

工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究

杨丽君, 刘风华

(新疆工程学院 计算机工程系, 乌鲁木齐 830091)

摘要: 对工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略进行研究, 能够有效解决传统系统频率和扰码规划存在扰码覆盖率低、性能差、精准度低等问题; 针对不同频率复用方式特征, 对基站布局进行设计, 获取频率配置结果进行优化, 得出频率重新规划结果; 采用 Galib 遗传算法, 对簇复用码和互斥性码等系统扰码规划进行改进, 完成工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究; 实验结果表明, 该软件测试策略能够有效提高 TD-SCDMA 系统的扰码覆盖率、性能和精准度, 充分满足 TD-SCDMA 系统规划要求。

关键词: TD-SCDMA 系统; 软件测试; 策略研究

Research on Software Testing Strategy of Industrial TD-SCDMA System

Yang Lijun, Liu Fenghua

(Department of Computer Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi 830091, China)

Abstract: The research of software testing strategy of industrial TD-SCDMA system, can effectively solve the traditional system frequency and low coverage of existing scrambling scrambling code planning, poor performance, low accuracy. According to the different frequency reuse characteristics, design of base station layout, get the results of frequency allocation optimized, the frequency of re planning results; using Galib genetic algorithm, to reuse code and scrambling code planning cluster mutex code system is improved, complete the research on software testing strategy of industrial TD-SCDMA system. The experimental results show that the software testing strategy can effectively improve the TD-SCDMA system scrambling code coverage, performance and precision, fully meet the requirements of TD-SCDMA system planning.

Keywords: TD-SCDMA system; software testing; strategy research

0 引言

工业 TD-SCDMA 系统是我国最大的 3G 自主知识产权标准, 也是 3G 标准之一^[1]。工业 TD-SCDMA 系统的网络质量受到频率和扰码的影响, 导致用户无法利用感知度对网络进行自由切换^[2]。扰码主要作用于手机业务过程, 它将整个区域分为不同小区, 使同频干扰较为严重的小区分配到相关的弱扰码^[3]。频率规划是 TD-SCDMA 进行网络规划的关键环节, 对 TD-SCDMA 系统的规划也有一定的影响^[4]。传统系统的频率和扰码规划存在扰码覆盖率低、性能差、精准度低等问题, 很难达到 TD-SCDMA 系统规划的要求, 为此迫切需要提出优秀的软件测试策略来降低干扰^[5]。为解决以上问题, 提出工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究。针对不同频率复用方式特征, 对基站布局进行设计, 获取频率配置结果, 得出重新配置后的频率规划结果; 采用 Galib 遗传算法对 TD-SCDMA 系统扰码重新规划, 完成系统软件测试策略。实验结果表明, 与传统系统相比, 应用该软件测试策略的 TD-SCDMA 系统扰码覆盖率更高、性能更强、精准度更高, 该策略能够有效地提升 TD-SCDMA 系统网络性能。

1 软件测试策略频率规划改进

对工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略进行研究, 实质上就是对 TD-SCDMA 系统的频率规划和扰码规划进行改进。依据改进后的频率和扰码规划, 完成软件测试策略的制定, 以提高 TD-SCDMA 系统的网络性能。首先对系统频率规划进行改进, 具体过程描述如下:

目前频率资源有限, 进行合理规划在通信网络中占据重要地位, 如果只是对整体时频进行规划, 会导致整个网络构建性能指标变差。不同系统所使用技术不同, 频率资源特性各不相同。全球移动通信系统 (GSM) 中频率的规划方法可以在 TD-SCDMA 系统频率规划中应用。该系统采用了时分双工技术对上下行频率资源进行区分, 具有高效利用率的同时满足了上下行资源的传输。通常情况下, 频率复用方式主要包括: 1×3 、 3×3 、 4×3 、 5×3 、 7×1 、 7×3 , 还包括动态复用、频率重复复用等, 复用方式具有不同属性, 不同基站布局也具有不同频率规划方法^[6]。由于该系统具有较高的频谱使用率, 因此对上下行不同频段采用测试驱动开发 (TDD) 技术来实现, 通常情况下, 数据业务具有非对称性, 通过对上下行无线资源的分配, 可提高频谱效率, 因此采用合理频率规划可进一步提升频谱使用率。

TD-SCDMA 系统主要频段共为 15 MHz, 其中包括了 9 个频率点^[7], 具体频率规划原则有: 每个小区内设置载波点, 增大复用系数, 降低公共信道; 利用频点技术, 区分不同小区载频和辅助频率, 进而减小相同属性的干扰; 采用混合组网模式, 将业务进行时隙或者载波, 在确保不影响业务的前提下, 将用

收稿日期:2017-11-03; 修回日期:2017-11-24。

基金项目:新疆工程学院校级项目(2015xgy111712)。

作者简介:杨丽君(1979-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士,讲师,主要从事计算机软件和计算机网络方向的研究。

刘风华(1980-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士,副教授,主要从事计算机软件编程和数据库应用方向的研究。

户使用量进行调整。

一般情况下会使用 15 M 宽带进行网络配置，该配置能够减小频率干扰。可以使用 9 个频点进行配置，如图 1 所示。

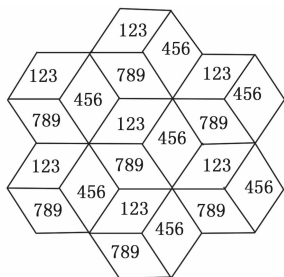


图 1 频率配置

由图 1 可知：在该宽带频率配置的过程中，复用系数为 1，主载波的复用系数为 3，两者之间具有一定的距离^[8]，确保网络公共通信信道干扰性较小，因此对控制信道规划的要求也较高。在规划时应注意控制信道的临频干扰率尽量为最小状态，一般情况下为了避免信道和业务之间的干扰，应降低频率配置的难度，将信道频率范围控制在与业务信道范围一致，但两者之间又是相互独立的，可根据信道控制原则设置单独频段，该频段既是连续的，又是离散的，由于主载波复用距离不够大，因此需要对宽带频率进行重新配置，配置结果如图 2 所示。

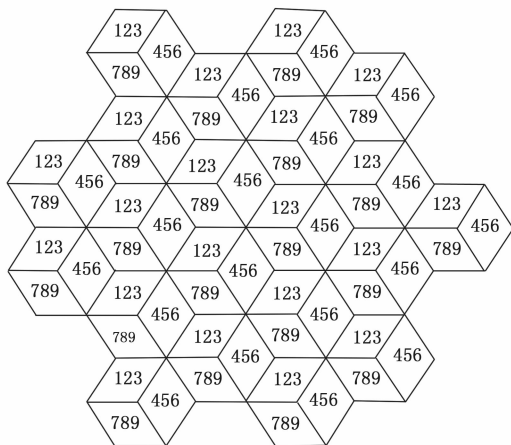


图 2 频率重新配置结果

由图 2 可知：频点的规划方案复用系数较大，足以满足同频隔离的标准。信道规划方式可分组，又可进行不分组，根据信道控制能力，采用相同分组复用方式，将每个小区都分配到一个频率组里，促使同一基站字母分配相同，如果同一频率所使用的复用距离不能有效避免基站相邻频域的干扰，则需使用动态频率复用方式将所有可以使用的频点作为一个频率组，在该组别中进行频率分配，根据相邻频率干扰大小从所有可用的频点中选择出干扰频率最小的频点，并以此作为小区频点基础配置，该规划方法复用系数较高，适合站点规模较大、距离较小的频域使用。

改进的频率规划主要分配原则为每组对应实际网络中的一层资源，对资源进行配置时，逐层对每个小区进行频率分配，不同分配层次可采用不同方式，每组中选择的最佳频点为目前相应层的配置频点，该分配方式可降低干扰程度，进而提升频率使用效率，是最为常用的频率规划准则。

根据以上步骤，依据不同频率复用方式特征，获取频率配置结果，将配置结果进行优化，完成了软件测试策略频率规划部分的改进。

2 软件测试策略扰码规划改进

采用 GALib 遗传算法对软件测试策略扰码规划部分进行改进。TD-SCDMA 系统的码资源有限，存在数量少、码片短等问题，进行扰码分配时，一个扇区仅仅只能分配到一个扰码，根本没有将扰码之间的差异性与复合性考虑在内，扰码规划结果没有指导性意义^[9]。传统系统扰码规划采用人工方法，其过程繁琐、工作量大、效率低，为此引入 GALib 遗传算法，通过不断迭代，获取最佳扰码分配方案。软件测试策略扰码规划的改进主要包括对簇复用码和互斥性码两部分进行规划。具体规划过程如下：

2.1 簇复用码的规划

TD-SCDMA 系统扰码采用簇复用码规划方式，利用 16 码片的短码进行排序，获得的码为 128 组，这 128 组复用码按照顺序排列可分为 32 组，每组具有 4 个复用码。该系统中的扰码具有独特的正交性差特点，该特点会影响移动终端对信道的检索。每个小区除了考虑同码间的干扰，还需考虑由扩频码和扰码组成复合码的干扰，一个扰码与 16 个扩频码相乘可得到一组复合码。分析该复合码可发现：这 128 组复合码中，具有组合属性的仅有 12 组，统称为复合码集，在该集合内，不同扰码生成的方式不同，利用 Galib 遗传算法，并使用二维二进制串行基因组类方法来解决簇复用码问题^[10]。

在遗传算法中，任何一组扰码都具有一个基因组，所有扰码都需按照顺序完成链性组成，若干个个体组成一个集合体。最初群体是随机产生的，后续群体是由父体和母体进行交叉变异得到的，该计算具体流程为：选择编码，获取初始群体；计算初始适应值，经过筛选、变异与交换完成一代群体的适应值演变。

```
Float Objective(GAGenome&);
Main(){
GA2DbinaryStringGenome genome(width,height,Objective);
//初始化一个基因组类实例
GASimpleGA ga(genome); //初始化一个遗传算法类实例
Ga. evolve(); //进化
Cout<<ga. statistic() <<endl; //打印结果
}
float Objective(GAGenome&){
//用户自定义目标函数
}
```

簇复用码可以通过遗传算法参数来修改遗传算法相应运行的参数，并将有限资源合理配到每个小区之中，将干扰程度降到最低。固定扰码数量，确定频率资源，将运营商的有效频点数量运用到其中，由此可得出簇复用码规划模板^[11]，如图 3 所示。

该模板需要用户选择复用码的数量，以确保复用距离足够远，一个复用簇至少需要 21 个码^[8]。从这 21 个码中选出一定数量作为复用码，一般情况下将这些码分为两种，一种是与扰码相关，可分配并具有复用性质的扰码；而另一种是与复合码具有相同属性的码字并进行分配与复用，该分类方式所具有的依据不同，但是选择的扰码却是相同的，由此完成系统扰码规划。

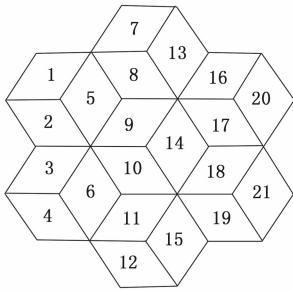


图 3 簇复用码规划模板

2.2 互斥性码的规划

由于复合码具有重复性, 使扰码在分配过程中受到不同扰码组的干扰, 促使扰码组产生了具有相同属性的复合码集合。为此, 使用 Galib 遗传算法来解决该类问题, 其中算子主要有三类, 分别是初始化算子、变异算子、交叉操作算子。进行初始化操作时, 由于具有随机性, 因此无法产生新个体, 不同子类部分变异与交叉操作如图 4 所示。

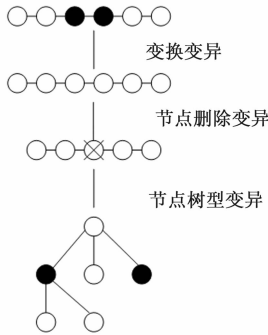


图 4 不同子类部分变异与交叉操作

由图 4 可知: 该类操作在码规划中能够确认先分配的下行导频码步骤, 进而确定规划定律, 按照定律确定下行导频码和扰码。

系统扰码规划目的就是降低相邻两个小区之间的扰码, 因此还需建立评级函数及时对干扰情况进行评价。相邻小区尽量减少同码组小区的出现, 并及时避免同一组扰码出现在同一个组别当中, 这样会减少对下行导频码的干扰, 由此可设计评价函数为:

$$f = \min \left(\sum_{i=0}^{R-1} \sum_{j=0}^{R-1} p_{ij} (k_0 \cdot x_{ij} + k_1 \cdot y_{ij} + k_2 \cdot z_{ij}) \right) \quad (1)$$

式 (1) 中, k_0 为相同码组惩罚的系数; k_1 为相同复合码组惩罚的系数; k_2 为相关性惩罚的系数; 如果小区 i 和 j 扰码属于相同码组, 那么 x_{ij} 为 1, 否则为 0; 如果小区 i 和 j 扰码属于相同复合码组, 那么 y_{ij} 为 1, 否则为 0; z_{ij} 为小区 i 和 j 扰码的相关性; R 为小区个数; p_{ij} 为干扰的概率, 概率越大, 说明小区之间存在的干扰可能性就越大。

基于遗传算法来规划扰码间隔问题, 促使正交性能良好运用到规划之中, 由于基站数量较大, 仅仅使用遗传算法很难解决问题, 为此使用遗传算法对整体进行区域化处理, 进而对每个小区进行优化处理。根据扰码规则, 对小区进行分配干扰, 并进行反复调整, 在此基础上, 使用复用距离来控制正交扰码, 进而实现扰码分配优化。

综上所述, 对获取的频率重新配置, 完成系统频率的重新规划; 采用 Galib 遗传算法, 对簇复用码和互斥性码等系统扰码规划进行改进, 完成工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究。

3 实验结果与分析

为了验证工业 TD-SCDMA 系统软件测试策略的合理性进行了如下实验。通过对系统扰码覆盖情况和呼叫情况进行测试, 完成软件测试策略合理性的验证。在进行频率规划实验验证时, 利用该系统存在的潜在性干扰问题进行处理, 即每个小区与相邻小区的信号强度差值小于等于载邻比的限制值, 进而构建每个小区的干扰评价函数, 将频率规划归纳为约束条件的干扰评价函数, 具体约束条件为: 频率范围一定、间隔一定、复用方式相同, 根据该约束条件设置实验环境与参数。

3.1 实验环境与参数设置

选择我国某市 20 平方千米作为 TD-SCDMA 系统扰码规划的区域, 在该区域内具有 125 个小区, 42 个基站, 每个基站内都有三个扇区, 设置实验参数, 如表 1 所示。

表 1 参数设置

参量	数值
地图分辨率	25 米
交叉概率	95%
变异概率	1%
GAlib 遗传算法迭代次数	100 次
种群个数	60
搜索迭代次数	60
小区之间话务量	15erl(爱尔兰)

3.2 实验结果与分析

将传统系统扰码覆盖评估与应用软件测试策略的改进系统扰码覆盖评估结果在同一频率下进行对比, 结果如图 5 所示。

由图 5 可知: 图 5 (a) 为传统系统的扰码覆盖评估结果, 在没有信号区域扰码覆盖率为 0%; 小于等于 -10 扰码覆盖情况为 0%; 介于 -10 与 0 之间扰码覆盖情况为 0.03%; 介于 0 与 10 之间扰码覆盖情况为 8.53%; 介于 10 与 20 之间扰码覆盖情况为 29.57%; 介于 20 与 30 之间扰码覆盖情况为 38.37%; 介于 30 与 40 之间扰码覆盖情况为 20.35%; 介于 40 与 50 之间扰码覆盖情况为 3.07%; 介于 50 与 60 之间扰码覆盖情况为 0.08%; 大于等于 60 之间扰码覆盖情况为 0%。图 5 (b) 为改进系统的扰码覆盖评估结果, 在没有信号区域扰码覆盖率为 0%; 小于等于 -10 扰码覆盖情况为 0%; 介于 -10 与 0 之间扰码覆盖情况为 0.02%; 介于 0 与 10 之间扰码覆盖情况为 6.52%; 介于 10 与 20 之间扰码覆盖情况为 22.89%; 介于 20 与 30 之间扰码覆盖情况为 41.57%; 介于 30 与 40 之间扰码覆盖情况为 23.33%; 介于 40 与 50 之间扰码覆盖情况为 5.42%; 介于 50 与 60 之间扰码覆盖情况为 0.23%; 大于等于 60 之间扰码覆盖情况为 0.02%。对比两种系统的扰码覆盖评估结果, 应用软件测试策略的改进系统扰码覆盖大于 0 的比例有所提升, 且效果显著。

在同频干扰情况比较严重的情况下, 将 TD-SCDMA 系统进行 50% 的模拟, 并在终端两个小区之间进行低速移动, 将传统系统与应用软件测试策略的改进系统进行呼叫测试, 分别从

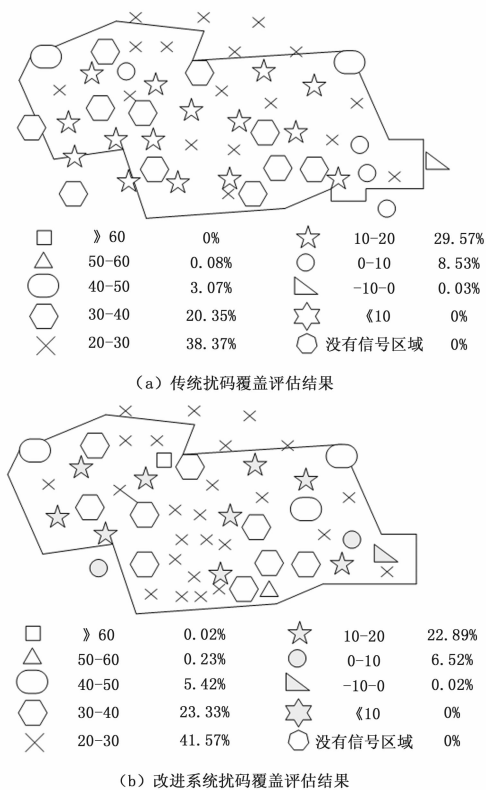


图 5 两种系统扰码覆盖评估对比结果

呼叫情况、掉话情况、切换情况进行对比, 结果如表 2 所示。

表 2 两种系统呼叫测试结果

	传统系统	应用软件测试策略的改进系统
特点	约束条件较少、容易实现, 干扰抑制一般	约束条件严格、算法虽为复杂, 但是干扰抑制效果较好
呼叫失败率/%	12	4
掉话率/%	8	2
切换失败率/%	20	9

由表 2 可知: 传统系统的呼叫失败率为 12%, 掉话率为 8%, 切换失败率为 20%。应用软件测试策略的改进系统, 其呼叫失败率为 4%, 掉话率为 2%, 切换失败率为 9%。对比传统系统和改进系统的呼叫实验结果发现, 改进系统的呼叫失败率是传统系统的三分之一, 掉话率为传统系统掉话率的四分之一, 切换失败率小于传统系统切换失败率的一半, 充分说明无论是呼叫失败率、掉话率, 还是切换失败率, 应用软件测试策略的改进系统的呼叫情况远远优于传统系统的呼叫情况, 验证了应用软件测试策略的工业 TD-SCDMA 系统, 其精准度更高, 系统性能更强。

3.3 实验结论

经过上述实验内容, 可以看出在设置实验区域内, 传统系统与应用软件测试策略的改进系统在没有信号区域扰码覆盖率为 0%; 小于等于 -10 扰码覆盖情况为 0%; 介于 -10 与 0 之间扰码覆盖情况相差 0.01%; 介于 0 与 10 之间扰码覆盖情况相差 2.01%; 介于 10 与 20 之间扰码覆盖情况相差 6.68%; 介于 30 与 40 之间扰码覆盖情况相差 2.98%; 介于 40 与 50 之

间扰码覆盖情况相差 2.35%; 介于 50 与 60 之间扰码覆盖情况相差 0.15%; 大于等于 60 之间扰码覆盖情况相差 0.02%。由此可知, 应用软件测试策略的改进系统扰码覆盖大于 0 的比例有所提升, 且效果显著。将传统系统与应用软件测试策略的改进系统对呼叫失败率、掉话率、切换失败率进行对比, 结果可知, 传统系统无论是呼叫失败率、掉话率、切换失败率远远高于改进系统, 且抑制效果较差。因此, 采用研究的软件测试策略能够提高工业 TD-SCDMA 系统的扰码覆盖率、精准度, 增强系统性能。

4 结束语

频率和扰码的合理规划对 TD-SCDMA 系统的网络质量具有较大的影响, 为解决传统系统存在扰码覆盖率低、准确度低、性能较差等问题, 提出工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究。采用不同频率复用方式, 获取频率配置结果, 进行频率重新规划; 引进 Galib 遗传算法, 对簇复用码和互斥性码等系统扰码规划进行改进, 完成工业 TD-SCDMA 系统的软件测试策略研究。实验结果表明, 该软件测试策略能够有效提高 TD-SCDMA 系统的扰码覆盖率、性能和精准度, 具有一定的有效性和实用性。但由于扰码种类较多, 规划过程复杂, 因此该软件测试策略在扰码规划方面仍需深入研究。软件测试策略将以编制快速、科学、可靠的网络自动扰码规则为主要研究内容, 扰码规则可大幅度提升扰码规划效果, 并通过自动扰码软件可在未来得到广泛应用。

参考文献:

- [1] 樊同亮, 孙严冬, 杜永锋, 等. TD-SCDMA 系统中基于时域数据统计信息的信道估计算法 [J]. 科技通报, 2015, 20 (3): 207-210.
- [2] 赖平, 周想凌, 邱丹. 小电流接地系统暂态电流频率特性分析及故障选线方法研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2015, 11 (4): 51-57.
- [3] 李昶, 张建斌, 安静. TD-LTE 与 TD-SCDMA 协同网络优化策略 [J]. 电信科学, 2015, 31 (8): 147-154.
- [4] 谷俊和, 刘建平, 江浩. 风电接入对系统频率影响及风电调频技术综述 [J]. 现代电力, 2015, 32 (1): 46-51.
- [5] 程楠, 陈炜, 刘琴, 等. 光纤时间频率同时传递系统中时间同步方法的研究 [J]. 中国激光, 2015, 42 (7): 138-144.
- [6] 薛明, 杨庆新, 李阳, 等. 磁耦合谐振式无线电能传输系统存在干扰因素下的频率特性研究 [J]. 电工电能新技术, 2015, 34 (4): 24-30.
- [7] 刘奕君, 赵强, 郝文利. 基于遗传算法优化 BP 神经网络的瓦斯浓度预测研究 [J]. 矿业安全与环保, 2015, 13 (2): 56-60.
- [8] 叶林, 陈政, 赵永宁, 等. 基于遗传算法一模糊径向神经网络的光伏发电功率预测模型 [J]. 电力系统自动化, 2015, 15 (16): 16-22.
- [9] 曹昉, 孟琦斌, 苗培青, 等. 基于改进加权 Voronoi 图和遗传算法的变电站规划 [J]. 电网技术, 2015, 39 (2): 511-516.
- [10] 邹孝恒, 郝中骥, 易荣兴, 等. 基于遗传算法和偏最小二乘法的土壤激光诱导击穿光谱定量分析研究 [J]. 分析化学, 2015, 05 (2): 181-186.
- [11] 杨冠军, 王竹平, 刘曦. 基于 ARM9E 的启动程序设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2017, 25 (4): 189-193.