

文章编号: 1005-8451 (2010) 07-0004-04

## 嵌入式数字轨道地图数据管理平台的研究与设计

陈德旺，魏天磊，侯贊

(北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044)

**摘要:** 在基于通信的列车控制(CBTC)领域中, 列车定位是一项重要技术。本文利用全球定位系统(GPS)、嵌入式系统、嵌入式数据库等技术, 根据实测GPS数据, 针对数字轨道地图获取、处理和管理轨道数据等内容展开研究。详细介绍用ARM7+uClinux+SQLite组合构建数字轨道地图数据管理的嵌入式平台软硬件设计方法和具体实现步骤, 为基于嵌入式数字轨道地图的列车定位研究提供一个基础平台。

**关键词:** 数字轨道地图; 嵌入式系统; 全球定位系统; 数据管理平台

**中图分类号:** U284+U285   **文献标识码:** A

### Research and design for data management platform of embedded digital track map

CHEN De-wang, WEI Tian-lei, HOU Zan

(State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** In the research area of Communication Based on Train Control (CBTC), train positioning was an important technology. In this paper, using GPS, Embedded System and embedded database, based on the measured data of GPS, aimed at the obtaining and processing of digital track map, as well as the management of track data, the research was carried out. The detailed procedures of establishing the platform by ARM7, uClinux and SQLite were introduced by using the real GPS track data, which provided a solid foundation for the train positioning research based on DTM.

**Key words:** digital track map; Embedded System; GPS; data management platform

目前, 很多国家在研究数字轨道地图技术, 欧

收稿日期: 2009-11-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(60776833); 科技部“863”计划项目(2007AA11Z214); 轨道交通控制与安全国家重点实验室自主重点课题(RCS2008ZZ001)

作者简介: 陈德旺, 副教授; 魏天磊, 助理工程师。

洲一些国家以及美国已经在应用GPS技术生成数字轨道地图数据库方面进行了一系列研究, 并根据各个地区的不同情况提出了不同的数字轨道地图的设计方法<sup>[1-2]</sup>。

我国青藏铁路采用的ITCS列车控制系统包括车载地图数据库, 该数据库含有线路描述数据、

道状态的变化, 调整发送端编码参数, 进而提高传输差错控制能力等都是无线视频通信中亟待解决的问题。

#### 参考文献:

- [1] Xiao-yu Hu, Evangelos Eleftheriou, Dieter M. Arnold. Regular and Irregular Progressive Edge-Growth Tanner Graphs[J]. IEEE transactions on information theory, 2005, 51 (1).
- [2] 袁东风, 张海刚. LDPC码理论与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [3] Jun Li, Amitava Bose, Yiqiang Q. Zhao. Rayleigh Flat Fading Channels' Capacity[C]. Proceedings of the 3rd Annual Communication Networks and Services Research Conference, 2005.
- [4] David Buckingham and Matthew C. Valenti. The Information-Outage Probability of Finite-Length Codes over AWGN Chan-

nels. CISS 2008[C]. 42nd Annual Conference on Information Sciences and Systems, 2008.

[5] Lei Yao, Lei Cao. Turbo Codes based Image Transmission for Channels with both Random Errors and Packet Loss[C]. ICC'07. IEEE International Conference on Communications, 2007.

[6] Ali Basri, A.; Teng Joon Lim. Binary Demodulation in Rayleigh Fading with Noisy Channel Estimates-Detector Structures and Performance[C]. Vehicular Technology Conference, VTC Spring 2008, IEEE.

[7] 马宇峰, 魏维, 杨科利. 视频通信中的错误隐藏技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

[8] Vasic B., Chertkov M., Chilappagari S.K., Stepanov M. Analysis of error floors of LDPC codes under LP decoding over the BSC[C]. ISIT'09. IEEE International Symposium on Information Theory, 2009.

列车运行数据和通信数据等内容，利用数据库中保存的这些数据，产生虚拟信号机，减少地面设备，实现车站无人值守<sup>[4]</sup>。

在轨道信息管理平台方面，数字地图可以通过多种平台实现。嵌入式系统具有实时性和准确性的特点，是列车控制系统中设备的重要实现平台。将数字地图的大量轨道位置信息存储在嵌入式系统中，利用嵌入式数据库进行管理，相比于其他实现方式，有体积小、重量轻、成本低和稳定性好等优点，可以实时有效地提供列车定位信息。因此以嵌入式系统作为数字轨道地图的实现平台，将嵌入式技术和应用于轨道交通的数字地图技术进行结合是基于通信的列车控制系统（CBTC）发展的趋势，嵌入式技术可以为CBTC提供良好的技术支持。

## 1 数字轨道地图的设计与生成

### 1.1 数字轨道地图设计

数字轨道地图的内容包括3个部分：轨道线路数据、铁路专用数据和地形环境数据。而数字轨道地图的生成则分为5个步骤：线路测绘、数据处理、数据库创建、编译、数据验证<sup>[4]</sup>。如图1。

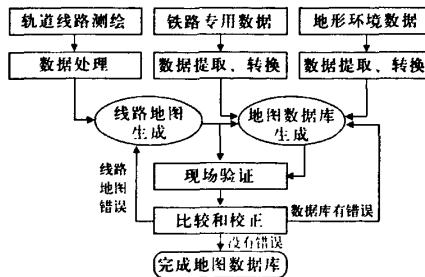


图1 数字轨道地图生成流程

### 1.2 轨道位置信息数据的测量及处理

本文利用NovAtel卫星定位接收机测量弯道数据。接收机通过设置可以得到NMEA0183的定位数据，在众多格式的信息中，通过对GPGGA格式的信息进行截取，就可以获得经纬度等信息。以在北京交通大学主体育场内通过NovAtel卫星定位接收机接收到一些数据为例，在这些数据中，要提取的就是数据中间的纬度和经度信息，并且要通过数据处理把这些经纬度信息转换为平面坐标，

以便生成数字轨道地图。

经纬度信息提取出来之后，存在经纬度数据格式问题，有度、度分、度秒3种，本实验获取的GPGGA数据中经纬度属于[度.分.分]格式。如“39度57.0811分”。将本实验中数据转换为[度.度]格式。转换完毕后，得到经纬度纯度数数据。表1为前15个数据点经纬度（纯度数）。

表1 前15个数据点经纬度（纯度数）

纬度	经度
39.951 351 67	116.331 033 3
39.951 36	116.331 031 7
39.951 37	116.331 03
39.951 395	116.331 028 3
39.951 403 33	116.331 028 3
39.951 41	116.331 021 7
39.951 421 67	116.331 023 3
39.951 433 33	116.331 023 3
39.951 441 67	116.331 023 3
39.951 45	116.331 021 7
39.951 458 33	116.331 023 3
39.951 476 67	116.331 025
39.951 485	116.331 026 7
39.951 495	116.331 028 3
39.951 505	116.331 031 7

数字轨道地图的生成依赖于轨道位置信息数据，通过卫星定位测绘技术获取。而GPS定位数据是基于WGS-84大地坐标系的数据<sup>[5]</sup>。要把地球表面上的物体和现象绘制到平面图纸上，就必须解决球面与平面之间的矛盾。本文数据处理采用高斯—克吕格投影。原理是将依椭圆柱横切于地球托球体上，以椭圆柱面与椭球表面的切线为中心经线，然后根据一定的约束条件，将中央经线两侧规定范围内的点投影到椭圆柱面上，从而得到点的高斯投影，如图2。

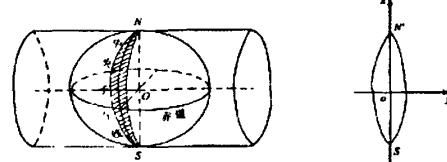


图2 高斯投影示意图

设投影带的主子午线经度为 $L_0$ ，地表P点的经纬度为 $(L, B)$ ，其高斯平面坐标为 $(x, y)$ ，则有高斯投影正算公式如下：

$$\begin{aligned}
 x = X + Nt &\left[ \frac{1}{2} \cos^2 BL^2 + \frac{1}{24} (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \cos^4 BL^4 \right. \\
 &\left. + \frac{1}{720} (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330\eta^2 t^2) \cos^6 BL^6 + \Lambda \right]
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$y = N[\cos BL + \frac{1}{6}(1-t^2+\eta^2)\cos^3 BL^3 + \frac{1}{120}(5-18t^2+t^4+14\eta^2t^2)\cos^5 BL^5 + \Lambda] \quad (2)$$

$$X = c_0 B - \cos B(c_1 \sin B + c_2 \sin^3 B + c_3 \sin^5 B + c_4 \sin^7 B) \quad (3)$$

公式(1)、(2)中,  $N$  为卯酉圈曲率半径,  
 $N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}$ 。经度差为  $\lambda = L - L_0$ ,  $t = \tan B$ ,  $L_0$  是中央子午线的经度,  $\eta = e' \cos B$ , 第1偏心率  $e = \sqrt{1-(b/a)^2}$ , 第2偏心率  $e' = \sqrt{(a/b^2)-1}$ ,  $a$  和  $b$  分别为地球椭球体的长短半轴。

公式(3)中,  $X$  为子午线弧长, 公式中的参数值如下:

$$c_0 = 636\,744\,9.145\,823\,4, c_1 = 320\,09.818\,530\,6, c_2 = 133.959\,889\,7, c_3 = 0.697\,548\,3, c_4 = 0.003\,934\,1.$$

利用高斯投影计算公式, 在 MATLAB 中编程进行数据转换, 结果如表 2。

表 2 数据转换结果

X	Y
4 424 341.707 685 50	20 442 833.606 875 50
4 424 342.634 045 39	20 442 833.471 387 30
4 424 343.745 463 68	20 442 833.337 286 70
4 424 346.522 407 63	20 442 833.215 673 90
4 424 347.447 699 65	20 442 833.222 611 50
4 424 348.192 204 80	20 442 832.658 459 00
4 424 349.486 545 75	20 442 832.810 597 50
4 424 350.781 954 60	20 442 832.820 310 20
4 424 351.707 246 63	20 442 832.827 247 90
4 424 352.633 606 55	20 442 832.691 760 10
4 424 353.557 830 69	20 442 832.841 123 30
4 424 355.592 405 29	20 442 832.998 811 80
4 424 356.516 629 44	20 442 833.148 175 00
4 424 357.625 912 01	20 442 833.298 925 60
4 424 358.734 126 71	20 442 833.592 101 70

经过 MATLAB 下编程的转换, 获得了全部轨道位置信息数据的平面坐标。并用 MATLAB 做图, 将轨道位置信息数据依次相连, 即可获得轨道线路的数字轨道地图。

## 2 嵌入式数字轨道地图数据管理平台的设计

生成数字轨道地图后, 地图的轨道位置信息数据需要合适的平台进行管理。数据管理软硬件平台整体架构如图 3。

### 2.1 硬件架构

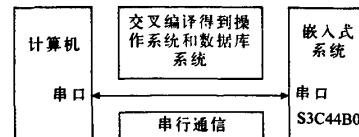


图 3 软硬件平台架构

计算机作为开发平台和主机, 通过串口与嵌入式开发平台 S3C44B0 的串口相连, 将交叉编译得到的操作系统和数据库系统传送给嵌入式系统。嵌入式系统作为终端接收主机 PC 端传送过来的数据并进行控制, 通过串口给予主机计算机反馈, 在主机 PC 端通过超级终端可以进行监测和控制。

### 2.2 软件平台

PC 端建立 Linux 的交叉编译环境 cygwin, 在 Linux 环境下将嵌入式实时操作系统 uClinux 和嵌入式数据库 SQLite 进行编译, 生成嵌入式系统可以识别的二进制文件 (镜像文件), 利用嵌入式系统的 armboot 将其载入嵌入式开发板运行。

## 3 嵌入式操作系统 μClinux 的移植

μClinux 是一款免费开源的操作系统, 适用于多种嵌入式系统平台。

### 3.1 下载 μClinux 源码

到 <http://www.muclinux.org/> 网站下载 μClinux 源码。本文用的是 μClinux20031103.tgz 版本, 将获得的源码压缩包 μClinux20031103.tgz 解压, 并在目录下生成 μClinux-dist 的文件夹, 这个文件夹就是要进行编译的 μClinux 操作系统文件夹。

### 3.2 编译操作系统内核

生成操作系统文件后, 进行操作系统内核的编译。内核是操作系统的内部核心程序, 它向外部提供对计算机设备的核心管理调用。而编译内核的目的主要是改变内核的默认选项, 编译内核有 3 个指令可以使用, 可以用其中的任意一个进行编译。3 个指令如下:

(1) #make config (基于文本的最为传统的配置界面, 不推荐使用)。

(2) #make menuconfig (基于文本选单的配置界面, 字符终端下推荐使用)。

(3) #make xconfig (基于图形窗口模式的配置界面, Xwindow 下推荐使用)。

本文采用 make menuconfig 命令进行编译。当

内核的编译工作完成之后，会在`/μClinux-dist/images`目录下看到3个文件：`linux-bootram.bin`, `linux-bootrom.bin`和`romfs.img`。`linux-bootram.bin`和`linux-bootrom.bin`是要得到的可以烧写在嵌入式系统中运行的文件，`linux-bootram.bin`可以烧写到嵌入式系统的SDRAM里运行，`linux-bootrom.bin`可以烧写在flash里运行。经过以上步骤，就获得了编译好的镜像文件并且将其烧写到嵌入式系统里运行。

当命令行出现之后，操作系统已经启动。在命令行中，可以用熟悉的`ls`等命令查看嵌入式系统中`μClinux`的情况并进行操作。这样，操作系统`μClinux`就在S3C44B0的嵌入式平台上移植完毕。

#### 4 嵌入式数据库SQLite的移植

本文使用的是SQLite-2.8.15.tar.gz版本，到Linux下的`vi`编辑器来对`μClinux`和SQLite进行编辑，编辑以下3个文件对内核设置进行修改：`μClinux-dist/user/Makefile`, `μClinux-dist/config/Configure.help`, `μClinux-dist/config/config.in`。

在对SQLite的修改中，修改或添加以下4个文件，可以完成SQLite在`μClinux`下的编译：

`SQLite/main.mk` (修改);  
`SQLite/Makefile` (添加);  
`SQLite/src/os.c` (修改);  
`SQLite/src/shell.c` (修改)。

修改的具体步骤本文不再赘述，通过对SQLite数据库匹配于嵌入式系统S3C44B0和操作系统`μClinux`的修改，即可进行编译。编译过程中，在`make menuconfig`的`user application`部分可以看到`μClinux`内核中刚添加的`Database`→菜单，如图4，进入并选择SQLite，保存退出后按原先的步骤重新编译内核。

对SQLite的修改完成后，`μClinux`中已经加入了嵌入式数据库SQLite，再次编译，在`μClinux-dist/images`下面就有编译生成的`romfs`文件系统了，这个就是需要的包含有SQLite的`romfs`，可以烧写在嵌入式系统上运行。在板子上也可以对数据库进行“`select * from`”操作。经过如上过程，即完成了SQLite的移植<sup>[7]</sup>。通过以上编译和移植的过程，实现了ARM7+`μClinux`+SQLite的

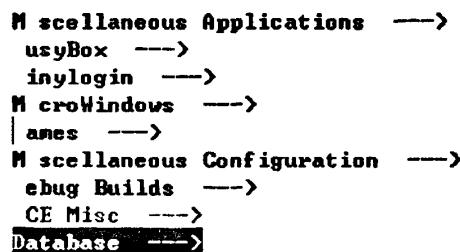


图4 uClinux中新加入的数据库SQLite选项

嵌入式数字轨道地图数据管理平台。

#### 5 结束语

本论文分析数字轨道地图的作用和组成部分，给出GPS数据的测量和处理方法，并实现了数字轨道地图的嵌入式数据管理平台的软硬件设计。通过嵌入式操作系统`μClinux`和嵌入式数据库SQLite在基于ARM7的嵌入式开发板S3C44B0上的移植，完成软硬件平台搭建，利用ARM7+`μClinux`+SQLite的组合建立数字轨道地图的嵌入式数据管理平台，为数字轨道地图的实现提供了重要的基础。嵌入式数字轨道地图数据管理平台体积小、成本低、运行速度快，具有重要应用价值。在此平台上，可为深入开展精确而且可靠的列车卫星定位算法等研究提供有力的技术支持。

#### 参考文献:

- [1] DJ Horgan. Verification and validation: the West Coast Mainline railway upgrade programme[J]. Journal of Rail and Rapid Transit, 2005 (1): 11-20.
- [2] 胡浪. LOCOPROL: 低运量线路的低成本高效信号系统方案[J]. 世界轨道交通, 2006 (7): 48-49.
- [3] 李凯. 青藏铁路ITCS信号控制系统方案[J]. 中国铁路, 2005 (7): 31-36.
- [4] 刘大杰, 施一民. 全球定位系统的原理与数据处理[M]. 上海: 同济大学出版社, 1998, 8.
- [5] 杨国林. GPS技术在导航电子地图中的应用研究[J]. 高校理科研究, 2006 (3): 69-70.
- [6] 周媛. 基于S3C2510A和uClinux的嵌入式系统研究与开发[D]. 北京: 北京交通大学, 2007, 6.
- [7] 胡菲菲. SQLite在嵌入式电子地图中的应用[J]. 工程地质计算机应用, 2008 (2): 31-36.