



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105703870 B

(45)授权公告日 2018.08.14

(21)申请号 201610111234.2

(22)申请日 2016.02.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105703870 A

(43)申请公布日 2016.06.22

(73)专利权人 重庆邮电大学
地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭崇文路2号

(72)发明人 唐伦 黄鹏 廖薪棋 刘伟 郝吴陈前斌

(74)专利代理机构 重庆市恒信知识产权代理有限公司 50102

代理人 刘小红

(51) Int. Cl.

H04J 11/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 105308877 A, 2016.02.03,
WO 2013138814 A1, 2013.09.19,
CN 103563409 A, 2014.02.05,
CN 102594420 A, 2012.07.18,

审查员 李泽昆

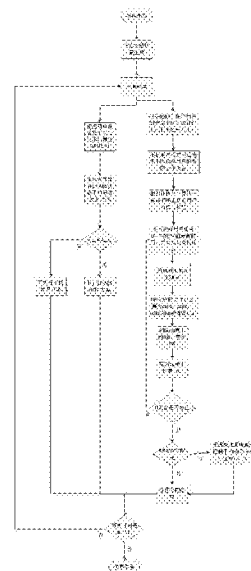
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调方法

(57)摘要

本发明请求保护一种密集异构蜂窝网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,包括以下步骤:1)求出最佳的LP-ABS低功率静默子帧比率,求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率,在LP-ABS状态下作用于宏基站的发射功率决定是否执行LP-ABS比例优化;2)根据当前周期内的实际用户的干扰情况确定微小区的协作用户集,判断用户是否需要协作多点传输;3)采用了基于参考信号接收功率的动态协作节点选择策略,用户设备测量与各个临小区间的信号接收功率,然后选择除服务小区之外信号接收功率最好的小区作为协作小区;4)采用动态的协调资源分配策略,应用于下一个调度周期。本方法提高微小区的整体吞吐量,解决微小区间的干扰问题,提高频谱的利用率。



1. 一种密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,其特征在于,包括以下步骤:

101、获取当前密集异构蜂窝网络的负载情况并求出最佳的低功率几乎空白子帧LP-ABS比率 θ ,根据CRE小区范围扩展区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率 P_{LP-ABS} ,计算用户可容忍宏基站的最大干扰值 I_{max} , I_{max} 大于干扰门限 I_{throid} 进行LP-ABS比例优化;

102、根据当前周期内的实际用户的干扰情况确定微蜂窝的协作用户集,判断用户是否需要协作多点传输,若是则把该用户加入到协作用户集,否则该用户为普通用户;

103、采用基于参考信号接收功率的动态协作节点CoMP选择策略,用户设备测量与各个临小区间的信号接收功率,然后选择除服务小区之外信号接收功率最好的小区作为协作小区;

104、采用动态的协调资源分配策略,应用于下一个调度周期。

2. 根据权利要求1所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,其特征在于,步骤101所述的获取当前密集异构蜂窝网络的负载情况并求出最佳的LP-ABS比例,ABS配置比例 θ :

$$\theta = \varrho \left(\frac{N_{CRE-PUE}(t) + N_{PUE}(t)}{N_{O-MUE}(t)} \right), \quad \text{其中CRE-PUE、PUE和O-MUE的用户数以及微蜂窝数}$$

量分别为: $N_{CRE-PUE}$ 表示CRE-PUE用户的数量、 N_{PUE} 表示PUE用户的数量、 N_{O-MUE} 表示O-MUE的用户数;CRE小区范围扩展区域用户CRE-PUE;距离微基站较近的微蜂窝用户PUE;距离微蜂窝较远,不满足切换条件的宏蜂窝用户O-MUE;根据CRE小区范围扩展区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率,在正常子帧条件下,假设第 n_{th} 个CRE-PUE用户的SINR为 $S_{N,n}$,CRE区域用户的SINR计算公式如下:

$$S_{N,n,CRE-PUE} = \frac{S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}}{\sum_{m=1, m \neq k} i_{T,m}^{Macro} + Noise}$$

其中 $S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}$ 是CRE-PUE的RSRP参考信号功率值, $i_{T,m}^{Macro}$ 是CRE-PUE受到相邻宏小区的干扰值,Noise是噪声值。

3. 根据权利要求2所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,其特征在于,步骤102所述确定微蜂窝的协作用户集具体为:当信号与干扰加噪声比SINR超过判定门限值将该用户确定为协作用户,否则将该用户确定为非协作用户,只有满足下式的用户才能成为CoMP用户:

$$SINR_{UE_k} \geq SINR_{throid}, UE_k \in U$$

其中, $SINR_{UE_k}$ 表示从第k个用户的SINR, $SINR_{throid}$ 为CoMP偏置;

当UE状态为非CoMP用户时,满足门限 α 的用户变成CoMP用户;当UE状态为CoMP用户时,满足门限 β 的用户变成非CoMP用户。

4. 根据权利要求2或3所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,其特征在于,步骤103中的协作节点的选择具体包括:测量系统中所有微小区基站在小区边缘用户处的RSRP,

假设第 n th个UE_CoMP用户的RSRP为 $RSRP_{n,i}^{CoMP}$ ，CRE区域用户的SINR计算公式如下：

$$RSRP_{n,i}^{CoMP} = 30 + 10 * \log_{10} \left[\frac{10^{\left[\frac{Txpower_i - PL_{n,i} - penetration - shadowing + antennagain}{10} \right]}}{RB_{bandwidth}} / 12 \right]$$

其中 $Txpower_i$ 是第 i 个微基站的发射功率， $PL_{n,i}$ 是第 n 个协作用户和第 i 个微基站的路径损耗， $penetration$ 是穿透损失， $shadowing$ 是阴影衰落值， $antennagain$ 是天线增益， $RB_{bandwidth}$ 表示分配的频谱资源块个数；对每一CoMP用户的RSRP值进行排序，并选择具有最大参考信号功率所对应的微小区的样式集作为协作用户的最优协作集。

5. 根据权利要求3所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法，其特征在于，步骤104中采用动态的协调资源分配策略协作资源分配具体包括：

- (1) 根据比例公平算法计算每个RB上所有小区边缘用户的优先权值；
- (2) 对CoMP用户进行资源分配；
- (3) 对非CoMP用户进行资源分配。

6. 根据权利要求5所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法，其特征在于，所述比例公平算法计算每个RB上所有小区边缘用户的优先权值的计算公式为：

$$P_{k,i}(t) = \frac{R_{k,i}(t)}{\overline{R_{k,i}(t)}}$$

其中： $P_{k,i}(t)$ 为用户 UE_k 在 RB_i 上的优先权值， $R_{k,i}(t)$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 t 所能达到的最高传输速率， $\overline{R_{k,i}(t)}$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 t 之前的平均传输速率， $\overline{R_{k,i}(t)}$ 的更新公式为：

$$\overline{R_{k,i}(t)} = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) \overline{R_{k,i}(t-1)} + \frac{1}{t_c} R_{k,i}(t-1)$$

其中： t_c 为系统TTI更新时间间隔， $\overline{R_{k,i}(t-1)}$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 $(t-1)$ 之前的平均传输速率， $R_{k,i}(t-1)$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 $(t-1)$ 所能达到的最高传输速率；

7. 根据权利要求6所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法，其特征在于，所述步骤(2)对CoMP用户进行资源分配具体包括：

a. 初始化集合 RB ， RB 为整个系统中每个微小区的可用资源块的集合；初始化 $i = 1$ ，其中， i 为 RB 计数标识；

b. 根据小区边缘用户的优先权值，挑选出具有最高优先权值的小区边缘用户 UE_m 为： $UE_m = \text{argmax}(P_{k,i})$ ，其中 $P_{k,i}$ 为用户 UE_k 在 RB_i 上的优先权值， arg max 表示寻找具有最大评分的参数；

c. 把 RB_i 分配给 UE_m ；

d. 确定用户 UE_m 的小区协作集合并记为 $\{Cell_a, Cell_b, Cell_c\}$ ，然后把 $Cell_a, Cell_b$ ，和 $Cell_c$ 中的 RB_i 分配给此时的用户 UE_m ；

e. 更新集合 RB ， $RB = RB - RB_i$ ，其中， $=$ 表示将右边的集合赋给左边的集合。

8. 根据权利要求7所述的密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法，

其特征在于,所述步骤(3)对非CoMP用户进行资源分配具体包括:

根据轮询调度算法把剩下的RB集合分配给每一个微小区的非CoMP用户,每一个微小区的频谱资源都是独立的,把剩下的RB集合分配给第*i*个微小区内所有的非CoMP用户。

密集异构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调方法

技术领域

[0001] 本发明属于移动通信技术领域,涉及一种密集异构蜂窝网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调方法。

背景技术

[0002] 随着无线网络的发展,未来的无线网络正朝着网络智能化、宽带化、多元化、综合化的方向演进。随着智能终端的大量普及,数据业务将出现爆炸式的增长。密集异构网络能够改善网络覆盖,大幅度提升系统容量,并且对业务进行分流,具有更灵活的网络部署和更高效的频率复用。未来,面向高频段大带宽,将采用更加密集的网络方案,部署小小区/扇区将高达100个以上。

[0003] 与此同时,愈发密集的网络部署也使得网络拓扑变得更加复杂,小区间干扰已经成为制约系统容量增长的主要因素,极大地降低了网络能效。

[0004] 时域干扰协调技术通过CRE技术扩大小蜂窝的覆盖范围,此时CRE中的用户将会受到宏基站的强烈干扰,为了抑制这种干扰,ABS (Almost Blank Subframe, 静默空白子帧) 技术被使用,这种方式是在特殊的子帧让宏基站保持静默,不再进行数据信息的传送。但是这种技术显著地减少宏用户的吞吐量,因此3GPP Release 11提出了一种低功率的ABS来解决这个问题,被称作LP-ABS,这种子帧相较于传统的ABS依然对宏用户进行调度,不同之处在于通过降低宏基站的发射功率能较好的保护宏用户的吞吐量。在Macro-Pico场景中LP-ABS比例的调整可以均衡宏蜂窝和微基站之间的吞吐量,从而提高整个系统的性能。

[0005] 但是此时异构蜂窝网络中微蜂窝的分布是相当密集的,每个扇区有八到十个微基站,此时微基站之间的干扰会变得特别严重,但是传统的ABS机制解决的是宏蜂窝对微蜂窝的干扰,但是很少考虑到微蜂窝间的干扰。但是面对未来的密集异构网络,小区间的干扰越发严重,传统方案很难满足微用户的速率需求。所以仅采用ABS技术不能完全解决未来密集网络的干扰问题。

[0006] CoMP (Coordinated Multiple Points Transmission, 协作多点传输) 正是LTE-A采取的关键技术之一,3GPP在一系列标准和提案中对协作多点传输的基本内容给出了详细、明确的定义。由于对下行数据传输速率的需求更大,因此当前研究的重点是下行协作多点传输。在下行协作多点传输中,按业务数据是否存在于多个传输节点上,可以分为协作调度/波束成型 (Coordinated Scheduling/Beam forming, CS/CB) 和联合处理 (Joint Processing, JP) 两种方式。

[0007] 因此,在未来密集异构蜂窝网络中,需要一种有效的干扰管理方案,使其能够有效地降低微蜂窝间的干扰,从而极大的提高通信系统的容量,获得更好的频谱利用率,进一步提高用户的服务质量。

发明内容

[0008] 针对以上现有技术的不足,提出了一种方法。本发明的技术方案如下:一种密集异

构网络中基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方法,其包括以下步骤:

[0009] 101、获取当前密集异构蜂窝网络的负载情况并求出最佳的LP-ABS比率 θ ,根据CRE小区范围扩展区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率 P_{LP-ABS} ,计算用户可容忍宏基站的 I_{max} , I_{max} 大于干扰门限 I_{throid} 进行LP-ABS比例优化;

[0010] 102、根据当前周期内的实际用户的干扰情况确定微蜂窝的协作用户集,判断用户是否需要进行协作多点传输,若是则把该用户加入到协作用户集,否则该用户为普通用户。

[0011] 103、采用基于参考信号接收功率的动态协作节点CoMP选择策略,用户设备测量与各个临小区间的信号接收功率,然后选择除服务小区之外信号接收功率最好的小区作为协作小区;

[0012] 104、采用动态的协调资源分配策略,应用于下一个调度周期。

[0013] 进一步的,步骤101所述的获取当前密集异构蜂窝网络的负载情况并求出最佳的LP-ABS比例,ABS配置比例 θ :

[0014]
$$\theta = \delta \left(\frac{N_{CRE-PUE}(t) + N_{PUE}(t)}{N_{O-MUE}(t)} \right)$$
,其中CRE-PUE、PUE和O-MUE的用户数以及微蜂

窝数量分别为: $N_{CRE-PUE}$ 表示CRE-PUE用户的数量、 N_{PUE} 表示PUE用户的数量、 N_{O-MUE} 表示O-MUE的用户数和 N_{PICO} 表示微蜂窝数量;根据CRE小区范围扩展区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率,在正常子帧条件下,假设第 n_{th} 个CRE-PUE用户的SINR为 $S_{N,n}$,CRE区域用户的SINR计算公式如下:

$$[0015] \quad S_{N,n,CRE-PUE} = \frac{S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}}{\sum_{m=1, m \neq l}^S i_{T,m}^{Macro} + Noise}$$

[0016] 其中 $S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}$ 是CRE-PUE的RSRP参考信号功率值, $i_{T,m}^{Macro}$ 是CRE-PUE受到相邻宏小区的干扰值,Noise是噪声值。

[0017] 进一步的,步骤102所述确定微小区的协作用户集具体为:当信号与干扰加噪声比SINR超过判定门限值将该用户确定为协作用户,否则将该用户确定为非协作用户,只有满足下式的用户才能成为CoMP用户:

$$[0018] \quad SINR_{UE_k} \geq SINR_{throid}, UE_k \in U$$

[0019] 其中, $SINR_{UE_k}$ 表示从第k个用户的SINR, $SINR_{throid}$ 为CoMP偏置;

[0020] 当UE状态为非CoMP用户时,满足门限 α 的用户变成CoMP用户;当UE状态为CoMP用户时,满足门限 β 的用户变成非CoMP用户。

[0021] 进一步的,步骤103中的协作节点的选择具体包括:测量系统中所有微小区基站在小区边缘用户处的RSRP,

[0022] 假设第 n_{th} 个UE_CoMP用户的RSRP为 $RSRP_{n,i}^{CoMP}$,CRE区域用户的SINR计算公式如下:

[0023]

$$RSRP_{n,i}^{CoMP} = 30 + 10 * \log_{10} \left[\frac{10^{\left[\frac{Txpower_i - PL_{n,i} - penetration - shadowing + antennagain}{10} \right]}}{RB_{bandwidth}} / 12 \right]$$

[0024] 其中Txpower_i是第i个微基站的发射功率,PL_{n,i}是第n个协作用户和第i个微基站的路径损耗,penetration是穿透损失,shadowing是阴影衰落值,antennagain是天线增益,RB_{bandwidth}表示分配的频谱资源块个数;对每一CoMP用户的RSRP值进行排序,并选择具有最大参考信号功率所对应的微小区的样式集作为协作用户的最优协作集。

[0025] 进一步的,步骤104中采用动态的协调资源分配策略协作资源分配具体包括:

[0026] (1) 根据比例公平算法计算每个RB上所有小区边缘用户的优先权值;

[0027] (2) 对CoMP用户进行资源分配;

[0028] (3) 对非CoMP用户进行资源分配。

[0029] .进一步的,所述比例公平算法计算每个RB上所有小区边缘用户的优先权值的计算公式为:

$$P_{k,i}(t) = \frac{R_{k,i}(t)}{\overline{R_{k,i}(t)}}$$

[0031] 其中:P_{k,i}(t)为用户UE_k在RB_i上的优先权值,R_{k,i}(t)为RB_i上用户UE_k在调度时刻t所能达到的最高传输速率, $\overline{R_{k,i}(t)}$ 为RB_i上用户UE_k在调度时刻t之前的平均传输速率, $\overline{R_{k,i}(t)}$ 的更新公式为:

$$\overline{R_{k,i}(t)} = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) \overline{R_{k,i}(t-1)} + \frac{1}{t_c} R_{k,i}(t-1)$$

[0033] 其中:t_c为系统TTI更新时间间隔, $\overline{R_{k,i}(t-1)}$ 为RB_i上用户UE_k在调度时刻(t-1)之前的平均传输速率,R_{k,i}(t-1)为RB_i上用户UE_k在调度时刻(t-1)所能达到的最高传输速率;

[0034] 进一步的,所述步骤(2)对CoMP用户进行资源分配具体包括:

[0035] a. 初始化集合RB,RB为整个系统中每个微小区的可用资源块的集合;初始化i=1,其中,i为RB计数标识;

[0036] b. 根据小区边缘用户的优先权值,挑选出具有最高优先权值的小区边缘用户UE_m为:UE_m=arg max (P_{k,i}),其中P_{k,i}为用户UE_k在RB_i上的优先权值,arg max表示寻找具有最大评分的参数;

[0037] c. 把RB_i分配给UE_m;

[0038] d. 确定用户UE_m的小区协作集合并记为{Cell_a,Cell_b,Cell_c},然后把Cell_a,Cell_b,和Cell_c中的RB_i分配给此时的用户UE_m;

[0039] e. 更新集合RB,RB=RB-RB_i,其中,=表示将右边的集合赋给左边的集合。

[0040] 进一步的,所述步骤(3)对非CoMP用户进行资源分配具体包括:

[0041] 根据轮询调度算法把剩下的RB集合分配给每一个微小区的非CoMP用户,每一个微小区的频谱资源都是独立的,把剩下的RB集合分配给第i个微小区内所有的非CoMP用户。

[0042] 本发明的优点及有益效果如下:

[0043] 本发明提供的方法通过动态分配LP-ABS比例,合理的分配时域资源,减小了宏基

站对微小区的干扰;结合CoMP技术减小微小区间的干扰,避免不必要的资源浪费,提高频谱的利用率。本专利通过ABS动态调控机制和CoMP技术相结合的方式,一方面减小了宏基站对微基站用户的干扰,另一方面减小了微基站间的干扰。

[0044] 根据当前网络的负载情况求出最佳的LP-ABS比率;其次根据CRE (Cell Range Extension, 小区范围扩展) 区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS (Lower power Almost Blank Subframe, 低功率几乎空白子帧) 状态下的最佳传输功率;最后,根据用户可容忍宏基站的干扰值决定是否执行LP-ABS比例优化。该ABS执行机制通过动态调整非正常子帧比例和在此状态下的宏基站的发射功率的方式减小宏基站对微基站用户的干扰,通过牺牲一定微基站用户的吞吐量来保证宏基站用户的整体网络性能,网络的整体性能有一定程度的提升。

[0045] 根据RSRP参考门限判断用户的协作状态;根据参考信号接收功率的动态协作节点的选择策略,测量用户设备与各个邻小区间的信号接收功率,然后选择除服务小区之外信号接收功率最好的小区作为协作小区;分别对CoMP用户和非CoMP用户进行资源分配。通过仿真分析可以看出,无论是边缘频谱效率还是小区平均吞吐量上,该方案与传统的干扰协调方案相比,都具有更好的性能增益。CoMP协作机制主要解决网络密集化所带来的微基站间干扰较大的问题。网络越来越密集,基站间的受干扰情况越来越严重,通过协作资源动态分配,把强干扰信号转换成有用信号,微蜂窝小区的整体性能得到明显提升,解决网络密集化所带来的严重干扰问题。

附图说明

[0046] 图1是本发明提供优选实施例流程时域eICIC (enhanced Inter-cell interference Coordination, 增强型小区干扰消除) 异构蜂窝网络系统架构示意图;

[0047] 图2为CoMP技术在微蜂窝场景内的原理示意图;

[0048] 图3为基于CoMP的动态小区间干扰协调管理方案的整体仿真流程图;

[0049] 图4为协作用户选择策略流程图;

[0050] 图5为CoMP技术在微蜂窝场景内的执行流程图。

具体实施方式

[0051] 以下结合附图,对本发明作进一步说明:

[0052] 如图1所示,本发明也适用于密集异构蜂窝网络,在密集异构蜂窝网络中,小蜂窝之间不仅存在着干扰,宏基站对小蜂窝也存在着较强的干扰。

[0053] 如图1所示,异构蜂窝网络整体的干扰情况。CRE边缘用户会受到来自相邻宏基站的干扰,并且由于CRE用户原来是属于宏基站的,现在加上RSRP偏置以后强制把服务基站转换成pico-eNB,此时CRE用户的整体SINR很低,因为受到来自宏基站很强的干扰。本发明利用zero-ABS和LP-ABS联合优化,并把最后需要优化参数通过X2接口分别发送给基站并执行。宏基站的覆盖范围和pico覆盖范围相切,其实是结合到后面使用的LP-ABS方案,目的主要是减小宏基站的覆盖范围,使得CRE的边缘用户不会受到宏基站的干扰。

[0054] 如图2所示,用户设备UE1处在三个小区picocell1, picocell2和picocell3的边缘,选择了picocell1作为服务小区,收到了来自picocell1的信号,但是同时也收到

picocell2发送给UE2和picocell2发给UE3的同频信号。如果采用了联合处理,将picocell2和picocell3作为协作小区,由picocell1,picocell2和picocell3联合起来为UE1提供信号传输。则picocell2和picocell3的信号将由干扰信号变为协作信号,发送的信号将变为UE1的源信号。

[0055] 图3为本方法的总体流程图,从图中可以看出本方法主要分为三个主要的部分:

[0056] 步骤一:根据当前网络的负载情况求出最佳的LP-ABS比率,根据CRE区域用户的整体干扰情况求出宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率,在LP-ABS状态下作用于宏基站的发射功率,根据用户可容忍宏基站的干扰值决定是否执行LP-ABS比例优化;

[0057] 步骤二:根据当前周期内的实际用户的干扰情况确定微小区的协作用户集,判断用户是否需要进行协作多点传输;

[0058] 步骤三:采用了基于信号接收功率的动态协作节点选择策略,用户设备测量各个小区的信号接收功率,然后选择服务小区之外信号接收功率最好的小区作为协作小区;

[0059] 步骤四:协调资源分配策略,应用于下一个调度周期。

[0060] 步骤1详细说明如下:

[0061] 步骤1.1:计算最佳ABS比率;

[0062] 在一个宏基站和一个微基站组成的简单异构网络中,假设网络中共有N个用户,整体吞吐量为:

$$[0063] \quad \underset{\theta, P}{MAX} \left(\sum_{i=1}^N \text{Throughput} \right) \quad (1)$$

[0064] 在简单异构网络中,所有用户根据不同的网络环境分为三类:1、CRE区域用户(此时服务基站是微基站),即CRE-PUE;2、距离微基站较近的微蜂窝用户,即PUE;距离微蜂窝较远,不满足切换条件的宏蜂窝用户,即O-MUE。因此总吞吐量由这三类用户吞吐量组成。假设在某时刻下CRE-PUE、PUE和O-MUE的用户数以及微蜂窝数量分别为: $N_{CRE-PUE}$ 、 N_{PUE} 、 N_{O-MUE} 和 N_{PICO} ,则总吞吐量可以表达为:

$$[0065] \quad \begin{aligned} Thr_{total} = & \sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE} \\ & + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE} \end{aligned} \quad (2)$$

[0066] 网络负载的变化主要是由于用户申请业务总量发生变化引起的,因此方案中通过用户数量的变化来体现网络业务负载的变化。LP-ABS子帧比例配置和宏基站在LP-ABS状态下的最佳传输功率会直接影响到O-MUE、CRE-PUE和PUE三类用户的吞吐量,因此要提高系统整体吞吐量性能,就需要同时考虑三类用户,单纯的考虑O-MUE、CRE-PUE或者PUE的业务负载状态并不能为LP-ABS子帧配置提供有效参考。ABS配置比例 θ :

$$[0067] \quad \theta = \partial \left(\frac{N_{CRE-PUE}(t) + N_{PUE}(t)}{N_{O-MUE}(t)} \right) \quad (3)$$

[0068] 定义一个边缘用户可容忍宏基站的干扰门限值 I_{throid} ,决定是否执行LP-ABS方案,门限值可以根据实际网络场景人为设定。

[0069] 通过上一步确定了CRE用户接受的最大干扰 I_{throid} ,CRE用户的传输天线增益和接收天线增益分别为 G_t 和 G_r , P_L 代表路径损失,因此宏基站最大传输功率的计算方法表示如

下:

$$[0070] \quad I_{\text{throid}} = P_t + G_t + G_R - P_L \quad (4)$$

[0071] 通过公式 (5) 可以计算得到宏基站传输功率 P_{throid} , 则 LP-ABS 子帧的发射功率 P_{throid} 表示为:

$$[0072] \quad P_{\text{throid}} = \begin{cases} P_{\text{throid}} & P_{\text{throid}} < P_{\text{normal}} \\ 0 & P_{\text{throid}} \geq P_{\text{normal}} \end{cases} \quad (5)$$

[0073] 为了体现实际网络场景的吞吐量, 优化模型可以写为:

$$[0074] \quad \begin{aligned} & \text{MAX}_{\theta, P_i} \left(\sum_{i=1}^{N_{\text{CRE-PUE}}} \text{Thr}_{\text{CRE-PUE}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{PUE}}} \text{Thr}_{\text{PUE}} \right. \\ & \left. + \sum_{i=1}^{N_{\text{O-MUE}}} \text{Thr}_{\text{O-MUE}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

[0075] 其中 O-MUE、PUE 以及 CRE-PUE 的吞吐量分别为:

$$[0076] \quad \begin{aligned} \sum_{i=1}^{N_{\text{O-MUE}}} \text{Thr}_{\text{O-MUE}} &= \sum_{i=1}^{N_{\text{O-MUE}}} (\partial(\bullet)) B_i \\ \log(1 + \text{SINR}_{\text{O-MUE}}) \frac{T_0}{T} &+ \sum_{i=1}^{N_{\text{O-MUE}}} ((1 - \partial(\bullet)) B_i \end{aligned} \quad (7)$$

$$[0077] \quad \begin{aligned} \log(1 + \text{SINR}_{\text{O-MUE}}) \frac{T_0}{T} & \\ \sum_{i=1}^{N_{\text{CRE-PUE}}} \text{Thr}_{\text{CRE-PUE}} &= \sum_{i=1}^{N_{\text{CRE-PUE}}} (\partial(\bullet)) B_i \\ \log(1 + \text{SINR}_a) \frac{T_0}{T} &+ \sum_{i=1}^{N_{\text{CRE-PUE}}} ((1 - \partial(\bullet)) B_i \end{aligned} \quad (8)$$

$$[0078] \quad \begin{aligned} \log(1 + \text{SINR}_b) \frac{T_0}{T} & \\ \sum_{i=1}^{N_{\text{PUE}}} \text{Thr}_{\text{PUE}} &= \sum_{i=1}^{N_{\text{PUE}}} (\partial(\bullet)) B_i \\ \log(1 + \text{SINR}_a) \frac{T_0}{T} &+ \sum_{i=1}^{N_{\text{PUE}}} ((1 - \partial(\bullet)) B_i \end{aligned} \quad (9)$$

$$[0079] \quad \begin{aligned} \log(1 + \text{SINR}_b) \frac{T_0}{T} & \\ \text{Thr}_{\text{total}} &= \sum_{i=1}^{N_{\text{CRE-PUE}}} [\partial(\bullet) \text{Thr}_{\text{CRE-PUE}}^{\text{LP-ABS}} + (1 - \partial(\bullet)) \text{Thr}_{\text{CRE-PUE}}^{\text{non-ABS}}] \\ &+ \sum_{i=1}^{N_{\text{PUE}}} [\partial(\bullet) \text{Thr}_{\text{PUE}}^{\text{LP-ABS}} + (1 - \partial(\bullet)) \text{Thr}_{\text{PUE}}^{\text{non-ABS}}] \\ &+ \sum_{i=1}^{N_{\text{O-MUE}}} [\partial(\bullet) \text{Thr}_{\text{O-MUE}}^{\text{LP-ABS}} + (1 - \partial(\bullet)) \text{Thr}_{\text{O-MUE}}^{\text{non-ABS}}] \end{aligned} \quad (10)$$

[0080] 分解该式, 可得:

$$\begin{aligned}
Thr_{total} = & (1 - \partial(\bullet)) \left[\sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{non-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{non-ABS} \right. \\
[0081] \quad & \left. + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{non-ABS} \right] + \partial(\bullet) \left[\sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{LP-ABS} \right. \\
& \left. + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{LP-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{LP-ABS} \right]
\end{aligned} \quad (11)$$

[0082] 公式(12)可以看作是关于 $\partial(\bullet)$ 在区间 $[0, 1]$ 内处处连续的线性函数。

$$[0083] \quad F(\partial(\bullet)) = A(1 - \partial(\bullet)) + B\partial(\bullet) \quad (12)$$

[0084] 其中

$$\begin{aligned}
[0085] \quad A = & \sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{non-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{non-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{non-ABS} \\
[0086] \quad B = & \sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{LP-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{LP-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{LP-ABS}
\end{aligned} \quad (13)$$

[0087] 因此公式(12)是关于 $\partial(\bullet)$ 的凸函数,其最大值可以在ABS比例的极值点处求得:

$$[0088] \quad \partial(\bullet)^* = \begin{cases} \partial(\max) & A < B \\ 0 & A > B \end{cases} \quad (14)$$

[0089] 即:

$$\begin{aligned}
[0090] \quad \partial(\bullet)^* = & \partial(\max) R \left\{ \sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{LP-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{LP-ABS} \right. \\
& \left. + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{LP-ABS} - \left(\sum_{i=1}^{N_{CRE-PUE}} Thr_{CRE-PUE}^{non-ABS} + \sum_{i=1}^{N_{PUE}} Thr_{PUE}^{non-ABS} \right) \right. \\
& \left. + \sum_{i=1}^{N_{O-MUE}} Thr_{O-MUE}^{non-ABS} \right\}
\end{aligned} \quad (15)$$

[0091] 其中 $R(\bullet)$ 表示单位阶跃函数, $\partial(\max)$ 表示ABS比例的最大值。

[0092] 最终限制条件为:

$$[0093] \quad 1) N_{PUE} + N_{CRE-PUE} + N_{O-MUE} = N_{UE}$$

$$[0094] \quad 2) \partial(\bullet) \leq \frac{6}{10}$$

$$[0095] \quad 3) \sum_{i \in TYPE} UE_i < 10M \quad TYPE = \{pico_eNB, macro_eNB\}$$

[0096] 步骤1.2:计算宏基站最佳传输功率

[0097] 1) 计算SINR

[0098] 在正常子帧条件下,假设第 n 个CRE-PUE用户的SINR为 $S_{n,n}$,CRE区域用户的SINR计算公式如下:

$$[0099] \quad S_{N,n,CRE-PUE} = \frac{S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}}{\sum_{m=1, m \neq l}^S i_{T,m}^{Macro} + Noise} \quad (17)$$

[0100] 其中 $S_{T,I,P_k}^{CRE-PUE}$ 是CRE-PUE的RSRP参考信号功率值, $i_{T,m}^{Macro}$ 是CRE-PUE受到相邻宏小区的干扰值,Noise是噪声值。

[0101] 2) 计算可以容忍宏基站的最大干扰

[0102] 所有CRE-PUE用户根据SINR metric值大小从大到小排序,找到最小的SINR对应的

CRE-PUE用户。

$$[0103] \quad SINR_{worst} = \frac{P_{CRE-PUE}}{I_{max} + N_0} \quad (18)$$

$$[0104] \quad I_{max} = \frac{P_{CRE-PUE}}{SINR_{worst}} - N_0 \quad (19)$$

[0105] 其中 I_{max} 表示CRE用户受到宏基站的最大干扰,这意味着当CRE用户受到很大干扰时,CRE用户的通信质量将会受到很大影响。

[0106] 3) 计算宏基站在LP-ABS状态下的传输功率

[0107] 通过公式(19)确定CRE用户接受的最大干扰 I_{max} ,已知CRE用户的传输天线增益和接收天线增益分别为 G_t 和 G_r , P_L 代表路径损失,因此宏基站最大传输功率计算方法为:

$$[0108] \quad I_{max} = P_t + G_t + G_r - P_L \quad (20)$$

[0109] 通过公式(20)计算得到宏基站传输功率 P_t ,则宏基站在LP-ABS状态下的传输功率 P_{LP-ABS} 表示为:

$$[0110] \quad P_{LP-ABS} = \begin{cases} P_t & P_t < P_{normal} \\ 0 & P_t \geq P_{normal} \end{cases} \quad (21)$$

[0111] 步骤1.3:LP-ABS比例配置优化

[0112] 由上述步骤可知,最佳LP-ABS比率为 θ ,宏基站最佳传输功率功率为 P_{LP-ABS} 。

[0113] LP-ABS比例配置优化触发条件:

$$[0114] \quad I_{max} \geq I_{throid} \quad (22)$$

[0115] 当干扰门限 I_{throid} 大于 I_{max} ,说明此时干扰情况比较好,即使已求最佳LP-ABS比率 θ 和宏基站最佳传输功率功率 P_{LP-ABS} ,此时没有达到CRE-PUE用户的可容忍宏基站的的最大干扰,就没必要使用LP-ABS。使用LP-ABS比例配置优化一方面牺牲了宏基站的吞吐量,另一方面微用户吞吐量的增幅不大;当干扰门限 I_{max} 大于 I_{throid} ,说明此时干扰情况比较严重,此时已经超过CRE-PUE用户的可容忍宏基站的的最大干扰门限,根据已求的最佳LP-ABS比率 θ 和宏基站最佳传输功率功率 P_{LP-ABS} ,执行LP-ABS比例配置优化。

[0116] 步骤2详细说明如下:

[0117] 在CoMP系统中并不是所有的用户都需要协作,协作用户的确定就如同切换用户的确定一样,需要设定一定的门限来进行判决。由于该方案采用的CoMP技术主要解决微蜂窝间的干扰问题,密集异构网络场景中干扰情况最严重的用户往往分布在Picocell小区边缘附近,因而要综合考虑用户的SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio,信号与干扰加噪声比) 和SINR判定门限值的大小,超过判定门限值,说明用户潜在的干扰越大,应将该用户确定为协作用户,否则将该用户确定为非协作用户。只有满足下式的用户才能成为CoMP用户:

$$[0118] \quad SINR_{UE_k} \geq SINR_{throid}, UE_k \in U$$

[0119] 其中, $SINR_{UE_k}$ 表示从第k个用户的SINR(单位是dB), $SINR_{throid}$ 是一决定CoMP用户的参数,是一个以dB为单位的正数, $SINR_{throid}$ 也称为CoMP偏置,或CoMP bias。

[0120] 如图4所示,当UE状态为非CoMP用户时,满足门限 α 的用户变成CoMP用户;当UE状态

为CoMP用户时,满足门限 β 的用户变成非CoMP用户。

[0121] 步骤3详细说明如下:

[0122] 步骤3.1:计算每个协作用户对应每一个相邻微基站的RSRP

[0123] 假设第 n th个UE_CoMP用户对应第 i 个相邻微小区的RSRP为 $S_{n,i}$,CRE区域用户的SINR计算公式如下:

[0124]

$$RSRP_{n,i}^{CoMP} = 30 + 10 * \log_{10} \left[\frac{10^{\frac{Txpower_i - PL_{n,i} - penetration - shadowing + antennagain}{10}}}{RB_{bandwidth}} / 12 \right]$$

[0125] 其中 $Txpower_i$ 是第 i 个微基站的发射功率, $PL_{n,i}$ 是第 n 个协作用户和第 i 个微基站的RSRP参考信号功率值, $penetration$ 是穿透损失, $shadowing$ 是阴影衰落值, $antennagain$ 是天线增益。 $RB_{bandwidth}$ 表示分配的频谱资源块个数。

[0126] 步骤3.2:对上述步骤求出的RSRP值进行排序,并选择具有最大参考信号功率值的样式集作为最优协作集(协作节点个数默认为3)。

[0127] 步骤4详细说明如下:

[0128] 步骤4.1:根据比例公平算法计算每个RB上所有小区边缘用户分别在单小区传输模式下和CoMP传输模式下的优先值,是利用如下公式计算:

$$[0129] \quad P_{k,i}(t) = \frac{R_{k,i}(t)}{\overline{R_{k,i}(t)}}$$

[0130] 其中: $P_{k,i}(t)$ 为用户 UE_k 在 RB_i 上的优先权值, $R_{k,i}(t)$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 t 所能达到的最高传输速率, $\overline{R_{k,i}(t)}$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 t 之前的平均传输速率, $\overline{R_{k,i}(t)}$ 的更新公式为:

$$[0131] \quad \overline{R_{k,i}(t)} = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) \overline{R_{k,i}(t-1)} + \frac{1}{t_c} R_{k,i}(t-1)$$

[0132] 其中: t_c 为系统TTI更新时间间隔, $\overline{R_{k,i}(t-1)}$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 $(t-1)$ 之前的平均传输速率, $R_{k,i}(t-1)$ 为 RB_i 上用户 UE_k 在调度时刻 $(t-1)$ 所能达到的最高传输速率。

[0133] 步骤4.2:对CoMP用户进行资源分配;

[0134] a. 初始化集合 RB , RB 为整个系统中每个微小区的可用资源块的集合;初始化 $i=1$,其中, i 为 RB 计数标识;

[0135] b. 根据小区边缘用户的优先权值,挑选出具有最高优先权值的小区边缘用户 UE_m 为: $UE_m = \arg \max (P_{k,i})$,其中 $P_{k,i}$ 为用户 UE_k 在 RB_i 上的优先权值, $\arg \max$ 表示寻找具有最大评分的参数;

[0136] c. 把 RB_i 分配给 UE_m ;

[0137] d. 确定用户 UE_m 的小区协作集合并记为 $\{Cell_a, Cell_b, Cell_c\}$,然后把 $Cell_a$, $Cell_b$,和 $Cell_c$ 中的 RB_i 分配给此时的用户 UE_m ;

[0138] e. 更新集合 RB , $RB = RB - RB_i$,其中, $=$ 表示将右边的集合赋给左边的集合;

[0139] 步骤4.3:对非CoMP用户进行资源分配;

[0140] 根据轮询调度算法把剩下的 RB 集合分配给每一个微小区的非CoMP用户。每一个微

小区的频谱资源都是独立的,把剩下的RB集合分配给第*i*个微小区内所有的非CoMP用户,虽然微小区之间还是存在一定的干扰,受干扰的用户主要分布在小区中心区域,受干扰情况明显减小,可以提高微小区的整体吞吐量。

[0141] 以上这些实施例应理解为仅用于说明本发明而不用于限制本发明的保护范围。在阅读了本发明的记载的内容之后,技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等效变化和修饰同样落入本发明权利要求所限定的范围。

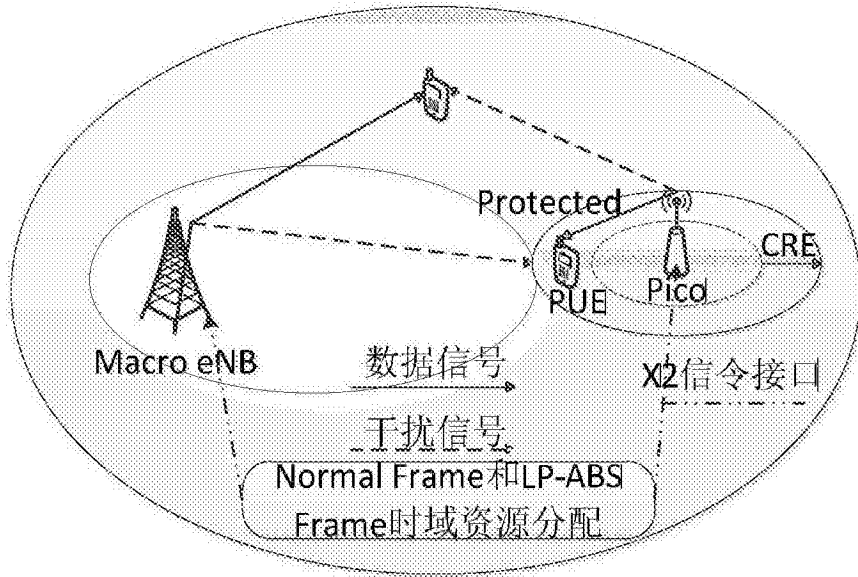


图1

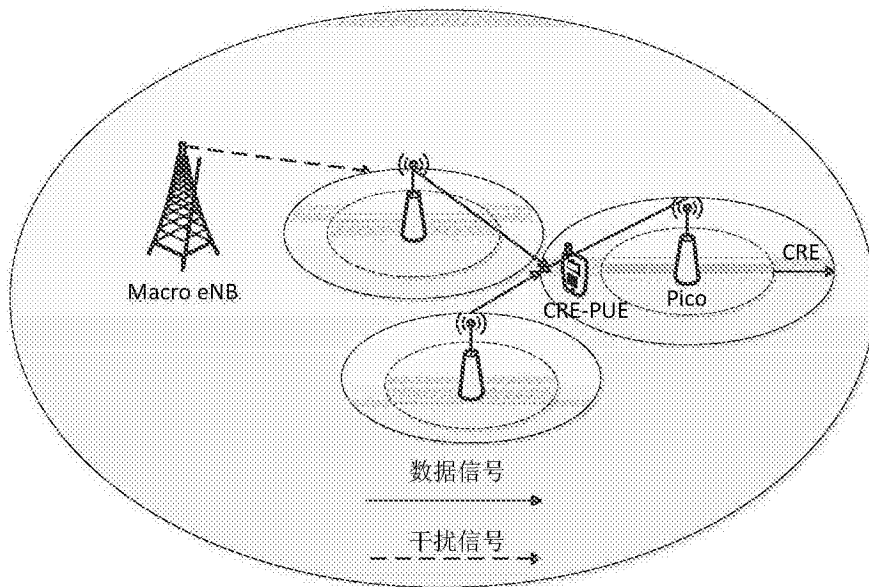


图2

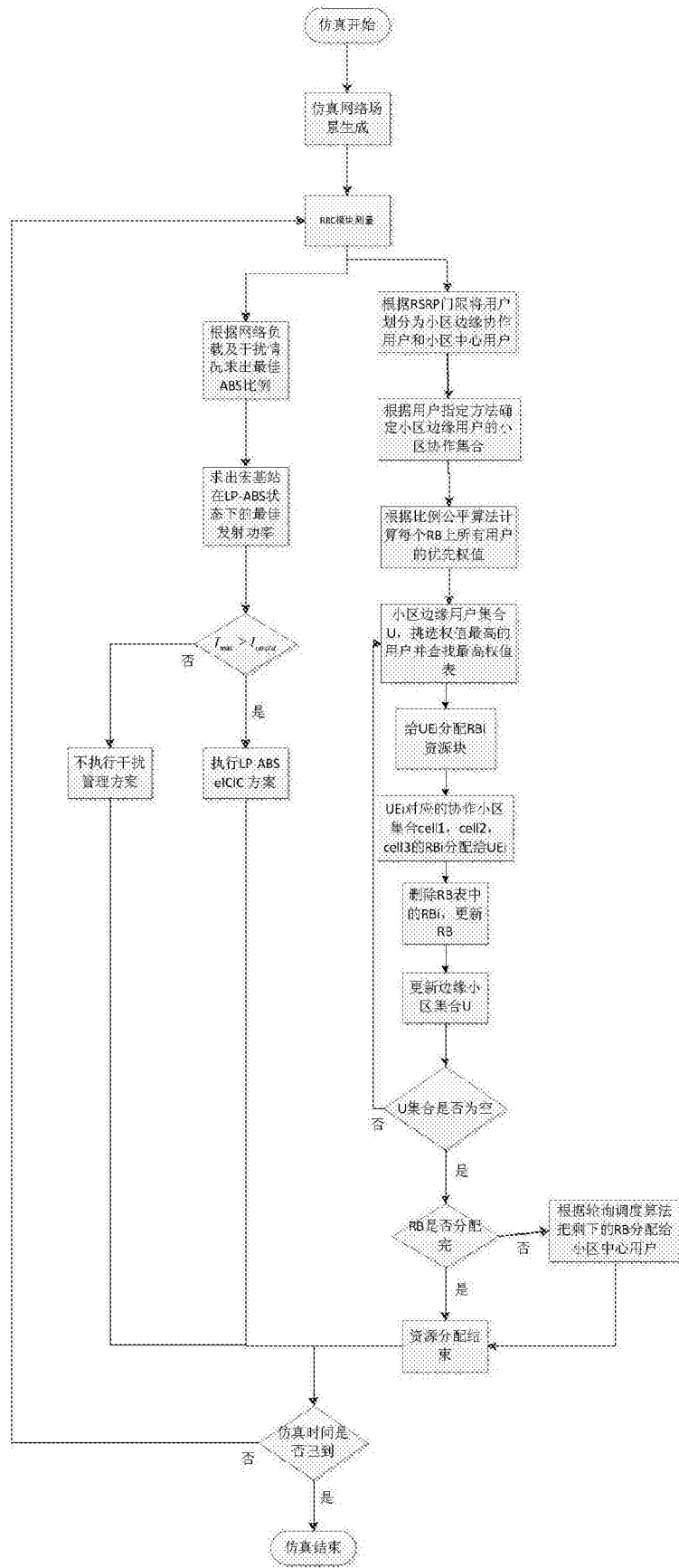


图3

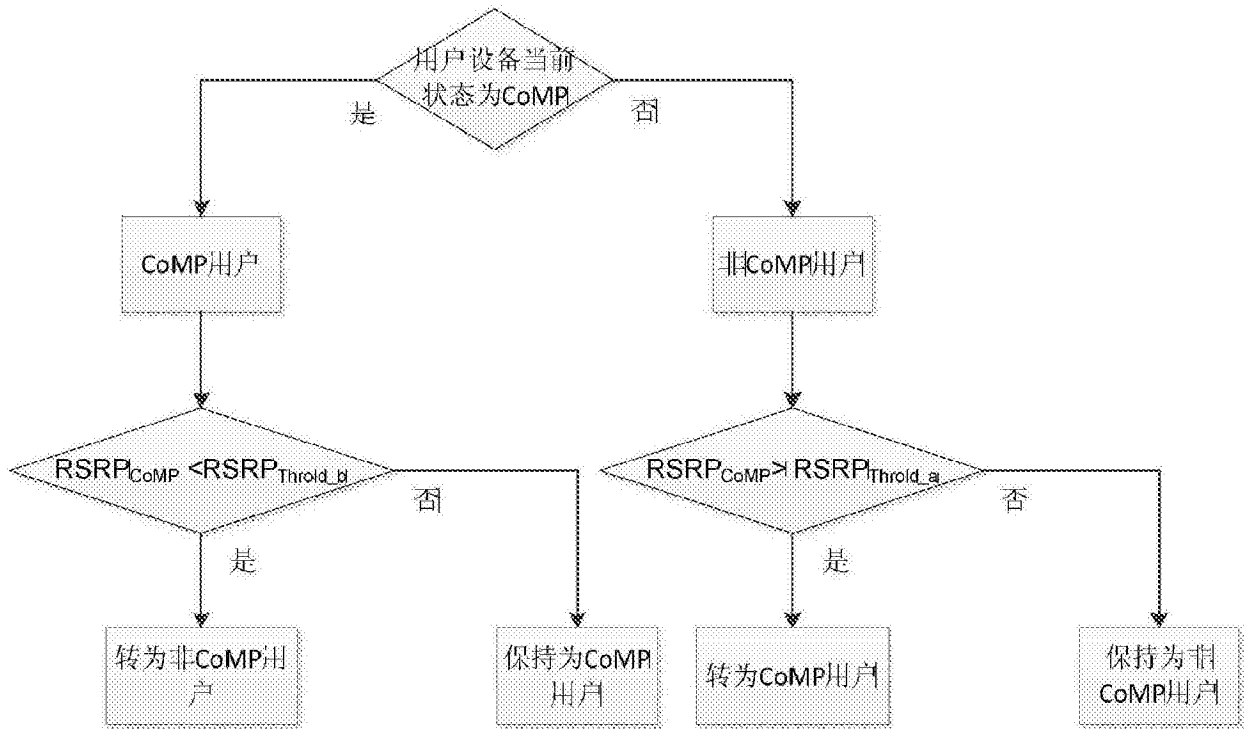


图4

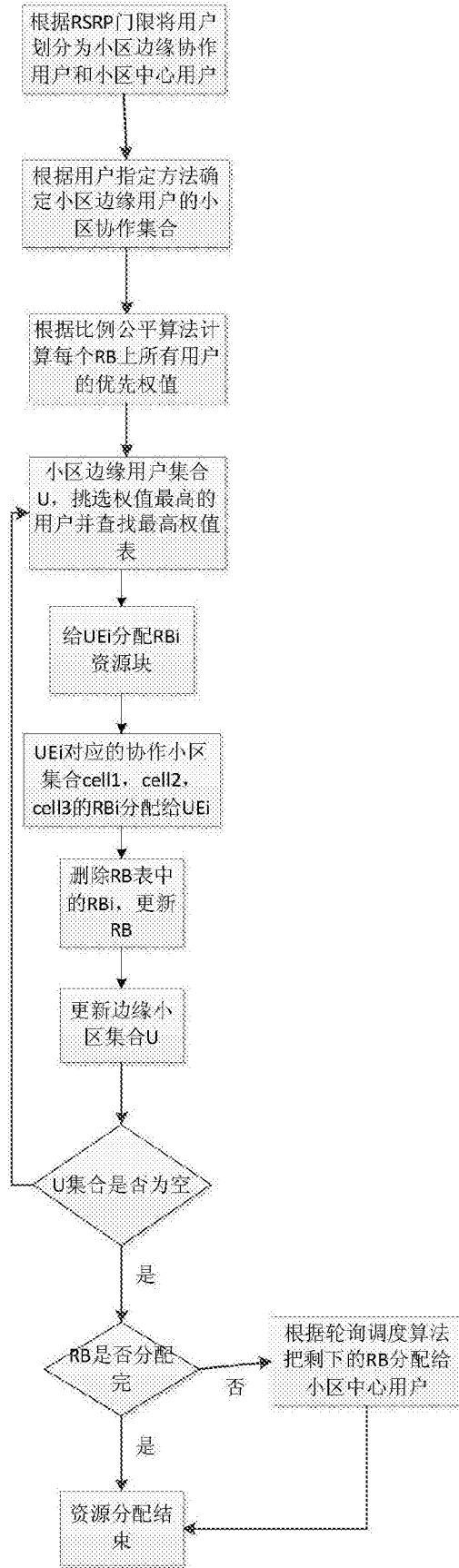


图5