

用于图书馆环境信息采集的传感器网络结构研究

黄珍珍

(中国矿业大学 图文信息中心, 江苏 徐州 221116)

摘 要: 设计了一种基于投票的簇头选举方法, 该方法使节点向能量大的节点投票, 并且选票的传播距离只有一跳, 不被转发, 确保了邻居较多、剩余能量大的节点能够获得较多的选票。结合网络能耗来计算最优簇头个数, 有效克服了LEACH协议中分簇个数和簇头选择机制上存在不足。仿真结果表明, 本方法能较好适用于图书馆环境, 达到监测目的。

关键词: 无线传感器网络; 分簇; 投票; 图书馆环境监测

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)10-00101-04

Study on Structure of Sensor Networks for Environment Information Collection in Library

HUANG Zhen-zhen

(Library and Information Center, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: In this paper, a vote based cluster head election mechanism is proposed. Which makes the nodes vote others whose energy are larger than themselves, meanwhile the ballot can't be forward. This method insures only the nodes have more neighbors and remaining energy can get more ballots. At the same time, the cluster head number must be chosen according to network energy consumption. These methods overcome deficiencies of cluster number and cluster head selection mechanism in LEACH protocol. Simulation results show that the method can be applied to library environment monitoring and achieve the desired purpose.

Key words: wireless sensor networks; cluster; vote; library environmental monitoring

1 引言

图书馆书库对环境要求严格, 以防止图书, 尤其是古籍书潮湿、霉变。因此图书馆环境监测系统要对书库温度、湿度、可燃气体浓度进行严格监测, 同时还要监测风道滤网的压差, 对滤网堵塞给出及时报告。根据采集参数的不同, 传感器节点可以搭载多种传感器, 通过众多节点的组合可以完成一个大型图书馆的环境参数采集任务。节点的功能、数目和摆放地点都不固定, 实现了参数采集灵活, 结构开放, 自由扩充的目的。现有的监测方法都是通过有限的几个测点来监测整个书库, 由于监测点不足, 在发生灾害的时候, 不能立刻发现灾情, 影响救援工作, 对于重要图书和资料的保存会带来难以估量的损失。因

此本文研究一种应适于图书馆环境信息监测的传感器网络结构。在应用中, 由于传感器网络包含的节点众多, 分布灵活, 并且节点体积小, 多使用电池供电, 能量极其有限^[1]。因此如何高效地管理节点, 延长节点的工作时间就成为无线传感器网络应用中一个重要的挑战。目前, 解决该问题最有效的方法是采用分簇结构, 由簇头对簇内节点进行统一管理。但是在节点布置之初, 节点的位置是随机、无序的, 如何设计合理适用的分簇方法是研究人员的工作要点。

2 现有的分簇方法分析

分簇方法已经被广泛研究, 并且已经取得一些研究成果, 如 Max-min zPmin^[2]算法, ECMR(Energy Conscious Message Routing)^[3]算法, 这两种方

法假设簇头位置被预先指定,且节点不受能量限制,这和实际情况不太相符.在分簇算法中最著名的是 Heinzelman 提出 LEACH 算法,在 LEACH 算法中选举出一部分节点担任簇头的角色,具体的选举方法为:每一个节点随机生成一个 0 和 1 之间的随机数,如果该随机数小于阈值 $M(n)$,那么该节点成为簇头节点^[4].但是由于 LEACH 算法簇头选择的随机性,使得簇头个数很难等于最优簇头数,而且簇头在几何位置上分布不均匀.尽管该算法计算出了系统中簇头数目的最优值,但是由于簇头选择的不确定性使得每一轮中产生的簇头数目不总是等于最优值.假设系统中节点数为 N ,最优的簇头数目为 k_{optimal} ,则各节点被选举为簇头的概率为 $p = k_{\text{optimal}}/N$,假设事件 X 定义为“ m 个簇头被选出”,则 X 是一个满足二项分布的离散随机变量,参数分别是 N 和 p ,其概率密度函数为

$$Pr(X = m) = \binom{N}{m} \cdot p^m (1-p)^{N-m}$$

例如当 $N = 100$, $k_{\text{optimal}} = 5$ 时,则 $Pr(X = 5) = 0.18$,即产生期望的簇头数目的概率只有 18%.

3 基于投票的分簇算法设计

LEACH 用于图书馆环境信息采集的传感器节点不可能频繁地更换电池,能量受到限制,并且节点几何位置分布不固定,当节点摆放位置发生变化或者节点电量耗尽而失效以后就需要进行网络重构.为了适应以上图书馆监测的特点,设计了一种基于投票的簇头选举机制,并依据整个网络的功耗来优化分簇个数.有效地克服了 LEACH 算法随机选择簇头,分簇个数不够合理的缺陷.

3.1 投票方法

簇头选举采用节点相互投票的方式,得票高的节点当选为簇头,投票的具体方法为:

① 节点只给那些比自己能量大的节点投票;

② 选票的传播距离只有一跳,不被转发,也就是说只能是邻居节点间相互投票.

根据投票规则,节点的剩余能量越少,投出的票就越多;节点的剩余能量越多,它获得选票的可能性就越大.簇头的选择在考虑节点剩余能量的同时,还考虑了节点相互的位置关系.当一个节点周围邻居比较多,而与邻居相比,该节点的剩余能量较大,那么该节点就会获得较多的选票.反之如果节点邻居很少,即使其剩余能量很大,也得不到很多的选票,避免了一些处于区域边缘或者死角的节点担当

簇头.

假设节点 i 的能量为 E_i , i 共有 n 个邻居,邻居节点的能量为 E_j ($j = 1, 2, \dots, n$),那么 i 获得的选票表示为 Vote_i ,则 $\text{Vote}_i = \sum_j^n \text{if}(E_i > E_j)$.

3.2 分簇个数计算方法

当投票过程结束后,依据上面介绍的投票方法每个节点都累积了一定的选票.如果某个节点的得票数超过当选阈值,那么该节点当选为簇头.如果某个节点的得票数小于当选阈值,那么节点不能成为簇头,但是如何确定合理的当选阈值使网络整体的功耗最少,是下面要研究的内容.

根据 Heinzelman 的研究结果^[4],当传 l 输字节到距离为 d 的目的地时,无线电路消耗的能量为

$$E_{\text{TX}}(l, d) = \begin{cases} lE_{\text{elec}} + l\epsilon_{\text{fx}}d^2, & d < d_0 \\ lE_{\text{elec}} + l\epsilon_{\text{mp}}d^4, & d \geq d_0 \end{cases}$$

式中, E_{elec} :接收或者发送每字节数据,电路所消耗的能量; $\epsilon_{\text{fx}}d^2$, $\epsilon_{\text{fx}}d^4$:发送每字节数据放大器消耗的能量.根据文献^[4], $\epsilon_{\text{fx}} = 10 \text{ pJ} \cdot \text{byte}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, $\epsilon_{\text{mp}} = 0.02 \text{ pJ} \cdot \text{byte}^{-1} \cdot \text{m}^{-4}$.假定 N 个传感器节点均匀地分布在一个 $M \times M$ 的区域内.每个节点的平均覆盖面积为 M^2/N .在本文的研究中,假设这些节点的覆盖面积可以近似为圆形区域,那么每个节点的覆盖半径就是 $r = M/\sqrt{\pi N}$,若这些节点被分成 k 个簇,每一个簇的面积为 M^2/k ,那么每个簇的半径就是 $R = M/\sqrt{k\pi}$,这样在单个簇内,节点到簇头的最大跳数可以表示为, $m = R/r = \sqrt{N/k}$,假定簇内成员相互通信的距离小于 d_0 ,汇聚节点位于监测区域的几何位置中心,节点向簇头发送数据时,要经过多个节点逐步转发才能到达簇头,结合文献^[7]的研究结果,当簇内每一个节点向簇头发送一包数据,消耗的能量为

$$E_1 = \sum_{i=1}^m \left[\frac{(2E_{\text{elec}} + \epsilon_{\text{fx}}r^2) \frac{R^2 - (ir)^2}{(2i-1)r^2} +}{(E_{\text{elec}} + \epsilon_{\text{fx}}r^2)} \right] \quad (1)$$

式中, E_{elec} 是发送或者接收电路消耗的能量,大小为 5 nJ/byte ^[4]; ϵ_{fx} 是放大电路消耗的能量.假设簇头和汇聚节点的通信距离大于 d_0 ,设节点随机分布,那么簇头到汇聚节点的平均距离为^[7-8] $d_{\text{SINK}} = 0.765 \times M/2$,簇头和汇聚节点通信消耗的能量为 $E_2 = k\epsilon_{\text{mp}}d_{\text{SINK}}^4 = k\epsilon_{\text{mp}}(0.765 \times M/2)^4$,于是传输一包数据簇内所有节点消耗的能量总和为 $E = E_1 + E_2$,为了观察分簇个数对能耗的影响,把 50 个节点随机分布在 $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 区域内,每一个节点向簇头

发送一包数据,簇头把本簇的数据汇总后发给汇聚节点.根据式(1)计算的结果,网络消耗的能量和分簇个数的关系绘制在图1中.从图中的曲线可以看出,当分成8个簇时整个网络的能耗最小,当分簇个数少于8个或者多于8个时消耗的能量都会变大.就是说最优分簇个数 $k_{\text{optimal}} = 8$.把 Vote_i 按照从大到小排序,取 Vote_i 值最大的 k_{optimal} 个节点作为簇头,这样就完成了簇头的选举工作.

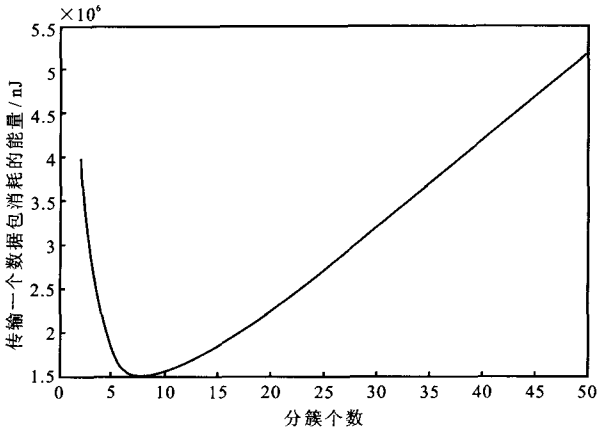


图1 分簇数和能耗的关系

当某个节点当选为簇头以后,它会广播当前的簇头信息,所有的簇头使用相同的发射功率发送信息.在广播阶段,非簇头节点保证接收模块一直工作,接收各个簇头的广播信息,然后选信号最强的簇头节点,并就近加入该簇,这也避免了簇内节点和簇头通信距离过远.节点选择加入一个簇之后,它会把自身信息告知簇头,使簇头知道它的存在,在这期间,簇头必须保证接收模块工作,接收非簇头节点发回来的确认信息.当簇头接收到所有申请加入的节点信息以后,簇头会把本簇的信息上报给更高一级的汇聚节点.

4 仿真分析

下面在Windows XP+VMware+NS2环境下,分别对LEACH协议和基于投票的成簇算法进行仿真.仿真分两种情况:50个节点随机分布在50 m×50 m室内;100个节点随机分布在50 m×50 m室内区域.节点的发射功率为0 dBm,接收灵敏度为-95 dBm,采用全向天线,MAC协议采用IEEE802.15.4,采用Shadowing信号传输模型,各节点初始能量为(0,10)内的随机值.

图2中*标记的节点是LEACH协议生成的簇头,空心圆代表簇成员节点.图3(a)中实心圆标记的节点是投票选举出的簇头,空心圆代表簇成员节

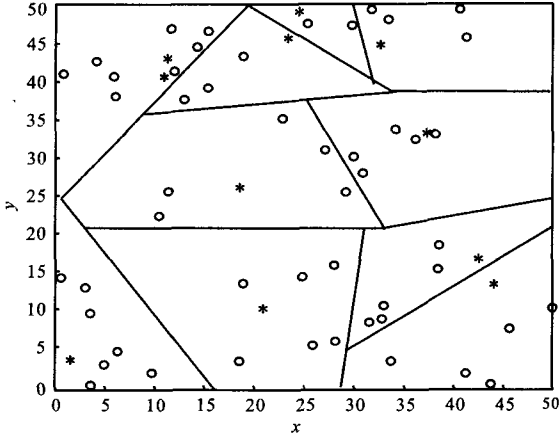
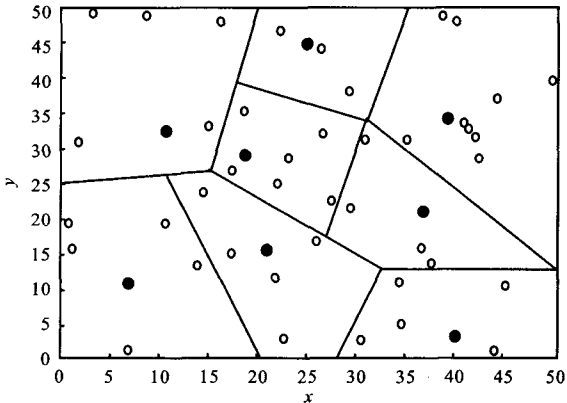
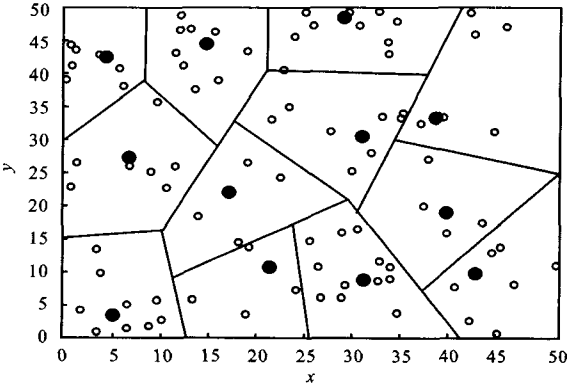


图2 LEACH协议分簇结果



(a) 50个节点的分簇结果



(b) 100个节点的分簇结果

图3 基于投票的网络分簇结果

点.对比分簇结果可以看出LEACH协议共生成10个簇头,并且分布不是很均匀,而投票方式首先计算出的最优簇头数,并指定获得选票最大的8个节点为簇头节点.簇头附近的节点按照接收到的簇头信号强度,选择较近的簇加入,分簇结果比较均匀.

图3(b)是100个节点的情况下,传感器节点的分簇情况.其成簇过程和50节点的情况类似,唯一的区别是计算出的最优簇头数 $k_{\text{optimal}} = 12$,所以要指定获得选票最大的12个节点为簇头节点.

由两次仿真结果可以看出,虽然节点的分布区

域一样,但是由于节点个数不同划分的结果也不相同,整体来说簇头的分布位置比较均匀,一般都被多个节点包围,达到了设计目的。

5 结束语

图书馆书库对环境要求严格,针对图书馆环境监测领域的应用特点,结合传感器网络信息采集数据周期性强、单次数据少等特点,设计了一种适用于书库环境信息采集的无线传感器网络分簇机制,该机制在选择簇头时考虑剩余能量和节点分布情况,保证拥有较多邻居,并且能量较高的节点才能当选为簇头,通过计算不同分簇数对应的能耗来确定最佳分簇个数。仿真结果表明,本文提出的方法确保能量较大的节点当选簇头,选举出的簇头在几何位置上分布均匀,有效的减小了网络能耗,延长网络寿命,使传感器网络监控系统具有较强的实用价值。

参考文献:

- [1] 曹涌涛. 无线传感器网络自组织算法关键技术的研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [2] Li Q, Aslam J, Rus D. Hierarchical power-aware routing in sensor networks[C]// Proc of the DIMACS Workshop on Pervasive Networking. Rutgers University; IEEE,2001: 387-393.
- [3] Younis M, Youssef M, Arisha K. Energy-aware rou-

ting in cluster-based sensor networks[C]// Proc of IEEE International Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunications Systems. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2002: 129-136.

- [4] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]// Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society,2000: 223-233.
- [5] Younis O, Fahmy S. Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: a hybrid, energy-efficient approach[C]//Proc IEEE INFOCOM, [s. l.]; IEEE,2004: 750-756.
- [6] 郭斌,李喆. 无线传感器网络中基于剩余能量的联合选举动态成簇路由算法[J]. 电子与信息学报,2007,29(12):3006-3010.
- [7] 郝小辰,郭力培,刘彬. 无线传感器网络中能耗平衡的混合路由模型研究[J]. 传感技术学报,2008,21(1):113-117.
- [8] Mhatre V, Rosenberg C. Design guidelines for wireless sensor networks: communication, clustering and aggregation[J]. Ad Hoc Network Journal. 2004 2(1): 45-63.

作者简介:

黄珍珍 女,(1981-),硕士,助理馆员. 研究方向为信息技术.

(上接第 100 页)

通单阈值算法检测速度接近,比多阈值算法要快。

4 结束语

本文针对目前应用单阈值图像检测产品缺陷方法的局限性,而多阈值分割算法仅能检测高于目标灰度缺陷的情况,提出了一种基于 OSTU 多次阈值快速检测轴承表面缺陷的方法,并根据实际情况及依据轴承图像的特点缩小了阈值取值的范围,实验证明,在保证一定检测速度情况下,该方法较前两种方法提高了轴承缺陷的检测正确率。

参考文献:

- [1] 张杨,朱善安. 基于小波变换及纹理特征的轴承防尘盖缺陷检测[J]. 计算机工程,2010,36(8):247-250.
- [2] 焦圣喜,张利辉,江锋. 图像检测技术在工件在线分选中的应用[J]. 机床与液压,2010,38(5):71-72.
- [3] Tang B, Kong J Y. Surface inspection system of steel strip based on machine vision[C]//First International

Workshop on Database Technology and Applications. China, Wuhan; IEEE,2009:359-362.

- [4] Kang G W, Liu H B. Surface defects inspection of cold rolled strips based on neural network[C]//Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics. China, Guangzhou; IEEE, 2005: 5034-5037.
- [5] 胡斌,宫宁生. 一种改进的 Ostu 阈值分割算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.
- [6] 陈跃飞,王恒迪,邓四二. 机器视觉检测技术中轴承的定位算法[J]. 轴承,2010(4):54-56.
- [7] 李哲学,陈树越. 快速多阈值图像分割法. 计算机应用[J],2010,30(5):1335-1337.

作者简介:

陶青平 男,(1985-),硕士. 研究方向为人工智能与模式识别

吴锡生 男,(1959-),博士,教授. 研究方向为人工智能、模式识别、图像处理等。