



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103347246 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 09

(21) 申请号 201310303816. 7

(22) 申请日 2013. 07. 18

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

(72) 发明人 李勇朝 张海林 孙鹏 李丹萍

刘毅 任智源 梁海涛

(51) Int. Cl.

H04W 4/00 (2009. 01)

H04W 24/00 (2009. 01)

H04W 28/02 (2009. 01)

H04W 56/00 (2009. 01)

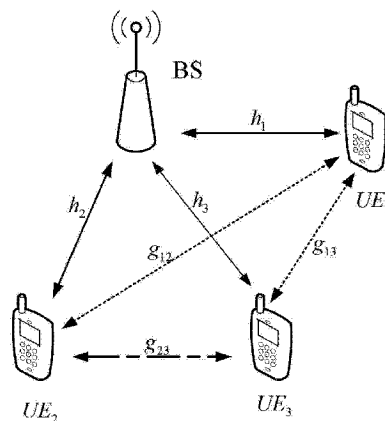
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的发现方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的发现方法,在现有蜂窝网络的基础上,利用基站作为中心控制,实现高效、无干扰的邻近用户探测。由于引入基站作为中心控制参与邻近用户探测,优化了探测时频资源块的分配,降低了探测信号出现碰撞的概率,缓解了网络出现拥塞的可能,减小了探测时间和探测能量消耗;基站充分发挥协调功能,积极参与到邻近用户探测过程,使得静默用户在进行邻近用户探测时更容易获得同步信息,并保证了整个过程的安全性;利用基站对探测资源分配信息的存储,各用户只做简单的频谱检测,发现被占用的时频资源块信息上传基站。



1. 一种蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的发现方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 当有新用户加入网络时,用户向基站发起入网申请,在标准蜂窝通信用户接入过程基础上,基站为新入网用户分配用于邻近用户探测的时频资源块;

(2) 未发起通信的静默用户按照分配的时频资源块在规定的的时间和频率上,以恒定功率发送已知的确定信号,我们将该信号称为探测信号;

(3) 静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中静默用户的探测信号以及通信用户解调参考信号,利用接收的探测信号以及解调参考信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,该功率等级列表包括接收信号的时间、频率以及到达接收用户的功率等级信息;

(4) 正在进行通信的用户,包括蜂窝通信用户和 D2D 通信用户,按照已有的通信机制正常通信,不进行邻近用户探测;

(5) 基站收到用户发送的邻近用户功率等级列表后,对照探测时频资源分配与用户的映射关系以及通信用户参考信号频率与用户的映射关系,检索出用户的邻近用户,并结合事先已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率获得用户与邻近用户间的平均信道增益;

(6) 基站利用静默用户的邻近通信用户信息,利用信道的互惠性获得通信用户的邻近用户及功率等级信息;

(7) 基站结合静默用户邻近用户功率等级信息以及通信用户邻近用户功率等级信息,获得全网的网状拓扑,形成全网信道增益列表,该全网信道增益列表包括用户到基站以及用户之间的平均信道增益。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,其中步骤(1)所述的基站为新入网用户分配用于邻近用户探测的时频资源块,按如下步骤进行:

(1a) 新入网用户搜索小区主同步信号,实现符号同步;并根据主同步信号搜索辅同步信号,实现帧同步;

(1b) 用户实现同步后,通过广播信道以及物理下行共享信道获得系统信息,系统信息包括带宽、上下行配置信息、随机接入信道参数、功控参数;

(1c) 用户在随机接入信道上向基站 eNB 发送随机接入前导码,eNB 解出前导码后,计算出对应的随机接入-无线网络临时标识,eNB 通过下行同步信道向用户发送随机接入反馈消息;

(1d) 基站 eNB 根据探测资源块身份识别标志使用情况,为用户分配未被使用的探测资源块身份识别标志并建立探测资源块身份识别标志与小区无线网络临时标识对应关系列表;

(1e) 基站 eNB 将此时探测资源块身份识别标志对应的物理探测时频资源信息通过在物理下行共享信道上发送系统信息块 SIB 通知用户;

(1f) 基站 eNB 与用户使用相同时域跳变规则,计算该用户在之后每次探测时所使用物理探测时频资源,更新物理探测时频资源与资源块身份识别标志的映射列表。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,其中步骤(3)的静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中静默用户探测信号,利用接收探测信号的时间、频率以及接

收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,按如下步骤进行:

(2a) 静默用户在发送探测信号以外的时间,都处于侦听状态;

(2b) 静默用户对接收的信号利用匹配滤波频谱检测技术,检测出接收信号中所含探测信号出现的时间、频率信息;

(2c) 接收信号通过匹配滤波频谱检测后获得检验统计量,静默用户利用最小错误概率准则对检验统计量进行分类,获得接收的探测信号功率等级;该检测统计量是把接收到的信号和已知探测信号的仿形品进行相关运算获得;

(2d) 用户将接收探测信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站;

(2e) 用户重复步骤(2a)–(2d)定期更新列表并上传给基站。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中步骤(3)所述的静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中通信用户解调参考信号,利用接收解调参考信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,按如下步骤进行:

(3a) 通信用户的解调参考信号发送时隙内静默用户是不进行探测信号发送的,在该段时期静默用户侦听周围环境中通信用户的解调参考信号;

(3b) 静默用户对接收的信号利用匹配滤波频谱检测技术,检测出接收信号中所含参考信号出现的频率信息;

(3c) 接收信号通过匹配滤波频谱检测后获得检验统计量,静默用户利用最小错误概率准则对检验统计量进行分类,获得接收的解调参考信号功率等级;该检测统计量是把接收到的信号和已知解调参考信号的仿形品进行相关运算获得;

(3d) 用户将接收训练序列的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站;

(3e) 用户重复步骤(3a)–(3d)定期更新列表并上传给基站。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中步骤(5)所述的基站结合事先已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率获得用户与邻近用户间的平均信道增益,是指基站利用已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率,并结合用户上传的功率等级列表,通过信道增益计算公式,获得用户与邻近用户间的平均信道增益。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中步骤(6)所述的基站利用静默用户的邻近通信用户信息,利用信道的互惠性获得通信用户的邻近用户及功率等级信息,按如下步骤进行:

(6a) 基站从静默用户上传的功率等级列表中检索出通信用户;

(6b) 针对某一通信用户,反向查找所有发现该用户的静默用户;这些静默用户即为该通信用户的邻近用户,并利用信道的互惠性,可以获得通信用户与其邻近静默用户的平均信道增益。

蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的发现方法

技术领域

[0001] 本发明属于通信技术领域,涉及终端直通 D2D 的邻近用户发现机制,可用于 IMT-A 标准后续演进的蜂窝网络。

背景技术

[0002] D2D 技术是一种近年来学术界和工业界所密切关注和研究的无线通信新技术。所谓嵌入式 D2D 技术,是指在不影响整体蜂窝网络运行的情况下,蜂窝小区内终端设备之间建立通信链路进行直接通信,不通过基站中转的无线传输技术。通过引入 D2D 技术,可以实现蜂窝资源的重用、提高传输效率、降低终端能耗,进而大幅提高蜂窝系统的整体性能。

[0003] 目前的学术研究方向主要集中在系统建模、性能分析、模式选择、功率控制、资源分配、干扰控制与抵消、以及基于 D2D 的协作中继与网络编码等。而这些问题的讨论都是基于嵌入式 D2D 邻近用户发现技术的。

[0004] 目前邻近用户探测的主要分为主动探测技术和被动探测技术两种。F. Baccelli, N. Khude, R. Laroya, et.al. 的文章“On the Design of Device-to-Device Autonomous Discovery”提出了一种适用于 Wi-Fi 网络的主动周期性邻近用户探测技术,该方案适用于无中心控制的非许可频段 D2D 通信,不能最大化利用蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下引入基站作为中心控制参与用户探测所带来的收益并且对于正在进行通信的用户也无法完成探测过程。

[0005] Jungha Lee, Jaheon Gu, et.al. 的文章“A Session Setup Mechanism Based on Selective Scanning for Device-to-Device Communication in Cellular Networks”提出了被动事件触发性的 D2D 通信链路建立方式该方案与主动探测相比减少了周期性探测邻近用户的开销,但是在通信发起过程中进行用户发现,增加了用户等待时间,同时该方案只适用于源目的用户间的发现无法获取源目的用户的周围邻近用户信息,无法提供足够的信息使基站进行有效合理的模式选择与资源分配。

[0006] 在嵌入式 D2D 系统中,所有在小区内注册用户都可能是目标探测用户。如何在 IMT-A 系统中实现高效、无干扰的邻近用户探测是需要进一步研究、解决的问题。

发明内容

[0007] 本发明的目的是针对上述已有技术的不足,提出一种在蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的探测方法,即在现有蜂窝网络的基础上,利用基站作为中心控制,实现高效、无干扰的邻近用户探测。

[0008] 为实现上述目的,本发明的技术方案包括如下步骤:

[0009] 一种蜂窝网络中嵌入式 D2D 环境下邻近用户间的发现方法,包括如下步骤:

[0010] (1) 当有新用户加入网络时,用户向基站发起入网申请,在标准蜂窝通信用户接入过程基础上,基站为新入网用户分配用于邻近用户探测的时频资源块;

[0011] (2) 未发起通信的静默用户按照分配的时频资源块在规定的的时间和频率上,以恒

定功率发送已知的确定信号,我们将该信号称为探测信号;

[0012] (3) 静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中静默用户的探测信号以及通信用户解调参考信号,利用接收的探测信号以及解调参考信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,该功率等级列表包括接收信号的时间、频率以及到达接收用户的功率等级信息;

[0013] (4) 正在进行通信的用户,包括蜂窝通信用户和 D2D 通信用户,按照已有的通信机制正常通信,不进行邻近用户探测;

[0014] (5) 基站收到用户发送的邻近用户功率等级列表后,对照探测时频资源分配与用户的映射关系以及通信用户参考信号频率与用户的映射关系,检索出用户的邻近用户,并结合事先已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率获得用户与邻近用户间的平均信道增益;

[0015] (6) 基站利用静默用户的邻近通信用户信息,利用信道的互惠性获得通信用户的邻近用户及功率等级信息;

[0016] (7) 基站结合静默用户邻近用户功率等级信息以及通信用户邻近用户功率等级信息,获得全网的网状拓扑,形成全网信道增益列表,该全网信道增益列表包括用户到基站以及用户之间的平均信道增益。

[0017] 所述的方法,其中步骤(1)所述的基站为新入网用户分配用于邻近用户探测的时频资源块,按如下步骤进行:

[0018] (1a) 新入网用户搜索小区主同步信号,实现符号同步;并根据主同步信号搜索辅同步信号,实现帧同步;

[0019] (1b) 用户实现同步后,通过广播信道以及物理下行共享信道获得系统信息,系统信息包括带宽、上下行配置信息、随机接入信道参数、功控参数;

[0020] (1c) 用户在随机接入信道上向基站 eNB 发送随机接入前导码,eNB 解出前导码后,计算出对应的随机接入-无线网络临时标识,eNB 通过下行同步信道向用户发送随机接入反馈消息;

[0021] (1d) 基站 eNB 根据探测资源块身份识别标志使用情况,为用户分配未被使用的探测资源块身份识别标志并建立探测资源块身份识别标志与小区无线网络临时标识对应关系列表;

[0022] (1e) 基站 eNB 将此时探测资源块身份识别标志对应的物理探测时频资源信息通过在物理下行共享信道上发送系统信息块 SIB 通知用户;

[0023] (1f) 基站 eNB 与用户使用相同时域跳变规则,计算该用户在之后每次探测时所使用的物理探测时频资源,更新物理探测时频资源与资源块身份识别标志的映射列表。

[0024] 所述的方法,其中步骤(3)的静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中静默用户探测信号,利用接收探测信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,按如下步骤进行:

[0025] (2a) 静默用户在发送探测信号以外的时间,都处于侦听状态;

[0026] (2b) 静默用户对接收的信号利用匹配滤波频谱检测技术,检测出接收信号中所含探测信号出现的时间、频率信息;

[0027] (2c) 接收信号通过匹配滤波频谱检测后获得检验统计量,静默用户利用最小错误

概率准则对检验统计量进行分类,获得接收的探测信号功率等级;该检测统计量是把接收到的信号和已知探测信号的仿形品进行相关运算获得;

[0028] (2d) 用户将接收探测信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站;

[0029] (2e) 用户重复步骤(2a)–(2d) 定期更新列表并上传给基站。

[0030] 所述的方法,其中步骤(3)所述的静默用户在其他空闲时隙通过频谱检测,探测周围环境中通信用户解调参考信号,利用接收解调参考信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站,按如下步骤进行:

[0031] (3a) 通信用户的解调参考信号发送时隙内静默用户是不进行探测信号发送的,在该段时期静默用户侦听周围环境中通信用户的解调参考信号;

[0032] (3b) 静默用户对接收的信号利用匹配滤波频谱检测技术,检测出接收信号中所含参考信号出现的频率信息;

[0033] (3c) 接收信号通过匹配滤波频谱检测后获得检验统计量,静默用户利用最小错误概率准则对检验统计量进行分类,获得接收的解调参考信号功率等级;该检测统计量是把接收到的信号和已知解调参考信号的仿形品进行相关运算获得;

[0034] (3d) 用户将接收训练序列的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站;

[0035] (3e) 用户重复步骤(3a)–(3d) 定期更新列表并上传给基站。

[0036] 所述的方法,其中步骤(5)所述的基站结合事先已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率获得用户与邻近用户间的平均信道增益,是指基站利用已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率,并结合用户上传的功率等级列表,通过信道增益计算公式,获得用户与邻近用户间的平均信道增益。

[0037] 所述的方法,其中步骤(6)所述的基站利用静默用户的邻近通信用户信息,利用信道的互惠性获得通信用户的邻近用户及功率等级信息,按如下步骤进行:

[0038] (6a) 基站从静默用户上传的功率等级列表中检索出通信用户;

[0039] (6b) 针对某一通信用户,反向查找所有发现该用户的静默用户;这些静默用户即为该通信用户的邻近用户,并利用信道的互惠性,可以获得通信用户与其邻近静默用户的平均信道增益。

[0040] 本发明与无中心控制环境下(如 ad-hoc) 邻近用户探测相比具有以下优点:

[0041] (1) 由于引入基站作为中心控制参与邻近用户探测,优化了探测时频资源块的分配,降低了探测信号出现碰撞的概率,缓解了网络出现拥塞的可能,减小了探测时间和探测能量消耗;

[0042] (2) 基站充分发挥协调功能,积极参与到邻近用户探测过程,使得静默用户在进行邻近用户探测时更容易获得同步信息,并保证了整个过程的安全性;

[0043] (3) 利用基站对探测资源分配信息的存储,各用户只做简单的频谱检测,发现被占用的时频资源块信息上传基站。基站通过存储的资源分配信息识别对应的邻近用户;

[0044] (4) 充分利用基站的计算能力,全网的网状拓扑在基站端获得,为后续资源分配、干扰控制、模式选择提供支持。

附图说明

[0045] 图 1 是本发明嵌入式 D2D 的探测帧结构图；

[0046] 图 2 是本发明使用的 IMT-A 蜂窝网络场景示意图。

具体实施方式

[0047] 不失一般性，将本发明应用于一个便于理解的网络中进行举例说明，传输帧结构如图 1 所示，该传输帧是在不显著改变原有蜂窝通信传输帧结构的基础上，D2D 用户利用蜂窝通信上行资源进行传输。

[0048] 本发明使用的网络场景，如图 2 所示。图 2 中三个用户分别为 UE_1 、 UE_2 和 UE_3 ，它们都在基站 eNB (evolved Node B) 的覆盖范围内，在当前时刻 UE_3 与基站之间进行标准蜂窝通信，且 UE_2 处于探测周期的侦听阶段， UE_1 处于探测周期的发射阶段。令 g_{ij} , $i=1, 2, 3; j=1, 2, 3$ 为 UE_i 与 UE_j 之间的信道增益， h_j , $j=1, 2, 3$ 为 UE_j 与基站 eNB 之间的信道增益， P_j , $j=1, 2, 3$ 为每个用户的发射功率。PRB 为 LTE 系统中，控制中心进行资源分配的最小单位 (频域带宽为 F_0 ，时域时间为 T_0)，PRBDIS 为用于探测的时频资源块，PRBCOM 为用于通信的时频资源块。C-RNTI 是小区无线网络临时标识。D2D 通信共用蜂窝通信上行传输资源并工作在频分双工 FDD 方式下。

[0049] 本发明的具体实现过程为：

[0050] 步骤 1：当 UE_1 加入网络时， UE_1 向 eNB 发起入网申请，在标准蜂窝通信用户接入过程基础上，基站 eNB 为 UE_1 分配用于邻近用户探测的时频资源块。

[0051] (1a) UE_1 搜索小区主同步信号 (PSS)，实现符号同步；并根据主同步信号搜索辅同步信号 (SSS)，实现帧同步；

[0052] (1b) UE_1 实现同步后，通过广播信道 (BCH) 以及物理下行共享信道 (PDSCH) 获得系统信息 (系统信息包括带宽，上下行配置信息，RACH 参数，功控参数等)。

[0053] (1c) UE_1 在随机接入信道上向 eNB 发送随机接入前导码，eNB 解出前导码后，计算出对应的随机接入 - 无线网络临时标识 (RA-RNTI)，eNB 通过下行同步信道向 UE_1 发送随机接入反馈消息。

[0054] (1d) eNB 根据该周期内探测资源块身份识别标志 (PDRID) 使用情况，为用户 UE_1 分配未被使用的探测资源块身份识别标志，并建立探测资源块身份识别标志与小区无线网络临时标识 (C-RNTI) 对应关系列表，如表 1 所示。

[0055] 表 1 PDRID 与 C-RNTI 对应关系列表

[0056]

用户身份	C-RNTI	PDRID
UE_1	a	C(2, 1)

[0057] 本步骤 (1d) 具体实现方法如下：

[0058] PDRID 为探测资源块身份识别标志，T 为探测重复周期。一个探测重复周期内有 M 个无线帧，每个无线帧中有若干可用于探测的物理资源块 PRB。

[0059] 在一个探测循环周期 T 内，从时域上划分为 NT 个 PRB；系统带宽内，从频域上划分为 NF 个 PRB，则在一个探测周期内可用于邻近用户探测的时频资源块一共有 K 个， $K=NF*NT$

个。

[0060] 探测资源块身份识别标志与这 K 个物理探测时频资源块一一对应, $C(I, J)$ 表示具体某一个探测资源块身份识别标志, 其中 $0 \leq I \leq NF-1$, $0 \leq J \leq NT-1$ 。eNB 随机为 UE_1 分配未使用的探测资源块身份识别标志。

[0061] (1e) eNB 将探测资源块身份识别标志对应的物理探测时频资源 (PRBDIS) 信息通过在物理下行共享信道上发送的 SIB 告知用户 UE_1 。具体实现方法如下:

[0062] 探测资源块身份识别标志一共有 $K=NF*NT$ 个, $C(I, J)$ 表示具体某一个探测资源块身份识别标志, 对应的物理探测时频资源块 PRBDIS 也有 $NF*NT$ 个, $R(i, j)$ 表示具体某一个物理探测时频资源块, 其中 $0 \leq i \leq NF-1$, $0 \leq j \leq NT-1$ 。

[0063] eNB 根据用户的探测资源块身份识别标志以及当前的重复周期序号 t , 计算出当前时刻探测资源块身份识别标志对应的物理探测时频资源块。假设 $NT=4$, 具体规则如下:

[0064] 跳变规则 $i(t)=i(t-1)$; $j(t)=[j(t-1)+I] \bmod NT$;

[0065] $i(t)=i(0)$; $j(t)=[j(0)+t*I] \bmod NT$;

[0066] 特别的: $t=0$, $i(t)=I$; $j(t)=J$;

[0067] 对于用户 UE_1 : $t=0$, $i(0)=2$; $j(0)=1$;

[0068] $t=1$, $i(1)=2$; $j(1)=[j(0)+I] \bmod NT=[1+2] \bmod 4 =3$;

[0069] $t=2$, $i(2)=2$; $j(2)=[j(1)+I] \bmod NT =[3+2] \bmod 4=1$;

[0070]

[0071] (1f) eNB 与用户 UE_1 使用相同时域跳变规则, 计算该用户 UE_1 在之后探测时所使用物理探测时频资源 (PRBDIS), 更新 PRBDIS 与 PDRID 的映射列表。

[0072] 步骤 2: UE_1 按照分配的时频资源块在规定的的时间和频率上, 以恒定功率发送已知的确定信号, 我们将该信号称为探测信号。

[0073] 步骤 3: UE_2 在其他空闲时隙通过频谱检测, 探测周围环境中静默用户探测信号以及通信用户解调参考信号 (DM RS), 利用接收探测信号以及解调参考信号 (DM RS) 的时间、频率以及接收功率等级信息, 形成邻近用户功率等级列表, 并上传基站, 该功率等级列表包括接收信号的时间、频率以及到达接收用户的功率等级信息;

[0074] (3a) 静默用户在发送探测信号以外的时间, 都处于侦听状态;

[0075] (3b) 静默用户对接收的信号利用匹配滤波频谱检测技术, 检测出接收信号中所含探测信号出现的时间、频率信息;

[0076] 匹配滤波频谱检测原理如下:

[0077] 匹配滤波器检测的设计准则就是使信号的输出信噪比 SNR 在某一刻达到最大值。信噪比 SNR 表达式如下:

$$[0078] \quad SNR = \frac{2E_s}{N_0}$$

[0079] 式子中 E_s 为观测时间段中检测信号的能量, N_0 为噪声功率。

[0080] 信道在传输信号时还叠加有 Gaussian 白噪声 $n(t)$, 其均值为零, 双边功率谱密度为 $N_0/2$, 因此接收信号波形为:

$$[0081] \quad r(t) = s(t) + n(t), 0 \leq t \leq T$$

[0082] 设最大输出信噪比准则下的最佳线性滤波器 $H(\omega)$, 输出为

[0083] $y(t) = s_o(t) + n_o(t)$

[0084] 在 $t=t_m$ 时候, 输出信噪比为 :

$$[0085] \quad \rho = \frac{s_o^2(t_m)}{n_o^2(t_m)}$$

[0086] 设 $S(j\omega) = F[s(t)]$, 那么经过匹配滤波器后的输出信号为

$$[0087] \quad s_o(t_m) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) S(j\omega) e^{j\omega t_m} d\omega$$

[0088] 白噪声功率谱是 $|H(j\omega)|^2 \cdot N$, 所以噪声平均功率为

$$[0089] \quad \overline{n_o^2(t)} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} N |H(j\omega)|^2 d\omega$$

[0090] 由上面的式子可以看出噪声平均功率与时间没有关系, 所以可以得出 :

$$[0091] \quad \overline{n_o^2(t)} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} N |H(j\omega)|^2 d\omega$$

[0092] 由于输出信号是实数, 所以信噪比为

$$[0093] \quad \rho = \frac{s_o^2(t_m)}{n_o^2(t_m)} = \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) S(j\omega) e^{j\omega t_m} d\omega \right|^2}{2\pi N \int_{-\infty}^{\infty} |H(j\omega)|^2 d\omega}$$

[0094] 根据柯西—史瓦斯不等式

$$[0095] \quad \left| \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) S(j\omega) e^{j\omega t_m} d\omega \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} |H(j\omega)|^2 d\omega \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega$$

[0096] 为了使信噪比取得最大值, 也就是说要使得上面的不等式取得等号, 当匹配滤波器满足: $H(j\omega) = k[S(j\omega)e^{j\omega t_m}]^* = kS(-j\omega)e^{-j\omega t_m}$;

[0097] 滤波器输出的信噪比最大值为 :

$$[0098] \quad \rho_{\max} = \frac{s_o^2(t_m)}{n_o^2(t_m)} = \frac{1}{2\pi N} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega$$

[0099] 此时, 匹配滤波器的频域关系式为 :

$$[0100] \quad H(j\omega) = kS(-j\omega)e^{-j\omega t_m}$$

[0101] 对应的时域关系式为 $h(t) = F^{-1}[H(j\omega)] = ks^*(t_m - t)$;

[0102] 由上面的推导可以得出匹配滤波频谱检测的功能相当于把接收到的信号和已知探测信号的仿形品进行相关运算 :

$$[0103] \quad y(t) = r(t) * h(t) = (s(t) + n(t)) * s^*(t_m - t)$$

[0104] 通过将匹配滤波器的输出结果即检验统计量与设置的门限值比较可以判定接收信号中是否存在探测信号, 进而获得接收信号中所含探测信号出现的时间、频率信息。

[0105] (3c) 接收信号通过匹配滤波频谱检测后获得检验统计量, 静默用户利用最小错误概率准则对检验统计量进行分类, 获得接收的探测信号功率等级。该检测统计量就是匹配滤波器的输出 ;

[0106] (3d) 用户将接收探测信号的时间、频率以及接收功率等级信息,形成邻近用户功率等级列表,并上传基站;

[0107] (3e) 用户重复步骤(3a)–(3d) 定期更新列表并上传给基站。

[0108] 步骤 4 :UE₃ 按照已有的通信机制正常通信,不进行邻近用户探测。

[0109] 步骤 5 :基站收到 UE₂ 发送的邻近用户功率等级列表后,对照探测时频资源分配与用户的映射关系以及通信用户参考信号频率与用户的映射关系,检索出用户的邻近用户,并结合事先已知的探测信号发送功率以及通信用户发送功率获得用户与邻近用户间的平均信道增益;

[0110] 当 t=1, NT=4 时, UE₂ 上传给基站的邻近用户功率等级列表如表 2 所示。

[0111] 表 2 邻近用户功率等级列表

[0112]

接收功率	时频资源
P ₂₁	R(2, 3)
P ₂₃	PRB

[0113] PRB 为 UE₃ 分配的正常通信的时频资源。基站根据用户上传的物理探测时频资源信息以及探测时频资源跳变规则计算出用户的 PDRID,并利用表 1 获得 PDRID 与 C-RNTI 的对应关系。并根据信道增益公式:

[0114]
$$H_{ij} = \frac{P_r}{P_t}$$

[0115] 获得 UE₂ 与 UE₁ 以及 UE₂ 与 UE₃ 间信道增益 H₂₁、H₂₃。

[0116] 步骤 6 :基站利用静默用户的邻近通信用户信息,利用信道的互惠性反向获得通信用户的邻近用户及功率等级信息;

[0117] 步骤 7 :基站结合静默用户邻近用户功率等级信息以及通信用户邻近用户功率等级信息,获得全网的网状拓扑,形成全网信道增益列表 3,该全网信道增益列表是指基站获知每个用户到基站的信道状态信息,以及用户之间的平均信道增益。

[0118] 表 3 全网信道增益列表

[0119]

用户身份	PDRID	C-RNTI	PRBDIS	通信 PRB	发射功率	与基站平均信道增益	用户间平均信道增益
UE ₁	C(2,1)	a	R(2,3)	--	P ₁	G ₁	H _{12}, H_{13}}}
UE ₂	C(3,2)	b	R(3,1)	--	P ₂	G ₂	H _{21}, H_{23}}}
UE ₃	--	c	--	c-UE	P ₃	G ₃	H _{31}, H_{32}}}

[0120] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

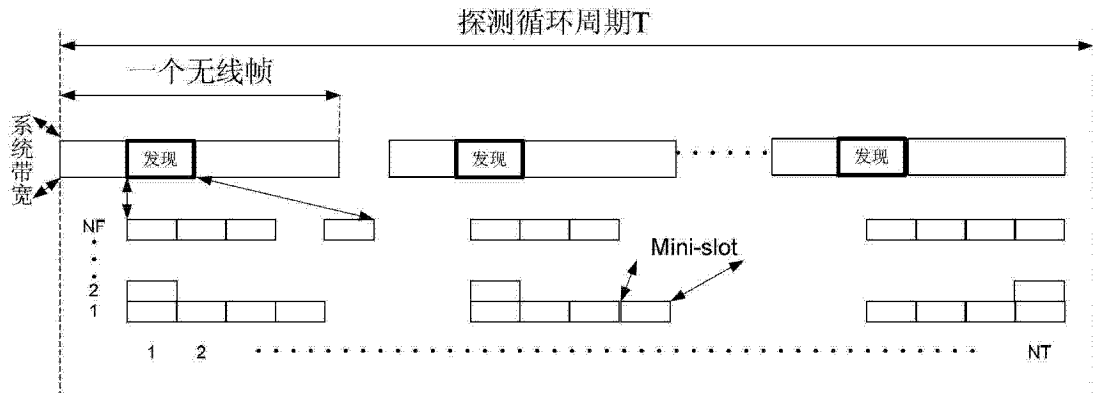


图 1

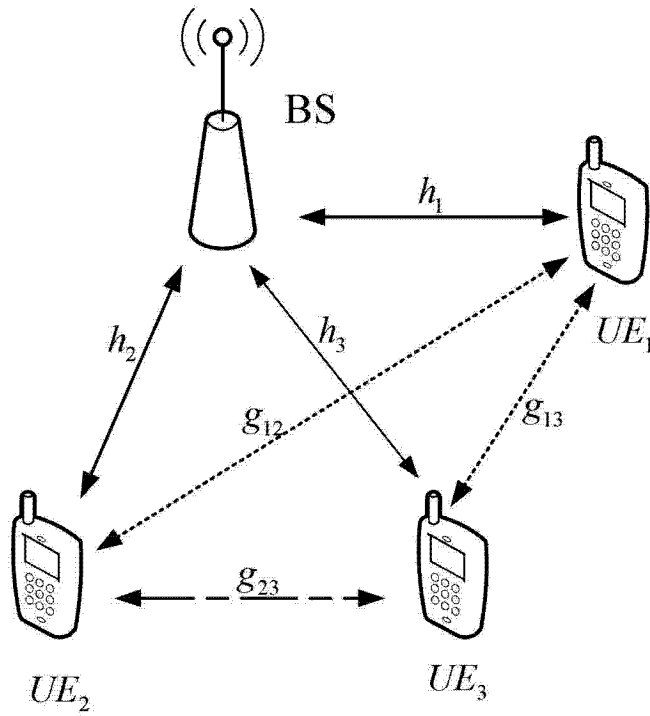


图 2