

量子遗传算法在矸石山自爆监测中的应用^①

王 焱, 李 虎

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 葫芦岛 125105)

摘 要: 将无线传感网络技术应用到煤矸石自燃的预防监控系统中, 设计一个温度监测系统的组网策略, 通过实时或定时采集温度, 有效监测煤矸石环境, 以达到预防自燃的发生。同时针对于无线传感网络能源受限的问题, 采用量子遗传算法对网络进行了多目标优化设计。仿真结果表明, 该算法优化了能量管理, 使网络负载达到平衡。

关键词: 煤矸石; 自燃自爆; 无线传感网络; 量子遗传算法

Application of Quantum Genetic Algorithm to Coal Gangue Piles Explosive Monitoring

WANG Yan, LI Hu

(College of Electrical and Control Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: According to the specific circumstances of gangue, a wireless sensor network system is designed combining with the characteristics of wireless sensor networks. It could effectively support the on-time gangue environment parameter detection. With the typical parameters, such temperature, the coal gangue combustion can be prevented effectively. At the same time based on wireless sensor network of energy limited, the quantum genetic algorithm for the network multi-objective optimization is designed. The simulation results show that the energy management is optimized and the network load is balanced.

Key words: coal gangue; Spontaneous combustion explosive; wireless sensor network; Quantum genetic algorithm

煤矸石山自燃^[1]不但产生大量的有毒有害气体, 还容易形成煤矸石山坍塌, 甚至爆炸事故, 造成人员伤亡和重大的经济损失。长期以来, 对于煤矸石山自燃自爆问题的处理以后续治理为主, 而提前进行预测预报的研究还处于起步阶段, 技术不成熟。要是能通过采集到的温度信息, 在矸石有自燃倾向和自爆趋势的早期就进行预测安全隐患, 提前预报, 便可以适时、适当的采取有效的治理措施, 预防事故的发生, 将为矸石山的安全存在和人员的生命安全提供可靠的保障。基于此, 本文设计了在阜新煤矸石山的无线传感网络组网模型, 对温度实行监测, 在发生自燃前采取相应的控制手段以达到消除自燃现象的目的。并采用量子遗传算法对无线传感网络进行多目标优化设计。优化网络的能量管理, 使网络的能量消耗达到均衡。

1 无线温度监测传感网络结构

如图 1 所示是无线传感网络^[2]的基本组成部分。无线传感网络基本组成部分主要有下面几个部分: 1) 使用系统用户。2) 输送数据手段, 可以采取互联网和空间通信设备。3) Sink 节点, 这种节点拥有大量的处理资源和储能设备, 通信能力极强。4) 普通节点自组网, 这是传感网络结构的主体, 在被监测区域内, 普通节点相互通信, 相互传输被监测物体的数据。

2 矸石山中的无线传感网络

图 2^[3]是设计的无线传感网络部署在煤矸石山中的组网结构图。煤矸石山温度监测系统的组网主要由无线传感器节点、基站、监控中心等组成。监测范围所部署的传感器节点监测每点的环境信息数据, 簇头

① 收稿时间:2011-07-06;收到修改稿时间:2011-08-22

节点将数据打包发送给基站,再由基站通过有线方式传输到控制中心,控制中心对数据进行处理,当超出设定范围时进行报警,同时提示可供选择操作方式,配置相应的自动降温装置就可以实现相应的自动控制。在煤矸石山中部署的无线传感网络主要是由均匀分布在山体表面的传感器节点组成。环境中监测区域很大,要求网络中节点的数量比较多,为了网络的组建能够实现数据的有效传输,并保证节点电能的最大效率,传感器节点采用无线传感网络广泛应用的 ZigBee 通信协议,同时通过架设高发射功率天线来实现设计所需的功耗低、通讯距离远,节点数目多等功能要求。无线传感网络主要由传感器模块、信息处理模块、无线通信模块、电源模块等四部分组成。

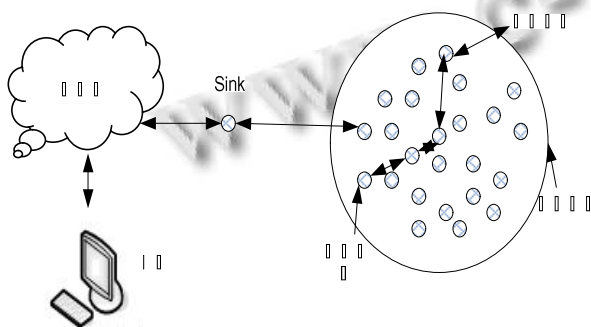


图1 传感网络体系结构图

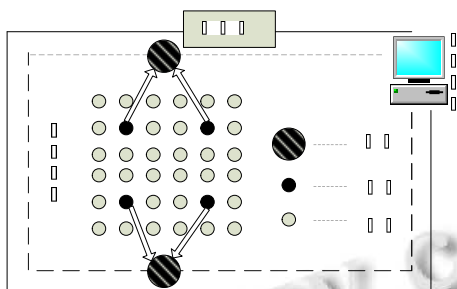


图2 无线传感网络在电力线接头上的组网模式

3 量子遗传算法的应用

3.1 编码机制^[4]

设计中采用单量子比特编码,用一对复数定义一个量子比特位。这样,一条染色体就可以用如下形式的单量子比特来进行编码。

$$Q=(q_1, q_2, \dots, q_k) = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \dots \alpha_k \\ \beta & \beta_2 \dots \beta_k \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中, k 为染色体基因个数,每个基因由一个量子比特位组成。传感器节点有四种编码模式:休眠节点

($|0\rangle|0\rangle$),低功率发射节点 ($|0\rangle|1\rangle$),高功率发射节点($|1\rangle|0\rangle$),簇头节点 ($|1\rangle|1\rangle$)。

3.2 量子旋转门

量子遗传算法^[5-8]在状态转移过程中加入最优个体的信息来产生旋转门,加快算法收敛。在 0、1 编码的问题中,我们可以设计下面这种量子旋转算子来加速进化求优:

$$\text{WhirlGate}(\theta_i) = \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\theta_i = \Delta\theta \times f(\alpha_i, \beta_i)$$

式中: (α_i, β_i) 和 $\Delta\theta$ 分别代表旋转的方向和角度, $\Delta\theta$ 的选择要合理, $\Delta\theta$ 的取值过大,算法搜索的网格就很大,易于收敛于局部极值点,反之,搜索速度太慢甚至会处于停滞状态。一般将 $\Delta\theta$ 选择在 0.001π 到 0.1π 之间,并将 $\Delta\theta$ 定义为一个与进化代数有关的变量,选取 1 与最大代数为起点与终点,再在起点与终点之间合理的选取一个点,通过这三个点做三次样条插值得出一个函数,计算出所有代数所对应的函数值,作为每代的旋转角。

3.2.1 休眠参数

休眠参数是为了限制不工作的传感器节点或者工作失灵的传感器节点个数。过多的传感器节点处于休眠工作状态能够节省大量的能量,但也破坏了系统的稳定性。如果不工作或者工作失灵的传感器节点的数量超过一半的时候,我们认为系统处于瘫痪状态。在本次设计中休眠节点数目占总节点数量的百分比设定为 15%。

$$DSE = \begin{cases} \frac{nde}{n} & nde > 0 \\ 0 & nde \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $nde = ndom - n \times 0.1$, $ndom$ 为休眠节点数量; n 为节点的总数。

3.2.2 通性参数

1) 节点覆盖率 (FC)

用来评估整个无线传感网络中节点工作状态,限制工作节点与非工作节点的比例,在适应度值的计算过程中平衡工作节点与非工作节点的数量。

$$FC = \frac{nch + nhs + nls - nout - ndom}{n} \quad (4)$$

式中: nch 簇头节点个数; nhs 高功率发射节点个数; nls 低功率发射节点个数; $nout$ 超限节点个数。

2) 簇中节点个数误差 (SCE)

簇头节点具有自己的物理特性, 在实际的环境中, 每个簇头节点能够处理的数据和与簇中其他传感器节点通信的能力是有一定物理限度的, 在我的设计中假设一个簇头最多可以携带 10 个子节点。

$$SCE = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^{n_{full}} n_i}{n_{full}} & n_{full} > 0 \\ 0 & n_{full} \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

式中: n_{full} 表示簇中超过所能容纳节点数量的簇。

3) 超限节点误差 (SORE)

算法运行中不能与簇头通信的节点称为超限节点。

$$SORE = \frac{n_{out}}{n - n_{dom}} \quad (6)$$

3.2.3 能量参数

① 网络整体能量损耗 (OE)

在休眠节点数量为 0 情况下, 设定高功率发射节点、簇头节点、低功率发射节点消耗能量的比例关系是 2: 20: 1。为了简便分析的需要设定了这个比例, 与实际的能量关系不同, 减小总体能量损耗是我们要实现的目标。

$$OE = 20 \frac{nch}{n} + 2 \frac{nhs}{n} + \frac{nls}{n} \quad (7)$$

② 传输能量损耗 (CE)

是指一般运行模式下节点与簇头之间传输信息产生的能量损耗。

$$CE = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^{n_i} \mu d_{ji}^k \quad (8)$$

注: C 是网络中簇的数量, d_{ji} 是第 i 个簇中第 j 个节点到簇头的传输距离, 在本内容中, 高功率发射节点的 d_{ji} 设定为 $2\sqrt{2}$ 个单元值, 低功率发射节点的 d_{ji} 设定为 $\sqrt{2}$ 个单元值。 μ 的设定值是 1, k 的设定值是 3。

③ 电池容量消耗值 (BCP)

无线传感网络的能量消耗是由网络中节点的类型以及节点的工作状态所决定, 减小网络中节点的能量消耗是我们引入 BCP 的目的。引入 BCP 表示规定节点在未来周期的工作状态, 以达到延长网络的工作寿命。

$$BCP^{[t]} = \sum_{i=1}^{ngrid} PFi^{[t]} \left(\frac{1}{BC_i^{[t]}} - 1 \right) \quad (9)$$

$$BC_i^{[t]} = BC_i^{[t-1]} - BRR_i^{[t-1]} \quad (10)$$

注: BC_i 是节点 i 在第 $t-1$ 个周期中模式类型的校正; $BCP^{[t]}$ 第 t 个周期电池容量的消耗程度; $ngrid$ 是整体传感器节点数量; $PFi^{[t]}$ 是第 i 个节点的消耗参数; $BC_i^{[t]}$ 和 $BC_i^{[t-1]}$ 是第 i 个节点分别第 t 个周期和第 $t-1$ 个周期的电池容量; $BRR_i^{[t]}$ 是电池损耗速率。

适应度函数是权重函数, 参数的重要性是通过设置适当的加权系数 $a_i, i=1, 2, 3, \dots, 7$ 来确定的, 经过多次的 MATLAB 仿真对权重值进行调整最终得到权重系数。如表 1。

表 1 权重系数

a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
900	-50	100	9000	100	0.2	1

将目标函数通过线性变换得到的适应度函数为

$$f(x) = \frac{1}{(a1 \times DSE + a2 \times CHE + a3 \times SCE + a4 \times SORE + a5 \times FC + a6 \times OE + a7 \times BCP)} \quad (11)$$

4 MATLAB 仿真实验

通过多次实验, 种群个体为 120, 运算到 300 代时, 仿真效果稳定, 性能达到最优。因种群为随机产生, 将采用 15 个周期后的仿真结果来说明量子遗传算法的优越性。图 3 所示为每代中最佳个体的适应度曲线和整个种群的平均适应度曲线, 在遗传算法运算 300 代后, 进化达到最佳。从种群的平均适应度的大体增长可以看出: 由于量子遗传算法在状态转移过程中加入最优个体的信息来产生旋转门, 加快了算法收敛, 使得种群的寻优速度更快。同时由于适应度函数的改进, 使得量子遗传算法在寻优过程中, 克服局部最优的误区, 加大进化后期种群中个体的差异。图 4 为整个系统所消耗的能量, 可以看出系统经过量子遗传算法优化后能量的消耗有明显的下降的趋势, 最终趋于平稳。

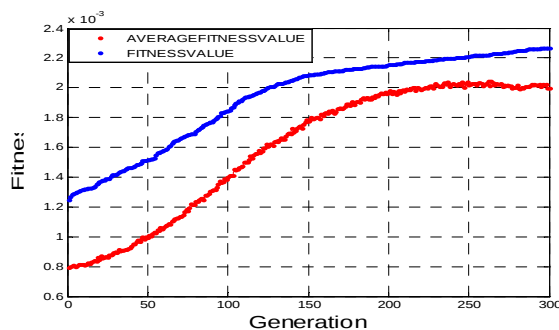


图 3 最优个体与平均适应度函数值

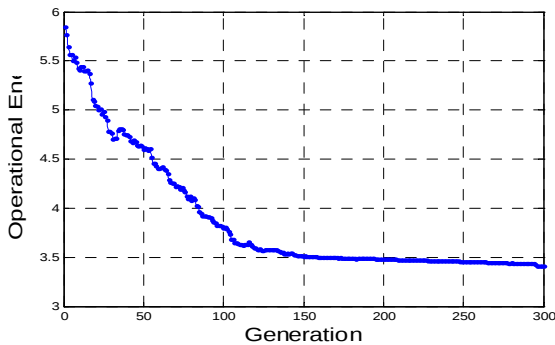


图 4 运行能量损耗参数

图 5 为系统高功率发射节点与低功率发射节点通信时所消耗的能量, 从图中可以看出, 在 120 代时达到一个峰值, 之后平稳的下降, 因为高、低功率节点与簇头节点比起来耗能不大, 所以并不是主要能量消耗的部分, 但是由于一个网络中其工作的数目较多, 也必须对此进行限制, 通过反复的实验, 最终希望将其控制在 120 以下。图 6 为在 300 代中节点工作情况的数目统计曲线, 可以看到高功率发射结点数量在逐渐减少, 低功率发射结点数量在逐渐增多, 符合节省能量的原则。

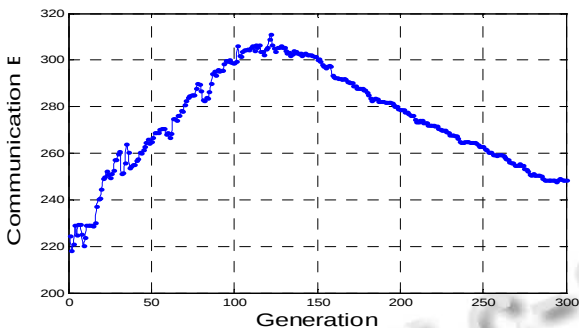


图 5 通讯能量损耗参数

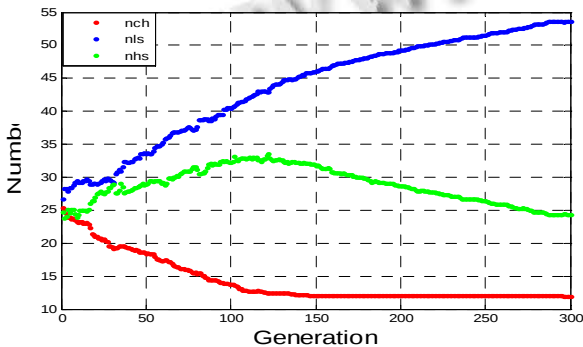


图 6 各节点工作状态

图 7 为 15 个周期 100 个节点电池电量消耗的情

况, 可以看出 100 个节点的电量消耗比较平均没有节点有过多的能量消耗, 但因为仿真的周期越多耗费的时间也就越长, 因此这里我们只做了 15 个周期的仿真, 仿真的结果依然存在稍有不平均的情况。图 8 为 15 个周期系统的运行能量消耗与通讯能量的消耗, 通讯能量参数在 15 个周期保持在 300 以下, 运行能量消耗参数也能够维持在 3.8 以下, 基本符合设计时的期望。

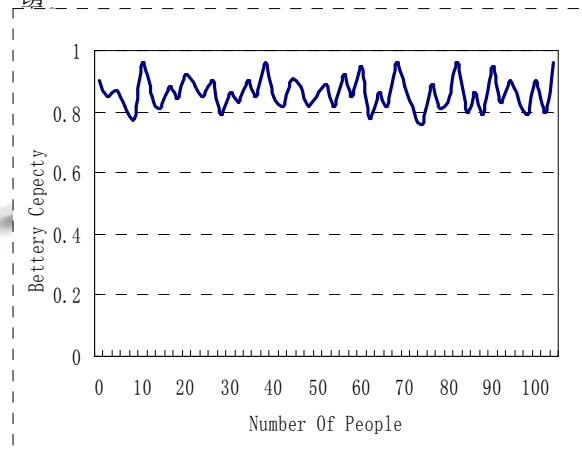


图 7 15 个周期各节点电池电量剩余

图 8 为节点电池电量损耗小于 95%、小于 90%、小于 85% 的节点在 15 个周期占系统节点总数的百分比, 明显可以看出, 消耗能量大的节点增长速度明显小于能量消耗小的节点的增长速度, 可以证明整个系统的能量消耗是平均的。

图 9 为 15 个周期中节点使用次数统计, 可以看出网络总未被使用的节点数量在逐步在减少, 而被使用 1-4 次的节点数目不断的在增多, 被使用次数少的节点增长的速度明显大于被使用次数多的节点, 这样节点都参加到网络的工作中, 从而可以保证能量的消耗平均。

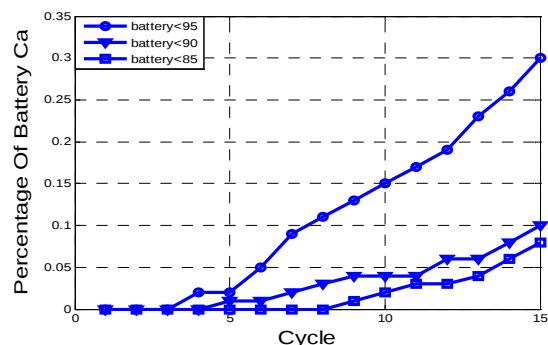


图 8 电池电量低于 95%、90%、85%数量统计

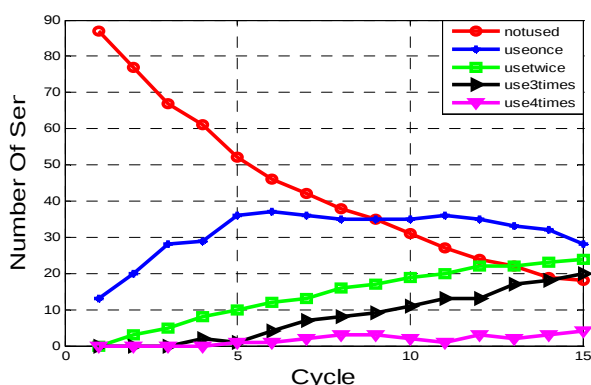


图 9 15 个周期节点使用次数统计

5 结论

本文将无线传感网络技术应用于矸石山的自爆监测系统中,通过对矸石山的温度采集,实现对矸石山的监控,当发生温度过高时,及时制定出高效的预防措施。通过量子遗传算法在网络自适应设计^[9]中的应用,优化了网络的能量管理,在满足系统特定信息采集功能及网络的连通性的前提下,有效实现了网络负载的均衡配置,使网络生命周期达到最大化。

(上接第 153 页)

为了使学员掌握的知识更接近于实际情况,系统集成以往的操作经验和施工经验。将经验分类录入经验数据库中,如果在操作学习时遇到相同情况,经验知识会以文字或图片形式,为学员提供参考。

5 结论

盾构机虚拟培训能满足信息时代技能培训不断变化的需求,是一种高水平、高效率、低费用的新型柔性培训模式,它使得人员培训无论是在应用范围、时间选择、还是在培训的难易程度和绩效评价上都有着其它培训方式所无法比拟的优越性。本文利用成组混合 LOD 技术,提高模型的加载效率达 75%以上,增强了动画的流畅感,为盾构机及其他大型机械培训系统模型加载提供了新的手段。

参考文献

- 1 邢彤,龚国芳,杨华勇.盾构刀盘驱动扭矩计算模型及实验研

参考文献

- 1 卢淑芝.阜新市煤矸石山的综合治理.能源环境保护,2003,(3):35-36.
- 2 纪红.无线传感器网络未来新的高技术产业.当代通信,2004,(3):21-22.
- 3 张继华,庄益诗,颜语.无线传感网络在预防煤矸石山自燃中的应用.传感器与微系统,2010,(9):135-137.
- 4 丁礼良.量子神经网络模型及其算法研究[硕士学位论文].西安:西北大学,2009.
- 5 Wang Y, Sun YM, Yu BQ, Ma Y. The optimization of Wireless Sensor Networks in the open-pit mine slope detection base on quantum genetic algorithms. 1st International Conference on Electrical and Control Engineering, Wuhan China, June 25-27, 2010.
- 6 周明,孙树栋.遗传算法原理及应用.北京:国防工业出版社,1999.
- 7 张文修,梁怡.遗传算法的数学基础.西安:西安交通大学出版社,2000.
- 8 陈国良等.遗传算法以及应用.北京:人民邮电出版社,1996.
- 9 王焱,孙雁鸣,佟维妍.基于遗传算法的露天矿边坡检测传感网络优化.2011,(2):483-286.

究.浙江大学学报,2009,43(10):1794-1800.

- 2 朱合华,徐前卫,廖少明.土压平衡盾构施工的顶进推力模型试验研究.岩土力学,2007,28(8):1587-1594.
- 3 任伟建,张正辉,董宏丽,等.虚拟现实技术在油气集输仿真培训中的应用.系统仿真学报,2005,17(6):1418-1424.
- 4 张炳达,邓粟,刘长胜.实物性和虚拟性相结合的变电站培训仿真系统.天津大学学报,2003,36(1):120-123.
- 5 任伟建,张正辉,董宏丽.虚拟现实技术在油气集输仿真培训中的应用.系统仿真学报,2005,17(6):1418-1424.
- 6 杨宇航,苏曼迪,乔辉.复杂装备维修训练通用仿真系统.系统仿真学报,2008,20(11):2885-2888.
- 7 Stock I, Weber M, Steinmeier E. Metadata based authoring for technical documentation. Proceedings of the 23rd Annual International Conference on Design of Communication: documenting & Designing for Pervasive Information, SIGDOC 2005, Coventry, UK, September 21-23, 2005.