



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105119669 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201510569517. 7

(22) 申请日 2015. 09. 09

(71) 申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253 号

(72) 发明人 彭艺 宋浩 苏黎鞞

(51) Int. Cl.

H04B 17/382(2015. 01)

H04B 17/309(2015. 01)

H04W 24/00(2009. 01)

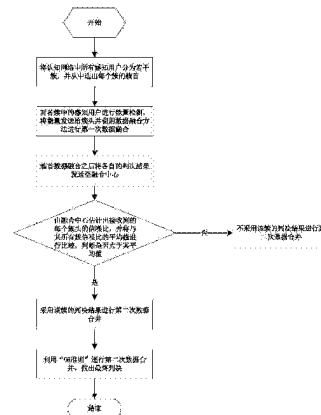
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法

(57) 摘要

本发明涉及一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法,属于认知无线电技术领域。本发明包括步骤:首先,将认知网络中所有感知用户分为若干簇,并从中选出每个簇的簇首;之后,对各簇内的感知用户通过能量检测来感知本地的频谱占用情况,同时簇首将感知到的能量检测信息发送至簇首进行数据融合处理;簇首数据融合之后,将判决结果发送至融合中心进行数据融合;最后,由融合中心估计出每个簇首的信噪比,并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较,根据对比结果最终来感知是否有主用户在占用频谱。本发明提出的优化策略从理论上讲可以有效降低路径损耗与衰落对检测性能的影响,拓扑结构易于管理且适用于较大规模和信道环境复杂的无线认知网络。



1. 一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法,其特征在于:所述认知无线网络分簇协作频谱感知方法的具体步骤如下:

Step1、将感知网络中所有感知用户分为若干簇,并选出每个簇的簇头;

Step2、首先对 CR 系统中分到每个簇内的感知用户进行能量检测感知本地的频谱占用情况,同时簇首将本簇内的感知用户上传的能量检测信息发送至簇首利用数据融合方法进行第一次数据融合处理;

Step3、簇首数据融合之后簇首将它们各自判定出的融合判决结果发送至融合中心,在融合中心中进行第一次数据融合处理;

Step4、由融合中心估计出接收到的每个簇首的信噪比,并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较,判断是否大于其平均值;

Step5、如果大于平均值则在融合中心进行第二次数据融合,否则不进行;

所述步骤 Step5,在融合中心中利用“OR 准则”进行第二次数据融合,并根据融合结果作出最终感知判决结果,来感知此信道是否被使用。

2. 根据权利要求 1 所述的认知无线网络分簇协作频谱感知方法,其特征在于:所述步骤 Step3 中,其中,在融合中心中进行第一次数据融合处理时合并感知所有簇首节点的数据信息都采用“OR 准则”融合策略。

一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法,属于认知无线电技术领域。

背景技术

[0002] 作为一项实现动态的智能频谱分配和频谱资源共享的关键技术,认知无线电技术(CR, Cognitive Radio)近些年来受到了国内外专家与学者的广泛关注和研究。然而由于频谱资源难以满足日益增长的消费人群的问题日益显现,因此频谱资源的高效合理分配已然成为目前无线通信技术发展领域亟待解决的难题之一。但是通过 FCC(美国联邦通信委员)对频谱利用率的研究报告显示由于现有的静态频谱资源分配模式使得大部分授权频谱并未充分使用而导致了当前的频谱资源使用率不高。为了缓解当前愈演愈烈的频谱供求关系同时解决频谱资源使用率不高的问题,在频谱检测方面不影响整个系统的检测精度前提下,相关学者提出了协作频谱检测技术,即先通过融合多个认知用户的感知信息,然后再由融合中心确定该段频谱是否被主用户占用。所以,一种认知无线网络分簇协作频谱感知算法成为当前新的研究方向。

[0003] 传统的分簇协作频谱感知方法是将认知用户按照某种规则分成若干个簇(cluster),进而选取每个簇中感知性能最好的认知用户做为簇首(cluster head)。最后融合中心(FC, fusion center)将收集到的各个簇发送过来的决策信息进行最终判决。针对其在感知过程中大都没有考虑衰落对判决结果方面造成误码率增加的不足,需要提出一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法,该方法不仅应该考虑外环境对系统检测性能造成的影响,还要采用全新的分簇规则和融合准则,使参与协作的各个簇尽可能避免阴影效应、噪声以及多径衰落对检测结果的干扰。

[0004] 传统的基于 LEACH 协议的分簇方法由于每个簇随机分布在不同的位置,并且协议没有具体指出如何将多个簇首节点合理的分布才能遍及整个认知网络。因此,一旦出现从认知节点中选出的簇首节点同时集中在网络的某片区域,而一些节点的附近却找不到任何一个簇首,这样就会导致网络能耗分布的不均衡从而带来的系统瘫痪。这将会对协作频谱感知的最终判决结果造成十分大的影响。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法,以用于解决传统分簇协作频谱感知方法中网络能耗分布不均衡从而带来的系统瘫痪的问题。

[0006] 本发明认知无线网络分簇协作频谱感知方法是这样实现的:所述认知无线网络分簇协作频谱感知方法的具体步骤如下:

[0007] Step1、将感知网络中所有感知用户分为若干簇,并选出每个簇的簇头;

[0008] Step2、首先对 CR 系统中分到每个簇内的感知用户进行能量检测感知本地的频谱占用情况,同时簇首将本簇内的感知用户上传的能量检测信息发送至簇首利用数据融合方

法进行第一次数据融合处理；

[0009] Step3、簇首数据融合之后簇首将它们各自判定出的融合判决结果发送至融合中心，在融合中心中进行第一次数据融合处理；

[0010] Step4、由融合中心估计出接收到的每个簇首的信噪比，并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较，判断是否大于其平均值；

[0011] Step5、如果大于平均值则在融合中心进行第二次数据融合，否则不进行；

[0012] 所述步骤 Step5，在融合中心中利用“OR 准则”进行第二次数据融合，并根据融合结果作出最终感知判决结果，来感知此信道是否被使用。

[0013] 所述步骤 Step3 中，其中，在融合中心中进行第一次数据融合处理时合并感知所有簇首节点的数据信息都采用“OR 准则”融合策略。

[0014] 本发明的工作原理是：

[0015] 基于分簇的协作频谱感知的系统结构如图 1 所示。在图中每一个大圆表示一个簇，CR 表示簇罩面的一个认知节点，CH 表示位于一个簇里面的簇头节点，灰色装置表示协作感知系统中的信息融合中心，发射塔代表主用户发射机。

[0016] 整个基于分簇的协作频谱感知的系统的实现过程如下所述：

[0017] 1) 根据认知用户的地理位置将距离较近的认知用户分到同一个簇。

[0018] 2) 随机选择簇里的认知用户做为簇首，为避免功率消耗过快，簇头由簇成员轮流担任。

[0019] 3) 簇首收集并处理簇成员发送过来的本地感知结果，连同自己的感知信息做出判决，并将判决结果发送至融合中心。为延长整个系统的寿命，节省各认知用户的能量，融合中心也是动态选择，由簇头轮流担任。

[0020] 4) 融合中心综合自身感知结果与各簇头的判决情况，进行最终决策，并将判决结果由簇头发至每个簇成员，如图 1 所示，完成整个过程。

[0021] 假定在一个协作频谱感知系统中存在若干个认知节点并且每个认知节点可以独立向数据融合中心发送决策信息，决策信息在数据融合中心基站做出判决并将最终判决信息通过基站告知各用户节点。由于控制信道的非理想性，检测信息发送至融合中心的过程中可能会产生错误概率的情况，如果在这个时候盲目地将认知用户节点数增多，则此时系统的感知性能不但无法实现提升而且还会导致一些携带能量十分有限的认知节点能量耗尽，带来系统能耗过大的问题。当一个协作频谱感知系统的规模达到一定程度时，各信道（包括感知信道和报告信道）极易受到路径衰落或阴影效应的影响从而导致系统的生存面临巨大的挑战。因此，引入分簇机制这一途径来解决此类问题。

[0022] 为解决此类问题，本发明给出了一种优化的分簇协作频谱感知方法。与传统的 LEACH 协议分簇方法不同之处在于（如图 2，图 3 所示），这种方法依据簇间和簇内的不同特征选择不同的数据融合准则，并且针对每个簇的簇首所经历的不同的信道衰落情况，自动匹配某种规则使数据融合中心只选择一部分符合融合条件的簇参与相应的分簇协作频谱感知，从而有效减小非理想控制信道对检测结果导致的无法弥补的影响。其具体规则是：融合中心收到各簇首发送来的检测结果之后估计出各簇首的信噪比，然后与之所有簇首的平均信噪比进行比对，最后选择出信噪比大于平均值的簇首参与最终“OR 准则”融合判决。

[0023] 该准则是指：若授权信息被认知用户检测到，则由数据融合中心产生判决，认为当

前状态下的授权用户已经处于信道使用阶段；否则，融合中心就判定授权用户不存在，并且当主用户在任何认知用户的判决信息中都是不存在的状态时，数据融合中心才会发出信道空闲可接入的决策。

[0024] 1) “OR”准则下传统的协作频谱感知的检测概率、虚警概率和漏检概率分别表示为：

$$[0025] \quad \begin{cases} Q_d = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{d,i}) \\ Q_f = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{f,i}) \\ Q_m = \prod_{i=1}^N P_{m,i} \end{cases} \quad (1)$$

[0026] 式中， $P_{d,i}$ 是指认知用户 i 的检测概率， $P_{f,i}$ 是指认知用户 i 的虚警概率， $P_{m,i}$ 是指认知用户 i 的漏检概率。

[0027] 根据式 (1) 可得关系 $Q_d > P_{d,i}$ 和 $Q_f > P_{f,i}$ ，即在分簇协作频谱感知中“OR 准则”的检测概率和虚警概率值相对较高，同时，虽然“OR 准则”对频谱的利用率较低，但相对于授权用户信道的使用来说对信道产生的干扰却很小。因此，“OR 准则”在认知无线电系统的实际频谱感知中使用更为广泛。

[0028] 2) 优化完成后认知无线电协作频谱感知分簇算法的检测概率 Q_d 和虚警概率 Q_f 分别为：

$$[0029] \quad \begin{cases} Q_d = 1 - \prod_{j=1}^J \left[(1 - \bar{P}_{b,j}) \prod_{i=1}^D (1 - P_{d,j,i}) + \bar{P}_{b,j} \left(1 - \prod_{i=1}^D (1 - P_{d,j,i}) \right) \right] \\ Q_f = 1 - \prod_{j=1}^J \left[(1 - \bar{P}_{b,j}) \prod_{i=1}^D (1 - P_{f,j,i}) + \bar{P}_{b,j} \left(1 - \prod_{i=1}^D (1 - P_{f,j,i}) \right) \right] \end{cases} \quad (2)$$

[0030] 式 (2) 中， D 表示一个簇内所有感知用户的数量， $P_{d,j,i}$ 是指簇 j 中第 i 个用户的检测概率， $P_{f,j,i}$ 是指簇 j 中第 i 个用户的虚警概率，误码率 $\bar{P}_{b,j}$ 是簇群 j 中的簇首节点发送判决信息给数据融合中心过程中出现的的误差比例。

[0031] 本发明的有益效果是：

[0032] 1、由于这种方法依据簇间和簇内的不同特征选择不同的数据融合准则，并且针对每个簇的簇首所经历的不同的信道衰落情况，自动匹配某种规则使数据融合中心只选择一部分符合融合条件的簇参与相应的分簇协作频谱感知，从而有效减小非理想控制信道对检测结果造成的影响。

[0033] 2、该方法区别于传统的基于 LEACH 协议分簇方法，由于在非理想控制信道中将经历衰落较大的检测结果排除出去，因此降低了对检测结果造成误差的可能，从而可以大幅提高系统检测性能的稳定性和抗干扰能力；并且在信道环境复杂多变的情况下，该方法实现简单，成本低廉且拓扑结构易于管理。

附图说明

[0034] 图 1 是本发明基于分簇协作频谱感知系统结构图；

[0035] 其中：在图中每一个大圆表示一个簇，CR 表示簇罩面的一个认知节点，CH 表示位于一个簇里面的簇头节点。

[0036] 图 2 是本发明传统 LEACH 协议分簇方法流程图；

[0037] 图 3 是本发明所述方法的流程图；

[0038] 图 4 是本发明的分簇感知方法与传统 LEACH 协议分簇方法的检测概率性能比较；

[0039] 图 5 是本发明簇内节点数不同时簇首节点的误码率；

[0040] 图 6 是本发明不同分簇数下的检测概率 (SNR = -5dB)。

具体实施方式

[0041] 实施例 1：如图 1-6 所示，一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法，所述认知无线网络分簇协作频谱感知方法的具体步骤如下：

[0042] Step1、将感知网络中所有感知用户分为若干簇，并选出每个簇的簇头；

[0043] Step2、首先对 CR 系统中分到每个簇内的感知用户进行能量检测感知本地的频谱占用情况，同时簇首将本簇内的感知用户上传的能量检测信息发送至簇首利用数据融合方法进行第一次数据融合处理；

[0044] Step3、簇首数据融合之后簇首将它们各自判定出的融合判决结果发送至融合中心，在融合中心中进行第一次数据融合处理；

[0045] Step4、由融合中心估计出接收到的每个簇首的信噪比，并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较，判断是否大于其平均值；

[0046] Step5、如果大于平均值则在融合中心进行第二次数据融合，否则不进行；

[0047] 所述步骤 Step5，在融合中心中利用“OR 准则”进行第二次数据融合，并根据融合结果作出最终感知判决结果，来感知此信道是否被使用。

[0048] 实施例 2：如图 1-6 所示，一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法，所述认知无线网络分簇协作频谱感知方法的具体步骤如下：

[0049] Step1、将感知网络中所有感知用户分为若干簇，并选出每个簇的簇头；

[0050] Step2、首先对 CR 系统中分到每个簇内的感知用户进行能量检测感知本地的频谱占用情况，同时簇首将本簇内的感知用户上传的能量检测信息发送至簇首利用数据融合方法进行第一次数据融合处理；

[0051] Step3、簇首数据融合之后簇首将它们各自判定出的融合判决结果发送至融合中心，在融合中心中进行第一次数据融合处理；

[0052] Step4、由融合中心估计出接收到的每个簇首的信噪比，并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较，判断是否大于其平均值；

[0053] Step5、如果大于平均值则在融合中心进行第二次数据融合，否则不进行；

[0054] 所述步骤 Step5，在融合中心中利用“OR 准则”进行第二次数据融合，并根据融合结果作出最终感知判决结果，来感知此信道是否被使用。

[0055] 所述步骤 Step3 中，其中，在融合中心中进行第一次数据融合处理时合并感知所有簇首节点的数据信息都采用“OR 准则”融合策略。

[0056] 实施例 3：如图 1-6 所示，一种认知无线网络分簇协作频谱感知方法，所述认知无线网络分簇协作频谱感知方法的具体步骤如下：

[0057] Step1、将感知网络中所有感知用户分为若干簇，并选出每个簇的簇头；

[0058] Step2、首先对 CR 系统中分到每个簇内的感知用户进行能量检测感知本地的频谱占用情况，同时簇首将本簇内的感知用户上传的能量检测信息发送至簇首利用数据融合方法进行第一次数据融合处理；

[0059] Step3、簇首数据融合之后簇首将它们各自判定出的融合判决结果发送至融合中心，在融合中心中进行第一次数据融合处理；

[0060] Step4、由融合中心估计出接收到的每个簇首的信噪比，并将与其所有簇信噪比的平均值进行比较，判断是否大于其平均值；

[0061] Step5、如果大于平均值则在融合中心进行第二次数据融合，否则不进行；

[0062] 所述步骤 Step5，在融合中心中利用“OR 准则”进行第二次数据融合，并根据融合结果作出最终感知判决结果，来感知此信道是否被使用。

[0063] 所述步骤 Step3 中，其中，在融合中心中进行第一次数据融合处理时合并感知所有簇首节点的数据信息都采用“OR 准则”融合策略。

[0064] 本实施例的包括的性能分析如下：

[0065] 1) 如图 4、5、6 所示，下面分析信道在瑞利衰落的情况下分簇协作频谱感知算法的性能。这时的 $P_{d,j,i}$ 可以如下表示：

$$[0066] \quad P_{d,j,i} = Q\left(\frac{Q^{-1}(P_{f,j,i})}{\sqrt{2\gamma_{j,i} + 1}} - \gamma_{j,i} \sqrt{\frac{M}{4\gamma_{j,i} + 2}}\right) \quad (3)$$

[0067] 上式中， $\gamma_{j,i}$ 代表簇 j 中第 i 个用户的接收信噪比。在瑞利衰落信道下， $\gamma_{j,i}$ 的概率密度函数表示为：

$$[0068] \quad f(\gamma_{j,i}) = \frac{1}{\bar{\gamma}_j} \exp\left(-\frac{\gamma_{j,i}}{\bar{\gamma}_j}\right) \quad (4)$$

[0069] 式中， $\bar{\gamma}_j$ 表示簇 j 内所有用户的平均接收信噪比。

[0070] 根据式 (3) (4)，在瑞利衰落信道下，簇 j 中认知用户 i 的平均检测概率可以由虚警概率表示为：

$$[0071] \quad P_{d,j,i} = \int_0^{\infty} P_{d,j,i}(\gamma_{j,i}) f(\gamma_{j,i}) d\gamma_{j,i} \\ = P_{f,j,i} + \exp\left(\frac{1}{2M\bar{\gamma}_j^2} - \frac{2}{\sqrt{2M\bar{\gamma}_j}} Q^{-1}(P_{f,j,i})\right) \times Q\left(\frac{1}{\sqrt{2M\bar{\gamma}_j}} - Q^{-1}(P_{f,j,i})\right) \quad (5)$$

[0072] 当协作频谱感知的虚警概率 Q_f 给定时，簇 j 内认知用户 i 的虚警概率可以表示

$$[0073] \quad P_{f,j,i} = 1 - \left(\frac{(1 - Q_f)^{\frac{1}{N}} - \bar{P}_{b,j}}{1 - 2\bar{P}_{b,j}}\right)^{\frac{J}{N}} \quad (6)$$

[0074] 特别地，当 $\bar{P}_{b,j} = 0$ 时，根据上式可知 $P_{f,j,i} = 1 - (1 - Q_f)^{J/N}$ 。

[0075] 如果簇首节点采用 BPSK 调制方式发送判决信息，此时簇首节点发送信息的误码率可以表示为：

$$[0076] \quad \bar{P}_{b,j} = Q\left(\sqrt{2\rho_{j,\max}}\right) \quad (7)$$

[0077] 上式中, $\rho_{j,\max}$ 是指簇 j 的簇首节点到数据融合中心的信噪比。

[0078] 由于簇首节点到融合中心距离最近, 所以 $\rho_{j,\max}$ 是簇 j 的簇首节点到数据融合中心的信噪比的峰值, 即:

$$[0079] \quad \rho_{j,\max} = \max(\rho_{j,1}, \rho_{j,2}, \dots, \rho_{j,i}) \quad (8)$$

[0080] 式中, $\rho_{j,i}$ 表示簇 j 中用户 i 到融合中心的信噪比。因此 $\rho_{j,\max}$ 的概率密度函数表示为:

$$[0081] \quad f(\rho_{j,\max}) = \frac{D}{\rho_j} e^{-\rho_{j,\max}/\rho_j} \left(1 - e^{-\rho_{j,\max}/\rho_j}\right)^{D-1} \quad (9)$$

[0082] 根据 (8) 式和 (10) 式, 可以得出在瑞利衰落信道下, 簇 j 的簇首节点向数据融合中心发送判决信息的平均误码率:

$$[0083] \quad \begin{aligned} \bar{P}_{b,j} &= \int_0^{\infty} \bar{P}_{b,j}(\rho_{j,\max}) f(\rho_{j,\max}) d\rho_{j,\max} \\ &= \sum_{m=0}^{D-1} C_{D-1}^m (-1)^{D-m-1} \frac{D}{2(D-m)} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\rho}_j}{D-m+\bar{\rho}_j}}\right) \end{aligned} \quad (10)$$

[0084] 将 (8)、(9) 和 (11) 式代入 (2) 式, 可以得出在虚警概率一定时的分簇协作频谱感知算法的检测概率。

[0085] 2) 如图 4、5、6 所示, 假设每个节点用来进行频谱感知的是发送 m 个字符所需的时间, 然后等待持续传输 N 个字符所需的时间, 当簇首收到其中某一个节点传送过来的决策信息时, 簇内其他节点将其接收。

[0086] 本实施例仿真分析如下:

[0087] 在非理想控制信道下假设经历瑞利衰落, 考虑仿真实验的可操作性, 设定信号为 BPSK 调制信号, 载波频谱为 8KHz, 采样频率为 2KHz, 噪声服从均值为 0 方差为 1 的高斯分布。由于次用户节点实际能量有限, 设置划分为 3 个簇, 每个簇的簇首与数据融合中心之间的非理想控制信道的信噪比分别为 8dB, 7dB, 3dB。

[0088] 图 4 给出了本发明所提的优化的方法与传统的基于 LEACH 协议的分簇感知方法的性能对比曲线。由图可以看出, 由于在非理想控制信道中将经历衰落较大的检测结果排除出去, 因此优化的方法其检测性能明显优于传统的基于 LEACH 协议的分簇感知方法。

[0089] 簇内认知节点数取值不同时, 簇首向数据融合中心发送判决信息的误码率 BER 会随认知节点到数据融合中心信噪比 SNR 变化而发生变化。处于簇群内的簇节点数量与距离融合中心较近的簇内节点数量呈同增同减变化。所以, 当所分的簇数越多时 (D 取值越大), 选取出的簇首节点的感知性能就越好。从图 5 是可以看出簇内的节点数越多时, 误码率越低, 分簇方法越能够取得较好的性能。

[0090] 图 6 是簇数不同情况下协作频谱感知的检测概率随虚警概率的变化图。

[0091] 从图 6 中可以清晰看出, 相对于簇数不同的情况下, 分簇越多的算法漏检概率更低, 即在虚警概率一定的情况下, 簇数越多准确率越高。这是因为该方法中簇首距离融合中心的路程最短, 因此相比其它节点来说, 它们传送信息的 SNR 要明显低很多。所以, 当网络中簇数越多时 (簇数 J 取值越大), 向数据融合中心传送判决信息的簇首节点也越多, 数

据融合中心收到错误信息的概率也就越低。这也就是为什么未分簇网络收到错误信息的概率较高而导致协作频谱感知的检测概率较低的原因。

[0092] 上面结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

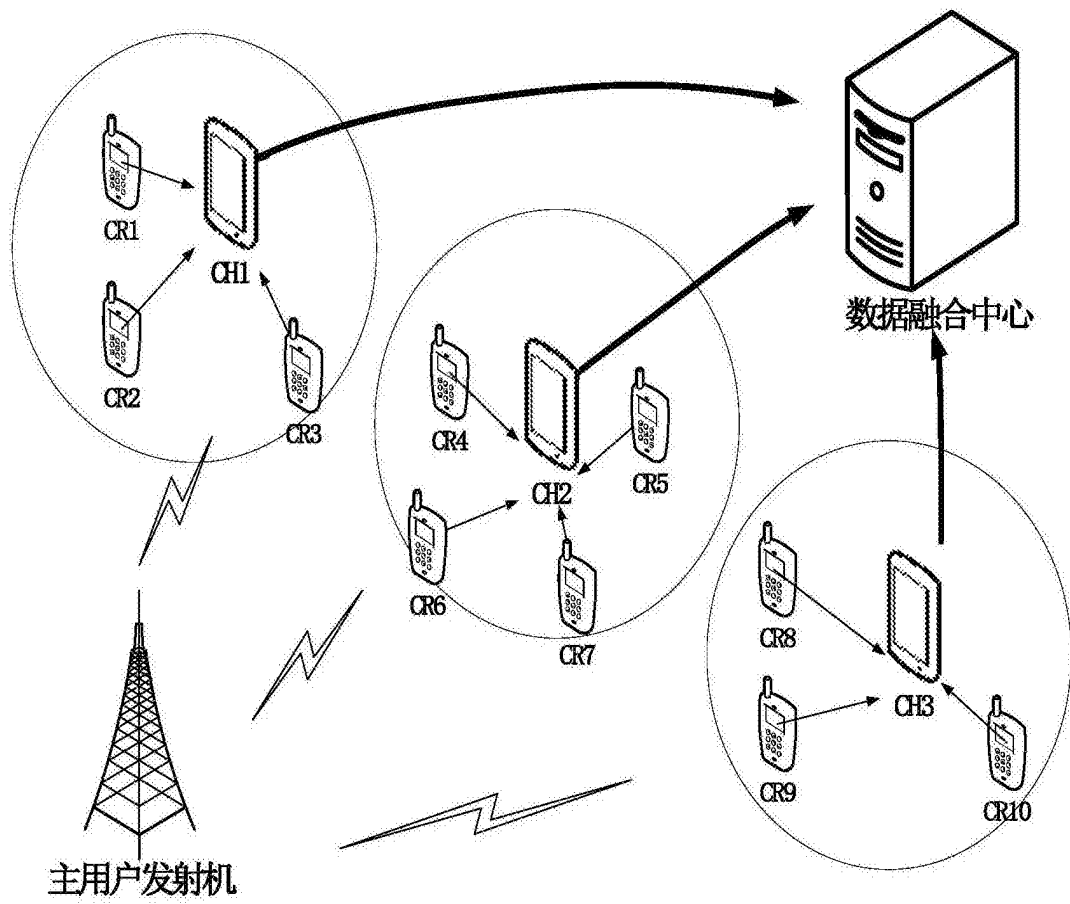


图 1

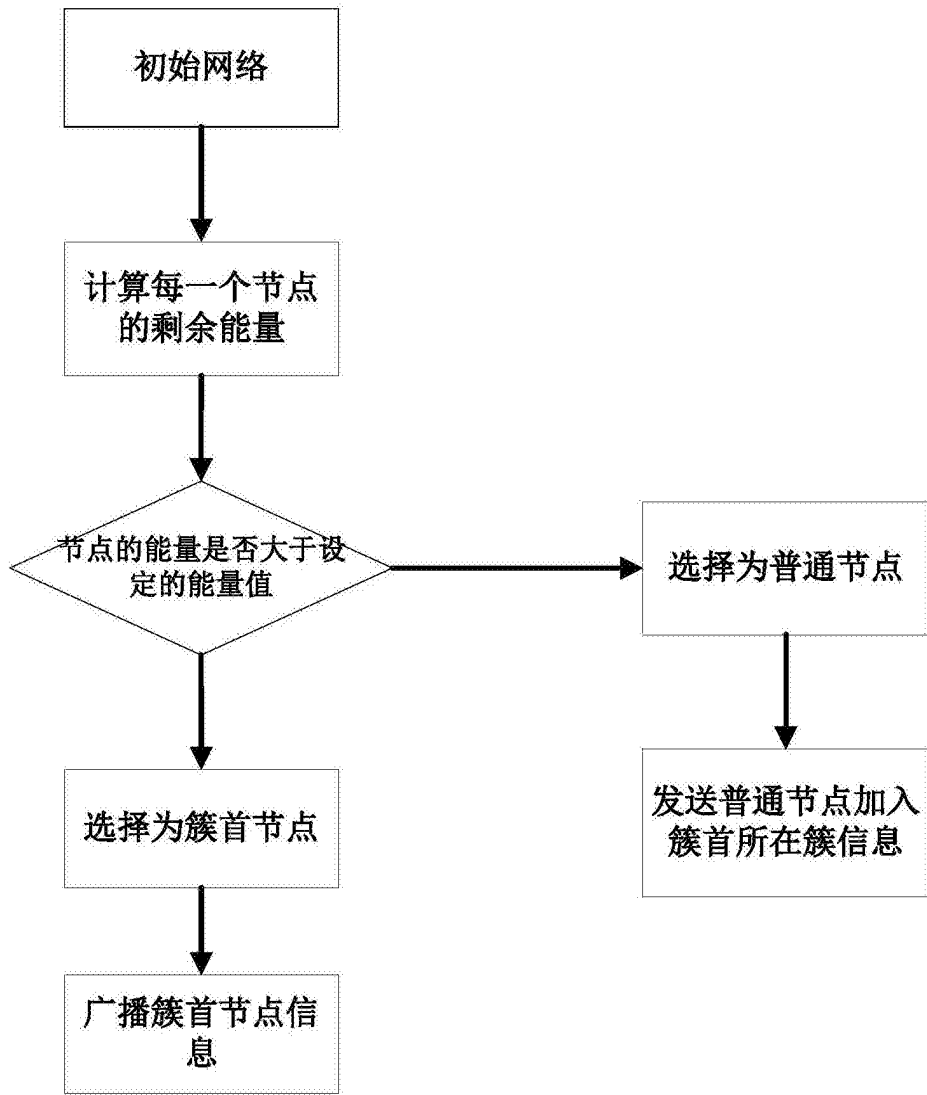


图 2

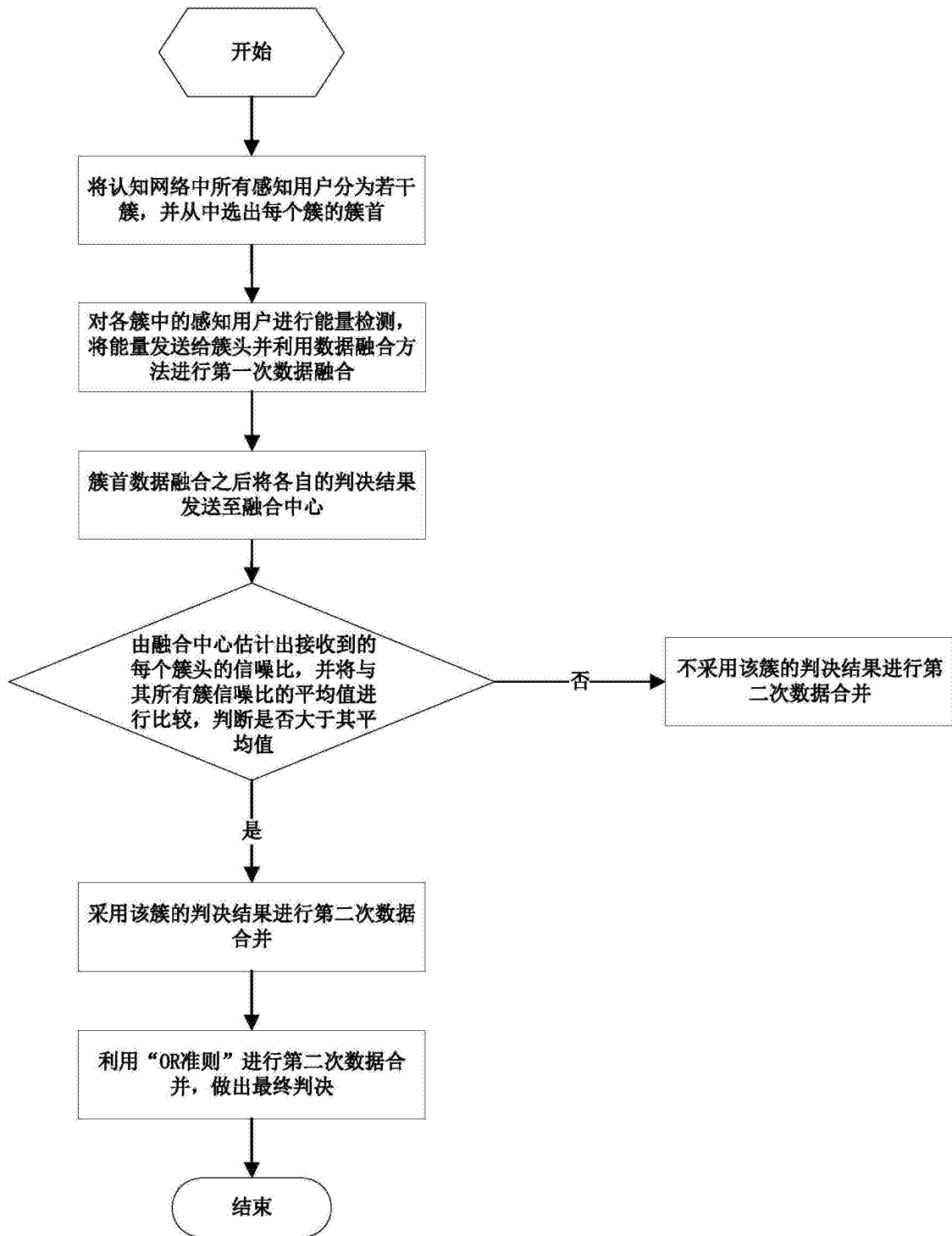


图 3

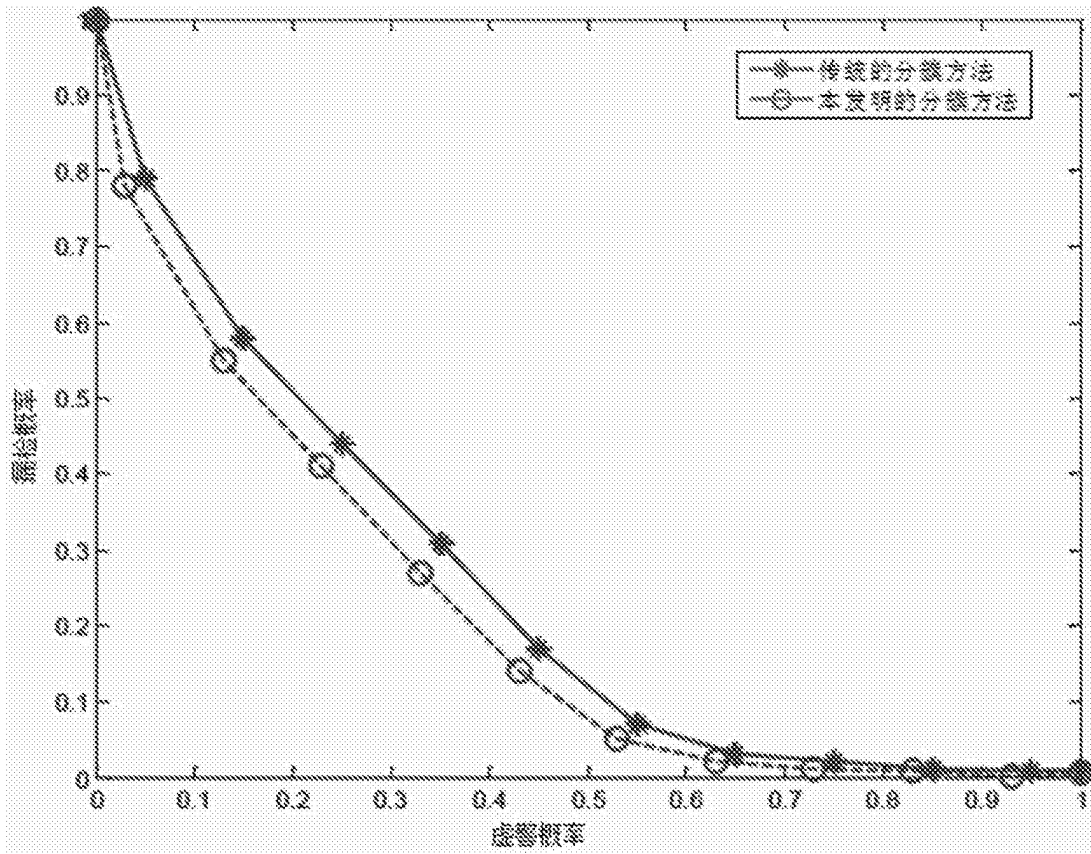


图 4

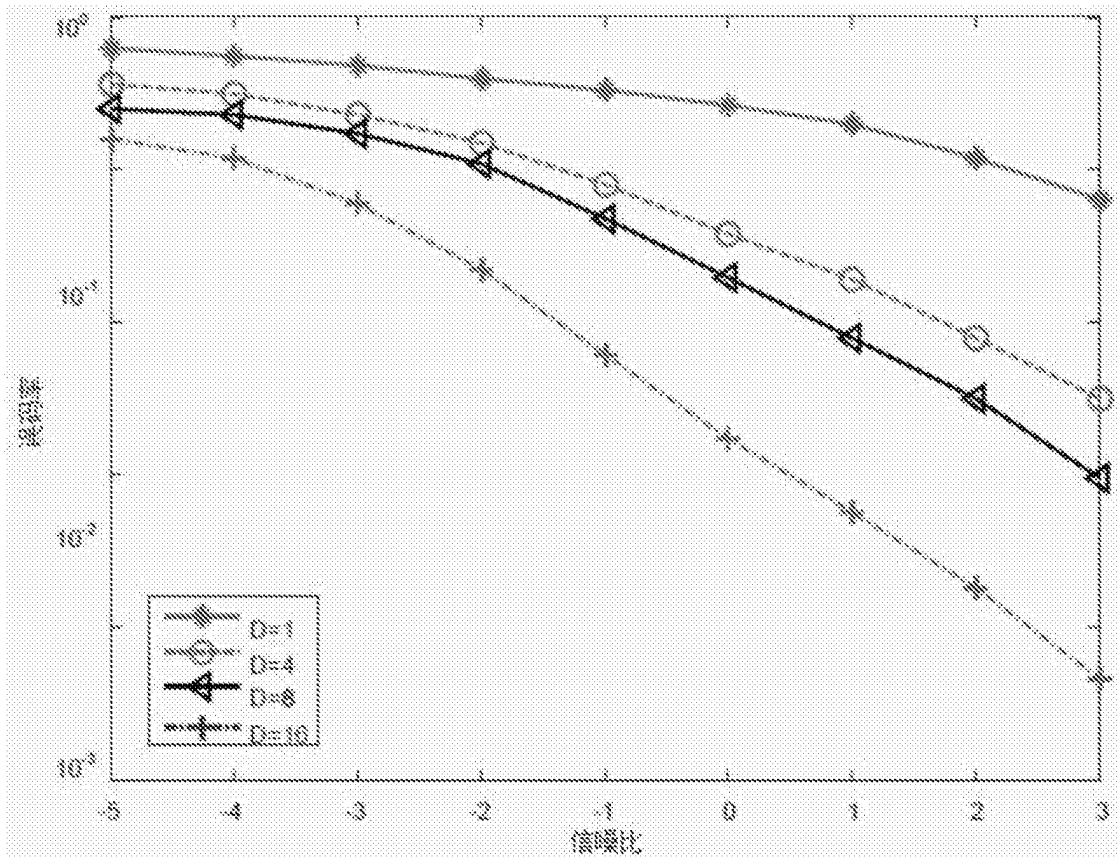


图 5

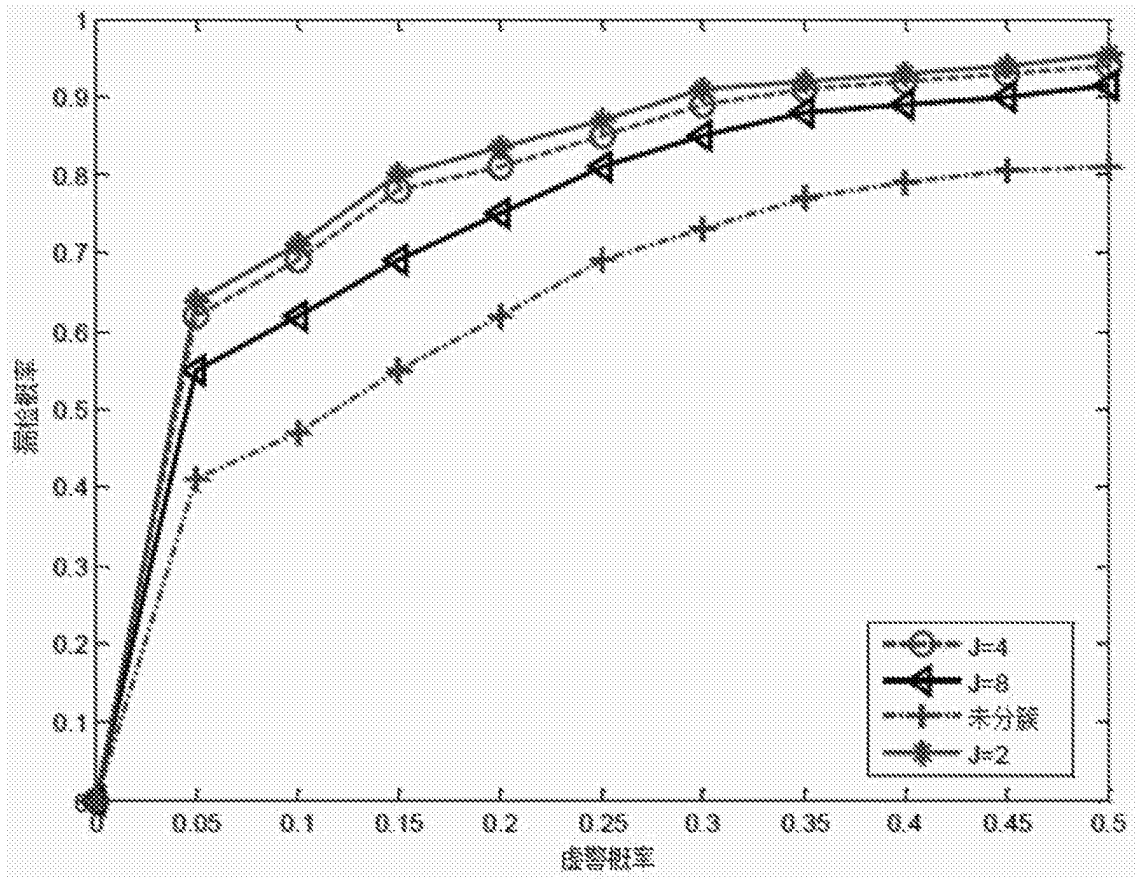


图 6