

文章编号:1001-9081(2008)07-1835-03

使用变长轮方法改善轮内死亡问题的研究

陈兰兰¹, 郭晓金¹, 蒋新春², 黄宇¹

(1. 重庆邮电大学 通信与信息工程学院, 重庆 400065; 2. 重庆邮电大学 计算机学院, 重庆 400065)

(chenlanlan88@yahoo.com.cn)

摘要: 针对基于 LEACH 以轮为操作单位的算法存在的轮内死亡问题, 提出了变长轮的思想, 即轮长随网络能量的变化而变化。有效地解决了因轮长过大, 导致多数簇头轮内死亡; 轮长过小, 造成没有必要的能量消耗和频繁的簇头更迭的问题。仿真结果表明: 变长轮方法较传统的定长轮方法提高了网络使用效率, 增强了网络的可用性。

关键词: 无线传感器网络; LEACH; 轮

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

Research on improving a problem of the cluster-heads' death in a round using a variable round method

CHEN Lan-lan¹, GUO Xiao-jin¹, JIANG Xin-chun², HUANG Yu¹

(1. College of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 40065, China;

2. College of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 40065, China)

Abstract: To solve the problem of cluster-heads' death in the LEACH-based algorithms for WSNs, a variable round mechanism was proposed in this paper. It effectively solves the problem that when the rounds last too long, it appears that cluster-heads die in the rounds and when the round time is too small, the overhead energy wastes and the frequent alternation takes place. The simulation shows that the method of variable round enhances the efficiency in energy-consumed and the usability of WSNs.

Key words: Wireless Sensor Networks(WSNs); LEACH; round

0 引言

WSNs 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。它综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等, 能够通过各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息, 这些信息通过无线方式被发送, 并以自组织多跳的通信方式传送到用户终端。传感器网络已经引起了许多国家学术界和工业界的高度重视, 被认为是对 21 世纪产生巨大影响力的技术之一^[1]。在不同的领域, 无线传感器网络得到了广泛的应用。由于网络中节点的能量、带宽的限制, 对无线传感器网络的设计提出了特有的挑战^[2,4]。从网络层角度上看, 为无线传感器网络高效地感应信号、尽可能地节约能量, 出现了多种数据路由^[3](SPIN^[5]、Direct Diffusion^[6]、LEACH^[7-8])。它们的核心思想是减少能量的消耗, 在某一时刻仅有少量的相关节点参与数据路由。

1 基于 LEACH 路由的轮时间片问题

1.1 基于 LEACH 路由的算法

LEACH 是一种自适应聚类算法, 其基本思想是: 在整个无线传感器网络中随机选择节点, 将能量分布于整个网络, 完成数据收集任务。

LEACH 的基本操作单元是轮, 每一轮可以分成两个阶段: 建立阶段和稳定数据传送阶段。簇建立阶段又可以分为簇头选择、形成簇、建立 TDMA 时间表三个子阶段。

LEACH-C 针对 LEACH 算法在产生簇头阶段未能考虑簇头位置信息、未能解决均匀分布的问题, 提出了在簇头建立阶段, 由基站完成簇头选择的方法。由于簇头分布均匀了, 从全局来看 LEACH-C 的能量消耗比 LEACH 低, 延长了使用寿命。

为了减少 LEACH-C 中每轮节点都向基站报告能量情况而带来的能量消耗问题, 预测能量消耗法(predicted current remaining energy^[9])通过每轮的预测剩余能量来减少向其基站汇报能量的次数。

所有基于 LEACH 的算法都将基本操作分成了轮, 每轮由一个一个数据帧组成, 每一个节点在簇内与该簇头通信对应一个时隙。

1.2 簇头轮内死亡问题

基于 LEACH 的算法都有相似的数据帧格式(如图 1)。

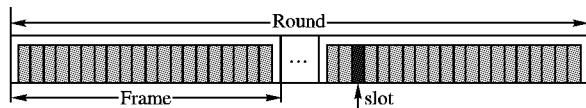


图 1 LEACH 帧结构

每一轮可根据簇成员个数划分为若干帧, 每一帧的一个时隙对应一个簇成员。每帧中的最后时隙用作簇头节点与基站通信。鉴于簇头节点在网络中的重要作用, 既要接收簇成

收稿日期:2008-01-16;修回日期:2008-03-13。

作者简介: 陈兰兰(1984-), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要研究方向: 通信网络、无线传感器网络; 郭晓金(1974-), 男, 山东泰安人, 副教授, 博士, 主要研究方向: 无线传感器网络; 蒋新春(1981-), 男, 新疆哈密人, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机网络、无线传感器网络; 黄宇(1984-), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 主要研究方向: OFDM。

员的数据,又要向基站汇报数据,簇头节点必须具有较高的可靠性。虽然 LEACH-C 等基于 LEACH 的改进算法皆能保证簇头节点能量相对较高,但是在网络算法运行的后期,所有节点能量均不高,而每一轮时间片过长时,簇头节点将无法完成数据聚合信息的任务。这种问题出现在所有划分为轮的算法中。

在基于 LEACH 的算法中,某一簇头节点因一轮时间未到而过早死亡时,将导致簇内节点失去了汇聚点,无法向基站汇报感应信息,基站也将失去相应数据,这种情况给一个网络的正确使用带来很大影响。

该情况下,算法可以做以下三种选择:1)所有簇内节点就此等待下一轮开始;2)所有成员直接与基站通信;3)该簇内的节点再重新选择一个新簇点来完成余下轮时间片工作。

第 1 种情况:算法中实现简单,会失去了相应区域的节点信息,因此不可取。

第 2 种情况:将导致整个网络的能量消耗剧增,导致部分低能量节点很快死亡。

第 3 种情况:对于一个多跳的簇结构网络来说,实现困难,不仅要向本簇内广播,还要向相关联的簇头节点报告。

综上所述,簇头轮内死亡是无线传感器网络亟待解决的一个重要问题。要解决该问题可以采用变长轮的方法。

2 变长轮机制

2.1 能量消耗分析

对于上述基于 LEACH 的轮概念的算法,都有相类似的能量消耗模型。

每帧非簇头节点消耗的能量为:

$$E'_{\text{non-CH}} = l \cdot E_{\text{elec}} + \varepsilon_{fs} d_{\text{toBS}}^2 \quad (1)$$

在 n 个节点的簇内,每帧簇头节点消耗的能量为:

$$E'_{\text{CH}} = \begin{cases} n \cdot lE_{\text{elec}} + lE_{\text{elec}} + \varepsilon_{fs} d_{\text{toBS}}^2 & (d_{\text{toBS}} < d_0) \\ n \cdot lE_{\text{elec}} + lE_{\text{elec}} + \varepsilon_{mp} d_{\text{toBS}}^4 & (d_{\text{toBS}} > d_0) \end{cases} \quad (2)$$

在以时间长度为 T 、每一个时隙大小为 μ ,由 n 个成员节点组成的簇中,每轮能量消耗为:

$$E_{\text{non-CH}} = \left(\frac{T}{n\mu} \right) \times E'_{\text{non-CH}} \quad (3)$$

$$E_{\text{CH}} = \left(\frac{T}{n\mu} \right) \times E'_{\text{CH}} \quad (4)$$

由于基于 LEACH 的算法都有一个生成簇头、形成簇、构建 TDMA 时间表的过程,这一个过程的开销也是能量消耗的一部分,即 E_{overhead} ,而 E_{overhead} 的大小随不同情况而不等。

由上述各式可知,当 T 越大,效率 r 就越高。

$$r = \frac{(T/n\mu)E'_{\text{non-CH}} + (T/n\mu)E'_{\text{CH}}}{(T/n\mu)E'_{\text{non-CH}} + (T/n\mu)E'_{\text{CH}} + E_{\text{overhead}}} \quad (5)$$

最佳是 $T = T_{\text{Net}}$,整个算法过程中仅有一次 E_{overhead} 产生。但由于传感器节点的能量有限,任何一个节点都不可能在 T_{Net} 内承担簇头工作。加之,在网络后期,结点可能由于能量较低而出现轮内死亡的情况,这样,对网络的有效能量利用造成影响。为应对该问题,可以采用变长轮的方法解决。

2.2 轮内死亡的量化分析

非簇头节点的能耗为式(1),每轮簇头节点的能耗为式(2)。为了不出现每一轮内簇头节点死亡,要求: $E_{\text{CH}} < E_{\text{initial}}$ (E_{initial} 为一轮开始时簇头节点初始能量)。

将得到 T 的上限:

$$T < \frac{E_{\text{initial}} \cdot n\mu}{E'_{\text{CH}}} \quad (6)$$

为防止簇头节点轮内死亡,可以采取预约能量的方法来解决。

预约能量法:首先能够保证簇头节点具有相对较高的能量,可以参照 LEACH-C。在一个有 n 个成员的簇内,初始能量均等,在 $n+1$ 个节点中预约能量 E 供簇头使用,而剩余能量则由非簇头节点消耗。这样簇内节点能量总和被分成了两部分:簇头能量和非簇头能量。能量分配的要求是,在每个节点都成为簇头之前,尽可能少的节点死亡或者不死亡。这样得到:

$$\frac{(n+1)E}{E'_{\text{CH}}} = \frac{[E_{\text{total}} - (n+1)E]}{n\beta E'_{\text{non-CH}}} \quad (7)$$

其中 β 为没有死亡的节点百分数。而轮时间片长度 $T = \frac{n\mu E}{E'_{\text{CH}}}$ 得到:

$$T = \frac{n\mu E_{\text{total}}}{(n+1) \cdot (n\alpha\beta + 1) \cdot E'_{\text{CH}}} \quad (8)$$

其中 $\alpha = \frac{E'_{\text{non-CH}}}{E'_{\text{CH}}}$ 非簇头能量与簇头能量的比值。

3 仿真与分析

3.1 系统模型

为对比变长轮与定长轮机制的不同效果,仿真过程中使用 Linux fc7、NS-2 来实现 LEACH 算法。仿真实验中,主要采用下列参数进行 LEACH 仿真,见表 1。

表 1 参数表

参数	值
网络规模	100 m × 100 m
节点个数	100
基站位置	(50, 200)
簇头个数	5
初始能量	1 J
E_{elec}	50 nJ
ε_{fs}	10 pJ
ε_{mp}	0.0013 pJ
μ	4.2 ms

3.2 变长轮与固定轮长数据对比

在系统中,首先按文献[8]中所规定 $T = 10$ s 作为轮时间片长度。仿真结果显示在网络的后期,10 s 的轮长将导致大量的簇头节点轮内死亡,如图 2 所示。

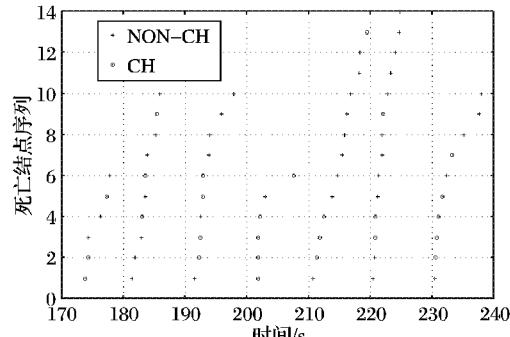


图 2 轮长为 10 s 时,簇点轮内死亡情况

如图 2 可知:在第 17 ~ 23 轮中,5 个簇头至少有 3 个在簇

内死亡,而在多数簇头在前半段轮内就死亡。

为了解决由于轮时间过长而导致的轮内死亡的问题,在仿真过程中,将轮时间片长设为5 s。这样减少了与10 s相同时间内,簇头轮内死亡的情况,但在网络后继的发展中,轮内死亡情况依然严重。而且将轮长固定于5 s,不适应于能量较足的网络初期,使用能量使用效率下降。如图3、图4所示。

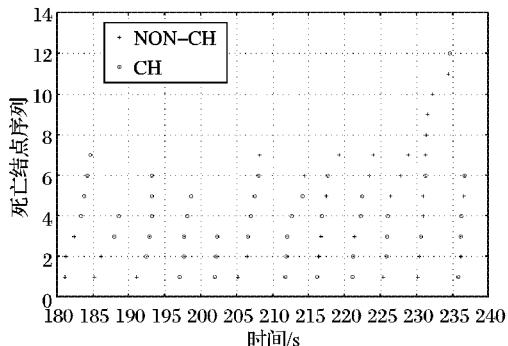


图3 时间长为5 s时,簇头节点轮内死亡情况

从图3得知,对应于5 s网络的后期,簇头轮内死亡问题依旧存在。如在195 s开始的第37轮中,5个簇头都在轮内死亡。

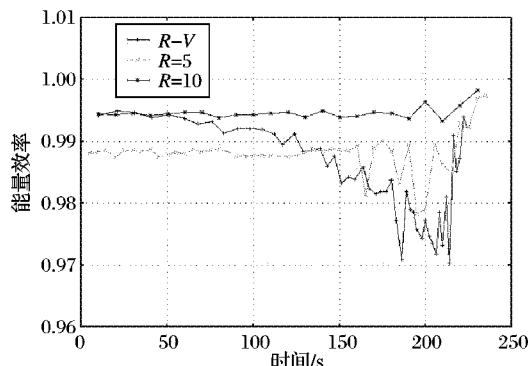


图4 不同长度轮长,能量使用效率对比图

如图4所示,对于一个轮长为5 s的网络而言,前30轮内能量的使用效率不高,导致没有必要更换簇头的情况发生。

不论轮长规定值的大小如何,没有一个固定的轮长既能满足能量效率要求,又能防止过多出现簇头轮内死亡的情况发生。根据式(8),仿真变长轮的算法,仿真结果证明 对于网络初期,轮时间片因能量充足而较长,提高了能量使用效率,减少了不必要的簇头更迭;网络后期,由于能量不足,为减少簇头的轮内死亡情况的发生,轮时间片逐渐减小。

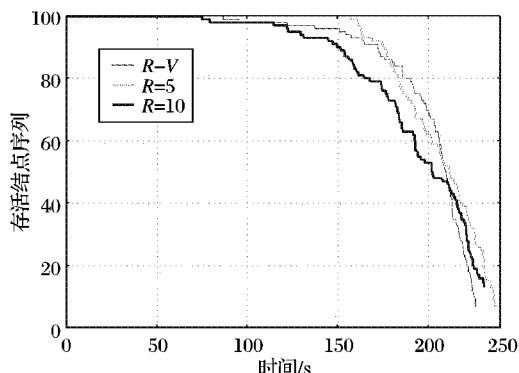


图5 不同轮长,网络节点死亡情况对比图

如图5所示,变长轮算法中,节点死亡情况好于轮长为10 s的情况。

如图6所示,变长轮算法有效地控制了簇头节点在轮内死亡的问题。对比定长轮的情况,还可以看到,变长轮节点死亡皆在轮时间片的后期,而采用定长轮簇头轮内死亡多数发生在一轮的前半段。

4 结束语

由于LEACH等基于簇的路由算法,需将操作划分为轮,每一轮的长短对整个网络有很大影响。如果T过小,那么能量的使用效率低,导致没有必要的簇头更迭,而当T过大时将导致整个网络出现轮内死亡问题。

所以本文采取一种变长轮的方法来改善上述问题。该方法同样可适用与其他基于轮操作的算法。

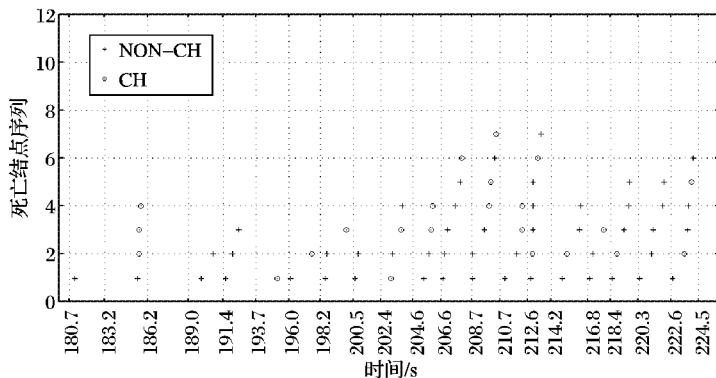


图6 不定轮长簇头节点死亡情况图

参考文献:

- [1] 孙利民. 无线传感器网络 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] TUBAISHAT M, PONDURN V A S. Sensor networks: an overview [J]. IEEE Potentials, 2003, 22(2): 20–23.
- [3] AI-KARAKI N, KARNAL E. Routing techniques in wireless sensor networks: A survey [J]. IEEE Wireless Communications, 2004, 11(6): 6–28.
- [4] AKYILDIZ I F, SU W, YOGESH S, et al. A survey on sensor networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102–114.
- [5] HEINZELMAN W, KULIK J, BALAKRISHNAN H. Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks [C]//Proceeding of the 5th ACM/IEEE Mobicom Conference(MobiCom '99). San Diego: ACM Press, 1999: 174–185.
- [6] INTANAGONWIWAT C, GOVINDAN R, ESTRIN D. Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks [C]// Proceedings of ACM MobiCom '00. San Diego: ACM Press, 2000: 56–67.
- [7] HEINZELMAN W, CHANDRAKASAN A, BALAKRISHNAN H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks [C]// Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00). Hawaii: IEEE Computer Society, 2000: 3005–3014.
- [8] HEINZELMAN W B, CHANDRAKASAN A P, ALAKRISHNAN H B. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J]. Wireless Communications, IEEE Transactions, 2002, 1(4): 660–670.
- [9] KIM J M, JOO H K, SIKHONG S, et al. An efficient clustering scheme through estimate in centralized hierarchical routing protocol [C]//2006 International Conference on Hybrid Information Technology. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 145–152.