

# 智能频率规划系统设计与开发\*

李 旭 宋俊德 宋 梅  
(北京邮电大学 PCN & CAD 中心 100088)

**摘 要** 针对目前频率规划中存在的问题,提出利用专家系统和改进遗传算法及分层技术等智能频率规划系统。在缺少准确电子地图的情况下,借助专家的经验 and 知识,利用改进的优化算法,给出较准确的频率规划方案。同时提出了基于数据库的改进推理和维护方法,并开发了智能多层频率规划 CAD 软件包,给出了仿真结果。

**关键词** 专家系统, 基于数据库推理, 改进遗传算法, 频率规划, CAD

**分类号** TN 929.5

## Design and Development of Intelligent Frequency Planning System

Li Xu, Song Junde, Song Mei  
(Beijing University of Posts and Telecommunications)

**Abstract** Aiming at the problems existing in the present frequency planning, a method is proposed which incorporates expert system, improved genetic algorithm and layer technique etc. So it both gives a more precise frequency-planning scheme based on expert experience, professional knowledge and genetic algorithm even lacking of accurate electronic map, and proposes the improved inference and maintenance methods based on database technique. In addition, the simulation results are given.

**Key words** expert system, inference, genetic algorithm, frequency-planning, CAD

## 1 引 言

我国移动通信建设发展之快举世无双,但目前国内频率规划仍然主要采用人工方法,工作量大,效率低,容易出错,且只能局部满足要求。为解决上述问题,本文引入了专家系统和遗传算法,将专家经验与优化算法和学习机制相结合,这样即使在初期缺乏准确的三维地图的情况下,系统也可根据工程技术人员在以往的实践中积累的大量数据和经验,得到尽可能满意的频率规划。另外随着基站数量的剧增,频带紧张问题急速加剧<sup>[1-3]</sup>,同时在应用遗传算法进行优化的过程中,也存在组合爆炸及运算速度极慢的状况。

为解决上述问题,本文提出组合遗传算法、局部优化和分层技术这一智能频率规划方法。该方法主

要分为三个步骤:首先由专家系统确定最小频点间隔,然后由优化算法进行频点分配,最后进行频点优化和调整。

## 2 新建基站的频率规划方法

### 2.1 确定最小频点间隔

根据专家的经验 and 知识建立一专家系统,即根据交叉情况、稠密程度、道路情况、基站情况及区域类型等来确定与周围相关小区的最小频点间隔。

#### 2.1.1 知识表示方法

if 区域类型  $f_1$  and 稠密程度  $f_2$  and 道路情况  $f_3$  and 基站情况  $f_4$  and 交叉情况  $f_5$  then  $\Delta f, f_6$  其中  $f_1 \sim f_5$  为权重,可根据运行数据进行学习; $f_6$  为规则阈值; $\Delta f$  为小区间最小频点间隔。

本文利用关系数据库来表示上述产生式知识,具体方法如下:

\* 国家自然科学基金项目(09772033)

1998-11-02 收稿,1999-01-18 修回

( 类名 规则名 ... 规则名 )

( 规则名 属性 权重 ...

属性 权重 结论 可信度 )

其中属性对应规则的条件,可信度为规则本身的可信度。

对规则及事实进行序化处理,即对属性建立统一的序关系,然后按此关系排列并维护。设将要加入的规则为  $r: f \quad c(cf)$ , 已在库中的规则为  $R_i: F_i \quad C_i(CF_i)$ 。其中  $f$  和  $F_i$  为规则的前提,  $c$  和  $C_i$  为规则的结论,  $cf$  和  $CF_i$  为规则的可信度。

对规则前提的每个属性按序化关系依次进行比较,得出两个规则前提之间的关系,主要包括以下几种

$f = F_i$  表示  $f$  与  $F_i$  等价

$f \supset F_i$  表示  $f$  蕴含  $F_i$

$f \supset F_i$  表示  $f$  蕴含于  $F_i$

$f \cap F_i$  表示  $f$  与  $F_i$  相交

$f \perp F_i$  表示  $f$  与  $F_i$  相反

$f \{ \} F_i$  表示  $f$  与  $F_i$  无关

对规则的结论进行比较,也存在上述几种关系。

对规则可信度进行比较,存在以下 3 种关系

$cf = CF_i, \quad cf > CF_i, \quad cf < CF_i$

根据规则前提、结论及可信度之间的关系可得出规则之间的关系,同时进行相应的修正:

1) 对于满足下列关系

$f = F_i \text{ and } c = C_i \text{ or } f \supset F_i \text{ and } c = C_i$

$\text{or } f \supset F_i \text{ and } c \supset C_i \text{ or } f \cap F_i \text{ and } c \supset C_i$

同时  $cf = CF_i$  的新规则为冗余规则,可以忽略,不进行插入操作;而  $cf < CF_i$  时,则要进行实例学习,得到可信度。

2) 对于满足  $f \supset F_i \text{ or } c \supset C_i$  的新规则,则要做插入处理。

3) 对于满足  $f = F_i \text{ and } c \supset C_i$  的新规则,则要做插入处理,同时去掉原知识库中的  $R_i$  规则。

4) 对于其它情况的处理比较复杂,可采用实例学习等方法进行处理,以达到知识库的一致性。

### 2.1.2 基于数据库技术的推理方法

首先利用查询技术找到所有与事实同类的规则,并加以记录。然后根据记录下的规则名,从左到右进行规则左部的测试,并按下式计算规则结论的可信度

$$CFH = \min(CF_i) * CF$$

其中  $CF_i$  为规则前提的可信度,  $CF$  为规则本身的可信度。

### 2.2 新建基站的频点配置

由最小频点间隔,确定新建基站的不可用及可用频点。若可用频点已足够,则按一致性选择;否则降低质量或局部重新分配。

### 2.3 局部重新分配

1) 周围相关基站作为一局部区域。

2) 确定相关基站扇区的可用频点,确定当前可用频点与以前分配频点相比是否留有余地,若无,则回到 1) 进一步扩大相关基站范围。

3) 利用遗传算法<sup>[4,5]</sup>进行优化组合,原则是频点间隔满足要求,一致性好,改动小。

初值在可用频点范围内选择;

适应度函数

$$f = d/[a\sum h(f_{ikjm} - f_{ikjm}) + b/(\max(\text{count}(f_{ikn}) - \text{count}(f_{jmi})) + 1) + c * \text{difference}]$$

其中

$$h(f_{ikjm} - f_{ikjm}) = \begin{cases} 0, & h \geq 0 \\ \text{ABS}(h), & h < 0 \end{cases}$$

$a, b, c, d$  为权重,可进行学习;  $\max$  为取最大值;  $\text{ABS}()$  为绝对值函数;  $f_{ikjm}$  为实际的频点间隔;  $f_{ikjm}$  为最小频点间隔;  $\text{count}(f_{ikn})$  为频点  $f_{ikn}$  的使用次数;  $\text{difference}$  表示现有频点与原有频点的差异。

## 3 增容和优化的频率规划方法

### 3.1 确定最小频点间隔

根据几何位置、交差情况、基站情况和地理环境等,确定所有基站与周围相关基站的频点间隔,具体方法同前所述。

### 3.2 确定和优化频点

基于遗传算法和频点间隔来确定和优化频点。原则是频点间隔满足要求,一致性好,用户量大。其中加入每一扇区的频点数的选择,将其作为个体的第一部分,也进行遗传操作;同时在适应度中加入用户量这一项。

由于基站数量非常巨大,单纯遗传算法很难解决问题,为此提出组合遗传算法。组合遗传算法的思想是将整体区域化(每个区域内小区分为外部小区和内部小区,其中内部小区仅与该区域内的外部小区相关,而与其它区域内的小区无关),对整体及每个区域进行优化,具体流程如图 1 示。

此外,考虑频带紧张及同一扇区不同频点分配

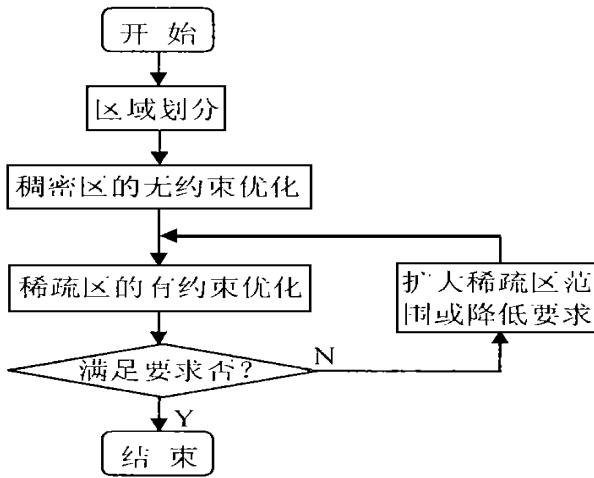


图 1 组合遗传算法

的优先级不同,即BCCH 频点分配比 TCH1 频点分配的要求高,TCH1 频点分配比 TCH2 频点分配的要求高等,因此采用智能分层策略以满足要求。

本算法特殊之处说明如下:

1) 将总的频带分为几段,每层频点对应一个频段,初值在该段可用频点范围内选择;同时每一频带内又可分为几层,这样可满足各种频点分配的要求,

如Nokia 的 TUO 分配策略,爱立信的MRP 策略及 Motorola 的 BCCH 和 TCH 策略等。

2) 加入局部优化方法以提高收敛速度,即对初值或产生的新一代个体进行局部寻优,在此采用单点分支寻优方法。

3) 检验:对交叉、变异后产生的新一代个体进行同基站、同扇区内频点的校验,以防止同基站、同扇区内存在同频或邻频而损坏设备。另外,对其给予高优先级,以保证同基站、同扇区内不存在同频或邻频。

4) 最后进行频点优化,即找出具有同频、邻频冲突的频点,并给出建议的修改频点。

### 4 仿真结果

基于上述思想,我们建立了智能频率规划CAD 软件包,其系统模块如图 2 所示。

为便于分析和比较,我们选定北京市的 200 个基站(专家已分配频点,在实际运行中效果良好),并就上述算法进行了仿真。仿真结果表明,专家手工分配与本算法适应度相当。

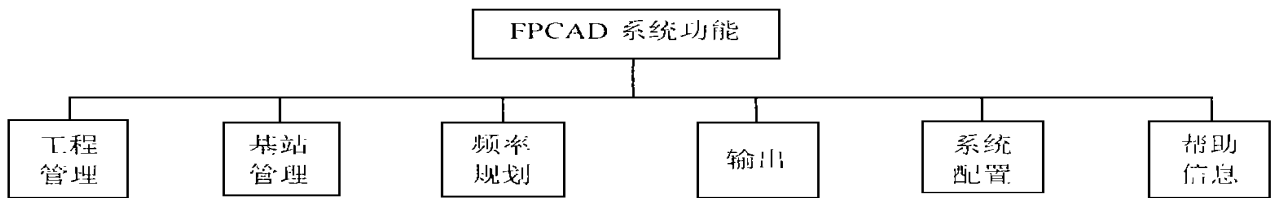


图 2 系统功能模块

表 1 仿真结果

基站数量	单纯遗传算法				组合遗传算法			
	20	50	100	200	20	50	100	200
每个小区 TRX 数量	4	4	4	4	4	4	4	4
总适应度	18.59	10.44	无法计算	无法计算	16.78	12.65	6.13	4.57
BCCH 适应度	18.59	10.44	无法计算	无法计算	16.78	12.65	6.13	4.57
TCH1 适应度	18.59	10.44	无法计算	无法计算	16.78	12.65	6.13	4.57
运行时间(m in)	19	52			57	63	143	358

续表 1

加入分层技术				加入智能分层				加入局部优化			
20	50	100	200	20	50	100	200	20	50	100	200
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
23.77	18.95	6.44	5.35	28.63	19.63	9.47	6.45	32.76	22.47	10.33	6.47
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
33.33	20	3.03	3.03	50	33.33	9.09	9.09	50	50	10	10
20	61	125	299	18	57	113	254	15	52	87	197

(下转第 220 页)

## 5 结 论

本文针对摄像机标定问题中存在的误差, 提出用基于UBBE模型的参数估计方法进行摄像机标定。在此基础上针对有关文献研究的一种摄像机内部参数标定问题, 提出了利用SMU估计方法进行参数标定的新算法。仿真结果表明, 新算法不仅可在给出标定结果的同时给出标定误差确定的上界, 而且可获得较好的标定精度, 具有一定的使用价值。

### 参 考 文 献

- 1 Juyang Weng. Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(10): 965- 980
- 2 Milanese M, A Vicino. Optimal estimation theory for

dynamic systems with set membership uncertainty: An overview. Automatica, 1991, 27: 997- 1009

- 3 王书宁, 黄学俊, 戴建设. 线性模型参数  $l$  和  $l_1$  中心估计量的统一求法. 自动化学报, 1996, 22(3): 353- 356
- 4 Song DeMa. A self-calibration technique for active vision systems. IEEE Trans on Robotics and Automation, 1996, 12(1): 114- 120

### 作 者 简 介

岳占峰 男, 1973年生。1997年毕业于清华大学自动化系, 现为清华大学自动化系系统工程专业硕士研究生。研究方向为机器人多传感器信息融合, 摄像机参数标定。

王书宁 男, 1956年生。1988年在华中理工大学自动控制系获博士学位, 现为清华大学自动化系教授, 博士生导师。研究方向为系统辨识, 参数估计, 优化理论算法及决策分析。

(上接第 188 页)

同时根据上述各种算法与单纯遗传算法进行了仿真比较, 仿真结果如表 1 所示。

上述结果表明了所提出算法在改善频率规划质量和运算速度方面的优势, 并可在将来实验的基础上进一步完善和深入。

## 5 结 论

本文采用专家系统和改进遗传算法及分层技术相结合的方法进行频率规划, 并进行了计算机辅助频率规划系统的设计和开发。仿真结果表明, 该方法具有良好的性能和优化结果, 可在今后进一步完善和推广。

### 参 考 文 献

- 1 Magnus Madfars. High capacity with limited spectrum in cellular systems. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(8): 38- 45
- 2 Ray W Nettleton, Gerald R Schloemer. Self organizing

channel assignment for wireless system. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(8): 46- 51

- 3 Katzela, M Naghshineh. Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication system: A comprehensive survey. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(6): 70- 81
- 4 Daniel S, Weile, Eric Michielssen. Genetic algorithm optimization applied to electronics: A review. IEEE Trans on Antennas and Propagation, 1997, 45(3): 72 - 79
- 5 陈贤富, 庄镇泉. 遗传算法的自适应进化策略及 TSP 问题的遗传优化. 电子学报, 1997, 25(7): 1- 5

### 作 者 简 介

李旭 女, 1970年生。北京邮电大学教师, 博士后。研究方向为无线覆盖, 频率规划及网络优化。

宋俊德 男, 1938年生。北京邮电大学教授, 博士生导师。研究方向为网络优化, CTI等。

宋梅 女, 1960年生。北京邮电大学副教授。