



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103338492 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201310188422. 1

(22) 申请日 2013. 05. 20

(71) 申请人 山东大学

地址 250100 山东省济南市历城区山大南路
27 号

(72) 发明人 张海霞 潘婷婷 李宗璋 陈硕
张子瑾 孙志猛 于莉 王君君

(74) 专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限公司 37219

代理人 吕利敏

(51) Int. Cl.

H04W 40/10 (2009. 01)

H04W 84/18 (2009. 01)

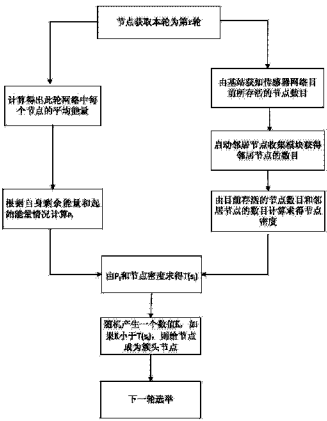
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络
分簇方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络的分簇方法,首先节点通过自身的机制得知本轮为第 r 轮循环,由 DEEC 算法中给出的计算公式,计算得出该轮节点平均能量,并根据自身的剩余能量和起始能量值计算得到 p_i ,同时基站将传感器网络存活的节点数目发送给每个传感器节点,节点启动邻居节点收集模块,统计邻居节点的数目,节点通过网络存活的节点数目和邻居节点的数目计算得到节点密度。最后,节点由 p_i 和节点密度计算得到簇头判定条件 $T(s_i)$,节点产生一个随机数值,如果数值小于 $T(s_i)$,则该节点成为簇头,并执行簇头的任务。本发明提升了异构无线传感器的生命周期,为以后的无线传感器网络建设提出了新的理论依据。



1. 一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,其特征在于,该方法包括步骤如下:

(1) 根据 DEEC 协议选取簇头:

$$T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1 - p_i(r \bmod \frac{1}{p_i})} & \text{if } s_i \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (a)$$

在式(a)中, S_i 表示无线传感器网络中第 i 个节点, p_i 表示节点 s_i 成为簇头的概率, r 表示选举的轮数, G 表示如果节点 s_i 没有在最近的 n_i 轮中没有当选簇头,则 s_i 属于 G , $n_i = 1/p_i$, p_i 的表达式为:

$$p_i = \frac{p_{opt} N (1 + a_i) E_i(r)}{(N + \sum_{i=1}^N a_i) \bar{E}(r)} \quad (b)$$

在式(b)中, p_{opt} 是设定的节点成为簇头的标准概率,即如果节点能量相同所有节点成为簇头的概率均为 p_{opt} , N 是整个传感器网络中起始节点的总数, $E_i(r)$ 指节点 s_i 在第 r 轮数时所剩余的能量, $\bar{E}(r)$ 表示在第 r 轮存活节点的平均能量, a_i 表示为节点 s_i 在起始时的能量是基准能量 E_0 的倍数;

在每一轮开始的簇的建立阶段,每个无线传感器节点将根据 $E_i(r)$ 、 $\bar{E}(r)$ 计算自身的 p_i , 然后根据 p_i 将计算出判定条件 $T(s_i)$, 最后无线传感器节点将产生一个介于 0 到 1 之间的随机数 k , 如果 k 小于 $T(s_i)$, 那么该无线传感器节点当选为簇头, 如果 k 大于 $T(s_i)$, 该无线传感器节点成为普通节点;

(2) 在 DEEC 方法中, p_i 的值和节点 s_i 的能量密切相关, 当 s_i 的能量较大时, $T(s_i)$ 的值也会增大, 其随机产生的值 k 小于 $T(s_i)$ 的概率也会增大, 因此能量大的节点将成为簇头节点的概率增加;

(3) 定义节点 S_i 的节点密度为:

$$\text{Density}(S_i) = \frac{\text{Neighbor_alive}(S_i)}{\text{Network_alive}} \quad (c)$$

在式(c)中 $\text{Neighbor_alive}(S_i)$ 表示节点 S_i 在通信范围内的节点总数, Network_alive 表示当前传感器网络存活的节点总数;

如果节点均匀分布在无线传感器网络, 其平均节点密度为:

$$\text{Density_average} = \frac{1/p_{opt}}{\text{Network_alive}} \quad (d)$$

在式(d)中 $1/p_{opt}$ 表示无线传感器网络中每个簇所包含的均匀节点数目;

基于上述(c)、(d)节点密度公式, 将判定条件 $T(s_i)$ 的值修改为:

$$T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1 - p_i(r \bmod \frac{1}{p_i})} \left(1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{opt}}{\text{Network_alive}} \right) & n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (e) \text{ 当节}$$

点能量较高,其必然会提升 $\frac{p_i}{1-p_i \left(r \bmod \frac{1}{p_i} \right)}$ 的值, $T(s_i)$ 的后半段则是由节点的密度决定,当节点密度大于节点均匀密度时, $\frac{Neighbor_alive(s_i)}{Network_alive} - \frac{1/p_{opt}}{Network_alive}$ 必然大于 0, 则 $1 + \frac{Neighbor_alive(s_i)}{Network_alive} - \frac{1/p_{opt}}{Network_alive}$ 是大于 1 的值, 当节点密度小于节点均匀密度时, $1 + \frac{Neighbor_alive(s_i)}{Network_alive} - \frac{1/p_{opt}}{Network_alive}$ 将小于 1。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,其特征在于,该方法还包括以下节点通信方式:

在每一轮的初始阶段,节点运行邻居节点信息收集模块,向通信半径内的节点广播用于信息交互的消息,用来探测邻居节点的存活状况,同时将自身的存活报告给邻居节点;经信息交互后,各节点都建立起一跳范围所有邻居节点的存活情况,得 $Neighbor_alive(s_i)$;

在每一轮的数据通信阶段,簇头向基站转发数据时,将邻居节点集中存活节点的数目一起发送给基站;基站将整个网络中存活节点数汇总,并将其在下一轮通知各节点,所有节点获知整个网络存活节点的数目 $Network_alive$ 。

一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,属于无线传感器网络的技术领域。

背景技术

[0002] 无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是当前在国际上备受关注的、涉及多学科高度交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域。传感器技术、微机电系统、现代网络和无线通信等技术的进步,推动了现代无线传感器网络的产生和发展。其由部署在监测区域内的廉价微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中被感知对象的信息,并发送给观察者。

[0003] 一个无线传感器网络应当部署大量节点以确保目标区域的覆盖与高质量的容错能力,但通常无线传感器节点能量有限且一般没有能量补充,因此路由协议的改进对节点能量的有效利用成为无线传感器网络的一个重要研究方向。

[0004] LEACH(Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy)方法则是基于此问题提出的一种自适应分簇拓扑控制方法,该方法通过对传感器节点进行分簇,并每隔一段时间通过随机选举的方式,选出簇头节点,然后普通节点将信息发送到所在区域的簇头节点,再由簇头节点将信息传送到基站,从而节省大量能量,提升了系统的存活时间。但 Leach 协议在同构网络中的效果较好,在异构网络中则不能利用高能量节点的优势。

[0005] DEEC(Distributed Energy-Efficient Clustering)方法(算法)在 LEACH 算法的基础上,在异构网络中提出节点成为簇头节点的概率需和节点自身能量值关联,当节点的起始能量较大时,节点成为簇头的概率则相应的进行提升,这增加了高能量节点在整个无线传感器网络生命周期成为簇头节点的次数,从而减少了低能量节点因成为簇头而迅速死亡的概率。

[0006] 虽然 DEEC 方法充分利用了异构无线传感器网络中高能量节点的优势,但该方法在提升高能量节点成为簇头概率的同时,忽略了节点密度对异构网络带来的影响:如果高能量节点位于节点稀疏的地域,其成为簇头的概率必然提升,但簇头数目相对固定,则该高能量节点成为簇头后,其负责通信的普通节点数目较少,则必然导致其他簇头负责通信的节点数目增多,从而导致网络的定向扭曲。

发明内容

[0007] 针对现有技术的不足,本发明提供一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,该方法对于 DEEC 方法选取簇头时进行调整,将密度因素加入到簇头选举中,使得簇头在异构网络中找到能量和密度的平衡,提高异构无线传感器网络的能量利用率。

[0008] 本发明的技术方案如下:

[0009] 一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,包括步骤如下:

[0010] (1) 根据 DEEC 协议选取簇头 :

$$[0011] \quad T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1 - p_i(r \bmod \frac{1}{p_i})} & \text{if } s_i \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (a)$$

[0012] 在式(a)中, S_i 表示无线传感器网络中第 i 个节点, p_i 表示节点 s_i 成为簇头的概率, r 表示选举的轮数, G 表示如果节点 s_i 没有在最近的 n_i 轮中没有当选簇头, 则 s_i 属于 G , $n_i = 1/p_i$, p_i 的表达式为 :

$$[0013] \quad p_i = \frac{p_{opt} N(1 + a_i) E_i(r)}{(N + \sum_{i=1}^N a_i) \bar{E}(r)} \quad (b)$$

[0014] 在式(b)中, p_{opt} 是设定的节点成为簇头的标准概率, 即如果节点能量相同所有节点成为簇头的概率均为 p_{opt} , N 是整个传感器网络中起始节点的总数, $E_i(r)$ 指节点 s_i 在第 r 轮数时所剩余的能量, $\bar{E}(r)$ 表示在第 r 轮存活节点的平均能量, a_i 表示为节点 s_i 在起始时的能量是基准能量 E_0 的倍数 ;

[0015] 在每一轮开始的簇的建立阶段, 每个无线传感器节点将根据 $E_i(r)$ 、 $\bar{E}(r)$ 计算自身的 p_i , 然后根据 p_i 将计算出判定条件 $T(s_i)$, 最后无线传感器节点将产生一个介于 0 到 1 之间的随机数 k , 如果 k 小于 $T(s_i)$, 那么该无线传感器节点当选为簇头, 如果 k 大于 $T(s_i)$, 该无线传感器节点成为普通节点 ;

[0016] (2) 在 DEEC 方法中, p_i 的值和节点 s_i 的能量密切相关, 当 s_i 的能量较大时, $T(s_i)$ 的值也会增大, 其随机产生的值 k 小于 $T(s_i)$ 的概率也会增大, 因此能量大的节点将成为簇头节点的概率增加 ;

[0017] (3) 但当能量高的节点 S_i 位于节点稀疏的地域时, 该节点成为簇头节点的概率只与其能量值大小密切相关, 其成为簇头节点后必然导致该节点负责通信的普通节点数目较少, 从而加剧了其他簇头的负担 ; 同时, 由于位于稀疏地域的高能量节点负责通信的普通节点较少, 其消耗的能量相对其他簇头节点较少, 所以位于稀疏地域的高能量节点将在无线传感器网络的生命周期存在较长的时间, 直到位于密集地区的高能量节点的能量消耗到较低水平时, 离稀疏地域的高能量节点较远的普通节点才会选择与较远的簇头节点进行通信, 使得离稀疏地域的高能量节点以较快的速度开始死亡 ; 由此, 我们可以总结出, 当能量高的节点位于节点稀疏的地域时, 其在传感器网络的生命周期前段会造成节点密集地域的高能量节点的能量迅速消耗, 在传感器网络的生命周期后段会导致节点稀疏地域的高能量节点的能量迅速消耗, 从而使得 DEEC 算法体现出不稳定性 ;

[0018] 针对上述的 DEEC 算法的缺陷, 在簇头选举时, 将考虑节点周围节点密度, 使簇头的选举因素包含节点能量和密度两大因素 ; 基于此, 定义节点 S_i 的节点密度为 :

$$[0019] \quad \text{Density}(S_i) = \frac{\text{Neighbor_alive}(S_i)}{\text{Network_alive}} \quad (c)$$

[0020] 在式(c)中 $\text{Neighbor_alive}(S_i)$ 表示节点 S_i 在通信范围内的节点总数, Network_alive 表示当前传感器网络存活的节点总数 ;

[0021] 如果节点均匀分布在无线传感器网络, 其平均节点密度为 :

$$[0022] \quad \text{Density_average} = \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}} \quad (d)$$

[0023] 在式(d)中 $1/p_{\text{opt}}$ 表示无线传感器网络中每个簇所包含的均匀节点数目；

[0024] 基于上述(c)、(d)节点密度公式,将判定条件 $T(s_i)$ 的值修改为：

$$[0025] \quad T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1-p_i \left(r \bmod \frac{1}{p_i} \right)} \left(1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}} \right) & n \in G \\ 0 & \end{cases} \quad (e)$$

[0026] 当节点能量较高,其必然会提升 $\frac{p_i}{1-p_i \left(r \bmod \frac{1}{p_i} \right)}$ 的值,

$T(s_i)$ 的后半段则是由节点的密度决定,当节点密度大于节点均匀密度

度时, $\frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 必然大于0,则

$1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 是大于1的值,当节点密度小于节

点均匀密度时, $1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 将小于1。

[0027] 根据本发明优选的,本发明所述的一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法,还包括以下节点通信方式：

[0028] 在每一轮的初始阶段,节点运行邻居节点信息收集模块,向通信半径内的节点广播用于信息交互的消息,用来探测邻居节点的存活状况,同时将自身的存活报告给邻居节点;经信息交互后,各节点都建立起一跳范围所有邻居节点的存活情况,得 $\text{Neighbor_alive}(s_i)$ ；

[0029] 在每一轮的数据通信阶段,簇头向基站转发数据时,将邻居节点集中存活节点的数目一起发送给基站;基站将整个网络中存活节点数汇总,并将其在下一轮通知各节点,所有节点获知整个网络存活节点的数目 Network_alive 。

[0030] 本发明相对于现有技术相比,具有以下优点：

[0031] 1. 通过考虑节点密度和能量两方面的因素,在簇头选举中充分考虑了节点自身能量情况和周边的密度情况。

[0032] 2. 基于新的 $T(s_i)$,在异构无线传感器网络中,在节点密度较高的区域,高能量节点将更容易成为簇节点,在节点密度较低的区域,高能量节点成为簇头的概率将被削弱。从而使得无线传感器网络达到一个动态平衡。

附图说明

[0033] 图1是本发明所述一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法适用的场景图；

[0034] 图2是本发明一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法针对的场景展

示图；

[0035] 图 3 是发明一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法的通信流程图。

具体实施方式：

[0036] 下面结合附图对本发明的具体实施作详细叙述，但不限于此：

[0037] 实施例、

[0038] 一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法，包括步骤如下：

[0039] (1) 根据 DEEC 协议选取簇头：

$$[0040] \quad T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1 - p_i(r \bmod \frac{1}{p_i})} & \text{if } s_i \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (a)$$

[0041] 在式(a)中， S_i 表示无线传感器网络中第 i 个节点， p_i 表示节点 s_i 成为簇头的概率， r 表示选举的轮数， G 表示如果节点 s_i 没有在最近的 n_i 轮中没有当选簇头，则 s_i 属于 G ， $n_i=1/p_i$ ， p_i 的表达式为：

$$[0042] \quad p_i = \frac{p_{opt} N(1 + a_i) E_i(r)}{(N + \sum_{i=1}^N a_i) \bar{E}(r)} \quad (b)$$

[0043] 在式(b)中， p_{opt} 是设定的节点成为簇头的标准概率，即如果节点能量 相同所有节点成为簇头的概率均为 p_{opt} ， N 是整个传感器网络中起始节点的总数， $E_i(r)$ 指节点 s_i 在第 r 轮数时所剩余的能量， $\bar{E}(r)$ 表示在第 r 轮存活节点的平均能量， a_i 表示为节点 s_i 在起始时的能量是基准能量 E_0 的倍数；

[0044] 在每一轮开始的簇的建立阶段，每个无线传感器节点将根据 $E_i(r)$ 、 $\bar{E}(r)$ 计算自身的 p_i ，然后根据 p_i 将计算出判定条件 $T(s_i)$ ，最后无线传感器节点将产生一个介于 0 到 1 之间的随机数 k ，如果 k 小于 $T(s_i)$ ，那么该无线传感器节点当选为簇头，如果 k 大于 $T(s_i)$ ，该无线传感器节点成为普通节点；

[0045] (2) 在 DEEC 方法中， p_i 的值和节点 s_i 的能量密切相关，当 s_i 的能量较大时， $T(s_i)$ 的值也会增大，其随机产生的值 k 小于 $T(s_i)$ 的概率也会增大，因此能量大的节点将成为簇头节点的概率增加；

[0046] (3) 但当能量高的节点 S_i 位于节点稀疏的地域时，该节点成为簇头节点的概率只与其能量值大小密切相关，其成为簇头节点后必然导致该节点负责通信的普通节点数目较少，从而加剧了其他簇头的负担；同时，由于位于稀疏地域的高能量节点负责通信的普通节点较少，其消耗的能量相对其他簇头节点较少，所以位于稀疏地域的高能量节点将在无线传感器网络的生命周期存在较长的时间，直到位于密集地区的高能量节点的能量消耗到较低水平时，离稀疏地域的高能量节点较远的普通节点才会选择与较远的簇头节点进行通信，使得离稀疏地域的高能量节点以较快的速度开始死亡；由此，我们可以总结出，当能量高的节点位于节点稀疏的地域时，其在传感器网络的生命周期前段会造成节点密集地域的高能量节点的能量迅速消耗，在传感器网络的生命周期后段会导致节点稀疏地域的高能量节点的能量迅速消耗，从而使得 DEEC 算法体现出不稳定性；

[0047] 针对上述的 DEEC 算法的缺陷，在簇头选举时，将考虑节点周围节点密度，使簇头

的选举因素包含节点能量和密度两大因素；基于此，定义节点 S_i 的节点密度为：

$$[0048] \quad \text{Density}(S_i) = \frac{\text{Neighbor_alive}(S_i)}{\text{Network_alive}} \quad (c)$$

[0049] 在式(c)中 $\text{Neighbor_alive}(S_i)$ 表示节点 S_i 在通信范围内的节点总数， Network_alive 表示当前传感器网络存活的节点总数；

[0050] 如果节点均匀分布在无线传感器网络，其平均节点密度为：

$$[0051] \quad \text{Density_average} = \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}} \quad (d)$$

[0052] 在式(d)中 $1/p_{\text{opt}}$ 表示无线传感器网络中每个簇所包含的均匀节点数目；

[0053] 基于上述(c)、(d)节点密度公式，将判定条件 $T(s_i)$ 的值修改为：

$$[0054] \quad T(s_i) = \begin{cases} \frac{p_i}{1-p_i \left(r \bmod \frac{1}{p_i} \right)} \left(1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}} \right) & n \in G \\ 0 & \end{cases} \quad (e)$$

[0055] 当节点能量较高，其必然会提升 $\frac{p_i}{1-p_i \left(r \bmod \frac{1}{p_i} \right)}$ 的值， $T(s_i)$ 的

后半段则是由节点的密度决定，当节点密度大于节点均匀密度时， $\frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 必然大于0，则

$1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 是大于1的值，当节点密度小于节

点均匀密度时， $1 + \frac{\text{Neighbor_alive}(s_i)}{\text{Network_alive}} - \frac{1/p_{\text{opt}}}{\text{Network_alive}}$ 将小于1。

[0056] 根据本发明优选的，本发明所述的一种基于 DEEC 方法的异构无线传感器网络分簇方法，还包括以下节点通信方式：

[0057] 在每一轮的初始阶段，节点运行邻居节点信息收集模块，向通信半径内的节点广播用于信息交互的消息，用来探测邻居节点的存活状况，同时将自身的存活报告给邻居节点；经信息交互后，各节点都建立起一跳范围所有邻居节点的存活情况，得 $\text{Neighbor_alive}(s_i)$ ；

[0058] 在每一轮的数据通信阶段，簇头向基站转发数据时，将邻居节点集中存活节点的数目一起发送给基站；基站将整个网络中存活节点数汇总，并将其在下一轮通知各节点，所有节点获知整个网络存活节点的数目 Network_alive 。

[0059] 参照附图1，本发明适用于大规模传感器网络场景，传感器节点随机分配在某一固定的区域中，且传感器节点的能量是不均匀的(图中没有标出)，无线传感器节点一旦位置确定即保持静止不动，在离传感器区域较远处有一个固定的基站，选举出来的簇头将与基站进行通信。

[0060] 参照附图2，本发明将针对如下场景，当能量较高的节点位于节点较稀疏的地域，

但高能量节点在异构网络中较低能量节点较容易成为簇头节点,从而导致整个传感器网路的能量分配不均匀。

[0061] 参照附图 3,本发明将在异构网络中选举簇头的方式修改如下:

[0062] 首先节点通过自身的机制得知本轮为第 r 轮循环,由 DEEC 算法中给出的计算公式,计算得出该轮的节点平均能量,并根据自身的剩余能量和起始能量值计算得到 p_i ,同时基站将传感器网络存活的节点数目发送给每个传感器节点,节点启动邻居节点收集模块,统计邻居节点的数目,节点通过网络存活的节点数目和邻居节点的数目计算得到节点密度。最后,节点由 p_i 和节点密度计算得到簇头判定条件 $T(s_i)$,节点产生一个随机数值,如果数值小于 $T(s_i)$,则该节点成为簇头,并执行簇头的任务。

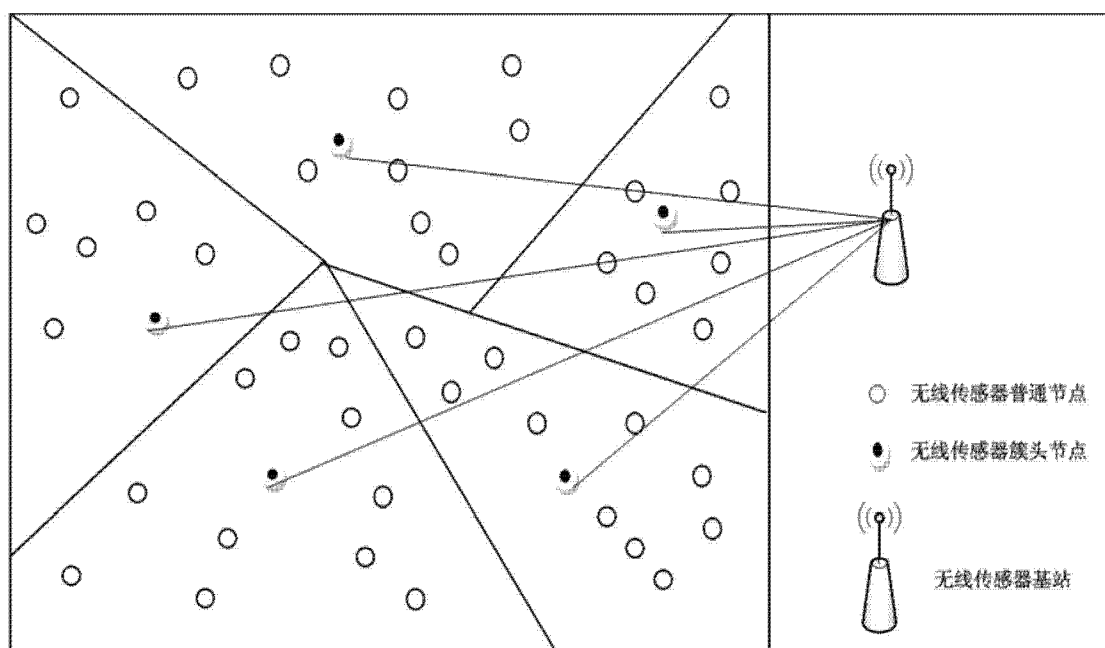


图 1

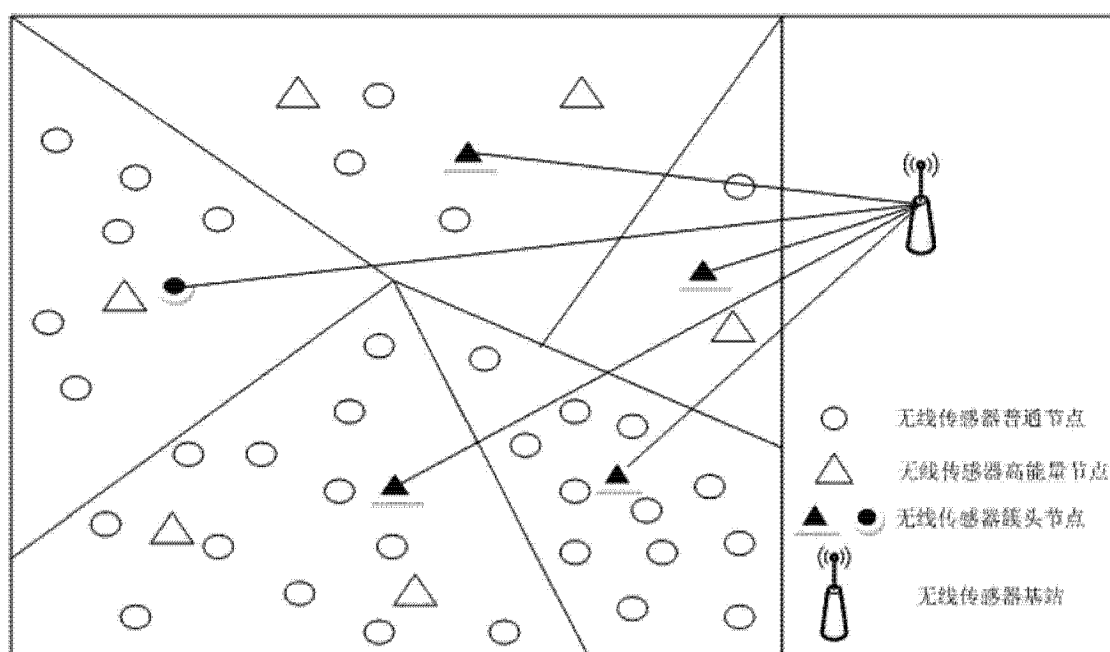


图 2

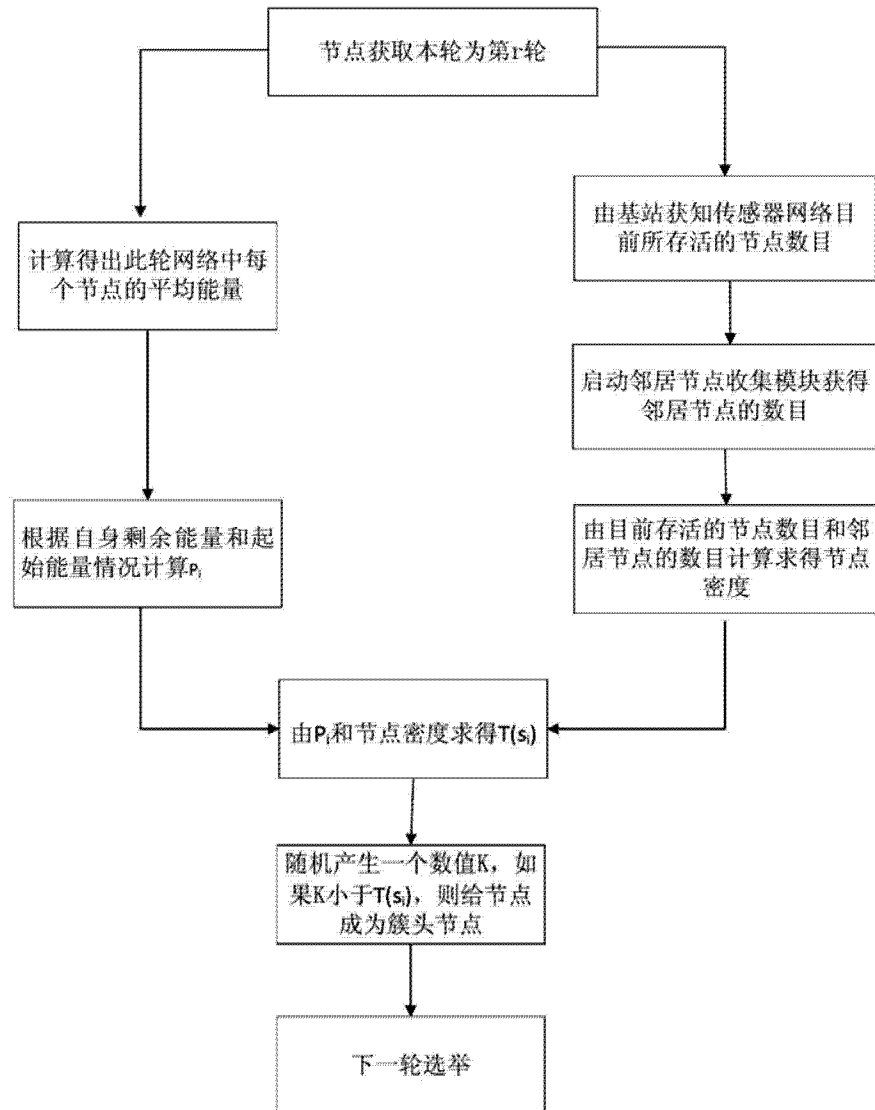


图 3