

基于最小生成树的 LEACH 路由算法研究

唐启涛,陶 滔,伍海波

(南华大学 计算机科学与技术学院,湖南 衡阳 421001)

摘要:设计能量有效的路由协议以延长网络生存周期,提供优化可靠的网络服务成为资源有限的无线传感器网络研究的核心问题。为了节省无线传感器网络整体能耗,基于最小生成树理论,提出建立数据汇聚的最小能耗树。通过仿真比较,新的路由算法较优于传统 LEACH 路由算法。该路由算法能够延长网络生存周期,有效节省网络总能耗。

关键词:无线传感器网络;路由算法;最小生成树;最多剩余能量

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0109-03

Study of Minimum Spanning Tree Routing Algorithm in LEACH

TANG Qi-tao, TAO Tao, WU Hai-bo

(Dept. of Computer Science & Technology, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: Designing energy-efficient routing protocols to effectively increase the networks lifetime and provide the excellent network service is the important problem in the research of wireless sensor networks. In order to save the scarce energy of WSN, based on the minimum spanning tree model, which builds a minimum energy consumption tree for data collection. And the simulation presents the new algorithm is better than traditional LEACH routing algorithm. It can increase the networks lifetime and effectively save the scarce energy.

Key words: wireless sensor network; routing algorithm; minimum spanning tree; maximum residual energy

0 引言

随着通信技术、计算机技术和微机电技术的发展,具有通讯功能的传感器出现,它们通常被分布在一个特定的区域内,形成一个无线网络,彼此相互协作,感知、采集、处理区域内感知对象的信息^[1]。无线传感器网络可以被广泛应用在如医疗卫生、环境监测、交通管理、国防军事等领域,成为近几年国内外研究的热点。

与传统网络相比,传感器网络具有以下特征:

- 1)节点分布密度大,传感器数量多,每个节点维护全局信息是很难的;
- 2)节点的电池能量、存储空间以及计算能力等资源都非常有限;
- 3)传感器节点安置好后,通常情况下,大部分节点都是静止的,只有少部分节点因为特殊需要,可能需要移动位置^[2]。

在无线传感器网络中,节点的能量资源、计算能力以及带宽等资源都有限,尤其是有限的能量直接影

响传感器网络的生命周期和网络的信息质量^[3]。由于无线传感器网络通常工作在人无法接近或者高危险区域,使得随时更换节点能源是非常困难的,因此路由算法的节能性就成为研究人员关注的焦点。

1 现有算法的比较与分析

肖伟茂提出了一种基于 LEACH 的固定聚类路由算法,对于这种算法虽说从某种程度上可以减少总体节点的能耗,但是,在设计过程中,也还存在着一些设计缺陷:一是在分层聚类时,只是简单地按照谁的能量大就作为上一级的簇头,这样,并不能达到使节点能耗最小,其实还应该考虑各个簇头节点的位置关系;二是在生成路由树时,总是让前面的优先作为簇头,这样很容易使前面的一部分节点过早消耗完节点能量,并不能达到很好的能耗均匀分布;三是划分的区域是固定的,有可能会多个簇头节点紧靠在一起,这种情况其实会浪费部分节点的能量。

刑云冰提出了一种基于备用节点的无线传感器网络 LEACH 路由算法。基于已有的 LEACH 协议,融入了负载平衡和备用节点的思想,让备用节点尽量处于睡眠状态,对 LEACH 协议进行了改进。该改进算法用于多节点的无线传感器网络时,节能明显,但当无线

收稿日期:2008-07-23

基金项目:湖南省教育基金资助项目(4-05-JY-05C483)

作者简介:唐启涛(1975-),男,硕士研究生,研究方向为计算机网络与信息安全;陶 滔,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机网络安全。

区域里节点较少时,没有什么作用。同时,如果用于实时采集数据的话,在节能方面也不显著。而且在簇头节点与基站之间的通信方式选择上,依然采用原来的 LEACH 的方式,这样的话,簇头节点与基站节点的通信耗能太多,并不能解决负载均衡^[4]。

基于以上的原因,提出了一种基于最小生成树原理的 LEACH 路由算法,在该算法中,通过生成最小生成路由树来实现最佳传输路径,从而减少总体能耗,使得 LEACH 路由算法改进后,达到负载均衡的效果。

2 LEACH 协议基础

在无线传感器网络的分簇算法中,LEACH 协议的建立,基于以下两个假设:

(1)所有传感器节点都是平等的,各个节所含的能量、通信的最大范围等都是相同的;

(2)无线电信号在各个方向上能耗相同。

它允许不同节点在不同时间成为簇首,较好地实现了负载均衡,通过使用簇头节点轮换算法,使传感器区域中的各个节点轮流担任簇头,可以保证所有节点公平承担能量消耗的负担,最终实现延长整个系统的生存周期,并且通过数据的聚类、低功耗的 MAC 层协议和面向应用的数据融合处理提高了网络的健壮性^[5]。

LEACH 协议中,定义了“轮”的概念,一轮由两部分组成,即初始化和稳定工作阶段,为了节省能量,稳定工作阶段通常远远长于初始化阶段。在初始化阶段,LEACH 协议主要完成的任务是簇头节点的选举。随机选取一个传感器节点作为簇首,然后传感器节点随机生成一个 0,1 之间的随机数,如果大于阈值 T ,则此节点当选为簇首。 T 按下式选取:

$$T = \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]}$$

式中, p 是节点成为簇首的百分数, r 是当前轮数。一旦簇首选定,簇首向所有节点广播自己成为簇首的消息。节点根据接受到的消息强度来决定加入哪个簇,并告知相应的簇首。采用 TDMA 方式,簇首为簇内节点分配时隙。在稳定工作阶段,簇内节点将监测到的数据在给定的时隙传给簇首,簇首进行必要的融合后将数据送到汇聚节点,经过一段时间后进入下一轮^[6]。

3 改进的 LEACH 算法描述

在利用 LEACH 路由算法方式把簇头选好后,在簇内采用单跳通信,在簇间采用多跳通信。先在网络中根据最小生成树原理,建立起一种能够节能的拓扑

结构,在网络覆盖区域内,对所有簇头节点,生成路由树,利用节点接收信号的强度 RSSI 确定节点的父节点,路由树只对簇头节点起作用。

首先在感知区域内建立一棵以 sink 节点为根的源路由树,融合后的数据沿着叶子簇头节点—中间簇头节点—sink 节点的方向传输。为延长网络寿命,考虑到个别接近死亡的簇头节点,在建立树的过程中,先要检测簇头节点的剩余能量。若簇头节点的剩余能量少于某个值 ϵ (ϵ 值由用户确定),则此簇头节点不可能成为中间簇头节点,只能作为叶子簇头节点,然后使满足能量要求的簇头节点成为中间簇头节点^[7]。

一般来说,如果每个节点的通信功率都是相同的话,近距离节点之间的通信质量会比较好^[8]。具体实现时,可用节点接收信号的强度 (received signal strength indicator, RSSI) 估计两节点之间的距离。在路由树未建好之前,使各个簇内的传感器节点暂时关闭,等路由树建好后,再由各个簇头负责激活簇内的成员,使之处于工作状态。

建立路由树的过程如下:

(1)以 sink 节点作为树的根节点, sink 节点发出广播;

(2)簇头节点根据接收信号的强度 RSSI 确定父节点;

(3)已确定父节点并且剩余能量在值 ϵ 以上的簇头节点发出广播;

(4)循环第 2,第 3 直至所有节点均被连接到源路由树中。

算法具体实现如下所示:

假设 $N = (V, \{E\})$ 是连通网, TE 是 N 上最小生成树中边的集合。算法从 $U = \{u_0\} (u_0 < V)$, $TE = \{\}$ 开始,重复执行以下操作:在所有 $u < U$, $v < V - U$ 的边 $(u, v) \in E$ 中找一条 RSSI 最大的边 (u_0, v_0) 并入集合 TE ,同时 v_0 并入 U ,直至 $U = V$ 为止。此时, TE 中必有 $n - 1$ 条边,则 $T = (V, \{TE\})$ 为 N 的最小生成树^[9]。算法执行完毕,在网络内建立起一棵以 sink 为节点的源路由树,网络中建树后的拓扑结构图如图 1 所示。

图 1 中的矩形表示基站节点,黑色的小圆点表示簇头,白色小圆点表示传感器节点,大的椭圆表示一个簇的范围。

4 算法分析与仿真试验

该算法在建路由树过程中,利用了最大剩余能量 MRE,延长了单个临近死亡的簇头节点的寿命,从而实现使无线传感器网络的整体寿命延长。

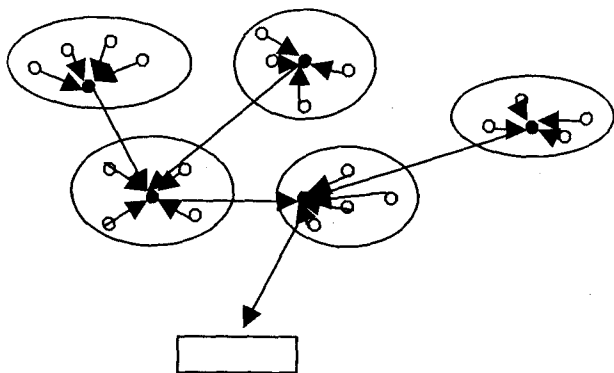


图1 改进后的路由拓扑图

假设网络中有 M 个簇头节点,生成路由树算法过程中,有两层循环,首先须对每个簇头节点进行遍历,其频度为 M ;其次对每个簇头节点而言,需要对与之邻接的簇头节点进行分析,而最多有 $(M-1)$ 个簇头节点与该簇头节点连接,因此,生成路由树算法的时间复杂度为 $O(M^2)$,因此算法的总体时间复杂度为 $O(M^2)$ [10]。

在大型的无线传感器网络中,改进后的 LEACH 路由算法比早期的 LEACH 路由算法和其它现有的改进的 LEACH 算法,在总体节能上更能有优势。当传感器的节点越多时,这种差别就越明显。在这里我们将利用最小生成树原理的 LEACH 路由算法与肖伟茂提出的基于固定区域聚类算法进行比较(见图2)。

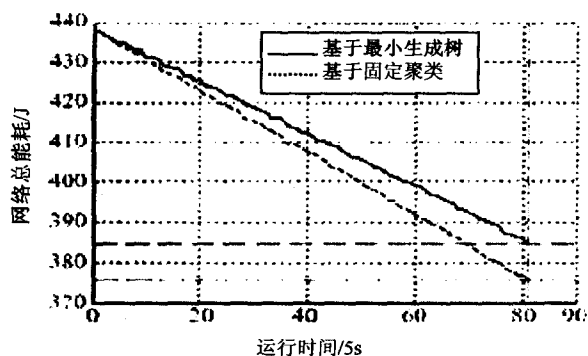


图2 网络节点能耗图

从图中可以看出,随着时间的增加,在相同的传感器环境下,相同的传感器数量,当它们进行数据传输时,所消耗的能量差别慢慢加大。但是,在传感器节点

相对较少时,两者的差别很小。

5 结束语

在综合分析了现有算法的基础上,提出了一种改进后的新的 LEACH 路由算法方案。考虑到将要死亡的个别簇头节点,该算法以满足 MRE 要求的簇头节点为中间节点,从而延长了无线传感器网络的寿命。同时,通过利用最小生成树原理,最后所形成的传输路径是一条最佳的传输路径,从总体上实现了无线传感器网络的节能。理论分析表明,该算法能够节约网络功耗,有效延长网络寿命。

参考文献:

- [1] 吴臻,金心宇.无线传感器网络的 LEACH 算法的改进[J].传感技术学报,2006,19(1):34-36.
- [2] 李建中,李金宝,石圣飞.传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J].软件学报,2003,14(10):1717-1727.
- [3] 车宏安,顾基发.无标度网络及其系统科学意义[J].系统工程理论与实践,2004(4):11-16.
- [4] 张悦.无线传感器网络 LEACH 协议群首算法的改进[J].微计算机信息,2006,22(4):183-185.
- [5] Kompella K, Swallow G. Detecting MPLS Data Plane Failures [S]. RFC 4379, 2006.
- [6] Vargar A. OMNET++ Discrete Event Simulation System Version 3.2 User Manual [EB/OL]. 2006. <http://www.omnetpp.org/doc/manual/usman.html>.
- [7] Lee M, Jnig X P. Energy-efficient Routing Protocols in Wireless Ad hoc Networks[R]. [s.l.]:Spring,2001.
- [8] Reisfeld D, Wolfson H, Yeshurun Y. Context-Free attentional operators: the generalized symmetry transform[J]. International Journal of Computer Vision, 1995, 14(2):119-130.
- [9] Sohrabi K, Gao J, Ailawadhi V, et al. Protocols for Self-organization of a Wireless Sensor Network[J]. IEEE Personal Communications, 2000, 7(5):16-27.
- [10] Stojmenovic I, Nayak A, Kuruvila J. Design Guidelines for Routing Protocols in Ad Hoc and Sensor Networks with a Realistic Physical Layer[J]. IEEE Communications Magazine, 2005, 43(3):101-106.

(上接第 108 页)

- [2] 杨威,张田文.复杂景物环境下运动目标检测的新方法[J].计算机研究与发展,1998,35(8):724-728.
- [3] 张辉,王强,徐光佑,等.运动目标的快速检测和识别[J].清华大学学报:自然科学版,2002,42(10):1401-1404.
- [4] 王建平,秦枫.灰度文本图像自适应二值化滤波算法设计及应用[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2004,27

(5):509-512.

- [5] 王建平,钱波,姜滔.基于变换域分析的车牌分割研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2004,27(3):251-255.
- [6] 李凌娟,贾振堂,贺贵明.一种鲁棒的视频分割算法[J].中国图像图形学报,2002,7(11):1128-1133.
- [7] 陈无畏,施文武,王启瑞,等.一种新的移动机器人跟踪控制方法[J].仪器仪表学报,2004,25(1):13-17.