

基于动态认知 PSO 的无线传感网络高效路由^①

覃毅¹, 覃庆伟²

¹(仲恺农业工程学院 设备处, 广州 510225)

²(仲恺农业工程学院 计算机科学与工程学院, 广州 510225)

摘要: 研究无线传感网络高效节能路由的问题. 无线传感网络中的节点需要使用电池等一次性能源来进行能量供应, 很多恶劣的环境下无法对节点进行能量补充. 传统的无线传感器网络路由协议主要集中在网络质量或者能源解决的某一方面, 保证了网络质量的网络如果网络工作时间较长就有一些节点因为能量耗尽而死亡, 相反如果仅保证能源节约的网络却无法保证网络的质量. 为此提出一种基于动态认知 PSO 的无线传感网络高效路由的方法, 分析无线网络的架构以后在传感器节点的路由寻找中引入动态认知的 PSO 算法, 对节点当前的能量状态与路由信息实时监控, 以使路由达到有效均衡的状态. 实验仿真结果证明, 经过本文的路由算法更新的无线网络能量消耗有效降低, 节点出现了较小的死亡率, 网络性能明显提高.

关键词: 动态认知 PSO; 无线传感网络; 高效路由

Efficient Routing of Wireless Sensor Network based on Dynamic Cognitive PSO

QIN Yi¹, QIN Qing-Wei²

¹(Equipment Office, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

²(Institute of Computer Science and Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: This article researches the problem of efficient energy saving in wireless sensor network routing. The nodes in wireless sensor network need primary energy such as battery to supply energy. But it is impossible to provide extra energy supplement in many adverse circumstances. The traditional route protocol of wireless sensor network mainly focuses on the quality of network or energy solving. Some nodes may die when the good quality network works too long. On the contrary, the quality of the network can not be guaranteed if the energy saving has been considered only. Thus this paper proposes a method of high usage route of wireless sensor network based on dynamic epistemic PSO. And a dynamic epistemic PSO algorithm is introduced in searching the route of sensor nodes after the analyzing of the structure of the wireless network, which can realize the real-time monitoring of the current energy state of nodes and the information of route and then achieve the effective balanced state of the routes. The simulation experiments show that through this method, the updated energy consumption of wireless network is reduced efficiently, the death date of nodes is also reduced and the performance of network is improved obviously.

Key words: dynamic cognitive PSO; wireless sensor network; efficient routing

1 引言

现代高度集成电路与计算机网络技术的快速发展使传感器技术的变化日新月异, 现代传感器的具有高度集成、处理速度快、信息融合能力强的特点^[1]. 无线传感器网络广泛应用在国防、工农业生产、城市交通

规划与管理、生物技术等领域, 无线传感器网络成为目前最为活跃的研究领域^[2]. 无线传感器网络的工作环境经常会处在一些环境恶劣的情况下, 并且节点可能随时地加入与撤除, 通过路由选择来进行传感器网络的性能提高成为目前的研究主流^[3]. 针对如何调节

^① 收稿时间:2012-08-31;收到修改稿时间:2012-10-26

网络质量与网络能量损耗矛盾的问题,目前有很多优秀的路由算法^[4-7]: W.Heizelman 等人曾经提出过 SPIN 协议,该协议避免了资源的无效损耗,能够有效节省节点的能量. Intanagowiat 等人基于数据的搜索驱动提出了一种定向路径扩散的协议,这种协议的优点是不需要将全网络的节点路径信息进行保存;近些年出现了诸如 Rumor Routing 路由选择协议、TTEE 与 TTDD 等无线传感网络协议,这些协议的研究都为无线传感网络地快速发展提供了有效的支持.

目前的主要一些无线传感网络主要是在研究无线网络单方面性能的一些情况. 无线传感网络因为工作在大量的恶劣环境下,这些协议无法对网络的高质量传输与能量有效均衡的矛盾进行有效地解决. 如何寻找一种高效的路由算法,使无线传感网络既能够适应无线网络自组织的特点进行数据的高速准确传输,又能有效避免传感器节点无效损耗成为目前的研究难点与热点.

为了解决上述问题,本文提出一种动态认知 PSO 的无线传感网络高效路由算法. 在无线传感网络节点的信息传输路由选择中选择 PSO 粒子群优化算法来寻找最优的路径,优化的过程中根据动态的网络性能调整粒子的速度与位置. 通过 NS2 实验仿真平台对该路由算法下的无线网络进行仿真,通过对网络的各种性能比较,证明该路由能够有效降低无线网络路由的能量损耗,死亡节点也大幅度减少,实验效果明显.

2 无线传感器网络体系与路由协议

2.1 无线传感器网络

传统的无线传感器网络是由传感器节点、Sink 节点、基础网络、管理节点四部分组成. 网络传感器的空间分布没有规律性,节点的加入与去除也具有随意性,这些节点要通过网络协议自组织成无线传感器网络. 形成传感器网络以后节点协同地进行数据采集与环境感知.

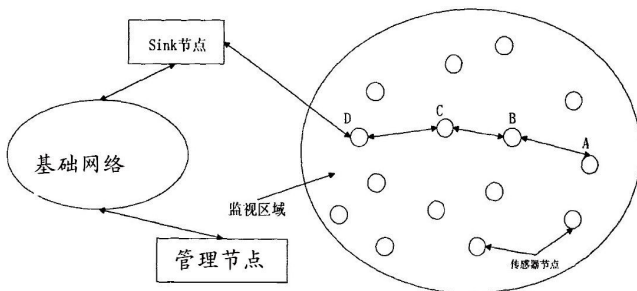


图 1 无线传感器网络体系

网络传感器节点获取感知周围的数据以后对数据进行处理,然后根据路由协议不断跳跃到 Sink 节点,最后基础网络(一般为 Internet 或者其他网络)传递给管理节点. 用户通过管理节点来进行数据信息的分析与命令的发布. 现代集成电路的高速发展使传感器的功能越来越强大,无线网络中的传感器主要由能量供应模块、数据获取与处理模块、数据存储模块、数据传递模块、协议控制模块几个部分构成,能量供应的模块主要负责为传感器工作提供能量支持;数据采集与处理模块负责将数据收集后进行可以在电路中进行传输的模拟信号的转换;存储模块用来保存一些感兴趣的数据;软件模块是整个传感器的大脑,网络协议、用户命令的分析都在这个模块中实现. 无线传感网络一般采用干电池来供电,并且工作在恶劣的环境中所以无法对其进行稳定的外部供电,所以在网络的设计初期应该将能量均衡与网络质量平衡考虑,研究证明节点的能量消耗主要在数据的传输,所以应该在网路中选择合适的高效的路由来进行节点的能量均衡.

2.2 无线传感器网络的路由协议

与传统的无线网络不同的是,无线传感器网络的协议的首要目标不是网络之间路径的最优化同时节约带宽以避免通信阻塞,而是将能量的有效均衡作为首要的考虑目标,在无线传感器网络中因为节点随时接入与网络节点众多所以应该选择一条既能考虑网络质量又能进行能量均衡的路由协议. 无线传感器网络路由协议的主要考虑因素应该考虑以下几个方面: 能量优先,路由协议的开发应该将能量节省作为重要的考虑方式;路由协议应该能够有效扩展以达到当节点随时接入后的高度自组织性;收敛性,网络拓扑后节点应该能够尽快收敛到最优的路径上,这样能适应新的拓扑结构,研究证明在无线传感器网络节点工作运行转换下的能量消耗可以由下式给出:

$$E_i = P_i^{tx} (t_i^{tx} + t_i^{s-tx}) + p_i^{out} t_i^{tx} + P_i^{rx} (t_i^{rx} + t_i^{s-rx}) \quad (1)$$

$$E_C = \sum_{i=1}^N e_i \quad (2)$$

$P_i^{tx/rx}$ 代表节点 i 处于发射与接受过程中的能量消耗 $t_i^{tx/rx}$ 是节点接收与发射的总时间. 上述分析可知在信息数据在无线传感器网络节点中进行传输的过程中路径的选择对能量消耗起着决定作用.

无线路由协议中典型的定向扩散协议是无线网络

中的各个节点对终端节点的兴趣的反应, 是以数据为中心的典型的的路由协议. 节点是通过梯度矢量的信息来进行数据需求反馈并且建立一条终端节点与各个节点之间的最优化路径. 终端节点的“兴趣”通过各个节点向全网扩散, 此时也会建立起各个节点之间的梯度信息. 图 2 是定向扩散模型的模式图:

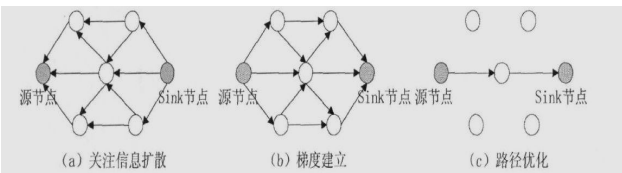


图 2 定向扩散路由协议模式图

传感器网络的终端节点通过多条信息兴趣的延伸建立出用终端节点到 sink 节点之间的传输路径, 当节点加入会撤除网络中, 定向扩散协议会重新实施上述三步完成网络的重新自组织.

2.3 定向扩散协议存在的弊端

定向扩散协议是通过全部的面向应用的节点, 节点之间可以按照经验来进行最优路径的选取, 缓存技术为传感器实现经验信息提供了有利条件, 定向扩散协议是持续性兴趣驱动查询而不是一次性数据查询, 所以在环境监控应用的无线传感器网络中, 这种协议在数据的选择与匹配的过程中会使传感器消耗很多无效的能量. 另外, 虽然 sink 节点具有了每一个终端节点的位置信息, 整个网络的路径寻优能力会大大提高, 网络的堵塞也不容易出现, 但是这种路由方式因为是通过泛洪的方式来关注兴趣信息的, 当这些节点进入休眠的状态后关注的信息类型无法进行统一, 给组网的质量造成了影响.

为了提出上面的路由协议的缺点, 提出一种基于动态认知的 PSO 技术来进行数据信息的路径选择.

3 动态认知的PSO无线路由协议

PSO 算法是模仿自然中鸟类寻找食物的一种现代优化算法, 这种算法能够有效进行无线路由路径选择的优点主要有以下几方面:

- 1) PSO 技术是依靠鸟群的群体智能来进行无线网络中传感器的节点露营的优化选择, 这种技术在去除无效路径、节省能量方面有着先天的优势;
- 2) 在无线传感器网络中, 节点的加入可能采取随

机播洒的方式, 这种网络特性要求网络中节点具有高度的自组织能力. PSO 粒子群优化算法在全局寻优中能根据自己与全局的最优位置不断进行更新, 不但有效提高网络质量还能避免无效路由的出现以节省能量;

3) PSO 优化的最大优点就是其强大的全局寻优能力, 这样的寻优能力可以保证在路径优化的过程中能够不断地进行收敛分析, 所以不会出现死循环, 逐步趋于最优路径.

以上特点的分析可以知道 PSO 粒子群优化算法可以在无线传感网络中得到其优势的最大发挥. 本文在无线路由协议的设计中, 引入 POS 粒子群优化技术的同时还将实时感知加入到系统, 不但进行能量的有效节约还可以根据网络的实时运行质量不断调整权重系数来进行网络质量的维持.

PSO 算法基本思想: 在无线路由中的每一个数据节点的传输的最佳位置都是空间中的粒子, 粒子的位置是否是最优位置可以根据网络能耗的目标函数来进行分析, 所有的粒子作为网络数据的传输节点都会根据速度与位置公式来进行更新, 每一次粒子的位置更新都会根据两个极值点来进行, 这两个极值代表无线传感器网络中数据传输的下一个最优节点与全局的最优节点.

假设粒子群的搜索空间是 D 维, 映射在无线传感器网络中就是节点之间的路径, 粒子群的规模由 m 表示, m 即为在空间数据传输的数据报, 假设空间中第 i 个粒子的空间位置即数据所处的传感器节点位置标号可以表示为 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{id})$; 第 i 个粒子的飞行速度表示为 $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{id})$; 第 i 个粒子到目前为止识别的无线传感器网络中的节点路径即搜索空间的最优位置为 $pb_i = (pb_{i1}, pb_{i2}, \dots, pb_{id})$; 整个瞬时全局数据报也就是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:

$$\begin{aligned} V_{id}^{k+1} &= \omega V_{id}^k + c_1 r_1 (pb_{id}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (gb_d^k - x_{id}^k) \\ X_{id}^{k+1} &= X_{id}^k + V_{id}^{k+1} \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)中, $i = 1, 2, \dots, m, d = 1, 2, \dots, D, K$ 为粒子群优化的迭代次数, r_1 和 r_2 是 $[0, 1]$ 区间上的随机数, 这两个随机数能够有效保持粒子群的多样性. c_1 和 c_2 是两个学习因子, 这两个系数能够保持粒子在网络寻优的过程中不断向全局最优的位置靠近.

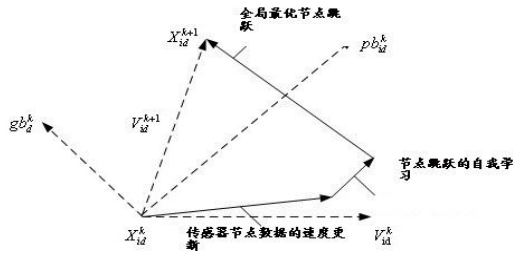


图 3 无线数据的节点更新图

以上分析可知,学习因子 c_1 、 c_2 是粒子群之间的学习能力,该值初始化较大或者较小都可能对路径选择中节点的信息传递带来影响,本文在粒子群的优化过程中初始阶段尽量将粒子设置的可以在全局进行搜索以使能够寻找到全局的最优网络节点并向其逐步靠近,在优化的后期应该保持粒子可以进行确切的节点跳跃,这样能够跳出局部最小,保证无线传感网络中的优化路径的能量损耗达到最小值。

本文通过线性动态的方法对粒子群的学习因子也就是其个体之间的学习能力进行动态的感知,这种感知后期证明可以在无线传感器网络中考虑整个网络的全局性能,在路径优化的过程中保证网络的性能,防止网络堵塞。其核心思想是随着网络下一跳节点的不断寻找中,学习因子 c_1 线性递增,此时粒子参考的是自己的历史位置信息,而在后期的不断收敛中参考全局的社会信息,该信息主要依靠 c_2 非线性递减来实现,即在搜索后期更加注重社会共享信息。学习因子变化描述如下:

$$c_1 = l_1 + \frac{l_2 \times t}{t_{max}} \quad (4)$$

$$c_2 = l_3 - \frac{l_4 \times t}{t_{max}} \quad (5)$$

式(4)与(5)中的 l_1, l_2, l_3, l_4 是初始值; t, t_{max} 是目前的优化迭代的次数和全局寻优中的最大迭代次数。改进的算法是调整初始值 l_1, l_2, l_3, l_4 来实现对学习因子的调整,这样的网络数据节点跳跃的路径更为节能且网络性能更好。

4 实验结果分析

为了验证本文中算法的有效性能,在网络模拟平台 NS-2 中进行了仿真实验^[8,9]。一共选取了 50 个传感器节点,第 24、25 号节点作为 sink 节点,每次仿真发

送 50 个数据包,大小为 100 字节。

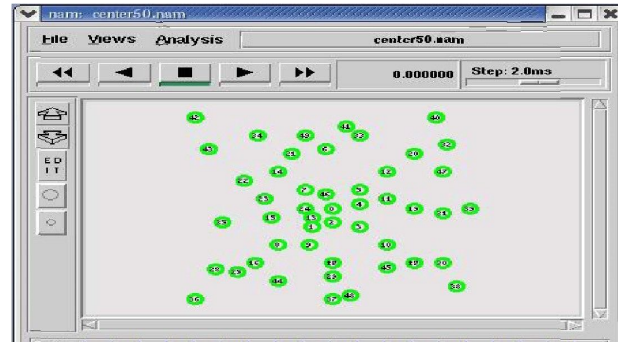


图 4 NS2 实验仿真系统网络构造

使用 NS-2 软件分别对三种协议下的网络性能进行了分析,结果如图 5 所示:

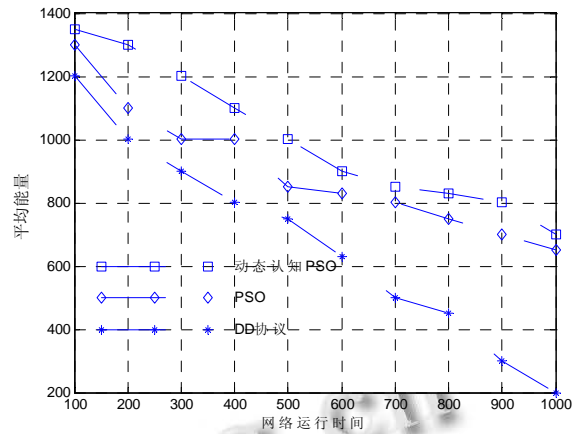


图 5 基于各协议的无线网络能量损耗对比

本文对动态认知 PSO 算法生存周期进行仿真,分别与 PSO, DD 协议比较。比较结果见图 6。

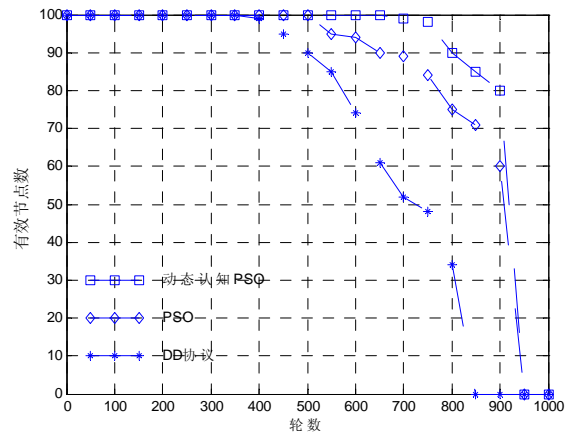


图 6 基于各协议的生存周期对比图

在图 6 中, 动态认知 PSO 协议生存周期相比是最长的. 这是因为引入线性动态的方法对粒子群的学习能力进行动态的感知, 使网络的能量消耗趋于均匀, 有效延长了网络中第一个死亡节点的存活时间.

由以上分析可知, 在经过动态感知的 PSO 技术进行无线传感器路由选择后, 在经过相同的时间内能量损耗明显降低了. 不经过动态感知的 PSO 在整个时间跨度内的能量损耗也较为平坦, 其性能也优于传统的 DD 协议, 实验仿真结果证明了该算法的有效与可行性.

5 结语

本文针对无线传感网络中的节点需要使用电池等一次性能源来进行能量供应, 很多恶劣的环境下无法对节点进行能量补充的问题, 分析了传统的无线传感器网络路由协议中存在的问题与缺点, 提出了一种基于动态认知 PSO 的无线传感网络高效路由的方法, 分析无线网络的架构以后在传感器节点的路由寻找中引入动态认知的 PSO 算法, 对节点当前的能量状态与路由信息实时监控, 以使路由达到有效均衡的状态. 实验仿真结果证明, 经过本文的路由算法更新的无线网

络能量消耗有效降低, 具有较强的实用性.

参考文献

- 1 李晓维. 无线传感器网络技术. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- 2 王结太, 于海勋. 无线传感器网络 MAC 层能耗与时延的权衡. 计算机仿真, 2008, (4): 121-125.
- 3 曹涌涛. 无线传感器网络自组织算法关键技术的研究. 上海: 上海交通大学, 2006.
- 4 李建中, 李金宝, 石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概率、问题和进展. 软件学报, 2003, (10): 1717-1727.
- 5 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络. 软件学报, 2004, 14(7): 1282-1291.
- 6 杨少军. 无线传感器网络若干关键技术研究. 西安: 西北工业大学, 2006.
- 7 温蜜. 无线传感器网络中关键安全技术研究. 上海: 上海交通大学, 2008.
- 8 刘斌新, 蒋挺. 基于认知的无线传感器网络抗干扰路由算法. 数字通信, 2010(2): 66-70.
- 9 范兴刚, 等. 基于离散 PSO 的分层多链无线传感器网络路由算法. 传感技术学报, 2010, (7): 1006-1011.

(上接第 54 页)

计划管理、综合分析三大功能模块的基础上, 同时满足了对性能、安全性等方面的要求. 部署时采用 Weblogic 作为应用服务器, Oracle 作为数据库服务器.

规划计划信息管理平台以国网总部、江苏电力公司和重庆电力公司作为信息化支撑“大规划”体系建设工作的试点单位^[1]. 该系统已经在试点单位进行试运行, 已于 2012 年 4 月初完成了试点测试工作. 现系统运行效果良好, 在完善设计后在部分网省公司及直属单位准备开展第一阶段的推广工作.

参考文献

- 1 刘振亚. 努力超越追求卓越加快建成“一强三优”现代公司. 中国电业, 2011, 1: 6-9.
- 2 蔡宏伟, 金连甫, 陈平. 可扩展三层 B/S 体系结构研究和应用.

浙江理工大学学报, 2006, (2).

- 3 张建, 文爱军. SoTower 平台在国家电网公司招投标业务深化研究中的应用. 电力信息化, 2008, 6(12): 47-51.
- 4 杨维, 沐连顺, 杨宁, 樊涛. SoTower-服务“SG186”的电力业务基础软件平台. 电力信息化, 2007, 5(11): 68-71.
- 5 孙丕石, 曹占峰, 王亚玲, 尹洪苓. 国家电网公司数据交平台研发与应用. 电网技术, 2008, 32(22): 62-67.
- 6 王亚玲, 郝赫, 曹占峰, 刘海涛. 数据交换平台在国家电网公司信息化建设中的应用. 电力信息化, 2011, 9(2): 116-120.
- 7 田建华. 富客户端技术在软件项目中的应用. 硅谷, 2011, 22: 154-154.
- 8 田建华. 富客户端技术应用研究与实现. 计算机工程与设计, 2008, (3).