(19) 中华人民共和国国家知识产权局

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106712822 B

(45) 授权公告日 2021.02.19

(21) 申请号 201710010008.X

(22) 申请日 2017.01.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106712822 A

(43) 申请公布日 2017.05.24

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市广州天河区五山路381号

(72) 发明人 胡诗玮 陆以勤 胡斌杰

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int.Cl.

H04B 7/0456 (2017.01)

H04B 7/08 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2014334561 A1,2014.11.13

CN 103957086 A,2014.07.30

CN 105227226 A,2016.01.06

CN 101394254 A,2009.03.25

CN 1377531 A,2002.10.30

审查员 方莹

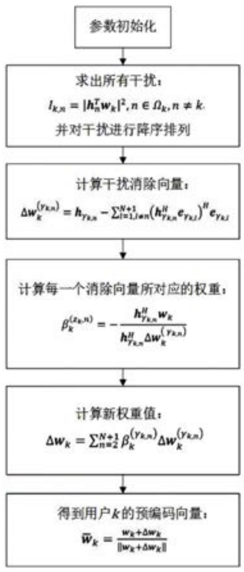
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法。该方法通过施密特正交单位向量得到干扰消除向量，从而消除每个用户终端前N项最大干扰，并得到最终的预编码矩阵。本发明方法可根据实际需要，消除信道间干扰，使算法性能不会受到基站端天线数目限定的影响。通过消除每个终端的前N项最大干扰，获得复杂度与性能的折中。同时，当干扰值取$N=K-1$时，本发明方法性能与迫零(ZF)预编码方法效果一致。相比于大规模天线系统中传统的预编码技术，该方法在降低矩阵求逆复杂度的同时，使系统拥有较好的性能。



CN 106712822 B

1.一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法，其特征在于，所述预编码方法包括下列步骤：

步骤1:系统初始化参数，初始化确定基站天线数目为M，单天线用户数目为K，k表示第k个目标用户，k∈[1,K]，n表示第n个干扰用户，n∈[1,K]；设初始波束向量为$W=[w_1 \cdots w_k]^T$，w_k表示第k个用户的初始波束，同时计算下行链路信道矩阵$\boldsymbol{H}^T \in \mathbb{C}^{K\times M}$中目标用户k与干扰用户n之间的干扰$I_{k,n}$，$H^T$中的元素$\boldsymbol{h}_k \in \mathbb{C}^{1\times M}$表示基站端到第k个目标用户端的信道特性，$\boldsymbol{h}_n \in \mathbb{C}^{1\times M}$表示基站端到第n个干扰用户端的信道特性n∈[1,K]，最后，用全部干扰项数构建用户k的干扰集合Ω_k：

$$I_{k,n}=\left|\sqrt{p}\boldsymbol{h}_n^T\boldsymbol{w}_k\right|^2, n\in\Omega_k, n\neq k$$

p是下行信道的发射功率；并把干扰集合Ω_k中的干扰项，按干扰数值大小降序排列；

步骤2:用正交单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$，计算干扰集合中前N个最大干扰项干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$的初始值：

$$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\ ,$$

其中，$\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}$为干扰向量；N∈[1,K-1]，l表示第l个正交单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$，$l\in[1,\ N+1]$；

步骤3:用原始信道参数h_k和消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$的初始值，计算出第k个用户干扰消除向量所对应的权值：

$$\beta_k^{(\gamma_k,n)}=-\frac{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{w}_k}{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}}\ ;$$

步骤4:由该权值与干扰消除向量的初始值，计算出第k个用户干扰消除向量的最终值：

$$\Delta\boldsymbol{w}_k=\sum_{n=2}^{N+1}\beta_k^{(\gamma_{k,n})}\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})};$$

步骤5:由初始波束向量和干扰消除向量的最终值，计算得到第k个用户的预编码向量$\overline{w}_k$：

$$\overline{\boldsymbol{w}}_k=\frac{\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k}{\|\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k\|}\ ;$$

所述单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$为施密特正交矢量，具体求解步骤包括：

步骤2.1:设定消除干扰值N，并设定初始参数k＝1；

步骤2.2:设定初始参数n＝1；

步骤2.3:判定是否满足n≠k，若满足条件则跳转执行步骤2.4，否则，改变被干扰用户n，使n加1；同时设定初始参数i＝2，对选定的用户k，设定初始波束向量w_k，并赋予单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}=\boldsymbol{w}_k$；

步骤2.4:通过施密特向量正交化处理，迭代求出每个干扰向量$\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}$与初始波束向量及干扰集合$\Omega_k$中其他干扰向量正交的单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$：

$$e_{\gamma_{k,i}}=\frac{h_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(h_{\gamma_{k,n}}^{H}e_{\gamma_{k,j}}\right)^{H}e_{\gamma_{k,j}}}{\left\|h_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(h_{\gamma_{k,n}}^{H}e_{\gamma_{k,j}}\right)^{H}e_{\gamma_{k,j}}\right\|},(i\neq n)$$

上式 $\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,i}}$ 表示对第k个用户来说，除第n个干扰用户以外的第i个干扰用户的信道特性，即当i≠n时干扰用户i的信道特性；第j个正交的单位向量为$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}$，$j\in[1,\ i-1]$；

步骤2.5：执行i＝i+1，并判定是否满足i>N+1条件，若满足则跳转执行子步骤2.6，否则，重复步骤2.4，直到满足判定条件为止；

步骤2.6：由用户k和干扰用户n的值计算出干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_{k}^{(\gamma_{k,n})}$：

$$\Delta\boldsymbol{w}_{k}^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$$

其中，第l个正交单位向量为$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$，$l\in[1,\ N+1]$；

步骤2.7：判定是否满足条件n＝N+1，若满足则执行k＝k+1，否则，重复步骤2.3，直到满足判定条件为止；

步骤2.8：判定是否满足条件k＝K，若满足则完成循环，停止执行，否则，重复步骤2.2，直到满足判定条件为止。

一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法

技术领域

[0001]　本发明涉及无线通信领域，具体涉及一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法。

背景技术

[0002]　由于具有较高的复用和分集增益的特性，大规模多输入多输出系统(Massive Multi-input Multi-output,Massive MIMO)成为了无线领域的一个新的研究热点，并被人们视为下一代无线通信系统的关键技术。在传统多用户MIMO系统中，许多经典的线性预编码算法已经得到了广泛的研究，如匹配滤波(Matched filtering,MF)、迫零(Zero forcing,ZF)、最小均方误差检测(Minimum Mean Squared Error,MMSE)。这些预编码方法从原理上讲都适用于大规模多用户MIMO系统，但由于MF算法在基站侧天线数量固定时，系统性能将受到影响。ZF和MMSE算法在进行预编码时需要对矩阵进行求逆的操作，随着大规模天线系统中基站侧天线数和用户数的增加，矩阵求逆的复杂度将逐步上升。当基站天线数趋于无穷大时，矩阵求逆复杂度将会变的极其困难，这极大的限制了大规模天线系统的实现。所以，如何降低波束成形方法的复杂度是大规模天线系统的一个关键问题。因此，需要一种可均衡的预编码方法，即在降低预编码复杂度的同时保证其性能的优越性。

发明内容

[0003]　本发明目的是为了提供一种基于大规模天线系统下低复杂度的预编码方法，以获得信道容量与算法复杂度的折中。

[0004]　在基站天线数目为M，单天线用户数目为K的无线通信环境中，设定基站发送的原始信号向量为$\boldsymbol{x} \in \mathbb{C}^{M\times 1}$，通过下行链路信道矩阵$\boldsymbol{H}^T \in \mathbb{C}^{K\times M}$ (H^T由1×M维信道行向量h_k表示)后，在个用户端接收到的信号为y：

[0005]　$$\boldsymbol{y} = \sqrt{p}\boldsymbol{H}^T\boldsymbol{x} + \boldsymbol{n} \qquad \text{（公式 1）}$$

[0006]　其中p是下行信道的发射功率，$\boldsymbol{n} \in \mathbb{C}^{K\times 1}$为加性高斯白噪声。下行发送信号向量x包含多个终端信息，消除终端间干扰，需要在基站侧进行预编码处理。

[0007]　通过归一化后的预编码矩阵$W = [w_1 \ \cdots \ w_k]^T$，可把预编码后的下行传输信号x表示为：

[0008]　$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{W}\boldsymbol{s} = \sum_{k=1}^{K} w_k s_k \qquad \text{（公式 2）}$$

[0009]　其中，$\boldsymbol{s}_k \in \mathbb{C}^{1\times 1}$表示终端k的数据符号。

[0010]　对(公式1)和(公式2)进行处理，得到下行接收信号y为：

[0011]　$$\boldsymbol{y} = \sqrt{p}\boldsymbol{H}^T\boldsymbol{W}\boldsymbol{s} + \boldsymbol{n} \qquad \text{（公式 3）}$$

[0012]　对(公式3)进行分析推导，得到信号经过线性预编码后的第k个用户的接收信号y_k：

[0013] $$\boldsymbol{y}_k=\sqrt{p}\boldsymbol{h}_k^T\boldsymbol{w}_k s_k+\sqrt{p}\sum_{i=1,i\neq k}^{K}\boldsymbol{h}_k^T\boldsymbol{w}_i s_i+\boldsymbol{n} \qquad \text{（公式 4）}$$

[0014] 从上式可以看出第k个用户接收的信号y_k分为三部分，第一部分为期望信号，第二部分为用户间干扰信号，第三部分为噪声信号。

[0015] 在利用传统的线性预编码算法求上式时，由于涉及到矩阵的求逆，这在大规模MIMO系统中，几乎是非常困难的。

[0016] 本发明的方法具体步骤如下：

[0017] 一种基于大规模天线系统低复杂度的预编码方法，其特征在于，所述预编码方法包括下列步骤：

[0018] 步骤1：系统初始化参数，初始化确定基站天线数目为M，单天线用户数目为K，k表示第k个目标用户，k∈[1,K]，n表示第n个干扰用户，n∈[1,K]；设初始波束向量为$W=[w_1 \cdots w_k]^T$，w_k表示第k个用户的初始波束，同时计算下行链路信道矩阵$\boldsymbol{H}^T\in\mathbb{C}^{K\times M}$中目标用户k与干扰用户n之间的干扰$I_{k,n}$，$H^T$中的元素$\boldsymbol{h}_k\in\mathbb{C}^{1\times M}$表示基站端到第k个目标用户端的信道特性，$\boldsymbol{h}_n\in\mathbb{C}^{1\times M}$表示基站端到第n个干扰用户端的信道特性n∈[1,K]，最后，用全部干扰项数构建用户k的干扰集合Ω_k：

[0019] $$I_{k,n}=\left|\sqrt{p}\boldsymbol{h}_n^T\boldsymbol{w}_k\right|^2, n\in\Omega_k, n\neq k$$

[0020] 并把干扰集合Ω_k中的干扰项，按干扰数值大小降序排列；

[0021] 步骤2：用正交单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$，计算干扰集合中前N个最大干扰项干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$的初始值：

[0022] $$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$$

[0023] 其中，N∈[1,K-1]，l表示第l个正交单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$，l∈[1,N+1]；

[0024] 步骤3：用原始信道参数h_k和消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$的初始值，计算出第k个用户干扰消除向量所对应的权值：

[0025] $$\beta_k^{(z_k,n)}=-\frac{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{w}_k}{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}};$$

[0026] 步骤4：由该权值与干扰消除向量的初始值，计算出第k个用户干扰消除向量的最终值：

[0027] $$\Delta\boldsymbol{w}_k=\sum_{n=2}^{N+1}\beta_k^{(\gamma_{k,n})}\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})};$$

[0028] 步骤5：由初始波束向量和干扰消除向量的最终值，计算得到第k个用户的预编码向量$\overline{w}_k$：

[0029] $$\overline{\boldsymbol{w}}_k=\frac{\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k}{\|\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k\|}。$$

[0030] 进一步地，所述单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$的具体求解步骤包括：

[0031] 子步骤1：设定消除干扰值N，并设定初始参数k＝1。

[0032] 子步骤2:设定初始参数n＝1。

[0033] 子步骤3:判定是否满足n≠k,若满足条件则跳转执行子步骤4,否则,改变被干扰用户n,执行n＝n+1。同时设定初始参数i＝2,对选定的用户k,设定初始波束向量w_k,并赋予单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}=\boldsymbol{w}_k$。

[0034] 子步骤4:通过施密特向量正交化处理,迭代求出每个干扰向量$\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}$与初始波束向量及干扰集合$\Omega_k$中其他干扰向量正交的单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$,其中i≠n:

[0035] $$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}=\frac{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right)^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}}{\left\|\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right)^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right\|},(i\neq n) \qquad \text{（公式10）}$$

[0036] 子步骤5:执行i＝i+1,并判定是否满足i＞N+1条件,若满足则跳转执行子步骤6,否则,重复子步骤4,直到满足判定条件为止。

[0037] 子步骤6:由用户k和干扰用户n的值可以计算出干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$:

[0038] $$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}} \qquad \text{（公式11）}$$

[0039] 子步骤7:判定是否满足条件n＝N+1,若满足则执行k＝k+1,否则,重复子步骤3,直到满足判定条件为止。

[0040] 子步骤8:判定是否满足条件k＝K,若满足则完成循环,停止执行。否则,重复子步骤2,直到满足判定条件为止。

[0041] 与现有技术相比,本发明提供的方法优点在于:

[0042] 1、对现有的经典线性预编码匹配滤波(Matched filtering,MF)和迫零(Zero forcing,ZF)进行改进,提出了一种低复杂度的预编码算法。该方法的优点在于降低了算法复杂度。由于传统的预编码方法需要对矩阵进行求逆,随着基站端天线数目的增加,矩阵的维度随之增加,算法复杂度也将急剧上升。

[0043] 2、当基站端天线数目限定后,信道间相关性增加,匹配滤波(MF)的性能将受到影响,从而降低算法的优越性。本发明方法可根据实际需要,消除信道间干扰,算法性能不会受到基站端天线数目限定的影响。

[0044] 3、随着基站端天线数目的增加,若使用迫零(ZF)预编码方法,算法复杂度较高,本发明方法通过消除每个终端的前N项最大干扰,获得复杂度与性能的折中。同时,当干扰值取N＝K-1时,本发明方法性能与迫零(ZF)预编码方法效果一致。

附图说明

[0045] 图1为实例中预编码方法的总体流程框图。

[0046] 图2为实例中的施密特正交向量流程步骤图。

[0047] 图3为实例中与匹配滤波和迫零方法在基站天线数为32,65,103,135,用户数为10,干扰值N＝K-1时的复杂度对比图。

[0048] 图4为实例中本发明方法与MF和ZF在基站天线数为100,用户数为10的情况下,随消除干扰值N的变化得到的性能对比图。

具体实施例

[0049]　下面结合附体和具体实施例对本发明的具体实施作进一步说明，但本发明的实施和保护不限于此，需指出的是，以下若有未特别详细说明之过程或者参数符号，均是本领域技术人员可参照现有技术理解或实现的。

[0050]　本实例系统初始化参数中，初始化设定基站天线数目为M＝100，单天线用户数目为K＝3，下行链路信道矩阵$\boldsymbol{H}^T\in\mathbb{C}^{3\times100}$（$H^T$由1×100维信道行向量$h_k$表示）。

[0051]　步骤1：设初始波束向量为$W=[w_1\ \cdots\ w_k]^T$，计算用户k与用户n之间的干扰，其中Ω_k为干扰集合：

[0052]　$$I_{k,n}=\left|\sqrt{p}\boldsymbol{h}_n^T\boldsymbol{w}_k\right|^2,n\in\Omega_k,n\neq k\qquad（公式12）$$

[0053]　将干扰按大小降序排列，消除每个终端的前N项最大干扰。

[0054]　步骤2：用单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$，得到干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$的表示式：

[0055]　$$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}\qquad（公式13）$$

[0056]　步骤3：采用原始信道参数h_k和消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$，计算出每一个消除向量所对应的权重：

[0057]　$$\beta_k^{(\gamma_{k,n})}=-\frac{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{w}_k}{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}}\qquad（公式14）$$

[0058]　步骤4：由（公式13）和（公式14）可得到用户k的新权重值：

[0059]　$$\Delta\boldsymbol{w}_k=\sum_{n=2}^{N+1}\beta_k^{(\gamma_{k,n})}\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}\qquad（公式15）$$

[0060]　步骤5：由（公式15）可得用户k的预编码向量$\bar{\boldsymbol{w}}_k$：

[0061]　$$\bar{\boldsymbol{w}}_k=\frac{\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k}{\|\boldsymbol{w}_k+\Delta\boldsymbol{w}_k\|}\qquad（公式16）$$

[0062]　其中，单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$的具体求解步骤包括：

[0063]　子步骤1：设定消除干扰值N＝2，并设定初始参数k＝1。

[0064]　子步骤2：设定初始参数n＝1。

[0065]　子步骤3：判定是否满足n≠k，若满足条件则跳转执行子步骤4，否则，改变被干扰用户n，执行n＝n+1。同时设定初始参数i＝2，对选定的用户k＝1，设定初始波束向量w_k，并赋予单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}=\boldsymbol{w}_k$。

[0066]　子步骤4：通过施密特向量正交化处理，迭代求出每个干扰向量$\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}$与初始波束向量及干扰集合$\Omega_k$中其他干扰向量正交的单位向量$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}$，其中i≠n：

[0067]　$$\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,i}}=\frac{\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right)^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}}{\left\|\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,i}}-\sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right)^H\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,j}}\right\|},(i\neq n)\qquad（公式17）$$

[0068]　子步骤5：执行i＝i+1，并判定是否满足i＞N+1条件，若满足则跳转执行子步骤6，否则，重复子步骤4，直到满足判定条件为止。

[0069]　子步骤6:由用户k和干扰用户n的值可以计算出干扰消除向量$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}$:

[0070]　$\Delta\boldsymbol{w}_k^{(\gamma_{k,n})}=\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}-\sum_{l=1,l\neq n}^{N+1}\left(\boldsymbol{h}_{\gamma_{k,n}}^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}\right)^{H}\boldsymbol{e}_{\gamma_{k,l}}$　　（公式 18）

[0071]　子步骤7:判定是否满足条件n＝N+1,若满足则执行k＝k+1,否则,重复子步骤3,直到满足判定条件为止。

[0072]　子步骤8:判定是否满足条件k＝K,若满足则完成循环,停止执行。否则,重复子步骤2,直到满足判定条件为止。

[0073]　如上即可较好的实现本发明并取得前述效果。

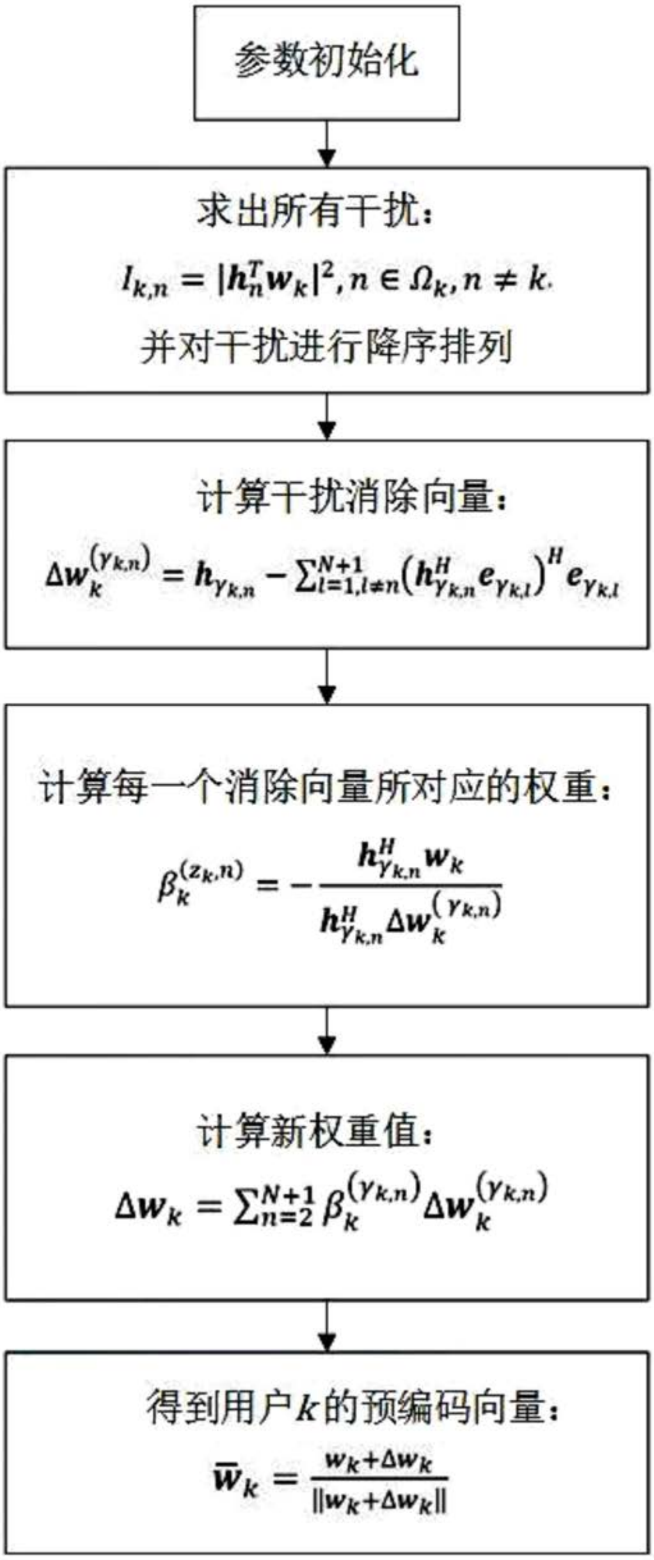

参数初始化
求出所有干扰：
$I_{k,n} = |h_n^T w_k|^2, n \in \Omega_k, n \neq k$.
并对干扰进行降序排列
计算干扰消除向量：
$\Delta w_k^{(\gamma_{k,n})} = h_{\gamma_{k,n}} - \sum_{l=1,l\neq n}^{N+1} (h_{\gamma_{k,n}}^H e_{\gamma_{k,l}})^H e_{\gamma_{k,l}}$
计算每一个消除向量所对应的权重：
$\beta_k^{(z_{k,n})} = -\frac{h_{\gamma_{k,n}}^H w_k}{h_{\gamma_{k,n}}^H \Delta w_k^{(\gamma_{k,n})}}$
计算新权重值：
$\Delta w_k = \sum_{n=2}^{N+1} \beta_k^{(\gamma_{k,n})} \Delta w_k^{(\gamma_{k,n})}$
得到用户k的预编码向量：
$\bar{w}_k = \frac{w_k + \Delta w_k}{\|w_k + \Delta w_k\|}$

图1

施密特正交向量

第一步： $i = 2$

第二步： $e_{\gamma_{k,1}} = w_k$

重复这两步：:

$$e_{\gamma_k,i} = \frac{h_{\gamma_{k,i}} - \sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(h_{\gamma_{k,n}}^{H} e_{\gamma_{k,j}}\right)^{H} e_{\gamma_{k,j}}}{\left\| h_{\gamma_{k,i}} - \sum_{j=1,j\neq n}^{i-1}\left(h_{\gamma_{k,n}}^{H} e_{\gamma_{k,j}}\right)^{H} e_{\gamma_{k,j}} \right\|}, \qquad (i \neq n)$$

$i = i + 1$

直到： $i > N + 1$

Break

图2

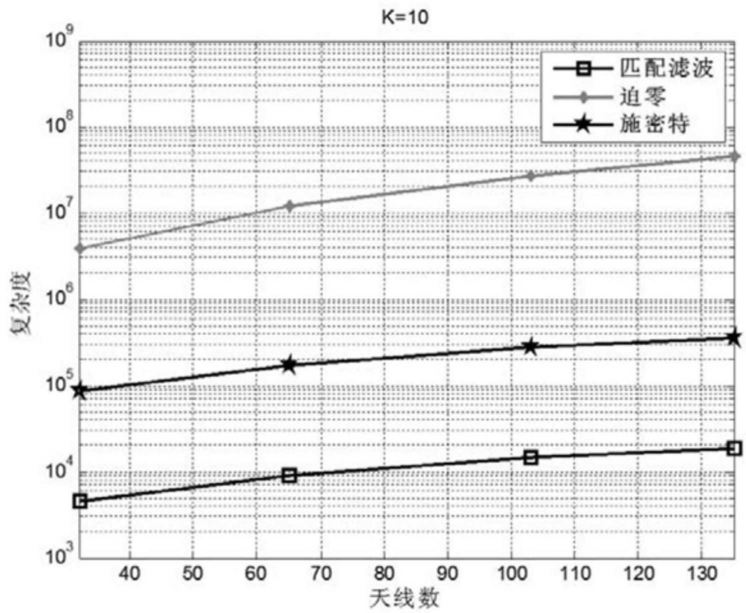


图3

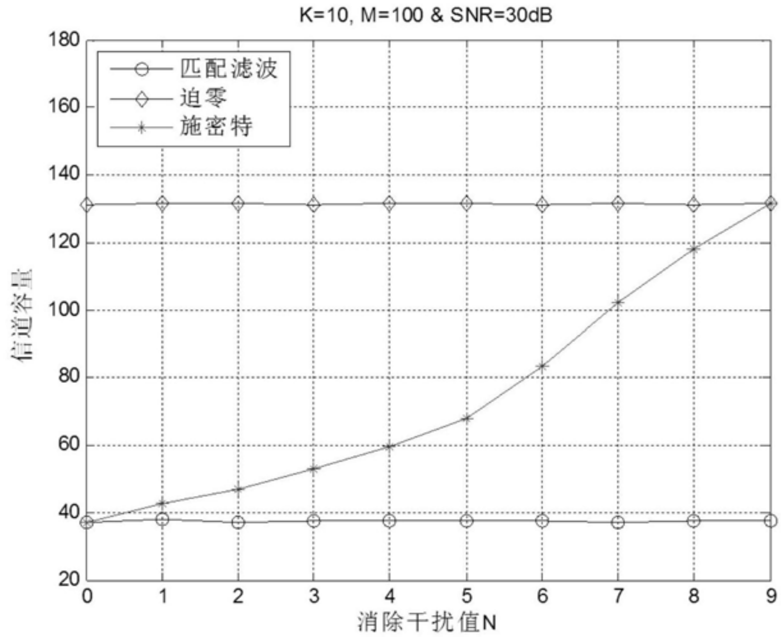

K=10, M=100 & SNR=30dB
匹配滤波
迫零
施密特
信道容量
消除干扰值N
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

图4