

面向农业环境的无线传感器网络部署算法研究

范九海, 苏健民*, 盛天杨, 赵树林 (东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 设计了基于改进微粒群和初始能量分配的综合优化算法。通过合理的无线传感器网络节点部署, 在保证网络通讯质量的同时, 根据不同节点的实际功耗, 均衡每个节点的能量, 有效延长整个网络的生命周期, 促进无线传感器网络技术在农业环境监测中更广泛的应用。

关键词 无线传感器网络; 微粒群算法; 能量分配; 节点部署; 农业环境

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)05-01561-02

Research on the Deployment Algorithm of Wireless Sensor Networks Facing to Agricultural Environment

YUAN Jiu-hai, SU Jian-min, et al (Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract The integrated optimization algorithm based on the improved particle swarm optimization and energy distribution was designed. By reasonable wireless sensor networks nodes deployment, every node's energy was balanced and the quality of the network was guaranteed according to the actual power waste of different nodes. It can extend the life cycle of the whole network and promote the widely used of wireless sensor networks technology in the monitoring of agricultural environment.

Key words Wireless sensor networks; Particle swarm optimization; Energy distribution; Node deployment; Agricultural environment

农业资源是人类赖以生存的宝贵资源, 在人口日益增多的今天, 如何高效地利用有限的农业资源, 实现生产最大化已成为当前的热点课题。无线传感器网络技术(WSN)是一种高性价比的小型网络, 由大量廉价的传感器节点组成, 每个传感器节点由计算模块、存储模块、传感器模块和无线通信模块等构成。它可以实现无线自组网并通过无线传感器节点实时地采集监测区域内目标对象的各种信息, 并将它们发送至簇头节点, 以实现监测区域内目标对象的信息检测, 用来收集和提供环境信息, 如温度、光照、湿度、二氧化碳和氧气浓度等^[1]。

多年来, 能量都是网络节点的瓶颈资源, 直接影响着无线传感器网络的使用寿命, 合理的网络节点部署不仅可以有效地降低功耗, 还可以保证网络的通讯质量, 保证交换过程中数据的有效性, 提高整个网络的可靠性, 有效地延长节点以及整个网络的寿命^[2]。因此, 如何优化部署无线传感器网络节点, 合理分配利用有限的能量, 对推广 WSN 技术在农业环境中的应用, 高效监测农业环境至关重要, 是研究其在农业环境中应用的核心内容^[3]。

1 无线传感器网络部署算法

采用改进微粒群和能量分配的综合算法对节点进行部署, 通过微粒群算法对监测区域内的节点进行部署, 并根据各节点的位置通过能量分配算法对节点的初始能量进行分配, 从而在保证节点的覆盖性和网络连通性的前提下, 最大限度地延长整个无线传感器网络的使用寿命^[4]。

1.1 改进微粒群算法 针对无线传感器网络设计的 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)算法, 是一种低功耗自适应分层路由算法, 利用循环的方式随机选择簇

头节点, 如果所选的簇头节点集中在网络的某一部分, 则将导致一些节点无法在附近找到簇头^[5]。同时, 由于 LEACH 算法在选择簇头时不考虑节点的剩余能量, 一旦被选为簇头的节点剩余能量较少, 将会很快耗尽, 导致节点过早“死亡”。微粒群算法(PSO, Particle Swarm Optimization)是一种群体智能进化算法, 相对于 LEACH 算法, 该算法在多维空间动态寻优方面具有速度快、解质量优、鲁棒性好等优点, 但同时微粒群算法也存在一些缺点。例如, 算法不能有效地进行局部搜索, 不能确保算法可以找到全局最优解, 同时不同的参数设置对微粒群算法的搜索影响性也很大, 因此, 该设计采用一种改进的微粒群算法对无线传感器网络节点的部署问题进行优化^[6]。

设 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$ 表示第 i 个微粒; $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})$ 表示第 i 个微粒经过的最好的位置, 即个体微粒最佳位置 P_{bst} , 微粒 i 当前最好的位置为 P_{cbst} ; $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$ 表示第 i 个微粒的当前速度; 在第 t 次迭代, 微粒 i 在 d 维空间 ($1 \leq d \leq D$) 的运动遵循如下公式:

$$v_{id}(t+1) = \omega \times v_{id}(t) + c_1 \times rand() \times [P_{id} - x_{id}(t)] + c_2 \times rand() \times [P_{cbst} - x_{id}(t)] \quad (1)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (2)$$

式中, $i = 1, 2, 3, \dots, N$, N 是种群大小, 即种群中所有粒子的数量; $d = 1, 2, 3, \dots, D$, D 是搜索空间维数; t 是循环的次数; c_1, c_2 为学习因子加速常数, 在 $0 \sim 2$ 之间取值; $rand()$ 为 $[0, 1]$ 之间的随机数; ω 为惯性权重, 它使微粒具有扩展搜索空间的趋势, 有能力探索新的区域。

由于惯性权重 ω 的取值会影响粒子群算法收敛速度和收敛精度, 所以对传统的微粒群算法进行优化, 在粒子搜索过程中线性动态调整 ω , 前期加快收敛的速度, 后期提高收敛的精度, 这样既能够快速地搜索到最优解所在的区域, 又能够准确地定位至全局最优解。设 T 表示算法总的迭代次数, ω_b 为惯性权重初始值, ω_e 为惯性权重最终值, 则:

$$\omega = \omega_b - \frac{\omega_b - \omega_e}{T} \times t \quad (3)$$

基金项目 林业公益性行业科研专项(201104037)。

作者简介 范九海(1988-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 硕士研究生, 研究方向: 模式识别与智能控制和物联网。* 通讯作者, 教授, 硕士, 博士生导师, 从事信号与信息处理、物联网方向的研究。

收稿日期 2014-01-03

同时针对标准微粒群算法采用的全局 PSO 算法虽然收敛速度快但容易陷入局部最优的缺陷,引入新的动态局部最优模型,在算法开始阶段每个个体的邻域为其自身,随代数增加,邻域不断扩大直至整个种群。设定定义好的一个邻域的局部最优解为 P_{tbest} ,则公式可改写为:

$$v_{id}(t+1) = \omega \times v_{id}(t) + c_1 \times rand() \times [P_{id} - x_{id}(t)] + c_2 \times rand() \times [P_{tbest} - x_{id}(t)] \quad (4)$$

1.2 算法流程 基于惯性权重线性递减和动态邻域微粒群算法的流程如图 1 所示。

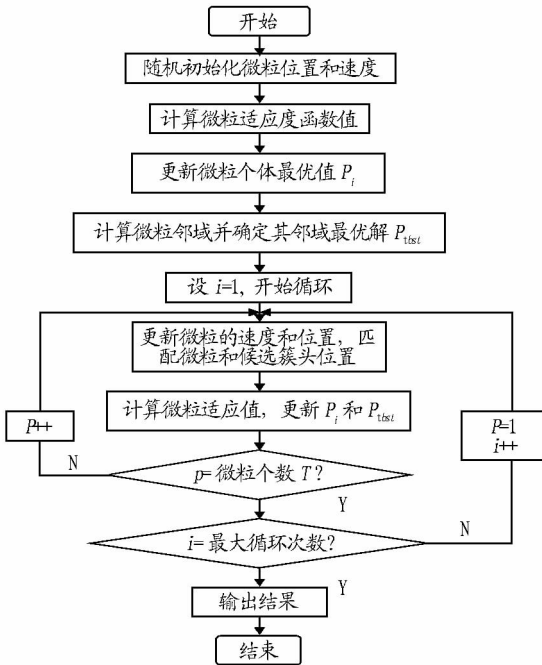


图 1 算法流程

2 节点初始能量分配算法

无线传感器网络中不同位置的传感器节点由于负载不同的数据流量且消耗不同的能量,所以靠近基站的节点负载超额的流量将比其他节点消耗更多的电池能量^[7]。

若设每个节点单位时间产生的数据量为 x ,且单位时间内每个节点将产生的数据以多跳的方式传递到基站为一个数据传送轮,则第 i 个节点在每个数据传送轮消耗能量为:

$$E_i = \sum_{j=1}^n [(j-1)xe_r + jkd^2] \quad (5)$$

以圆周型网络节点为例,设同一圆周上的节点具有相同的初始能量 E_{0i} ,则节点 S_i 生命周期 T_i 定义为能量被消耗的期望时间:

$$T_i = \frac{E_{0i}}{E_i} \quad (6)$$

传感器网络的生命周期为第 1 个节点的死亡时间,即:

$$T_{usn} = \min\{T_1, T_2, \dots, T_n\} \quad (7)$$

由此可知,节点 S_i 的网络生命周期 T_i 与初始能量 E_{0i} 相关。

假设每个节点装备同一种初始能量相同为 E_0 的电池,则网络生命周期取决于负载最重的靠近基站的节点,网络生存周期可表示为:

$$T_{usn0} = \min(T_1, T_2, \dots, T_n) \quad (8)$$

$$T_n = \frac{E_0}{E_n} \quad (9)$$

$$T_{usn0} = \frac{E_0}{\sum_{j=1}^n [(j-1)e_r + jkd^2]} \quad (10)$$

若给定一些高能节点,则需将其部署在负载最重即靠近基站的一环,这样新的瓶颈节点即为高能节点同一半径外圈邻近的节点,故采用高能节点后新的网络生存周期 T_{usn1} 为:

$$T_{usn1} = \frac{E_0}{E_{n-1}} = \frac{E_0}{\sum_{j=1}^{n-1} [(j-1)e_r + jkd^2]} \quad (11)$$

由于 $T_{usn1} > T_{usn0}$,所以当靠近基站的节点采用高能节点时,无线传感器网络生命周期将延长。

由此可知,当靠近基站的节点被设为高能节点时,靠近它的邻节点将成为新的瓶颈节点,这些新的瓶颈节点决定着网络的寿命。由于随着距离基站的距离的增加,节点消耗能量不断减少,因此,按照每个节点每一轮采集数据的功耗分配能量,保证所有节点的能量在同时耗尽,由此可将沿一条半径线的每个节点被赋予初始能量设定如下:

$$\frac{E_{01}}{E_1} = \dots = \frac{E_{0i}}{E_i} = \dots = \frac{E_{0n}}{E_n} \quad (12)$$

$$E_{0i} = \alpha \sum_{j=1}^i [(j-1)e_r + jkd^2] = \alpha [(j-1)e_r + jkd^2] \quad (13)$$

式中, α 为相同的分配比例系数,当沿半径的节点数量为 n ,沿半径所有节点的总能量为 E_s 时,可得:

$$\frac{E_{0i}}{E_{0(i-1)}} = \frac{(i-1)e_r + ikd^2}{(i-2)e_r + (i-1)kd^2} \quad (14)$$

$$T_{usn1} = \frac{E_s}{\sum_{i=1}^n [(i-1)e_r + ikd^2]} \quad (15)$$

$$d = R/n \quad (16)$$

通过式(14)很难精确分配初始能量,所以采用近似数值法进行计算,由于:

$$\Delta E = E_{0i} - E_{0(i-1)} = e_r + kd^2 \quad (17)$$

所以,可以以 ΔE 为系数,将所有节点的初始能量表示为等比数列,用 E_{0i} 表示:

$$E_{0i} = i\alpha\Delta E (i=1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

由式(18)即可根据位置的不同为无线传感器网络中的节点合理分配初始能量。

3 结语

与传统的 LEECH 算法与 HEED 算法相比,该研究提出的改进微粒群和初始能量分配的综合优化算法结合距离与能量综合考虑,根据功耗不同设置不同的初始能量,将剩余能量较多的节点优先设为簇头结点,能平衡各节点的功耗,减少通信能耗。通过平衡剩余能量与功耗的方法,避免了出现瓶颈节点过早死亡导致整个网络瘫痪的可能,该算法有效地提高了网络的生存周期,对无线传感器网络技术在农业环境中的推广应用具有一定的促进作用。

参考文献

- [1] 刘彬,许屏,裴大刚,等.无线传感器网络的节点部署方法的研究进展[J].传感器世界,2009,15(8):10-15.

现农产品供不应求,通过市场的供求规律提高农产品价格。在罗斯福任美国总统期间,主要通过两个阶段的步骤逐步稳定了第2次农业经济危机恶化的状况。

1933年“新政”第一阶段期间,罗斯福政府开始着手调整美国农业经济状况。1933年5月12日,美国国会通过了《农业调整法》,接着设立了从属于农业部的农业调整局专门负责调控美国农业发展。农业调整局企图用政府奖励和政府补贴的办法来缩小耕地面积、毁坏农作物,以减少农产品产量,最终提高农产品价格,以便农业收入具有1909~1914年所享有的同样的相对购买力。具体来说,农业调整局采取了3种措施:其一,规定小麦、玉米、棉花、大米、烟草、生猪、奶品等7种农产品为基本商品,由农业调整局要求农场在自愿的基础上订立限制生产的合同;其二,政府对于同意签订限制生产合同的农场给予补助,补助额按市价与政府稳定价的差额而定;其三,农业调整局鼓励加工厂商、销售商、农业合作社等组织加强对市场的控制,农业部长可以和这些集团协商管理市场。农业管理局有权对超过进入市场许可限额的商品征收罚金。由于《农业调整法》涉及面广,农业又是整个经济恢复的基础,所以该法被视为第一个重要的复兴法^[4]。

1933年,根据与农场经营者订立的合同,农业调整局毁灭了全国1/4的棉花,缩减了 $323.76 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的小麦和1/3的烟草,购买和屠宰了20多万头快要产仔的母猪和600多万头小猪,屠杀了750多万头牛和500多万头羊,把 160×10^4 车皮的谷物、咖啡和糖烧毁或倒进海里。政府通过这些限制生产和破坏农产品的极端措施,解决了农产品产量过剩、不可控制的局面,对摆脱经济危机起了一定的作用。到1935年末,美国农产品价格已接近稳定,农业抵押借款大幅度减少。但美国政府削减和破坏生产力、毁灭农作物和农产品的做法引起了广泛的批评,遭到了广大人民的严厉攻击^[5]。1936年1月,《农业调整法》被判违宪,农业调整局的活动全部停止,对农业经济调整的第一阶段宣告结束。

到1938年“新政”第2阶段期间,罗斯福政府通过了新农业调整法,推行了农业部长华莱士的“常平仓”计划,即:对棉花、小麦、玉米、烟叶、大米等5种主要作物的生产者规定了生产定额,并对那些耕种定额土地而又遵守土壤保持方法的人给予政府津贴。为了防止生产大量过剩时价格猛跌,政

府还给予贷款,以便农民将出售的农产品暂时囤积起来,以便等待价格上升。新农业调整法带给1938~1941年美国的农业经济以稳定,并在1940年帮助农民的收入恢复到1937年近于繁荣的水平^[6]。

应当指出的是,在整个罗斯福“新政”时期,即1933~1939年期间,美国的工业、商业、金融业等领域都已充分恢复和发展的同时,第2次农业经济危机并没有得到彻底的解决。危机状态持续到第2次世界大战全面展开后,世界各国对美国的粮食、棉花等各种农产品的需求大增,农产品价格大幅度上升,到1941年珍珠港事件发生后,美国农产品由过去的长期积压变为供不应求,第2次农业经济危机才得到完美解决。罗斯福“新政”通过政府直接干预的方式调节农业经济的发展,对挽救美国资本主义农业起到了显著作用。“新政”应对第2次农业经济危机的措施的主要特点是直接干预农业生产,并由政府加强对市场的管理。但“新政”以限制农产品生产、毁灭过剩农产品、使农业生产倒退为代价,在一定程度上造成了资源的极大浪费并加深了大批饥寒群众与政府间的矛盾。

3 结语

罗斯福“新政”作为挽救1929~1933年资本主义世界经济大危机的救急药方,取得了显著的效果,留下了深远的影响。“新政”以资产阶级民主范围内的国家干预,加强了美国的国家垄断资本主义并成为现代美国国家垄断资本主义经济制度的开端。“新政”通过限制农业生产、政府给予补贴、加强市场控制等措施干预农业,并借助二战彻底摆脱了第2次农业经济危机的影响。美国第2次农业经济危机不仅从实质上反映出美国雄厚的农业经济实力,而且使得美国的农业经济在二战期间又一次出现了高速发展。罗斯福政府关注农业经济状况,通过国家政权的力量调控农业经济的发展,上层建筑反作用于经济基础,为美国称霸全球准备了充足的物质生活资料。

参考文献

- [1] 广东省哲学社会科学研究所. 美国农业经济概况[M]. 北京:人民出版社,1975:282.
- [2] 斯大林. 斯大林全集(第12卷)[C]. 北京:人民出版社,1955.
- [3] 毛泽东. 毛泽东选集[C]. 北京:人民出版社,1966:293.
- [4] 何顺果. 美国史通论[M]. 北京:学林出版社,2001:283.
- [5] 齐世荣. 世界史·现代卷[M]. 北京:高等教育出版社,2006:296.
- [6] 刘绪贻. 美国通史(第5卷)[M]. 北京:人民出版社,2002:145.

(上接第1562页)

- [2] 袁浩. 基于改进蜂群算法无线传感器感知节点部署优化[J]. 计算机应用研究,2010,27(7):2704-2705.
- [3] 曹峰,刘丽萍,王智. 能量有效的无线传感器网络部署[J]. 信息与控制,2006,30(2):147-153.
- [4] 刘丽萍,王智,孙优贤. 无线传感器网络部署及其覆盖问题研究[J]. 电子与信息学报,2006,28(9):1752-1757.

- [5] 刘毅. 模拟退火遗传算法对无线传感器网络部署研究[J]. 计算机仿真,2011(5):171-174.
- [6] 高腾. 能量高效的无线传感器网络分簇路由协议研究[D]. 大连:大连理工大学,2011.
- [7] 赵清华. 无线传感器节点能量管理系统的研究[D]. 太原:太原理工大学,2010.