

· 计算机工程与应用 ·

无线传感器网络的最优安全性跳数算法研究

罗光春, 熊 娇, 李 炯

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】在分析了最小跳数路由算法的局限性基础上提出了最优跳数算法, 该算法充分考虑了无线传感器网络的跳数、能量、负载问题, 以求在三者平衡中达到网络路由的最优。通过对最优跳数算法进行的仿真, 显示研究成果可以有效地提高无线传感器网络路由的可靠性和稳定性, 能够达到平面路由算法的最好效果, 即通过传输数据量较小的邻点信息表, 就可以高效、可靠地传输有效数据, 得到很高的有效数据率。

关键词 算法; 跳数; 路由; 安全性; 无线传感器网络
中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Best Security Hop Routing Algorithm for Wireless Sensor Network

LUO Guang-chun, XIONG Jiao, and LI Jiong

(School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract Routing algorithm problem is one of the major issues to be resolved in wireless sensor network research. This article analyses the best hop routing algorithms hop routing, energy, and load of wireless sensor network's to achieve a balance in all the optimum network routing. The simulation shows that the results achieved in this article can successfully improve the reliability and stability of the wireless sensor network routing.

Key words algorithm; hop; route; security; wireless sensor network

无线传感器网络是以无线通信方式形成的多跳的自组网的网络系统, 有着广泛的应用前景^[1]。与传统传感器和传统测控系统相比, 无线传感器网络具有更好的容错性、实时性和对环境变化的自适应能力, 它采用点对点或点对多点的无线连接, 大大减少了电缆连线。节点具有组网灵活的特点^[2]。无线传感器网络的数据在节点间通过多跳传输数据, 其路由问题与普通网络不同^[3]。

本文在最小跳数算法的基础上, 考虑能量因素和负载均衡因素, 提出了最优跳数算法。

1 最小跳数算法概述

跳数指无线传感器网络某节点发出的, 经过多个节点转发, 最后到达无线传感器网络网关的转发节点的个数。

最小跳数指在无线传感器网络的某一个时刻, 从无线传感器网络某节点到达无线传感器网络网关的跳数中(在网络拓扑结构上)最小的转发节点个数。

最小跳数算法^[4]的局限性在于: 接收节点的选

择仅仅考虑更接近sink节点, 并没有考虑接收节点的能量因素。这可能会出现一个更接近sink节点但缺少能量的节点接收到数据, 但没有足够的能量转发数据。在最小跳数路由算法中也没有考虑负载均衡问题。

2 最优跳数算法的提出

上述问题说明了, 节点在选择路由时, 仅把跳数作为选择路由的标准是不够的。在选择路由时, 还需要考虑节点能量的问题和负载均衡的问题, 本文把这种路由算法命名为“最优跳数”算法。

最优跳数定义为从无线传感器网络的某节点出发, 每次节点转发信息时, 综合考虑整个无线传感器网络, 使得到达网关的跳数足够小、且各节点能量的消耗相近和各节点的负载均衡, 最后到达网关的跳数。

从最优跳数的定义可以看出, 对单个节点有最优跳数 \geq 最小跳数。从整个无线传感器网络来看, 最优跳数算法在路由的可靠性、稳定性上都有很大

提高。

在最优跳数算法中, 每个节点都维护一个邻点信息表 V , 表示为:

$$v_i = (j_i, e_i, q_i) \quad v_i \in V \quad (1)$$

式中 跳数 j_i 表示该邻点的跳数; 能量 e_i 表示该邻点的能量; q_i 表示该邻点的负载^[5]。

一个无线传感器网络节点待发送的数据在发送队列中时, 根据 V 的信息进行决策选择, 把该决策表示为三元组的一个函数 $f(j, e, q)$, 即:

$$v_{\text{转发点}} = \text{MIN}_{v_i \in V} \{f(v_i)\} = \text{MIN}_{v_i \in V} \{f(j_i, e_i, q_i)\} \quad (2)$$

最优跳数算法的关键就是选择一种合适的三元组的决策函数。

2.1 最优跳数算法的讨论

先考虑一种简单的情况, 令 $f(j, e, q) = j$, 则有:

$$v_{\text{转发点}} = \text{MIN}_{v_i \in V} \{f(v_i)\} = \text{MIN}_{v_i \in V} \{f(j_i, e_i, q_i)\} = \text{MIN} \{j_1, j_2, \dots, j_n\} \quad (3)$$

式(3)即为最小跳数算法。

而最优跳数算法的关键是选择一个合适的三元组的函数, 用来评估路由的选择描述。

考虑跳数和能量因素, 令:

$$f(j, e, q) = \begin{cases} j \times R_e + (R_e - e) & e > U_e \\ (j+1) \times R_e + (R_e - e) & e < U_e \\ \infty & e = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中 R_e 为变量 e 的进位单位, 即对 $\forall e$ 有 $R_e > e$; U_e 表示低能量的阈值, 节点的能量低于该阈值后, 建议其他节点不经过该点作为数据转发的节点。这意味着低于能量阈值节点的上级节点在有其他选择时, 优先选择这些节点; 只有其上级节点没有其他节点选择时, 才可以选择低于能量阈值节点的转发数据^[6]。如图1所示, 本算法可以避开低跳数、低能量的节点, 在平级跳数中平移, 直到找到跳数够低且具有足够能量的节点。

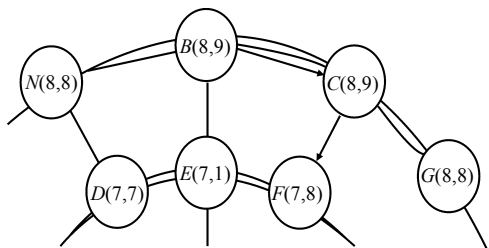


图1 最优跳数算法的平均路由跳数

式(4)表明当节点大于低能量阈值, 即节点的剩余能量正常时, 选择跳数最小的节点; 当节点小于低能量阈值时, 将该节点的跳数加1, 即将该节点与其他同跳数的节点的能量进行比较来选择路由。若

某节点的邻点中, 低跳数的节点能量即将耗尽, 而同跳数的节点能量正常时, 根据该算法, 将选择同跳数的节点。数据可能同跳数的节点之间传输, 直到找到一个低跳数的节点。使用该算法可以解决最小跳数算法中节点损坏或能量耗尽造成的信息丢失的情况。

讨论最优跳数算法对负载均衡的考虑, 本文给出如下公式:

$$f(j, e, q) = \begin{cases} j \times R_q + q & q < U_q \\ (j+1) \times R_q + \frac{\sum_{j_i < j} q_i}{n} & q > U_q \end{cases} \quad (5)$$

式中 R_q 为变量 q 的进位单位, 即对 $\forall q$ 有 $R_q > q$; U_q 表示过载的阈值, 节点的负载大于该阈值, 则建议其他节点不选择该节点转发数据。这意味着过载节点的上级节点优先选择其他节点转发数据; 只有其上级节点没有其他节点选择时(例如上级节点为孤点, 或上级节点的其他节点也过载), 才可以选择过载的节点转发数据。当节点未过载时, 根据跳数选择路由, 在跳数相同的情况下, 选择负载比较低的节点。而当节点过载时, 该节点的跳数加1, 再加上所有同跳数节点负载的平均值。因此, 同跳数的节点中, 一部分节点走低跳数节点路由, 而另一部分节点通过同跳数节点中转。

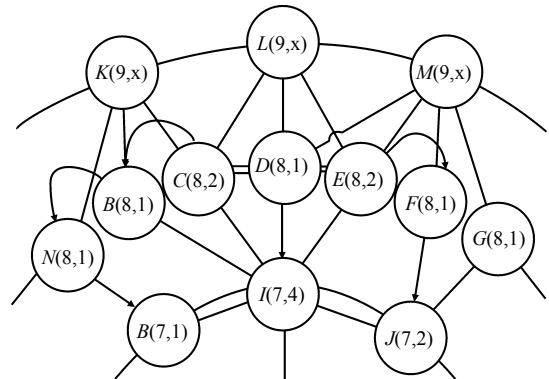


图2 最优跳数算法的负载均衡问题

通过式(5)分析几个节点, 得到网络路由拓扑图, 解决网络负载均衡问题, 如图2所示。图中省略了三元式的能量 e , 例如 $C(8,2)$ 表示节点 C 的跳数为8, 负载为2。取 $R_q=10$, $U_q=3$ 。根据最小跳数算法, 原节点 B 、 C 、 D 、 E 都经过节点 I , 而现在节点 B 、 C 改换转发经节点 A 转发数据, 节点 E 改换经节点 F 转发, 只有节点 D 仍然通过节点 I 转发, 因此就大大降低了节点 I 的负载。

下面讨论 q 值的具体表现。 q 值可以取节点当前待发送数据队列的长度, 该长度准确地表明了节点

当前的负载。无线传感器网络的每个节点周期性的报告信息,即传感器采集数据满足马尔可夫过程时,可以(静态的)取 q 值高梯度的节点数,这样可以大大降低邻点信息表广播的频率。当然 q 值的静态是相对的, q 值可能会根据节点本身故障或节点能量的消耗而改变。该结论证明如下:由于数据采集满足马尔可夫过程,所以每个节点产生数据概率相同的、高跳数的邻点数可以近似地等于节点发送数据的数量。当无线传感器网络的节点只是事件驱动的报告报警信息时,传感器采集的数据不满足马尔可夫过程,而是无序的随机触发,就只能使用增加邻点信息表广播的方法来取得负载信息。

2.2 最优跳数算法的实现

最优跳数算法分3个部分:(1) 在网络初始化时,从sink节点开始进行跳数的初始化,跳数初始化的方法与最小跳数算法相同;(2) 跳数初始化以后,根据最优算法开始传送数据;(3) 每个节点定期地向它的邻点广播三元组的信息,用来建立邻点信息表。

最优跳数算法中对跳数的自适应调整包括两种情况:(1) 某节点因故障或能量耗尽退出无线传感器网络;(2) 因为故障恢复或新节点植入。

解决无线传感器网络自适应调整的简单办法为定期进行整个网络的跳数洪泛。

可用一个示例来讨论节点退出网络时节点跳数的调整,如图3所示。图中,节点后面的数字表示节点的跳数。

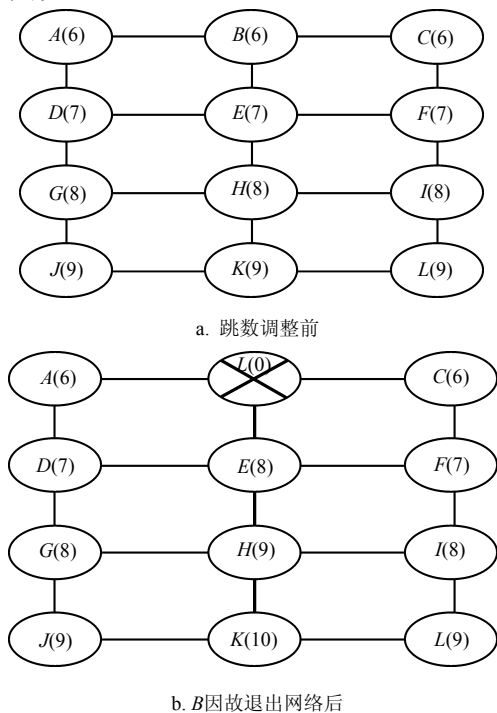
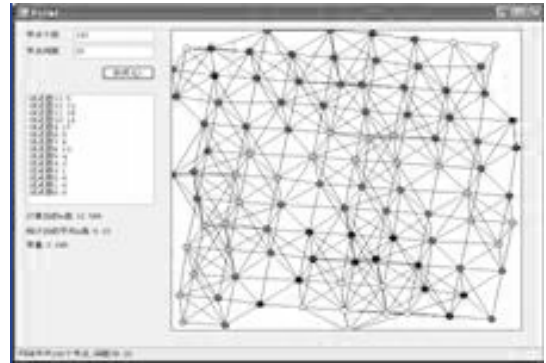


图3 节点对跳数的自适应调整

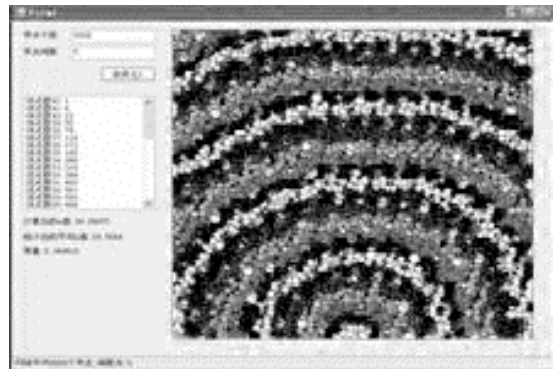
2.3 最优跳数算法的仿真

2.3.1 算法的仿真程序

最优跳数算法的仿真程序模拟生成的最小跳数场如图4所示。在图4b中5 000个节点的无线传感器网络上,跳数场很明显以sink点为圆心形成环形。



a. 100个节点的传感器网络

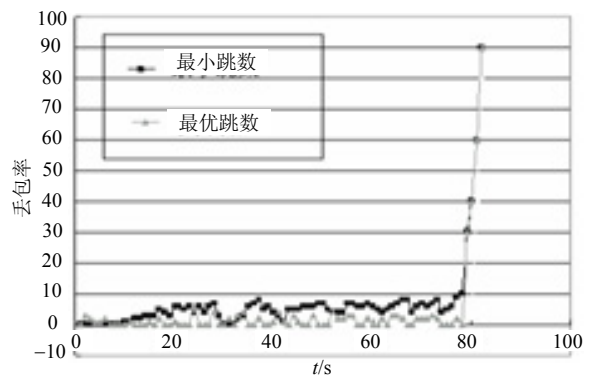


b. 5 000个节点的传感器网络

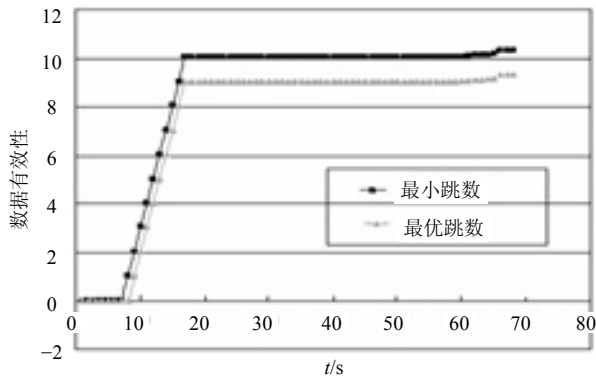
图4 最优跳数算法的仿真

2.3.2 最优跳数算法的仿真分析

收集上述仿真程序的数据,通过图5对最优跳数算法的丢包率、数据有效性进行分析。图5a和5b中,横坐标为时间;图5a中纵坐标为丢包率;图5b中纵坐标为数据有效性。可以看出最优跳数算法与最小跳数算法相比,在降低数据有效率很小的情况下就能明显降低丢包率。最优跳数算法是在跳数、能量、负载、延迟上的一个平衡,是追求平衡中的最优。



a. 丢包率分析



b. 数据有效率分析

图5 最优跳数算法的仿真分析

3 结论

评价无线传感器网络路由算法的标准是正确性、简单性、健壮性、稳定性和公平性和策略性^[7]。本文提出的最优跳数算法的设计,能够达到平面路由算法^[8]的最好效果,即通过传输数据量较小的邻点信息表,就可以高效、可靠地传输有效数据,得到很高的有效数据率。最优跳数算法考虑了节点进入或退出网络时网络路由信息的自适应变化,具有较好的健壮性。最优跳数多消耗的能量可用于维护网络的路由信息。但除该部分的能量消耗外,数据的传输将按照最佳路径传输到sink节点,最大程度地节约了能量。

参 考 文 献

- [1] 盛超华, 陈章龙. 无线传感器网络及应用[J]. 微型电脑应用, 2005, 21(6): 10-13.
SHENG Chao-hua, CHEN Zhang-long. Wireless sensors network and its application[J]. Microcomputer Applications, 2005, 21(6): 10-13.
- [2] RUIZ L B. A management architecture for wireless sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine., 2003, 30(9): 116-125.
- [3] 宫晓渊, 周兴社, 李志刚, 等. 无线传感器网络组织结构研究[J]. 微电子学与计算机, 2005, 3(12): 44-45.
GONG Xiao-yuan, ZHOU Xing-she, LI Zhi-gang, et al. Research on wireless sensor network structure[J]. Microelectronics & Computer, 2005, 3(12): 44-45.
- [4] 柯 炜. 无线传感器网络关键技术及其研究难点[J]. 电信科学, 2005, (6): 56-57.
KE Wei. Key Technology and research challenges of wireless sensor network[J]. Telecommunications Science, 2005, 5(6): 56-57.
- [5] 朱黎明, 周乐青, 邓灿峰. 传感器网络路由协议分类研究[J]. 科学技术与工程, 2005, 5(13): 879-883.
ZHU Li-ming, ZHOU Le-qing, DENG Can-feng. Research of classifying to routing protocols in sensor networks[J]. Science Technology and Engineering, 2005, 5(13): 879-883.
- [6] AKYILDIZ I F, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. Wireless sensor networks: A survey[J]. Computer Networks, 2002, 38: 393-422.
- [7] AKYILDIZ I. A survey on sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102-114.
- [8] SOHRABI K, AILAWADHI V, AILAWADHI V. Protocols for self-organization of a wireless sensor network[J]. IEEE Personal Communications, 2000, 7(5): 16-27.

编辑 熊思亮

· 科技成果介绍 ·

新型电子原材料——钛酸钡(BaTiO₃)粉体

超细粉体技术是当今高科技材料领域方兴未艾的新兴技术之一。粉体细化后生成的材料功能的特异性,使之成为新技术革命的新型电子原材料。钛酸钡粉体是电子陶瓷元器件的重要基础原料,高纯超细钛酸钡粉体主要用于介质陶瓷、敏感陶瓷的制造。利用钛酸钡粉体制备的多层陶瓷电容器、热敏电阻器件被广泛应用于冰箱启动器、彩电消磁器、程控电话机、节能灯、加热器等领域,制备的多层陶瓷电容在大规模集成电路方面得到广泛应用。

钛酸钡(BaTiO₃)粉体制造技术采用草酸盐共沉淀法生产钛酸钡,具有固相法不可取代的优点,该技术制备的粉体具有纯度高、杂质含量少、化学组分均匀、颗粒细、烧结活性高的显著特点。