



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102457855 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 21

(21) 申请号 201010515957. 1

(56) 对比文件

(22) 申请日 2010. 10. 15

CN 101662321 A, 2010. 03. 03, 全文.

(73) 专利权人 鼎桥通信技术有限公司

EP 1720299 A1, 2006. 11. 08, 全文.

地址 100102 北京市朝阳区望京北路 9 号叶
青大厦 D 座 15 层

审查员 杨柳

(72) 发明人 侯雪颖 王大飞 沈东栋

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限

公司 11018

代理人 牛峥 王丽琴

(51) Int. Cl.

H04W 16/14(2009. 01)

H04W 24/10(2009. 01)

H04W 28/16(2009. 01)

H04L 1/00(2006. 01)

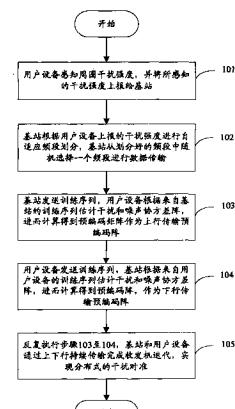
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种 Femtocell 的干扰协调方法和系统

(57) 摘要

本发明提供了一种家庭基站 (Femtocell) 的干扰协调方法,包括如下步骤:A、用户设备感知周围干扰强度,并将所感知的干扰强度上报给家庭基站;B、家庭基站根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分,家庭基站从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输;C、家庭基站发送训练序列,用户设备根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵,进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵;D、用户设备发送训练序列,家庭基站根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵,进而计算得到预编码矩阵作为下行传输预编码阵,并返回步骤C。本发明还提出了一种实现家庭基站干扰协调的系统。



1. 一种家庭基站 Femtocell 的干扰协调方法, 其特征在于, 预先设定不同的信干噪比门限值 β_i , 每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i , 门限值越高, 其对应的 R_i 越小; 包括如下步骤:

A、用户设备感知周围干扰强度, 并将所感知的干扰强度上报给家庭基站;

B、家庭基站根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分, 家庭基站从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输; 所述步骤 B 包括:

B1、家庭基站根据用户设备上报的接收信干比 SINR, 并将其 SINR 与预设的门限值 β_i 进行比较, 如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$, 则其将整个带宽划分为 R_i 段;

B2、家庭基站从 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行信号传输;

C、家庭基站发送训练序列, 用户设备根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵, 进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵; 所述步骤 C 包括:

C1、家庭基站 k 根据下行传输预编码, 发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$, $n = 1, \dots, T$;

C2、用户设备 k 对接收信号的协方差 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k} = E\{\mathbf{y}_k^T \mathbf{y}_k^{*H}\}$ 进行最大似然估计, 得到

$$\hat{\mathbf{R}}_{y_k} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k(n) \mathbf{y}_k^{*\dagger}(n), \text{ 其中 } \mathbf{y}_k(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i s_i(n) + \mathbf{w}_k(n), \forall k \in \mathcal{K}_r, n \text{ 是第 } n \text{ 个接收信号};$$

C3、用户设备 k 利用 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k}$ 得到用户设备 k 的干扰和噪声协方差矩阵 \mathbf{B}_k 的估计

$$\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{y_k} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^* \mathbf{H}_{kk}^*;$$

C4、用户设备 k 利用干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 \mathbf{u}_k :

$$\mathbf{u}_k = \frac{\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r, \text{ 用户设备 } k \text{ 将其计算出的接收处理向量 } \mathbf{u}_k \text{ 作为其上行传输预编}$$

码, 即 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$;

D、用户设备发送训练序列, 家庭基站 k 估计其受到的干扰和噪声协方差矩阵 $\tilde{\mathbf{B}}_k$; 家庭基站 k 计算其接收处理向量, $\tilde{\mathbf{u}}_k = \frac{\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k}{\|\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$; 家庭基站 k 将其计算出的接收处理向量直接作为其下行传输预编码, 即 $\mathbf{v}_k = \tilde{\mathbf{u}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ 并返回步骤 C。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 家庭基站和用户设备分别有 M_k 和 N_k 根天线, 首次执行时, 步骤 C1 为:

家庭基站 k 随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 \mathbf{v}_k 作为家庭基站 k 的下行传输预编码, $\forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R_i$; 家庭基站 k 根据下行传输预编码, 发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$, $n = 1, \dots, T$ 。

3. 一种实现家庭基站 Femtocell 干扰协调的系统, 其特征在于, 该系统包括家庭基站和用户设备,

所述用户设备用于感知周围干扰强度, 并将所感知的干扰强度上报给家庭基站; 还用于根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵, 进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵, 根据所述上行传输预编码阵发送训练序列;

所述家庭基站用于根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分, 家庭基站从划

分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输；家庭基站还用于根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵，进而计算得到预编码阵作为下行传输预编码阵，并根据所述下行传输预编码阵发送训练序列；

所述家庭基站包括：

门限值模块，用于存储预先设定不同的信干噪比门限值 β_i ，每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i ，门限值越高，其对应的 R_i 越小；

频率划分模块，用于将用户设备上报的 SINR 与门限值模块存储的门限值 β_i 进行比较，如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$ ，则其将整个带宽划分为 R_i 段；

发送模块，用于从所述频率划分模块划分的 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行信号传输；

基站侧干扰和噪声协方差估计模块，用于估计家庭基站受到的干扰和噪声协方差矩阵 $\bar{\mathbf{B}}_k$ ；

基站侧接收处理向量计算模块，用于根据所述基站侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\tilde{\mathbf{B}}_k$ 计算接收处理向量， $\tilde{\mathbf{u}}_k = \frac{\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \tilde{\mathbf{v}}_k}{\|\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \tilde{\mathbf{v}}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$ ；

所述家庭基站将所述基站侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量直接作为其下行传输预编码，即 $\mathbf{v}_k = \tilde{\mathbf{u}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ ，并根据所述下行传输预编码，发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n), n = 1, \dots, T$ ；

所述用户设备包括：

用户侧接收信号协方差估计模块，用于对接收信号的协方差 $\mathbf{R}_{y_k^r} = E\{\mathbf{y}_k^r \mathbf{y}_k^{rH}\}$ 进行最大似然估计，得到接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k^r(n) \mathbf{y}_k^{r\dagger}(n)$ ，其中

$\mathbf{y}_k^r(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i(n) + \mathbf{w}_k(n), \forall k \in \mathcal{K}_r$ 是第 n 个接收信号；

用户侧干扰和噪声协方差估计模块，用于利用所述用户侧接收信号协方差估计模块得到的接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r}$ 得到用户设备的干扰和噪声协方差矩阵 B_k 的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk}^\dagger$ ；

用户侧接收处理向量计算模块，用于利用所述用户侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 u_k ： $\mathbf{u}_k = \frac{\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$ ；

所述用户设备将所述用户侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量 u_k 作为其上行传输预编码，即 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ 并根据所述上行传输预编码发射训练序列。

4. 根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，家庭基站首次发送训练序列时，随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 v_k 作为下行传输预编码， $\forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R_i$ ，并根据所述下行传输预编码，发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n), n = 1, \dots, T$ 。

一种 Femtocell 的干扰协调方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及移动通信技术,特别涉及家庭基站(Femtocell)技术,尤其涉及一种Femtocell的干扰协调方法和系统。

背景技术

[0002] 家庭基站(Femtocell)又称微基站,是近年来根据3G发展和移动宽带化趋势推出的超小型化移动基站。Femtocell使用IP协议,通过用户设备与已有的数字用户设备线(DSL)、局域网(LAN)等宽带线路连接,远端由专用网关实现从IP网到移动网的联通。Femtocell设备的大小与ADSL调制解调器相似,具有安装方便、自动配置、自动网规、即插即用的特点。Femtocell有适用于CDMA、GSM、UMTS等各种标准和支持2G、2.5G、3G的产品,与运营商的其它移动家庭基站同制式、同频段,因此手机等移动终端可以通用。

[0003] Femtocell的引入可以为室内和热点场景的覆盖提供很好的保障;这些节点的发射功率小,便于灵活地部署网络;同时这些节点的覆盖范围小,可以更加方便地利用LTE Advanced潜在的高频段频谱。然而,在原来的小区范围之内引入了新的发射节点,相当于引进了新的干扰源,小区间干扰协调是一个新的挑战。由于femtocell的部署以及开启或关闭主要由用户设备控制,从而导致这种网络拓扑很不固定,因此femtocell之间的干扰很难由网络的中心控制器控制。如果femtocell为全频复用,并且不采用任何干扰协调方法,一旦若干相邻的femtocell同时工作,将会产生严重的干扰。

[0004] 解决上述Femtocell之间相互干扰的直观方法是进行频率划分,即类似于传统蜂窝小区的频率划分方法,对相邻的Femtocell分配正交的频段,使得互不干扰。

[0005] 有人提出了针对不同基站部署密度的femtocell场景的频率资源分配方法(参考文献:Bharucha, Z. ;Haas, H. ;Auer, G. ;Cosovic, I. ;, " Femto-Cell Resource Partitioning," GLOBECOM Workshops, 2009 IEEE, vol. , no. , pp. 1-6, Nov. 30 2009-Dec. 4 2009. 以及 Ling, J. ;Chizhik, D. ;Valenzuela, R. ;, " On resource allocation in dense femto-deployments, " Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems, 2009. COMCAS 2009. IEEE International Conference on, vol. , no. , pp. 1-6, 9-11 Nov. 2009.),考虑不同的频率复用因子对系统性能的影响。

[0006] 这种方法的优点是简单易行,容易操作,但缺点是当考虑一个高密度的Femtocell场景时,需要划分的频段数增多,从而造成频谱利用率的降低。

[0007] 还有人提出了一种在频率划分基础上的动态频率分配方法(3GPP TR36.814 V1.7.0, Futher Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects, Feb. 2010.),即先将Femtocell划分到正交的频段上,然后由Femtocell发出占用新频段请求,这需要得到相邻家庭基站的认可,家庭基站会设定一个干扰门限,如果相邻家庭基站在其请求的频段上受到该家庭基站低于门限的干扰,就允许其在新频段上进行传输,但只要有一个相邻家庭基站受到高于门限的干扰,发出拒绝信号,那么,它就将被禁止使用新频段。

[0008] 这种方法可以实现比硬频率划分更高的频谱利用率,但这种方法很大程度受到场

景的限制,在高密度相互干扰较强的环境下性能不会有很大的提高。

发明内容

[0009] 本发明提供了一种 Femtocell 的干扰协调方法,可以根据用户设备受到的干扰强度进行自适应的频段划分,最大程度上提高频谱利用率。

[0010] 本发明实施例提出一种家庭基站 Femtocell 的干扰协调方法,包括如下步骤:

[0011] A、用户设备感知周围干扰强度,并将所感知的干扰强度上报给家庭基站;

[0012] B、家庭基站根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分,家庭基站从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输;

[0013] C、家庭基站发送训练序列,用户设备根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵,进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵;

[0014] D、用户设备发送训练序列,家庭基站根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵,进而计算得到预编码阵作为下行传输预编码阵,并返回步骤 C。

[0015] 较佳地,预先设定不同的信干噪比门限值 β_i ,每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i ,门限值越高,其对应的 R_i 越小;

[0016] 所述步骤 B 包括:

[0017] B1、家庭基站根据用户设备上报的接收信干比 SINR,并将其 SINR 与预设的门限值 β_i 进行比较,如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$,则其将整个带宽划分为 R_i 段;

[0018] B2、家庭基站从 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行信号传输。

[0019] 较佳地,所述步骤 C 包括:

[0020] C1、家庭基站 k 根据下行发射预编码,发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$, $n = 1, \dots, T$;

[0021] C2、用户设备 k 对接收信号的协方差 $\mathbf{R}_{y_k^r} = E\{\mathbf{y}_k^r \mathbf{y}_k^{rH}\}$ 进行最大似然估计,得到

$$\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k^r(n) \mathbf{y}_k^{r\dagger}(n), \text{ 其中 } \mathbf{y}_k^r(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i s_i(n) + \mathbf{w}_k(n), \forall k \in \mathcal{K}_r \text{ 是第 } n \text{ 个接收信号};$$

[0022] C3、用户设备 k 利用 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r}$ 得到用户设备 k 的干扰和噪声协方差矩阵 \mathbf{B}_k 的估计

$$\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk}^\dagger;$$

[0023] C4、用户设备 k 利用干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 u_k :

$$\mathbf{u}_k = \frac{\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r, \text{ 用户设备 } k \text{ 将其计算出的接收处理向量 } u_k \text{ 作为其上行发射预编码},$$

即 $\tilde{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ 。

[0024] 较佳地,家庭基站和用户设备分别有 M_k 和 N_k 根天线,首次执行时,步骤 C1 为:

[0025] 家庭基站 k 随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 \mathbf{v}_k 作为家庭基站 k 的下行发射预编码, $\forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R_i$;家庭基站 k 根据下行发射预编码,发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$, $n = 1, \dots, T$ 。

[0026] 较佳地,所述步骤 D 包括:

[0027] D1、用户设备发送训练序列,家庭基站 k 估计其受到的干扰和噪声协方差矩阵 $\bar{\mathbf{B}}_k$;

[0028] D2、家庭基站 k 计算其接收处理向量, $\bar{\mathbf{u}}_k = \frac{\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k}{\|\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r;$

[0029] D3、家庭基站 k 将其计算出的接收处理向量直接作为其下行发射预编码, 即 $\mathbf{v}_k = \bar{\mathbf{u}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ 。

[0030] 本发明实施例还提出一种实现家庭基站 Femtocell 干扰协调的系统, 该系统包括家庭基站和用户设备,

[0031] 所述用户设备用于感知周围干扰强度, 并将所感知的干扰强度上报给家庭基站; 还用于根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵, 进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵, 根据所述上行传输预编码阵发送训练序列;

[0032] 所述家庭基站用于根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分, 家庭基站从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输; 家庭基站还用于根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵, 进而计算得到预编码阵作为下行传输预编码阵, 并根据所述下行传输预编码阵发送训练序列。

[0033] 较佳地, 预先设定不同的信干噪比门限值 β_i , 每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i , 门限值越高, 其对应的 R_i 越小;

[0034] 所述家庭基站包括:

[0035] 门限值模块, 用于存储预先设定不同的信干噪比门限值 β_i , 每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i , 门限值越高, 其对应的 R_i 越小;

[0036] 频率划分模块, 用于将用户设备上报的 SINR 与门限值模块存储的门限值 β_i 进行比较, 如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$, 则其将整个带宽划分为 R_i 段;

[0037] 发送模块, 用于从所述频率划分模块划分的 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行信号传输。

[0038] 较佳地, 所述用户设备包括:

[0039] 用户侧接收信号协方差估计模块, 用于对接收信号的协方差 $\mathbf{R}_{y_k^r} = E\{\mathbf{y}_k^r \mathbf{y}_k^{rH}\}$ 进行最大似然估计, 得到接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k^r(n) \mathbf{y}_k^{r\dagger}(n)$, 其中 $\mathbf{y}_k^r(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i s_i(n) + \mathbf{w}_k(n), \forall k \in \mathcal{K}_r$ 是第 n 个接收信号;

[0040] 用户侧干扰和噪声协方差估计模块, 用于利用所述用户侧接收信号协方差估计模块得到的接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r}$ 得到用户设备的干扰和噪声协方差矩阵 B_k 的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk}^\dagger$;

[0041] 用户侧接收处理向量计算模块, 用于利用所述用户侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 $\mathbf{u}_k : \mathbf{u}_k = \frac{\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$;

[0042] 所述用户设备将所述用户侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量 \mathbf{u}_k 作为其上行发射预编码, 即 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ 并根据所述上行发射预编码发射训练序列。

[0043] 较佳地, 所述家庭基站包括:

[0044] 基站侧干扰和噪声协方差估计模块, 用于估计家庭基站受到的干扰和噪声协方差

矩阵 $\bar{\mathbf{B}}_k$ ；

[0045] 基站侧接收处理向量计算模块，用于根据所述基站侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\bar{\mathbf{B}}_k$ 计算接收处理向量， $\bar{\mathbf{u}}_k = \frac{\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k}{\|\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$ ；

[0046] 所述家庭基站将所述基站侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量直接作为其下行发射预编码，即 $\mathbf{v}_k = \bar{\mathbf{u}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$ ，并根据所述下行发射预编码，发送长度为T的训练序列 $s_i(n), n = 1, \dots, T$ 。

[0047] 较佳地，家庭基站首次发送训练序列时，随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 v_k 作为下行发射预编码， $\forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R_i$ ，并根据所述下行发射预编码，发送长度为T的训练序列 $s_i(n), n = 1, \dots, T$ 。

[0048] 从以上技术方案可以看出，由于在上下行传输过程中收发机作用互换以及信道的互易性，下行传输过程中，接收端处理矩阵是以最大化 SINR 为目标的多用户检测矩阵；而在上行传输过程中，接收端处理矩阵便成为以最大化 SLNR 为目标的预编码矩阵。因此，通过上下行传输，用户在提高 SINR 的同时，通过提高 SLNR 来减小对其他用户的干扰，通过有限次的迭代，可以实现将干扰压缩到有限的空间中，从而实现干扰对准。

附图说明

[0049] 图 1 为本发明实施例提出的 Femtocell 的干扰协调方法的实现流程图；

[0050] 图 2 为 TDD LTE(FS 2)5 毫秒(ms)周期帧结构示意图；

[0051] 图 3 为本发明实施例提出的收发机迭代实现干扰协调的流程图；

[0052] 图 4 为本发明实施例提出干扰协调方法得到的用户数据率累积分布函数(CDF)与未采用干扰协调方法得到的用户数据率的 CDF 的比较示意图。

具体实施方式

[0053] 本发明主要针对下行传输过程中 Femtocell 之间造成的相互干扰问题，给出一种 Femtocell 的干扰协调方案。该方案采用自适应干扰对准技术，主要分为两部分：自适应频段划分和分布式干扰对准。下面给出具体实现过程。

[0054] 本发明实施例提出的 Femtocell 的干扰协调方法的实现流程如图 1 所示，包括如下步骤：

[0055] 步骤 101：用户设备感知周围干扰强度，并将所感知的干扰强度上报给家庭基站。

[0056] 步骤 102：家庭基站根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分，家庭基站从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输。

[0057] 步骤 103：家庭基站发送训练序列，用户设备根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵，进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵。

[0058] 步骤 104：用户设备发送训练序列，家庭基站根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵，进而计算得到预编码阵，作为下行传输预编码阵。

[0059] 步骤 105：反复执行步骤 103 至 104，家庭基站和用户设备通过上下行持续传输完成收发机迭代，实现分布式的干扰对准。

[0060] 下面以由 K 对收发机构成的 Femtocell 网络拓扑为例，对本发明方案进行详细说

明。设家庭基站和用户设备均为多天线系统,家庭基站和用户设备分别有 M_k 和 N_k 根天线。将整个频带分为 R 个频段,用 $\kappa_r, \forall r = 1, \dots, R$ 表示第 r 个频段上的用户设备集合,即如果 $k \in \kappa_r$,表示第 k 对家庭基站和用户设备占用第 r 个频段进行传输。

[0061] 在所述网络拓扑下,步骤 102 可以具体包括如下子步骤:

[0062] 子步骤 102-1:设定不同的信干噪比 (SINR) 门限值 β_i ,每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i ,门限值越高,其对应的 R_i 越小,也即能用户设备传输的带宽越大。其中,门限值和频段划分值是根据实际的仿真场景和资源配置设定的。

[0063] 子步骤 102-2:由用户设备计算其接收 SINR,并将所述 SINR 上报给家庭基站;

[0064] 子步骤 102-3:家庭基站将用户设备上报的 SINR 与预设的门限值 β_i 进行比较,如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$,则其将整个带宽划分为 R_i 段。

[0065] 子步骤 102-4:家庭基站从 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行传输。

[0066] (1) 分布式干扰对准

[0067] 考虑到时分双工 (TDD) 系统上下行信道互易,以及 femtocell 信道慢变的特点,可以将每一次的上下行传输过程当作一个迭代过程。举例来说,如图 2 所示为 TDD LTE(FS 2)5 毫秒 (ms) 周期帧结构支持的上下行子帧,可以根据实际的 TDD 帧结构,至少在一帧内可以完成一次上下行传输,即至少可以实现一次迭代。并且 femtocell 的信道是慢变的,从而可以通过上下行的持续传输,完成收发机的迭代过程,实现干扰的逐步消除。下面分别描述下行和上行传输过程,并给出收发机迭代实现方法。

[0068] 下行链路传输过程:

[0069] 家庭基站 i 在第 r 个频段上的发射信号表示为

$$\mathbf{x}_i^r = \begin{cases} \mathbf{v}_i d_i, & \forall i \in \mathcal{K}_r, \\ \mathbf{0}, & \forall i \notin \mathcal{K}_r \end{cases}, r = 1, \dots, R$$

[0071] 其中, \mathbf{v}_i 是 $M_i \times 1$ 的发射预编码矩阵,满足 $\mathbf{v}_i^\dagger \mathbf{v}_i \leq 1$, d_i 是家庭基站 i 要传输的符号,满足 $E\{\|\mathbf{d}_i\|^2\} = P_i$ 。

[0072] 第 k 个用户设备的接收信号表示为

$$\mathbf{y}_k^r = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{x}_i^r + \mathbf{w}_k^r, \forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R$$

[0074] 其中, \mathbf{H}_{ki} 是 $N_k \times M_i$ 的家庭基站 i 到用户设备 k 的信道, \mathbf{w}_k^r 是 $N_k \times 1$ 的服从零均值单位方差的复高斯白噪声。

[0075] 接收端做如下处理获得期望信号

$$\hat{d}_k = \mathbf{u}_k^\dagger \mathbf{y}_k^r, \forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R$$

[0077] 其中, \mathbf{u}_k 是 $N_k \times 1$ 的接收端处理矩阵, a^+ 表示矩阵 a 的共轭转置。

[0078] 上行链路传输过程:

[0079] 定义一个反向链路,收发机位置互换,考虑 TDD 系统上下行互易性,反向链路即相当于上行传输。

[0080] 用户设备 i 的发射信号表示为

$$\bar{\mathbf{x}}_i^r = \begin{cases} \bar{\mathbf{v}}_i \bar{d}_i, & \forall i \in \mathcal{K}_r, \\ \mathbf{0}, & \forall i \notin \mathcal{K}_r \end{cases}, r = 1, \dots, R$$

[0082] 其中, $\bar{\mathbf{v}}_i$ 是 $N_i \times 1$ 的发射预编码矩阵,满足 $\bar{\mathbf{v}}_i^\dagger \bar{\mathbf{v}}_i \leq 1$, 符号 \bar{d}_i 满足 $E\{\|\bar{d}_i\|^2\} = P_i$ 。

[0083] 第 k 个家庭基站的接收信号表示为

$$[\text{0084}] \quad \tilde{\mathbf{y}}_k^r = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \tilde{\mathbf{H}}_{ki} \tilde{\mathbf{x}}_i^r + \tilde{\mathbf{w}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R$$

[0085] 其中, $\tilde{\mathbf{H}}_{ki}$ 是 $N_k \times M_i$ 的家庭基站 i 到用户设备 k 的信道, 并且 $\tilde{\mathbf{H}}_{ki} = \mathbf{H}_{ik}^\dagger, \forall i, k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R$, $\tilde{\mathbf{w}}_k$ 是 $M_k \times 1$ 的服从零均值单位方差的复高斯白噪声。

[0086] 接收端做如下处理获得期望信号

[0087]

$$\hat{d}_k = \tilde{\mathbf{u}}_k^\dagger \tilde{\mathbf{y}}_k$$

[0088] 其中, $\tilde{\mathbf{u}}_k$ 是 $M_k \times 1$ 的接收端处理矩阵。

[0089] 收发机迭代实现干扰协调的流程如图 3 所示, 包括如下步骤:

[0090] 步骤 301: 下行传输初始化: 随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 \mathbf{v}_k 作为家庭基站 k 的发射预编码, $\forall k \in \mathcal{K}_r, r = 1, \dots, R$;

[0091] 步骤 302: 家庭基站 k 发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n), n = 1, \dots, T$;

[0092] 步骤 303: 用户设备 k 对接收信号的协方差 $\mathbf{R}_{\mathbf{y}_k^r} = E\{\mathbf{y}_k^r \mathbf{y}_k^{r\dagger}\}$ 进行最大似然估计,

[0093] 得到 $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{y}_k^r} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k^r(n) \mathbf{y}_k^{r\dagger}(n)$, 其中 $\mathbf{y}_k^r(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i s_i(n) + \mathbf{w}_k(n), \forall k \in \mathcal{K}_r$ 是第 n 个接收信号。

[0094] 然后, 利用 $\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{y}_k^r}$ 得到用户设备 k 的干扰和噪声协方差矩阵 \mathbf{B}_k 的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{y}_k^r} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk}^\dagger$ 。

[0095] 步骤 304: 用户设备 k 利用干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 \mathbf{u}_k ,

$$[0096] \quad \mathbf{u}_k = \frac{\mathbf{B}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\mathbf{B}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r$$

[0097] 步骤 305: 在上行传输过程中, 用户设备 k 将其计算出的接收处理向量直接作为其上行发射预编码,

$$[0098] \quad \tilde{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$$

[0099] 步骤 306: 和步骤 302 类似, 用户设备发送训练序列, 家庭基站 k 估计其受到的干扰和噪声协方差矩阵 $\bar{\mathbf{B}}_k$ 。

$$[0100] \quad \text{步骤 307: 家庭基站 k 计算其接收处理向量, } \bar{\mathbf{u}}_k = \frac{\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \tilde{\mathbf{v}}_k}{\|\bar{\mathbf{B}}_k^{-1} \bar{\mathbf{H}}_{kk} \tilde{\mathbf{v}}_k\|}, \forall k \in \mathcal{K}_r.$$

[0101] 步骤 308: 在新的一次下行传输过程中, 家庭基站 k 将其计算出的接收处理向量直接作为其下行发射预编码, 即 $\mathbf{v}_k = \bar{\mathbf{u}}_k, \forall k \in \mathcal{K}_r$, 并返回步骤 302, 进行下一轮迭代。

[0102] 本发明实施例还提出一种实现家庭基站 Femtocell 干扰协调的系统, 该系统包括家庭基站和用户设备,

[0103] 所述用户设备用于感知周围干扰强度, 并将所感知的干扰强度上报给家庭基站; 还用于根据来自家庭基站的训练序列估计干扰和噪声协方差阵, 进而计算得到预编码矩阵作为上行传输预编码阵, 根据所述上行传输预编码阵发送训练序列;

[0104] 所述家庭基站用于根据用户设备上报的干扰强度进行自适应频段划分, 家庭基站

从划分好的频段中随机选择一个频段进行数据传输；家庭基站还用于根据来自用户设备的训练序列估计干扰和噪声协方差阵，进而计算得到预编码阵作为下行传输预编码阵，并根据所述下行传输预编码阵发送训练序列。

[0105] 较佳地，预先设定不同的信干噪比门限值 β_i ，每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i ，门限值越高，其对应的 R_i 越小；

[0106] 所述家庭基站包括：

[0107] 门限值模块，用于存储预先设定不同的信干噪比门限值 β_i ，每个门限值对应一个相应的频段划分值 R_i ，门限值越高，其对应的 R_i 越小；

[0108] 频率划分模块，用于将用户设备上报的 SINR 与门限值模块存储的门限值 β_i 进行比较，如果 $\beta_i < \text{SINR} < \beta_{i+1}$ ，则其将整个带宽划分为 R_i 段；

[0109] 发送模块，用于从所述频率划分模块划分的 R_i 段频段中随机挑选一个频段进行信号传输。

[0110] 较佳地，所述用户设备包括：

[0111] 用户侧接收信号协方差估计模块，用于对接收信号的协方差 $\mathbf{R}_{y_k^r} = E\{\mathbf{y}_k^r \mathbf{y}_k^{rH}\}$ 进行最大似然估计，得到接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T \mathbf{y}_k^r(n) \mathbf{y}_k^{r\dagger}(n)$ ，其中 $\mathbf{y}_k^r(n) = \sum_{i \in \mathcal{K}_r} \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_i s_i(n) + \mathbf{w}_k(n)$ ， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ 是第 n 个接收信号；

[0112] 用户侧干扰和噪声协方差估计模块，用于利用所述用户侧接收信号协方差估计模块得到的接收信号的协方差估计 $\hat{\mathbf{R}}_{y_k^r}$ 得到用户设备的干扰和噪声协方差矩阵 \mathbf{B}_k 的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{R}}_{y_k^r} - P_k \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k \mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk}^\dagger$ ；

[0113] 用户侧接收处理向量计算模块，用于利用所述用户侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\hat{\mathbf{B}}_k$ 计算其接收处理向量 $\mathbf{u}_k : \mathbf{u}_k = \frac{\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k}{\|\hat{\mathbf{B}}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k\|}$ ， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ ；

[0114] 所述用户设备将所述用户侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量 \mathbf{u}_k 作为其上行发射预编码，即 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k$ ， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ 并根据所述上行发射预编码发射训练序列。

[0115] 较佳地，所述家庭基站包括：

[0116] 基站侧干扰和噪声协方差估计模块，用于估计家庭基站受到的干扰和噪声协方差矩阵 $\tilde{\mathbf{B}}_k$ ；

[0117] 基站侧接收处理向量计算模块，用于根据所述基站侧干扰和噪声协方差估计模块得到的干扰和噪声协方差矩阵的估计 $\tilde{\mathbf{B}}_k$ 计算接收处理向量， $\bar{\mathbf{u}}_k = \frac{\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k}{\|\tilde{\mathbf{B}}_k^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k\|}$ ， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ ；

[0118] 所述家庭基站将所述基站侧接收处理向量计算模块计算出的接收处理向量直接作为其下行发射预编码，即 $\mathbf{v}_k = \bar{\mathbf{u}}_k$ ， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ ，并根据所述下行发射预编码，发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$ ， $n = 1, \dots, T$ 。

[0119] 较佳地，家庭基站首次发送训练序列时，随机选择 $M_k \times 1$ 的酉向量 \mathbf{v}_k 作为下行发射预编码， $\forall k \in \mathcal{K}_r$ ， $r = 1, \dots, R_i$ ，并根据所述下行发射预编码，发送长度为 T 的训练序列 $s_i(n)$ ， $n = 1, \dots, T$ 。

[0120] 通过本发明实施例中家庭基站和用户设备之间的上下行传输过程,实现自适应频率划分以及分布式的干扰对准的机制简述如下:

[0121] 下行传输过程中,信干比 SINR 可以表示为

[0122]

$$SINR_k = \frac{P_k |\mathbf{u}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k|^2}{\sum_{i \in \mathcal{K}_r} P_i |\mathbf{u}_k^\dagger \mathbf{H}_{ik} \mathbf{v}_i|^2 - P_k |\mathbf{u}_k^\dagger \mathbf{H}_{kk} \mathbf{v}_k|^2 + 1},$$

[0123] 上行传输过程中,信漏比 SLNR 可以表示为

[0124]

$$\overline{SLNR}_k = \frac{P_k |\bar{\mathbf{u}}_k^\dagger \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k|^2}{\sum_{i \in \mathcal{K}_r} P_i |\bar{\mathbf{u}}_k^\dagger \bar{\mathbf{H}}_{ik} \bar{\mathbf{v}}_k|^2 - P_k |\bar{\mathbf{u}}_k^\dagger \bar{\mathbf{H}}_{kk} \bar{\mathbf{v}}_k|^2 + 1}.$$

[0125] 由于在上下行传输过程中收发机作用互换,即 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k$, $\bar{\mathbf{u}}_k = \mathbf{v}_k$;另外,由于信道的互易性,即 $\bar{\mathbf{H}}_{ik} = \mathbf{H}_{ki}^\dagger$,得到 $|\bar{\mathbf{u}}_k^\dagger \bar{\mathbf{H}}_{ik} \bar{\mathbf{v}}_k|^2 = |\mathbf{v}_k^\dagger \mathbf{H}_{ki}^\dagger \mathbf{u}_k|^2 = |\mathbf{u}_k^\dagger \mathbf{H}_{ki} \mathbf{v}_k|^2$ 。所以,可以看出, $\overline{SLNR}_k = SINR_k$ 。也就是说,下行传输过程中,接收端处理矩阵 \mathbf{u}_k 是以最大化 SINR 为目标的多用户检测矩阵;而在上行传输过程中,令 $\bar{\mathbf{v}}_k = \mathbf{u}_k$, $\bar{\mathbf{v}}_k$ 便成为以最大化 SLNR 为目标的预编码矩阵。因此,通过上下行传输,用户在提高 SINR 的同时,通过提高 SLNR 来减小对其他用户的干扰,通过有限次的迭代,可以实现将干扰压缩到有限的空间中,从而实现干扰对准。

[0126] 图 4 为本发明实施例提出干扰协调方法得到的用户数据率累积分布函数 (CDF) 与未采用干扰协调方法得到的用户数据率的 CDF 的比较示意图。考虑有穿墙损耗的实际仿真场景,由于 femtocell 动态的拓扑结构,考虑周围有不同数量的 femtocell(图中标示为 NF = 2、4、6) 干扰时的中心 femtocell 系统性能。R 表示频段数目,未标示 R 的值则表示 R = 2。仿真设置 SNR = 30dB, 系统带宽为 6MHz。从图 4 中可以看出,在干扰数量不同的情况下,自适应干扰对准 (图中标示为 AIA) 能够实现比不做任何干扰协调技术 (图中标示为 NC) 更好的性能。

[0127] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明保护的范围之内。

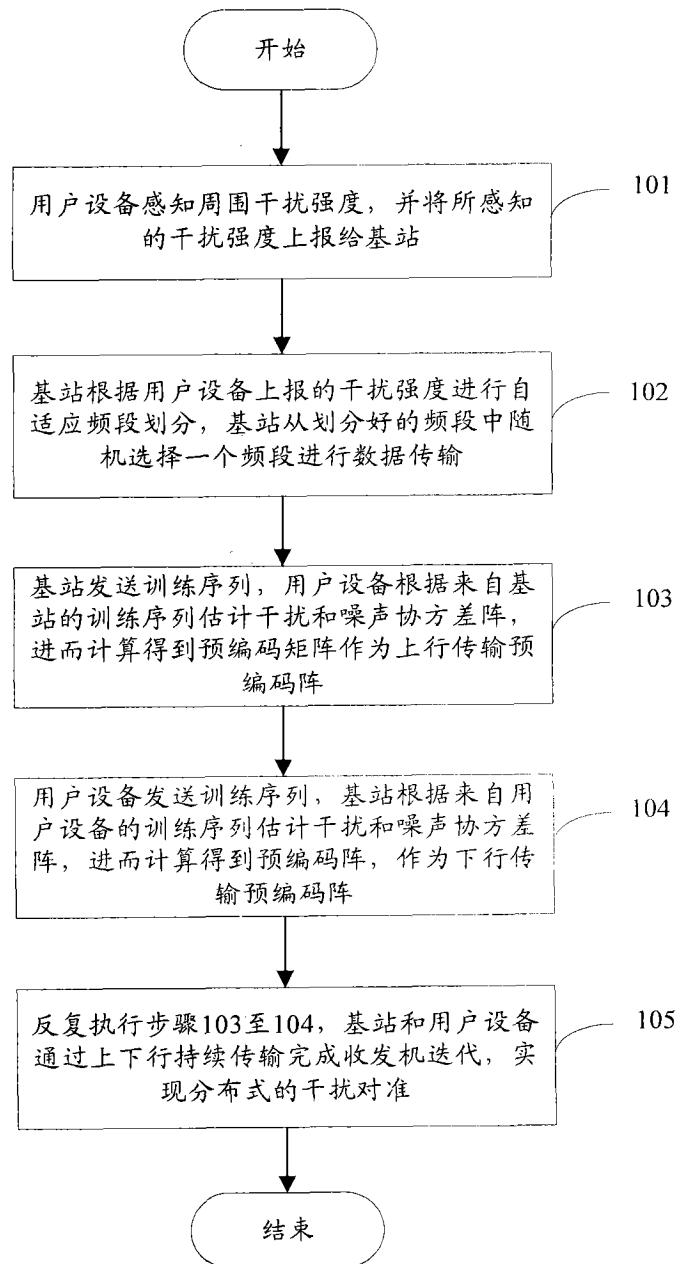


图 1

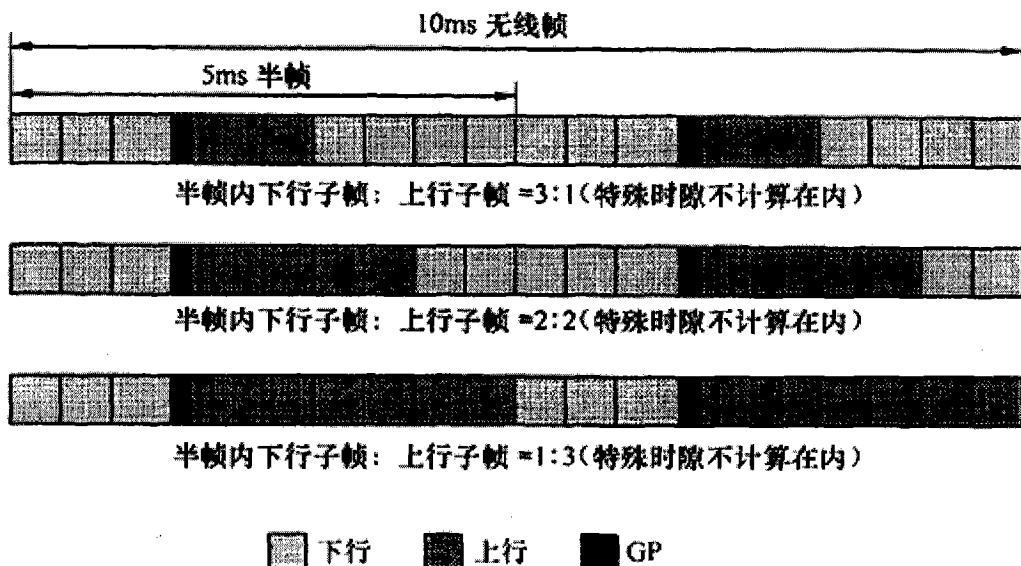


图 2

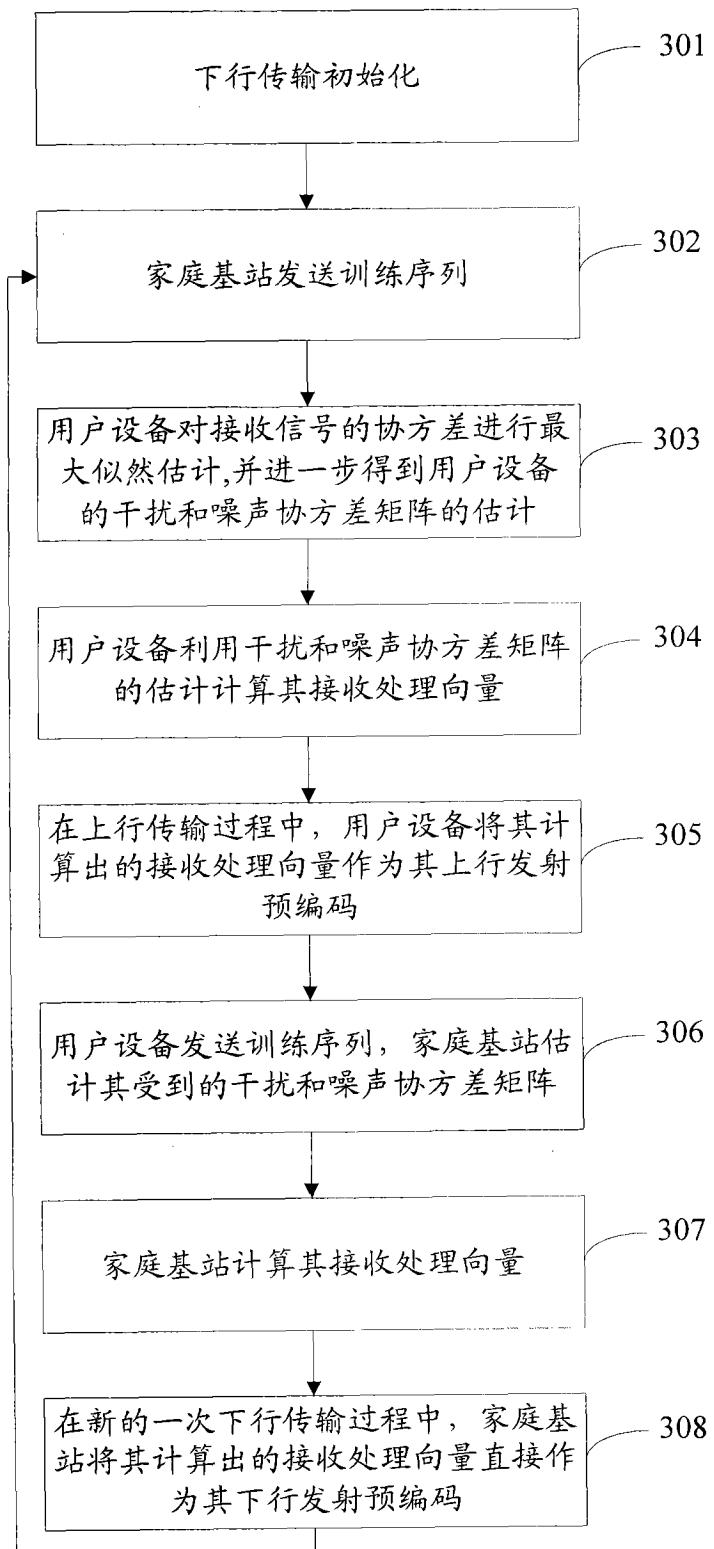


图 3

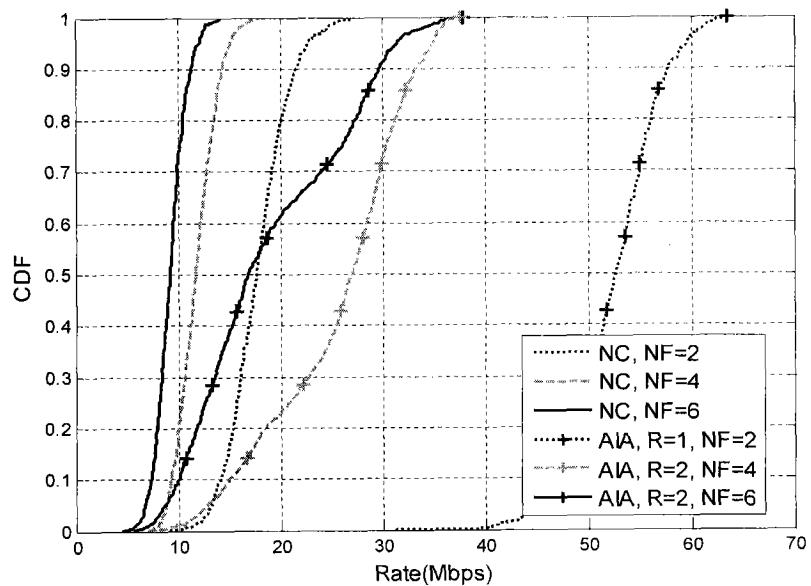


图 4