

# 一种基于 LEACH 协议的阈值模式簇头更换算法

许建真, 郭 丽, 台德鑫

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘 要:** 针对传统 LEACH 协议的不足, 提出了一种改进方案. 通过改变原有 LEACH 协议中簇头以轮为单位更换的方案, 采用多个条件判定其簇头节点是否变更, 从而节省簇头更换所带来的能量消耗, 增加了数据传输总量, 可以增加 sink 节点接受到的数据总量. 仿真结果表明, 与传统的 LEACH 协议相比, 改进后的算法 LEACH\_CHE 具有更高的能量使用率, 更长的生存时间而且接受的数据量更多.

**关键词:** 无线传感器网络; 簇头; 阈值; 生存时间

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2011)06-0131-04

## The Algorithm of Threshold Model Based on LEACH

XU Jian-zhen, GUO Li, Tai De-xin

(College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** An improved scheme is proposed under the consideration of the defect of LEACH in this paper. This proposal determines whether the cluster head has been changed by means multiple conditions instead of the original LEANCH protocol which takes the unit of 'round' as the cluster head. In that way, the energy could use for data transmission that is can increase the total amount data which sink node receives. Simulation results show that this algorithm possesses higher energy usage and longer survival time than those of LEACH.

**Key words:** wireless sensor networks; cluster head; threshold; survival time

### 1 引言

无线传感器网络是散布在一定区域的大量传感器节点, 通过无线通信方式形成多跳自组织的网络系统.

文中针对传统 LEACH<sup>[1]</sup> 协议的不足, 提出新的簇头变换算法 LEACH\_CHE (LEACH\_CLUSTER HEAD EXTENSION), 仿真结果表明, 仿真结果表明 LEACH\_CHE 进一步降低了能耗, 使网络具有更大的数据传输量并延长了网络的生存时间.

### 2 LEACH 协议

LEACH 协议优势在于以循环的方式在各个节点内随机地而非固定地选择某个节点作为簇头. 由于簇头节点所消耗的能量比较大, 如果一直采用单个簇头节点传送数据, 那么整个网络能量会迅速消

耗殆尽, 导致整个通信网不能正常运行<sup>[1]</sup>. 如果采用循环簇头工作方式, 这样就可以将网络通信负载平均分摊到各个节点, 从而延长整个网络的生存周期. 与普通平面多条路由协议相比, LEACH 协议可将网络生存时间延长 15%<sup>[1]</sup>.

同时, 它也存在一些不足之处: (1) 每轮簇头更换会导致大量能量的浪费, 而且在此轮中被选择的簇头, 只能保证下一轮不被选为簇头, 而以后则不可以保证. (2) 簇头的选择是随机的, 簇头的能量剩余问题考虑的不完善, 有可能导致某些节点的能量提早耗尽. (3) LEACH 协议在指定簇头节点时, 假定所有节点初始能量相同, 这点在 LEACH 协议开始运行的第一阶段或许成立, 但是在运行多轮之后, 各个节点的能量消耗大小不同, 所以其假设条件也存在一定问题.

因此, LEACH\_C<sup>[2]</sup> 协议对传统的 LEACH 协

议进行了改进,通过由 Sink 节点根据各个节点的能量大小和地理位置来选取相应簇头. LEACH\_C 协议虽然部分解决了 LEACH 协议的簇头选择不均匀问题,但是由于 Sink 节点的负责整个簇头的选取工作而导致其工作量增大;另外,簇内各个节点需要传送各自的数据给 Sink 节点,由于离 Sink 节点的地理位置远近不一也导致了这些节点的能量消耗不均衡<sup>[3]</sup>.

### 3 优化协议 LEACH\_CHE

#### 3.1 LEACH\_CHE 基本思想

针对 LEACH 协议的不足,文中对 LEACH 协议进行了以下优化.

对簇头的更换时间的优化:LEACH 协议是在每一轮数据传送完毕后无条件的更换簇头,以轮为单位,这样更换算法会浪费许多不必要的能源.文中通过改变簇头节点以轮更换的条件,采用以能量限定值来方式更换簇头节点.本文限定两个簇头节点更换条件,此两条件做“与”运算,只有两个条件都满足,才确定能更换簇头节点.

簇头选择的其中一个条件由节点剩余能量决定,每轮过后计算各个节点的剩余能量,这样就要使节点本身带有在整个网络中唯一的节点标识符(Node-ID)、节点本身的权值(Node-Weight)以及剩余能量信息(Node-Energy),以簇为单位传输给它的邻节点,这样同区域内的每个节点都相互知道其他簇内节点的相关信息,通过比较同簇内其他节点的剩余能量,选择能量最高的为本簇簇头.如簇中出现相同剩余能量的节点,且能量都为最高,则按节点的标识符顺序选定簇头.

#### 3.2 LEACH\_CHE 具体实现

(1) 在 LEACH 协议开始运行的第一阶段时,由于整个网络各节点能量初始值大体上都是相等的,或者相差不大,可以划分簇群,并对簇的簇头进行随机选择.在数据传输期间,设定 Node-Energy 值,它是一维数组浮点型类型,记录簇头节点在选定为簇头时的剩余能量以及在一轮数据完成之后的剩余能量.

(2) 原 LEACH 协议是在第一轮传送信息完成之后,就要更换簇头.本算法通过设定一个阈值 AE (Average Energy) 来判定簇头节点是否需要更换.即如果此轮的簇头剩余能量小于 AE,则立刻更换;如果大于 2 倍的 AE(选 2 的原因是至少该簇头还可以再一次继续担任簇头),则下轮仍以该节点为簇

头,防止过度的消耗该节点的能量.通过在每个节点上设定一个限定值  $a$ ,初始化  $a=0$ ,在该节点选作为簇头时, $a$  进行加 1 运算,而且在该节点连续被选为簇头时, $a$  继续做  $a++$  运算,但是如果该簇头已经被替换,则初始化  $a$  为零;如果  $a>3$ (由于前面的条件是大于 2 倍的 AE 的原因,所以此处选 3 为限定值),则不管该簇头的剩余能量是否大于 AE 的两倍,都要更换簇头.也就是说,簇头是否更换的条件有两个:

- ① 簇头的剩余能量是否大于 AE 的两倍;
- ② 簇头的限定值  $a$  是否小于 3.

两个条件做相与运算,如果结果成立则表示该簇头还可以担任下一轮的簇头,而如果不成立,则都需要更换簇头,整体模型如图 1 所示.

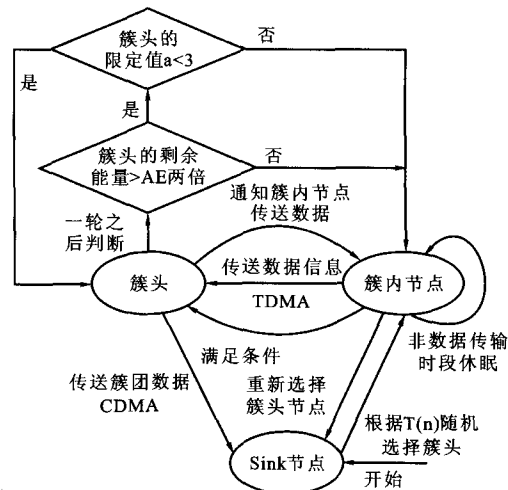


图 1 LEACH\_CHE 数据传输方式

#### (3) 关于 AE 的计算

由于每个节点的初始能量都是均衡的,所以在一开始选择簇头时可以按照 LEACH 协议的公式(1)来选择随机的选择簇头,但是与 LEACH 协议不同的是,在 LEACH\_CHE 协议中每个节点中必须添加 Node-ID、Node-Weight、Node-Energy 值来标识自身 ID、权值以及所剩下的能量,用以下一轮计算 AE 值以及选择新的簇头使用.

当第一轮数据传递完成之后,簇头节点开始统计 AE 值,而 AE 值的计算采用加权平均的方法,其中最重要的两个参数即 Node-Weight 和 Node-Energy. 其中 Node-Energy 的值由节点本身自己获得,Node-Weight 值由计算获得.

Node-Weight 值代表着节点本身的权值,其值大小由节点所在簇团的地理位置所决定.由于本协议根据初始值随机选择簇头节点,并没有考虑到当选为簇头的节点的地理位置,导致了之后的簇头

地理分布不均. 为优化簇头节点选择,文中以地理位置不同代表权值 Node-Weight 大小. 具体的计算过程如下:

① 在第一轮簇头随机选择过程中,由簇头记录整个簇内的节点个数,并在稳定阶段节点向 CH 传递信息的空隙传递给节点,使簇内的所有节点都记录下簇内节点的总数,设为  $N$ .

② 簇内的每个节点运行 ICMP 协议,先设置数据包中 TTL 值为 1,向邻近节点发送此类报文包,收到该数据包的节点返回一个报文到源节点,源节点记录返回包的个数,之后把 TTL 设置为 2,以此循环. 为了节省能量, TTL 值一直循环到  $\text{Num} = \min\{n/3, 30\}$  为止.

③ 每个节点之后自动筛选重复节点的跳数,计算 TTL 为 1 时,有多少节点发送跳数,一直计算到  $N$ .

④ 计算一个总和  $T$ , 设  $\text{TTL} = 1$  的节点个数为  $t_1$ ,  $\text{TTL} = 2$  的节点个数为  $t_2$ , 以此类推.

$$T = t_1 * N + t_2 * (N - 1) \cdots + t_n * (N - n + 1) + \cdots + t_N * 1$$
 (1)

其中,  $T$  表示每个簇内节点的权重,权重越大的表示它成为簇头的可能性以及 Node-Weight 值越大.

⑤ 把  $T$  转化成 Node-Weight, 公式如下:

$$\text{Node-Weight} = T / (N - 1) * \ln(1 + Ax) / \ln(1 + A)$$
 (2)

其中,  $A$  表示任意常数.  $x$  取的是  $0 \sim 1$  之间的随机数, Node-Weight 的值越小,表示它成选为簇头的可能性越小. Node-Weight 值计算出来后,根据 Node-Energy 和 Node-Weight 的值求出  $AE$  的公式如下:

$$AE = \left[ \sum_{n=1}^{n=N} (i+1)(q * NE + q^2 * NE * NW) + \sum_{n=1}^{n=N} i * q * NE \right] / \sum_{n=1}^{n=N} NW$$
 (3)

其中,  $NE$  为 Node-Energy,  $NW$  为 Node-Weight,  $i$  表示 TTL 所统计的跳数,  $p$  表示  $0 \sim 1$  之间的随机数.

(4) 簇头的更换

由于  $AE$  值计算出来,所以在一轮之后如果簇头节点的  $\text{Node-Energy} > AE$  而且  $a < 3$ ,则表示该簇头可以再下一轮继续担任簇头,而无需进行更换,这样就可以减少节点能量的消耗.

如果条件不满足,则更换簇头,簇头的更换还是按照原 LEACH 协议.

4 仿真分析

衡量 LEACH 协议的好坏主要是考察整个无线传感器网络的数据传输效率以及整个网络的生存时间<sup>[3]</sup>.

在 Ubuntu8.04 下搭建一个 NS2(版本为 2.33) 仿真平台进行仿真,将 LEACH\_CHE 协议对全部节点的能量使用率以及整个网络的生存时间与原 LEACH 协议进行比较.

仿真实验分别考察的是 100 个自带 Node-ID, Node-Energy 以及 Node-Weight 三个参数的节点自动分布在长宽都是 100m 的正方形传感器网络(100m, 100m)中以及 500 个自带以上三个参数的分布在(500m \* 500m)的传感器网络中,而 Sink 节点均设在(50m, 170m)处,设置所有节点的初始能量为 2J,而且性能完全一致.

网络仿真的性能指标是 Sink 节点接收到的数据总量大小以及整个网络的生存时间. 而其中的网络生存时间是整个传感器网络性能的关键所在,其定义为,在整个 WSN 中,若最后一个节点能量耗尽,则整个传感器网络失效.

根据 3.2 节介绍的改进措施,簇头的更换要根据两个条件  $AE$  和  $a$  的值,其中  $AE$  的值根据公式(1)~(3)算出,仿真结果如图 2、图 3 所示.

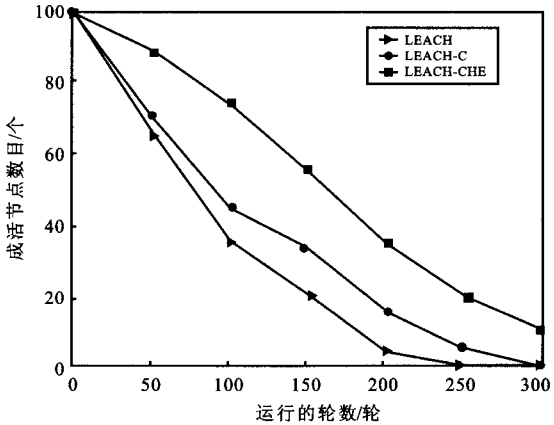


图 2 100 个节点的网络生存时间

可以看出, LEACH\_CHE 协议相对于 LEACH 协议和 LEACH\_C 协议而言,其生存时间明显提高. 从变化趋势来看,可以得知,随着节点个数的增多, LEACH\_CHE 协议作用于整个网络生存时间的效果更加明显.

图 4 表示的是 LEACH, LEACH\_C 以及 LEACH\_CHE 算法中汇聚节点接收到的数据量. 通过仿真结果可以看出, LEACH\_CHE 的性能好于

LEACH 以及 LEACH\_C 协议。

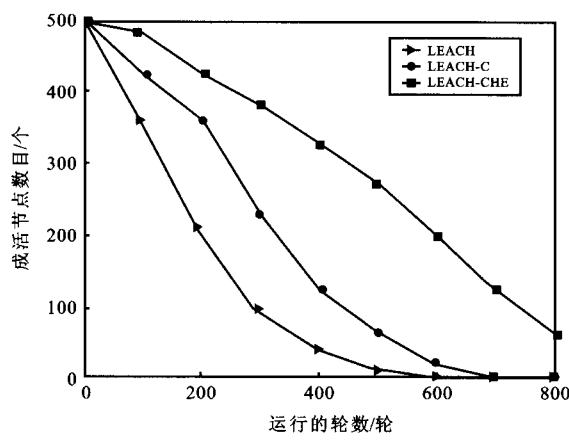


图 3 500 个节点的网络生存时间

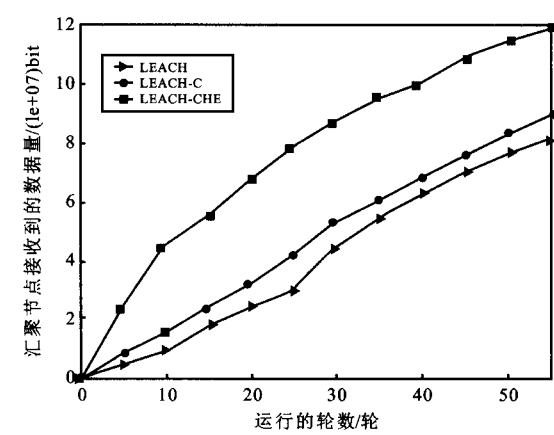


图 4 汇聚节点接收到的数据量

根据第 3 节结合图 5 可以得出以下结论：

- (1) 在 LEACH\_CHE 算法中,簇头是根据节点剩余能量权值所产生的,簇头可以较好的负担起较大的能量消耗.
- (2) 由于簇头的更换并不是以轮为单位的,所以在其相对于 LEACH 协议而言,更换簇头的次数要少得多,在原本更换簇头的时间内可以完成数据的传输.

簇头发送数据量：

$$E_{\text{CHE-s}} = N * l * a/n * E_{\text{init}} + N * l * a/n * d^4 \tag{4}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{CHE-res}} &= \sum_1^{N/n-1} (l * E_{\text{CHE-s}}) \\ &= (N/n - 1) * l * E_{\text{CHE-s}} \end{aligned} \tag{5}$$

其中,  $a$  为簇首节点的数据聚合率,  $0 < a < 1$ ;  $E_{\text{init}}$  为节点的初始带的能量;  $l$  为每个节点平均采集到的数

量;  $d$  为簇头的范围;  $E_{\text{CHE-s}}$  为 LEACH-CHE 簇头节点发送的数据量;  $E_{\text{CHE-res}}$  为 Sink 节点接受到的数据量.

可以看出, 在 LEACH\_C 协议和 LEACH 协议中, Sink 节点接收到的数据量基本一致, 是由于 LEACH\_C 节点并没有改进 LEACH 协议簇头选择的问题, 所以在数据的接收方面没有较大的改进, 而 LEACH\_CHE 协议由于簇头并不是以轮为单位替换的, 所以簇头更换的频率相对于 LEACH 协议和 LEACH\_C 协议要较小, 而使得数据传输的时间变长.

5 结束语

文中在深入分析了 LEACH 协议以及 LEACH\_C 的基础上, 针对其不足, 提出了一种改进型路由算法 LEACH\_CHE. 该算法以 LEACH 协议为基础, 通过改进簇头更换条件, 使得传感器节点的能量消耗减少, 网络生存时间增长, 同时增强了 Sink 节点接受到的数据量. 仿真结果表明: LEACH\_CHE 协议相对 LEACH 与 LEACH\_C 协议, 在总体性能上具备较明显的优势.

参考文献：

[1] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]// Proc of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2000:3005-3014.

[2] Wendi B Heinzelman. An application-specific protocol architecture for wireless microsen or networks [J]. IEEE Transaction on Wireless Communications, 2002, 1 (4), 660-670.

[3] 王刚, 王长山. Leach 协议簇头节点选取策略的改进[J]. 微电子学与计算机, 2009(7): 1-3.

作者简介：

许建真 男, (1966-), 教授. 研究方向为计算机通信与网间互连技术.

郭丽 女, (1987-), 硕士研究生. 研究方向为计算机通信与网间互连技术.

台德鑫 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为计算机通信与网间互连技术.