

文章编号: 1005-8451 (2011) 01-0040-03

## 基于同心圆分簇的无线传感器网络路由协议的研究

田董涛, 王根英

(北京交通大学 通信与信息系统北京市重点实验室, 北京 100044)

**摘要:** 针对无线传感器网络中 LEACH 协议的簇头分布不均匀以及不适合远距离传输数据的缺点, 提出一种基于同心圆的分簇路由协议 (CBCR)。CBCR 不仅改进选簇方法, 而且引入管理节点负责簇头的选举。给出该协议的实现过程, 通过与 LEACH 的比较, 证明该协议能有效延长网络存活时间。

**关键词:** 无线传感器网络; 路由协议; 同心圆分簇方法

中图分类号: U285.2 文献标识码: A

### Research on concentric-based clustering routing protocol in wireless sensor networks

TIAN Dong-tao, WANG Gen-ying

(Key Laboratory of Communication and Information Systems of Beijing Municipal Commission of Education, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** In wireless sensor network, the protocol LEACH had shortcomings of cluster head being uneven and not being suitable for long-distance data transmission, this paper proposed the concentric-based clustering routing(CBCR) protocol. CBCR protocol improved the method for selecting the cluster, introduced the management nodes to select cluster head. In this paper, the implementation of protocol was given and the comparison with the LEACH showed that the protocol could effectively prolong the survival time of the network.

**Key words:** Wireless Sensor Network(WSN); Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy(LEACH)routing protocol; concentric clustering scheme

随着无线通信、电子与传感器技术的发展, 无线传感器网络 (WSN) 引起了人们的广泛关注。无线传感器网络由具有传感、数据处理和短距离无线通信功能的传感器组成, 在军事国防、环境监测、生物医疗、抢险救灾以及商业应用等领域具有广阔的应用前景。无线传感器网络基本特点可以概括为: 能量受限、网络规模大、节点移动性差、网络拓扑易变化、数据冗余以及数据流量分布不均匀等, 因此对于无线传感器网络, 路由协议的设计具有挑战性<sup>[1]</sup>。

### 1 LEACH 协议

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 协议是 MIT 的 Chandrakasan 等人为 WSN 设计的低功耗自适应路由算法, 它的执行过程是周期性的, 一个周期为一轮, 每轮分为簇的建立阶段和稳定数据通信阶段<sup>[2]</sup>。在簇的建立阶段,

收稿日期: 2010-05-19

作者简介: 田董涛, 在读硕士研究生; 王根英, 副教授。

相邻节点动态地形成簇, 随机产生簇头, 数据通信阶段, 簇内节点把数据发送给簇头, 簇头进行数据融合并把结果发送到 Sink 节点。

LEACH 协议能有效节省能量, 延长网络的生存时间, 使网络中的节点相对均衡地消耗能量, 但是, LEACH 协议存在以下问题:

(1) LEACH 协议的簇头是随机选取的, 不能保证簇头均匀地分布在整个网络中。

(2) 每轮建立簇的花费代价较高。在每一轮中, 所有簇头节点需要向其它节点发送一个信号以确定它的簇内节点。

(3) 簇头节点直接发送融合后的数据给远处的 Sink 节点, 节点将消耗大量能量。

### 2 CBCR 协议

#### 2.1 利用同心圆方法分簇

假定 Sink 节点具有较强的存储和计算能力, 并且能量可以得到补充, Sink 节点位于区域中心位置, 可以通过 GPS 或者节点定位算法来获得每

个节点的位置信息, 将每个节点的位置信息和能量信息发送到 Sink 节点。通过 Sink 节点发射信号的强弱来划分节点所在区域, 将所在区域划分成同心圆, 距离 Sink 节点最近的一层为层 1, 依次将区域划分成层 2, 层 3, …, 层越高, 说明节点距离 Sink 节点越远。

将每一层的节点标识上层 ID 号, ID 由低到高依次为 1, 2, 3, …。Sink 节点再将区域划分成 6 个扇区, 每个扇区的角度为  $60^\circ$ , 这样设计的目的是使同一扇区内节点的距离限制在最高层的半径内<sup>[3]</sup>。用层和扇区将区域划分成多个簇, 现给出两个扇区的节点分簇, 如图 1。

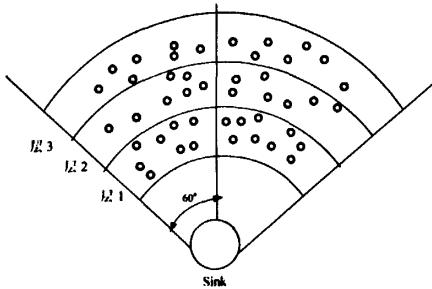


图 1 节点分簇

Sink 节点将划分结果通过路由信息进行广播, 告知每个节点。簇一旦形成就在整个数据传输阶段保持不变。

## 2.2 选举簇头节点和管理节点

通过节点的位置信息和能量信息, Sink 节点在每个簇内选出两个能量值最高的节点分别作为簇头节点和管理节点, Sink 节点将分簇结果通过路由信息告知其他节点, 如图 2。

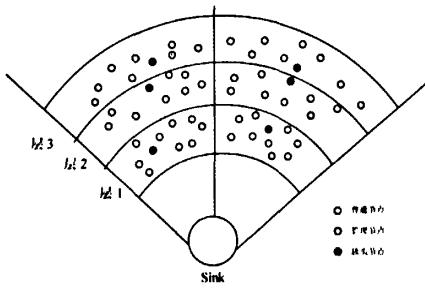


图 2 选举簇头节点和管理节点

当簇头节点出现故障或是能量小于某个阈值时, 该簇头节点成为普通节点, 重新在簇内选举簇

头节点, 这样避免了频繁选举簇头造成的能力消耗。管理节点负责在数据传输阶段侦听簇头节点的活动, 一旦发现簇头失去作用, 便在整个簇内宣告簇头死亡并在簇内重新选举簇头, 并在簇内广播选举结果。

## 2.3 数据传输

在该协议中, 每个簇内建立 TDMA 时隙表, 簇内的普通节点按 TDMA 时隙表把数据发送给自己所属簇的簇头节点, 簇头节点将接收的数据进行融合, 传送给同一扇区内低层的簇头节点, 这样最低层的簇头节点将数据发送到 Sink 节点, 传输过程如图 3。

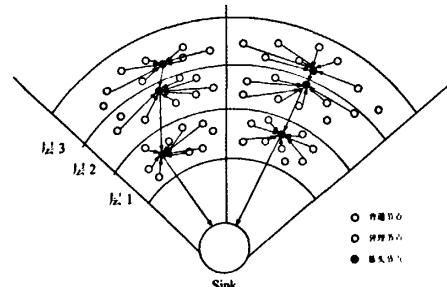


图 3 数据传输

这样, 每个扇区内的簇头采用多条路由方式传输数据, 已有研究表明, 当簇头向 Sink 节点进行长距离数据传输时, 采用多条路由的方式更能节省能量消耗。

## 3 能量模型及网络生存时间的比较

根据传输距离不同, 采用不同能量消耗模型:

(1) 当传输距离小于阈值  $r_0$  时, 采用自由空间模型, 即发送方发送数据的能量与距离的平方呈正比。

(2) 当传输距离大于阈值  $r_0$  时采用多路衰减模型, 即发送方发送数据的能量与距离的 4 次方呈正比<sup>[4]</sup>。发送 K 比特, 传送距离为 d, 发送方消耗的能量见公式 (1)。

$$E_T(k, d) = \begin{cases} kE_{elec} + k\epsilon_{fs}d^2 & d < r_0 \\ kE_{elec} + k\epsilon_{fr}d^4 & d > r_0 \end{cases} \quad (1)$$

式 (1) 中,  $E_{elec}$  表示发射电路与接收电路的基本能耗,  $\epsilon_{fs}$ ,  $\epsilon_{fr}$  分别为这 2 种模型中功率放

大所需的能量。接收方消耗的能量见公式(2)。

$$E_R(k) = E_{elec} \times k \quad (2)$$

网络生存时间是从网络开始工作到网络中最后一个节点死亡之间的时间,由于这段时间不能直接计算,本文根据每一轮数据传输消耗的能量,比较LEACH协议和CBCR协议的网络生存时间,进而对两种协议的性能进行比较。

假设两种协议中每个节点传输的数据包比特数相同,均为K比特,每一轮从采集数据到Sink节点包括两部分能量消耗,即普通节点的能量消耗和簇头节点的能量消耗。

对于LEACH,整个网络一次数据传送消耗的能量为 $E_{LEACH}$ , $E_{LEACH}=E_{CH}+E_{NCH}$ , $E_{CH}$ 表示簇头节点消耗的能量, $E_{NCH}$ 表示非簇头节点消耗的能量。

$$E_{CH}=N[n_c E_R(k) + E_T(k, d_1)] \quad (3)$$

式(3)中, $n_c$ 为平均每个簇包含的普通节点数, $N$ 为簇头数, $d_1$ 为簇头到Sink节点的平均距离。

$$E_{NCH}=(n-N)E_R(k, \bar{d}_2) \quad (4)$$

式(4)中, $n$ 为总节点数, $\bar{d}_2$ 为所有普通节点到相应簇头的平均距离。

同样,对于CBCR协议,整个网络一次数据传送消耗的能量为 $E_{CBCR}$ , $E_{CBCR}=E_{CH}+E_{NCH}$ , $E_{CH}$ 表示簇头节点消耗的能量, $E_{NCH}$ 表示非簇头节点消耗的能量。

$$E_{CH}=N\bar{n}_c E_R(k) + (N-6)E_T(k, \bar{d}_3) + (N-6)E_R(k) + 6E_T(k, \bar{d}_4) \quad (5)$$

式(5)中, $\bar{d}_3$ 为相邻两层簇头节点的平均距离, $d_4$ 为传送到Sink节点的簇头节点与Sink节点的平均距离。

$$E_{NCH}=(n-N)E_T(k, \bar{d}_5) \quad (6)$$

式(6)中, $\bar{d}_5$ 为簇内普通节点到簇头节点的平均距离。

文中假设180个节点均匀分布在半径为200 m的圆形区域中,Sink节点位于区域中心,且, $\varepsilon_f=10 \text{ pJ/b/m}^2$ , $\varepsilon_r=0.0013 \text{ pJ/b/m}^2$ , $k=2000 \text{ bit}$ , $N=18$ , $\bar{n}_c=8$ , $d_1=125 \text{ m}$ , $\bar{d}_2=50 \text{ m}$ , $d_3=50 \text{ m}$ , $\bar{d}_4=75 \text{ m}$ , $d_5=30 \text{ m}$ , $r_0=87.7 \text{ m}$ ,带入公式(3)、(4)、(5)、(6),得:

$$E_{LEACH}=4.9226 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{CBCR}=3.2463 \times 10^{-2} \text{ J}$$

由此可见,CBCR协议每轮消耗的能量小于

LEACH,因此CBCR协议延长了网络生存时间。

#### 4 CBCR协议的优点

(1) CBCR将整个网络划分为若干个固定的簇,在数据传输阶段中,减少了频繁建立簇的过程,节省了大量能量。

(2) CBCR引入了同心圆分簇的方法,建立了层间路由,采用多条路由方式,避免了LEACH中单条路由中节点快速消耗能量而死亡的情况,同时提高了网络的可扩展性。

(3) CBCR引入了管理节点,管理节点负责在簇内侦听簇头的状态,发现簇头失去作用便在簇内选举簇头,减少了每轮选举簇头的过程,节省了大量能量。

#### 5 结束语

针对无线传感器网络中LEACH路由协议存在传输距离有限,网络生存时间短的问题,本文提出了CBCR协议,并对该协议的工作过程进行了详细的论述。通过对LEACH和CBCR两种协议每轮能量消耗的计算,证明了CBCR的网络生命周期比LEACH协议更长,具有更好的节能性。

#### 参考文献:

- [1] 沈波,张世永,钟亦平.无线传感器网络分簇路由协议[J].软件学报,2006,17(7):1588-1600.
- [2] 吴迪,胡钢,倪刚,张卓,李威.无线传感器网络多路径簇头链分簇式路由算法[J].计算机工程与科学,2008,30(6):101-105.
- [3] Sai Krishna Tejaswi N, Rama Murthy Garimella. Meshed multipath routing with leveling in Route Discovery: An efficient strategy in wireless sensor networks[C]. International Symposium on Wireless Pervasive Computing (ISWPC). Melbourne, VIC, 2009:1-5.
- [4] Sung-Min Jung, Young-Ju Han, Tai-Myoung Chung. The Concentric Clustering Scheme for Efficient Energy Consumption in the PEGASIS[C]. International Conference on Advanced Communication Technology. Gangwon-Do, 2007:260-265.
- [5] 彭铎,张秋余,贾科军.能量高效的无线传感器网络分簇路由协议[J].计算机工程,2009,35(17):123-125.