(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 102647247 B
(45)授权公告日 2015.08.12

(21)申请号 201110044238.0

(22)申请日 2011.02.22

(73)专利权人 中兴通讯股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦法务部

(72)发明人 宁迪浩 朱登魁 肖华华 鲁照华

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司 11240
代理人 余刚 梁丽超

(51)Int.Cl.
H04L 1/00(2006.01)
H04W 16/14(2009.01)

(56)对比文件

CN 101662319 A,2010.03.03, 说明书第2页第2段至第5页最后1段、图1.

CN 101764637 A,2010.06.30, 说明书第0058-0072段.

Mediatek Inc..Consideration on Phase Adjustment Mechanism in CoMP, R1-094060.《3GPP TSG RAN WG1 Meeting #58bis》.2009, 第1-5页.

CATT.Aspects of Joint Processing in Downlink CoMP, R1-090193.《3GPP TSG RAN WG1 meeting #55bis》.2009, 第1-11页.

审查员 池芳

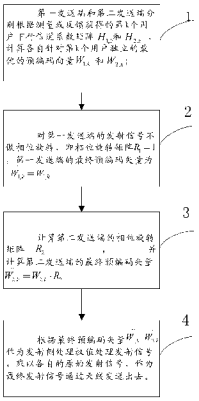
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种发射信号预处理发送方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种发射信号预处理发送方法及装置，该方法适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，包括：第一发送端和第二发送端分别根据测量或反馈获得的第k个用户下行信道系数矩阵$H_{1,k}$和$H_{2,k}$，计算各自针对第k个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$和$W_{2,k}$；对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵$R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；计算第二发送端的相位旋转矩阵R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta}$，$e^{j\theta}$为相位旋转因子；根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$和$\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。本发明有效地利用了多点传输技术，减小了小区边缘的干扰，提高了小区边缘频谱效率。



CN 102647247 B

1. 一种发射信号预处理发送方法，适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，其特征在于，包括：

第一发送端和第二发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$ 和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$ 和 $W_{2,k}$；

对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$，其中，$e^{j\theta_2}$ 为相位旋转因子，其中，计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2 具体包括：采用 $e^{j\theta_2}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$ 计算第二发送端的 $e^{j\theta_2}$；

根据最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$ 和 $\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

2. 根据权利要求 1 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，所述的计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，替换为：

采用 n 比特信息量化旋转因子 $e^{j\theta}$ 中的角度 θ，即构造量化 θ 的码字集合 φ，共包含 2^n 个码字，其中第 m 个码字为 $\theta_m=\frac{2\pi}{2^n}\cdot(m-1)+\beta, m=1,2,...,2^n$，β 为任意常数，从集合 φ 选择一个码字 θ_m，计算使得下列公式取得最大值的 θ

$\theta=\max_{\theta_m\in\varphi}\left\|\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}+\mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_m}\right\|^2$，则将 $e^{j\theta_m}$ 作为第二发送端的相位旋转矩阵 R_2。

3. 根据权利要求 1 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，所述第一、第二发送端包括基站、中继站、毫微微基站。

4. 根据权利要求 1 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，该方法适用于 WIMAX 或 LTE 无线通信系统。

5. 一种发射信号预处理发送方法，适用于包含参与协作的第一发送端、第二发送端和第三发送端的无线通信系统，其特征在于，包括：

第一发送端、第二发送端和第三发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$ 和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$ 和 $W_{3,k}$；

对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}e^{j\theta_3}$，其中，所述 $e^{j\theta_2}$ 为所述第二发送端的相位旋转因子，所述 $e^{j\theta_3}$ 为所述第三发送

端的相位旋转因子，其中，采用 $e^{j\theta_2}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$ 计算第二发送端的 $e^{j\theta_2}$；

根据最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$ 和 $\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

6. 根据权利要求 5 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，所述的计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3 具体包括：

根据所算出的第二发送端的相位旋转矩阵 $e^{j\theta_2}$，采用以下公式计算第三发送端的相位旋转矩阵 $e^{j\theta_3}$，

$$e^{j\theta_3}=\frac{\mathbf{W}_{1,k}^H\mathbf{H}_{1,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}+e^{j\theta_2}\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}}{\left|\mathbf{W}_{1,k}^H\mathbf{H}_{1,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}+e^{j\theta_2}\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}\right|};$$

其中，第二发送端的相位旋转矩阵 R_2 即 $e^{j\theta_2}$，

第三发送端的相位旋转矩阵 R_3 即 $e^{j\theta_3}$。

7. 根据权利要求 6 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，所述的计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3 替换为：

采用 n 比特信息量化旋转矩阵 $e^{j\theta}$ 中的角度 θ，即构造量化 θ 的码字集合 φ，共包含 2^n 个码字，其中第 m 个码字为 $\theta_m=\frac{2\pi}{2^n}\cdot(m-1)+\beta, m=1,2,...,2^n$，$\beta$ 为任意常数，从集合 φ 选择两个码字 θ_2 和 θ_3，求使得下面公式取最大值的 θ_2 和 θ_3

$$\{\theta_2,\theta_3\}=\max_{\theta_2,\theta_3\in\varphi}\left\|\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}+\mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_2}+\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}e^{j\theta_3}\right\|^2$$

第二发送端的相位旋转矩阵 R_2 即 $e^{j\theta_2}$，

第三发送端的相位旋转矩阵 R_3 即 $e^{j\theta_3}$。

8. 根据权利要求 5 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，所述第一、第二发送端包括基站、中继站、毫微微基站。

9. 根据权利要求 5 所述的发射信号预处理发送方法，其特征在于，该方法适用于 WIMAX 或 LTE 无线通信系统。

10. 一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，其特征在于，包括：

预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$ 和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$ 和 $W_{2,k}$；

第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$，其中，计算第二发送

端的相位旋转矩阵 R_2 即 $e^{j\theta_2}$ 具体包括：采用 $e^{j\theta_2}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$ 计算第二发送端的 $e^{j\theta_2}$；

数据发送模块，用于根据最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$ 和 $\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

11. 一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端、第二发送端和第三发送端的无线通信系统，其特征在于，包括：

预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$ 和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$ 和 $W_{3,k}$；

第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}e^{j\theta_3}$，其中，计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2 具体包括：其中，采用 $e^{j\theta_2}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$ 计算第二发送端的 $e^{j\theta_2}$，其中，第二发送端的相位旋转矩阵 R_2 即 $e^{j\theta_2}$，第三发送端的相位旋转矩阵 R_3 即 $e^{j\theta_3}$；

数据发送模块，用于根据最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$ 和 $\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

一种发射信号预处理发送方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域，更具体地，涉及一种发射信号预处理发送方法及装置。

背景技术

[0002] 随着多天线通信技术的不断发展，人们发现对于目前的蜂窝型网络拓扑结构，在OFDMA 技术标准 802.16e/m、LTE 等实践中还没有实现真正意义上的同频组网，导致孤立小区频谱效率较高而组网效率较低。同频组网除了小区边缘速率问题外小区平均吞吐量也明显降低。同频组网是目前 OFDMA 标准 WiMAX 和 LTE 共同面对的最主要问题之一。多点传输通过基站内不同射频接入点 (RRU)、基站 (BS) 和其所属中继站 (Relay) 等进行同时同频的（协作）多点传输方式，减小小区边缘干扰、提高小区边缘频谱效率、增加有效覆盖的技术措施。单站点多天线技术或者非多点传输类技术可以增加数据传输速率，但是并不能显著提高小区边缘的性能，而且多天线技术很多工作模式如复用、Beamforming 普适性并不是很好；而通过多点协作，可以构成虚拟 MIMO（即 VMIMO），可增加小区边缘性能，对终端要求也不是很高。

[0003] 多个相邻基站，可以是基站 (BS)，中继站 (Relay)，毫微微基站 (femeto) 与多个用户终端在相同时频资源上进行通信的问题，我们把它称作多点传输技术（如图 1 所示），它包括协作多点传输 (Comp) 技术和分布式预编码技术 (Distributed Precode Scheme：DPS)，其中协作多点传输包括协作波束成型 (CB) 和联合处理技术 (JP)。

[0004] 联合处理技术，虽然其能够获得较为优异的数据传输性能，但是每个参与协作的基站需要获取每个用户到所有协作基站之间的信道信息，其信息的传输量非常大，这对上行信道以及基站之间接口是一个巨大的挑战，所以在实际中，人们往往退而求其次优的数据传输方式，即每个协作基站只获取所有用户到自己的信道信息（即所谓的局部信息，Local CSI），然后利用该信息进行最优的预编码处理，以期望到达干扰避免和最大化传输，这就是分布式预编码的思想。

[0005] 对于一个分布式的预编码系统，若有 N 个协作基站组成协作集合 A，同时为 K 个用户传输数据的场景，用户 k 接收到的数据可以表示为：

[0006] $$\mathbf{Y}_k = \sum_{i=1}^{N} \mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,k}\mathbf{s}_k + \sum_{i=1}^{N}\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{K} \mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,j}\mathbf{s}_j + \mathbf{n}_k \qquad (1)$$

[0007] 其中 $\mathbf{H}_{i,k} \in \mathbb{C}^{N_{R_k} \times N_T}$ 表示第 i 个基站到第 k 个用户之间的信道系数矩阵，$\mathbf{W}_{i,k} \in \square^{N_T \times d_k}$ 表示第 i 个基站到第 k 个用户之间预编码矩阵，d_k 表示用户 k 对应的数据流数目，其中 $\sum_{i=1}^{N} \mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,k}\mathbf{s}_k$ 表示用户 k 的期望信号，$\sum_{i=1}^{N}\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{K} \mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,j}\mathbf{s}_j$ 表示多用户之间的干扰，n_k 表

示天线噪声矢量。

[0008] 对于这样一个分布式预编码系统而言，其能否获得优秀的接收性能的关键在于，用户 k 的期望接收信号项 $\sum_{i=1}^{N}\mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,k}\mathbf{s}_k$，是否能进行相干性合并，因为 $H_{i,k}W_{i,k}$ 一般都是复系数向量，当它们进行直接叠加的时候很可能会导致相互抵消，从而使得增益受损或者减小甚至为 0，所以只有当 $H_{i,k}W_{i,k}$ 具有相同的相位时，才能够真正的获得多基站带来的合并增益。

[0009] 下面用一个具体例子来解释，何为相干性合并。以二维实数向量为例，对于实数向量来说，等价的向量具有相反的方向，即 $\vec{\mathbf{a}}=-\vec{\mathbf{a}}$，所以对于图 2 所示的两个向量 $\vec{\mathbf{a}}$ 和 $\vec{\mathbf{b}}$，为了最大化 $\left\|\vec{\mathbf{a}}+\vec{\mathbf{b}}\right\|$，可以利用等价关系，当 $\vec{\mathbf{a}}$ 与 $\vec{\mathbf{b}}$ 的夹角为锐角时，$\left\|\vec{\mathbf{a}}+\vec{\mathbf{b}}\right\|$ 最大，当 $\vec{\mathbf{a}}$ 与 $\vec{\mathbf{b}}$ 的夹角为钝角时，显然 $\left\|\vec{\mathbf{a}}+\left(-\vec{\mathbf{b}}\right)\right\|$ 最大，所以最大值为 $\left\|\vec{\mathbf{a}}+\left(\frac{\langle\vec{\mathbf{a}},\vec{\mathbf{b}}\rangle}{\left\|\langle\vec{\mathbf{a}},\vec{\mathbf{b}}\rangle\right\|}\vec{\mathbf{b}}\right)\right\|$。

[0010] 因而，为了使用户 k 在接收侧能够对接收信号中的期望信号分量进行相干合并，基站侧需要对发射信号进行相位旋转，因而公式 (1) 变为

[0011]

$$\mathbf{Y}_k=\sum_{i=1}^{N}\mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,k}\Re_i\mathbf{s}_k+\sum_{i=1}^{N}\sum_{\substack{j=1\\j\neq k}}^{K}\mathbf{H}_{i,k}\mathbf{W}_{i,j}\mathbf{s}_j+\mathbf{n}_k \qquad (2)$$

[0012] 这里，$\Re_i$ 表示第 i 个基站的相位旋转矩阵。对于一个单流传输的系统来说，公式 (2) 中 $H_{i,k}W_{i,k}$ 乘积的结果是一个复数，此时旋转矩阵 $\Re_i$ 退化为一个单位模值复数 $e^{j\theta}$。

[0013] 综上所述，在下行分布式预编码中，在单流传输的场景下，基站侧进行相位旋转以使接受侧能够进行想干合并，关键在于旋转矩阵，如何获取最佳的旋转矩阵，成为了现阶段迫切需要解决的问题。

发明内容

[0014] 本发明提供一种发射信号预处理发送方法及装置，以至少通过解决多点传输技术中相关合并的问题从而最终解决减少系统传输过程中同频干扰的问题。

[0015] 根据本发明的一个方面，提供了一种发射信号预处理发送方法，适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，包括：

[0016] 第一发送端和第二发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$ 和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$ 和 $W_{2,k}$；

[0017] 对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0018] 计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$，其中，$e^{j\theta_2}$ 为相位旋转因子；

[0019] 根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$和$\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0020] 根据本发明的一个方面，提供了一种发射信号预处理发送方法，适用于包含参与协作的第一发送端、第二发送端和第三发送端的无线通信系统，包括：

[0021] 第一发送端、第二发送端和第三发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$和 $W_{3,k}$；

[0022] 对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0023] 计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$；

[0024] 根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$和$\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0025] 此外，本发明还提供一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，包括：

[0026] 预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$和 $W_{2,k}$；

[0027] 第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0028] 最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵 R_3，计算第二发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$；

[0029] 数据发送模块，用于根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$和$\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0030] 进一步地，本发明提供一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端、第二发送端和第三发送端的无线通信系统，包括：

[0031] 预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$和 $W_{3,k}$；

[0032] 第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0033] 最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$；

[0034] 数据发送模块，用于根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$和$\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0035] 通过以上技术方案，通过获取相位旋转矩阵，能使接收端对多个发送端发送的信号进行有效的相干合并，从而有效地利用了多点传输技术，减小了小区边缘的干扰，提高了小区边缘频谱效率、增加了小区的有效覆盖范围。

附图说明

[0036] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本发明的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

[0037] 图 1 是多点传输技术示意图；

[0038] 图 2 是相干合并示意图；

[0039] 图 3 是本发明协作基站数为 2 时的技术方案流程图；

[0040] 图 4 是本发明协作基站数为 3 时的技术方案流程图。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚、明白，以下结合附图和实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0042] 考虑到在协作基站数目不同的条件下，相位旋转矩阵的形式和计算方法是不同的，因而分别给出在协作基站数为 2 和 3，单流传输时的旋转矩阵计算方法。

[0043] 协作基站数为 2

[0044] 如图 3 所示，当协作基站数为 2 时，该方法包括：1、第一发送端和第二发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$和 $W_{2,k}$；2、对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；3、计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$；4、根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$和$\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0045] 以下进行进一步的描述，假定参与协作的基站为基站 1 和基站 2，此二协作基站下的服务用户数为 K。

[0046] 采用如下步骤计算两个基站给第 k 个用户传输所需的旋转矩阵。步骤 1

[0047] 基站 1 和基站 2 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$和 $H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$和 $W_{2,k}$。

[0048] 步骤 2

[0049] 基站 1 的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $R_1=1$，基站 1 的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$

[0050] 步骤 3

[0051] 基站 2 的发射信号采用以下两种方法之一进行旋转矩阵的计算方法 1：

[0052] 采用 n 比特信息量化旋转因子 $e^{j\theta}$ 中的角度 θ，即构造量化 θ 的码字集合 φ，共包含 2^n 个码字，其中第 m 个码字为 $\theta_m = \frac{2\pi}{2^n}\cdot(m-1)+\beta, m=1,2,...,2^n$，β 为任意常数。从集合 φ 选择一个码字 θ，计算使得下列公式取得最大值的 θ

[0053]

$$\theta = \max_{\theta_m \in \varphi} \left\| \mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k} + \mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_m} \right\|^2$$

[0054] 式中，$H_{1,k}$ 和 $H_{2,k}$ 分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道系数矩阵。基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$。

[0055] 方法 2：

[0056] 采用如下公式，直接计算基站 2 的相位旋转因子 $e^{j\theta}$

[0057] $$e^{j\theta} = \frac{\mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left| \mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k} \right|}$$

[0058] 式中，$H_{1,k}$ 和 $H_{2,k}$ 分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道系数矩阵，基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$。

[0059] 步骤 4

[0060] 协作基站使用上述计算获得的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$ 和 $\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号，即

[0061] $$P_{i,k} = \tilde{\mathbf{W}}_{i,k}\mathbf{s}_k$$

[0062] 其中，$P_{i,k}$ 表示基站 i 给用户 k 最终发射的信号矢量，$\tilde{\mathbf{W}}_{i,k}$ 是第 i 个基站对第 k 个用户的最终预编码矢量，s_k 是传输给第 k 个用户的原始发射信号。

[0063] 协作基站数为 3

[0064] 如图 4 所示，当协作基站数为 3 时，该方法包括：1’、第一发送端、第二发送端和第三发送端分别根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$ 和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$ 和 $W_{3,k}$；2’、对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $\Re_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；3’、计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵 R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$；4’、根据最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$ 和 $\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0065] 以下进行进一步的描述，假定参与协作的基站为基站 1、基站 2 和基站 3，此三协作基站下的服务用户数为 K。

[0066] 采用如下步骤计算三个基站给第 k 个用户传输所需的旋转矩阵。步骤 1

[0067] 基站 1、基站 2 和基站 3 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$和 $W_{3,k}$。

[0068] 步骤 2

[0069] 基站 1 的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵 $\Re_1 = 1$，基站 1 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k} = W_{1,k}$

[0070] 步骤 3

[0071] 基站 2、基站 3 的发射信号采用以下两种方法之一进行旋转矩阵的计算。

[0072] 方法 1：

[0073] 采用 n 比特信息量化旋转因子 $e^{j\theta}$ 中的角度 θ，即构造量化 θ 的码字集合 φ，共包含 2^n 个码字，其中第 m 个码字为 $\theta_m = \frac{2\pi}{2^n} \cdot (m-1) + \beta, m = 1,2,...,2^n$，β 为任意常数。从集合 φ 选择两个码字 θ_2 和 θ_3，求使得下面公式取最大值的 θ_2 和 θ_3

[0074]

$$\{\theta_2, \theta_3\} = \max_{\theta_2, \theta_3 \in \varphi} \left\| \mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k} + \mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_2} + \mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}e^{j\theta_3} \right\|^2$$

[0075] 式中，$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$分别表示基站 1、基站 2 和基站 3 到用户 k 的下行信道系数矩阵。基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k} = W_{2,k} \cdot e^{j\theta_2}$，基站 3 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{3,k} = W_{3,k} \cdot e^{j\theta_3}$。

[0076] 方法 2：

[0077] 首先，采用如下公式，计算基站 2 的相位旋转因子 $e^{j\theta_2}$

[0078]
$$e^{j\theta_2} = \frac{\mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{1,k} \mathbf{W}_{1,k}}{\left| \mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{1,k} \mathbf{W}_{1,k} \right|}$$

[0079] 式中，$H_{1,k}$和 $H_{2,k}$分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道。

[0080] 其次，根据获得的基站 2 的相位旋转因子 $e^{j\theta_2}$，使用如下公式，计算基站 3 的相位旋转因子 $e^{j\theta_3}$

[0081]
$$e^{j\theta_3} = \frac{\mathbf{W}_{1,k}^H \mathbf{H}_{1,k}^H \mathbf{H}_{3,k} \mathbf{W}_{3,k} + e^{j\theta_2} \mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{3,k} \mathbf{W}_{3,k}}{\left| \mathbf{W}_{1,k}^H \mathbf{H}_{1,k}^H \mathbf{H}_{3,k} \mathbf{W}_{3,k} + e^{j\theta_2} \mathbf{W}_{2,k}^H \mathbf{H}_{2,k}^H \mathbf{H}_{3,k} \mathbf{W}_{3,k} \right|}$$

[0082] 式中，$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$分别表示基站 1、基站 2 和基站 3 到用户 k 的下行信道。

[0083] 基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k} = W_{2,k} \cdot e^{j\theta_2}$，基站 3 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{3,k} = W_{3,k} \cdot e^{j\theta_3}$。

[0084] 步骤 4

[0085] 协作基站使用上述计算获得的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$ 和 $\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处

理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号，即

[0086] $$P_{i,k}=\tilde{\mathbf{W}}_{i,k}\mathbf{s}_k$$

[0087] 其中，$P_{i,k}$表示基站 i 给用户 k 最终发射的信号矢量，$\tilde{\mathbf{W}}_{i,k}$是第 i 个基站对第 k 个用户的最终预编码矢量，s_k是传输给第 k 个用户的原始发射信号。

[0088] 下面结合具体的应用场景，说明本发明所描述的分布式预编码的相位旋转矩阵的计算方法和装置。

[0089] 实施例 1

[0090] 某分布式协作通信系统，参与当前协作的基站数为 2，当前协作基站集合下服务的用户共有 K 个。

[0091] 基站 1 和基站 2 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道信息$H_{1,k}$和$H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$和$W_{2,k}$

[0092] 基站 1 的发射信号不做相位旋转，即$\Re_1=1$，基站 1 的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$

[0093] 基站 2 从预先设计好的角度码本中，根据以下公式寻求一个最优的旋转角度 θ，使得下式成立

[0094]
$$\theta=\max_{\theta_m\in\varphi}\left\|\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}+\mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_m}\right\|^2$$

[0095] 式中，$H_{1,k}$和$H_{2,k}$分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道系数矩阵。基站 2 的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$。

[0096] 使用上述计算出的最终预编码矢量乘以原始发射信号即可完成分布式预编码。

[0097] 实施例 2

[0098] 某分布式协作通信系统，参与当前协作的基站数为 2，当前协作基站集合下服务的用户共有 K 个。

[0099] 基站 1 和基站 2 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道系数矩阵$H_{1,k}$和$H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$和$W_{2,k}$

[0100] 基站 1 的发射信号不做相位旋转，即$R_1=1$，基站 1 的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$

[0101] 采用如下公式，直接计算基站 2 的相位旋转因子$e^{j\theta}$

[0102]
$$e^{j\theta}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$$

[0103] 式中，$H_{1,k}$和$H_{2,k}$分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道系数矩阵。基站 2 的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$。

[0104] 使用上述计算出的最终预编码矢量乘以原始发射信号即可完成分布式预编码。

[0105] 实施例 3

[0106] 假定参与协作的基站为基站 1、基站 2 和基站 3，此三协作基站下的服务用户数为

K。

[0107] 基站 1、基站 2 和基站 3 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$和 $W_{3,k}$。

[0108] 基站 2 和基站 3 从预先设计好的码本中，根据以下公式寻求一个最优的旋转角度 θ_2和 θ_3，使得下式成立

[0109]

$$\{\theta_2,\theta_3\}=\max_{\theta_2,\theta_3\in\varphi}\left\|\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}+\mathbf{H}_{2,k}\mathbf{W}_{2,k}e^{j\theta_2}+\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}e^{j\theta_3}\right\|^2$$

[0110] 式中，$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$分别表示基站 1、基站 2 和基站 3 到用户 k 的下行信道系数矩阵。基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta_2}$，基站 3 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$。

[0111] 使用上述计算出的最终预编码矢量乘以原始发射信号即可完成分布式预编码。

[0112] 实施例 4

[0113] 假定参与协作的基站为基站 1、基站 2 和基站 3，此三协作基站下的服务用户数为 K。

[0114] 基站 1、基站 2 和基站 3 分别根据测量或者反馈获得到第 k 个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量 $W_{1,k}$、$W_{2,k}$和 $W_{3,k}$。

[0115] 采用如下公式，计算基站 2 的相位旋转因子 $e^{j\theta_2}$

[0116]
$$e^{j\theta_2}=\frac{\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}}{\left|\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{W}_{1,k}\right|}$$

[0117] 式中，$H_{1,k}$和 $H_{2,k}$分别表示基站 1 和基站 2 到用户 k 的下行信道系数矩阵。

[0118] 根据获得的基站 2 的相位旋转因子 $e^{j\theta_2}$，使用如下公式，计算基站 3 的相位旋转因子 $e^{j\theta_3}$

[0119]
$$e^{j\theta_3}=\frac{\mathbf{W}_{1,k}^H\mathbf{H}_{1,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}+e^{j\theta_2}\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}}{\left|\mathbf{W}_{1,k}^H\mathbf{H}_{1,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}+e^{j\theta_2}\mathbf{W}_{2,k}^H\mathbf{H}_{2,k}^H\mathbf{H}_{3,k}\mathbf{W}_{3,k}\right|}$$

[0120] 式中，$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和 $H_{3,k}$分别表示基站 1、基站 2 和基站 3 到用户 k 的下行信道系数矩阵。

[0121] 基站 2 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta_2}$，基站 3 的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$。

[0122] 使用上述计算出的最终预编码矢量乘以原始发射信号即可完成分布式预编码。

[0123] 需要特别说明的是，该方法除在实施例中详细描述的部分，其它皆为本发明技术领域普通技术人员不经创造性劳动即可获知或者熟悉的现有技术。

[0124] 本发明还提供了一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端和第二发送端的无线通信系统，包括：

[0125] 预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵

$H_{1,k}$和$H_{2,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$和$W_{2,k}$；

[0126] 第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0127] 最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端的相位旋转矩阵R_2，根据第二发送端的相位旋转矩阵R_2，计算第二发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}e^{j\theta_2}$；

[0128] 数据发送模块，用于根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$和$\tilde{W}_{2,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0129] 此外，本发明还提供了另一种发射信号预处理发送装置，适用于包含参与协作的第一发送端、第二发送端和第三发送端的无线通信系统，包括：

[0130] 预编码向量计算模块，用于根据测量或反馈获得的第 k 个用户下行信道系数矩阵$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和$H_{3,k}$，计算各自针对第 k 个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$、$W_{2,k}$和$W_{3,k}$；

[0131] 第一发送端最终预编码矢量计算模块，用于确定第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$；

[0132] 最终预编码矢量计算模块，用于计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot e^{j\theta_2}$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot e^{j\theta_3}$；

[0133] 数据发送模块，用于根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$、$\tilde{W}_{2,k}$和$\tilde{W}_{3,k}$，作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。

[0134] 本发明中的发送端可以是无线通信系统中下行链路中的基站、中继站、射频拉远设备、毫微微基站等控制设备。类似地，用户是用于接收发送端的数据信号，用户可以是无线通信系统中上行链路中的终端设备，如手机、笔记本电脑、手持电脑等。而本发明中的方法和装置可应用于 LTE 和 WI MAX 等无线通信系统。

[0135] 上述说明示出并描述了本发明的一个或多个优选实施例，但如前所述，应当理解本发明并非局限于本文所披露的形式，不应看作是对其他实施例的排除，而可用于各种其他组合、修改和环境，并能够在本文所述发明构想范围内，通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离本发明的精神和范围，则都应在本发明所附权利要求的保护范围内。

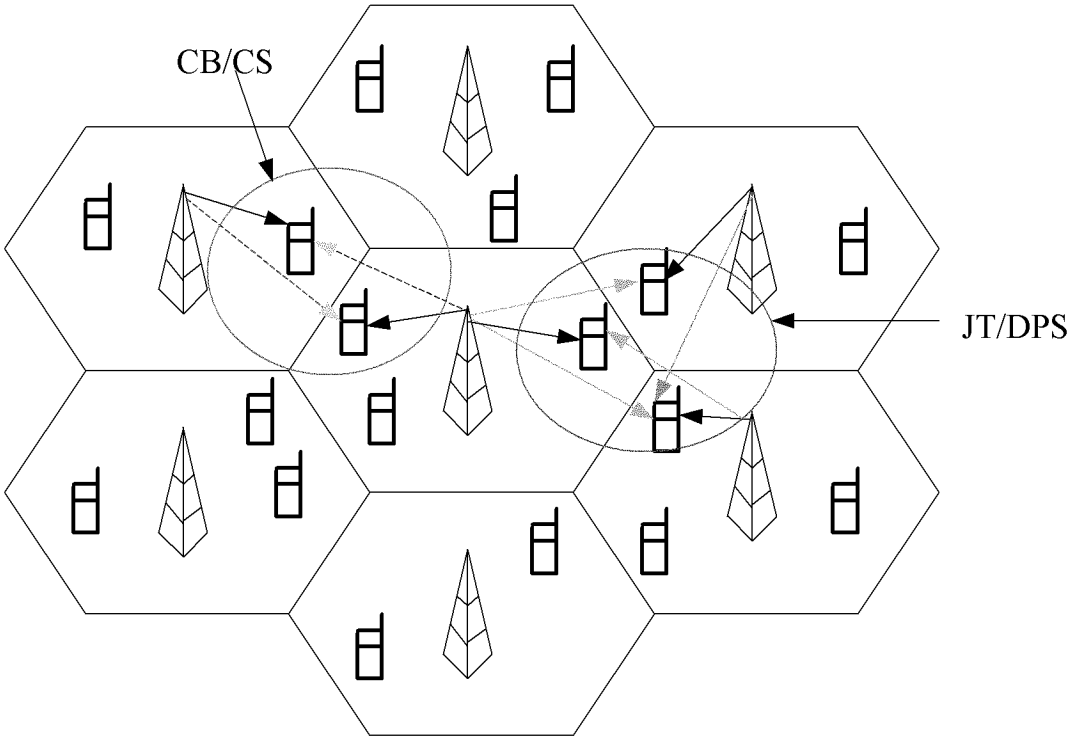


图 1

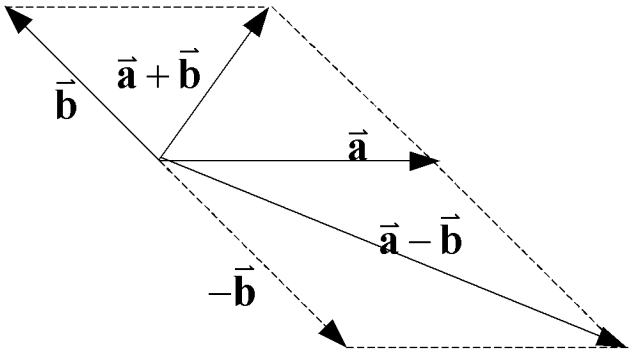


图 2

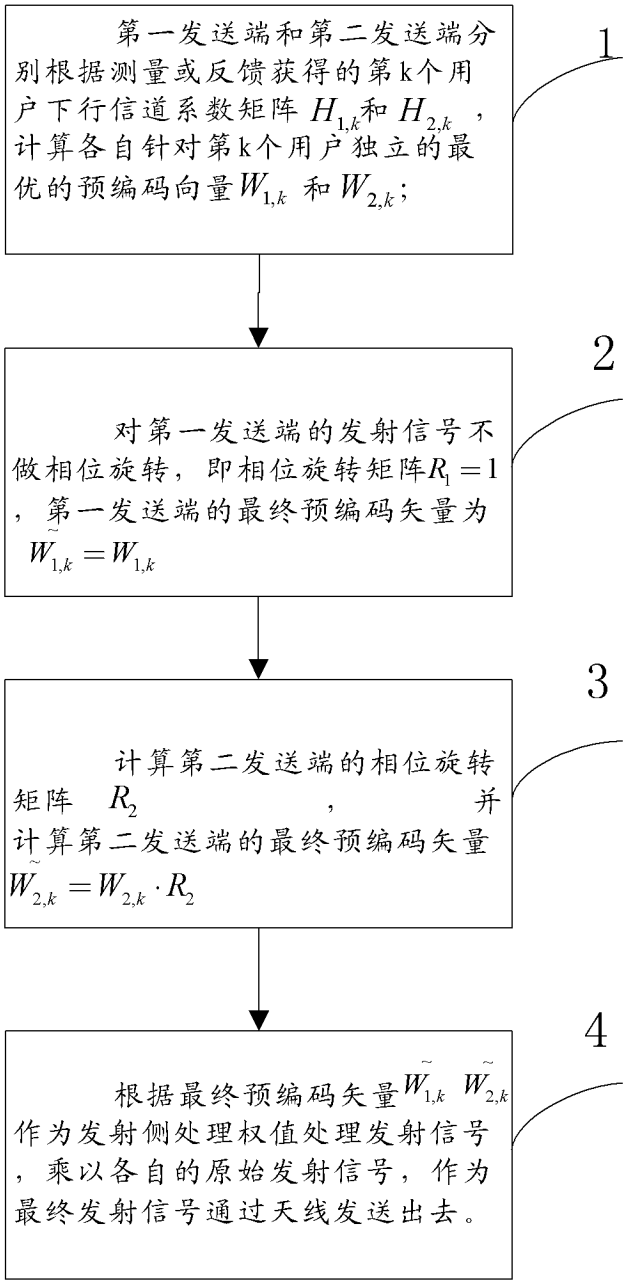

第一发送端和第二发送端分别根据测量或反馈获得的第k个用户下行信道系数矩阵 $H_{1,k}$和 $H_{2,k}$，计算各自针对第k个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$ 和 $W_{2,k}$；
1
对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵$R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为 $\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$
2
计算第二发送端的相位旋转矩阵 R_2，并计算第二发送端的最终预编码矢量 $\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot R_2$
3
根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$ $\tilde{W}_{2,k}$作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。
4

图 3

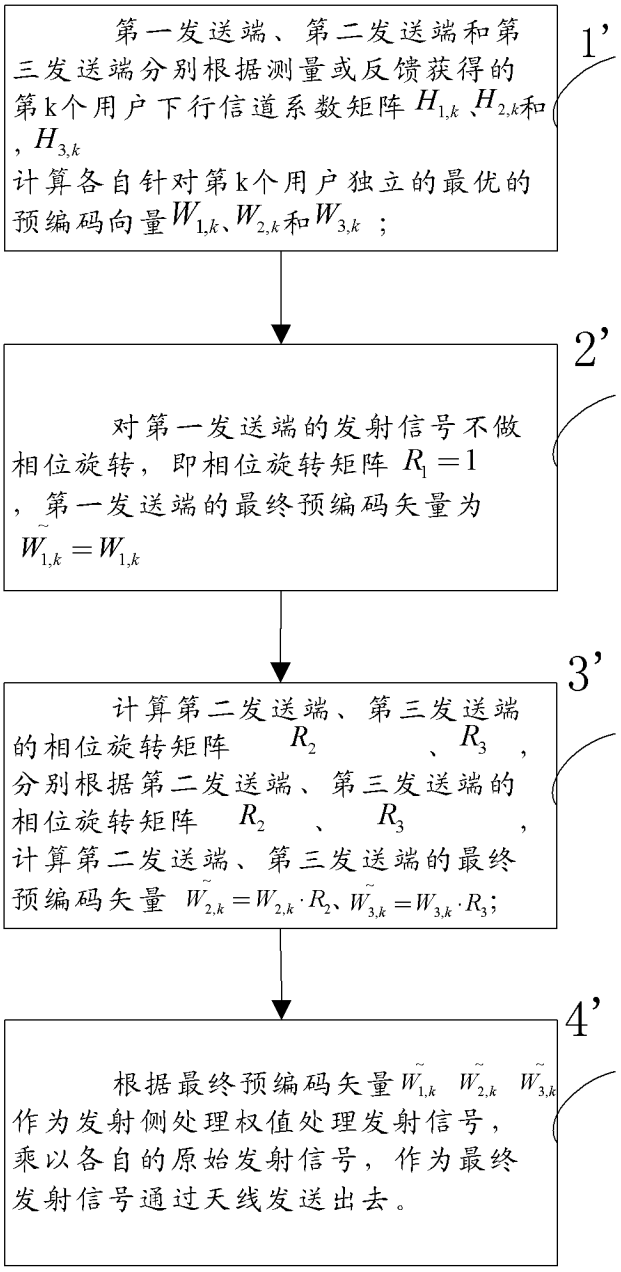

第一发送端、第二发送端和第三发送端分别根据测量或反馈获得的第k个用户下行信道系数矩阵$H_{1,k}$、$H_{2,k}$和$H_{3,k}$
计算各自针对第k个用户独立的最优的预编码向量$W_{1,k}$、$W_{2,k}$和$W_{3,k}$；
1’
对第一发送端的发射信号不做相位旋转，即相位旋转矩阵$R_1=1$，第一发送端的最终预编码矢量为$\tilde{W}_{1,k}=W_{1,k}$
2’
计算第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵R_2、R_3，分别根据第二发送端、第三发送端的相位旋转矩阵R_2、R_3，计算第二发送端、第三发送端的最终预编码矢量$\tilde{W}_{2,k}=W_{2,k}\cdot R_2$、$\tilde{W}_{3,k}=W_{3,k}\cdot R_3$；
3’
根据最终预编码矢量$\tilde{W}_{1,k}$ $\tilde{W}_{2,k}$ $\tilde{W}_{3,k}$作为发射侧处理权值处理发射信号，乘以各自的原始发射信号，作为最终发射信号通过天线发送出去。
4’

图 4