

# 基于地理信息系统的GSM小区天线 下倾角计算软件的开发

林 巍<sup>1</sup> 曹若云<sup>2</sup>

(1 中国移动通信集团广东有限公司佛山分公司 佛山 528000)

(2 广东顺德职业技术学院 佛山 528333)

**摘 要** 为了在GSM系统基站规划工作中确定小区的天线下倾角,应用地理信息系统开发了GSM小区天线下倾角计算软件。软件在开发中采用OLE自动化方法和MapInfo的回调功能,集成了地理信息系统强大的地理化显示和操作功能。软件包含了从数据准备、地图生成、下倾角计算到结果保存等各个过程,实现了下倾角数据的自动维护。应用表明,该软件较好地支撑了工程中的GSM基站规划工作。

**关键词** 地理信息系统 GSM 天线 下倾角

## 1 引言

在规划 GSM 移动通信系统基站时,基站天线下倾角一般由规划人员根据经验设定。这样确定的下倾角主观性较大,小区的覆盖范围无法精确控制。如采用覆盖仿真软件确定下倾角,则要根据覆盖仿真图不断手工修改下倾角,直到认为合适为止。这种方法使得下倾角的取定速度较慢,且仿真软件价格昂贵,仿真效果依赖于三维数字地图的精度。为了较为精确地计算小区天线下倾角,满足工程规划工作中快速确定大量基站下倾角的要求,我们在 Delphi 环境下开发了基于地理信息系统(GIS, Geographic Information System)的 GSM 小区天线下倾角计算软件。

## 2 下倾角计算原理

软件以 GSM 小区天线垂直方向图上 3dB 点的着地点作为小区边界来计算天线下倾角。选择上 3dB 点

的着地点作为小区边界的原因是:该着地点作为小区边界时,可以增强本小区信号在小区边界内的信号强度,又可以削弱本小区信号在小区边界外的信号强度,从而能够较好地控制 GSM 网内小区之间信号的同邻频干扰。

对于地势平坦地区,小区天线下倾角的计算公式为:

$$\theta = \arctg(h/r) + a/2 \quad (1)$$

式中,  $\theta$  为天线下倾角,  $h$  为天线高度,  $r$  为小区天线垂直方向图上 3dB 点的着地点距离,  $a$  为小区天线垂直半功率波束宽度。由于  $\arctg(h/r) > 0$ , 因此  $\theta > a$ 。工程中,的取值为整数。

由式(1)得:

$$r = h / \tan(\theta - a/2) \quad (2)$$

当期望的小区天线垂直方向图上 3dB 点的着地点距离  $d$ 、 $h$  和  $a$  已知时,因为  $\theta$  为整数,所以可由式(2)采用迭代的方法求出天线下倾角。 $\theta$  的初值为大于  $a/2$  的最小整数,如对应的  $r$  的初值大于  $d$ ,则  $\theta$

加1后对式(2)进行迭代计算。反之,不进行迭代, $\theta$ 的初值即为小区天线倾角。迭代终止条件为: $r$ 的值小于或等于 $d$ 。比较迭代终止时和终止前一步算出的 $r$ 与 $d$ 的绝对偏差,取绝对偏差最小的 $r$ 对应的 $\theta$ 值作为小区天线倾角。

### 3 下倾角计算软件的开发

#### 3.1 软件主要模块

主要模块及其功能如下:

“天线数据导入”将导入文件中的天线类型、垂直半功率波束宽度、最大电下倾角、最大机械下倾角和天线频段等数据导入数据库。

“生成小区地图文件”由导入的小区设计数据(CDD, Cell Design Data)(含小区的名称、经纬度、天线覆盖方向、天线高度、天线下倾角、小区所在地海拔高度、天线类型以及小区频段等数据)文件生成MapInfo格式的文件。

“增加小区地图文件数据”在已有全网小区地图文件的情况下,对新增入网的小区生成MapInfo格式的数据并添加到全网小区地图文件中。

“打开地图文件”打开MapInfo格式的地图文件。

“保存表”用于保存做了修改的MapInfo表文件。在“单小区下倾角计算”和“多小区下倾角计算”中计算出的下倾角被写入小区地图文件的“天线下倾角”字段中,在关闭地图窗口、关闭或退出软件时将调用该模块,提示用户是否保存相应的小区地图文件。

“导出表”将小区地图文件导出为文本文件。

“编辑天线资料”用于编辑“天线数据导入”中的天线数据。

“编辑生成小区地图文件用的CDD数据”用于编辑“生成小区地图文件”和“增加小区地图文件数据”中的CDD数据。

“编辑小区天线垂直方向图上3dB点的期望着地点距离”用于编辑“多小区下倾角计算”中的导入文件。该文件保存每个小区期望的着地点距离。

“地图操作”对地图进行放大、缩小、移动、选择、信息显示、标注和测距等操作。

“查找”用于在地图中定位小区。

“选定小区天线垂直方向图上3dB点的期望着地点”用于在地图中小区覆盖方向上用鼠标选定(点击)期望着地点。

执行了“查找”、“地图操作”的选择工具选择计算小区和“选定小区天线垂直方向图上3dB点的期望着地点”后,“单小区天线下倾角计算”可计算出所选小区的天线下倾角。

“多小区天线下倾角计算”在导入“编辑小区天线垂直方向图上3dB点的期望着地点距离”中保存的文件后可计算出多个小区的下倾角。

“小区天线下倾角计算结果”显示和导出下倾角计算结果。

#### 3.2 主要模块的实现

下面介绍与GIS相关的主要模块的实现。

软件采用OLE自动化方法,将MapInfo的地图窗口等集成进来。前台运行的下倾角计算软件作为OLE自动化控制器,通过OLE调用在后台运行的作为OLE自动化服务器的MapInfo。为实现调用,在软件中定义了一个Variant类型的全局变量oleMapInfo来代表OLE自动化对象,并通过语句oleMapInfo:=CreateOleObject('MapInfo.Application')来建立MapInfo自动化对象,以在后台启动MapInfo。

启动MapInfo后,构造代表MapBasic语句的字符串,用oleMapInfo的Do方法向MapInfo发送这些字符串。为获取MapBasic表达式的值,构造代表MapBasic表达式的字符串,用oleMapInfo的Eval方法向MapInfo发送这些字符串。

“生成小区地图文件”首先用MapBasic的Create Table、Create Map和Create Index语句(如无说明,下面提到的语句均为MapBasic语句)构造小区地图文件的表结构、使该表可在地图窗口中显示及创建索引。然后用Insert语句向打开的小区地图文件增加各小区的CDD数据,其中代表小区的对象用MapBasic

的 CreateLine 函数创建, CreateLine 中起点经纬度取 CDD 中的小区经纬度数据, 终点经纬度由起点经纬度和小区天线覆盖方向求得。最后用 Commit Table 语句保存小区地图文件, 用 Set Next Document 语句使 MapInfo 的地图窗口成为下倾角计算软件的子窗口, 并用 Map (地图窗口不存在时) 和 Add Map (地图窗口存在时) 语句在地图窗口中显示小区。

“增加小区地图文件数据”首先用 Open Table 语句打开小区地图文件, 然后用 Insert 语句向小区地图文件增加 CDD 数据, 最后用 Commit Table 语句保存小区地图文件, 并用 Set Next Document、Map 和 Add Map 语句在地图窗口中显示小区。

“打开地图文件”中, 对于 MapInfo 表文件, 首先用 Open Table 语句打开地图文件, 然后用 Set Next Document、Map 和 Add Map 语句在地图窗口中显示地图文件。对于 MapInfo 工作空间文件, 用 Set Next Document 和 Run Application 语句打开。

“保存表”首先用 MapBasic 的 NumTables 函数返回当前打开的 MapInfo 表的个数, 然后用 TableInfo 函数判断哪些表做了修改, 并将做了修改的表的名称放入列表框中, 最后对列表框中选择的表用 Commit Table 语句进行保存。

“导出表”首先用 MapBasic 的 NumTables 函数返回当前打开的 MapInfo 表的个数, 然后用 TableInfo 函数返回打开表的名称, 并将表名放入列表框中, 最后对列表框中选择的表用 Export 语句导出为文本文件。

“地图操作”(放大、缩小、移动、选择、信息、标注以及标尺等) 用 oleMapInfo 的 RunMenuCommand 方法实现。在信息和标尺功能中使用 RunMenuCommand 前, 用 Set Window... Parent 语句使 MapInfo 的信息和标尺窗口成为下倾角计算软件的子窗口。

“查找”首先用 Find Using 和 Find 语句对查找小区进行定位, 然后用 Fetch 语句获取查找小区的经纬度和天线覆盖方向, 用 Set Map 语句使查找小区在

地图窗口中居中显示, 并在装饰图层中用 Insert 语句和 CreateLine 函数以相同的线长度和绿色重绘代表小区的线对象。

“选定小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”利用了 MapInfo 的 OLE 回调 (Callback) 功能, 让 MapInfo 自动将用户在地图窗口中点击的小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点的经纬度发送给“单小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”。回调指由 MapInfo 的某个事件使得 MapInfo 自动通知客户程序, 给客户程序发送信息的情况。当用户用一个自定义的 MapInfo 工具与 MapInfo 窗口交互时, 使用回调允许 MapInfo 向客户程序发送信息。

为实现回调, 创建一个名为 TMICallback 的类, 为该类定义 OLE 方法 (函数) ClickPointCoordinates, 该函数含有 WideString 类型的形参 msg, msg 用来接收 MapInfo 发给下倾角计算软件的信息, 该信息含有用户点击的小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点的经纬度。用 ClickPointCoordinates 解析出用户点击处的经纬度, 并将经纬度传给“单小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”中的相关变量。回调的余下步骤为: 用 TMICallback 创建一个对象, 调用 oleMapInfo 的 SetCallback 方法, 用 Create Buttonpad 语句创建工具栏, 在工具栏中定义调用 ClickPointCoordinates 方法的工具, 为该工具赋 ID 号。最后, 在“选定小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”中用 Run Menu Command 语句调用此 ID 号的工具。

“单小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”实现步骤如下:

(1) 用 Fetch 语句和 oleMapInfo 的 Eval 方法获取地图上所选择的小区名称、经纬度、天线高度  $h$ 、天线类型和小区频段。

(2) 在天线数据库中根据天线类型和天线频段 (同小区频段) 查询小区天线对应的垂直半功率波束宽度  $a$ 、天线最大电下倾角和最大机械下倾角。

(3) 根据小区经纬度和回调中获取的小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点的经纬度, 用 MapInfo 的 Distance 函数计算出小区天线垂直方向图

上 3dB 点的期望着地点距离  $d$ 。

(4) 对  $\theta$  赋初值, 根据式 (2) 求出  $r$  的初值。

(5) 如  $r$  的初值大于  $d$ , 则  $\theta$  加 1 后对式 (2) 进行迭代计算。反之, 不进行迭代。

(6) 如未进行迭代, 则  $\theta$  的初值即为小区天线下倾角。反之, 求出迭代终止时  $\theta$  和  $\theta - 1$  对应的  $r_\theta$  和  $r_{\theta-1}$ , 取  $|r_\theta - d|$  和  $|r_{\theta-1} - d|$  的最小值对应的  $\theta$  值作为小区天线下倾角。

(7) 检查计算出的小区天线下倾角是否大于天线最大电下倾角和最大机械下倾角的和, 若大于, 则将该和作为小区天线下倾角。

(8) 将下倾角计算结果等信息传递给“小区天线下倾角计算结果”。

(9) 用 Update 语句和计算出的下倾角修改小区地图文件中对应小区的“天线下倾角”字段。

“多小区天线下倾角计算”实现步骤如下:

(1) 读取导入文件中的小区名。用 Select 语句从小区地图文件中选择对应小区的记录。用 Fetch 语句和 oleMapInfo 的 Eval 方法获取小区的名称、天线高度  $h$ 、天线类型和小区频段。

(2) 同“单小区下倾角计算”步骤 (2)。

(3) 读取导入文件中小区名对应的小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点距离  $d$ 。

(4) 至 (9) 同“单小区天线下倾角计算”中的相应步骤。

(10) 重复上面步骤 (1) ~ (9), 直至所有小区的下倾角均被计算出。

4 应用实例

例 1 用“单小区天线下倾角计算”计算新建基站 FN2WAH 第一小区 FN2WAH1 的天线下倾角。首先用“编辑生成小区地图文件用的 CDD 数据”编辑和保存该站各小区的 CDD 数据, 并用“增加小区地图文件数据”在全网小区地图文件中增加 FN2WAH 各小区的数据。图 1 为增加数据后的地图显示。若天线

数据库无该站各小区天线型号的数据, 则用“编辑天线资料”和“天线数据导入”导入天线数据。用“查找”在地图中定位 FN2WAH1。用“地图操作”中的选择工具选取代表该小区的线对象。执行“选定小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点”, 用鼠标在 FN2WAH1 覆盖方向上的期望着地点处点击一下, 如图 1 中的 P 点。最后用“单小区天线下倾角计算”计算出小区 FN2WAH1 的天线下倾角。结果如图 2 所示。



图1 在全网小区地图文件中增加了FN2WAH各小区数据后的地图显示

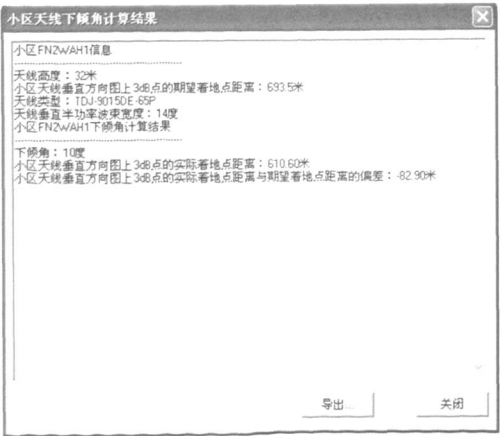


图2 小区FN2WAH1的天线下倾角计算结果

计算结果含天线高度、小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点距离, 天线类型、天线垂直半角

率波束宽度、计算出的下倾角、小区天线垂直方向图上 3dB 点的实际着地点距离以及实际着地点距离与期望着地点距离的偏差等信息。

例 2 用“多小区天线倾角计算”计算新建基站 FJ2CAL 四小区 (小区名为 FJ2CAL7 至 FJ2CAL10) 的天线倾角。开始准备小区地图文件和天线数据的工作同例 1。然后用“编辑小区天线垂直方向图上 3dB 点的期望着地点距离”并结合“地图操作”中的

标尺功能设定 FJ2CAL 各小区期望的着地点距离。最后用“多小区天线倾角计算”计算出各小区的天线倾角。结果如图 3 所示。

上面两例基站开通后的测试表明各小区的覆盖范围合理。

## 5 结语

本文介绍的软件可用于 GSM 规划基站天线倾角的计算,也可用于已有基站天线倾角的优化。软件充分利用了 GIS 系统的功能,方便了用户的使用和操作。软件操作过程包括了从数据准备、地图生成、下倾角计算到结果保存等各个步骤,实现了下倾角数据的自动维护。应用表明,该软件较好地支撑了工程中的 GSM 基站规划工作。

## 参考文献

- [1] 徐祖祺. GIS 入门与提高. 重庆: 重庆大学出版社, 2001
- [2] 阮于洲. Delphi、MapInfo 集成开发环境下 Callback 的实现. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(1): 36-38
- [3] 林巍, 曹若云. 基于遗传算法和地理信息系统的多频段 GSM 频率规划软件的设计与实现. 现代电子技术, 2007, 30(19): 31-33

(收稿日期: 2008 年 7 月 4 日)

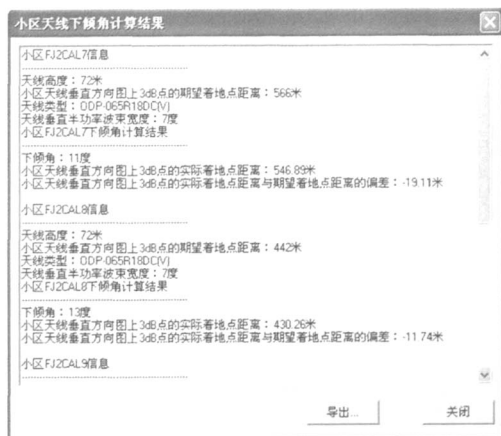


图3 FJ2CAL各小区天线倾角计算结果

# Development of Antenna Downtilt Angle Calculation Software for GSM Cell Based on Geographic Information System

Lin Wei<sup>1</sup> Cao Ruoyun<sup>2</sup>

(1 China Mobile Group Guangzhou Co., Ltd., Foshan Branch, Foshan 528000)

(2 Shunde Polytechnic, Foshan 528333)

**Abstract** In order to determine the antenna downtilt angles for the cells in the base station planning work of GSM system, the antenna downtilt angle calculation software for GSM cell utilizing geographic information system is developed. During the development, the powerful geographic display and operation function of GIS are integrated into the software using the OLE automation method and MapInfo callback function. The software includes all the procedures from data preparation, map generation, downtilt angle calculation to saving the results, thus the automatic maintenance of downtilt angle data is realized. The application indicates that the software supports the base station planning work of GSM system well in the engineering.

**Keywords** geographic information system, GSM, antenna, downtilt angle

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训：

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们：

- ※ 易迪拓培训官网：<http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网：<http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店：<http://shop36920890.taobao.com>