

doi:10.3799/dqkx.2010.063

# 面向移动空间信息服务的可移植嵌入式GIS平台

徐战亚<sup>1,2</sup>, 吴信才<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 地理信息系统软件及其应用教育部工程中心, 湖北武汉 430074

**摘要:** 智能终端和移动互联网的快速发展使得移动空间信息服务成为数字城市和数字地球的重要内容, 而各种基于定位导航的嵌入式地理信息系统(geographic information system, GIS)也逐步成为这类信息服务的主要方式. 分析了现代移动空间信息服务的特征, 采用层次式模块化的方法, 介绍了基于GIS的可移植抽象层、多元数据存储模型、电子地图显示引擎和高性能应用服务引擎等关键模块的设计, 设计了可移植的嵌入式GIS平台, 为通用的移动空间信息服务移动端的应用开发提供了一个切实可行的方案.

**关键词:** 嵌入式地理信息系统平台; 可移植; 移动空间信息服务.

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2010)03-0495-06

收稿日期: 2010-01-15

## Portable Embedded GIS Platform for Mobile Spatial Information Services

XU Zhan-ya<sup>1,2</sup>, WU Xin-cai<sup>1,2</sup>

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Engineering Research Center for GIS Software and Applications, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Due to rapid development of intelligent terminals and Internet, the mobile spatial information services becomes an important part of Digital City and Digital Earth, and the kinds of embedded geographic information system (GIS) based on positioning and navigation become the main form of the services. This paper analyzes the characteristics of modern spatial information services, with hierarchical modular design method. The modules, such as portable GIS-based abstraction layer, multiple data storage model, electronic map display engine and high-performance applications service engine is introduced. A portable embedded GIS platform is designed, which provides a practical solution for popular application development of mobile spatial information service.

**Key words:** embedded geographic information system (GIS) platform; portable; mobile spatial information service.

## 0 引言

地理信息系统(geographic information system, GIS)经过了几十年的发展, 经历了从最初的科学研究到专业软件商品化和客户应用时代, 现在已经进入了网络时代. 从最初利用制图软件建模实践到用决策分析系统为行业和政府提供决策支持, GIS已经深入社会的各个领域, 应用也日益深入和广泛(吴信才和吴亮, 2006). 对于提供辅助决策和面向行业和专业领域的空间信息服务是以 4A(any-

time, anywhere, anybody, anything)服务为目标, 结合空间信息技术、定位技术和互联网技术, 针对目标对象所提供与行业应用和大众生活等紧密相关的各种综合服务(李德仁等, 2002). 随着无线网络的普及和智能移动设备的发展, 嵌入式移动终端成为了目前和未来空间信息服务中的核心组成, 结合移动通信、移动计算、高精度定位等内容的移动空间信息服务也成为重要的研究方向(Christie *et al.*, 2002). 但是嵌入式终端本身具备的复杂性和多样性, 使得移动终端在移动空间信息服务中发挥巨大

基金项目: 国家自然科学基金项目: “十一·五”国家支撑计划“城市空间信息基础设施共享关键技术研究示范”(No. 40771165); 国家重点“863”项目(No. 2007AA120503).

作者简介: 徐战亚(1978-), 男, 讲师, 主要从事嵌入式GIS研究. E-mail: zhanyaxu@163.com

的作用,面对行业应用的深入发展和大众信息化程度的提高,移动空间信息服务对于移动终端提出一系列新的需求:

(1)研究适用于多种体系架构平台是嵌入式 GIS 的重要发展方向(张时煌和方裕,2001).在移动空间信息服务应用中,对于嵌入式本身存在的软硬件异构等特性,需要提供能适应不同架构的嵌入式终端的无差异应用部署方案.

(2)信息可视化的需求.高精度的可视化地图已经成为目前几乎所有应用的基本要素.除此之外,行业数据的可视化也越来越重要,对于这些需求,就需要提供有效的管理方案来实现对大数据地图数据与行业数据的管理和可视化.

(3)数据与业务的实时性需求.数据的实时性在行业自动化程度越来越高的企业应用中越来越重要,对于实时数据的采集和突发事件的处理需要在移动端实现所必需的实时数据处理功能.

(4)行业服务和多样化大众服务的需求.基于位置相关的 GIS 分析与处理已经成为当前众多行业服务的基础,在此基础上的行业和大众化需求成为了目前服务的重点.因此,需要一个能够满足多种行业和大众需求的 GIS 开发平台来实现这些多样化需求的应用部署.

基于上述的分析,设计一个能够适应各种异构嵌入式系统并能实现高性能的空间数据与行业数据管理,提供高性能信息可视化和空间分析的 GIS 平台,将能够很好适应移动空间信息服务的发展,符合信息化社会的需求.平台的设计主要集中在系统的可移植性、大数据地图和行业数据的存储与管理、高性能地图显示引擎、空间分析引擎、GPS 定位以及行业应用支持模块设计等方面.

## 1 可移植嵌入式 GIS 平台架构

随着应用越来越多开始往移动端迁移,嵌入式移动终端已经逐渐成为了整个空间信息服务的主要载体.面向移动空间信息服务且具备高度可移植性的嵌入式 GIS 平台,设计需要从嵌入式终端底层开始,通过分析嵌入式操作系统的结构和特征,将平台按功能进行划分.这种设计方法可以使平台在数据管理、显示、服务等方面进行更合理的设计,可以直接对空间数据和嵌入式系统的特性进行高效管理.笔者对整个平台的架构设计如图 1 所示.

应用层	市政 导航 导游 移动OA 数据采集
应用服务层	交互 检索 空间分析 实体编辑 定位通信
数据显示层	地图显示 图层管理 标识管理 自定义显示
数据管理层	矢量地图管理 业务数据管理 遥感影像管理
移植抽象层	硬件抽象层 操作系统抽象层

图 1 平台架构

Fig. 1 Platform architecture

该架构中,系统的抽象层是嵌入式 GIS 平台与嵌入式硬件和底层操作系统的接口层,它将硬件和嵌入式系统与嵌入式 GIS 平台相分离,在数据的存储、数据的可视化显示、消息处理与线程控制等方面对嵌入式 GIS 平台提供了统一的接口.数据管理层是对多元数据的统一管理,它根据抽象层中文件存储设计,将多元数据在移动端进行集成.数据显示层是基于底层抽象层所完成,它负责平台中所有可视化显示,包括地图显示、遥感影像、各种定制特效等.应用服务层是整个平台所有应用开发的支持模块的整合,它包括定位导航、空间分析、数据编辑等,是应用层的服务支撑层.这模块化的架构设计可以将模块根据需要进行不同组合,很好地适应了不同领域的需求.

## 2 平台的关键模块设计与实现

### 2.1 可移植性抽象层

平台的可移植性是指基于 GIS 平台所开发的系统能够在不同硬件和操作系统间快速移植.由于嵌入式移动终端中存在巨大硬件差异性,为了满足跨平台的特性,必须将平台构建在完备的抽象层之上.笔者参照抽象层的思想,将硬件抽象层(hardware abstraction layer, HAL)(尚海忠等,2002)和操作系统抽象层(operating system abstraction layer, OSAL)引入平台.硬件抽象层为平台提供统一的硬件操作接口,如触屏、frame buffer 和 TTS 等接口.操作系统抽象层为嵌入式 GIS 平台提供一致的服务接口,它实现了对多平台的支持.一般地,这个抽象层由一组接口组成,这些接口提供了应用所需要的各种操作系统服务,主要有:(1)任务调度;(2)时钟;(3)消息队列;(4)线程服务;(5)通信服务;



图 2 可移植抽象层的结构

Fig. 2 Structure of portable abstraction layer

(6)内存管理;(7)文件服务等.整个可移植抽象层结构如图 2 所示.

可移植抽象层是本平台的基础层,它结合 GIS 对空间数据管理和地图显示的要求,采用嵌入式系统中的抽象层思想,将 GIS 平台中的地图数据访问和地图显示等关键模块抽象并独立,使其与嵌入式硬件和操作系统完全无关,仅通过修改平台相关的部分关键代码就可以快速完成在 Linux、Symbian、uC/OS2、ThreadX 等多种系统上的平台移植.

### 2.2 多元数据管理层

多元数据管理层负责地图矢量数据、行业数据在移动终端上的统一高效存储、分析、调度等内容.目前的嵌入式应用中,高性能的地图数据存储基本都是采用的导航电子地图的存储格式,即 Koncz (2002)和 SDAL(NavTech, 2006).这两种高性能的物理存储方式以比特位的方式对空间数据进行有效组织,极大地节省了存储空间.但由于这些格式是为嵌入式导航所设计,在行业和大众化应用中,这种数据存储方案不能满足实际的需求.

在本平台中,地图数据按照分层方式进行组织,每层内都以固定大小的格网来切分地图,构建全局索引,每个格网内的数据又以分块的方式压缩存储.这种格网的组织方式可以快速实现大数据量的数据块定位,提高了数据的访问性能.同时,统一的格网索引设计也有利于行业数据和用户数据参照既定尺寸完成多元数据的集成.另外,为了提高地图数据的存储性能,参考内存的分页管理模型,以固定大小的页(本平台中采用 1 k)为存储单元来实现数据的存储,页内也采用比特位方式进行数据的物理存储.地图数据的存储占用空间大大减小,保证了嵌入式 GIS 平台在大数据存储和管理上的独立性,也方便了在这种存储机制上建立数据的压缩与缓冲管理.这种集成性的数据管理方案可以解决不同行业的需求,这种应用于嵌入式移动终端实现了矢量电子地图、行业数据和遥感影像的集成,并以 PSF 方式存储的高性能数据管理方

案在本平台中称为手机地图数据管理(mobile map data management, MMDM).

### 2.3 地图显示引擎设计

信息的可视化是当前移动空间信息服务的重要环节,早期的图片服务方式已经无法满足复杂的行业应用和交互操作的需求.而目前在平台中实现的大数据的存储与管理为丰富的信息可视化提供了基础.对于嵌入式系统,常见的信息可视化方案是采用嵌入式操作系统本身的图形用户接口(graphical user interface, GUI)接口或采用可移植的第三方 GUI 库(如 QT 等),但为了保证平台的可移植性,不能使用嵌入式操作系统提供的 GUI 接口.由于常见的第三方 GUI 库过于庞大,不能适用于较低配置的各种嵌入式终端,因此本平台设计了独立的地图显示引擎来实现信息的可视化,并设计了独立的 GUI 管理模块.整个显示引擎结构如图 3 所示.

显示引擎在操作系统内核之上建立了图形抽象层(graphics abstract layer, GAL)和输入抽象层(input abstract layer, IAL),它们与系统的硬件驱动程序是紧密相关的,在此基础上利用 surface 实现对多图层的数据组织,进而实现了窗口管理模块和绘制显示模块,整个引擎为应用层提供了公用的 API(application programming interface)接口,可以满足各种显示和交互.

在地图显示引擎的基础上,GUI 的系统共进行了以下内容的设计:(1)窗口管理.包括建立、销毁、切换、移动、Z 序修改、焦点切换等;(2)消息封装. IAL 层从设备文件获得输入事件,并将输入事件转换为消息结构体;(3)定时器管理.用于向服务器发送定时器消息,主要用于消息队列的管理和定时等;(4)显存管理.主要是用来消除显示过程中出现的屏幕闪烁现象,一般是在内存空间额外开辟一片“显存”空间完成窗口的绘制后整体复制到显存空间;(5)事件管理.事件管理是协调整个 GUI 系统的核

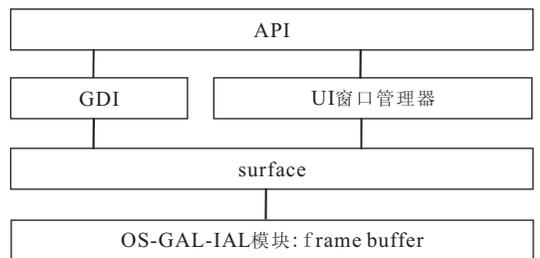


图 3 地图显示引擎

Fig. 3 Map display engine



图 4 GDI 接口

Fig. 4 GDI interface

心,窗口对象间的通讯、用户和 GUI 对象的交互、OS(operating system)内核和图形绘制接口(graphics device interface,GDI)间的信息交换、以及它们间的同步等问题,都需要 GUI 事件管理模块进行协调。

根据 GIS 的特性,显示引擎为 GUI 系统设计了一系列图形绘制接口(图 4),它对于嵌入式设备上的信息可视化效果及性能进行了优化,包括绘制字体、绘制点、线、区等部分,同时还支持了嵌入式设备的特性,如手写、拼音等输入法。经过优化的 GDI 接口可以很好地实现对地图的各种信息的显示和控制,利用分层的显示方案实现了地图数据和行业数据的有机整合。另外这样的设计也可以很好地实现半透明等特效,能支持多样性的信息可视化显示。

为了实现与用户的交互操作,显示引擎在 GUI 的基础上将用户级可视化元素抽象为 3 类,即窗口元素、控件元素和功能元素,这 3 类元素构成了应用级别的交互接口,使得平台在应用的开发和部署上脱离嵌入式操作系统的限制,保证了应用的独立性和一致性。

#### 2.4 应用服务引擎

应用服务引擎是平台针对移动空间信息服务所设计的服务支撑层,它主要包括对用户和行业应用的查询、检索、空间分析、定位等服务内容,它是支持当前的移动空间信息服务中各种用户和行业需求的核心基础。

定位作为移动终端的最大特色,需要设计合理的模块来实现快速准确的定位。由于 GPS 精度较低,直接的 GPS 定位无法实现准确定位,同时为了确保定位的性能,需要利用滤波和地图匹配模块(专业导航领域),来加速终端的定位并提高定位精度。

无线通信是嵌入式终端所具备的最大优点,它能够利用各种途径与基站和其他终端完成数据交换和通信(刘丹和彭黎辉,2006),从而配合管理中心对所关注的移动终端进行监控和管理,随着 3G 的发展,无线通信的性能得到了快速的发展。平台已经完

成了无线的数据通信和短信通信模块,可以方便地实现移动端的定位和实时通信。

另外,GIS 的服务支持是引擎模块的主要内容,根据嵌入式终端的特点,本引擎着重设计了轻量级的 GIS 功能支持,即空间多索引模块和网络分析模块。在空间多索引的模块设计中,为了支持应用中常用的拼音、名称、类别、模糊等应用需求,在数据的物理存储基础上建立了多级的分类索引。

网络分析模块在基于 MMDM 的管理基础上对网络拓扑数据进行了优化存储,并结合平台内部使用的内存管理技术来实现低内存开销的快速网络分析。利用管理机制管理,并利用索引进行基于行政区划将各种需要的数据进行分类管理并单独存储,对应用层提供多种支持接口(谢忠等,2006)。嵌入式终端上的网络分析一般是基于行业的需要进行某个规则下的拓扑线路的分析,常见的有管线应用中的爆管分析,大众应用中的导航路径分析等。

这些模块式应用服务引擎的主要内容,随着应用的增加可以不断完善补充,它的扩大将提升平台对各种移动空间信息服务的支持能力。

### 3 平台在移动空间信息服务中的应用

根据前面的设计,实现后的平台在可移植性、数据存储与管理、可视化显示及应用模块支持等方面都能够达到很好的效果。下面以某城市的城市信息服务移动应用为例说明本平台在移动空间信息服务中的可行性和主要表现。

城市信息服务将城市的矢量地图存储于移动终端,用户通过基于本平台开发的应用程序来与服务中心进行服务请求。移动终端不仅可以装载城市的矢量地图,也可以装载相应的遥感地图。利用移动终端的无线通信能力,系统可以从服务器端将最新业务数据从服务器端进行获取(谢忠等,2006),这样的方法减少了数据的传输,同时也增加了移动终端的灵活性。根据本地的已有数据和服务器端的数据可以实现各种应用与扩展,将移动终端真正变成了一个智能的移动计算终端和服务终端。本系统已经成功运行在 Windows Mobile、eCos、uC/OS、Linux、ThreadX 等系统之上,这些系统包括了 ARM、MIPS 和 X863 种架构,系统的性能没有差异,表现了优秀的可移植性(图 5)。



图 5 地图界面(a)和导航界面(b)

Fig. 5 MAP interface (a) and navigation interface (b)

## 4 结论与展望

随着嵌入式硬件的发展和信息服务程度的提升,基于移动端的空间信息服务将成为数字城市和数字地球的重要的服务方式. 本文针对嵌入式系统的特性,结合 GIS 的功能需求和应用领域,从系统的移植性、空间数据与行业数据的管理与存储、地图显示引擎设计、应用引擎设计和应用设计等方面进行综合考虑分析,介绍了面向移动空间信息服务的可移植嵌入式 GIS 平台的设计,并对其关键设计和实现进行讲解,最后通过实例对其良好可移植性和表现能力进行了验证. 该平台主要有以下的特点:

(1)平台的设计实现了 GIS 应用在移动端的延伸,完成了大量的轻量级 GIS 应用的灵活部署. 同时,MMDM 数据管理方案,有效地增强了移动端的信息处理能力和应用的灵活性,让智能移动终端真正成为了空间信息服务的主体.

(2)移动端的多引擎结构将空间定位、移动计算和无线通信等特点在移动端进行了很好的集成,层次式模块化架构设计,使得平台能够提供一个统一的面向多领域的移动空间信息服务移动服务部署,便于移动空间信息服务快速普及.

(3)数据在移动端的空间数据管理方案,增强了设备在野外工作的抗异常能力,减少了服务中的不确定风险,提高了服务的性能和效率,同时这样的方

式也减少了应用服务器和数据服务器的计算开销,降低了业务部署的需求,能够适用于更多的领域.

随着 GIS 应用的深入和移动空间信息服务的普及,更多基于移动终端的信息服务需求将被提出,新技术的发展将会给移动空间信息服务注入越来越多的活力,本文的平台仅完成了服务的模型基础设计,在实际的应用中还有大量工作有待扩展和加强.

## References

- Christie, J., Fuller, R., Nichols, J., et al., 2002. Development and deployment of GPS wireless devices for E911 and location based services. *IEEE Position Location and Navigation Symposium*, 60—65.
- Koncz, N. A. T. M., 2002. A data model for multidimensional transportation location referencing system. *URISURISA*, 14(2): 27—41.
- Li, D. R., Li, Q. Q., Xie, Z. Y., et al., 2002. The technique integration of the spatial information and mobile communication. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 27(1): 1—8 (in Chinese with English abstract).
- Liu, D., Peng, L. H., 2006. Architecture design and implementation of service interfaces in LBS platform. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 733—738 (in Chinese with English abstract).
- NavTech, 2006. NavTech PSF specification for SDAL format Version 1. 7. <http://www.navteq.com/sdal-format/>

pdf/SDAL\_spec.pdf.

Shang, H. Z., Zhu, P. Y., Wang, X., et al., 2002. Operating system abstraction layer: a new technology supporting multiplatform. *Computer Engineering*, 28(2): 109–111 (in Chinese with English abstract).

Wu, X. C., Wu, L., 2006. Service-oriented distributed spatial information supporting system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 585–589 (in Chinese with English abstract).

Xie, Z., Xu, X., Ban, K., et al., 2006. Component embedded GIS for network applications. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 631–634 (in Chinese with English abstract).

Zhang, S. H., Fang, Y., 2001. Development and significance of micro-embedded GIS software. *Journal of Image and Graphic*, 6(9): 900–906 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

李德仁, 李清泉, 谢智颖, 等, 2002. 论空间信息与移动通信的集成应用. *武汉大学学报(信息科学版)*, 27(1): 1–8.

刘丹, 彭黎辉, 2006. 空间位置服务平台的架构设计与服务接口实现. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 733–738.

尚海忠, 朱培彦, 王霞, 等, 2002. 操作系统抽象层——一种支持跨平台的新技术. *计算机工程*, 28(2): 109–111.

吴信才, 吴亮, 2006. 面向服务的分布式空间信息支撑平台. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 585–589.

谢忠, 徐欣, 班凯, 等, 2006. 面向网络应用的构件化嵌入式地理信息系统. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 631–634.

张时煌, 方裕, 2001. 微型嵌入式 GIS 软件平台的重要意义及发展动态. *中国图象图形学报*, 6(9): 900–906.