

一种 ZigBee 路由算法的分析与改进

闫倩倩, 许 勇, 夏海燕

(安徽师范大学 数学计算机科学学院, 安徽 芜湖 241003)

摘 要: 无线传感器网络中, 节点能量受限性使得传统的路由协议不能满足需求。在设计适合无线传感器网络的路由协议时, 应首先考虑能量因素, 尽量减少节点之间的通信量。文中分析了无线传感器网络的特点和 ZigBee 协议中的 Cluster-tree 路由算法, 对其中的分簇方法进行了研究, 在此算法的基础上, 利用节点的深度信息对算法进行了简化, 并考虑了能量均衡利用的问题, 以实现延长网络生存周期的目的。在同等实验条件下, 仿真结果表明改进后的算法在延长网络生存期方面比 LEACH 有很大提高。

关键词: 无线传感器网络; ZigBee; 路由算法

中图分类号: TP309

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)12-0059-04

Analysis and Improvement of a Routing Algorithm in Wireless Sensor Network Based on ZigBee

YAN Qian-qian, XU Yong, XIA Hai-yan

(School of Mathematics and Computer Science, Anhui Normal University, Wuhu 241003, China)

Abstract: In Wireless Sensor Network (WSN), because of its new features such as node power constraint, traditional routing protocol can not satisfy it any more. When designing the proper routing protocol for WSN, power element should be considered at first, then try to decrease communication among nodes. First describe the features of WSN, analyze the Cluster-tree routing algorithm in ZigBee protocol, specially focus on the way of clustering, then propose a method to improve it using the depth information in ZigBee. Simulation shows that in the same condition the improved routing protocol can prolong the network lifetime better than LEACH.

Key words: wireless sensor network; ZigBee; routing algorithm

0 引 言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 是传感器技术、无线通信技术、计算机技术、嵌入式计算技术结合的产物。利用分布在监测区域中的多个传感器节点, WSN 能够感知、监测和采集相关环境或对象的信息。这些信息经过融合之后以多跳中继的方式传递到用户终端, 供用户决策使用。WSN 改变了人与自然界交互的方式, 它在环境监测、军事国防、城市管理、抢险救灾等领域有很高的实用价值。它是近年来学术界和工业界研究的重点方向, 已经被认为是对 21 世纪产生重大影响的先进技术之一。

WSN 的体系结构如图 1 所示。

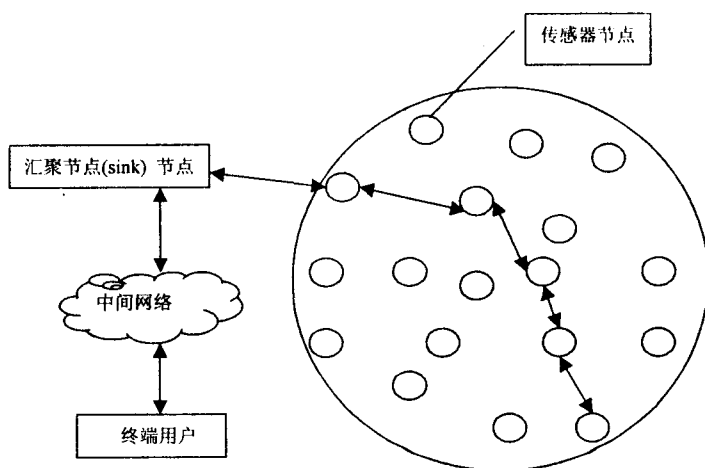


图 1 无线传感器网络的体系结构

与传统网络相比, 无线传感器网络有以下特点^[1]:

(1) 硬件资源有限。传感器节点由于要受成本、体积的限制, 一般硬件设计较为简单, 也就不可能在节点上实现复杂的协议。

收稿日期: 2009-03-26; 修回日期: 2009-06-11

基金项目: 安徽省自然科学基金重点项目 (2005kj009zd)

作者简介: 闫倩倩 (1985-), 女, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络与通信、无线传感器网络; 许 勇, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为计算机网络、网络安全。

(2)电源能量有限。由于 WSN 的特殊应用场合,节点的电源一般采用电池供给,并且能量的再次补充是不可行的。这就要求相关的协议设计必须要以节省能量,延长网络的生存时间为首要考虑的因素。

(3)自组织、无中心的网络。无线传感器网络中的节点都是平等的,没有路由器等专门的转发设备。节点部署完之后,依靠节点上的软件自组织成网,数据的转发依靠中间节点的多跳中继转发。每个节点既是数据的发送者,也是转发者。

(4)多跳的路由协议。由于节点的无线通信能力有限,不可能每个节点都把数据直接发送给目的节点,所以必须通过中间节点进行多跳转发,这就要求路由协议必须满足这种特点。

由于 WSN 具有严重的能量约束问题,围绕 WSN 设计的网络协议必须要以节能、延长网络生存期为首要目标。已有研究表明,在 WSN 的协议栈中,与能耗最为直接相关的是路由层和媒体接入层(MAC层)^[2]。因此文中的工作就是在分析研究了多种应用在 WSN 上的路由协议之后,在基于 ZigBee 协议路由算法的基础上,提出一种考虑节点深度和能量因素的路由算法,用以简化路由实现过程和均衡各节点之间的能耗。

1 WSN 中路由算法研究

目前,针对 WSN 的路由协议按照网络的逻辑结构分为两类:平面路由协议和层次路由协议。典型的平面路由协议有 Flooding, SPIN, DD, Rumor 和 SAR 等^[3]。平面路由协议的特点是各个节点的地位相同,算法容易实现,但是需要维护的路由信息多。当网络的规模增大时,节点的开销将会大大增加,因此平面路由协议只适合于小规模的网络。

针对平面路由协议的局限性,基于分簇的层次式路由可以很好地平衡节点之间的能耗,在网络的可扩展性方面也特别有效。Heinzelman 等人提出的 LEACH 协议是典型的层次式路由协议^[4],它提出的分簇思想贯穿于以后大部分的基于分簇的路由算法。分簇的思想是利用一定的算法在网络中的所有节点中选出部分符合条件的节点作为簇头节点,由簇头节点发送广播消息,将自己周围的节点成簇。这样通信就可以分为簇内通信和簇间通信。簇内的从节点将数据发送给簇头,簇头经过数据融合等操作之后,通过簇头之间形成的上层骨干网络多跳转发,最后将数据传给汇聚节点。在能量受限的 WSN 网络中,减少节点的通信量是降低能耗的有效办法。大量研究结果表明基于分簇的路由算法

非常适用于大规模 WSN 网络。

然而 LEACH 算法存在着很多的不足之处,比如簇头分布不均匀、没有考虑到能量因素、簇头节点的百分比很难确定等,因此 LEACH 协议的实用性不高。基于 ZigBee 技术的分簇路由算法能较好地针对上述问题进行改进。

2 ZigBee 协议中的路由算法

2.1 ZigBee 协议简介

ZigBee^[5]技术是一种新兴的短距离、低功耗、低数据传输率、低成本、低复杂度的无线网络技术。在 2003 年底,由 IEEE802 无线个域网(WPAN)工作小组发布了他们制定的 IEEE802.15.4 协议。该协议制定了物理层和 MAC 层方面的内容,主要是应用在短距离、低功耗、低速率的环境中。ZigBee 联盟在 IEEE802.15.4 标准的基础上制定了网络层和应用层的相关内容。

在 ZigBee 中定义了三种类型的节点:①ZigBee 协调器节点:负责建立和维护整个网络,存储容量大,计算能力强,是最为复杂的节点。②FFD(Full Function Device)该设备可以充当路由器的功能,能够转发其他节点的数据,可以与其他设备互联。③RFD(Reduced Function Device)该设备结构简单,只能将信息发送给上一级的 FFD 节点或者从上一级的 FFD 节点接收信息。

ZigBee 中定义了如图 2 所示的网络拓扑结构。

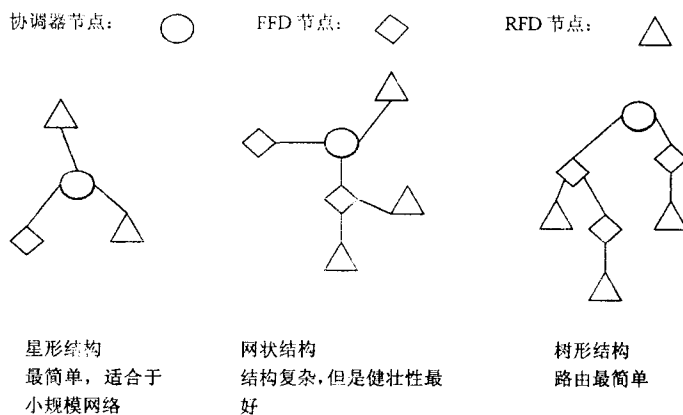


图 2 ZigBee 中的网络拓扑

2.2 ZigBee 中的路由算法

由 ZigBee 联盟发布的 ZigBee 协议的标准中,网络层通过两种路由协议相互补充进行路由的发现与数据的转发。这两种路由协议分别是按需路由协议 AODV (The Ad-Hoc On-demand Distance Vector)^[6]和基于分簇的 Cluster-tree 协议。

AODV 协议主要适用于动态变化的网络环境中,

通过路由请求、路由回复等机制每次都能发现最新的转发路径。但是在有的无线传感器网络中,节点被部署之后一般都不再发生移动,网络拓扑的变化也很缓慢,各个传感器节点只要把采集到的数据发送给汇聚节点,而相互之间不需要进行通信。在这样的情况下,AODV 协议就显得太过复杂。

ZigBee 是基于 IEEE802.15.4 协议的,在该协议提供的物理层和 MAC 层的基础上,ZigBee 的网络层可以实现多种功能,比如组建一个网络、给新入网的节点分配地址等相关信息、路由、发现“一跳”邻居等。在 ZigBee 协调器节点选择一个空闲信道创建网络之后,各个节点向已加入的节点发送请求信息,得到回应之后以子节点的身份加入网络中。这样就形成了一个以协调器节点为根节点的树形结构,每个节点都由父节点分配深度和地址信息。

在树形拓扑结构的网络中,最简单的路由就是 Tree-routing,每个节点都将自己的数据发给父节点,最后自然会汇聚到 sink 节点。但是在这种情况下,与 sink 节点距离越近的节点,由于承担的转发任务重,必然会先耗尽能量,从而形成网络“空洞”^[7]。即使其他节点还可以正常工作,但是整个网络的寿命也大大缩短。为了解决这个问题,在 Tree-routing 的基础上进行分簇就形成了 Cluster-tree 路由算法。但是在 ZigBee 中没有给出具体的分簇算法,文中在考虑节点的深度信息和能量的基础上,对 Cluster-tree 路由算法提出一种改进。

3 Cluster-tree 的一种改进

在节点加入网络的时候,由父节点给自己分配深度信息,协调器节点的深度为 0,子节点的深度为父节点深度 + 1^[8]。ZigBee 网络中的协调器节点和 FFD 节点可以实现路由转发的功能,它们可以成为簇头的候选节点,而 RFD 节点由于功能简单,只是将数据直接发给自己的父节点,不参与转发其他数据的工作。故在下面算法中讨论的节点是指协调器节点或者 FFD 节点。

3.1 节点成簇

该算法采用“轮”的思想,每一轮分为成簇阶段和稳定工作阶段,为提高能量利用率,稳定工作阶段应占一轮中大部分时间^[9]。

在第一轮的成簇算法中,节点启动后,随机选择一个退避时间 T 。如果在这个时间之内收到其他簇头发来的 Hello 消息,则加入该簇,成为从节点;否则,在 T 结束的时候,自己成为簇头节点,并广播发送 Hello 消息。该 Hello 消息中含有簇头节点的相关信息。节点

接收到 Hello 消息之后并不继续转发,这就保证了簇内通信都是一跳的。簇头节点维护一个簇成员信息表,各从节点要把自己的节点 ID,剩余能量,深度信息发送给簇头。这样簇头和从节点之间就能相互保持联系。

如果一个从节点的簇头为 CH1,但是它又接收到一个别的簇头 CH2 发来的 Hello 消息,该从节点就比较两个簇头的深度信息。一般认为深度越大,则距离 sink 节点越远。所以该节点选择深度大节点的做为自己的簇头。如果深度相同,则选择剩余能量大的。

为了减少成簇过程中的通信量,簇头节点接收到别的簇的 Hello 消息则不做处理。这样成簇阶段结束后,网络中就形成了一些大小不均匀的簇,而且靠近 sink 点的簇容量要相对较小。

3.2 数据收集

在节点成簇完成之后,开始进入稳定工作阶段。从节点将自己采集到的信息以一跳的方式直接发送给簇头,簇头进行数据的融合处理之后,发给自己的父节点。这样一级级的传递之后,最后各数据就到达了 sink 节点。

3.3 簇头更新

除了第一轮要随机选择簇头外,以后的每一轮在将要结束时,由簇头节点指定该簇内剩余能量最多的从节点为下一轮的簇头。在下一轮开始时,由新的簇头节点广播一个 Hello 消息,收到 Hello 消息的节点即加入该簇。

4 性能分析及仿真实验

在 MATLAB 中对上述算法进行分析验证。由于改进后的 Cluster-tree 算法仍基于分簇思想,所以可以将改进后的算法和 LEACH 在相同条件下进行仿真,以比较二者的实现效果。

参照 LEACH 的实验参数,在一个 $200\text{m} \times 200\text{m}$ 的一个矩形区域内,随机分布了 100 个节点,每个节点的初始能量相同。在改进后的算法中,每个节点随机选择自己的父节点,形成一个以 sink 节点为根的树形结构。节点成簇后,从节点将自己的数据发给簇头,簇头经融合处理后发给自己的父节点,这样所有的数据最终汇聚到 sink 节点。当一个节点的能量耗尽时,退出网络,直到所有节点都退出时,该网络生存期结束。具体仿真结果见图 3,其中图 3a 为原算法实现结果,图 3b 为改进后的算法实现结果。从图 3 可以看出,随着仿真轮数的增加,网络中存活的节点数随之减少,但对比图 3a 和图 3b 可以看出,改进后的算法能有效延长网络的生存期。

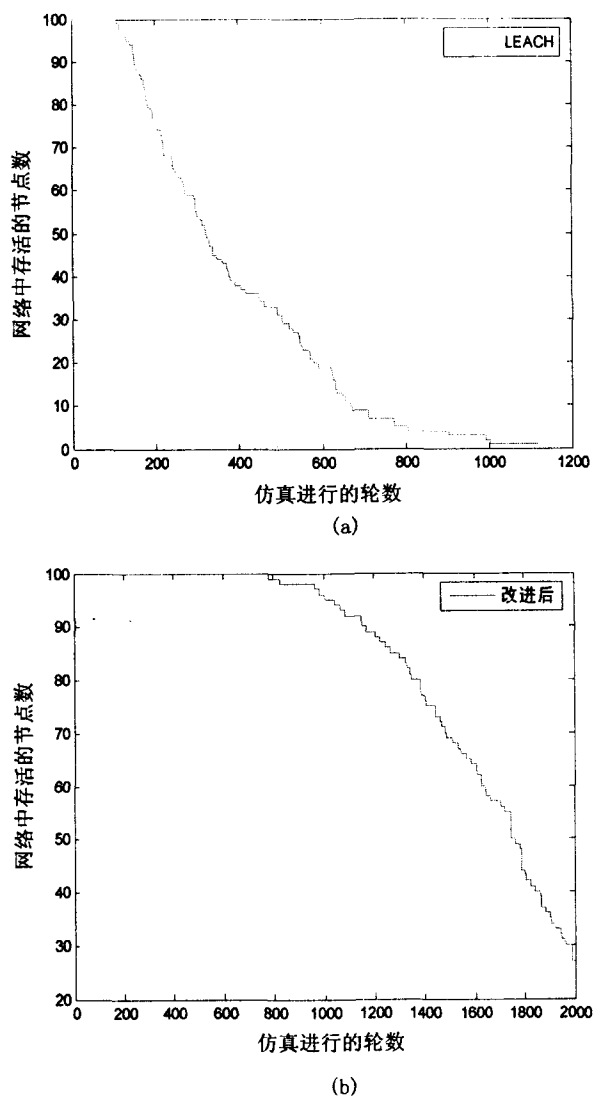


图 3 LEACH 算法和改进后算法比较

5 结束语

该文分析了无线传感器网络的体系结构和特点,

重点对无线传感器网络中的路由问题进行了研究。在分析了基于 ZigBee 协议的分簇路由算法 Cluster-tree 的基础上,对该算法提出了改进。改进之后的算法利用 ZigBee 节点的深度信息来简化路由的过程。同时考虑了节点的能量均衡利用的问题。仿真实验的结果证明,利用深度信息改进后的路由算法,确实能有效延长网络的生存期,同时也就提高了能量的利用率。

参考文献:

- [1] 马祖长,孙怡宁,梅涛.无线传感器网络综述[J].通信学报,2004,25(4):114-124.
- [2] Estrin D. Wireless Sensor Networks tutorial part IV: Sensor network protocols[C]//Proceedings of the ACM Mobile Computing and Networking (MobiCom). Atlanta, GA: [s. n.], 2002.
- [3] 杨菊英,吕光宏.无线传感器网络分层路由协议研究[J].计算机技术与发展,2008,18(6):115-118.
- [4] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]//Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Mani, HI: [s. n.], 2000:1-10.
- [5] ZigBee Specification, ZigBee 联盟白皮书[EB/OL]. 2004. <http://www.zigbee.org/>.
- [6] 刘元安,唐碧华,胡月梅. Ad hoc 网络中的路由算法[J].北京邮电大学学报,2004,27(2):1-7.
- [7] 吴小兵,陈贵海.无线传感器网络中节点非均匀分布的能量空洞问题[J].计算机学报,2008,31(2):253-261.
- [8] 黄海平,王汝传,孙力娟,等.基于父亲树的无线传感器网络路由协议[J].计算机技术与发展,2008,18(8):4-7.
- [9] 李方敏,刘新华,徐文君,等.无线传感器网络的链路稳定成簇与功率控制算法[J].计算机学报,2008,31(6):965-978.

(上接第 58 页)

generic framework for specifying the user Interest and for adaptive crawling strategies[C]//In: Proceedings of 27th International Conference on Very Large Database (VLDB'01). Roma: Springer-Verlag, 2001:527-534.

- [2] 邓岳贵.启发式搜索在网络爬虫中应用的分析[J].软件导刊,2008,7(2):80-82.
- [3] Cho J, Garcia-Molina H, Page L. Efficient crawling through URL ordering[J]. Computers Networks and ISDN Systems, 1998, 30: 161-172.
- [4] 林海霞,原福永.一种改进的主题网络蜘蛛搜索算法[J].计算机工程与应用,2007,43(10):174-176.
- [5] DeBra P, Post P. Information retrieval in the World-Wide

web: making client-based searching feasible[J]. Computer Networks and ISDN Systems, 1995, 27(2):183-192.

- [6] 李春旺. WEB 信息主题采集技术研究[J]. 图书情报工作, 2005, 49(4): 76-80.
- [7] 王知人,章胤.一种改进的模拟退火算法[J].高等学校计算数学学报,2006,28(1):15-19.
- [8] 郑国良,叶飞跃,张滨.基于网页内容和链接价值的相关度方法的实现[J].计算机工程与设计,2008,29(23):6020-6022.
- [9] 黄旭,朱艳琴,罗喜召.基于内容评价的爬虫搜索策略研究[J].微电子学与计算机,2008,25(11):25-28.