

基于模拟退火算法的通讯网络优化设计

Optimization Design of Communication Network Based on Simulated Annealing Algorithm

陈婷婷 牛美霞

Tingting Chen Meixia Niu

武警工程大学基础部 中国·陕西 西安 710086

Foundation Department, Engineering University of CAPF, Xi'an, Shaanxi, 710086, China

摘要:军事通讯网络规划是一项十分复杂的工作,在实际中需要考虑多种约束条件,论文在介绍模拟退火算法的基本思想后,用其解决通讯网络的优化计算问题。计算结果表明:对比模拟退火算法及点群中位中心算法对最小生成树进行优化所确定的“虚拟站”的点数及点位,模拟退火算法能够防止陷入局部最优解且快速收敛于全局最优解,是行之有效的具有概率爬山的组合优化算法。

Abstract: Military communication network planning is very complicated and necessary to consider various conditions. This paper first introduced the basic idea of the simulated annealing algorithm and then optimized the computing for the communication network through this algorithm. The computing result indicates that: by comparing the counts and point location of the virtual station respectively confirmed through the simulated annealing algorithm and the points cluster median center algorithm, the simulated annealing algorithm can prevent locally optimal solution and realize rapid convergence of globally optimal solution. Therefore, the simulated annealing algorithm is an effective combined optimization algorithm probably with hill climbing.

关键词: 通讯网络;模拟退火算法;最小生成树;优化设计

Keywords: communication network; simulated annealing algorithm; minimum spanning tree; optimization design.

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2537

1 引言

20世纪70年代,由Minieka提出通过引入若干个“虚拟站”并构造新最小生成树的算法来实现这一目标。安建业等在“棋盘”距离下以路径最短的两点构成最短路径,通过逐步搜索并增加入树点的方法生成最短路径树^[1]。张彬等借鉴免疫系统机理,提出一种用于军事通信网络规划分析的免疫系统多目标优化算法,算法结合基于免疫系统的多样性保持策略,保持解的多样性^[2]。当前,军事通讯网络规划网络节点日益增多、网络规模不断增大,通过传统的实验方式对网络规划方案进行优化具有较大的难度,必须同时考虑多种约束条件,可通过多目标优化问题对其进行求解,模拟退火算法则是多目标优化问题常用的方法之一。

2 模拟退火算法

设系统所有组合状态集合为 $S=\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$,非负目标函数为 $E:S \rightarrow R$,则组合优化问题为:寻找 $S^*=S$,存在 $S_i \in S$,使得 $E(S^*)=\min E(S_i)$ 其中, S_i 为集合中的任一组合状态,可以看成是某一物质体系的状态, $E(S_i)$ 则为该物质体系在状态 S_i 的能量。设 T 为控制参数,表示伪温度,则模拟退火算法的思想是:

令 T 从足够大的值慢慢减小,对每个 T 采用Metropolis采样法来模拟在此温度下该体系的热平衡状态,即对现有状态 S_i 产生一个新状态 S_j 计算其能量增量 $\Delta E=E(S_j)-E(S_i)$,并且以概率 $e^{-\Delta E/KT}$ 接受新的当前状态 S_j 。在进行数次重复随机扰动后,状态 S_j 又会重新回到当前状态,其概率服从

【作者简介】陈婷婷(1987~),女,江苏淮安人,讲师,从事统计学研究。

Boltzmann 分布:

$$f = z(T)e^{-\Delta E/KT} \quad (1)$$

式中, $z(T) = \frac{1}{\sum_i e^{-E(s_i)/KT}}$, 为常数。

3 应用实例

3.1 问题描述

因军事斗争战备需要,现要以 139 个大中型城市作为节点构建有线通信网络,在每个城市内设置一架专用网络连接设备,并在其他任何地方建立不限数量的战备节点,确保战争中遇到节点被破坏时,能够启动战备节点进行恢复网络。现假设城市和城市之间通信线路以两个城市间的最短距离连接,即地球上过这两个城市节点所在位置大圆的劣弧长。

3.2 问题分析

首先绘制出 139 城市的坐标散点图,计算出点与点之间的距离,绘制出权值数组,通过建立最小生成树模型,利用 Prim 算法求得通信线路总长度最短的网络连接方案。其次对被破坏的九个城市位置集中,在寻找战备节点数量及地理坐标时,通过模拟退火算法来确定“中间节点”后,构建新的最小生成树,从而降低费用。

3.3 算法实现及结果

将 139 个城市地理坐标导入 AutoCAD 软件内,用多点功能绘成一张二维平面上的点分布(其中各城市之间的距离用地球上过这两个城市节点所在位置大圆的劣弧长表示,在这里只表示模型)。采取最小生成树的思想来实现 139 个城市之间的最短网络连接方案。

在一个无向图 $M=(v,e)$ 中,而 $V=(u,v)$ 表示边的权,如果有 R 无循环图且在 N 的子集内,使 $W(R)$ 最小,则此 R 为 M 的最小生成树。

$$W(R) = \sum_{(u,v) \in R} W(u,v) \quad (2)$$

在一个加权连通图中,设顶点集合 U ,边的集合为 F ,对其进行初始化,点集中可以从任意节点开始,边集为空。重复操作以下过程:在集合 F 中选取权值最小的边 (u,v) , u 为集合中的元素, v 属于集合 U 中;而后把 v 加入集合 U_1 中,将 (u,v) 边加入 F_1 中。最后使用集合 U_1 和 F_1 来表示最终的最

小生成树,最小生成树的权值即为最小费用。

战争期间,武汉、黄石、岳阳、沙市、宜昌、信阳、南昌、九江、安庆个城市节点同时被摧毁,所与之相连接的城市线路被中断。对于两个通讯站而言,其之间的费用是与其线路的长度成正比的,当引入“虚拟站”即中间节点后,此时能够构造出新的最小生成树,并且新的最小生成树能够降低由一组站生成的传统最小生成树的费用,并且构造一个有 n 个站点的费用最低的最小生成树,不需要多于 $(n-2)$ 个虚拟站。设计有 9 个站 $P_i(x_i,y_i)$, $(i=1,2,\dots,9)$ 的局部网络的最小生成树,限定为直线,且虚拟站坐标需为整数,每条线段的长度即为其费用。在此,对于任意两点 $P_1(x_1,y_1), P_2(x_2,y_2)$ 有:

$$d(P_1,P_2) = |x_1-x_2| + |y_1-y_2| \quad (3)$$

求该网络的最小生成树的问题,实际上只要确定了引入的虚拟点的个数 K 和点的位置,以及给定的 9 个站点的坐标,通过公式(3)即可求出所有点所对应的任意两个顶点连线的权重,利用 Prim 算法,求出其最小生成树。此问题中,可构建最多 7 个“虚拟站”,且其点位最多有 31 个可能位置,则需要进行 357 万多次尝试,方可确定其最小费用,对于大规模的组合优化问题,采用模拟退火算法进行求解。鉴于对联通性能指标的考虑,本文将从区域划分和整体考虑两个方面分别进行“虚拟站”站点的确定,对于区域划分情况采用模拟退火算法确定“虚拟站”的位置,对于整体考虑情况采用群点中位中心模型确定“虚拟站”的位置,并对比两种方案结果,确定最优方案。

4 结语

模拟退火算法广泛应用于组合优化问题,目前在各领域都有较广泛应用。本文的计算结果表明,模拟退火算法的结果可行、有效,在今后的实际计算中,为使得迭代过程能够最快收敛于系统基态,应进一步完善优化相应的参数,提高算法的搜索能力。结合信息化条件下的战争需求,将模拟退火算法与其他算法结合,也将有助于解决军事网络规划问题。

参考文献

- [1] 安建业,于义良,朱建华.通讯网络中极小费用生成树的一种算法[J].数学的实践与认识,2007,37(17):89-93.
- [2] 张彬,陈放,刘加广.用于军事通信网络规划分析的免疫系统多目标优化算法[J].国防科技,2012,33(3):27-31,57.