**模拟退火算法在通信基站规划中的应用**

喻邵青

（东南大学，江苏省南京市，邮编：210000）

**摘 要：**基站分布规划是移动通信规划中的重要问题，也是一个多目标优化问题，基站数量较多时，寻优过程复杂且耗时，为了保证规划较为合理，节约成本的同时实现最大的经济利益，提出利用模拟退火算法来优化基站规划问题。并且在此基础上，探究不同的降温系数对最终结果的影响。通过matlab实验仿真，表明模拟退火算法的有效性和降温系数宜大不宜小的特性。

**关键词：**模拟退火算法；降温系数；通信基站

**Influence of Different Cooling Coefficients in Simulated Annealing Algorithm on Location Allocation of Communication Base Stations**

Yu Shaoqing

(Southeast University, Nanjing, Jiangsu Province, Zip Code: 210000)

**Abstract:** Base station distribution planning is an important issue in mobile communication planning, and it is also a multi-objective optimization problem. When the number of base stations is large, the optimization process is complicated and time-consuming. In order to ensure reasonable planning and cost savings, the maximum economic benefits are realized. Simulate annealing algorithms to optimize base station planning problems. And on this basis, explore the impact of different cooling coefficients on the final result. The simulation of matlab shows that the effectiveness of the simulated annealing algorithm and the cooling coefficient should be large and not suitable.

**Key words:** Simulated annealing algorithm; Cooling coefficient; Communication base station

当下社会人与人之间联系越来越密切，而且随着信息时代的影响逐步深入，通信的重要性被进一步放大，实现大规模的通信少不了的设施就是通信基站，为了获得更好的通信服务质量，移动通信网络就必须不断拓展和延伸，基站分布的规划优化成了一个难题，合理的分布能够有效提高服务质量，降低成本。

本文旨在采用经典模拟退火算法，在综合考虑覆盖率和通信干扰等因素下，设计基站位置规划模型，通过改变不同的退火系数对这种经典的启发式算法的优化能力有进一步的认识。仿真表明，退火系数在较大，且越接近于1，最后得到的结果越好。

# 1.基于模拟退火算法的基站分布建模

## 1.1 模拟退火算法

模拟退火算法是一种经典的启发式算法，而启发式算法的目的是求组合优化问题的全局最优解。它的优点在于计算过程简单，通用，鲁棒性强，适用于并行处理，可用于求解复杂的的非线性规划问题。而它的缺点在于收敛速度慢，执行时间长，对参数敏感。

模拟退火算法来源于固体退火原理，将固体加温至充分高，再让其徐徐冷却，加温时，固体内部粒子随温升变为无序状，内能增大，而徐徐冷却时粒子渐趋有序，在每个温度都达到平衡态，最后在常温时达到基态，内能减为最小。根据Metropolis准则，粒子在温度T时趋于平衡的概率为e(-ΔE/(kT))，其中E为温度T时的内能，ΔE为其改变量，k为Boltzmann常数。用固体退火模拟组合优化问题，将内能E模拟为目标函数值f，温度T演化成控制参数t，即得到解组合优化问题的模拟退火算法：由初始解i和控制参数初值t开始，对当前解重复“产生新解→计算目标函数差→接受或舍弃”的迭代，并逐步衰减t值，算法终止时的当前解即为所得近似最优解。本文基于模拟退火算法建立基站分布规划模型。

## 1.2 基站分布规划模型的建立

在保证网络覆盖的前提下，如何尽可能的降低成本是网络规划问题的关键。本文着重分析基站分布规划问题：

（1）基站分布规划问题：在基站选址过程中， 合理的基站分布是保证网络性能和服务质量的关键， 同时要充分兼顾未来网络的发展，以便于分期建设满足不同时期用户的需求。目前，考虑的影响因素有建网成本、网络覆盖率、业务量、信号频率等。网络覆盖率越高，网络性能越好。外界电磁干扰如微波通信、直放站等是影响网络质量的一个重要因素，会产生通话质量差、上网速度慢的问题。因此，外界电磁干扰和覆盖率是基站分布规划问题的首要考虑因素，要求网络具有最小干扰和最大覆盖率[1]。模拟退火算法能够利用其渐进收敛性和并行性，已在数学理论上被证明是一种以一定概率收敛于全局最优解的全局优化算法。

（2）基站分布建模

假设：

1.我们不妨将基站规划区域设置成为二维平面区域，并且其长和宽分别为100Km\*100Km[2]。

3.假设基站信号的传播基于自由空间的传播模型，并且，以衰减100Db（即变为发射功率的10^-5）为界，得到基站的覆盖范围为，以基站为圆心，半径为r=8km的圆形区域。

2.假设基站只能建设在网格结点上（即基站的二维坐标均为整数）。

4.假设在这片区域上一共设置30个基站。

5.假设接收天线和发送天线之间的信号每经过一个区域，均匀衰减。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 变量名 | 描述 |  |
| X\_station | 基站位置横坐标数组 |  |
| Y\_station  num\_thru\_zone  dis(i,j)  F1  F2  f | 基站位置纵坐标数组  基站连线经过的区域数量  基站i和j之间的距离  覆盖率  衰减程度  适应度函数 |  |

首先计算两个基站i，j之间的距离d，然后算出任意两个基站连线之间经过的别的区域的数量。利用蒙特卡洛原理计算N个基站的覆盖率[3]，即产生大量的随机点，如果一个固定的点，与其他所有基站的距离都大于r，则这个点不在覆盖范围内，反之，只要满足与N个中任一一个基站的距离小于r，则这个点在覆盖范围内。这样就能得到覆盖率F1[4]。

由于基站之间是采用的自由空间传播模型，接受天线所接收到的另一个发射点功率为：

(1)

其中，表示节点发射功率，为节点增益系数，且为1，d表示发射结点和接收节点之间的距离。

一个基站接收总功率定义为：

(2)

其中n表示其中一条连线所经过的区域数量。

这片区域中所有基站的总接收功率：

(3)

所以，这片区域中的衰减程度定义为：

F2= (4)

性能函数表示为：

f=w1\*F1+w2\*F2\*10^9 (5)

其中w1，w2分别为权重，10^9是为了平衡F1和F2的影响。使得权重分配更加有效。

## 1.3 算法实现

模拟退火算法的几个步骤如下[5]：

1.设置解空间。

解空间可以表示为任意N个基站的坐标几何位置。

2.计算目标函数。

目标函数为每一个解的性能函数。

3.新解的产生。

随机产生一个坐标位置，将原来的解，即N个坐标位置中的一个替换为这个新的坐标位置。

4.目标函数差。

再次计算新解的目标函数，与原来的函数作差，得到df。

5.接受准则。

如果df>0，则接受新的解，成功降温，并且将新解替换掉原来的旧解。如果df<0，则以概率exp（df/T）接受这个新的解。否则不接受这个新解[6]。

6.降温过程。

利用选定的降温系数at进行降温，取新的温度T为at\*T。

7.结束条件。

用选定的终止温度e，判断退火是否结束。若T<e，则算法结束，输出当前状态。

伪代码如下[7]：

# \* J(y)：在状态y时的评价函数值

# \* Y(i)：表示当前状态

# \* Y(i+1)：表示新的状态

# \* r： 用于控制降温的快慢

# \* T： 系统的温度，系统初始应该要处于一个高温的状态

# \* T\_min ：温度的下限，若温度T达到T\_min，则停止搜索

# while( T > T\_min )

# {

# dE = J( Y(i+1) ) - J( Y(i) ) ;

# if ( dE >=0 ) //表达移动后得到更优解，则总是接受移动

# Y(i+1) = Y(i) ; //接受从Y(i)到Y(i+1)的移动

# else

# {

# if ( exp( dE/T ) > random( 0 , 1 ) )

# Y(i+1) = Y(i) ; //接受从Y(i)到Y(i+1)的移动

}

# T = r \* T ; //降温退火 ，0<r<1 。r越大，降温越慢；r越小，降温越快

# \* 若r过大，则搜索到全局最优解的可能会较高，但搜索的过程也就较长。若r过小，则搜索的过程会很快，但最终可能会达到一个局部最优值

# i ++ ; }

# 2.仿真结果与分析

为了进一步验证模型的准确性和探讨降温系数的影响，我们将参数简化设置为：w1=0.9，w2=0.1[8]。

w1+w2=1。对应不同的场合可以选择不同的权值。降温系数依次设置为[9]：0.999，0.99，0.95，0.9，0.8，再由式（5）来判断基站分布方案的优劣程度。仿真结果如图所示：



图1 at=0.999时的仿真

图2 at=0.99



图三 at=0.95



图四 at=0.9



图五 at=0.8

从图1,2,3综合可以看出，当降温系数降低的时候，基站的范围开始更多的重合在一起，基站的覆盖率明显下降，性能指数依次为0.3708，0.3624，0.3601，0.2967，0.2868。

# 3.结论

为了能够获得更好的通信服务质量，本文基于模拟退火这种启发式算法，综合考虑了覆盖率和干扰率这两个主要的因素通过改变降温系数，得到了不同降温系数下的基站位置分布图。由图可以粗略看出，随着降温系数的减小，性能指数在下降，也就是通信质量在下降。

然而，即使在降温系数为0.999时，由图1可以看到，这种情况下的覆盖率仍然不是最大的，基站覆盖范围仍旧会有较多重叠的部分，并且覆盖范围也有超出边界区域的情况出现。

经过对模型本身进一步的分析可以想到，该模型中F2干扰率的产生有一定的缺陷，因为在此模型中，用接收所有衰减后的功率的倒数来表示衰减程度，本身理论上没有被证明一定可行，其次，10^9是根据经验和感性认识得到了，没有足够的数据来证明这个平衡影响因素的数值是可行的。还有，计算覆盖率的时候，蒙特卡洛法本身是可行且有效的，但是这个方法的前提是在大量的点的基础上，由于程序中涉及大量距离的计算，包括了很多平方，根号运算，如果加大蒙特卡洛的点数，当然会获得更精确的覆盖率范围，但是运算时间大大增加。因此舍弃了更精确的覆盖率范围来保证运行速度。

通过本模型可知，在模拟退火算法中，降温系数宜大不宜小，即在采用这种算法来进行最优解的处理时，要采取缓慢退火的方式。

# 4.参考文献

1. 晁迎,覃锡忠,曹传玲,邓磊,刘汉兴.加速遗传算法在移动通信基站规划中的应用[J].新疆大学学报(自然科学版),2016,33(01):94-98+101
2. 陈晓飞,段正,宋扬.城市公众移动通信基站规划及ArcGIS应用[J]. 现代电信科技, 2016,01: 60 -65.
3. 陈存香． 基于微粒群优化算法的无线市话系统基站分布规划的研究［Ｄ］．北京:北京交通大学，2009.
4. 王冠英. 移动通信基站天线的优化[D].北京邮电大学,2011.
5. 张捷,杨希龙.基于模拟退火算法的移动通信网络自规划[J].计算机工程,2017,43(05):83-87.
6. 刘永军. 第三代移动通信基站电磁辐射测量及相关性研究[D].湘潭大学,2016.
7. 杨俊逸. 面向协作通信的基站规划研究[D].重庆大学,2015.
8. 罗玉梅,陈文.遗传算法在移动通信系统的基站规划中的应用[J].昆明冶金高等专科学校学报,2014,30(05):24-28.
9. 杨成龙. 3G基站选址中覆盖问题的研究[D].华中科技大学,2011.