

一种改进的簇头成链路由协议

常铁原, 王 彤, 朱桂峰

(河北大学电子信息工程学院, 河北 保定 071000)

摘 要: 针对 LEACH 路由协议和 PEGASIS 路由协议的局限性, 提出一种改进的簇头成链路由协议。将网络内所有传感器节点以区域为单位集成簇, 由 Sink 节点向下遍历区域内全部节点形成多条簇头链, 通过计算数据丢包率得到能串联整个网络的簇头链。仿真结果表明, 该路由协议具有较好的数据传输可靠性和实时性。

关键词: 无线传感器网络; LEACH 路由协议; PEGASIS 路由协议; 可靠性; 实时性

Improved Cluster Head Chaining Routing Protocol

CHANG Tie-yuan, WANG Tong, ZHU Gui-feng

(College of Electronic and Information Engineering, Hebei University, Baoding 071000, China)

【Abstract】 According to the limitations of LEACH and PEGASIS, an improved cluster head chaining routing protocol is proposed. The core idea is all of sensor nodes in the network are divided by area, sink goes down through all the nodes within the region to establish a number of cluster head chaining. By calculating the packet loss rate, a final cluster-head-chain which is able to concatenate the whole network is reached. Simulation result shows that the improved routing protocol has good reliability and real-time of data transmission.

【Key words】 Wireless Sensor Network(WSN); LEACH routing protocol; PEGASIS routing protocol; reliability; real-time

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.03.029

1 概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)技术随着传感器技术、嵌入式技术、现代网络技术和无线通信技术的飞速发展得到广泛应用, 由大量传感器节点通过无线通信技术自组织构成网络^[1], 节点随机或者特定地部署在待测区域, 采集环境信息, 实现数据量化、融合和传输, 并且相互协调工作完成指定任务。无线传感器网络在许多领域都具有广泛的应用前景^[2-3], 如环境监测、智能家居、交通管理等。本文利用已有的无线传感器网络路由协议, 结合现代住宅户型特点, 提出一种簇头成链路由协议, 并进行软件仿真。

2 无线传感器网络路由协议

路由协议负责将数据包从源节点通过网络转发到目的节点, 它主要包括 2 个方面的功能: 寻找源节点和目的节点间的优化路径, 将数据包沿着优化路径正确转发^[4]。由于分层结构的路由协议具有低延迟、高可靠、能耗均衡和扩展性好等特点, 更适用于实际情况的应用, 所以, 本文采用分层结构路由协议思想^[5]。

2.1 LEACH 路由协议

LEACH^[6-7]是一种自适应的分簇拓扑路由协议, 它的执行过程是周期性的, 基于“轮”的概念, 每轮循环分为簇的建立阶段和稳定的数据通信阶段。

在簇的建立阶段, 节点产生一个 0~1 之间的随机数, 如果这个数小于阈值 $T(n)$, 则该节点成为簇头, 簇头向所有节点广播该消息, 其他节点根据接收信号强弱加入就近的簇, 并通知相应的簇头。已经当选过簇头的节点, 在下轮建立簇时将不会再当选为簇头。

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P \times [r \bmod (\frac{1}{P})]} & n \in G \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

其中, P 是簇头在所有节点中所占的百分比; r 是选举轮数, $r \bmod (1/P)$ 代表这轮循环中当选过簇头的节点个数; G 是这轮循环中未当选过簇头的节点集合。

在稳定通信阶段, 簇头根据非簇头节点加入簇的信息产生一个时分多址接入(Time Division Multiple Access, TDMA)时刻表, 为簇内所有节点分配发送时隙, 簇内所有节点按照 TDMA 时隙向簇头发送数据。

2.2 PEGASIS 路由协议

PEGASIS^[8]是一种典型的链状结构路由协议。该协议是 LEACH 协议的改进。PEGASIS 协议的核心是采用贪婪算法将网络中所有节点连接成一条链, 链上的节点只与自己最近的邻居节点通信, 每轮通信链中只选择一个节点作为簇头与 Sink 节点通信。

在数据传输时, 簇头节点产生一个令牌(token), 并将此 token 发送到链的某一段, token 控制数据由端节点沿簇头方向传送。链上每个节点收到邻居节点的数据后, 先与自己采集的数据进行融合处理, 然后连同 token 继续沿链向簇头节点转发, 直至到达为止。簇头再将 token 发到链的另一端进行同样的过程。最终两侧的数据经过簇头节点的融合处理后传送到 Sink 节点。

3 问题描述

从结构上讲, LEACH 协议中所有簇头节点直接与基站通信, 容易造成信息堵塞, 而且当簇头节点距离 Sink 节点较远时, 直接通信会消耗大量能量, 数据传输的可靠性也会降低。PEGASIS 协议是“链”式结构, 数据是顺着链向上融合和传输的, 过长的链会产生很高的时延, 而且中间的节点的

作者简介: 常铁原(1964—), 男, 副教授, 主研方向: 信号处理, 无线传感器网络; 王 彤、朱桂峰, 硕士研究生

收稿日期: 2011-10-12 **E-mail:** wangtong1987117@126.com

故障会造成网络“空洞”。

针对上述情况,本文提出一种簇头成链的链簇路由协议。该路由协议将 LEACH 路由协议的分簇思想与 PEGASIS 路由协议的链式数据传输思想进行融合和改进,LEACH 路由协议的分层结构可提高节点数据融合能力,减少通信的数据量;PEGASIS 路由协议节点成链的思想,避免了频繁选举簇头所带来的通信开销。本路由协议采用簇头成链,这样既避免了 LEACH 路由协议中过多簇头节点与基站直接通信,又避免了 PEGASIS 路由协议中节点因为维持过长的链路而产生的数据传输延迟,提高了网络的可靠性与实时性。

网络模型描述如下:

(1) Sink 节点位于方形区域的一侧,其余节点被放置在多个相邻的子区域内,子区域的划分依实际情况而定。图 1 为一个现代家庭户型平面设计图。

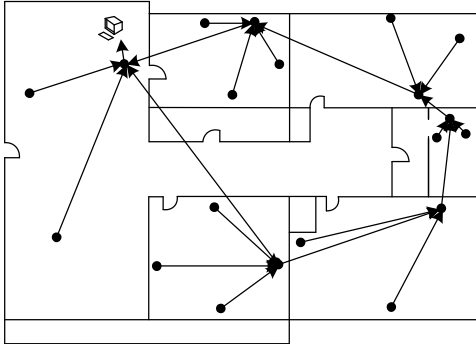


图 1 现代家庭户型平面设计

(2)所有节点都是同构的,具备数据融合功能,每个节点都有一个唯一的标识(ID)。

(3)节点被隔离在 n 个相邻的物理空间内,不是所有节点都能和 Sink 节点通信,相邻的物理空间总有节点能够通信。

(4)所有节点可以持续供电,无线芯片的发射功率可调。

(5)绝大多数节点的位置是固定的,通过 ID 可以辨别节点所在区域。

4 基于 LEACH 和 PEGASIS 的簇头成链路由协议

4.1 网络描述

网络中每个节点都具有唯一的 ID, ID 号越小,节点距离 Sink 节点越近, Sink 节点存储了所有节点的 ID 信息。节点随机分布,每个区域内的节点成一簇,并从中选取一个节点为簇头节点。本区域内的所有节点可以直接通信,相邻区域的部分节点可以直接通信。

4.2 链簇路由建立

簇头链借鉴了 PEGASIS 路由协议的思想,簇头节点连成一条数据传输链,所有传感器节点通过这条簇头链的接口与 Sink 节点通信。本文把距离 Sink 节点最近的簇头节点作为该数据传输链的固定链首。

簇头节点的选择采用轮询的方式:规定 Sink 节点 ID 为 00,首先 Sink 节点通过 ID 号查询距离其最近区域内所有节点,记录所有能与之通信的节点,并选为候选簇头。然后候选簇头向下查询其最近区域内节点,经过多轮查询后,找到所有区域的簇头节点。这些由簇头组成的能够遍历所有区域的簇头链有多条,且路径质量参差不齐,而无线传感器网络对于传输路径的可靠性要求比较高,为此,本文通过比较每条候选路径的丢包率大小最终确定一条稳定可靠的簇头链。

在簇头链确定后,链中每个簇头通过广播簇 ID 号和自身 ID 的数据包,使每个簇的非簇头节点加入到网络中,最终

完成链簇路由的建立,其流程如图 2 所示。

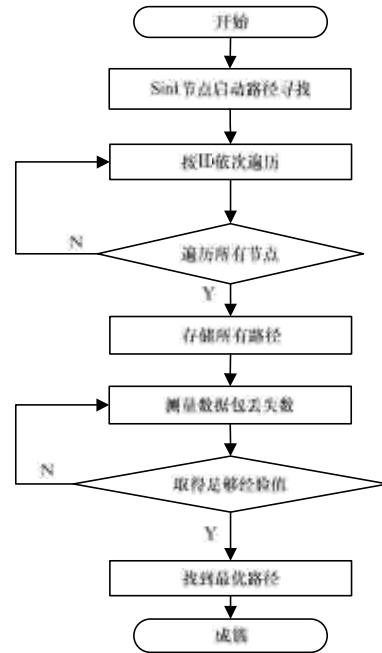


图 2 链簇路由的建立流程

5 仿真实验与分析

5.1 链簇路由仿真

利用 Matlab 软件对路由协议进行仿真,在 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的范围内分布有 21 个节点, Sink 节点设置在 $(5\text{m}, 10\text{m})$ 处。节点编号为 1~21,其中, Sink 节点的编号为 1 号;2 号~5 号节点分布在第一区域;6 号~9 号节点分布在第二区域;10 号~13 号节点分布在第三区域;14 号~17 号节点分布在第四区域;18 号~21 号节点分布在第五区域。

规定同一区域内的节点能够通信,相邻区域的部分节点能够通信,而跨区域的节点之间不能通信。相邻区域的节点按照距离判断其连通性:实例中约定距离小于 4m 能通信,大于等于 4m 不能通信,根据此规则经过软件仿真所有能遍历整个住宅的路径有 18 条:1-3-8-11-14-18、1-3-8-11-16-18、1-3-9-11-14-18、1-3-9-11-16-18、1-3-9-12-14-16、1-3-9-12-15-18、1-3-9-12-15-19、1-3-9-12-15-21、1-3-9-12-16-18、1-5-8-11-14-18、1-5-8-11-16-18、1-5-9-11-14-18、1-5-9-11-16-18、1-5-8-12-14-18、1-5-9-12-15-18、1-5-9-12-15-19、1-5-9-12-15-21、1-5-9-12-16-18。

Matlab 软件绘出了如图 3 所示的簇头链连接图,上述 18 条路径虽然都能保证整个网络的连通,但并不能保证数据传输的可靠性,因此,需要寻找一条最佳路径。

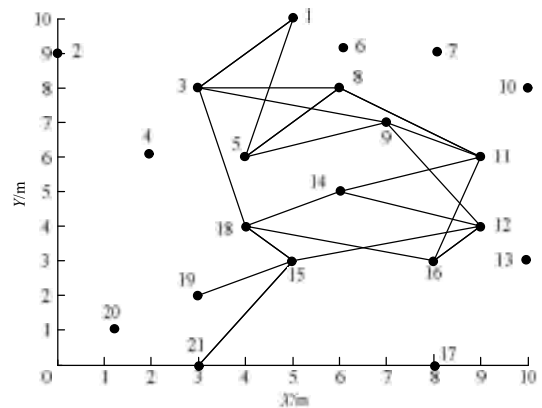


图 3 簇头链连接示意图

设计中利用数据包的丢失率衡量信道的质量好坏, 仿真时用距离表征数据包丢失的多少(距离越短, 数据包丢失越少; 距离越大, 数据包丢失越多), 若 $D(i, j) \geq 2$ & $D(i, j) < 4$, 则 $Lost(i, j) = 2 + \text{round}(\text{rand}(1))$ 。经过多次运算, 得到大量统计数据, 绘制如图 4 所示的曲线图。

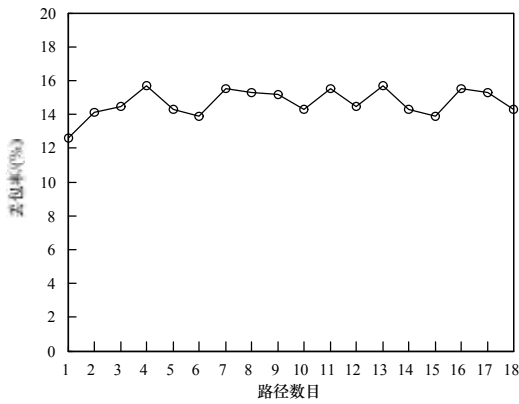


图 4 路径质量比较

由路径质量比较曲线可知, 第 1 条路径较其他 17 条路径的数据包丢失率更低, 因此, 选取该路径(1-3-8-11-14-18)为最优路径, 如图 5 所示。

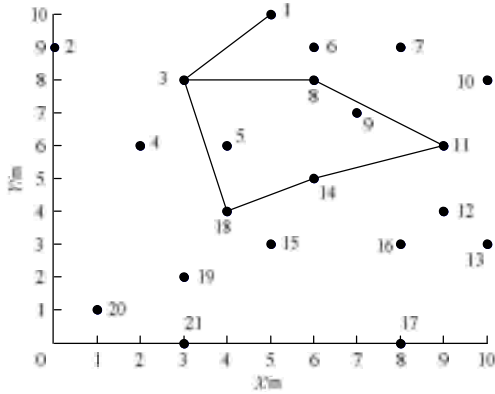


图 5 最优簇头链示意图

在确定最优簇头链后, 簇头广播入簇信息, 成员节点收到信息后申请入簇, 每个房间形成虚拟簇, 簇头链将各虚拟簇串在一起, 最终形成簇头成链的链簇路由, 如图 6 所示。

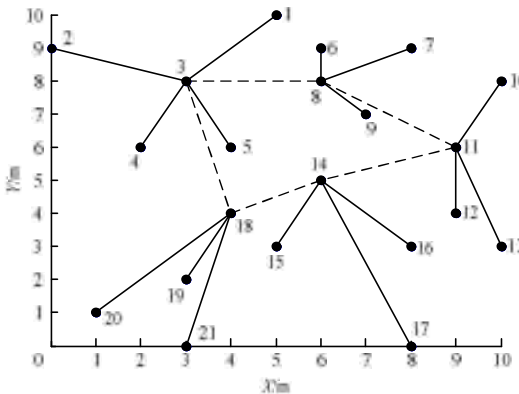


图 6 链簇路由示意图

5.2 改进的路由协议

本文利用 Matlab 软件对改进算法与 LEACH 路由协议和 PEGASIS 路由协议进行仿真比较, 分别从数据传输的丢包率和数据传输时延 2 个方面考虑, 突出改进协议的优势。以图 6 节点分布情况作为仿真模型, 通过测量数据传输的丢包

率衡量网络可靠性的高低。图 7 是利用 3 种算法测量得到的不同节点的数据传输丢包率, 不同节点的选取按与 Sink 节点距离的大小, 测量节点逐渐远离 Sink 节点。由于数据传输的不确定性, 取 100 次实验结果的统计平均值做参考。仿真结果表明, 改进协议的数据传输丢包率明显低于 PEGASIS 协议; 随着测量节点远离 Sink 节点, LEACH 协议出现较大起伏, 丢包率也逐渐高于改进协议。由于无线传感器网络常应用于恶劣环境, 基站位置距离监测区域较远, 簇头成链的路由协议能更好应用于实际情况, 网络具有良好的数据传输可靠性。

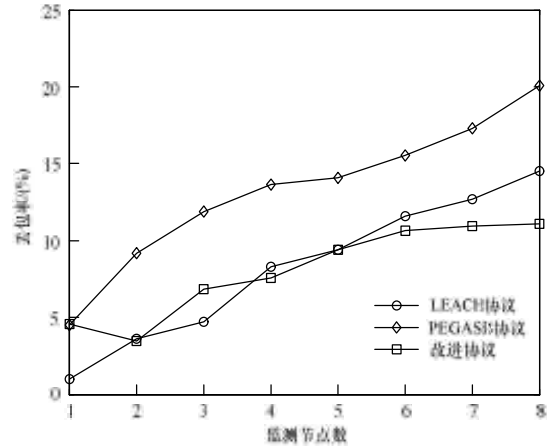


图 7 3种路由协议的可靠性比较

改进协议的另一个优点是避免了 PEGASIS 协议中节点因为维持过长的链路而产生的数据传输时延问题。本文通过计算 LEACH、PEGASIS 和改进协议所有节点完成一轮通信数据传输的距离总和证明时延情况。LEACH 协议完成一轮通信数据传输的最远距离为普通节点到簇头与簇头到 Sink 节点之间的距离和; PEGASIS 协议节点完成一轮通信数据传输的最远距离为整条链的长度与领导节点到 Sink 节点之间距离和; 改进协议完成一轮通信数据传输的最远距离为普通节点到簇头的最远距离、簇头链的长度与领导节点到 Sink 节点距离的三者总和^[8]。

图 8 为不同节点分布情况下, 3 种协议的所有节点完成一轮通信数据传输的距离总和。对于 PEGASIS 协议, 由于不同节点分布会导致链条的长度不同, 因此平均距离曲线起伏较大。由此可知, 改进协议的实时性略低于 LEACH 协议, 但与 PEGASIS 协议相比有一定提高。

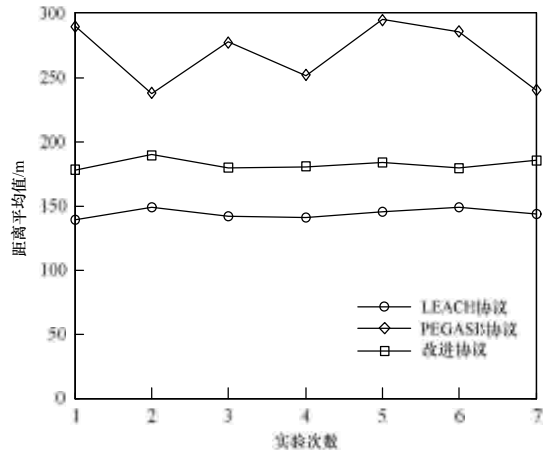


图 8 3种路由协议的时延比较