

# 一种新颖的 LEACH 簇头选举算法<sup>①</sup>

钟 斌, 邬毅松, 李思敏

(桂林电子科技大学 电子工程学院, 桂林 541004)

**摘 要:** 针对低能耗是无线传感器网络协议设计实现的关键问题。对簇头选举算法的随机选举机制进行增加一定确定性因子, 使得网络能耗降低。仿真结果表明, 改进方案第一节点死亡时间延长了 21.9%, 最后节点死亡时间延长了 40.35%

**关键词:** 无线传感器网络; leach; 簇头选举算法

## A Novel Cluster-Head Selection Algorithm for LEACH

ZHONG Bin, WU Yi-Song, LI Si-Min

(College of Electronic Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** In this paper, we focus on reducing the power consumption of wireless sensor network. We extend LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)'s stochastic cluster-head selection algorithm by a deterministic component to reduce energy consumption. Simulation results show that our modified scheme can extend the network life around 21.9% for First Node Dies (FND) and 40.35% for Last Nodes Dies (LND).

**Keywords:** wireless sensor network; leach; cluster-head selection algorithm

无线传感器网络节点通过飞机播撒部署在人迹罕至的地方进行环境监测, 或者部署在敌区。人们无法对节点进行电池更换。即使人类能进入的区域, 对庞大数量的节点进行充电或者更换电池, 也是一项非常艰巨的工作。无线传感器网络的节能问题成为研究无线传感器网络的热点。为了有效地对无线传感器网络节点进行管理, 设计一种节能的路由协议迫在眉睫。

典型的 Ad\_hoc 网络的路由协议, 没有充分考虑到无线传感器网络节点能量有限的特点, 不再适用于无线传感网网络。国内外, 针对无线传感网网络的特点设计的路由分为平面路由协议和层次路由协议。其中典型的代表是层次路由协议中的 LEACH 协议<sup>[1]</sup>。

现有 LEACH 协议的改进簇头选举算法可以分为三类: 第一类考虑节点剩余能量值, 使得网络负载均衡, 达到延长网络生命周期的目的; 第二类考虑节点离基站的距离, 基于地理位置的簇头选举算法; 第三类综合考虑节点能量值与节点位置, 由基站进行统一控制部署簇头节点, 例如 LEACH\_C 算法。相比之下,

第三种算法考虑到节点能量值和节点位置, 利用模拟退火算法选举出最优簇头节点, 具有较大优势, 但是这种算法进行簇头选举时不可避免要与基站之间进行信令交互, 增加了信令开销。现有方案没有考虑到簇头节点分布在所属簇内的边缘, 造成簇内通信能量损耗大的问题。本文提出的算法考虑到簇头节点分布位置和剩余能量值, 在簇头选举公式里面增加节点剩余能量的影响因子和分布位置对簇头选举的影响因子, 使得节点分布式自治管理, 消除簇头节点边缘分布问题, 有利于负载均衡, 从而延长网络生命周期, 提高能量的有效利用率。

## 1 LEACH算法

LEACH 协议分为簇头建立阶段和数据传输阶段。在簇头建立阶段, 每个节点在第  $r$  轮, 产生一个随机数  $x, x \in [0, 1]$  与阈值  $T(n)$  进行比较决定是否当选为簇头。如果  $x \leq T(n)$ , 该节点在当前轮被选举为簇头; 否则, 该节点在该轮为非簇头节点。

<sup>①</sup> 基金项目: 广西科学研究与技术开发计划应用基础研究专项项目(桂科基 0731019); 广西自然科学基金(桂科自 0447090)

收稿时间: 2010-06-14; 收到修改稿时间: 2010-07-11

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

其中, P 为簇头数在所有节点当中占的百分比; G 为在最近 1/P 轮没当选过簇头的节点集合; 在 1/P-轮后, T(n)=1, 所有在最近 1/P 轮中没有被当选过簇头的节点均被当选为簇头。当某一轮选举完后, 被当选为簇头的节点以相同的能量采用载波侦听多路访问\_介质访问控制(Carrier Sense Multiple Access\_Medium Access Control ,CSMA\_ MAC)协议的方式向周围节点广播。簇头建立起来后, 非簇头节点根据感知到的信号强度决定要加入哪个簇。同时非簇头节点采用 CSMA\_ MAC 的方式通知要加入的簇头。簇头节点采用时分多址(Time Division Multiple Access,TDMA)的方式为簇内节点分配传输数据的时隙, 避免簇内节点发送数据占用信道产生冲突。不同的簇采用码分多址(Code Division Multiple Access,CDMA), 以便区分不同簇发送的数据, 避免簇间干扰<sup>[2]</sup>。

LEACH 协议采用“轮”的方式进行簇头选举, 有利于负载均衡, 延长了无线传感器网络的生命周期。LEACH 协议仍然存在一些缺点可以进行改进: LEACH 协议簇头选举的时候, 由于选举的簇头是个随机过程, 容易产生累积误差, 造成选举簇头数目偏离期望的最佳值。由于簇头选举的随机性, 对于大规模网络, 容易造成簇头在场景中分布位置不合理, 部分区域过密, 部分区域过稀和边缘分布, 影响整个网络的生命。簇头节点和基站之间采用单跳传输, 造成簇头节点能耗大, 容易过早死亡。簇头选举的时候没有充分考虑到节点剩余能量和到基站的距离对均衡网络负载的影响<sup>[3]</sup>。

## 2 改进的簇头选举算法

采用 LEACH 协议当中引入的无线通信能量传播损耗模型, 传输 bit 数据到距离处所消耗的能量如公式 2 所示<sup>[4]</sup>。

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

其中  $d_0$  为 Friss 自由空间传播模型和多径衰减模型的临界距离。在 LEACH 协议中簇内通信采用 Friss 自由空间传播模型, 簇内发送数据消耗的能量与非簇头节点离簇头节点的距离的平方成正比。由此可知, 当簇内所有节点到簇头的距离的平方和取最小值时, 簇内通信所消耗的能量最小<sup>[5]</sup>。假设一个簇内的所有节点分布在如图 1 所示的圆内, 节点在圆内均匀分布, 在

距离圆心为  $r_0$  处以 P 的概率分布一节点 A, 则在以圆心 O 为对称中心的 A 点的对称点 B 处等概率存在一节点 B。根据几何关系  $a^2+b^2=2r_0^2+2d^2$ , 当  $d=0$  时,  $a^2+b^2$  取最小值。其它节点依此类推, 所以当选的簇头节点在圆心位置时, 簇内所有节点消耗的能量最少。

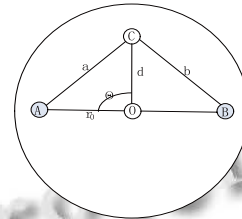


图 1 簇内节点距离数学关系图

针对在 LEACH 协议中, 簇头选举算法没有考虑到节点剩余能量和节点分布位置对当选簇头的影响。改进簇头选举算法对阈值公式进行改进如公式(3)所示考虑节点剩余能量和节点分布位置对选举的影响,  $g(D_i(t))$  为与节点分布位置有关的函数,  $f(E_i(t))$  为与当前节点剩余能量有关的函数。  $g(D_i(t))$  实现降低边缘分布点当选为簇头的概率,  $f(E_i(t))$  实现降低低能量节点当选为簇头的概率。

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1-P*(r \bmod \frac{1}{P})} * g(D_i(t)) * f(E_i(t)) & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

公式(3)引入了分布位置对簇头选举的影响因子  $g(D_i(t))$ 。节点 i 的影响因子  $g(D_i(t))$  如公式 4 所示, 其中为当前参加簇头选举的节点到其中一个理想位置的最短距离, 其中理想位置由场景当中理想簇头个数和场景大小所确定, 如图 2 所示的黑点为该场景当中分布 5 个簇头的理想位置。a 与 c 为常数, 根据不同的场景可以设置不同的参数。引入距离影响因子可以降低簇头节点分布在边缘区域和簇头节点相隔太近的情况发生的概率<sup>[6]</sup>。

$$g(D_i(t)) = \frac{1}{1 + e^{-a(D_i(t)-c)}} \quad (4)$$

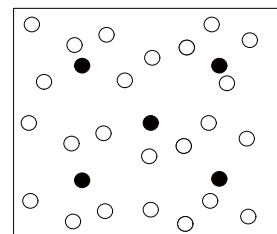


图 2 均匀分布点选择(黑圈表示理想位置点, 白圈表示一般节点)

a 决定  $g(D_i(t))$  的函数图像形状, c 与簇内节点到

簇内中心位置的距离有关。当  $a$  取-0.5,  $c$  取 21.5 时,  $g(D_i(t))$  的函数图像如图 3 所示。 $g(D_i(t))$  是关于  $D_i(t)$  的减函数, 即当节点  $i$  的  $D_i(t)$  增加时,  $g(D_i(t))$  减少。此外, 节点剩余能量的影响因子  $f(E_i(t))$  为如公式 5 所示,  $f(E_i(t))$  是关于  $E_i(t)$  的增函数,  $b$  决定函数图像形状,  $E_{ave}$  为当前所有节点的平均能量。当  $b$  取 5,  $E_{ave}$  取 2J 时函数图像如图 4 所示<sup>[6]</sup>。

$$f(E_i(t)) = \frac{1}{1 + e^{-b(E_i(t) - 0.5 * E_{ave})}} \quad (5)$$

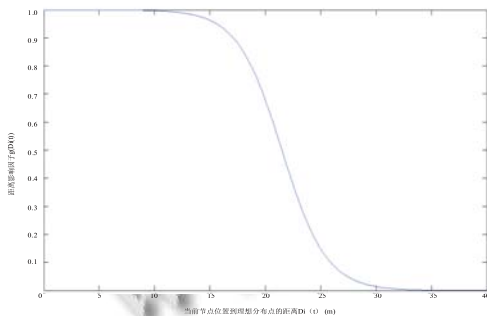


图 3 距离影响因子与到理想位置点距离关系图

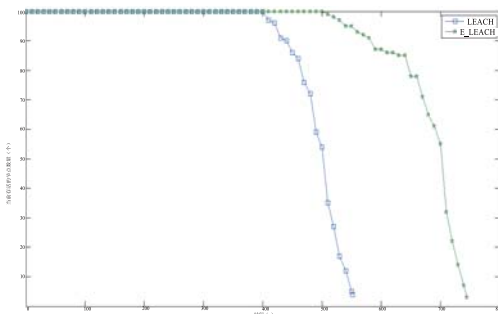


图 4 能量影响因子与节点剩余能量关系图

### 3 仿真实验

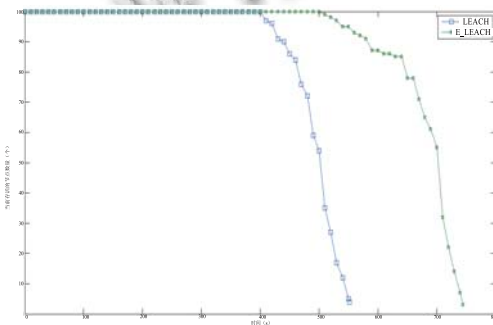


图 5 两种网络协议生命周期的比较

本实验在 Linux radhat9 系统下安装的 ns-allinone-2.27+MIT 安装包进行协议仿真, 基站位置设置在 (50,175), 理想位置点坐标为 (25,25),(25,75),(50,50),(75,25),(25,75)。其他参数采用 LEACH 协议默认的参数。图 5 为 LEACH 协议和改进簇头选举算法协议(E-LEACH)协议生命周期比较图。

从图 5 可以看出 LEACH 协议的第一节点死亡时间 FND 为 410s, E-LEACH 的 FND 为 500s, 相比之下 E-LEACH 提高率为 21.9.00%。LEACH 协议的半数节点死亡时间(Half Node Dead, HND)为 500s, E-LEACH 的 HND 为 705s, 相比之下 E-LEACH 提高率为 41.00%。LEACH 协议的 LND 为 551.7s, E-LEACH 的 FND 为 774.3s, 相比之下 E-LEACH 提高率为 40.35%。

LEACH 协议基站接收单位数据平均消耗能量 4.28mJ, E-LEACH 协议基站接收单位数据平均消耗能量 3.64mJ。可以得到, 改进方案接收单位数据比原方案节约能量 14.9%。

实验结果表明, 仿真结果与理论分析一致, 验证了理论的正确性。

### 4 结束语

本文改进了 LEACH 协议簇头选举算法, 考虑距离因素减少簇头边缘分布概率最小化簇内通信能量损耗; 考虑节点剩余能量对簇头选举的影响, 有利于节点消耗能量均衡提高网络生命周期。

### 参考文献

- 1 Annabathula P. Clustering with tree-based architecture: Protocol to extend life time of sensor networks [MS Thesis]. Southern Illinois University at Carbondale, Electrical and Computer Engineering, 2007.
- 2 Heinzelman WB, Chandrakasan AP, Balakrishnan H. An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks, Wireless Communications. IEEE Trans. on, 2002.10.1(4).
- 3 Soreanu P, Volkovich Z, Barzily Z. Energy-Efficient Predictive Jamming Holes Detection Protocol for Wireless Sensor Networks. The Second International Conference on Sensor Technologies and Applications. Aug. 2008.
- 4 Fan YM, Yu JJ. The Communication Protocol for Wireless Sensor Network about LEACH. International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops, 2007.
- 5 Veyseh M. Energy efficient clustering and routing protocols for wireless sensor networks[Master.D]. San Jose State University. 2005.
- 6 Hsu HL. An energy-efficient protocol for wireless sensor networks [MS Thesis]. The University of Texas at Arlington. 2003.