



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102202330 A

(43) 申请公布日 2011.09.28

(21) 申请号 201110134571.0

(22) 申请日 2011.05.23

(71) 申请人 北京邮电大学

地址 100876 北京市海淀区西土城路 10 号

(72) 发明人 彭木根 陈俊 王文博

(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 夏宪富

(51) Int. Cl.

H04W 24/02 (2009.01)

H04W 24/10 (2009.01)

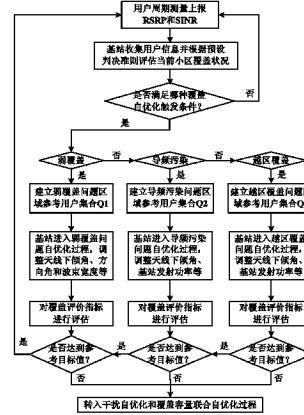
权利要求书 5 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法

(57) 摘要

一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法，用于解决弱覆盖、导频污染和越区覆盖的问题。每个用户测量并向基站上报各自的 RSRP 和 SINR 参数值；基站收集本小区内所有用户上传的测量参数值，判断当前网络是否满足上述三种覆盖问题中的任一种触发条件，若满足，首先触发基于天线倾角动态调整的覆盖自优化过程，根据预设方案调整倾角来解决覆盖问题；在下倾角可调范围内无法满足覆盖要求时，根据覆盖的具体场景和用户类型继续调整天线方位角、波束宽度或下调基站发送功率；若以上措施仍然不能解决覆盖问题，则转入覆盖和容量自优化过程。各小区按照上述流程周期性地发起多次覆盖自由化操作，节省了人工优化需要耗费的人力物力，降低了维护成本和开销。



1. 一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法,其特征在于:每个用户周期性测量并向其服务基站上报各自的参考信号接收功率 RSRP 和体现其自身服务质量状况的信干噪比 SINR 参数值;基站收集本小区内所有用户上传的测量参数值,并根据预设准则检测和判断当前网络是否满足弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题中的任何一种触发条件,若满足,首先触发基于天线下倾角动态调整的覆盖自优化过程,根据预设方案调整相关参数,以满足覆盖要求;如果在下倾角可调范围内无法满足覆盖要求时,根据覆盖场景、小区类型和用户类型调整天线的方位角、波束宽度、或下调基站发送功率;如果采用以上措施仍然不能解决覆盖问题,则转入干扰自优化和覆盖容量联合自优化过程。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述方法包括下列操作步骤:

(1) 每个用户周期测量并向其基站上报该小区参考信号接收功率 RSRP 和信干噪比 SINR 数值,用作实现覆盖自优化操作的数据基础;

(2) 基站收集本小区内所有用户上传的测量参数,并根据预设的判决准则评估当前小区覆盖状况,如果状况正常,则结束流程;否则,将其相应划归为弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题之一,并据此分别建立覆盖问题区域用户集合 Q1、Q2 或 Q3;同时,根据用户上传的测量数据,基站判断当前网络已经满足下述三种覆盖问题触发条件中的任何一种时,就立即首先触发基于天线下倾角动态调整的覆盖自优化过程;

(3) 根据步骤 (2) 的判断,如果是弱覆盖问题,则跳转执行步骤 (6);如果不是弱覆盖问题,则顺序执行步骤 (4);

(4) 如果步骤 (2) 判断是导频污染问题,则跳转执行步骤 (7);如果不是导频污染问题,则顺序执行步骤 (5);

(5) 根据步骤 (2) 的判断,此时为越区覆盖问题,跳转执行步骤 (8);

(6) 基站根据用户测量上报参数建立弱覆盖问题区域用户集合 Q1,该 Q1 中的用户均为测量上报数据满足所述弱覆盖问题触发条件的用户;然后执行弱覆盖问题自优化的相应操作,再跳转执行步骤 (9);

(7) 基站根据用户测量上报参数建立导频污染问题区域用户集合 Q2,该 Q2 中的用户均为测量上报数据满足所述导频污染问题触发条件的用户;然后执行导频污染问题自优化的相应操作,再跳转执行步骤 (9);

(8) 基站根据用户测量上报参数建立越区覆盖问题区域用户集合 Q3,该 Q3 中的用户均为测量上报数据满足所述越区覆盖问题触发条件的用户;然后执行越区覆盖问题自优化的相应操作;

(9) 参照三种覆盖问题的评价指标,评估当前网络覆盖问题是否达到参考目标值,若是,则返回步骤 (1),执行下一次覆盖问题的检测过程;否则,转入干扰自优化和覆盖容量联合自优化过程。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于:所述步骤 (2) 中,弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题的触发条件如下所述:

弱覆盖:主导小区检测到的参数同时满足下述三个条件:下属用户的参考信号接收功率 $RSRP_{ser} < RSRP_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 、 $SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 和 $RSRP_{ser} > RSRP_{neig}$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$;其中, $RSRP_i$ 为覆盖问题区域的参考信号接收功率,自然数下标 i 为用户序号,且 $i \in Q1、Q2$ 或 $Q3$, $Q1、Q2$ 或 $Q3$ 分别为弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种类

型覆盖问题区域用户集合； $RSRP_{neig}$ 为相邻小区的参考信号接收功率， P_{CT} 为目标覆盖概率；

导频污染：面状分布的主导小区检测到的参数同时满足下述三个条件：下属用户可测量的 RSRP 值大于目标参考信号接收功率 $RSRP_t$ 的小区数 N_{Cell} 不少于 3 个，即 $N_{Cell} \geq 3$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 、各下属用户的 RSRP 之间存在 $RSRP_{max} - RSRP_{min} \leq \Delta_{RSRP}$ 的情况和各下属用户的

$SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $\frac{1-P_{CT}}{N_{Cell}}$ ；其中， $RSRP_{max}$ 和 $RSRP_{min}$ 分别为用户测到超过 $RSRP_t$ 的 RSRP 的最大值和最小值， Δ_{RSRP} 为 $RSRP_{max}$ 和 $RSRP_{min}$ 的差值门限；

越区覆盖：线状分布的主导小区检测到的检测到的参数同时满足下述三个条件：下属用户的 RSRP 大于 $RSRP_t$ 的小区不在邻小区列表中的概率大于 $(1-P_{CT})$ 、主导小区下属用户的切换失败率大于门限的概率大于 $(1-P_{CT})$ 和主导小区的下属用户 $SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于：所述步骤 (6) 中执行的弱覆盖问题自优化操作包括下列内容：

(61) 因 SINR 和 RSRP 两者数值都与各邻区之间的干扰关系密切，故定义每个小区下属用户的 SINR 小于目标参考信号接收功率 $SINR_t$ 的用户比例 $P_s = \frac{N_s}{N_{total}}$ ，且其中属于弱覆盖的用户比例 $P_{WC} = \frac{N_{WC}}{N_{total}}$ ，式中， N_s 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数， N_{WC} 为满足弱覆盖问题触发条件的用户数， N_{total} 为小区内用户总数；则由路径损耗方程得到的 RSRP 计算公式比较复杂，具体公式为：

$$RSRP = P_{tx} \times A_{bs}(\theta_{etilt}, \varphi_{3dB}) \times G(MIMO) \div L(d, h_{te}) = F(\theta_{etilt}, P_{bt}, \varphi_{3dB}, h_{te}, G_{MIMO}) ;$$

式中， P_{tx} 为基站发射功率， A_{bs} 为基站天线的总增益，包括基本增益 A_0 、水平增益 $A_{hg} = -\min\left[12\left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}}\right)^2, 25\right]$ 和垂直增益 $A_{vg} = -\min\left[12\left(\frac{\theta - \theta_{etilt}}{\theta_{3dB}}\right)^2, 20\right]$ ； θ_{etilt} 为基站天线

下倾角， φ_{3dB} 为其水平半功率波瓣宽度， $G(MIMO)$ 为使用多天线的增益， L 为包括路径损耗、人体损耗、穿透损耗和基站天线馈线损耗的总损耗， d 为基站天线与移动台天线之间的水平距离， h_{te} 为基站天线挂高；

假设除天线倾角 θ_{etilt} 外，其他参数在短时间内都不改变，则上述 RSRP 的计算公式简化为： $RSRP = H(\theta_{etilt})$ ；因 $H(x)$ 的反函数为 $H^{-1}(x)$ ，即 $\theta_{etilt} = H^{-1}(RSRP)$ ，故下倾角的理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$ ；

再定义关键性能参数 KPI 的计算公式如下：

$$\text{该弱覆盖问题区域下的序号 } i \text{ 用户的 RSRP 均值 } \mu = \frac{1}{N_1} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_1} RSRP_i ;$$

$$\text{RSRP 均值与目标 RSRP 值之间的差值 } \Delta_{\mu} = |\mu - RSRP_t| ;$$

$$\text{该弱覆盖问题区域下序号 } i \text{ 用户的 RSRP 的方差 } \sigma^2 = \frac{1}{N_1} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_1} (RSRP_i - RSRP_t)^2 ;$$

其中， $RSRP_t$ 为网络设定的符合通信质量的目标 RSRP 值，用户序号 $i \in Q1$ ， N_1 为集合 Q1 中的用户总数；

(62) 基站根据步骤 (61) 中的公式计算 KPI 参数后,检测到当前测量周期内存在满足弱覆盖条件的用户比例 $P_{wc} \geq 1 - P_{CT} + \Delta_p$ 的情况,其中, P_{CT} 为目标覆盖概率, Δ_p 是步长选择门限;则跳转执行步骤 (64), 否则执行步骤 (63);

(63) 当基站检测到当前测量周期内存在下述情况: $1 - P_{CT} \leq P_{wc} \leq 1 - P_{CT} + \Delta_p$ 时,则执行步骤 (64), 否则跳转执行步骤 (7);

(64) 采用弱覆盖问题的第一参考调整步长 θ_{d1} 减小天线倾角,以增加覆盖距离:先按照公式计算该第一参考调整步长 $\theta_{d1} = [\alpha g \Delta_\mu + (1 - \alpha) g \sigma^2] g P_s g \theta_{step}$,再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{d1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;式中, $\theta_{current}$ 为当前基站天线的下倾角值, θ_{step} 和 θ_{min} 分别为系统设定的天线倾角调整步长值和最小调整步长值,权重系数 α 的设置依据包括具体网络场景和小区类型的因素;跳转执行步骤 (66);

(65) 采用弱覆盖问题第二参考调整步长 θ_{d2} 减小天线倾角大小,以增加覆盖距离:先按照公式计算第二参考调整步长 $\theta_{d2} = [\alpha g \Delta_\mu + (1 - \alpha) g \sigma^2] g P_s g (1 - P_{wc}) g \theta_{step}$,再按照下述公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{d2}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;

(66) 基站使用步骤 (64) 或 (65) 中的参考调整步长 θ_{d1} 或 θ_{d2} 计算最优天线倾角调整方案:当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) - \theta_s$,其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻,然后,将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

(67) 先判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求,再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时,若是,都跳转执行步骤 (7), 否则执行步骤 (68);

(68) 判断天线倾角是否仍在可调范围内,若是,返回执行步骤 (61),继续调整天线倾角;否则,执行步骤 (69);

(69) 基站检测到该弱覆盖场景下的网络中心用户的服务质量体验较差,而边缘用户服务质量体验较好时,则调整天线方向角,将主瓣波束对准中心用户群后,返回执行步骤 (67);否则,即基站检测到弱覆盖场景下的网络中心用户服务质量体验较好,而边缘用户服务质量体验较差时,则增大天线水平或垂直波束宽度,使有效信号能够覆盖到其边缘用户后,返回执行步骤 (67);直至这两类用户群的服务质量体验都较好,结束该流程;执行步骤 (9)。

5. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于:所述步骤 (7) 中执行的导频污染问题自优化操作包括下列内容;

(71) 定义每个小区下属用户的 SINR 不满意比例为 $P_s = \frac{N_s}{N_{total}}$,其中属于导频污染的用户比例为 $P_{PC} = \frac{N_{PC}}{N_{total}}$,式中, N_s 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数, N_{PC} 为满足导频污染问题触发条件的用户数, N_{total} 为小区内总用户数;则导频污染下的下倾角理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$;再定义下述 KPI 参数的计算公式如下:

$$\text{该导频污染问题区域下的序号 } i \text{ 用户的 RSRP 均值 } \mu = \frac{1}{N_2} \sum_{i=Q_2, i=1}^{N_2} RSRP_i;$$

$$\text{该 RSRP 均值与目标 RSRP 之间的差值 } \Delta_\mu = |\mu - RSRP_t|;$$

该导频污染问题区域下序号 i 用户的 RSRP 的方差 $\sigma^2 = \frac{1}{N_2} \sum_{i \in Q2, i=1}^{N_2} (RSRP_i - RSRP_t)^2$;

其中, $RSRP_t$ 为网络设定的符合通信质量的目标 RSRP 值, 用户序号 $i \in Q2$, N_2 为集合 $Q2$ 中的用户总数;

(72) 基站根据步骤 (71) 中的公式计算 KPI 参数后, 检测和判断在当前测量周期内是否存在满足导频污染条件的用户比例 $P_{PC} \geq 1 - \frac{P_{CT}}{N_{Cell}}$ 的情况, 其中, P_{CT} 为目标覆盖概率, N_{Cell} 为用户所测得 RSRP 超过 $RSRP_t$ 的小区个数; 若是, 执行步骤 (73); 否则, 跳转执行步骤 (8);

(73) 采用导频污染问题的第一参考调整步长 θ_{up1} 增加天线倾角大小, 以缩小覆盖距离; 先根据公式计算第一参考调整步长 $\theta_{up1} = [\alpha g \Delta_{\mu} + (1-\alpha) g \sigma^2] g P_S g (1-P_{PC}) g \theta_{step}$, 再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{up1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$; 式中, $\theta_{current}$ 为当前基站天线的下倾角值, θ_{step} 和 θ_{min} 分别为系统设定的天线倾角调整步长值和最小调整步长值, 权重系数 α 的设置依据具体网络场景和小区类型而定;

(74) 使用步骤 (73) 中的调整步长 θ_{up1} 计算最优天线倾角调整方案: 当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) + \theta_s$, 其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻; 然后, 将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

(75) 基站判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求, 再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时, 若是, 都跳转执行步骤 (9), 否则, 执行步骤 (76);

(76) 基站判断天线倾角是否仍在可调范围内, 若是, 返回执行步骤 (71), 继续对天线倾角进行调整; 否则, 执行步骤 (9)。

6. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于: 所述步骤 (8) 中执行的越区覆盖问题自优化操作包括下列内容;

(81) 定义每个小区下属用户的 SINR 小于目标参考信号接收功率 $SINR_t$ 的用户比例 $P_S = \frac{N_S}{N_{total}}$, 且其中属于越区覆盖的用户比例 $P_{OC} = \frac{N_{OC}}{N_{total}}$, 式中, N_S 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数, N_{OC} 为满足越区覆盖问题触发条件的用户数, N_{total} 为小区内用户总数; 则越区覆盖下的下倾角理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$;

再定义下述 KPI 参数的计算公式如下:

该越区覆盖问题区域下的序号 i 用户的 RSRP 均值 $\mu = \frac{1}{N_3} \sum_{i \in Q3, i=1}^{N_3} RSRP_i$;

该 RSRP 均值与目标 RSRP 之间的差值 $\Delta_{\mu} = |\mu - RSRP_t|$;

该越区覆盖问题区域下序号 i 用户的 RSRP 的方差 $\sigma^2 = \frac{1}{N_3} \sum_{i \in Q3, i=1}^{N_3} (RSRP_i - RSRP_t)^2$; 其

中, $RSRP_t$ 为系统设定的符合通信质量的目标 RSRP 值, 用户序号 $i \in Q3$, N_3 为集合 $Q3$ 中的用户总数;

(82) 基站根据步骤 (81) 中的公式计算参数完毕后, 检测和判断在当前测量周期内是否存在满足越区覆盖条件的用户比例 $P_{OC} \geq 1 - P_{CT}$ 的情况, 其中, P_{CT} 为目标覆盖概率, 若是, 执行步骤 (83); 否则, 跳转执行步骤 (9),

(83) 采用导频污染问题的第二参考调整步长 θ_{up2} 增加天线倾角大小, 以缩小覆盖

距离:先根据公式计算第二参考调整步长 $\theta_{up2} = [\alpha g \Delta_{\mu} + (1-\alpha) g \sigma_2] g P_s g (1-P_{OC}) g \theta_{step}$, 再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{up1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;

(84) 使用步骤 (83) 中的调整步长 θ_{up1} 计算最优天线倾角调整方案:当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) + \theta_s$, 其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻; 然后, 将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

(85) 基站判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求, 再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时, 若是, 都跳转执行步骤 (9); 否则执行步骤 (86);

(86) 基站判断天线倾角是否仍在可调范围内, 若是, 返回执行步骤 (81), 继续对天线倾角进行调整; 否则, 执行步骤 (9)。

蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化的实现方法,属于无线蜂窝移动通信的技术领域。

背景技术

[0002] 下一代宽带蜂窝移动通信系统 (IMT-Advanced) 在技术与网络结构,以及业务支撑和服务环境上,都和传统蜂窝网络有着很大的不同,具体表现是其采用了许多先进技术,例如:多输入多输出 (MIMO)、无线中继、小区间干扰协调和载波聚合等。为了减少传输时延等缺陷,该系统采用扁平化网络结构,改变了传统的集中控制模式,基站之间采用协商方式对无线资源进行分配和切换。为了满足室内高速和绿色通信要求,还采用家庭基站技术增强室内覆盖。另外,网络结构也有所改变,以增强基站功能,提高 IMT-Advanced 应急通信能力,实现便捷、灵活的高效组网。

[0003] IMT-Advanced 系统的这些新技术及其相应需求使得传统的无线网络规划、网络优化和网络管理的方法和流程都不再具有高效性能,因此,必需研究具有学习能力的智能化网络规划优化及管理的方法。将自组网 (SON) 引入 IMT-A 系统的主要目的是适应新技术需求,提高网络的自组织能力,简化无线网络的设计和运维,实现网络的自配置、自优化和自愈,以适合下一代宽带移动通信系统的技术和业务发展需求。

[0004] 众所周知,根据移动台接收到的信号强度和质量的的不同,可以将下行覆盖问题分为多类,例如越区覆盖、导频污染等等。目前的不同资料和文献对网络覆盖问题的描述和定义可能有所不同,但是,从本质而言,各类下行覆盖问题通常由以下两种情况引发:

[0005] 一是覆盖不足,即小区无法为移动台提供有效的覆盖。所谓小区为移动台提供有效覆盖是指:移动台接收到的该小区的信号强度大于设定门限值,该门限值根据无线接入网的不同制式、不同的无线环境(如城区、郊区等)和提供的不同业务类型而有所不同。参见图 1,通常将移动台接收到的某小区的信号强度大于门限值的区域定义为该小区的有效覆盖区域。图 1 中的小区有效覆盖区域(即网状阴影区域)过小,没有实现整个小区(即虚线所示的正六边形区域)的全部有效覆盖,造成小区之间的覆盖交叠不足,覆盖边缘区域的信号强度就达不到设定门限值,容易产生无主导小区、覆盖间隙和弱覆盖等许多问题;极端情况下,甚至会导致覆盖盲区的出现。

[0006] 二是覆盖过度,即网内小区为移动台提供了超出范围的有效覆盖,或者非邻小区也为移动台提供了有效覆盖。参见图 2,小区覆盖区域过大或小区间交叠过多时(即点状阴影区域),覆盖边缘区域就容易出现导频污染、无主导小区、主导小区信噪比低等各种问题;极端情况下,会导致越区覆盖(如图 3 所示),这时会导致用户找不到邻区而无法进行切换。

[0007] 因此,亟需提供一种有效方法,来解决目前出现的上述众多覆盖问题,并在解决弱覆盖、导频污染和越区覆盖,以及保证边缘用户服务质量和小区整体的吞吐量的同时,减少人工劳动的成本和开销,提高无线资源的利用率,保证整个网络的稳定性。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法,以解决目前现有技术的网络中出现的弱覆盖、导频污染和越区覆盖等各类下行覆盖问题导致的各种通信问题,保证边缘用户服务质量和小区整体的吞吐量,提高无线资源的利用率。

[0009] 为了达到上述发明目的,本发明提供了一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法,其特征在于:每个用户周期性测量并向其服务基站上报各自的参考信号接收功率 RSRP(Reference Signal Received Power) 和体现其自身服务质量状况的信干噪比 SINR(Signal-to-Interference plus Noise Ratio) 参数值;基站收集本小区内所有用户上传的测量参数值,并根据预设准则检测和判断当前网络是否满足弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题中的任何一种触发条件,若满足,首先触发基于天线下倾角动态调整的覆盖自优化过程,根据预设方案调整相关参数,以满足覆盖要求;如果在下倾角可调范围内无法满足覆盖要求时,根据覆盖场景、小区类型和用户类型调整天线的方位角、波束宽度或下调基站发送功率;如果采用以上措施仍然不能解决覆盖问题,则转入干扰自优化和覆盖容量的联合自优化过程。

[0010] 所述方法包括下列操作步骤:

[0011] (1) 每个用户周期测量并向其基站上报该小区参考信号接收功率 RSRP 和信干噪比 SINR 数值,用作实现覆盖自优化操作的数据基础;

[0012] (2) 基站收集本小区内所有用户上传的测量参数,并根据预设的判决准则评估当前小区覆盖状况,如果状况正常,则结束流程;否则,将其相应划归为弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题之一,并据此分别建立覆盖问题区域用户集合 Q1、Q2 或 Q3;同时,根据用户上传的测量数据,基站判断当前网络已经满足下述三种覆盖问题触发条件中的任何一种时,就立即发起基于天线下倾角动态调整的覆盖自优化过程;

[0013] (3) 根据步骤 (2) 的判断,如果是弱覆盖问题,则跳转执行步骤 (6);如果不是弱覆盖问题,则顺序执行步骤 (4);

[0014] (4) 如果步骤 (2) 判断是导频污染问题,则跳转执行步骤 (7);如果不是导频污染问题,则顺序执行步骤 (5);

[0015] (5) 根据步骤 (2) 的判断,此时为越区覆盖问题,跳转执行步骤 (8);

[0016] (6) 基站根据用户测量上报参数建立弱覆盖问题区域用户集合 Q1,该 Q1 中的用户均为测量上报数据满足所述弱覆盖问题触发条件的用户;然后执行弱覆盖问题自优化的相应操作,再跳转执行步骤 (9);

[0017] (7) 基站根据用户测量上报参数建立导频污染问题区域用户集合 Q2,该 Q2 中的用户均为测量上报数据满足所述导频污染问题触发条件的用户;然后执行导频污染问题自优化的相应操作,再跳转执行步骤 (9);

[0018] (8) 基站根据用户测量上报参数建立越区覆盖问题区域用户集合 Q3,该 Q3 中的用户均为测量上报数据满足所述越区覆盖问题触发条件的用户;然后执行越区覆盖问题自优化的相应操作;

[0019] (9) 参照三种覆盖问题的评价指标,评估当前网络覆盖问题是否达到参考目标值,若是,则返回步骤 (1),执行下一次覆盖问题的检测过程;否则,转入干扰自优化和覆盖容量联合自优化过程。

[0020] 本发明方法的有益效果是：最大程度地节省了人工优化所需要耗费的大量人力与物力，且无法实现实时操作。相比传统的优化方法，本发明蜂窝移动通信系统的覆盖自优化实现方法的操作步骤简单、容易、计算复杂度低，降低了网络维护设备与技术的成本和开销。同时，由于本发明方法的调整周期的时长与人工调整方式相比较显著缩短，并且排除了优化效果会受相关技术人员个人操作技术与水平的影响，因此本发明能够更为准确、及时、有效地针对网络出现的问题实时进行自优化；在解决弱覆盖、导频污染和越区覆盖的同时，保证了边缘用户服务质量和小区整体的吞吐量，提高无线资源的利用率，维护了整个网络的稳定性。所以，本发明具有很好的推广应用前景。

附图说明

- [0021] 图 1 是移动通信网络的小区下行覆盖问题中的弱覆盖状况示意图。
[0022] 图 2 是移动通信网络的小区下行覆盖问题中的导频污染状况示意图。
[0023] 图 3 是移动通信网络的小区下行覆盖问题中的越区覆盖状况示意图。
[0024] 图 4 是本发明蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法操作步骤总流程图。
[0025] 图 5 是本发明弱覆盖问题的网络覆盖自优化操作步骤流程图。
[0026] 图 6 是本发明导频污染的网络覆盖自优化操作步骤流程图。
[0027] 图 7 是本发明越区覆盖的网络覆盖自优化操作步骤流程图。

具体实施方式

[0028] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面结合附图对本发明作进一步的详细描述。

[0029] 本发明是一种蜂窝移动通信系统的覆盖自优化方法，技术方案具体内容是：每个用户按照设定的时间周期测量并向其服务基站上报各自的参考信号接收功率 RSRP 和体现其自身服务质量状况的信干噪比 SINR 参数值；基站收集本小区内所有用户上传的测量参数值，根据预设准则检测和判断当前网络是否满足弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题中的任何一种触发条件，若满足，首先触发基于天线倾角动态调整的网络覆盖自优化过程，根据预设方案，基站根据这三种覆盖问题分别建立相应的三种覆盖问题区域用户集合 Q1、Q2 或 Q3，并调整相关参数，以满足覆盖要求；如果在下倾角可调范围内无法满足覆盖要求时，就根据覆盖场景、小区类型和用户类型调整天线的方位角、波束宽度或下调基站发送功率；如果采用这些措施仍然不能解决覆盖问题，则转入干扰自优化和覆盖信道容量的联合自优化过程。

[0030] 参见图 4，介绍本发明方法的具体操作步骤如下：

[0031] 步骤 1，每个用户按照设定的时间周期测量并向其基站上报该小区 RSRP 和 SINR 数值，用作实现覆盖自优化操作的数据基础。

[0032] 步骤 2，基站收集本小区内所有用户上传的测量参数，并根据预设的判决准则评估当前小区覆盖状况，如果状况正常，则结束流程或间隔设定周期后，返回执行步骤 1；否则，将其相应顺序划归为弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种覆盖问题之一，并据此分别建立覆盖问题区域用户集合 Q1、Q2 或 Q3；同时，根据用户上传的测量数据，基站判断当前网络已经满足本发明涉及的三种覆盖问题触发条件中的任何一种时，就首先立即触发基于天线倾角

角动态调整的覆盖自优化过程。

[0033] 步骤 3, 根据步骤 2 的判断, 如果评估当前小区覆盖状况存在弱覆盖问题, 则跳转执行步骤 6; 如果不是弱覆盖问题, 则顺序执行步骤 4。

[0034] 步骤 4, 如果步骤 2 判断评估当前小区覆盖状况存在导频污染问题, 则跳转执行步骤 7; 如果不是导频污染问题, 则顺序执行步骤 5。

[0035] 步骤 5, 根据步骤 2 的判断, 此时当前小区覆盖状况存在越区覆盖问题, 跳转执行步骤 8。

[0036] 步骤 6, 基站根据用户测量上报参数建立弱覆盖问题区域用户集合 Q1, 该 Q1 中的用户均为测量上报数据满足下述弱覆盖问题触发条件的用户。该弱覆盖问题触发条件是: 主导小区检测到的参数同时满足下述三个条件: 下属用户的参考信号接收功率 $RSRP_{ser} < RSRP_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 、 $SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 和 $RSRP_{ser} > RSRP_{neig}$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$; 其中, $RSRP_i$ 为覆盖问题区域的参考信号接收功率, 自然数下标 i 为用户序号, 且 $i \in Q1, Q2$ 或 $Q3$, $Q1, Q2$ 或 $Q3$ 分别为弱覆盖、导频污染或越区覆盖三种类型覆盖问题区域用户集合; $RSRP_{neig}$ 为相邻小区的参考信号接收功率, P_{CT} 为目标覆盖概率。然后执行弱覆盖问题自优化的相应操作, 再跳转执行步骤 9。

[0037] 参见图 5, 介绍该步骤 6 的具体操作内容如下;

[0038] (61) 因 SINR 和 RSRP 两者数值都与各邻区之间的干扰关系密切, 故定义每个小区下属用户的 SINR 小于目标参考信号接收功率 $SINR_t$ 的用户比例 $P_s = \frac{N_s}{N_{total}}$, 且其中属于弱覆

盖的用户比例 $P_{WC} = \frac{N_{WC}}{N_{total}}$, 式中, N_s 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数, N_{WC} 为满足弱覆盖问题触发条件的用户数, N_{total} 为小区内用户总数; 则由路径损耗方程得到的 RSRP 计算公式比较复杂, 具体公式为:

[0039] $RSRP = P_{tx} \times A_{bs}(\theta_{etilt}, \varphi_{3dB}) \times G(MIMO) \div L(d, h_{te}) = F(\theta_{etilt}, P_{tx}, \varphi_{3dB}, h_{te}, G_{MIMO})$;

式中, P_{tx} 为基站发射功率, A_{bs} 为基站天线的总增益, 包括基本增益 A_0 、水平增益 $A_{hg} = -\min\left[12\left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}}\right)^2, 25\right]$ 和垂直增益 $A_{vg} = -\min\left[12\left(\frac{\theta - \theta_{etilt}}{\theta_{3dB}}\right)^2, 20\right]$; θ_{etilt} 为基站天线

下倾角, φ_{3dB} 为其水平半功率波瓣宽度, $G(MIMO)$ 为使用多天线的增益, L 为包括路径损耗、人体损耗、穿透损耗和基站天线馈线损耗的总损耗, d 为基站天线与移动台天线之间的水平距离, h_{te} 为基站天线挂高;

[0040] 假设除天线倾角 θ_{etilt} 外, 其他参数在短时间内都不改变, 则上述 RSRP 的计算公式简化为: $RSRP = H(\theta_{etilt})$; 因 $H(x)$ 的反函数为 $H^{-1}(x)$, 即 $\theta_{etilt} = H^{-1}(RSRP)$, 故下倾角的理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$;

[0041] 再定义关键性能参数 KPI (Key Parameter Indicators) 的计算公式如下:

[0042] 该弱覆盖问题区域下的序号 i 用户的 RSRP 均值 $\mu = \frac{1}{N_1} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_1} RSRP_i$;

[0043] RSRP 均值与目标 RSRP 值之间的差值 $\Delta_{\mu} = |\mu - RSRP_t|$;

[0044] 该弱覆盖问题区域下序号 i 用户的 RSRP 的方差 $\sigma^2 = \frac{1}{N_1} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_1} (RSRP_i - RSRP_t)^2$;

[0045] 其中, $RSRP_t$ 为网络设定的符合通信质量的目标 RSRP 值, 用户序号 $i \in Q1$, N_1 为集合 $Q1$ 中的用户总数;

[0046] (62) 基站根据步骤 (61) 中的公式计算 KPI 参数后, 检测到当前测量周期内存在满足弱覆盖条件的用户比例 $P_{wc} \geq 1 - P_{CT} + \Delta_p$ 的情况, 其中, P_{CT} 为目标覆盖概率, Δ_p 是步长选择门限; 则跳转执行步骤 (64), 否则执行步骤 (63);

[0047] (63) 当基站检测到当前测量周期内存在下述情况: $1 - P_{CT} \leq P_{wc} \leq 1 - P_{CT} + \Delta_p$ 时, 则执行步骤 (64), 否则跳转执行步骤 7;

[0048] (64) 采用弱覆盖问题的第一参考调整步长 θ_{d1} 减小天线倾角, 以增加覆盖距离: 先按照公式计算该第一参考调整步长 $\theta_{d1} = [\alpha g \Delta_{\mu} + (1 - \alpha) g \sigma^2] g P_s g \theta_{step}$, 再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{d1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$; 式中, $\theta_{current}$ 为当前基站天线的下倾角值, θ_{step} 和 θ_{min} 分别为系统设定的天线倾角调整步长值和最小调整步长值, 权重系数 α 的设置依据包括具体网络场景和小区类型的因素; 跳转执行步骤 (66);

[0049] (65) 采用弱覆盖问题第二参考调整步长 θ_{d2} 减小天线倾角大小, 以增加覆盖距离: 先按照公式计算第二参考调整步长 $\theta_{d2} = [\alpha g \Delta_{\mu} + (1 - \alpha) g \sigma^2] g P_s g (1 - P_{wc}) g \theta_{step}$, 再按照下述公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{d2}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;

[0050] (66) 基站使用步骤 (64) 或 (65) 中的参考调整步长 θ_{d1} 或 θ_{d2} 计算最优天线倾角调整方案: 当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) - \theta_s$, 其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻, 然后, 将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

[0051] (67) 先判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求, 再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时, 若是, 都跳转执行步骤 7, 否则执行步骤 (68);

[0052] (68) 判断天线倾角是否仍在可调范围内, 若是, 返回执行步骤 (61), 继续调整天线倾角; 否则, 执行步骤 (69);

[0053] (69) 基站检测到该弱覆盖场景下的网络中心用户的服务质量体验较差, 而边缘用户服务质量体验较好时, 则调整天线方向角, 将主瓣波束对准中心用户群后, 返回执行步骤 (67); 否则, 即基站检测到弱覆盖场景下的网络中心用户服务质量体验较好, 而边缘用户服务质量体验较差时, 则增大天线水平或垂直波束宽度, 使有效信号能够覆盖到其边缘用户后, 返回执行步骤 (67); 直至这两类用户群的服务质量体验都较好, 结束该流程; 执行步骤 9。

[0054] 步骤 7, 基站根据用户测量上报参数建立导频污染问题区域用户集合 $Q2$, 该 $Q2$ 中的用户均为测量上报数据满足下述导频污染问题触发条件的用户。该导频污染问题触发条件是: 面状分布的主导小区检测到的参数同时满足下述三个条件: 下属用户可测量的 RSRP 值大于目标参考信号接收功率 $RSRP_t$ 的小区数 N_{Cell} 不少于 3 个, 即 $N_{Cell} \geq 3$ 的概率大于 $(1 - P_{CT})$ 、各下属用户的 RSRP 之间存在 $RSRP_{max} - RSRP_{min} \leq \Delta_{RSRP}$ 的情况和各下属用户的 $SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $\frac{1 - P_{CT}}{N_{Cell}}$; 其中, $RSRP_{max}$ 和 $RSRP_{min}$ 分别为用户测到超过 $RSRP_t$ 的 RSRP 的最大值和最小值, Δ_{RSRP} 为 $RSRP_{max}$ 和 $RSRP_{min}$ 的差值门限。然后执行导频污染问题自

优化的相应操作,再跳转执行步骤(9)。

[0055] 参见图6,介绍该步骤7的具体操作内容如下;

[0056] (71) 定义每个小区下属用户的 SINR 不满意比例为 $P_s = \frac{N_s}{N_{total}}$,其中属于导频污染的用户比例为 $P_{PC} = \frac{N_{PC}}{N_{total}}$,式中, N_s 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数, N_{PC} 为满足导频污染问题触发条件的用户数, N_{total} 为小区内总用户数;则导频污染下的下倾角理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$;再定义下述 KPI 参数的计算公式如下:

[0057] 该导频污染问题区域下的序号 i 用户的 RSRP 均值 $\mu = \frac{1}{N_2} \sum_{i \in Q2, i=1}^{N_2} RSRP_i$;

[0058] 该 RSRP 均值与目标 RSRP 之间的差值 $\Delta_\mu = |\mu - RSRP_t|$;

[0059] 该导频污染问题区域下序号 i 用户的 RSRP 的方差 $\sigma^2 = \frac{1}{N_2} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_2} (RSRP_i - RSRP_t)^2$;

其中, $RSRP_t$ 为网络设定的符合通信质量的目标 RSRP 值,用户序号 $i \in Q2$, N_2 为集合 Q2 中的用户总数;

[0060] (72) 基站根据步骤(71)中的公式计算 KPI 参数后,检测和判断在当前测量周期内是否存在满足导频污染条件的用户比例 $P_{PC} \geq 1 - \frac{P_{CT}}{N_{Cell}}$ 的情况,其中, P_{CT} 为目标覆盖概率, N_{Cell} 为用户所测得 RSRP 超过 $RSRP_t$ 的小区个数;若是,执行步骤(73);否则,跳转执行步骤(8);

[0061] (73) 采用导频污染问题的第一参考调整步长 θ_{up1} 增加天线下倾角大小,以缩小覆盖距离:先根据公式计算第一参考调整步长 $\theta_{up1} = [\alpha g \Delta_\mu + (1-\alpha) g \sigma^2] g P_s g (1-P_{PC}) g \theta_{step}$,再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{up1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;式中, $\theta_{current}$ 为当前基站天线的下倾角值, θ_{step} 和 θ_{min} 分别为系统设定的天线倾角调整步长值和最小调整步长值,权重系数 α 的设置依据具体网络场景和小区类型而定;

[0062] (74) 使用步骤(73)中的调整步长 θ_{up1} 计算最优天线倾角调整方案:当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) + \theta_s$,其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻;然后,将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

[0063] (75) 基站判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求,再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时,若是,都跳转执行步骤(9),否则,执行步骤(76);

[0064] (76) 基站判断天线倾角是否仍在可调范围内,若是,返回执行步骤(71),继续对天线倾角进行调整;否则,执行步骤(9)。

[0065] 步骤8,基站根据用户测量上报参数建立越区覆盖问题区域用户集合 Q3,该 Q3 中的用户均为测量上报数据满足下述越区覆盖问题触发条件的用户,然后执行越区覆盖问题自优化的相应操作。该越区覆盖问题触发条件是:线状分布的主导小区检测到的检测到的参数同时满足下述三个条件:下属用户的 RSPR 大于 $RSRP_t$ 的小区不在邻小区列表中的概率大于 $(1-P_{CT})$ 、主导小区下属用户的切换失败率大于门限的概率大于 $(1-P_{CT})$ 和主导小区的下属用户 $SINR_{ser} < SINR_t$ 的概率大于 $(1-P_{CT})$ 。

[0066] 参见图 7, 介绍该步骤 8 的具体操作内容如下;

[0067] (81) 定义每个小区下属用户的 SINR 小于目标参考信号接收功率 $SINR_t$ 的用户比例 $P_s = \frac{N_s}{N_{total}}$, 且其中属于越区覆盖的用户比例 $P_{oc} = \frac{N_{oc}}{N_{total}}$, 式中, N_s 为 SINR 小于 $SINR_t$ 门限的用户数, N_{oc} 为满足越区覆盖问题触发条件的用户数, N_{total} 为小区内用户总数; 则越区覆盖下的下倾角理论值 $\theta_{geo} = H^{-1}(RSRP_t)$;

[0068] 再定义下述 KPI 参数的计算公式如下:

[0069] 该越区覆盖问题区域下的序号 i 用户的 RSRP 均值 $\mu = \frac{1}{N_3} \sum_{i \in Q3, i=1}^{N_3} RSRP_i$;

[0070] 该 RSRP 均值与目标 RSRP 之间的差值 $\Delta_\mu = |\mu - RSRP_t|$;

[0071] 该越区覆盖问题区域下序号 i 用户的 RSRP 的方差 $\sigma^2 = \frac{1}{N_3} \sum_{i \in Q1, i=1}^{N_3} (RSRP_i - RSRP_t)^2$;

[0072] 其中, $RSRP_t$ 为系统设定的符合通信质量的目标 RSRP 值, 用户序号 $i \in Q3$, N_3 为集合 Q3 中的用户总数;

[0073] (82) 基站根据步骤 (81) 中的公式计算参数完毕后, 检测和判断在当前测量周期内是否存在满足越区覆盖条件的用户比例 $P_{oc} \geq 1 - P_{ct}$ 的情况, 其中, P_{ct} 为目标覆盖概率, 若是, 执行步骤 (83); 否则, 跳转执行步骤 (9),

[0074] (83) 采用导频污染问题的第二参考调整步长 θ_{up2} 增加天线下倾角大小, 以缩小覆盖距离: 先根据公式计算第二参考调整步长 $\theta_{up2} = [\alpha g \Delta_\mu + (1 - \alpha) g \sigma^2] g P_s g (1 - P_{oc}) g \theta_{step}$, 再按照公式计算实际天线下的倾角调整步长 $\theta_s = \min(\theta_{up1}, \theta_{min}, |\theta_{geo} - \theta_{current}|)$;

[0075] (84) 使用步骤 (83) 中的调整步长 θ_{up1} 计算最优天线倾角调整方案: 当前基站天线的下倾角值 $\theta_{etilt}(n) = \theta_{etilt}(n-1) + \theta_s$, 其中 n 为当前检测时刻, $(n-1)$ 为上一检测时刻; 然后, 将当前天线倾角调整至该 $\theta_{etilt}(n)$;

[0076] (85) 基站判断调整天线倾角后是否达到覆盖要求, 再判断此时的覆盖自优化过程时间计时器是否超时, 若是, 都跳转执行步骤 9; 否则执行步骤 (86);

[0077] (86) 基站判断天线倾角是否仍在可调范围内, 若是, 返回执行步骤 (81), 继续对天线倾角进行调整; 否则, 执行步骤 9。

[0078] 步骤 9, 参照三种覆盖问题的评价指标, 评估当前网络覆盖问题是否达到参考目标值, 若是, 则返回步骤 1, 执行下一次覆盖问题的检测过程; 否则, 转入覆盖和容量联合自优化过程。

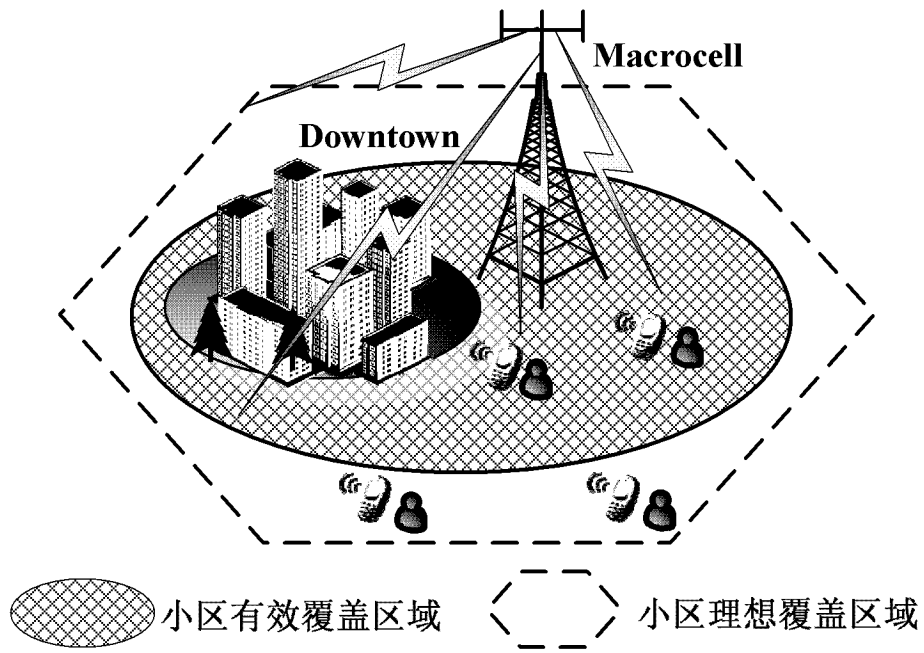


图 1

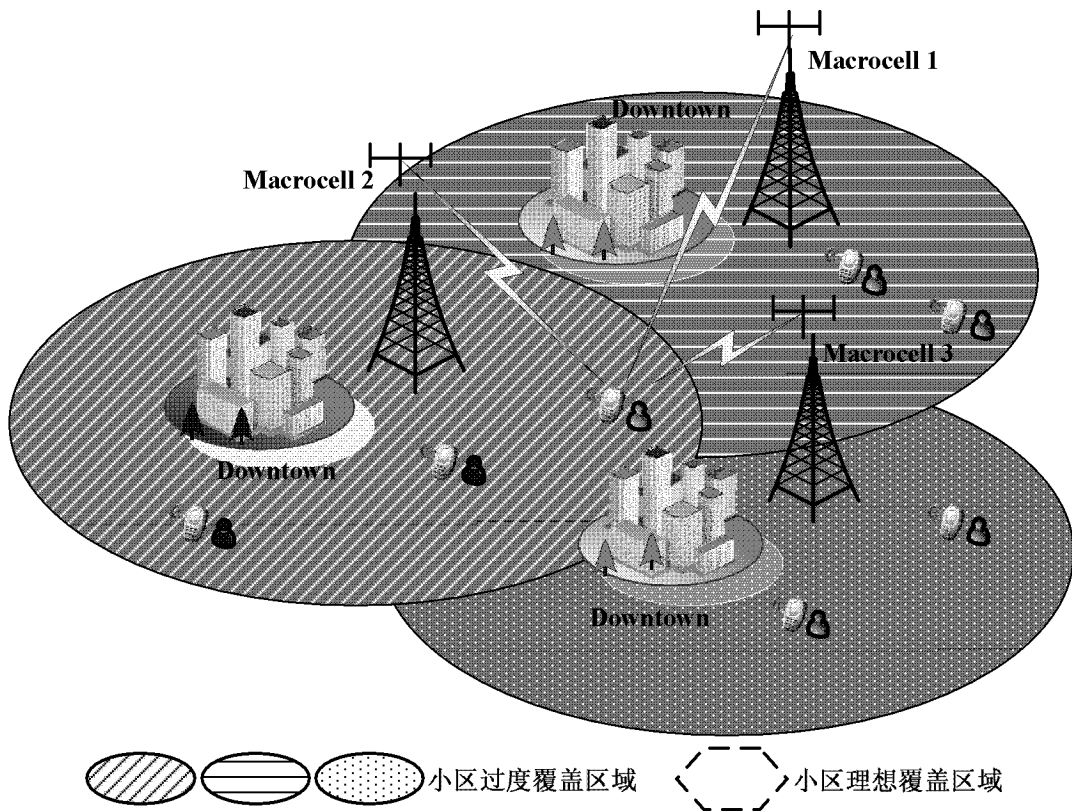


图 2

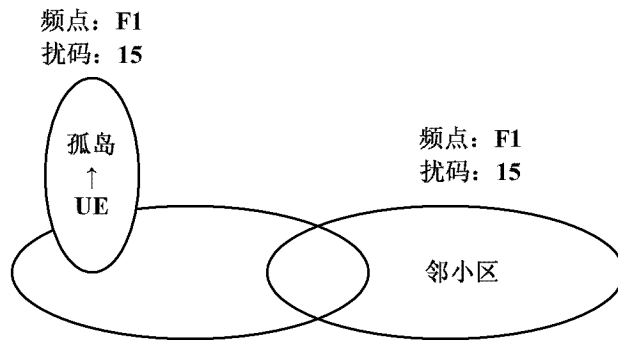


图 3

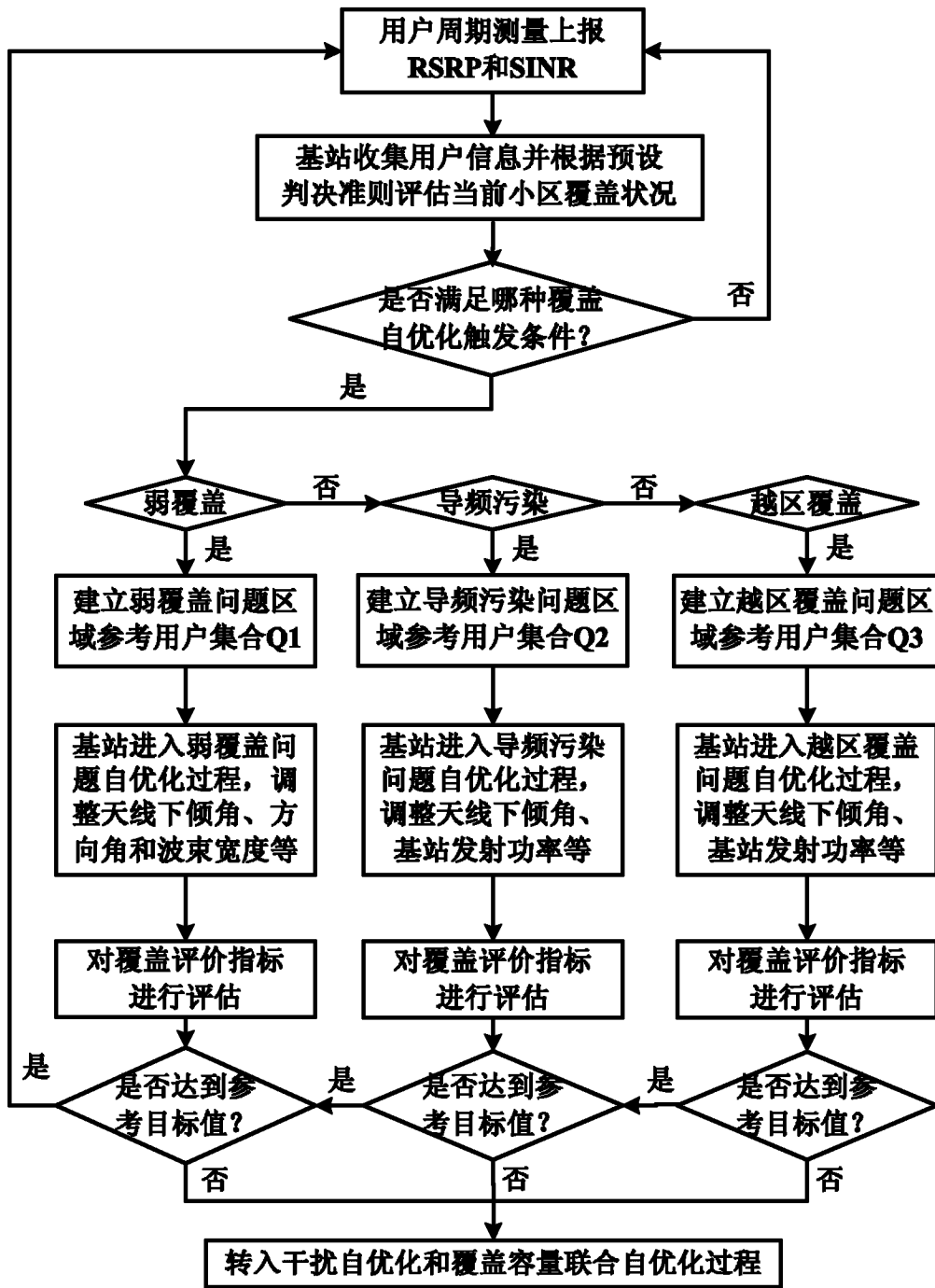


图 4

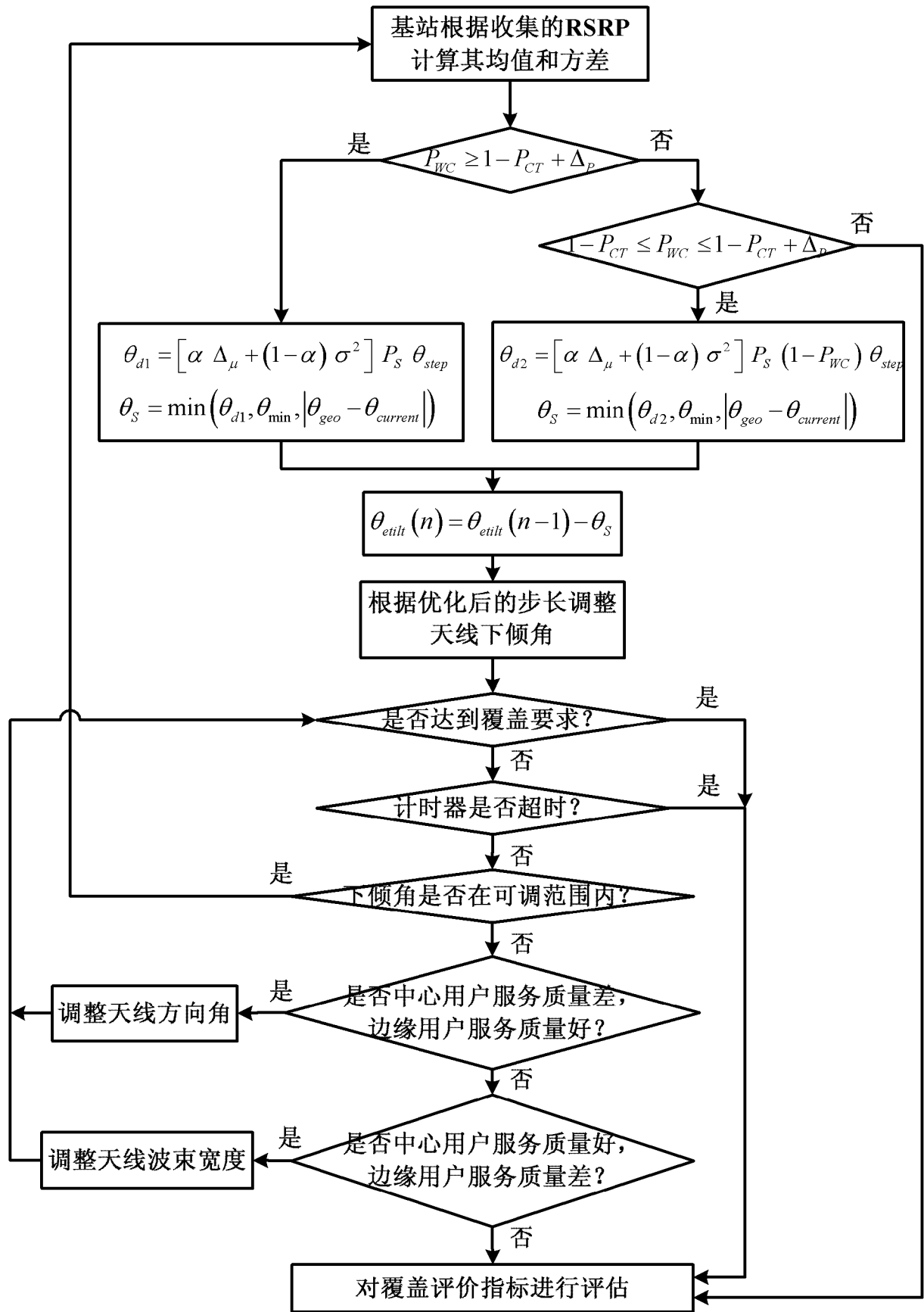


图 5

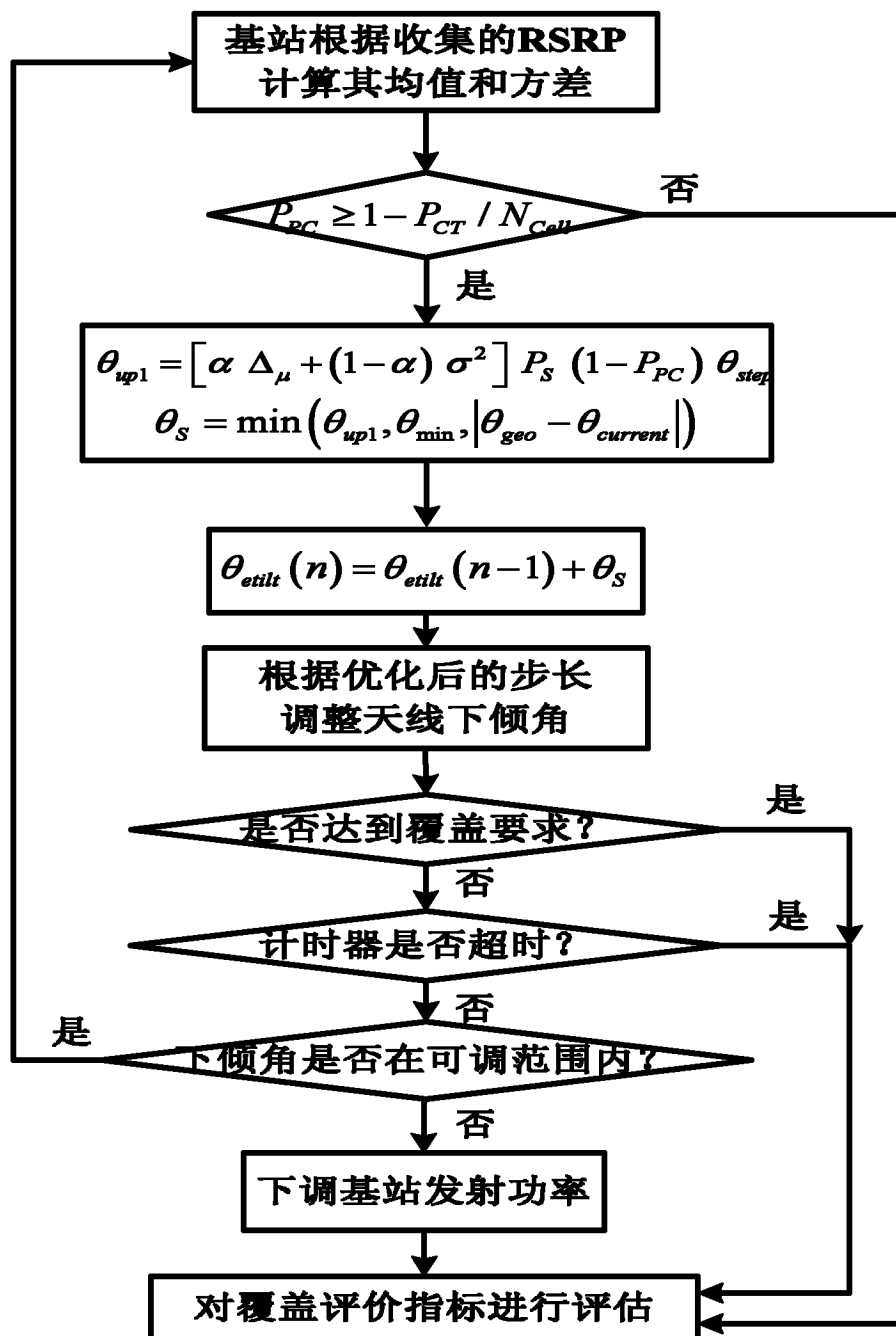


图 6

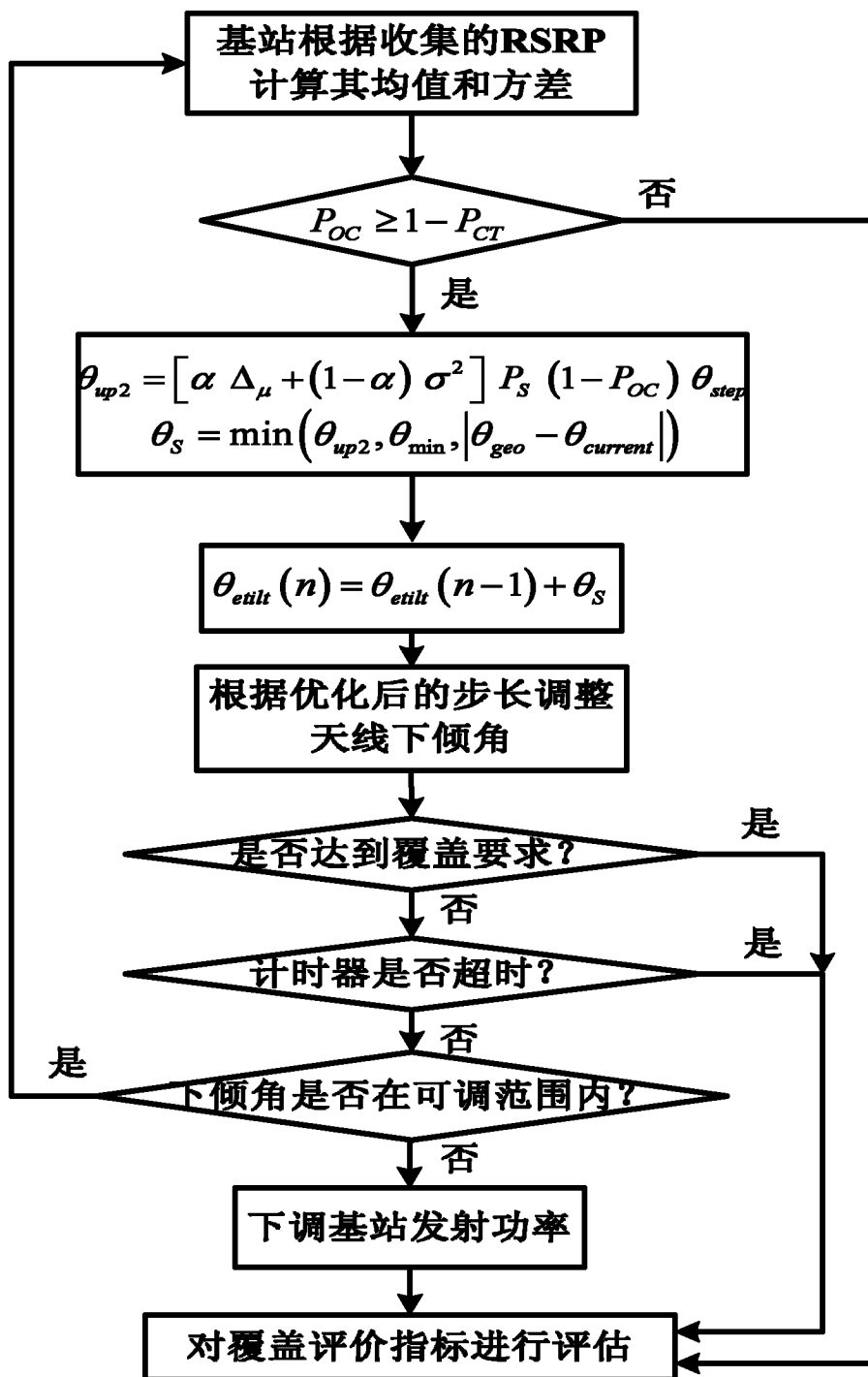


图 7