

基于 Linux 的嵌入式 GPS/GIS 数据采集系统设计*

章坚武,袁荀荀

(杭州电子科技大学 通信工程学院,浙江 杭州 310018)

摘要:数据采集是 GIS 应用开发的基础问题之一。为了方便、高效地采集各类数据信息,以 Linux 为操作系统,QT 为 GUI 设计软件,在嵌入式 GIS 平台 MapGIS-EMS3.0 开发包的支持下,设计了一套嵌入式 GIS 数据采集系统。先是依据需求分析,合理划分功能模块。然后编程实现了各类空间数据的存取、GPS 数据的解析等具体功能操作以及地图浏览、数据编辑等人机交互界面。最后,成功将其移植到 ARM 目标板上。测试结果表明,该系统可以满足点、线、面等基本数据信息的采集以及定位服务的需求。

关键词:嵌入式 GIS;空间数据采集;GPS

中图分类号:TP274

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2010)12-0084-05

Design of embedded GPS/GIS data acquisition system based on Linux

ZHANG Jian-wu, YUAN Xun-xun

(College of Telecommunication Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Data acquisition is a basic problem of GIS application developing. To efficiently collect the various data information, an overall embedded GIS data acquisition system was designed. It is based on Linux operating system, using QT which is a GUI designing software, and supported by MapGIS-EMS3.0 which is an embedded GIS platform. Firstly, function modules were rationally divided by analyzing the needs. Then, the specific function programs were implemented, such as various spatial data accessing, GPS data parsing, and so on. Graphical interfaces for man-machine conversation such as map browsing and data editing were also achieved. Finally, the program was successfully transplanted into the target board-ARM processor. The testing result proves that the system can satisfy the location service demand and the basic information collection such as point, line and region.

Key words: embedded geographic information system(GIS); spatial data acquisition; global position system(GPS)

0 引 言

近年来随着“数字中国”、“数字城市”等概念的不断深入和相关应用的不断展开,GIS 与人们的生活紧密结合起来。GIS(地理信息系统)是对空间相关数据进行采集、存储、管理、描述和分析的计算机信息系统。嵌入式 GIS 是当前 GIS 发展的一个热点,它可广泛应用于军事、测绘、医疗、汽车导航^[1]、城市管理^[2]等领域。嵌入式 GIS 开发需要面对的一个基础问题是如何方便、高效地采集到满足精度要求的 GIS 数

据信息。国内外一些 GPS 和 GIS 相关的软、硬件厂商以及科研机构推出了各自的产品以及解决方案,其中比较有代表性是北京超图的 FieldMapper, Magellan 公司的 MobileMapper CE。这些软件在一些专业的数据采集领域表现出良好的特性,但是这些产品大都采用专用系统或 Windows CE 等需经授权才可使用的商业系统,使得整个数据采集系统的成本变高、开放性变差且不利于应用扩展。随着嵌入式 Linux 的出现,为开发开放式的嵌入式采集系统创造了条件。

本研究在 Linux 平台、嵌入式 GUI 平台 QT 的支持

收稿日期:2010-04-22

基金项目:浙江省研究生创新基金资助项目(ZX090702009)

作者简介:章坚武(1961-),男,浙江杭州人,教授,博士后,主要从事移动通信与个人通信,多媒体通信与技术,通信网络与终端技术方面的研究. E-mail: jwzhang@hdu.edu.cn

下设计并实现 GIS 数据采集系统,为用户提供一个方便快捷的 GIS 数据采集手段。

1 平台选取和整体架构

嵌入式应用软件是基于相应的硬件平台、针对特定应用、为完成用户预期的任务而设计的计算机软件。进行嵌入式软件开发,必须综合考虑各个方面的因素,使软件设计与硬件资源及性能达到近乎完美的匹配。由于嵌入式系统面向的具体应用不尽相同,使得具体的开发方法、流程各有不同,不过它们首要的任务是硬件平台和软件平台的选取。

系统的硬件平台是基于三星 S3C2440 微处理器的。S3C2440 是采用 ARM 920T 核心的微处理器,工作频率可达 533 MHz,具备 MMU,支持标准 Linux、Windows CE 等高级操作系统^[3]。GPS 模块则采用 u-blox 公司近日推出的 LEA-5S 模块^[4],该模块在速度、灵敏度和集成简易性等方面均有着良好的表现。由于其体积小、便于集成的特性,非常适合对尺寸和成本要求极高的汽车产品、消费类产品和工业化产品。

嵌入式数据采集系统的软件平台包括嵌入式操作系统和嵌入式应用软件。Linux 操作系统在嵌入式领域以其自身的开放性、廉价性、健壮性、实时性和安全性,已经成为越来越多的嵌入式应用开发的首要平台^[5]。本研究也正是基于这些方面的考虑而采用了 Linux 系统作为嵌入式数据采集系统的操作系统。

嵌入式 GUI(Graphics User Interface),即嵌入式图形用户接口,是嵌入式系统与使用者之间的交互接口。它为使用者提供了鼠标、菜单、工具栏等交互工具,以便使用者与系统进行信息交互。目前,主流的面向嵌入式 Linux 领域的嵌入式 GUI 平台有:北京飞漫公司的 MiniGUI、美国 Century Software 公司的 MicroWindows 以及芬兰 Nokia 公司的 Qt/Embedded^[6]。其中 QT/Embedded 在可支持软硬件平台种类、应用程序接口(Application Programming Interface, API)完备性、系统可移植性等方面都具有相对优势,非常满足嵌入式系统设备对 GUI 系统的轻型、高性能、高可靠性、可配置性、占用资源少等方面的特殊要求,因此本研究选用了 QT/Embedded 作为该系统终端的 GUI 支持平台。

嵌入式 GIS 是 GIS 与新兴嵌入式系统相结合的一个产物,是原有的 GIS 领域的分支、延伸、补充和发展。嵌入式 GIS 平台的主要工作是对空间数据和属性数据进行采集、管理维护和分析^[7]。目前,主流的嵌入式 GIS 应用开发平台主要包括 ESRI 公司的移动制图和 GIS 软件 ArcPad;北京慧图信息科技有限公司的掌上地理信息系统——PocketMap 6;北京超图软件股份有

限公司的嵌入式 GIS 开发平台——eSuperMap;中地数码集团推出的嵌入式 GIS 开发平台——EMS3.0 系统^[8]。以上嵌入式 GIS 平台除中地公司的 EMS3.0 系统外,都仅提供了对 Windows CE 操作系统的支持,而采用 Windows CE 一方面价格较高,较难满足系统低成本的要求;另一方面,出于自主性及安全性的考虑,在一些专门的场合也不适用,例如军事应用。基于以上原因,笔者在操作系统上使用了 Linux 系统,而嵌入式 GIS 平台则选择了同时支持多种操作系统的 EMS3.0 系统。EMS3.0 系统是中地公司针对移动智能终端和大众化空间信息服务领域自主研发的新一代高度可移植的嵌入式 GIS 应用开发平台。该平台基于嵌入式 GIS 应用规格、嵌入式系统平台规范和行业、专业嵌入式体系架构规范开发,用户可在此平台上开展绝大部分的嵌入式 GIS 应用以最大程度地使用该平台开展相关业务。

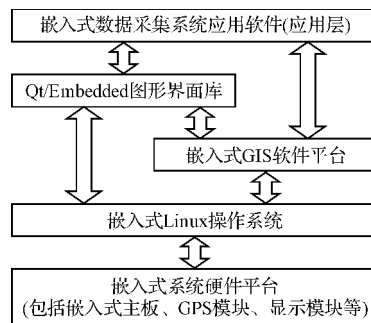


图 1 整体架构图

综上所述,基于 Linux 的嵌入式 GPS/GIS 数据采集系统的整体架构设计如图 1 所示。系统由 5 个部分组成:嵌入式硬件平台(嵌入式主板、GPS 模块、显示模块等)、嵌入式操作系统(Linux)、嵌入式 GIS 软件平台(EMS3.0)、嵌入式 GUI 软件(Qt/Embedded 软件包)及嵌入式数据采集软件(应用程序)。嵌入式硬件平台和平台的上层应用程序通过串口与 GPS 模块进行通信,以获取 GPS 信息;嵌入式操作系统的作用是屏蔽底层硬件的差别,给上层应用提供统一的接口,并管理进程调度和资源(如 CPU 时间、内存)分配等;嵌入式 GIS 软件为系统提供各种 GIS 应用支持,如图层管理等;嵌入式 GUI 软件则为系统的图形化用户界面提供支持,方便用户与系统进行交互;应用软件则是根据应用需求而设计的具体上层软件。

2 系统功能模块设计

数据采集的一般过程^[9]:首先打开调查地的背景地图。由于对调查地不太熟悉,需要通过 GPS 定位和

查看地图的方式来顺利到达调查地。采集数据前要平移地图,使当前位置基本显示在地图窗口中央,同时还要选择需要显示的图层和合适的显示比例,方便自己的工作。接下来可以开始采集数据了:选中或新建一个图层,在图层上定义好采集数据的类型,再启动 GPS 由 GPS 自动生成点、线、面空间数据或者手工输入空间数据,并将空间数据显示到地图上。空间数据输入完毕后,还可以对空间数据进行修改、删除等编辑操作,最后再输入和空间数据对应的属性数据,完成数据采集。采集结束后,新采集的数据不仅可以添加到背景地图形成新的背景,用于下次数据采集,还可以通过 U 盘或者网络等方式,传输到 PC 上,再供其他应用使用。

通过上述分析,嵌入式数据采集系统可划分为地图浏览模块、数据管理模块、数据采集模块、属性编辑模块、附属设置模块、GPS 扩展模块等 6 个功能模块如图 2 所示。

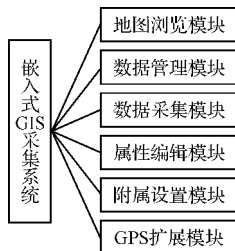


图 2 功能模块图

它们对应的具体功能描述如下:

(1) 地图浏览模块

只有在浏览、移动、缩放地图的基础上,用户才能进行准确的数据采集。因而地图浏览模块是嵌入式数据采集系统的基本模块。它包括缩放、漫游地图、选择、测量等功能。

缩放地图:包括放大、缩小及连续缩放地图,将用户关心的地图部分清晰、完整地显示在图形窗口中。

漫游地图:以鼠标点击点为中心快速显示当前地图。

选择:可以选中地图上的各个元素,并进入属性查看和编辑的模块。

测量:这是辅助功能,包括测量路径距离和测量多边形面积。

(2) 数据管理模块

数据管理是本系统的基本模块,也是使用其他模块的基础。根据空间数据的组织,系统分为基础地图(底图),用户地图,每个地图含有不同的图层,图层分为点,线,面 3 种,图层中含有元素,元素有字段信息。该模块正是管理这些空间数据结构的,又分为文件的管理和图层的控制。文件管理包含的是一些基本操

作,如“打开,关闭基础地图文件(底图)”,“打开(新建),关闭用户地图文件”及“退出系统”,这是数据采集的前提。

图层控制是嵌入式数据采集系统的核心,包含控制图层相关的一系列操作。例如:

图层属性设置:包括图层的可见与可编辑的设置、图层信息与图层所包含字段的设置以及实体显示样式的设置。

图层管理:包括添加、删除和移动图层。

图层元素浏览:显示选中图层所包含的所有元素。

查询元素:选择查询元素所在的图层,通过设置查询条件,在界面上罗列出所有匹配的元素,便于用户选择和判断。

(3) 数据采集模块

需要采集的数据包括空间数据和属性数据,空间数据包括点、线、面 3 种对象。本系统将采集数据分为手动采集和自动采集。

手动采集:用户在数据采集系统中手动添加各种点、线、面对象并输入与之相应的属性信息。

自动采集:通过设置采样值和启动 GPS 采集数据的功能,系统每隔一定的时间或距离自动采集一个空间对象。当一个空间对象采集完成后,系统会弹出界面通知用户输入相应的属性信息,然后再开始下一对象的采集。

(4) 数据编辑模块

数据编辑模块是数据采集模块的辅助模块,为用户提供查看或修改某一元素的属性信息的功能。它包含的基本功能有:居中显示选中元素、查看选中元素的属性、移动/复制/删除选中元素等。

(5) 附属设置模块

这是嵌入式数据采集系统的附属模块,主要功能是各类系统参数和状态的设置。提供了显示当前比例尺和显示鼠标所在点的地理坐标,当前点的 GPS 经、纬度和地理坐标,比例尺设置的功能以及通信的串口、采样参数、GPS 的打开与关闭等属性的设置。

(6) GPS 扩展模块

除了应用 GPS 采集数据以外,系统还开发了卫星状态显示,定位,轨迹记录与显示及直线导航的功能。

卫星状态:检测显示可视卫星当前地个数、相对位置、信噪比等。

定位:系统把从 GPS 模块接收到的当前地信息与当前地图相匹配,并高亮地将当前地显示在地图上。

轨迹记录与显示:通过开启和关闭 GPS 轨迹记录功能,系统记录下用户的行进路线,并在用户点击显示

轨迹时,在地图上显示用户的行进轨迹。

直线导航:将当前点与目的点之间的相对位置、距离以图形数字的形式显示出来。

3 系统实现

3.1 编码设计

本研究设计的数据采集系统是基于 MapGIS-EMS3.0 平台开发的,MapGIS-EMS3.0 为嵌入式 GIS 程序的开发提供了相关类库,用户可直接使用。结合功能模块结构图,可归纳出系统开发要用到的几个接口^[10],它们之间的关系如图 3 所示。

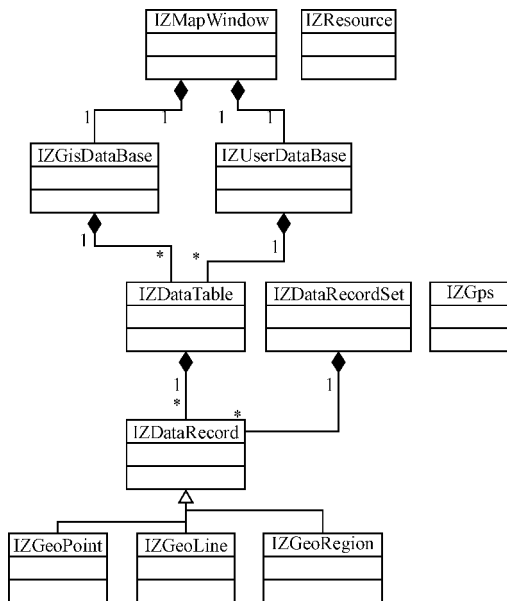


图 3 类接口关系图

空间数据分为两种:一种是基本不变背景数据,一种是新采集的数据。因而在 MapGIS-EMS3.0 平台中,地图文件分为两类:一类是 EPJ 格式的基础地图文件(或者称为底图),它是用户采集数据的参考地图,用户只有在打开底图的基础上才可以进行新数据的采集;一类是 LAY 格式的本地地图文件,用户采集的新数据被放入此种地图文件中。IZMapWindow 类是 MapGIS-EMS3.0 类库中的一个核心类,平台与用户的交互都是通过它来实现的。它包含创建地图视图、绘制/更新地图窗口、鼠标操作,与用户交互。两种格式地图文件的显示都是由 IZMapWindow 类来实现的。一个 IZMapWindow 类对象可以管理一个 GIS 地图,一个用户地图。它可以完成 GIS 地图(底图)和用户地图的打开、关闭、浏览等基本操作,还可以新建和保存用户地图。因而用该类对象作为窗口的中心部件就能实现地图浏览模块。

两种格式的地图都包含很多图层,每个图层又包含很多不同的元素。元素又分为点、线、面 3 种实体。如图 3 所示,IZGisDataBase 类的对象对应的是 GIS 地图,IZUserDataBase 类对象对应的则为用户地图。每个图层对应一个 IZDataTable 类对象,每个 IZDataTable 类对象又包含很多 IZDataRecord 类对象,IZDataRecord 类又分为 IZGeoPoint, IZGeoLine, IZGeoRegion 3 种类对象,分别对应点、线、面实体。IZDataRecord 类对象则对应一个元素。IZDataRecordSet 顾名思义是多个元素的集合。

数据的管理是自顶向下的,即 IZMapWindow 类对象负责 EPJ 格式地图文件的打开、关闭及属性查看等,及 LAY 格式地图文件的打开、创建、保存、修改、删除、获取及属性的查看设置等。IZUserDataBase 类则负责图层的添加、删除、移动以及图层其他属性(包括是否可见、可编辑、标注文字的大小等)的设置,IZDataTable 类对象负责图层显示样式的设置与图层中元素的查询、属性查看及居中显示等功能。而对图层中单个元素的操作,则由 IZDataRecord 类提供接口。IZDataRecord 类,图层元素操作类。在数据采集系统中,对采集的每个元素有着自己的空间信息和属性信息,元素的空间信息体现了元素的空间位置和空间形状,属性信息体现了元素的自身的与众不同的特性。

另外,IZResource 类负责管理平台线型库和符号库。平台中点、线、面对象图标、线型等的变换都是通过调用该类来实现的。

IZGps 负责从 GPS 接收器接收数据,并对其进行解析、处理等。目前支持的协议为流行的 GPS 的 NMEA0183 协议。IZGps 类有两个重要的结构体成员:ZGPS_GSV_VDATA_T 和 IZGPS_SIGDATA_T,它们分别完成不同的任务。

ZGPS_GSV_VDATA_T 结构体保存了卫星信息状态,包括卫星编号、卫星高度角、卫星方位角和信噪比。IZGPS_SIGDATA_T 结构体保存了 GPS 的具体数据,包括经度、纬度、海拔高度、方向、时间等,描述某一个时刻的全部卫星信息状态。

3.2 界面设计

用户界面设计包含主界面、主菜单、工具栏以及各个子界面的设计。

3.2.1 设计原则

考虑到便携性,数据采集系统界面需要小巧清晰的外观且最大程度地提高用户的可操作性,设计应遵循如下原则:^[11]①系统主界面的设计应尽量保持简洁,充分利用显示屏空间;②主菜单应结构清晰、合理,符合习惯;③工具栏应只保留必要的、最常用的功能,

并与菜单栏一起完成系统所有功能;④子界面的设计应合理利用空间,保持界面的简洁。

3.2.2 具体实现

(1) 主界面

数据采集系统主界面包括 3 个部分:主菜单、工具栏与地图显示窗口,地图浏览主界面如图 4 所示。



图 4 地图浏览主界面

基于尽量使用快捷方式的原则以及用户的使用习惯,主菜单分为 5 个部分,每个菜单包含的项目如下所示:

①菜单 (Menu): 打开底图 (OpenGisDB); 关闭底图 (CloseGisDB); 退出系统 (Exit) 及子菜单;

(i) 用户地图文件 (Map): 新建 (New)、打开 (Open)、保存 (Save) 和关闭 (Close);

(ii) GPS: 打开/关闭 GPS (Toggle on/off)、卫星状态 (Satellite Sate)、GPS 参数设置 (GPS Preferences)、GPS 采样设置 (GPS Sampling Preference)、开始/停止轨迹记录 (Toggle Tracking) 和显示/关闭轨迹 (Toggle Tracks)、直线导航 (Direction Navigation);

(iii) 设置 (Disp): 显示/隐藏比例尺显示和显示/隐藏坐标; 比例尺设置; 显示 GPS 经纬度/地理坐标。

②图层控制 (Layer);

③添加 (Append): 添加点 (Point)、添加线 (Line) 和添加面 (Region);

④位置 (Location): 当前地 (Current) 和目的地 (Destination);

⑤测量 (Measure): 测量距离 (Distance) 和测量面积 (Area)。

(2) 工具栏

按照使用习惯和使用频率,只保留了地图浏览工具,包括:放大 (ZoomIn)、缩小 (ZoomOut) 和选择 (Select)。

(3) 子界面

数据采集系统包含图层控制、数据采集、数据编辑、GPS 轨迹记录等子界面。数据采集界面是系统提

供给用户采集点、线、面对象的界面。基于方便用户操作的设计原则,系统在数据采集界面的工具栏上只显示必要的、与采集对象相关的功能。所以针对点、线、面这 3 种不同的采集对象,数据采集界面将弹出 3 种不同的工具栏,采集点子界面如图 5 所示。数据编辑界面是系统提供给用户查看和修改点、线、面对象的界面。与数据采集界面类似,数据编辑界面的工具栏上也只显示必要的、与采集对象相关的功能。图层控制界面是管理系统图层、查看图层属性及查询元素的界面。基于合理利用界面空间的设计原则,图层控制的实现界面如图 6 所示。

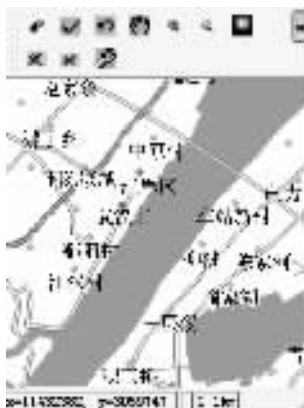


图 5 添加点子界面



图 6 图层控制子界面

由于篇幅有限,其他实现界面及具体代码不再具体介绍。最后,该系统经交叉编译后已成功移植到目标板上,通过系统测试,最终证明了该系统的实用性。

4 结束语

本研究所开发的嵌入式数据采集系统包含了较为完整的 GPS 定位、导航、数据采集的功能,通过合理的模块划分,具有易操作性及简单清晰的人机交互界面,如配合专业的地图,可适用于以下领域:①嵌入式 GIS 行业应用领域,如野外勘探、道路巡检、野外测图等;②嵌入式 GIS 专业导航领域,如物流配送、车辆导航、资助导游等;③嵌入式 GIS 无线网络信息服务领域,如无线网络维护中的信号数据采集^[12]、GIS 信息服务等。

与现存的专业采集软件相比,系统只提供了点、线、面等基本实体的采集编辑功能,但是由于系统采用 Linux 等开源项目,成本低且具有很强的开放性,在日后专业化应用中可以方便地进行功能扩展和界面优化。综上所述,此系统具有可移植性强、装载地图容量大、运行速度快、成本低、携带方便等特点,能充分满足各类地理信息系统数据采集的需求,具有继续开发应用的价值和实际意义。 (下转第 93 页)

发生。但还是要避免平行数字信号导向的长距离走线。

(2) 减小信号在导线上的传输延迟。导线的截面积和介电常数确定了导线的特性阻抗。如果信号传输方向上导线末端的阻抗与导线阻抗不匹配,就会引起信号的反射,干扰信号的传输,传感器差分输入端的导线尽可能对称,尽可能短。

(3) 模拟信号线避开大电流和高频器件,重要的模拟信号线采用地线包围的办法减少电磁耦合。

4 结束语

测试系统在测量轴重时,0~200 kg的轴重对应的A/D转换后的数值为0~80 000,即1 kg重相当于A/D转换后的数值为400。在电磁兼容设计前,由于干扰引起的读数波动幅度高达2 000(相当于5 kg),当有开关、继电器或电动机工作时,波动的幅度更是高达5 000左右(相当于12.5 kg),系统无法正常工作。按照上述EMC设计方法所设计的电动自行车安检线测量控制系统,测量轴重时A/D转换读数的波动只有20(相当于0.05 kg),在电动车厂实际使用中系统稳定,抗干扰能力强,测量精度达到0.5%,符合相关的国家标准要求,因而该电动自行车安检线测量控制系统的功能设计和电磁兼容性设计都取得了成功。

参考文献(References):

- [1] 余勇,李建秋,周明,等. 车用柴油机ECU的电磁兼容性分析与设计[J]. 汽车工程,2001,23(6):396-401.
- [2] LOCHOT C, CALVET S. REGINA test mask: research on EMC guidelines for integrated automotive circuits[J]. **Microelectronics Journal**,2004,35(6):509-523.
- [3] MIDYA S, THOTTAPPILLIL R. An overview of electromagnetic compatibility challenges in European rail traffic management system[J]. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**,2008,16(5):515-534.
- [4] CARLTON R M. An overview of standards in electromagnetic compatibility for integrated circuits[J]. **Microelectronics Journal**,2004,35(6):487-495.
- [5] 朱玉堂,许力. 变频器的电磁兼容及抑制[J]. 机电工程,2005,22(5):40-50.
- [6] 谢灿华,詹晓东. 基于电流输入模块的抗干扰设计[J]. 机电工程,2009,26(2):95-98.
- [7] 匡宣羽,王金兰,等. 综合测试转台的电磁兼容性试验分析与总结[J]. 测控技术,2007,26(3):22-23.
- [8] 潘林. 电子设备电磁兼容设计与分析[J]. 渤海大学学报,2006,27(2):145-148.
- [9] 王幸之. 单片机应用系统抗干扰技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.

[编辑:张翔]

(上接第88页)

致谢:本研究所开发的系统是在武汉中地数码集团的嵌入式GIS开发平台EMS3.0下完成的。这里特别感谢该集团嵌入式部门人员的支持及提出的各种宝贵建议。

参考文献(References):

- [1] JIANG Gui-yan, ZHANG Wei, CHANG An-de. Data organization method for traffic information acquisition system based on GPS-equipped floating vehicle[J]. **Journal of Jilin University**,2010,40(2):397-401.
- [2] WANG Zhi-jie, HE Li-heng, ZHENG Jia-zhu, et al. The data acquisition of digital urban management using RS, GIS and GPS technology[M]. Shanghai: 2009 Joint Urban Remote Sensing Event,2009.
- [3] 周泓,徐瑞,郁火良. 基于GPS的客车导游系统[J]. 机电工程,2009,26(4):77-79.
- [4] [作者不详]. u-blox LEA-5 Hardware Integration anual [EB/OL]. [日期不详] <http://www.ublox.com>.
- [5] 王钰婷. 基于Linux的Berkeley DB嵌入式数据库开发和应用[D]. 杭州:杭州电子科技大学通信工程学院,2009.
- [6] 周克贵. Qt/Embedded和Linux在污水处理控制系统中应用的研究[D]. 武汉:武汉理工大学自动化学院,2008.
- [7] BAI Gui-mei, ZHANG Li-juan, ZHANG Fu. The Technology of Software Cloning in the Application of GIS Object Migration[C]//2009 2nd International Conference on Future Information Technology and Management Engineering. San-ya: [s. n.], 2009:424-427.
- [8] 武汉中地数码科技有限公司. 中地集团—嵌入式GIS-EMS3.0系统和服务应用[M/CD]. 武汉中地数码科技有限公司,2009.
- [9] JIANG Gui-yan, CHANG An-de, ZHANG Wei. Link dividing method for traffic information collecting based on GPS equipped floating car[J]. **Geomatics and Information Science of Wuhan University**,2010,35(1):42-45,50.
- [10] 武汉中地数码科技有限公司. MapGIS-EMS3.0用户手册[M/CD]. 武汉中地数码科技有限公司,2009.
- [11] [作者不详] iPhone用户界面指导原则[EB/OL]. [日期不详]. <http://www.20ju.com/content/V22381.htm>.
- [12] WANG Li-jun, YANG Xiao-niu, ZHAO Hui-chang. Data Acquisition and Processing Technique for Software GPS Receivers[C]//2008 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings. Nanjing: [s. n.], 2008:1987-1990.

[编辑:李辉]