

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04B 7/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510107985.9

[43] 公开日 2007 年 4 月 4 日

[11] 公开号 CN 1941663A

[22] 申请日 2005.9.30

[21] 申请号 200510107985.9

[71] 申请人 上海原动力通信科技有限公司

地址 201700 上海市青浦区新业路 599 号 3
幢 103 号

[72] 发明人 孙长果 索士强

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 逯长明

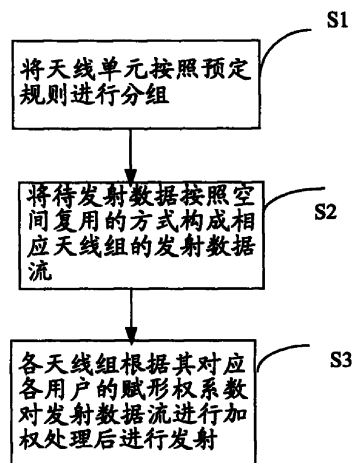
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

多天线信道复用的方法及波束赋形的方法

[57] 摘要

本发明提供一种多天线信道复用的方法，运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机，首先将天线单元按照预定规则进行分组；接着将待发射数据按照空间复用的方式构成相应天线组的发射数据流；并各天线组根据其对应各用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射。每个天线组发射并行数据给不同的用户，在各天线组之间采用空间复用方式，在天线组的天线单元之间采用波束赋形方式发射数据，适应信道的不同环境。



1、一种多天线信道复用的方法，运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机，其特征在于，包括步骤：

- 1) 将天线单元按照预定规则进行分组；
- 2) 将待发射数据按照空间复用的方式构成相应天线组的发射数据流；
- 3) 各天线组根据其对应用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射。

2、根据权利要求1所述的多天线信道复用的方法，其特征在于：所述预定规则为每个天线组包含的天线单元数量大于或等于天线组的组数。

3、根据权利要求2所述的多天线信道复用的方法，其特征在于：所述天线组内的天线单元相邻排列。

4、根据权利要求3所述的多天线信道复用的方法，其特征在于，在步骤3)之前包括：

各天线组中的每个天线单元对复用该信道的各用户利用接收到的数据分别进行信道估计；

根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数。

5、根据权利要求4所述的多天线信道复用的方法，其特征在于：所述赋形权系数根据该天线组对应的用户的接收功率及其他天线组对应的用户的接收功率获取。

6、根据权利要求5所述的多天线信道复用的方法，其特征在于，在根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数的步骤之前还包括获取每个天线组相对每个用户的空间协方差矩阵，该协方差矩阵按照下述公式计算：

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \left\{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \right\}$$

其中， $\mathbf{R}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的空间协方差矩阵，维数为 (M_{n_1}, M_{n_1}) ，

$H^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的信道估计结果矩阵。

7、根据权利要求 6 所述的多天线信道复用的方法，其特征在于，所述赋形权系数按照以下公式获得：

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n,n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n,n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right)$$

其中， $\mathbf{w}^{(n)}$ 为用户 n 的赋形权系数矩阵， $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵， $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵， λ 是比例因子。

8、根据权利要求 3 所述的多天线信道复用方法，其特征在于，步骤 3) 之前还包括：获取每个天线组相对每个用户的施密特正交化矩阵，根据所述施密特正交化矩阵及所述信道估计获取所述赋形权系数。

9、一种波束赋形的方法，运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机，其特征在于，包括步骤：

91) 将天线单元按照预定规则进行分组；

92) 各天线组根据其对对应各用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射。

10、根据权利要求 9 所述的波束赋形的方法，其特征在于：所述预定规则为每个天线组包含的天线单元数量大于或等于天线组的组数。

11、根据权利要求 10 所述的波束赋形的方法，其特征在于：所述天线组内的天线单元相邻排列。

12、根据权利要求 11 所述的波束赋形的方法，其特征在于，在步骤 92) 之前包括：

各天线组中的每个天线单元对复用该信道的各用户利用接收到的数据分别进行信道估计；

根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数。

13、根据权利要求 12 所述的波束赋形的方法，其特征在于：所述赋形权系数根据该天线组对应的用户的接收功率及其他天线组对应的用户的接收功率获取。

14、根据权利要求 13 所述的波束赋形的方法，其特征在于，在根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数的步骤之前还包括获取每个天线组相对每个用户的空间协方差矩阵，该协方差矩阵按照下述公式计算：

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \left\{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \right\}$$

其中， $\mathbf{R}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的空间协方差矩阵，维数为 (M_{n_1}, M_{n_1}) ， $\mathbf{H}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的信道估计结果矩阵。

15、根据权利要求 14 所述的波束赋形的方法，其特征在于，所述赋形权系数按照以下公式获得：

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n, n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n, n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right)$$

其中， $\mathbf{w}^{(n)}$ 为用户 n 的赋形权系数矩阵， $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵， $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵， λ 是比例因子。

16、根据权利要求 13 所述的波束赋形的方法，其特征在于，步骤 3) 之前还包括：获取每个天线组相对每个用户的施密特正交化矩阵，根据所述施密特正交化矩阵及所述信道估计获取所述赋形权系数。

多天线信道复用的方法及波束赋形的方法

技术领域

本发明涉及多天线的信道复用技术，具体涉及天线的空间复用技术及天线波束赋形技术。

背景技术

目前对于 MIMO（Multiple Input Multiple Output，多输入多输出）系统，利用多天线进行信道复用的方法分为空间复用方法及波束赋形方法。

在无线通信系统中，当基站和终端都具有多天线的时候，如果工作的信道环境空间相关性较小，可以采用 MIMO（Multiple Input Multiple Output，多输入多输出）系统的空分复用技术为热点地区提供高速数据服务，采用此种技术可以极大地提高数据传输的速率，同时也需要较高信噪比。

所谓 MIMO 的空间复用技术，就是发射端通过多根天线发送出多个并行的数据流，由于空间信道的不相关性，各个数据流经历的信道是相互独立的，因此可以通过每个数据流所经历的信道特征，区分出不同的流中包含的数据内容。MIMO 空间复用技术，通过在相同的时间和频率资源上，并行的发送不同的数据流，相对于单天线系统来说，有效的提高了数据速率，提高的频谱效率。

在无线通信系统中，当基站和终端都具有多天线的时候，如果工作的信道环境空间相关性较大，此时采用 MIMO 的空间复用技术，将会在数据流之间造成干扰，可以采用波束赋形技术提高系统抗干扰、抗衰落性能。

所谓波束赋形技术，就是发射端通过多根天线发送出同一个数据流，将 K 个用户信号分别调制到 K_a 根天线上，对于每个用户信号，在不同的天线上有不同的加权，加权后的信号以一定形状发射出去。如图 1 所示，假设发射端通

过9根天线发送同一数据流给用户1、用户2、及用户3，由于9根天线对不同用户的加权值不同，因此在接收端根据加权信号的不同分离出不同的用户。与空间复用技术不同的是，此时要求空间信道具有足够的相关性，从而使得通过不同天线加权发送出去的数据流能够在同一个方向上形成波束，从而可以提供抗干扰、衰落的能力。

由上述分析可知，MIMO系统中两种MIMO信道复用的方法分别适用于不同的环境，在散射体稀少的环境，由于信道的相关性较大，基于MIMO的空间复用方法无法提供独立的信道，因此无法对信道进行复用发射；而对于散射体丰富的环境，由于信道的相关性较小，波束赋形方法无法有效的抑制不同用户之间的信道干扰。

发明内容

本发明要解决的技术问题在于：提供一种多天线信道复用的方法及波束赋形方法，能够适应信道环境的变化，在信道相关性较小和信道相关性较大的时候均可使用。

为解决上述技术问题，本发明提供一种多天线的信道复用方法，运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机，包括步骤：

- 1) 将天线单元按照预定规则进行分组；
- 2) 将待发射数据按照空间复用的方式构成相应天线组的发射数据流；
- 3) 各天线组根据其对应各用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射。

优选的，所述预定规则为每个天线组包含的天线单元数量大于或等于天线组的组数。

其中，所述天线组内的天线单元相邻排列。

进一步，所述步骤3)之前包括：

各天线组中的每个天线单元对复用该信道的各用户利用接收到的数据分

别进行信道估计;

根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数。

其中, 所述赋形权系数根据该天线组对应的用户的接收功率及其他天线组对应的用户的接收功率获取。

进一步, 在根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数的步骤之前还包括获取每个天线组相对每个用户的空间协方差矩阵, 该协方差矩阵按照下述公式计算:

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \left\{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \right\}$$

其中, $\mathbf{R}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的空间协方差矩阵, 维数为 (M_{n_1}, M_{n_1}) , $\mathbf{H}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的信道估计结果矩阵。

其中, 所述赋形权系数按照以下公式获得:

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n, n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n, n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right)$$

其中, $\mathbf{w}^{(n)}$ 为用户 n 的赋形权系数矩阵, $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵, $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵, λ 是比例因子。

另外, 步骤3)之前还包括: 获取每个天线组相对每个用户的施密特正交化矩阵, 根据所述施密特正交化矩阵及所述信道估计获取所述赋形权系数。

另外, 本发明还一种波束赋形的方法, 运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机, 包括步骤:

91) 将天线单元按照预定规则进行分组;

92) 各天线组根据其对应各用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射。

优选的, 所述预定规则为每个天线组包含的天线单元数量大于或等于天

线组的组数。

其中，所述天线组内的天线单元相邻排列。

另外，在步骤 92) 之前还包括：

各天线组中的每个天线单元对复用该信道的各用户利用接收到的数据分别进行信道估计；

根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数。

另外，所述赋形权系数根据该天线组对应的用户的接收功率及其他天线组对应的用户的接收功率获取。

另外，在根据所述信道估计结果获取各天线组针对各用户的赋形权系数的步骤之前还包括获取每个天线组相对每个用户的空间协方差矩阵，该协方差矩阵按照下述公式计算：

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \left\{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \right\}$$

其中， $\mathbf{R}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的空间协方差矩阵，维数为 (M_{n_1}, M_{n_1}) ， $\mathbf{H}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的信道估计结果矩阵。

其中，所述赋形权系数按照以下公式获得：

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n, n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n, n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right)$$

其中， $\mathbf{w}^{(n)}$ 为用户 n 的赋形权系数矩阵， $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵， $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵， λ 是比例因子。

进一步，步骤 3) 之前还包括：获取每个天线组相对每个用户的施密特正交化矩阵，根据所述施密特正交化矩阵及所述信道估计获取所述赋形权系数。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：本发明通过将天线按照复用该信道的用户数进行分组，并公开了天线组的天线单元之间获得赋形权系数的方

法，每个天线组发射并行数据给不同的用户，在各天线组之间采用空间复用方式，在天线组的天线单元之间采用波束赋形方式发射数据，当信道相关性高时，由于各天线组内的各天线单元进行波束赋形，对不同用户之间的信道进行分离，从而使天线组发射的并行数据仍能区分出不同的用户，不受限于环境的变化；同时，当散射体较丰富时，由于各天线组之间充分的间距又能够保证天线组信道之间的独立性，能够利用空间复用方式发射数据。

进一步，由于本发明在对天线单元进行分组时，将相邻排列的天线单元划分为一个天线组，因此保证了天线组之间空间复用时间间隔大于半个波长的要求。

另外，由于本发明在每个天线组中包含多个天线单元，适用于目前已有的智能天线系统的扩容。

附图说明

图 1 是现有技术中波束赋形技术天线单元与用户的关系图

图 2 是本发明的信道复用的方法的流程图；

图 3 是具体实施例中波束赋形技术中天线单元与用户的关系图；

图 4 是具体实施例中天线单元的赋性方向图。

具体实施方式

由于 MIMO 系统中每对发送接收天线之间的衰落是独立的，因此一个 MIMO 信道可以看作多个并行的子信道，提供并行数据流的传输。如果在这些并行的子信道上传输不同的数据流，称为空间复用。空间复用技术把数据流划分为多个子数据流，并且通过不同的天线单元同时把这些子数据流发送至不同的移动台。因此，MIMO 信道的容量随着子信道的数量得到线性的提高。在发射机端和接收机端同时使用多根天线，并且在丰富散射体的环境下，MIMO 可以极大的提高信道的容量。

本发明的核心思想是将各个天线单元分组,每个天线组发送不同的数据流给对应的移动台,实现天线组的空间复用;同时每个天线组的各个天线单元发送相同的数据流进行波束赋形。

传统的波束赋形技术是所有的天线单元发送同一数据流给不同的用户,通过对不同用户的赋形权系数不同在接收端分离出不同的用户,为了能够使天线在使用空间复用技术时使用波束赋形技术,本发明提供的波束赋形的方法,首先将天线单元按照预定的规则进行分组,对各天线组采用信道复用方式,本发明提供的波束赋形的方法公开了对分组后的天线单元进行波束赋形的具体过程。众所周知,对多个天线单元进行波束赋形需要获取赋形权系数,本发明提供的获取波束赋形系数的方法是首先各天线组中每个天线单元对复用该信道的各用户分别进行信道估计;然后根据所述信道估计获取赋形权系数。与现有技术不同,本发明将每个天线组对应的用户信号调制到该天线组的各天线单元,并根据各天线组各自的所述赋形权系数加权后发射至相应的用户,而不是所有天线组的天线单元发送同一数据流发送给不同的用户。

上述信道估计可以按照下述公式得到:

$\mathbf{H}^{(n_1, n_2)} = [\mathbf{h}^{(M_1, n_2)}, \mathbf{h}^{(M_n, n_2)}]$, 其中, $\mathbf{H}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对用户 n_2 的信道估计矩阵;该信道估计矩阵的维数为 (W, M_{n_1}) , W 为按码片周期为单位进行采样的信道冲激响应抽头数目, M_{n_1} 为天线组 n_1 所含的天线单元数。

为了简化设计难度,本发明通过信道估计获得本领域技术人员惯用的每个天线组相对每个用户的空间协方差矩阵,通过空间协方差矩阵和信道估计得到赋形权系数。该协方差矩阵按照下述公式计算:

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \}$$

其中, $\mathbf{R}^{(n_1, n_2)}$ 为天线组 n_1 对应用户 n_2 的空间协方差矩阵,维数为 (M_{n_1}, M_{n_1}) , $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵。

所述赋形权系数根据该天线组对应的用户的接收功率及其他天线组对应的用户的接收功率获取。本发明提供了具体的实现方法，按照下述公式实现：

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n,n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n,n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right)$$

其中， $\mathbf{w}^{(n)}$ 为用户 n 的赋形权系数矩阵， $(\bullet)^H$ 表示共轭转置矩阵， $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵， λ 是比例因子。

另外，获取赋形权系数的方法还可以通过施密特 (Schmidt) 正交化方法、酉变换法等均可以实现干扰抑制的赋形权系数，在施密特正交化方法中，通过获得每个天线组相对每个用户的施密特正交化矩阵，经过正交变换后，构成与其他干扰信道都正交而与期望信道同向的权系数。除了上述方法，也可以通过期望用户与干扰用户的来波方向估计实现干扰抑制波束赋形。

本发明将上述多天线的波束赋形方法应用于空间复用技术时，本发明提供了信道复用的方法，运用于采用多个天线单元与远端的多个用户进行通信的收发信机，如图 2 所示，首先将天线单元按照预定规则进行分组，并且要求所述天线组分别与一个用户对应 (S1)；然后将待发射数据按照空间复用的方式构成相应天线组的发射数据流 (S2)；并且各天线组根据其对应各用户的赋形权系数对发射数据流进行加权处理后进行发射 (S3)。与现有技术不同，本发明进行信道复用的数据流是经过波束赋形加权后的数据流，在接收端接收时无需改变原有的接收方式，简化设计难度。获取赋形权系数的方法与上文相同，不再赘述。

本发明对天线组进行分组的预定规则是要求每个天线组包含的天线单元

数量大于或等于天线组的组数,以便利用波束赋形算法。由于进行空间复用的天线组之间的间距要求至少半个波长,为了达到该目的,本发明将相邻排列的天线单元划分为一个天线组。

以下列举一个本发明的具体实施例以更好的阐述本发明的实现过程。

在本实施例中,复用某一信道的用户数为 N ,则基站所需天线单元数为 $M \geq N^2$ 。将该 M 个天线单元分成 N 个天线组,称为天线子阵,每个天线组至少含有 N 个天线单元,组内的天线单元相邻排列,以便对组内的天线进行波束赋形。

欲得到各个天线单元对复用该信道的 N 个用户的信道估计,首先需要获得各天线单元上的信道冲击响应。

假设第 $n, n=1, \dots, N$ 个天线子阵的天线单元数为 $M_n \geq N$,天线单元为 $m_1^{(n)} \dots m_{M_n}^{(n)}$,用户 $n, n=1, \dots, N$,其在第 $m, m=1, \dots, M_n$ 个天线单元上的信道冲激响应记为 $\mathbf{h}^{(m,n)} = [h_1^{(m,n)}, h_2^{(m,n)}, \dots, h_W^{(m,n)}]^T$ 。 W 为信道冲激响应抽头数目。

某个天线子阵中所有天线单元对共用同一信道的 N 个用户进行信道估计的方法是:

以任意一个天线子阵 $n_1, n_1=1, \dots, N$ 为例,对该天线子阵对应的用户 n_1 以外的其他任意一个用户 $n_2, n_2=1, \dots, N$ 的信道估计矩阵如公式(1.1)所示,维数为 (W, M_{n_1}) ,其中,假设天线子阵 n_1 所含的天线单元为 $m_1 \dots m_{M_{n_1}}$

$$\mathbf{H}^{(n_1, n_2)} = [\mathbf{h}^{(M_1, n_2)}, \dots, \mathbf{h}^{(M_{n_1}, n_2)}] \quad (1.1)$$

计算天线子阵 n_1 对用户 n_2 的空间协方差矩阵如公式(1.2)所示,维数为 (M_{n_1}, M_{n_1})

$$\mathbf{R}^{(n_1, n_2)} = E \{ \mathbf{H}^{(n_1, n_2)} \mathbf{H}^{(n_1, n_2)H} \} \quad (1.2)$$

其中, $(\bullet)^H$ 表示共轭转置运算。

每个天线子阵对应一个共用同一信道的用户进行赋形接收或者赋形发射数据, 赋形的准则是抑制其他共用同一信道的用户的干扰, 欲达到该目的, 赋形权系数按照下述方式获得:

对于天线子阵 $n, n=1, L, N$, 接收/发射其对应的用户 n 的信号, 于是接收/发射赋形权系数为

$$\mathbf{w}^{(n)} = \arg \max_{\mathbf{w}} \left(\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n,n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \left(\sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n,n')} + \lambda \mathbf{I}^{(M_n)} \right) \mathbf{w}} \right) \quad (1.3)$$

式子 (1.3) 的含义是使 $\frac{\mathbf{w}^H \mathbf{R}^{(n,n)} \mathbf{w}}{\mathbf{w}^H \sum_{\forall n' | n' \neq n} \mathbf{R}^{(n,n')} \mathbf{w}}$ 最大的 $\mathbf{w}$ 即为最优解, $\mathbf{I}^{(M_n)}$ 是维数为 (M_n, M_n) 的单位阵, λ 是比例因子, 单位阵的作用在于不使主瓣方向偏离期望用户方向。众所周知, 该问题使一个广义特征值问题。

根据上述获得的赋形权系统就能够对各个天线子阵中的天线单元实现波束赋形了。

在对多个天线子阵进行信道复用时, 各个天线子阵内部的各个天线单元根据各自的赋形权系数 $\mathbf{w}$ 加权后发送至各自对应的用户。

以一个信道的复用用户数为 3 为例, 如图 3 所示, 将天线单元分为三个天线子组, 每个天线组称为一个天线子阵, 即图中所示的天线子阵 1、天线子阵 2、天线子阵 3, 同时, 每个天线子阵分别包括三个天线单元, 用于对每个用户进行波束赋形, 例如, 天线子阵 1 的三个天线单元 11、12、13 用于对用户 1 的数据流进行波束赋形。在进行信道复用时, 天线子阵 1 的天线单元 11、12、13 将用户 1 的数据流按照上述波束赋形系数加权后发射至用户 1, 同样, 天线子阵 2 的天线单元 21、22、23 将用户 2 的数据流按照上述波束赋形系数

加权后发射至用户 2；天线子阵 3 的天线单元 31、32、33 将用户 3 的数据流按照上述波束赋形系数加权后发射至用户 3。上面描述的是多个空间信道复用给不同用户的情况，对于多个空间信道复用给同一个用户（例如用户 1）的情况，则首先对用户 1 的数据流分段分配到不同的天线组，构成天线组的发送数据流，然后各天线组求出各自组对用户 1 的发射赋形权系数。此时并没有干扰用户，则式（1.3）中分母中的干扰项为 0。按照以上方式发射的数据流，由于各个天线子阵之间充分的间距，保证了各个天线子阵信道之间具有独立性，因此在信道相关性较小时，各个天线子阵之间采用空间复用技术，而当信道相关性较大时，由于对各个天线子阵中的天线单元进行波束赋形，因此当此时采用空间复用技术时仍然能够区分出各个用户。图 4 为信道相关性较大时的天线子阵 1、2、3 中各天线单元赋性后的赋性方向图。该图是在单径直射并且没有角度扩散情况下得到的，众所周知，此时天线之间的信号是完全相关的，现有技术中 MIMO 信道复用方法是无法实现的。终端也无法对多天线上发送的不同数据流进行解调。当使用本发明时，从图中可以看出，各天线组的赋形波束在本天线组服务的用户方向形成主瓣，在其他天线组服务的用户即对本天线组来说是干扰用户的方向形成零陷。

尽管图 3 的例子是针对每个天线组内只有一个用户而举出的，但熟知本技术领域的人都应当清楚，每个天线组内也可以存在多个用户，这多个用户之间采用码分多址方式进行扩频，从而可以用不同的扩频码区分不同用户的数据流，其原理和普通的采用波束赋形的码分多址通信系统是一样的，在此不再一一赘述。此处的用户也可以理解为来自同一个用户终端发送的多个数据流。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以作出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

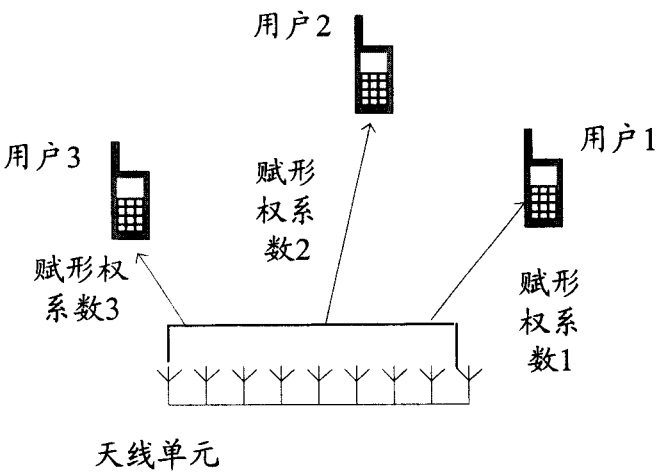


图 1

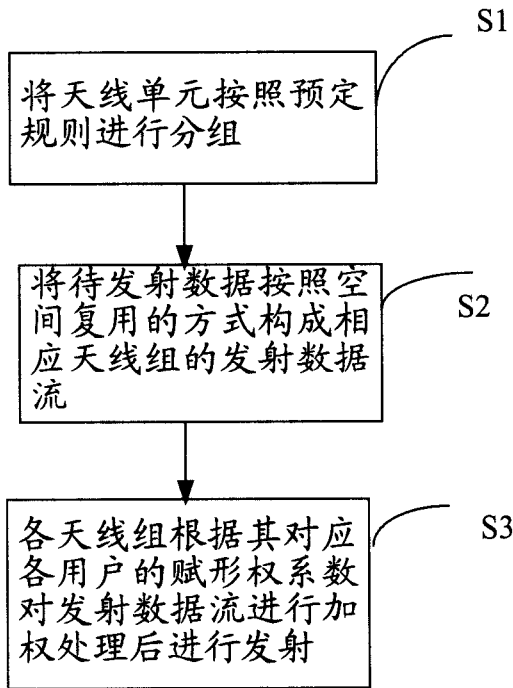


图 2

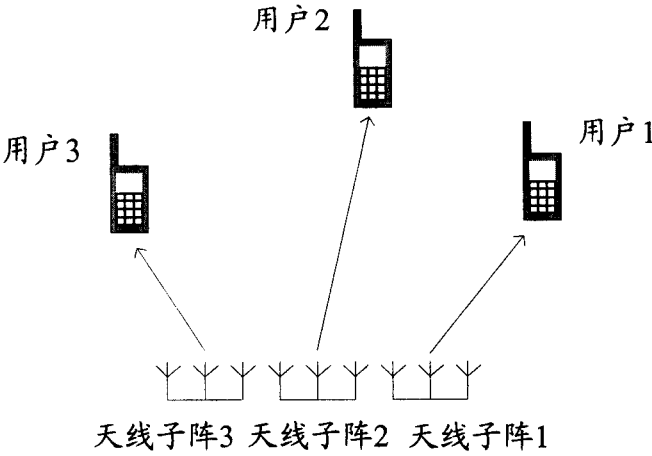


图 3

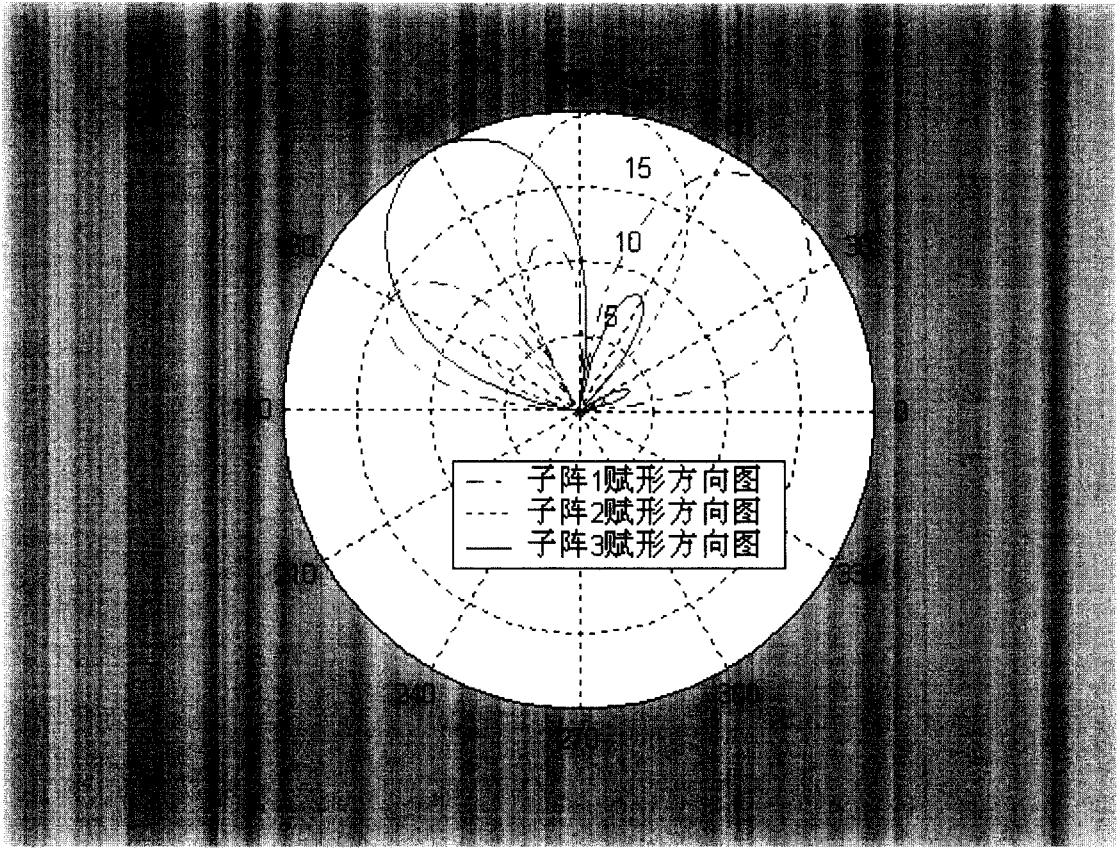


图 4