

无线传感网死亡节点优化避让方法研究与仿真

李冠楠¹, 许雄轩², 李 强¹

(1 顺德职业技术学院 电子与信息工程系, 广东 顺德 528300

2 吐哈油田公司吐鲁番采油厂, 新疆 鄯善 838202)

摘 要: 无线传感网络的节点部署随机性很强, 每个节点的利用率不同, 经常用到的节点可能会能量耗尽死亡, 传统的网络协议将传感网络随机分为不同的簇, 簇头能量很微弱的节点可能仍被选为簇头, 造成了节点死亡, 其没有避让死亡节点的机制, 造成通讯效率不高. 为此提出微粒群优化 LEACH 的无线传感网络通信优化方法, 结合 LEACH 的优点, 簇头选择时使用微粒群的高度智能优化的特点将簇头当前能量与原始能量作为选择因素构造目标函数. 通过适应度值避让节点中的死亡节点. 实验仿真结果证明, 簇头微粒群优化后传感网络能量损耗大大降低, 死亡节点通信数目也变小. 提高了通讯效率.

关键词: 微粒群优化; LEACH 协议; 能量均衡;

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)10-0190-04

Wireless Sensor Network Node Optimization Method Avoid Death Around the Research and Simulation

LI Guan-nan¹, XU Xiong-xuan², LI Qiang¹

(1 Dept. of Electronic and Information Engineering, Shunde Polytechnic, Shunde 528300, China

2 Turpan Oil Production Plant of Tuha Oilfield Company, Shanshan 838202, China)

Abstract: Research Optimization communication of Wireless sensor network. Wireless sensor network structure is complex and has many levels. This paper puts forward a Wireless sensor network communication optimization method based on Particle swarm optimization LEACH. Using particle swarm optimization of high intelligence can avoid death node. The experiment results show that the improved algorithm can improve the Communication efficiency

Key words: particle swarm optimization; LEACH agreement; energy equilibrium

1 引言

无线传感网络技术是一种近些年来快速发展的无线通信技术. 在无线传感网络中, 传感器的节点被随机地分布在特定的环境, 采集数据后进行数据的通信与传输. 如今, 无线传感网络已经广泛应用在医疗系统、环境检测、工农业生产、军事领域等^[1]. 因为无线传感网络中的传感器被安置在一些无法预测的环境中, 有时因为环境的恶劣无法及时对其进行能量补充, 造成节点的死亡, 死亡的节点无法对网络数据进行采集与传输. 所以, 能量的均衡和传感器节点

节能技术成为目前无线传感网络的一个研究的热点. 拓扑控制是一项重要的传感器网络节能技术^[2-4], 拓扑控制通过改变节点的功率使节点轮换地工作, 这样减少节点的能量损耗来完成网络的能量均衡与节约; 路由协议控制算法是将数据的转发路径进行优化与均衡来完成网络的节能^[5-7], 目前优秀的一些路由协议包括泛洪扩散、LEACH 等协议, 研究者后来在这些协议的基础上进行了大量的改进. 另外通过媒体的访问控制来进行网络节能也是一种有效的方式^[8], 通过对无线信道的有效监听为数据分配信道来达到节点的能量均衡.

通过路由协议来优化环境数据与基站的传输是一种有效地网络能量均衡方法,无线传感网络的节点部署随机性很强,每个节点的利用率不同,经常用到的节点可能会能量耗尽死亡,传统的网络协议将传感网络随机分为不同的簇,簇头能量很微弱的节点可能仍被选为簇头,造成了节点死亡,其没有避免死亡节点的机制,一旦选择低能量或者死亡节点作为通信的载体,会造成通讯效率不高的问题。

为了解决上述问题,本文提出微粒群优化 LEACH 的网络能量均衡方法,在进行 LEACH 路由轮换的过程中,簇头的节点不是随机的选取,而是将原始能量与目前能量进行综合考虑,使用微粒群优化的方法对其进行选择,避免节点过度被当作簇头而出现死亡,达到能量均衡,避免死亡节点。实验仿真结果证明,簇头微粒群优化后的无线传感网络能量损耗大大降低,死亡节点数目也变小,网络性能有了大幅度提高。

2 无线传感网络通信原理

2.1 无线传感网络体系结构

无线传感网络中的设备主要有数据采集的传感器节点、充当网关功能的 Sink 节点、中继网络(只要包括无线通信网、互联网、卫星网络)、终端用户的管理节点,见图 1。

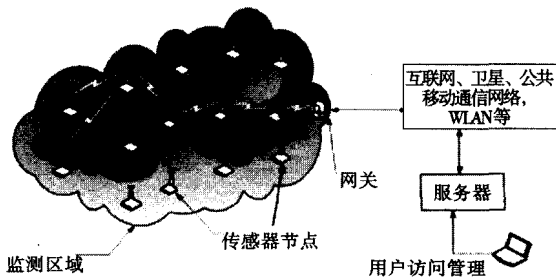


图 1 无线传感网络体系

无线传感网络中的节点被安装在一定的监测环境中,功能不同的传感器节点对环境进行数据感知。传感器收集数据以后进行本地处理,通过其他传感器中继,将数据传到基础网络。基础网络可以通过无线信号或者卫星信号将数据发送到管理节点进行命令反馈。

2.2 无线传感网络路的 LEACH 路由原理

因为 LEACH 协议是第一个被提出的用来进行网络能量均衡的路由协议,所以后来的大部分网络协议都是在其基础上进行改进的。LEACH 网络路由协议的运行包括初始化与稳定工作两个状态。

网络的初始化阶段是簇的分类与簇头节点的选择阶段。LEACH 的路由过程中簇中簇头的节点选择是将传感器随机的选取一个数,该数处在 $0 \sim 1$ 的区间。如果该随机值小于一个阈值 $T(S)$, 通知网络该节点现在为簇头节点,在下一轮的时候该节点就被挡在簇头节点选择之外,此时 $T(S)$ 设置为 0。 $T(S)$ 值在 $0 \sim 1$ 区间会有很多的备选节点作为簇头节点,随着节点的簇头数目增加,阈值 $T(S)$ 也就大大增加。阈值 $T(S)$ 可以如下表示:

$$T(S) = \begin{cases} \frac{popt}{1 - popt \cdot \left(r \bmod \frac{1}{popt} \right)^s} \in g \\ 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, $popt$ 是节点成为簇头的最优概率值,该值在不同的检测环境下设定不同的值, r 代表在传感器收集数据中的轮数变化, g 代表了已经轮换过的充当一般节点的节点集合,通过上面的公式进行判定以后每一轮都会产生一个簇分,并且每一个簇都会有自己的簇头。LEACH 协议的簇轮实现分为两步,首先选取簇头节点,第二步实现数据的传送。网络中节点的传送与接受消耗的能量模型有区别,传感器传输 1 比特的数据能量消耗为

$$E_{TX}(l, d) = \begin{cases} L \cdot E_{elec} + L \cdot \epsilon_{fs} \cdot d^2, & d \leq d_0 \\ L \cdot E_{elec} + L \cdot \epsilon_{mp} \cdot d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (2)$$

在 $d = d_0$ 时,传感器接收数据长度为 L 的能耗为

$$E_{RX} = L \cdot E_{elec} \quad (3)$$

上面的描述中 E_{elec} 代表着接受与传输每单位比特的能量, ϵ_{fs} , ϵ_{mp} 与节点的收发设备的放大电路有关, L 代表数据的长度, $d_0 = \sqrt{\frac{\epsilon_{fs}}{\epsilon_{mp}}}$ 。LEACH 协议是

好多现在流行无线路由协议的基础, LEACH 路由协议是一种分层的路由协议,这种协议可以使低配的传感器依然在通信中具有很好的方式,该协议在簇头选举时使用随机轮选的方式,每一个节点都有机会成为簇头节点,这样就使全部的网络能量消耗达到了平衡,网络的路由简洁,信息不需要大量的暂时存储,网络的能量均衡有效提高。但是 LEACH 协议也存在其固有的缺点,比如簇头的选择是随机的,可能出现过度死亡的状况。

2.3 LEACH 路由通信协议的缺点

在 LEACH 协议中簇头节点的产生具有随机性,这种随机选取机制存在以下的几个缺点:首先,

簇头节点的选择可能选取到非常远的一些节点,这样通信的能量消耗就会加大,如果较多的簇头集中在一起也会造成能量的无效损失.另外,一些节点可能由于随机性被较多次数地选取为簇头节点,及时这些节点的能量已经很微弱了,这些节点仍然要承担簇头节点的通信,这样就会导致这些节点过早死亡,整个网络的存活时间变短.为了针对这样的缺点进行研究本文引入了微粒群优化的思想,对节点的簇头选择进行智能判断.

3 微粒群优化 LEACH 网络通信算法

目前,国内外出现了很多的 LEACH 的改进协议,通过一定的改进使 $T(n)$ 的选择对节点的能量进行关联.提出将节点能量与网络中的总能量的比值 $\frac{E_i(t)}{E_{total}(t)}$ 进行关联,但是研究证明这种 $T(n)$ 会不断减小,在 $T(n)$ 很小的时候无法选择最优秀的簇头节点.本文提出在簇头节点的选取的时候,将本身节点的能量信息与簇头进行通信,并且将网络中其他节点的一些信息进行交流,这些信息包括: E_{cur_aver} , E_{cur_max} , E_{cur_min} 这些参数分别表示平均能量、最大能量、最小能量.这些信息与 $T(n)$ 进行关联,作为簇头节点的选取重要条件.本文首先对 $T(n)$ 进行改进,然后使用微粒群优化的方法将 $T(n)$ 作为目标函数的约束,对式(2)、(3)进行最优化计算,选取簇头节点使网络的能量达到均衡,改进后的 $T(n)$ 为

$$T(S) = \begin{cases} \frac{popt}{1 - popt \cdot \left(r \bmod \frac{1}{popt} \right)} \times \frac{E_{i_cur}}{E_{cur_aver} + (E_{cur_max} - E_{cur_min})} \\ 0 \end{cases} \quad (4)$$

将乘性因子 $\frac{E_{i_cur}}{E_{cur_aver} + (E_{cur_max} - E_{cur_min})}$ 引入了簇头选择判断中可以有效保证节点的能量均衡,将能量更多的节点选为簇头节点,将微粒群优化的方法引入节点的簇头选择可以保证均衡的效果更为明显.

微粒群优化算法又称粒子群优化算法是一种近些年被广泛使用在工业控制与人工智能的算法中.

假设微粒群的节点搜索位置空间的维度为 D 维,粒子的编码使用网络中的节点数目进行粒子替代.初始化选取 m 个粒子构成的粒子群,每一个粒子的属性描述包括网络中将要被选为簇头节点的节

点群,粒子的空间优化问题就是选取最优的粒子作为这一轮簇头节点的选取.空间中第 i 个粒子的空间位置即传感器节点的被选集可以表示为以下的形式: $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$; 式中 n 代表节点的总数,第 i 个粒子空间更新的速度示为 $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{id})$; 第 i 个粒子的历史最优位置为 $pb_i = (pb_{i1}, pb_{i2}, \dots, pb_{id})$; 整粒子群的最优位置为 $gb_i = (gb_1, gb_2, \dots, gb_d)$, 粒子可以根据如下的公式进行速度与位置的更新:

$$\begin{aligned} V_{id}^{k+1} &= \omega V_{id}^k + c_1 r_1 (pb_{id}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (gb_{id}^k - x_{id}^k) \\ X_{id}^{k+1} &= X_{id}^k + V_{id}^{k+1} \end{aligned} \quad (5)$$

式中, $i=1, 2, \dots, m$, $d=1, 2, \dots, n$, K 为微粒群中优化的迭代次数,粒子群优化的迭代次数, r_1 和 r_2 是在区间 $[0, 1]$ 上的随机数,这两个随机数能够有效保持微粒群优化的多样性. c_1 和 c_2 是两个学习因子,这两个系数可以保证粒子对全局位置的学习能力.

微粒群的目标优化函数是在一组 $T(n)$ 与目标函数的联合约束下进行的,目标函数表示如下:

$$f(x_i) = \begin{cases} T(S) \\ w_1 E_{TX} + w_2 E_{RX}, w_1 + w_2 = 1 \end{cases} \quad (6)$$

式中,将 $T(S)$ 作为微粒群优化的约束,目标函数是所有区域中每一轮后可以选择为簇头节点的一些传感器节点,优化结束以后选取一定的节点作为簇头节点进行网络的通信.

由于本文中采用的 PSO 目标函数中要求的网络布局能够合理的避让死亡节点或者低能量节点,通信效果较好.

4 实验结果分析

为了验证本文方法的有效性,采用计算机仿真实验.本文使用 MATLAB 的无线网络仿真平台对交叉遗传的算法进行了仿真.本文在 100×100 平方米的区域空间中分布 100 个无线传感器节点,如图 2 所示.

如图 2 所示 100 个节点分布在区域中, Sink 节点设置在区域的正中间的位置,仿真的网络参数如表 1 所示.

经过 500 轮以后网络的能量有了一定的耗尽,出现了一定的节点死亡,图 3 是将两种方法在 300 轮以后节点的死亡标识图.

图 3 中的右半部分是经过微粒群优化后的 LEACH 算法可知经过算法改进以后,在第 500 轮左右的节点死亡率明显降低.本文还从能量损耗的

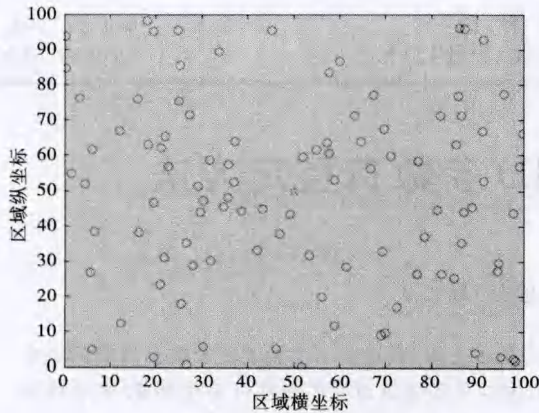


图2 网络节点的分布图

角度对两种技术进行了对比,对比图如图4所示。

表1 网络仿真参数表

参数选项	参数值
节点区域	100 * 100
节点数	100
Sink 位置	(50,50)
EO 初始能量	0.5 J
自由空间系数	$10 * 0.000\ 000\ 000\ 001$
多径衰落系数	$0.001\ 3 * 0.000\ 000\ 000\ 001$
数据融合的能量	$5 * 0.000\ 000\ 001$
簇首生成概率	0.1
数据长度	3 000 bit
Rmax 最大轮数	999

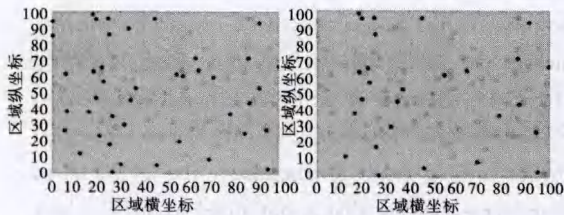


图3 第500轮的节点死亡分布图

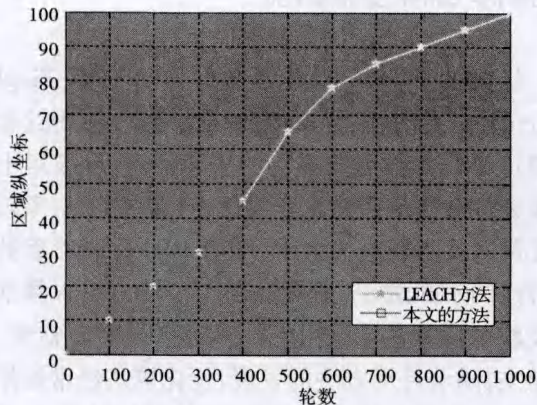


图4 无线传感网络节点的能量损失曲线

由图4可知经过本文的算法运行后,整个网络的能耗在450轮左右能耗发生了明显的偏差,改进后的算法的能耗明显要低于经典的LEACH算法,这主要是在出现死亡节点后,本文的方法能够有效的避开死亡节点进行通信,保证了通信的效率。

5 结束语

本文针对无线传感网络节点处于不同的数据监测环境,有时无法为其提供有效的能源补充的特点,提出微粒群优化LEACH的无线传感网络能量均衡方法,结合LEACH的优点,在簇头选择时使用微粒群的高度智能优化的特点将簇头当前能量与原始能量作为选择因素构造目标函数。通过适应度值判断是否为簇头。实验仿真结果证明,簇头微粒群优化后的无线传感网络能量损耗大大降低,死亡节点数目也变小,证明本算法具有很强的可行性与实用价值。

参考文献:

- [1] 姚仲欢,王高才,孙野,等.传感器网络中基于最短路径树的低延时节能路由算法[J].微电子学与计算机,2007,24(9):174-177.
- [2] 张伟伟,王俊,秦琳琳,等.一种基于能量和位置的LEACH协议优化[J].计算机仿真,2010(3):136-139.
- [3] 何宁,王漫,方购,等.面向无线传感网络应用的传感器技术综述[J].计算机应用与软件,2002(24):91-94.
- [4] 任丰原,黄海宁,林闯.无线传感网络[J].软件学报,2003,14(7):1281-1291.
- [5] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感网络[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [6] 郭拯危,毕俊蕾,李致远.一种新的传感器网络能量有效路由算法[J].计算机工程与应用,2008,44(10):123-126.
- [7] 李翔,阎新芳,孙雨耕,等.无线传感网络中簇树骨干网的构建及算法[J].传感技术学报,2006,19(4):1279-1283.
- [8] 孙雨耕,武晓光,刘洋.无线传感网络中的簇状汇聚头算法[J].计算机工程,2008,34(5):125-127.

作者简介:

李冠楠 男,(1981—),硕士,讲师.研究方向为计算机软件与理论、计算机网络技术。

李强 男,(1977—),硕士,讲师.研究方向为计算机视觉、WEB应用系统设计与开发、计算机语言学。