチック  
ドイツ連邦共和国, 8 5 0 5 1 インゴルシュタット, メンドルシュトラッセ 4 エー
- (72)発明者 ヨーゼフ・アー・ノセック  
ドイツ連邦共和国, 8 2 3 9 3 イッフェルドルフ, ツークシュピッツシュトラッセ 1 9
- (72)発明者 ゲルハルト・バオホ  
ドイツ連邦共和国, 8 0 7 9 9 ミュンヘン, バーラー・シュトラッセ 5 8
- Fターム(参考) 5K022 AA10 AA16 AA26 DD01 DD13 DD19 DD23 DD33 FF00

## 【外国語明細書】

1. Title of Invention

**Apparatus for signaling an allocation of a communication  
5 link and apparatus for determining an allocation of a  
communication link**

2. Detailed Explanation of the Invention

10 In a point to multipoint setting, such as the downlink of a  
mobile communication system, a number of receivers of users  
receive information, which may be independent or common  
from a unique transmitter. Considering transmission of  
independent information streams to each user, the  
15 transmitter will generally first partition the available  
resources (as, for example, time, frequency, code, space)  
disjointly among users. Thus, every user will receive  
information over different time slots, different codes,  
different carriers or different spatial dimensions. In  
20 order to make detection possible, each user should know the  
outcome of this resource allocation, i.e. each user should  
know the physical dimensions over which signals are  
transmitted that are intended for that user. As a  
consequence, some signaling is required that conveys this  
25 knowledge from the transmitter to each of the multiple  
receivers.

This problem is handled differently in different systems.  
For instance, in GSM the base station assigns a different  
30 time slot to each user according to a TDMA-scheme (TDMA =  
time division multiple access). After a mobile station  
applies for a time slot over a random access channel, the  
base station broadcasts a time slot identifier in the so-  
called access granted channel, as for example shown in the  
35 German source B. Walke, "Mobilfunknetze und ihre Protokolle  
1", Teubner, 2001. This identifier indicates the time slot  
over which the mobile station should expect its information

flow. In each time slot, a sequence of pilots is sent that serves for channel estimation purposes. Similarly, in HIPERLAN/2 the request for resources of a mobile terminal over a random access channel is replied by the access point with information about the assigned time slot over a broadcast channel. In each allocated time slot some pilots are transmitted that allow the mobile terminal to estimate the channel, as for example shown in the German source B. Walke, "Mobilfunknetze und ihr Protokolle 2", Teubner, 2001. Contrary to GSM, the duration of the time slots as well as the transmission rate is not predefined, therefore, information about the parameters is transmitted at the beginning of each time slot. In UMTS, users are assigned disjoint channels, which are characterized by the time slot, frequency carrier and code that are used for transmission. As in GSM and HIPERLAN/2 the transmitter informs the users about the resource allocation over a common signaling channel as shown in the standard 3GPP TR25.331. Radio resource control (RRC): Protocol specification. V6.4.0 Release 6, 2004. Part of the resources allocated to the user are utilized to set up a signaling channel over which pilots for channel estimation and transmission parameters are sent as shown in B. Walke, "Mobilfunknetze und ihre Protokolle 1", Teubner, 2001.

Although different in the details, signaling schemes of the state-of-the-art wireless systems show a regular two-step pattern. First, information about the allocation of resources is broadcast over a common signaling link. Then, over the allocated channels, pilots and transmission parameters are sent to assist detection of the signals. A frame structure of conventional transmission schemes can be seen in Fig. 6 and Fig. 7.

To be more specific, herein a signaling concept for a multicarrier system with multiple transmit antennas and possibly multiple receive antennas at each of the receivers

is described. For subcarrier  $n \in \{1, \dots, N\}$  the relationship between the vector of transmitted signals  $\mathbf{x}(n) \in \mathbb{C}^t$  and the vector  $\mathbf{y}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k}$  of signals received by user  $k \in \{1, \dots, K\}$  can be expressed as

5

$$\mathbf{y}_k(n) = \mathbf{H}_k(n)\mathbf{x}(n) + \mathbf{n}_k(n), \quad (1.1)$$

where  $\mathbf{H}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k \times t}$  is the channel matrix seen by user  $k$  at subcarrier  $n$ ,  $\mathbf{n}_k(n) \in \mathbb{C}^{r_k}$  a realization of a zero-mean  
10 circularly symmetric complex Gaussian distributed random noise  $\mathbf{n}_k(n)$ ,  $t$  is the number of transmit elements and  $r_k$  is the number of receive elements of user  $k$ .

The transmit signal  $\mathbf{x}(n)$  is given by

15

$$\mathbf{x}(n) = \sum_{c=1}^C \mathbf{v}_{n_n(c)} p_{n_n(c)}^{1/2} s_{n_n(c)}. \quad (1.2)$$

Thereby,  $C$  is the number of spatial dimensions allocated on subcarrier  $n$ , which is smaller than or equal to the number  
20 of transmit antennas  $t$ . Function  $\pi_n(\cdot)$  maps each spatial dimension in subcarrier  $n$  to a subchannel label pair  $(k, l)$ , where  $k$  is the user the dimension has been assigned to and  $l$  identifies a specific subchannel among all subchannels assigned to that user in that subcarrier. Each subchannel  
25 is univocally characterized by a unit-norm transmit weighting vector  $\mathbf{v}_{n_n(c)} \in \mathbb{C}^t$  and a unit-norm receive weighting vector  $\mathbf{u}_{n_n(c)}^H \in \mathbb{C}^{1 \times r_k(c)}$  that filters the receive signal  $y_{u_n(c)}$ , being  $u_n(c)$  the user to which dimension  $c$  in subcarrier  $n$  is assigned. The power allocated for  
30 transmission in subchannel  $\pi_n(c)$  is  $p_{n_n(c)}$  and the transmitted signal  $s_{n_n(c)}$ . In P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for International Multiuser MIMO", published in *ITG/IEEE*

*Workshop on smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005* or also the international patent application PCT/EP2004/012571 a successive algorithm is reported that successively computes transmit and receive weighting vectors so that on a particular subchannel  $\pi_n(c)$  no interference is caused by subchannels  $\pi_n(c' > c)$ . Interference caused by subchannels  $\pi_n(c' < c)$  can be neutralized by coding signals in the order prescribed by index  $c$  and taking into account the knowledge of interference caused by previously encoded signals when coding signal  $s_{\pi_n(c)}$ .

In a transmission scheme such as the one described here, each user receives a portion of the available space and frequency dimensions, which constitute the resources of the system. This distribution of resources takes place at the transmitter and has to be revealed to the users. Sticking to current signaling methods first information about the resource allocation could be broadcast and then on each subchannel pilots and transmission parameters might be sent. However, there are some major features of the system under consideration that make a direct application of this standard signaling approach highly inefficient.

One special drawback of such a conventional system can be seen in that the expected number of subcarriers (for example  $N = 1024$ ) and transmit antennas (for example  $t \geq 4$ ) yields a system with many dimensions. Accordingly, a large amount of information should be transmitted in the broadcast channel to reveal to the users the outcome of the resource allocation. Furthermore, contrary to standard systems in which time, frequency or code dimensions can be unambiguously referenced by some kind of numerical identifier, spatial dimensions in the system require the broadcast of corresponding receive weighting vectors  $u_n(c)$ , that together with the transmit weighting vectors  $v_n(c)$  and

the subcarriers  $n$  characterize the allocated space-frequency subchannels. This increases the amount of required signaling as compared with current conventional systems. Additionally, contrary to standard systems,  
5 allocation of resources strongly depends on the channel condition and as a result it changes with every significant change in the radio channel. This calls for a very high bandwidth in the signaling broadcast channel in order to keep receivers up to date.

10

Additionally, a slight improvement of data transmission can be seen in a Tomlinson-Harashima decoding as, for example, shown in G. Ginis and J. Cioffi, "A Multi-user Precoding Scheme achieving Crosstalk Cancellation with Application to  
15 DSL Systems" published in *Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, pages 1627-1631, Oct. 2000 in order to provide a possibility to rule out interference which is inserted into the data during transmission over the communication channel. This can slightly improve the data  
20 transmission and thus slightly lower the necessary bandwidth for the signaling broadcast channel.

Accordingly, it is an object of the present invention to provide an improved possibility for an exchange of  
25 information concerning the subcarrier allocation in a communication link between transmitter and one or more receivers. This improvement shall especially concern a lower required bandwidth, respectively a lower data overhead for signaling an allocation of subcarriers for  
30 transmission of data between the transmitter and a receiver.

This object is achieved by an apparatus for signaling according to claim 1, an apparatus for determining  
35 according to claim 7, a method for signaling according to claim 6 and a method for determining according to claim 10.

The present invention provides an apparatus for signaling an allocation of a first communication link between a transmitter and a first receiver to a first subchannel of a communication channel and for signaling an allocation of a second communication link between the transmitter and a second receiver to a second subchannel of a communication channel, the first and second subchannels being different from each other, the apparatus comprising:

10 a subchannel allocation signaler being configured to transmit a first user identifier over the first subchannel and to transmit a second user identifier over the second subchannel, the first and second user identifiers being different from each other, wherein the first user  
15 identifier is assigned to the first receiver and the second user identifier is assigned to the second receiver.

Furthermore, the present invention provides a method for signaling an allocation of a first communication link between a transmitter and a first receiver to a first subchannel of a communication channel and for signaling an allocation of a second communication link between the transmitter and a second receiver to a second subchannel of a communication channel, the first and second subchannels  
20 being different from each other, the method comprising the following step:

subchannel allocation signaling being performed by transmitting a first user identifier over the first subchannel and transmitting a second user identifier over the second subchannel, the first and second user identifiers being different from each other, wherein the first user identifier is assigned to the first receiver and the second user identifier is assigned to the second  
35 receiver.

Additionally, the present invention provides an apparatus for determining an allocation of a communication link between a transmitter and a receiver to a subchannel of a communication channel on the basis of a predefined user identifier being assigned to the receiver, the apparatus comprising:

5 an estimator being configured to estimate a user identifier received over the subchannel in order to obtain an estimated user identifier; and

10 a detector for accepting the allocation of the communication link between the transmitter and the receiver to the subchannel, if the estimated user identifier is in a predefined relation with the predefined user identifier and for rejecting the allocation of the communication link between the transmitter and the receiver to the subchannel if the estimated user identifier is not in the predefined relation with the predefined user identifier.

20 Finally, the present invention provides a method for determining an allocation of a communication link between a transmitter and a receiver to a subchannel of a communication channel on the basis of a predefined user identifier being assigned to the receiver, the method comprising the steps of:

25 estimating a user identifier received over the subchannel in order to obtain an estimated user identifier; and

30 accepting the allocation of the communication link between the transmitter and the receiver to the subchannel, if the estimated user identifier is in a predefined relation with the predefined user identifier and rejecting the allocation

of the communication link between the transmitter and the receiver to the subchannel if the estimated user identifier is not in the predefined relation with the predefined user identifier.

5

The present invention is based on the finding that an improvement in data transmission, especially an improvement in a signaling of an allocation of subcarriers or subchannels to a special communication link between a transmitter and a receiver, can be achieved in that the conventional approach using a lookup table is omitted. Rather, an allocation of subchannels to a communication link between a transmitter and a receiver can be configured such that the receiver has knowledge about a special user identifier which is assigned to said receiver. Furthermore, the transmitter also has knowledge about a user identifier which is assigned to said receiver. If a transmitter now wants to establish a communication link between the transmitter and said receiver using the one special subchannel, the transmitter sends this predefined user identifier over the subchannel which is intended to be used for a transmission of data from the transmitter to said receiver. In return, the receiver listens to all the subchannels and compares the data, especially the user identifiers which are transmitted over the subchannels, with the predefined user identifier which is saved in the receiver and which is allocated to said receiver. If now the receiver received and/or estimates a user identifier which is transmitted over a subchannel, compares the received user identifier with the saved predefined user identifier and determines that the received user identifier for said subchannel is in a predefined relation with the predefined user identifier for the receiver, for example if the received user identifier is equal to the predefined saved user identifier, the receiver knows that the respective subchannel is allocated for a communication link between the transmitter and said receiver. On the contrary,

10

15

20

25

30

35

if the receiver detects that a user identifier received over a subchannel is not in said predefined relation with the predefined user identifier, the receiver knows that the subchannel is not allocated to said receiver for a  
5 communication link between the transmitter and said receiver. Thus, it is possible to inform the receiver on which subchannel it can expect data which is intended to be received by said receiver.

10 The inventive approach provides the advantage that the transmission of a complete lookup table is not necessary as the allocation of subchannels to the receivers is signaled directly on each subchannel. Therefore, the inventive approach provides the advantage of an improved data  
15 transmission as no large overhead (including a lookup table of an assignment of subcarriers or subchannels to receivers) is necessary. Therefore, the bandwidth or transmission capacity, which formerly was used to transmit said lookup table, can now be used for transmission of  
20 payload data, thus increasing the available payload transmission rate of such a communication system. The advantages of the inventive approach become especially clear in a communication system having a large amount of subcarriers and/or which uses a communication channel which  
25 rapidly changes, like, for example, a (mobile) radio channel or a MIMO-channel (MIMO = multiple-input-multiple-output).

Specifically, the present invention proposes to merge the  
30 two signaling steps found in US 2004/0179627 A1, namely of a general pilot for channel estimation purposes and transmission of a user specific reference on each dimension into a single step by transmitting mutually orthogonal user specific pilot sequences. For a low number of users, the  
35 proposed procedure can considerably shorten the signaling.

Especially, a particular user utilizes its own pilot sequences for estimation purposes and the transmitter sends over each dimension a pilot sequence corresponding to the user to which that dimension has been assigned. If  
5 sequences are chosen to be orthogonal, a user is able to estimate only its assigned dimensions by correlating the receive signal with its known pilot sequences. In order to be able to estimate several dimensions over the same carrier, a user should be given as many pilot sequences as  
10 the minimum of its number of receive antennas and the number of transmit elements. Estimates obtained by correlating the received signal with a sequence that was not transmitted will result in a very poor channel over which no recognizable signals will be received. The  
15 receiver will be able to discard these false estimates in a subsequent phase.

Preferred embodiments of the present invention are described with respect to the following figures in which  
20

- Fig. 1A shows a block diagram of an embodiment of the inventive apparatus for signaling;  
25
- Fig. 1B shows an embodiment of the inventive apparatus for determining;  
30
- Fig. 2 shows a schematic diagram of a MIMO-system as used for the description of the inventive approach;  
35
- Fig. 3 shows a schematic diagram of one communication link between a transmitter and a receiver;
- Fig. 4A shows a flow diagram of an embodiment of one of the inventive methods;

- Fig. 4B shows a flow diagram of an preferred embodiment of one of the inventive methods;
- 5 Fig. 5A shows a schematic diagram of a possible frame structure resulting when an embodiment of the present invention is used;
- 10 Fig. 5B shows a schematic diagram of a possible frame structure resulting when a preferred embodiment of the present invention is used;
- 15 Fig. 6 shows a schematic diagram of a probable frame structure when a conventional signaling technique is used; and
- 20 Fig. 7 shows a schematic diagram of another probable resulting frame structure when the conventional approach for signaling is used.
- 25 In the further description, equal or similar elements are denoted by equal or similar reference numerals, wherein a repeated description of these reference numerals is omitted.
- 30 Fig. 1A shows a block diagram of an embodiment of the inventive apparatus for signaling an allocation of a first communication link between a transmitter 100 and a first receiver 102 and a second communication link between the transmitter 100 and a second receiver 104. The transmitter
- 35 100 comprises a subchannel allocation signaler 106 which is configured to transmit a first user identifier  $ui_1$  over the first subchannel  $H_1$  and to transmit a second user identifier  $ui_2$  over the second subchannel  $H_2$ . The first subchannel  $H_1$  and the second subchannel  $H_2$  are subchannels of a communication channel, whereas the first and second subchannels are different from each other. Furthermore, in such a system design the first receiver 102 can be

configured to listen to both, the first subchannel  $H_1$  and the second subchannel  $H_2$ , whereas the second receiver 104 is also configured to listen to both, the first subchannel  $H_1$  and the second subchannel  $H_2$ . In order to determine the subchannel over which the receivers can expect data from the transmitter 100, each of the receivers 102 and 104 has knowledge about a user identifier which is assigned to the receiver itself. In other words, the first receiver 102 has knowledge about the first user identifier  $ui_1$ , whereas the second receiver 104 has knowledge about the second user identifier  $ui_2$ . As also the transmitter 100, especially the subchannel location signaler 106, has knowledge which user identifiers of the first and the second user identifier are assigned to the respective receivers, a transmission of the first user identifier  $ui_1$  over the first subchannel  $H_1$  clearly informs the first receiver 102 that the data sent over this first subchannel  $H_1$  is supposed to be received by the first receiver 102. Analogously, if receiver two 104 receives a second user identifier  $ui_2$  over the second subchannel  $H_2$ , the second receiver knows that the data transmitted over the second subchannel  $H_2$  is intended to be received by the second receiver 104. Additionally, the first receiver 102 knows that data transmitted over the second subchannel  $H_2$  is not intended to be received on the first receiver 102. Again, analogously, the second receiver 104 knows that data transmitted over the first subchannel  $H_1$  was not intended to be received by the second receiver 104. This possibility of distinguishing between the acceptance or rejection of data transmitted over the subchannels to the receiver is based on an identification of the user identifiers transmitted over each of the subchannels (for example in a setup-period for establishing a communication link). Thus, such a signaling of an allocation of subchannels to different receivers provides the advantage that the transmission of a lookup table (in which an assignment of subchannels to receivers is included) can be avoided. Thus, a signaling of an

allocation of subchannels to receivers can be realized in a more efficient and faster way as in the state-of-the-art, thus resulting in an increased data transmission rate for the user to transmit payload data.

5

Fig. 1B shows a block diagram of an embodiment of the inventive apparatus 150 for determining being located in a receiver 102. For description purposes, the embodiment of the apparatus for determining 150 is explained with respect to the first receiver 102 as shown in Fig. 1A, except that the receiver in Fig. 1B only supervises one channel, for example the first subchannel  $H_1$ . The apparatus for determining 150 comprises an estimator 152 and a detector 154. The estimator 152 is configured to receive and estimate a user identifier  $u_i$  over a subchannel so as, for example, to receive and estimate the first user identifier  $u_{i1}$  which is transmitted to the receiver 102 via the first subchannel  $H_1$ . The estimator is furthermore configured to estimate, for example, which user identifier  $u_i$  from an alphabet of different user identifiers is actually sent (i.e. whether the first user identifier  $u_{i1}$  or the second user identifier  $u_{i2}$  is sent). This is, for example, useful if the user identifier sent via the subchannel is distorted due to channel impairments like fading or additive noise. Then the estimator acts like a decider which user identifier is supposed to be sent by the transmitter.

Furhtermore, the estimator can also be configured to decode a "precoded" user identifier which is sent over the respective subchannel, wherein the precoding of the user identifier can be performed by the transmitter or the subchannel allocation signaler in the transmitter 100 as shown in Fig. 1A. This precoding can, for example, be performed in the transmitter to rule out effects of channel impairments resulting when data is transmitted via the channel. Thus, the estimator 152 provides an estimated user identifier  $e_{ui}$  which is, for example, one user identifier

35

from a predefined set of user identifiers. The estimated user identifier  $eui$  is then provided to the detector 154 which has knowledge about the user identifier being assigned to the respective receiver. In the example shown in Fig. 1B, the detector 154 has knowledge about the first user identifier  $u_{i1}$  which is assigned to the first receiver 102. In case the estimated user identifier  $eui$  is in a predefined relation with the predefined user identifier, for example if the estimated user identifier  $eui$  is equal to the predefined user identifier  $u_{i1}$ , the detector outputs an allocation signal AS indicating that the subchannel from which the respective user identifier  $u_i$  was received is allocated to the receiver for data transmission. With respect to the example as shown in Fig. 1B, the detector 154 outputs the allocation signal AS which indicates that the first subchannel  $H_1$  is assigned for a communication between the transmitter and the first receiver 102 in the case that the estimated user identifier  $eui$  is equal to the predefined user identifier, wherein the predefined user identifier is equal to the first user identifier  $u_{i1}$ . On the contrary, if the detector 154 determines that the estimated user identifier  $eui$  is not equal to the first user identifier  $u_{i1}$ , the detector 154 outputs an allocation signal AS which indicates that the first subchannel  $H_1$  is not assigned to the first receiver 102 for a transmission of data from the transmitter to the first receiver 102.

Fig. 2 illustrates an example of the type of systems considered in the present invention. In such point to multipoint settings, a central unit 100 communicates with a number of terminals 102, 104 (users). In wireless systems these terminals 102, 104 typically register in the network by sending a message to the central unit 100 over a random access channel  $H(n)$ . The central unit 100 acknowledges this message and assigns to the user 102, 104 a numerical identifier that designates that user unambiguously and that is utilized in further signaling procedures. For instance,

when transmitting information intended for a specific user 102, 104 over a common broadcast channel.

The physical channel  $H(n)$  in such a system can be modeled  
 5 by a set of matrices  $H_1(n), \dots, H_n(n)$  corresponding to the  
 channels between the central unit 100 and each of the users  
 102, 104 and the relationship between transmit and receive  
 signals may be written as in equation 1.1 (as shown above).  
 It is assumed that by any means the base station 100 is  
 10 able to obtain perfect knowledge of the channel matrices  
 $H_1(n), \dots, H_n(n)$  of each of the users on each of the  
 subcarriers. Using this knowledge the central unit 100  
 structures the transmit signal in the way indicated by  
 equation 1.2 and computes the transmit and receive  
 15 weighting vectors characterizing the allocated spatial  
 dimensions using the cooperative zero-forcing with  
 successive encoding and successive allocation method as  
 reported in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A.  
 Nossek. A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO.  
 20 In *ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas*, Duisburg, Apr. 2005  
 or the international patent application PCT/EP2004/012571.  
 Over the set of effectively decoupled dimensions resulting  
 from the application of this algorithm some power and bit  
 loading might be performed according to some criterion of  
 25 interest. In the following a signaling concept is described  
 to provide the users with all information needed to perform  
 a correct detection of the signals transmitted over the  
 allocated subchannels.

30 The first step of the signaling procedure consists of the  
 simultaneous transmission of pilot sequences over all  
 precoded channels in the downlink (cf. Fig. 3). On any  
 subcarrier  $n$  the precoded matrix seen by user  $k$  is given  
 by,

35

$$\mathbf{M}_k(n) = \mathbf{E}_k(n)\mathbf{V}(n)\mathbf{P}(n)^{1/2}$$

where  $\mathbf{V}(n) = [\mathbf{v}_{n_n(1)} \dots \mathbf{v}_{n_n(c)}]$  and  $\mathbf{P}(n) \in \mathbb{C}^{C \times C}$  is a diagonal matrix with entries  $p_{n_n(c)}$  in the main diagonal. If pilot sequences  $\mathbf{q}_c^T, 1 \leq c \leq C$  are sent over the transmission chain formed by  $\mathbf{P}(n)$  and  $\mathbf{V}(n)$  the signal received by any user  $k$  over subcarrier  $n$  reads

$$\mathbf{Y}_k(n) = \mathbf{M}_k(n)\mathbf{Q} + \mathbf{N}_k(n), \quad (1.3)$$

where  $\mathbf{Q} = [\mathbf{q}_1 \dots \mathbf{q}_C]^T \in \mathbb{C}^{C \times B}$  is a matrix of pilots sequences of length  $B$ . Note that this matrix may be the same for all subcarriers and that the maximum number of sequences is equal to the number of transmit elements  $t$ . Therefore, these sequences could be a predefined parameter of the system known by all receive terminals. Using this knowledge every receiver is able to estimate the columns of its precoding matrices  $\mathbf{M}_k(n)$ . Of course, the longer the pilot sequences are, the more accurate the estimate is. Also the geometrical properties of the pilot sequences have an impact on the estimation quality. In this regard, the choice of mutually orthogonal vectors as pilot sequences is particularly interesting in order to avoid noise enhancement in case of a maximum likelihood estimation.

For an example (Maximum likelihood estimation of  $\mathbf{M}_k(n)$ ) equation 1.3 can be rewritten by stacking the columns of the receive matrix  $\mathbf{Y}_k(n) = [\mathbf{y}_k^1(n) \dots \mathbf{y}_k^B(n)]$  to form a single column vector  $\tilde{\mathbf{y}}_k$  as follows,

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{y}_k^1(n) \\ \vdots \\ \mathbf{y}_k^B(n) \end{bmatrix}}_{\tilde{\mathbf{y}}_k} = \underbrace{(\mathbf{Q}^T \otimes \mathbf{I}_{r_k})}_{\tilde{\mathbf{Q}}_k} \begin{bmatrix} \mathbf{m}_k^1(n) \\ \vdots \\ \mathbf{m}_k^C(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_k^1(n) \\ \vdots \\ \mathbf{n}_k^B(n) \end{bmatrix}, \quad (1.4)$$

where  $m_k^c(n)$  and  $n_k^c(n)$  denote the  $c$ th columns of matrices  $M_k(n)$  and  $N_k(n)$  respectively,  $I_{r_k}$  is a  $r_k \times r_k$  unity matrix and  $\otimes$  is the Kronecker product.

- 5 Assuming uncorrelated noise with variance  $\sigma^2$  a maximum likelihood estimate of the coefficients of the precoded channel is obtained as

$$\begin{bmatrix} \hat{m}_k^1(n) \\ \vdots \\ \hat{m}_k^c(n) \end{bmatrix} = (\tilde{Q}_k^H \tilde{Q}_k)^{-1} \tilde{Q}_k^H \tilde{Y}_k,$$

10

and the covariance matrix of the estimation error is given by  $\sigma^2(\tilde{Q}_k^H \tilde{Q}_k)^{-1}$ . Note that if the pilot sequences are chosen to be orthogonal the estimation errors are uncorrelated and with equal variance for all channel coefficients.

15

For receiver  $k$ , each column of the matrix  $M_k(n)$  represents a spatial dimension that receiver might have got assigned by the central unit. Assume that column

$m_k^c(n) = H_k(n)v_{n_n(c)}\sqrt{P_{n_n(c)}}$  has been assigned to user  $k$ , i.e.

20

$u_n(c) = k$ . As described in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571,  $v_{n_n(c)}$  is a right

25

singular vector of  $H_{u_n(c)}(n)$  in a particular subspace and the receive weighting vector  $u_{n_n(c)}^H$  is chosen to be the corresponding left singular vector. Accordingly,

$$m_k^c(n) = \lambda_{n_n(c)} u_{n_n(c)}^H \sqrt{P_{n_n(c)}},$$

where  $\lambda_{\pi_n(c)}$  is the gain of subchannel  $\pi_n(c)$ . Hence, user  $k$  can obtain the receive weighting vector for the assigned dimension  $c$  by just normalizing the column  $m_k^c(n)$  and taking  
 5 the conjugate transpose of the resulting unit-norm vector. But still users do not know which of the columns of the respective precoded channels they have got assigned.

In order to make users know which dimensions they have got  
 10 assigned, in the second step of the signaling procedure, over each subchannel a user identifier is transmitted corresponding to the user to which that subchannel has been assigned.

15 As explained in the introductory portion of the description, subchannels  $\pi_n(c' > c)$  do not cause any interference on subchannel  $\pi_n(c)$ , whereas subchannels  $\pi_n(c' < c)$  do cause interference. Therefore, user identifiers should be transmitted using successive encoding and taking  
 20 into account at each step knowledge of interference caused by previously encoded users to enforce an interference-free transmission.

During transmission of user identifiers, the receivers  
 25 should try to detect the transmitted signals over every spatial dimension, i.e. over every column of the precoded channel matrices  $M_k(n)$ . To this end, all possible receive weighting filters should be computed and applied to the receive signal. Assume that on subcarrier  $n$  only subchannel  
 30  $\pi_n(c)$  has been assigned to user  $k$ . Filtering the received signal on subcarrier  $n$  with  $m_k^{c,H}(n) / \|m_k^{c,H}(n)\|$ , user  $k$  should be able to detect its own user identifier. On the contrary, filtering the received signal with an other vector

$m_k^{c',H}(n) / \|m_k^{c',H}(n)\|$ , a value will be detected that will surely differ from the own user identifier. Note that for detection purposes the user should know the signal constellation employed to transmit the user identifiers.

5 This should be a predefined system parameter.

For another example (Transmission and detection of user identifiers) a system with two users is considered, i.e.  $K = 2, r_1 = r_2 = 2$  and  $t=2$ . At subcarrier  $n$ ,

10

$$\mathbf{H}_1(n) = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_2(n) = \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Using the knowledge of these channels the central unit runs the CZF-SESAM algorithm as disclosed in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition  
15 Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571 and results in

20

$$\pi_n(1) = (2, 1)$$

$$\pi_n(2) = (1, 1)$$

$$v_{n_n}(1) = [1 \ 0]^T$$

$$v_{n_n}(2) = [0 \ 1]^T$$

Assume that the central unit allocates powers such that  $P_{n_n(1)} = P_{n_n(2)} = 1$ , the resulting precoded channel matrices are  $M_1(n) = H_1(n)$  and  $M_2(n) = H_2(n)$ , which can be estimated by  
25 the receivers with the help of pilot sequences. Let  $1$  be

the identifier of user 1 and -1 that of user 2. Over subchannel  $\pi_n(1)$ , -1 is transmitted. Over subchannel  $\pi_n(2)$ , 1 is transmitted applying some sort of coding so that interference seen by user 1 on this subchannel is eliminated. A technique for doing that is Tomlinson-Harashima precoding as disclosed in G. Ginis and J. Cioffi, "A Multi-user Precoding Scheme achieving Crosstalk Cancellation with Application to DSL Systems", published in the proceedings of the Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pages 1627-1631, Oct. 2000. This technique first subtracts from the symbols to be sent the interference that will add to the signal when being transmitted over the channel and then, in order to limit transmit power, performs a modulo operation on the resulting value that is compensated with a modulo operation at the transmitter. In this example interference caused by the identifier of user 2 on the subchannel allocated to user 1 is given by

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [1 \ 1] \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \end{bmatrix} \cdot -1 = -7 / \sqrt{2}.$$

Subtracting this interference from the identifier of user 1, taking into account the gain of subchannel  $\pi_n(2)$ , it can be obtained,

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{-7}{\sqrt{2}} = 9 / 2.$$

Note that if this value is transmitted over subchannel  $\pi_n(2)$  interference from subchannel  $\pi_n(1)$  cancels out at the receiver. Unfortunately, this value is much larger than 1 and might violate a possible power constraint at the transmitter. To limit the transmit power, a modulo

operation can be applied based on the interval  $[-2,2]$ . The value  $1/2$  is obtained, which is transmitted over subchannel  $\pi_n(2)$ .

- 5 Neglecting noise, over the first dimension user 1 receives the signal

$$\frac{1}{5} [3 \ 4] \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -\frac{43}{10},$$

- 10 which divided by the channel gain  $\lambda = 5$  yields  $-0.86$ . This value is within the modulo interval and is detected as  $-1$ . Thus, user 1 gets to know that this dimension has not been assigned to it.

- 15 Over the second dimension user 1 receives the signal

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [1 \ 1] \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -3\sqrt{2}.$$

- Dividing this value by the channel gain  $\lambda = \sqrt{2}$  and  
 20 applying the modulo operator over the interval  $[-2,2]$ , a value of  $1$  is obtained which tells user 1 that it has got this dimension assigned.

- Over the first dimension user 2 receives the signal  
 25

$$[1 \ 0] \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = -6,$$

- which divided by the channel gain  $\lambda = 6$  yields  $-1$ ,  
 indicating to user 2 that it will be receiving signals over  
 30 this subchannel.

Finally, over the second dimension user 2 receives the signal

$$5 \quad [1 \ 0] \begin{bmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 1/2 \end{bmatrix} = 1/2,$$

which is detected as 1 and indicates to the receiver that this dimension should be ignored.

10 In examples like this one it could occur that, accidentally, a user detects its own identifier in a dimension it has not got assigned. In practice, the probability that this occurs can be made arbitrarily small by using signal constellations with more levels than BPSK  
15 and coding techniques, for example QPSK, 8-QAM, 16-QAM or the like.

As each user knows its own identifier, the receivers can make use of this knowledge to improve the estimate of the  
20 receive weighting vectors.

In the third phase of a signaling procedure, over any particular subchannel information is transmitted about the signal constellation or bit loading. As in the second  
25 phase, this information should be transmitted using an alphabet known by the users that could be a predefined parameter of the system. After this step, users know all parameters required for detection and transmission of data can be started.

30

In Fig. 4A the a probable signaling flow of the proposed procedure according to an embodiment of the invention is shown. Herein, in a first step 402, the base station

computes a precoding matrix and a loading scheme. In a further second step 404, the base station BS transmits pilots over the precoded matrices and the mobile stations MS estimate the precoded channel. Then, in a thirs step 406  
5 the base station BS transmits user identifiers for each user on the subchannels, which are allocated for a communication link between the base station and the user. Then, in a fourth step 408, the base station BS transmits a bit loading scheme to the users MS in which it is signaled,  
10 how much data is transmitted via each of the subchannels. In a final fifth step 410, the transmission of payload data over the subchannels starts.

Concerning Fig. 4B, the signaling flow is similar to the  
15 signal flow according to the embodiment of Fig. 4A with the difference, that the steps 404 and 406 are combined. This can be done for example by using a pilot sequence for user identification as well as for channel estimation such that a signaling overhead can be reduced. However, in order to  
20 obtain unique signaling results, the pilot sequences over the different subchannels should be should be orthogonal to each other.

Fig. 5 represents an example of the resulting frame  
25 structure for the downlink. In a first time interval 502, pilots are transmitted as shown in step 404 of Fig. 4. Then, in a second time interval 504, the user identifiers UID (as disclosed in step 406 of Fig. 4) are transmitted. Hereafter, in a third time interval 506, a bit loading BL  
30 is performed as shown in step 408 in Fig. 4. Finally, payload data is transmitted in a fourth time interval 508 in accordance with the step 410 in Fig. 4. Note that, typically, pilots will be transmitted without performing successive encoding. However, successive encoding is

sometimes required for the transmission of identifiers, bit loading parameters and data.

If the signaling approach according to Fig. 4B is used, an  
5 user identifier pilot sequence is achieved which can be  
seen in Fig. 5B. in contrast to the separate signaling,  
there are now not two steps any more for user  
identification and channel estimation but only one step by  
which user identification and channel estimation are  
10 performed jointly.

For a low number of users the proposed procedure could be  
modified to merge the first and second steps into a single  
step, thus shortening the signaling procedure. This can be  
15 done by assigning to each user a different set of pilot  
sequences, which are used for channel estimation. A  
particular user utilizes its own pilot sequences for  
estimation purposes and the transmitter sends over each  
dimension a pilot sequence corresponding to the user to  
20 which that dimension has been assigned. If sequences are  
chosen to be orthogonal, a user is able to estimate only  
its assigned dimensions by correlating the receive signal  
with its known pilot sequences. In order to be able to  
estimate several dimensions over the same carrier, a user  
25 should be given as many pilot sequences as the minimum of  
its number of receive antennas and the number of transmit  
elements. Estimates obtained by correlating the received  
signal with a sequence that was not transmitted will result  
in a very poor channel over which no recognizable signals  
30 will be received. The receiver will be able to discard  
these false estimates in a subsequent phase. The main  
drawback of this merging of identifiers and pilot signals  
is that, already, for a moderate number of users and  
receive antennas many sequences have to be assigned, which,  
35 in order to preserve orthogonality, will become very long.

However, for short sequences, the approach is rather comfortable. In this approach, the pilot sequences should at least be as long as pilot sequences assigned to the users. For example, if 10 users are served and each user has assigned its own pilot sequence, each pilot sequence has to be at least 10 bits long in order to fulfill the orthogonality criterion.

In the following, a numerical example shall illustrate the advantage of the proposed signaling approach with respect to the standard approach applied to a multiuser multicarrier MIMO system with CZF-SESAM.

Assuming  $t = 4$  transmit antennas,  $K = 10$  users,  $r_k = 2$  receive antennas per user and  $N = 1024$  carriers. The minimum number of bits necessary to reference 10 users is 4. Further it is assumed that the user identifiers are coded with rate  $2/3$  and transmitted as QPSK symbols, i.e. 3 symbols are necessary to transmit a user identifier. In the standard approach a user identifier would precede a kind of lookup table with all assigned subcarriers and spatial dimensions represented by receive weighting vectors (see Fig. 6). Reference to a subcarrier needs at least 10 bits, which if transmitted uncoded over a QPSK constellation make up 5 symbols. Each of the receive weighting vectors or beams is represented by a pair of complex values or equivalently 4 real numbers in the interval  $[-1,1]$ . If this interval is quantized in 16 segments, each real value is represented with 4 bits and, thus, using QPSK a total of 8 symbols are required to represent a weighting vector. Assuming that all space-frequency dimensions are assigned, the total amount of symbols required to reference all these dimensions is greater or equal to  $2 \times 1024 \times (5 + 2 \times 8) = 43008$ , where it has been considered that every subcarrier

is referenced in the tables of at least two different users and that the maximum number of beams assigned to a specific user on a given carrier is two. To this number the symbols should be added that are needed to reference users, i.e.,  
5 provided that all users get some dimensions, 30 symbols. Also some additional symbols would be required to indicate the end of every beams field in the lookup tables and the end of each lookup table. Further it is considered that at the end of each beams field and each lookup table three  
10 symbols are inserted for these formatting purposes. Considering that all carriers are assigned and all users get some dimensions, the number of required formatting symbols is equal to or greater than  $2 \times 1024 \times 3 + 10 \times 3 = 6174$ . If the symbols required to reference dimensions and  
15 users and formatting symbols are added, a total of at least 49212 symbols is obtained. This number of symbols constitutes a conservative estimate of the information content that should be transmitted over the common signaling link in the standard approach. Assume that for  
20 the common signaling link a time slot is allocated at the beginning of a frame and that an OFDM scheme with 1024 carriers is also used for transmission in this link. The number of OFDM symbols required for the transmission of signaling symbols over the common signaling link is  
25  $\lceil 49212/1024 \rceil = 49$ . If to this number 4 more OFDM symbols used as pilots for channel estimation are added, a total of 53 OFDM symbols are obtained that are required for signaling purposes over the common signaling link of the standard signaling approach (see Fig. 7). After  
30 transmission of the common signaling link, first, pilots should be transmitted to allow the receivers to estimate their assigned channels and, finally, some symbols should be allocated to indicate the bit load or signal constellation used for data transmission. Considering pilot

sequences with 8 symbols and two more symbols to indicate the bit load, the total signaling overhead in the standard signaling approach would amount to 63 OFDM symbols. The reasons for taking longer training sequences for the  
5 estimation of precoded subchannels than for the estimation of channels in the common signaling link is that, while in the common signaling link it will be possible to exploit correlation among subcarriers to improve the estimate, the precoding resulting from the CZF-SESAM algorithm breaks the  
10 correlation properties of the channel in the frequency domain and, as a consequence, more pilots will be needed to achieve the same quality in the estimate.

Coming back to the novel signaling approach described in  
15 the previous section, it can be observed that the amount of OFDM symbols required for signaling purposes reduces to  $8+3+2 = 13$ . For this calculation it has been assumed that the length of the pilot sequence and the number of symbols required to reference users or indicate bit load are chosen  
20 as in the standard approach. It can be observed that the overhead reduces approximately a 79.4 % in this example, in which very conservative figures in favor of the standard approach have been chosen. Furthermore, while the overhead of the standard approach increases as the number of users  
25 in the system increases, the overhead of the novel signaling approach keeps constant with respect to the number of users as long as all of them can be referenced with the number of symbols allocated to that purpose. For this example, merging the two first signaling steps results  
30 in 10 symbols for user specific pilot sequences and 2 Bits for bit loading. Thus, this overhead reduces by 7,7%.

The algorithm CZF-SESAM was initially proposed for white noise scenarios. A straight forward extension to colored  
35 noise scenarios involves the application of a noise

whitening stage in the receiver structure. In this kind of scenario the downlink signaling concept described above can be straightforwardly applied. The only difference is that, rather than the physical channels, the base station should now know the effective channels of users in the system. In a TDD scheme, in order to permit the base station to estimate the effective channels in the uplink, any user  $k$  should transmit pilots over the matrix  $H_k^T R_k^{T/2}$  instead of transmitting pilots over the physical channel  $H_k$ , i.e. the pilots should be precoded at the mobile station with the transpose of the corresponding whitening matrix. Over these effective channels, the base station executes the CZF-SESAM algorithm and the downlink signaling occurs as described previously. However, in order to correctly detect information sent by the base station during this phase, the mobile station should consider receive signals at the output of the whitening filter rather than signals at the output of the physical channel.

To be more specific, the determination of sub-channels of a communication channel can be performed as described in the following section. Herein geometrical characteristics of the channel are exploited. For a more detailed analysis, reference is made on the international patent application PCT/EP2004/012571.

The idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 is based on the finding that an efficient multi-user transmission system can be provided, when different user signals being associated with different users are transmitted within different subspaces, the subspaces being orthogonal to each other, wherein each user transmitter transmitting within the inventive communication environment may be assigned a unique and user-specific subspace for transmission.

The finding is based on the fact that a user signal in digital domain comprising a plurality of coefficients can be viewed as a vector arranged within a space, in which  
5 the coefficients of the vector are arranged.

For example, a user signal comprising three coefficients can be considered as being a vector arranged within a three-dimensional space, the space being spanned by  
10 orthogonal eigenvectors being associated with eigenvalues or singular values. Moreover, an eigenvalue associated with an eigenvector may be considered as being an attenuation or amplification factor being associated with a space direction determined by the eigenvector.

15 According to the idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 , the user signals may be associated with a certain, common frequency, which may result when assigning signals to sub-carriers in a multicarrier system. In order to transmit the signals at  
20 the certain frequency, the subspaces may be subspaces associated with the certain frequency. Moreover, according to the idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 , other user signals  
25 associated with another frequency may be projected on other subspaces being orthogonal to each other. In addition, the available bandwidth can efficiently be exploited for e.g. a multi-user transmission since the same frequency band can be used for a plurality of user  
30 signals sharing same frequencies but being transmitted within different subspaces.

In this context, the term "subspace" refers to a partial part of a space. Referring again to the above example, a  
35 subspace associated with a three-dimensional space may be for example a plane spanned by eigenvectors being associated with e.g. a first and a second direction (e.g.

x, y components). However, a subspace may also be spanned by only one eigenvector. In this case, the subspace is one-dimensional. Generally speaking, a subspace being associated with a space has less dimensions than the space  
5 itself.

The inventive approach is simple, since known geometric and linear signal processing methods, for example rotation, projection or subspace-selective processing,  
10 where e.g. only some signal components being associated with certain subspaces are processed, are to be implemented.

The idea described in the international patent application  
15 PCT/EP2004/012571 exploits the geometric interpretation of digital signals and provides a concept for processing and separation of multi-user signals , where different user signals being associated with different users are projected onto different subspaces, wherein any subspace  
20 is orthogonal to any other subspace.

For example, a base-station employing the inventive concept for transmitting a multi-user signal to a first receiver and to a second receiver being spatially  
25 separated from the first receiver and from the base-station may be configured for processing a first user signal to be received by the first receiver and a second user signal to be received by the second receiver. In order to enable e.g. an efficient multi-user separation at  
30 the receivers, the base-station may be configured, in accordance with the idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 , for projecting the first user signal onto a first subspace, for projecting the second user signal onto a second subspace, the second  
35 subspace being orthogonal with respect to the first subspace, and for superimposing the resulting spatially separated signals in order to obtain a transmit signal to

be simultaneously transmitted by e.g. a plurality of transmitting points to the first and to the second receiver. If channel influences are perfectly removed at a respective receiver, than the first receiver can extract  
5 the first user signal from a received version of the transmit signal by capturing the first subspace while suppressing the second subspace. Correspondingly, the second receiver may be configured for capturing the second subspace in order to extract the second user signal and to  
10 suppress the first subspace containing the first user signal.

However, if the communication channels, i.e. if a first communication channel extending between the transmitter  
15 and the first receiver and the second communication channel extending between the transmitter and the second receiver are non-orthogonal with respect to each other, then interference may appear. In this case, the receiver may be configured for equalizing the channels in order to  
20 remove the interferences for capturing the respective subspace.

In addition to the equalization concept, the idea described in the international patent application  
25 PCT/EP2004/012571 further provides a concept for dealing with non-orthogonal channels in order to prevent for interferences corrupting the respective separated user signal, wherein only certain sub-spaces are chosen.

30 Instead of orthogonalizing the channels, i.e. instead of controllably introducing interferences into the first and second user signal for compensating the interferences resulting when transmitting through physical communication channels, the idea described in the international patent  
35 application PCT/EP2004/012571 provides a concept based on linear projections of the signals onto different "channel subspaces", wherein e.g. the first signal is projected

onto a first subspace of a space being determined by coefficients of the first channel extending between the transmitter and the first receiver, and where the second user signal is projected onto a second subspace of a space being determined by coefficients of the second channel extending between the transmitter and the second receiver are arranged.

In other words, instead of orthogonalizing the channels, only certain "channel subspaces" being orthogonal to each other are used for transmitting different user signals, wherein "channel subspaces" being non-orthogonal with respect to other "channel subspaces" are excluded from transmitting the user signals.

For example, the transmitter comprises  $t$  transmitting points, each transmitting point comprising an antenna, wherein the transmit signal comprising  $t$  coefficients is to be simultaneously transmitted by the  $t$  transmitting points, i.e. wherein each coefficient of the transmit signal is to be transmitted by a different transmitting point. In case of  $t$  being greater than one, the resulting channel is determined by different paths associated with each transmitting point. Hence, the channel coefficients may be arranged to form a matrix comprising a plurality of columns and e.g.  $t$  rows or vice versa.

In order to enable the inventive user separation at a respective receiver by transmitting the first user signal and the second user signal within subspaces being orthogonal to each other, and in order to reduce interferences due to a non-orthogonality of the communication channels, the first subspace, onto which the first user signal is to be projected, is a subspace of a space in which the coefficient of the first channel matrix are arranged. Furthermore, according to the idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571

, the second subspace is a certain subspace of a space in which coefficients of the second channel matrix are arranged. More specifically, the second subspace is chosen from the space, in which the coefficients of the second  
5 channel matrix are arranged, such that the second subspace is orthogonal to the first subspace. Since the different user signals are projected onto orthogonal subspaces depending on the respective channel, the interferences may be completely eliminated or, at least, reduced in spite of  
10 the fact that the transmit signal is transmitted through non-orthogonal channels.

The idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 further provides a possibility for a  
15 spatial- and user selective assigning communication resources to different users depending on certain transmission requirements like e.g. quality of service, bit error rate, delay, etc. Referring again to the example with the two user signals, the first user signal may  
20 require more bandwidth than the second user signal. In this case, the first subspace may be chosen such that it has more dimensions than the complementary second subspace to be used for transmitting the second user signal. For example, the subspace assignment may be performed in a  
25 plurality of subsequent steps. In a first step, the first subspace having a sufficiently large dimension for increasing the data rate or being spanned by eigenvectors associated with large eigenvalues for reducing attenuation, or, generally, in order to fulfill the  
30 transmission requirement being associated with transmitting the first user signal, is chosen. Since the first and the second communication channel may be non-orthogonal to each other, then the first subspace may have components overlapping with the space, in which  
35 coefficients of the second channel are arranged. Therefore, the second subspace can be chosen from a resulting complementary space, in which coefficients of

the second channel are arranged, the complementary space resulting when excluding the overlapping components of the first subspace from the space from which coefficients of the second channel are arranged.

5

The idea described in the international patent application PCT/EP2004/012571 further provides a possibility for a spatial- and user selective assigning communication resources to different users depending on certain transmission requirements like e.g. minimum channel  
10 attenuation, transmission delay, user priority, bit rate, bit error rate etc.

In reference to the above discussed example in respect to the two user signals, the components of the first and second subspace, i.e. the eigenvectors spanning the first subspace and the eigenvectors spanning the second subspace, may successively be determined during subsequent iteration steps. In other words, instead of successively determining  
20 subspaces, which is the inventive concept described above, for example, eigenvectors e.g. either for the first or for the second subspace may be determined. Therefore, certain characteristics of single eigenvalues associated with the eigenvectors to be chosen can be taken into account while  
25 successively, for example, iteratively, determining the first and the second subspace such that both subspaces are orthogonal with respect to each other. Therefore, certain subspace properties can explicitly be taken into account.

A possible subspace property may be associated with a transmission property, since e.g. attenuation may directly depend on eigenvalues associated with eigenvectors spanning the subspace. In this case, it would be of interest to select eigenvectors being associated with largest  
30 eigenvalues. For example, in a first iteration step, an eigenvector associated with a largest eigenvalue among available eigenvalues is chosen, for example for the first  
35

or second user. Subsequently, a subspace being spanned by the chosen eigenvector may be subtracted from the available subspace in order to obtain a reduced subspace for further iterations.

5

In a further iteration step, the reduced subspace may be subject to performing a singular value decomposition in order to obtain eigenvalues and eigenvectors associated therewith, the eigenvectors spanning the reduced subspace.

10 In a further iteration step, the eigenvalues may be analyzed in order to determine e.g. a further largest value among the determined eigenvalues. For example, the further largest eigenvalue may be assigned to a first or to a second user, depending on e.g. a user requirement like e.g.  
15 a bit error rate, quality of service, delay etc, or depending on the suitability of the eigenvector for the respective user.

In a further iteration step, a subspace being spanned by  
20 the previously selected eigenvectors may be subtracted from the available subspace to obtain a complementary subspace serving as a basis for further iterations and so forth. The iteration may stop when all available dimensions being associated with the available subspace are assigned to  
25 users, or when the remaining dimensions are associated with e.g. small eigenvalues, e.g. 0.01 the largest eigenvalue, so that a significant attenuation is to be expected for the corresponding spatial directions so that these directions are not taken into account. At the end of the iterations,  
30 the eigenvectors being assigned to the first user span the first subspace and the eigenvectors being assigned to the second user span the second subspace. Since, in each iteration, the already assigned subspace may subtracted from the currently available subspace, in the following a  
35 complementary space is taken into consideration. Therefore, orthogonality between the resulting first and second subspace can always be achieved.

In this context, the term "orthogonal" relates to the case, where an ideal and rounding error-free determination of eigenvectors spanning the sub-spaces can be performed.  
5 However, when digitally calculating the eigenvectors, only a limited computation accuracy may be achieved so that an orthogonality error due to e.g. due to a finite word-length or rounding error may occur. Therefore, in the following, the term "orthogonal" relates e.g. to vectors,  
10 being orthogonal within an orthogonality range extending between e.g. 0 and 0.001, 0 and 0.01 or 0 and 0.1 (e.g. in relation to non-orthogonality), depending on a computational accuracy.

15 Thus, in a preferred embodiment, the inventive apparatus for signaling further comprises:

a generator being configured for generating a first set of weighting coefficients and for generating a second set of  
20 weighting coefficients, the first set of weighting coefficients to be used for weighting a first user signal associated with the first receiver to obtain a first transmit signal, the second set of weighting coefficients to be used for weighting a second user signal associated  
25 with the second receiver to obtain a second transmit signal, the generator further comprising:

a calculator being configured for calculating  $m$  eigenvectors spanning a first subspace of a space,  $m$   
30 being equal to or greater than 1, the  $m$  eigenvectors forming the first set of weighting coefficients for the first receiver, and for calculating  $n$  eigenvectors spanning a second subspace of a further space, the second subspace being orthogonal to the first  
35 subspace,  $n$  being equal to or greater than 1, the  $n$  eigenvectors forming the second set of coefficients

for the second receiver, such that the first transmit  
signal represents a projection of the first user  
signal onto the first subspace and the second transmit  
signal represents a projection of the second user  
5 signal onto the second subspace,

wherein the subchannel allocation signaler is configured to  
transmit the first user identifier using the first set of  
weighting coefficients and to transmit the second user  
10 identifier using the second set of weighting coefficients.

Summarizing, a new signaling concept is presented to  
provide to the users of a multiple output multiple input  
and possibly multicarrier system with the required  
15 information about the resource allocation, channel  
condition and transmission parameters that overcomes the  
main drawbacks of the standard signaling approach.

Rather than broadcasting information about the resource  
20 allocation in the first step, an embodiment of the present  
inventive method first broadcasts pilot sequences over the  
pre-coded channels so that every receiver in the system is  
able to estimate all spatial dimensions allocated by the  
transmitter. In a second step, a user identifier is sent  
25 over each spatial dimension that allows the receivers to  
know the dimensions they have been allocated. Finally,  
transmission parameters such as bit loading can be  
transmitted over each allocated subchannel.

30 This approach does not require the existence of a signaling  
broadcast channel and hence bandwidth is saved. Pilots  
should be also sent in a conventional approach to estimate  
the allocated subchannel, therefore, the transmission of  
pilots does not represent additional bandwidth if compared  
35 with standard signaling schemes. The user identifier

reveals the resource allocation to the users and represents the additional bandwidth exclusively allocated to this end, which is quite modest if compared with the bandwidth that would be needed to operate a signaling broadcast channel.

5 Moreover, as the user identifiers are known by the respective receivers, this information can be used to improve channel estimation.

10 A new general concept for signaling in point to multipoint systems has been introduced, in which context the invention can be applied. This general procedure can be seen in three steps:

- Broadcast pilot sequences over the allocated resources.
- 15 • Transmission of a user identifier over each allocated portion of resources and
- Transmission of further transmission parameter over each allocated portion of resources.

20 This general concept is especially adequate for point to multipoint systems with multiple inputs and multiple outputs. In such systems, the allocation of resources computed at the central unit by a decomposition algorithm such as that proposed in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch,  
25 and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571 can be signaled to the receive terminals by:

30

- Transmitting pilot sequences over the chain formed by the power allocation matrix, which indicates the power used for transmission over any particular dimension, and the precoding matrix resulting from the application of

the CZF-SESAM algorithm described in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571. These sequences might be orthogonal or arbitrary sequences, though the former present some advantages for the estimation of the precoded channels. These sequences will be, typically, transmitted without applying any kind of successive encoding technique.

- Transmitting over each subchannel a user identifier using predefined signal constellations and/or successive encoding to suppress interference.
- Transmitting over each subchannel information about the bit loading or signal constellation used for data transmission. This information should be transmitted using predefined signal constellations and/or a successive encoding technique to suppress interference.

Alternatively, the first and second steps could be merged into a single step by assigning to each user a set of as many pilot sequences as the minimum of its number of receive antennas and the number of transmit elements. In this case, the allocation of resources computed at the central unit by a decomposition algorithm such as proposed in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571 can be signaled to the receive terminals by:

- Transmitting pilot sequences over the chain formed by the power allocation matrix, which indicates the power used for transmission over any particular dimension, and the precoding matrix resulting from the application of the CZF-SESAM algorithm described in P. Tejera, W. Utschick, G. Bauch, and J.A. Nossek, "A Novel Decomposition Technique for Multiuser MIMO", published in ITG/IEEE Workshop on Smart Antennas, Duisburg, Apr. 2005 or the international patent application PCT/EP2004/012571, wherein for each spatial dimension a pilot sequence should be chosen that corresponds to the user to which that spatial dimension has been assigned. If on a particular subcarrier a user is assigned more than one dimension, different pilot sequences among those assigned to that user should be chosen for different dimensions. Pilot sequences might be orthogonal or arbitrary sequences, though the former present some advantages for the estimation of the precoded channels. These sequences will be, typically, transmitted without applying any kind of successive encoding technique.
- Transmitting over each subchannel information about the bit loading or signal constellation used for data transmission. This information should be transmitted using predefined signal constellations and/or a successive encoding technique to suppress interference.

In this last approach the users are not explicitly told which dimensions they have got assigned. However, in case an estimate does not correspond to an assigned subchannel, the resulting subchannel will be so poor that receive signals will not be recognizable and the receive terminal will be able to discard that dimension subsequently.

Depending on certain implementation requirements, the inventive method can be implemented in hardware or in software. The implementation can be performed using a digital storage medium, in particular, a disc or a CD having electronically readable control signals stored thereon, which can cooperate with a programmable computer system such that the inventive methods are performed. Generally, the present invention is therefore a computer program product with a program code stored on a machine-readable carrier, the program code performing the inventive methods, when the computer program product runs on a computer. In other words, the inventive methods are, therefore, a computer program having a program code for performing the inventive methods, when the computer program runs on a computer.

1. Apparatus for signaling an allocation of a first  
communication link between a transmitter (100) and a  
5 first receiver (102) to a first subchannel ( $H_1$ ) of a  
communication channel and for signaling an allocation  
of a second communication link between the transmitter  
(100) and a second receiver (104) to a second  
subchannel ( $H_2$ ) of a communication channel, the first  
10 and second subchannels ( $H_1, H_2$ ) being different from  
each other, the apparatus comprising:

a subchannel allocation signaler (106) being  
configured to transmit a first user identifier ( $ui_1$ )  
15 over the first subchannel ( $H_1$ ) and to transmit a  
second user identifier ( $ui_2$ ) over the second  
subchannel ( $H_2$ ), the first and second user identifiers  
( $ui_1, ui_2$ ) being different from each other, wherein  
the first user identifier ( $ui_1$ ) is assigned to the  
20 first receiver (102) and the second user identifier  
( $ui_2$ ) is assigned to the second receiver (104),

wherein the subchannel allocation signaler (106) is  
configured to choose a first pilot sequence as a first  
25 user identifier ( $ui_1$ ) and to choose a second pilot  
sequence as a second user identifier ( $ui_2$ ), the first  
and the second pilot sequences being orthogonal to  
each other.

30 2. Apparatus according to claim 1, wherein the  
communication channel is a multiple-input-multiple-  
output channel and wherein the subchannel allocation  
signaler (106) is configured to identify the first  
subchannel ( $H_1$ ) by a first spacial dimension and to  
35 identify the second subchannel ( $H_2$ ) by a second

spatial dimension, the first and second spacial dimensions being different from each other.

3. Apparatus according to one of claims 1 to 2, further comprising:

5  
10  
15  
a generator being configured for generating a first set of weighting coefficients and for generating a second set of weighting coefficients, the first set of weighting coefficients to be used for weighting a first user signal associated with the first receiver (102) to obtain a first transmit signal, the second set of weighting coefficients to be used for weighting a second user signal associated with the second receiver (104) to obtain a second transmit signal, the generator comprising:

20  
25  
30  
a calculator being configured for calculating  $m$  eigenvectors spanning a first subspace of a space,  $m$  being equal to or greater than 1, the  $m$  eigenvectors forming the first set of weighting coefficients for the first receiver, and for calculating  $n$  eigenvectors spanning a second subspace of a further space, the second subspace being orthogonal to the first subspace,  $n$  being equal to or greater than 1, the  $n$  eigenvectors forming the second set of coefficients for the second receiver (104), such that the first transmit signal represents a projection of the first user signal onto the first subspace and the second transmit signal represents a projection of the second user signal onto the second subspace,

35  
wherein the subchannel allocation signaler (106) is configured to transmit the first user identifier (u<sub>id</sub>)

using the first set of weighting coefficients and to transmit the second user identifier using (ui2) the second set of weighting coefficients.

- 5 4. Apparatus according to one of claims 1 to 3, wherein  
the subchannel allocation signaler (106) comprises  
knowledge about transmission characteristics of the  
first or second subchannel ( $H_1$ ,  $H_2$ ) and wherein the  
subchannel allocation signaler (106) is furthermore  
10 configured to precode the first user identifier (ui1)  
in response to the transmission characteristics of the  
first subchannel ( $H_1$ ) or to precode the second user  
identifier (ui2) in response to the transmission  
characteristics of the second subchannel ( $H_2$ ).
- 15
5. Apparatus according to one of claims 1 to 4, wherein  
the first subchannel ( $H_1$ ) and a third subchannel are  
assigned to the first communication link between the  
transmitter (100) and the first receiver (102), the  
20 first and third subchannels being different from each  
other and wherein the subchannel allocation signaler  
(106) is configured to transmit the first user  
identifier (ui1) over the third subchannel.
- 25 6. Method for signaling an allocation of a first  
communication link between a transmitter (100) and a  
first receiver (102) to a first subchannel ( $H_1$ ) of a  
communication channel and for signaling an allocation  
of a second communication link between the transmitter  
30 (100) and a second receiver (104) to a second  
subchannel ( $H_2$ ) of a communication channel, the first  
and second subchannels ( $H_1$ ,  $H_2$ ) being different from  
each other, the method comprising the following step:

subchannel allocation signaling being performed by transmitting a first user identifier (ui1) over the first subchannel ( $H_1$ ) and transmitting a second user identifier (ui2) over the second subchannel ( $H_2$ ), the first and second user identifiers (ui1, ui2) being different from each other, wherein the first user identifier (ui1) is assigned to the first receiver (102) and the second user identifier (ui2) is assigned to the second receiver (104),

wherein the step of subchannel allocation signaling comprises choosing a first pilot sequence as a first user identifier (ui1) and choosing a second pilot sequence as a second user identifier (ui2), the first and the second pilot sequences being orthogonal to each other.

7. Apparatus (150) for determining an allocation of a communication link between a transmitter (100) and a receiver (102) to a subchannel ( $H_1$ ) of a communication channel on the basis of a predefined first pilot sequence (ui1) being assigned to the receiver (102), wherein the transmitter is configured for sending a first pilot sequence over a first subchannel and for sending a second pilot sequence over a second subchannel, the second subchannel being different from the first subchannel, the first and second pilot sequences being orthogonal to each other, the apparatus (150) comprising:

an estimator (152) being configured to correlate a receive signal from the subchannel ( $H_1$ ) with the predefined first pilot sequence; and

a detector (154) for accepting the allocation of the communication link between the transmitter (100) and the receiver (102) to the subchannel ( $H_1$ ), if the correlation of the receive signal with the first pilot sequence is in a predefined relation with the first pilot sequence and for rejecting the allocation of the communication link between the transmitter (100) and the receiver (152) to the subchannel ( $H_1$ ) if the correlation of the receive signal with the first pilot sequence is not in the predefined relation with the first pilot sequence.

8. Apparatus according to claim 7, wherein the communication channel is a multiple-input-multiple-output channel and wherein the estimator (152) is configured to identify the first subchannel ( $H_1$ ) by a first spacial dimension and to identify the second subchannel ( $H_2$ ) by a second spatial dimension, the first and second spacial dimensions being different from each other.
9. Apparatus according to one of claims 7 to 8, wherein the first subchannel ( $H_1$ ) and a third subchannel are assigned to the communication link between the transmitter (100) and the first receiver (102), the first and third subchannels being different from each other, the transmitter being configured for transmitting the first pilot sequence over the third subchannel and wherein the estimator (152) is configured to correlate a further receive signal from the third subchannel with the first pilot sequence and wherein the detector (154) is configured to allocate the third subchannel to the communication link between the transmitter (100) and the receiver (102), if the correlation of the further receive signal with the

first pilot sequence is in a predefined relation with the first pilot sequence.

10. Method for determining an allocation of a  
5 communication link between a transmitter (100) and a receiver (102) to a subchannel ( $H_1$ ) of a communication channel on the basis of a predefined first pilot sequence being assigned to the receiver (102), wherein a first pilot sequence is sent over a first  
10 subchannel and a second pilot sequence is sent over a second subchannel, the second subchannel being different from the first subchannel and the first and second pilot sequences being orthogonal to each other, the method comprising the steps of:  
15 correlating a received signal from the subchannel ( $H_1$ ) with the predefined first pilot sequence; and  
accepting the allocation of the communication link  
20 between the transmitter (100) and the receiver (102) to the subchannel ( $H_1$ ), if the correlation of the received signal with the first pilot sequence is in a predefined relation with the first pilot sequence and rejecting the allocation of the communication link  
25 between the transmitter (100) and the receiver (102) to the subchannel ( $H_1$ ) if the correlation of the received signal with the first pilot sequence is not in the predefined relation with the first pilot sequence.
- 30 11. Computer program having a program code for performing the methods according to claims 6 or 10, when the computer program runs on a computer.

5 **1. Abstract**

An apparatus for signaling an allocation of a communication link between a transmitter (100) and a first receiver (102) to a first subchannel ( $H_1$ ) of a communication channel and  
10 for signaling an allocation of a second communication link between the transmitter (100) and a second receiver (104) to a second subchannel ( $H_2$ ) of the communication channel, the first and second subchannels ( $H_1, H_2$ ) being different from each other, comprises a subchannel allocation signaler  
15 (106) being configured to transmit a first user identifier (ui1) over the first subchannel ( $H_1$ ) and to transmit a second user identifier (ui2) over the second subchannel ( $H_2$ ), wherein the first and second user identifiers (ui1, ui2) are different from each other and wherein the first  
20 user identifier (ui1) is assigned to the first receiver (102) and the second user identifier (ui2) is assigned to the second receiver (104).

25 **2. Representative Drawing**

Fig. 1A

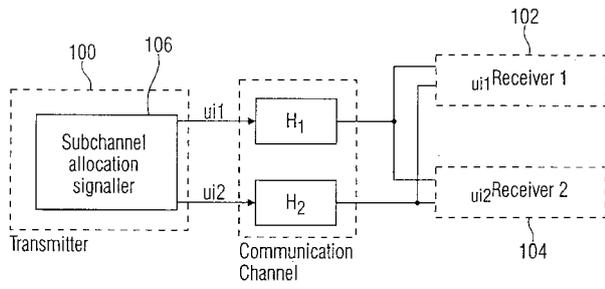


FIG. 1A

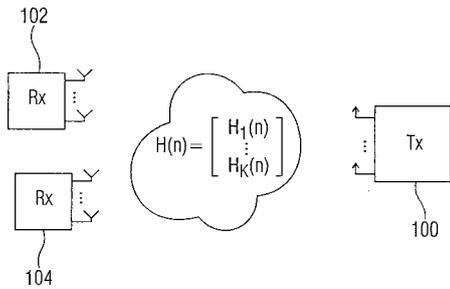


FIG. 2

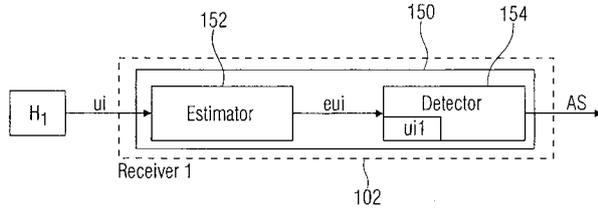


FIG. 1B

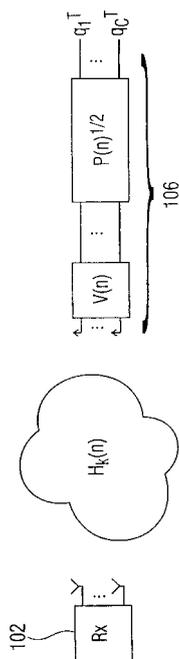


FIG. 3

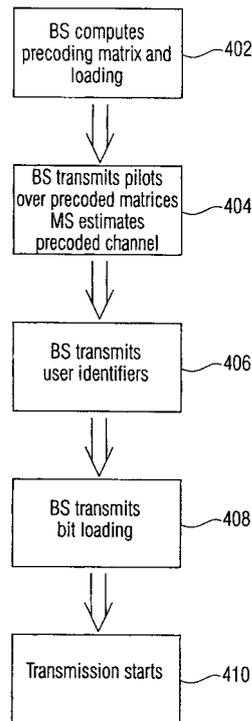


FIG. 4A

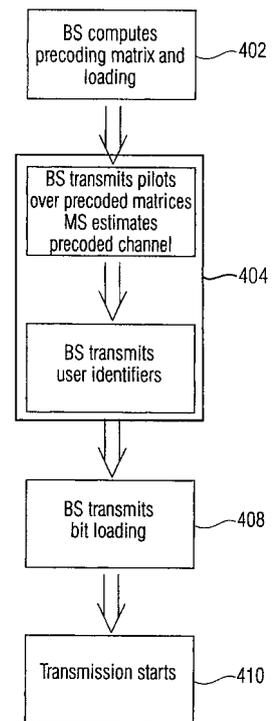


FIG. 4B

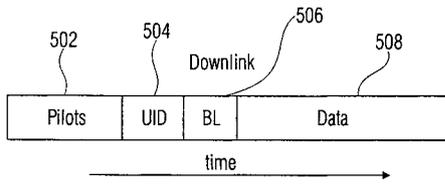


FIG. 5A

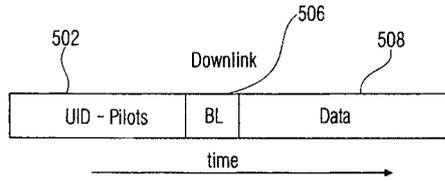


FIG. 5B

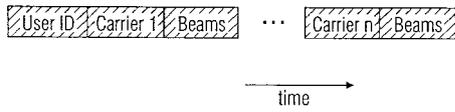


FIG. 6

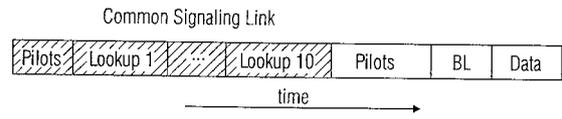


FIG. 7