

# 移动通信基站定位系统

郭英龙, 赛景波, 乐丽琴, 杨善景, 曹速成  
(北京工业大学 电控学院, 北京 100124)

**摘要:** 介绍一种车载基站定位系统的结构、定位原理。系统硬件由 GSM 模块、CDMA 模块、GPS 接收机和笔记本组成。基站目标位置最终在数字电子地图显示。分析了使用 AT 指令获取基站定位数据的方法, 给出了基站定位的原理及算法流程。

**关键词:** 数字电子地图; 基站定位; AT 指令; 算法

中图分类号: TN247

文献标识码: A

## Position system of mobile communication base station

GUO Ying Long, SAI Jing Bo, YUE Li Qin, YANG Shan Jing, CAO Su Cheng

(College of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** This paper presents a theory and structure of a base station position system. The system is composed of China Mobile GSM modem, China Union GSM modem, CDMA modem, GPS receiver and notebook computer. At last, the position of the base stations are depicted in the digital map such as MapX. A method has been analyzed for how to get position data from base station via AT command. The algorithm flow and the position algorithm have been brought out.

**Key words:** digital electric map; base station positioning; AT command; algorithm

移动通信基站是组成通信网络的最小单元。如何规划移动通信网络的拓扑结构, 达到对基站数量与效率的最优配置, 对实现效率与经济优化配置尤为关键。对某区域已建成的网络进行性能评估, 根据实际情况对已有的基站进行适当的调整, 可以实现通信网络的合理布局。本文介绍以 GSM<sup>[1-2]</sup>和 CDMA<sup>[3-5]</sup>模块为基础构建一个基站定位系统系统。

### 1 系统组成与简要工作流程

本系统由信号采集模块和信号处理模块组成。信号采集模块分为基站信号收集模块和 GPS 信号收集模块。基站信号采集模块由 GSM/CDMA 模块构成; GPS 信号收集模块为串口的 GPS 接收机。GSM/CDMA 模块和 GPS 接收机通过串口服务器与应用程序进行数据交换。系统硬件结构如图 1 所示。

系统工作流程: (1) 数据收集和行车轨迹描绘部分<sup>[6]</sup>: 信号采集模块通过串口与应用程序通信。启动应用程序, 首先配置串口属性, 初始化数字电子地图界面, 应用程序通过串口向 GSM 和 CDMA 模块发送 AT 指令, 完成网络注册, 返回基站信息。应用程序分析返回的基站信

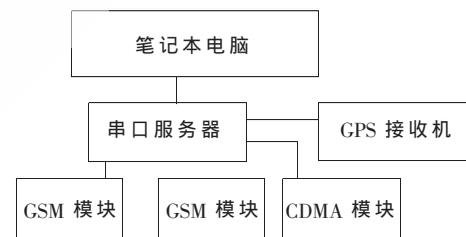


图 1 移动基站监测系统框图

息并将信息存入数据库, 同时将基站监测点的经纬度信息作为基站信息存入数据库。应用程序内设定时器, 每 5 s 轮流访问 1 次基站; 应用程序通过查询方式读取 GPS 信息, 如果 GPS 对应串口输入缓冲区接收字符大于 100, 则读取 1 次 GPS 信息, 并将经纬度信息以位图的方式在数字电子地图上显示。(2) 信号处理模块完成基站定位计算、基站定位显示、行车轨迹回放等功能。停止信号基站和 GPS 信号采集, 选择待定位对象(移动 GSM 基站、联通 GSM 基站、联通 CDMA 基站), 读取数据库中监测信息, 统计基站根据不同的定位原理计算基站实际经纬度, 最后将基站位置在数字电子地图上显示。

2 应用程序读取基站信息流程

2.1 AT 指令

AT 指令集是从终端设备或数据终端设备向终端适配器或数据电路终端设备发送的。发送 AT 指令可控制移动台,用户可以通过 AT 指令进行呼叫、短信、电话本、数据业务、传真等方面的控制。本系统使用的 AT+CCED(小区环境描述指令)如下:

(1)GSM 模块 AT+CCED 指令。指令功能为输出 GSM 基站对应小区环境信息。本设计采用 AT+CCED=0,15,输出 GSM 基站小区所有信息。主小区信源信息:

Main Cell:MCC,MNC,LAC,CI,BSIC,BCCH Freq(absolute),RxLev,RxLev Full,RxLev Sub,RxQual,RxQual Full,RxQual Sub,Idle TA

(2)CDMA 模块 AT+CCED 指令。功能为输出 CDMA 基站对应小区环境信息。本设计采用 AT+CCED=0,9,输出 CDMA 基站小区所有信息。主小区信源信息:

Main Cell:band class,Channel #,SID,NID,Base Station P Rev,Pilot PN offset,Base Station ID,Slot cycle index,Raw Ec/Io,Rx power,Txpower,TxAdj

2.2 流程

应用程序通过定时的方式轮流访问移动 GSM 基站、联通 GSM 基站、联通 CDMA 基站。应用程序通过串口向 GSM/CDMA 模块发送 AT+CCED=X,X,GSM/CDMA 模块返回主小区及邻小区信息,应用程序分析返回信息,抽取小区参数存入数据库。

基站数据读取流程如图 2 所示。



图 2 基站数据读取流程

3 基站定位原理

3.1 GSM 三点法定位原理

3.1.1 GSM 基站主小区主要参数描述

CID:某区域 GSM 基站所对应的小区 ID;TA:时间前置量(Time Advance),显示手机和基站间距离,该数值乘以 500 可换算为米,不过因受电波反射吸收等影响,TA 值仅供参考用,TA 值范围 0~63;RxL:信号接收强度,单位为 dBm,范围从-110~0;TxPwr:显示通话中手

机的功率发射强度(Power Level),显示范围为 0~19。移动监测基站与 GSM 基站的距离计算公式:

$$L = TA \times 500 + RxL \times M + TxPwr \times N \quad (1)$$

式中, M 为射频信号衰减系数; N 为发射功率衰减系数。

地球表面任意两点(A, B)间的距离近似为:

$$L1(A, B) = ((LonA - LonB) \times K)^2 + ((LonB - LatA) \times K)^2 \quad (2)$$

式中, K 为地球半径, (LonA, LatA), (LonB, LatB) 分别为 A, B 两点的经纬度。

3.1.2 基于移动基站的三点法定位的原理

应用三点定位法对 GSM 基站定位。如图 3 所示,取 GSM 基站任意小区内的 3 个点 A、B、C (3 个点要求不在一条直线上),可知:3 个点的位置信息(经纬度和 TA 值);3 个点到基站的距离 OA、OB、OC;3 个点之间的距离 AB、AC、BC,通过 XY 坐标系可以求解基站的坐标。O 为基站(BS)所在的位置;C1、C2、C3 为基站(BS)的 3 个小区;A、B、C 为小区内的任意不在一条直线上的 3 个点;A、B、C 三点处 TA、RxL、Txpower 以及经纬度(LonX, LatX)为可知量。由公式(1)、(2)得:

$$OA = TA(A) \times 500 + RxL(A) \times M + TxPwr(A) \times N;$$

$$OB = TA(B) \times 500 + RxL(B) \times M + TxPwr(B) \times N;$$

$$OC = TA(C) \times 500 + RxL(C) \times M + TxPwr(C) \times N;$$

$$AB = L1(A, B); AC = L1(A, C); BC = L1(C, B);$$

坐标变换如图 4 所示,经纬度坐标与平面 XY 坐标进行变换。将 A 点投影到平面直角坐标原点,有,  $x_2 = (LonB - LonA)k$ ;  $y_2 = (LatB - LatA)k$ ;  $x_3 = (LonC - LonA)k$ ;  $y_3 = (LatC - LatA)k$ ;  $x_0 = (Lon - LonA)k$ ;  $y_0 = (Lat - LatA)k$ ;

根据三角关系列出方程:

$$(x_0 \times x_0) + (y_0 \times y_0) = OA \times OA \quad (3)$$

$$(x_2 - x_0) \times (x_2 - x_0) + (y_2 - y_0) \times (y_2 - y_0) = OB \times OB \quad (4)$$

$$(x_3 - x_0) \times (x_3 - x_0) + (y_3 - y_0) \times (y_3 - y_0) = OB \times OB \quad (5)$$

由公式(3)、(4)、(5)解出:

$$y_0 = 0.5 \times 1 / (y_2 \times x_3 - y_3 \times x_2) \times (x_3 \times (x_2 \times x_2 + y_2 \times y_2 + 62500 \times (TA_1 - TA_2) \times (TA_1 + TA_2)) - x_2 \times (x_3 \times x_3 + y_3 \times y_3 + 62500 \times (TA_1 + TA_3) \times (TA_1 - TA_3)))$$

$$x_0 = 0.5 \times 1 / (x_2 \times y_3 - x_3 \times y_2) \times (y_3 \times (x_2 \times x_2 + y_2 \times y_2 + 62500 \times (TA_1 - TA_2) \times (TA_1 + TA_2)) - y_2 \times (x_3 \times x_3 + y_3 \times y_3 + 62500 \times (TA_1 + TA_3) \times (TA_1 - TA_3)))$$

因此,得到:

$$Lon = x_0 / (6356000 \times 10) + LonA \quad (8)$$

$$LAT = y_0 / (6387000 \times 10) + lat \quad (9)$$

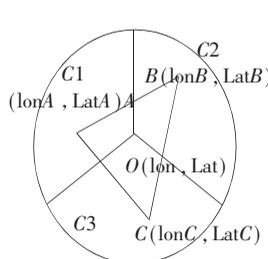


图 3 GSM 定位示意图

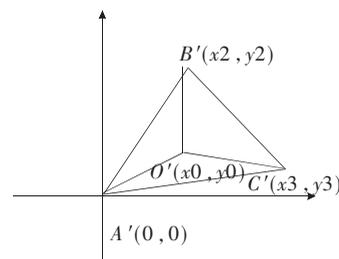


图 4 坐标转换

## 3.2 CDMA 基站四点定位原理

CDMA 定位区别于 GSM 定位。以 CDMA 基站为圆心,认为在该圆心的等圆面上接收信号的强度是相同的,从监测得到的数据中,取两组强度相同的同一基站的 4 个监测点,则基站必然在两组点的中垂线的交点上。对于二维平面上的 2 条直线,交点处的坐标可以通过解线性方程的方法来得到交点的坐标。

基站数据库中保存了基站的有用信息,如基站身份识别 SID、监测点信号强度、经纬度等数据。通过查询数据库找到同一基站下强度两两相等的两组经纬度信息,然后经过计算得到基站的位置。对这两组信息的处理有 2 种方式:

(1) 将得到的经纬度信息投影到平面坐标上,将经纬度坐标转换为平面坐标,然后计算出基站的实际位置的平面坐标,再将平面坐标转换为经纬度,最后将基站的经纬度描绘在电子地图上。

(2) 将经纬度坐标近似为平面坐标。因为在很小的范围内,可以视经纬度的变化是线性的,然后直接应用公式进行计算得到基站的经纬度。理论上应将高斯-克吕格投影坐标转换为高斯平面投影坐标,然后通过坐标转换,旋转、缩放,转换为电子地图平面直角坐标。最后,将平面直角坐标转换成计算机所需显示的像素点坐标。但是经过实际编程测试,由高斯正变换转化完成的坐标点,再由高斯反变换转化回去,与实际值误差相距太大。由于监测面积占全世界地图的比例很小,本系统把监测点所覆盖的面近似为 XY 直角坐标平面,将经纬度信息认为是该平面上的坐标,通过解线性方程解出基站的位置坐标,这里直接给出结果:

$$x = \frac{(l_0 l_1 - l_1 l_0 + b_0 b_1 - b_1 b_0)(b_2 - b_3) - (l_2 l_3 - l_3 l_2 + b_2 b_3 - b_3 b_2)(b_0 - b_1)}{2(l_0 - l_1)(b_2 - b_3) - 2(b_0 - b_1)(l_2 - l_3)} \quad (10)$$

$$y = \frac{(l_2 l_3 - l_3 l_2 + b_2 b_3 - b_3 b_2)(l_0 - l_1) - (l_0 l_1 - l_1 l_0 + b_0 b_1 - b_1 b_0)(l_2 - l_3)}{2(l_0 - l_1)(b_2 - b_3) - 2(b_0 - b_1)(l_2 - l_3)} \quad (11)$$

式(10)、式(11)中, $l_0, l_1, l_2, l_3$ 以及 $b_0, b_1, b_2, b_3$ 分别为同一基站两两强度相同的经纬度如图 5 所示。由 2G1C 模块收到的数据,经过数据处理,将与基站相关的数据存入到数据库 B 中,经过线性方程组解出基站的位置,并将

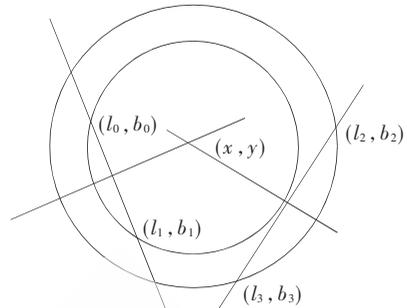


图 5 CDMA 基站定位原理示意图

基站位置显示在电子地图的永久图层上。因此要确定一个基站的位置,必须是同一个基站的两个强度相同的经纬度数据。

通过加载不同数字电子地图,本基站监测系统可对全国各地的基站进行定位,通过注册外网可以监测边境基站。采用多组数据定位计算求取均值可减小定位误差。

## 参考文献

- [1] 张鹤高. 基于 GPS/GSM 双模移动定位技术的研究和实现[D]. 贵州: 贵州大学, 2006.
- [2] 徐鹏, 邓平. 基于蜂窝网的车载定位导航系统设计[J]. ICE '06, 2006(9):487-491.
- [3] 于南. 基于 CDMA1X 网络的车载定位终端的设计[J]. 应用科技 2007, 34(17):26-30.
- [4] 杨大成. CDMA2000 技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.
- [5] 周国顺, 姚玉斌. 基于 CDMA 模块实时无线数据传输的设计[J]. 嵌入式系统应用, 2009(1):4-6.
- [6] 俞侃. GPS 车载定位中断的设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.

(收稿日期: 2009-08-05)

## 作者简介:

郭英龙, 男, 1983 年生, 硕士, 主要研究方向: 无线通信联系。

赛景波, 男, 1965 年生, 副教授, 主要研究方向: 无线通信、移动 IP 及嵌入式系统。

乐丽琴, 女, 1981 年生, 硕士, 教师, 主要研究方向: 计算机网络与电力电子。