

## 摘 要

日新月异的电子信息科技为地理信息系统的发展带来无穷的活力。随着微电子技术、光电子技术的发展，通信技术发展已经进入移动时代，以掌上电脑(PDA)为代表的移动式计算系统日益普及，在移动中使用计算机将移动的主题通过网络与庞大的数字空间无缝的结合在一起，不再是一件遥远的事情。

地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 是处理空间信息的基础平台，一直广泛应用于测绘、城市规划、军事、物流等多个领域。由于 GIS 要处理的空间信息(地图)数据量大，其对硬件的要求较高，所以一直应用于工作站和配置较高的 PC 上。近年来，随着技术的发展，GIS 开始走向 PDA、手机等嵌入式设备，应用这些设备的 GIS 软件被称之为嵌入式 GIS 软件。

嵌入式 GIS 是 GIS 与嵌入式系统相结合的一种产物，它是传统 GIS 领域的分支与延伸、补充与发展。随着硬件平台、多操作系统、GPS 应用以及移动互联技术的不断发展，嵌入式 GIS 已经被越来越广泛地应用于经济建设和现代化国防中。嵌入式 GIS 的研究是 GIS 研究的一个新方向，对于发展我国嵌入式 GIS 相关技术，形成自己的知识产权，有着重要意义。嵌入式 GIS 能广泛的用于测绘、交通、军事、医疗、汽车导航等领域。

全文可分为三大部分：嵌入式地理信息系统概述，嵌入式 GIS 系统的设计，嵌入式 GIS 系统的实现。本文的主要内容围绕“嵌入式 GIS 系统”的研究与开发，介绍了嵌入式系统的一些背景知识，嵌入式移动数据库知识，嵌入式 GIS 技术等，分析比较了 MapInfo, ArcInfo, ArcGIS 的数据模型。着重阐述了嵌入式 GIS 系统的研究，其中嵌入式硬件采用 PDA，嵌入式操作系统采用 Windows CE，实现了在 Pocket PC 上加载 ArcInfo 的 Shape 格式图层文件。在实现过程中，对主文件(shp)，索引文件(shx)，属性文件(dbf)的数据组织的结构进行了深入学习，同时，列出了 shape 文件多种几何类型的数据结构表示，通过坐标转换，实现了进行加载/删除图层，动态缩放、平移，显示经纬度等功能。本系统通过微软 ActiveSync 同步工具在 PDA 和计算机之间建立合作关系并同步数据。

最后简要介绍了系统的主要功能，在总结本文研究内容的基础上，对以后的工作做出了简单的展望。

关键词：嵌入式，嵌入式 GIS，PDA，Windows CE，ArcInfo

## Abstract

The quick development of Electronic&Information technology brings infinite energy for the Geography Information System (GIS). With the progress of micro-electronics and photoelectron technology, communication technology has come into mobile age. Mobile computation system characterized by Personal Digital Assistant (PDA) becomes more and more popular. It is not far away to combine the moving item with huge numerical space using computer and network in the shift.

As a basic platform dealing with spatial information, GIS (Geographic Information System) is widely used in the domain of mapping, city layout, military affairs, and goods circulating and so on. Since GIS deals with a lot of spatial information and the request of hardware is high, it is usually used in the PCs and workstations of high configuration. In recent years, with the development of technology, GIS begins to move towards embedded equipment, such as PDA, cell-phone, etc., the software using those equipment is called Embedded GIS.

The EM-GIS (Embedded Geographical Information System) is the combination of GIS (Geographical Information System) and the embedded system. It is the offshoot and extension, the makeup and development of the traditional GIS. With the sustain of hardware platform, multi operation system, the application of GPS (Global Position System) and the technique of mobile interconnection, the EM-GIS has been applied to the economic construction and the modern national defence. The research on the Embedded-GIS is a hotspot. It is important to focus on the EM-GIS, develop correlative techniques and come into being copyright of ourselves. Embedded GIS can be widely applied to traffic, military affairs, mapping, medical treatment, automobile navigate and so on.

The full text can be divided into three major parts: Summary of Embedded geographical information system; the design of the Embedded Geographical Information System; the realization of the Embedded Geographical Information System. The main content of this text is around the research and development on "the EM-GIS (Embedded Geographical Information System)". It introduces the basic

conception of the Geographical Information System, some background knowledge of embedded system and the knowledge of the embedded move database, and embedded GIS technology, etc, draws the comparison among the three data models such as MapInfo, ArcInfo, ArcGIS, and also explains emphatically the key technology and implementation method of the EM-GIS, in which the embedded hardware is PDA, the embedded OS is Windows CE. In addition, the system realizes the loading or deleting, of the map in the format of shp. With deep study of the data structure of shp, shx, dbf, the issue lists the data structures of shp, shx, dbf, realizes the zooming in or out, and the shifting of the map in the format of shp, as well as the display of longitude and latitude. The system uses ActiveSync to synchronize data between PDA and computer.

In the end, there is a brief introduce of system main functions. After summing up paper content, the paper points out the prospects of following work in the future.

**Key words:** Embedded, Embedded GIS, PDA, Windows CE, ArcInfo

## 独创性声明

本人声明,所提交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知,除了文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得武汉理工大学和其它教育机构的学位和证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所作的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了感谢。

签名: 周丽芬 日期: 2007.4.20

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定,即学校有权保留、送交论文的复印件,允许论文被查阅和借阅;学校可以公布论文的全部或部分内容,可以采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

签名: 周丽芬 导师签名: 杨智全 日期: 2007.4.20

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 课题背景

地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 是一项以计算机为基础的新兴技术, 围绕着这项技术的研究、开发和应用形成了一门交叉性、边缘性的学科, 是管理和研究空间数据的技术系统。它的应用已遍及到各行各业中, 包括个人消费者、车辆用户、政府公益信息服务、智能交通领域、野外数据采集等。

GIS 的迅速发展归功于 Database 技术、Internet 技术、Multimedia 技术、Client/Sever 技术等计算机软硬件技术的迅速发展, 它经历了运行于单机上的“巨型”GIS, 基于局域网的企业级 GIS, 基于互联网的社会化、大众化的 WebGIS 三个阶段后出现了组件式 GIS (如 MapX, MapObject 等), 使 GIS 的二次开发变得简单易行。而目前 PDA, WAP、无线互联网手机等移动设备的出现, 在移动设备上嵌入优化的 GIS 应用程序和地理信息数据库, 使用户随时进行地理信息查询和一些简单的空间分析操作, 这样便推动了移动 GIS 的产生, 并逐渐成为国内外学者、专家研究的焦点。通过它, 人们可以随时随地的完成以前只有在办公室里才能完成的工作, 现在只要有无线网络的支持, 可在“移动中办公”。而又因为这些移动设备轻巧, 携带方便, 所以国际 GIS 界将 GIS+GPS+互联网一体化的研究称为“移动 GIS (Mobile GIS 简称: MGIS)”。人们习惯于把基于移动设备上的开发的 GIS 软件称为嵌入式移动 GIS 软件, 现有的国内外的嵌入式移动 GIS 软件已有多种, 如: 国外的知名 GIS 公司 ESRI, MapInfo 公司的 ArcPad, MapX Mobile 等, 国内某地理信息技术有限公司的 eSuperMap 软件等。

近年来, 地理信息系统 (GIS) 技术得到了空前的发展, 其应用领域由自动制图、资源管理、土地利用发展到与地理相关的交通、环境、军事等各个领域。信息技术已经成为新经济的重要驱动力。地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 以图形图像与属性数据管理模型分析为基础, 是实现地理信息获取、管理、可视化、分析、输出等的高效手段, 正成为政府、企业进行现代化科学管理及快速决策的强有力的工具。

地理信息技术在近十年里也在不断地发展，新一代地理信息技术——嵌入式 GIS 软件应运而生。嵌入式 GIS 是 GIS 与新兴嵌入式硬件相结合的一个产物，是原有的 GIS 领域的分支与延伸、补充与发展。

嵌入式地理信息应用是当前地理信息技术发展的一个热点，典型的嵌入式 GIS 应用由嵌入式硬件系统、嵌入式操作系统和嵌入式 GIS 软件组成。嵌入式 GIS 可广泛应用于交通、军事、测绘、医疗、汽车导航等领域，随着通讯技术、计算机技术、嵌入式产品的开发，嵌入式 GIS 的应用领域将会更加广阔。近年来，GIS 在交通领域的应用已很普遍，并已取得了很大的经济与社会效益。随着经济的快速增长，桌面级的 GIS 应用已不能满足要求，可移动办公势在必行。

近几年，我们综合利用计算机可视化技术、工程数据库技术、计算机网络技术和地理信息系统（GIS）技术，与湖北省武汉市路桥收费管理中心研制开发了“武汉长江二桥数字化管理系统”，为养护管理宏观决策提供了科学依据，也为微观查询提供了大量详实数据和资料，大大提高了养护管理的现代化水平和工作效率，促进了养护管理信息化、智能化进程。但是该应用存在着重复录入的缺陷，巡桥人员需要先用纸笔记录数据然后再回到办公室录入数据。由此，考虑到嵌入式 GIS 的开发，目的在于使移动办公趋势化。作为科研项目，本课题基于嵌入式 GIS 技术领域和移动通信技术的迅速发展的情况下，研制开发“嵌入式 GIS 系统”，实现嵌入式电子地图的研究与开发。

## 1.2 国内外发展动态

嵌入式 GIS 是新一代地理信息技术发展的代表方向之一，它一经出现便预示着其巨大的前景：以个人汽车导航领域嵌入式 GIS 为例，日本目前已经约有 200 万台汽车安装了嵌入式 GIS，在很多高档车上嵌入式 GIS 已经成了基本配置，而在我国未来十年，若仅以 10% 的新增为汽车安装上嵌入式 GIS，这个市场规模也在百亿以上。

嵌入式 GIS 软件良好的前景引起各大 GIS 生产厂家的重视，国外的知名 GIS 公司如 Autodesk、ESRI、Mapinfo 公司都纷纷推出自己的嵌入式 GIS 软件，国内的武汉中地、灵图、北京超图也在近期推出了自己的嵌入式 GIS 产品。国内与国外研究嵌入式 GIS 软件基本上处于同步的阶段，相对而言，国外产品的优势在品牌上，如 ESRI 的 ArcPad、Mapinfo 公司 MapX Mobile 宣传攻势就很厉害，

而国内产品有本土化和技术支持的优势，所以说国内外的嵌入式 GIS 系统各有千秋。

首先介绍一下几个国外嵌入式 GIS 软件。

(1) Autodesk 公司提供了 Autodesk OnSite 的“移动访问”模块<sup>[1]</sup>

这是移动的企业级解决方案，包括软件、应用设计、开发服务、维护、培训和技术支持。OnSite 与 MapGuide 网络地图技术及公司最近开发的 GIS 设计服务器 (GIS Design Server) 技术相集成，可以传输交互地图、设计信息和商业定单到移动设备。OnSite 是专为移动应用开发，通过 Java Servlet 将野外作业队员的请求传递到中心地图数据库，将返回的定位结果数据目标经过改编以适应小的移动屏幕，但仍然维持结果的智能性、交互性和与相关属性数据及数据库的连接。

OnSite 的客户端包括笔触式用户界面设备，通常是移动掌上设备，如：Compaq iPaq 掌上电脑等。OnSite 并不是简单传送平面栅格影像，而是传输矢量数据及其相关数据，用户可以查询、拉伸、修改、标注地图，然后可以与中心数据库同步这些改变。

(2) ESRI 提供了 ArcGIS 软件产品—ArcPad<sup>[2]</sup>

ArcGIS 是全套商业解决方案，是可伸缩的，包括：运行 ArcInfo、ArcEditor、ArcView 的高端桌面计算机用户；使用 ArcIMS 的 Internet GIS 用户；针对便携、移动用户的 ArcPad。

移动数据是使用 ArcIMS 通过 Internet 提供服务，ArcIMS 是一个交叉的平台应用，支持几千个并发处理和几百万的日请求。ArcPad 支持多种数据接口，如 SHP、BMP、JPG、CADRG 等矢量、栅格地图，不需要转换。ArcPad 与 GPS 集成可支持野外作业人员的无线定位、实时通信和大容量数据库访问，以获得业务所需信息。ArcPad 是 ArcIMS 的无线移动客户端。

(3) MapInfo 公司的 MapX Mobile<sup>[3]</sup>

MapInfo MapX Mobile 是一个可以用在 Pocket PC 的 MapX 平台，譬如 Compaq 的 iPAQ 和 HP 的 Jornada。它是一个开发工具，可以让我们的客户开发新的移动软件，进而扩展现有的软件。用 MapX Mobile 建立的软件可以单独在设备上运行，并能够和 Pocket PC 的 Windows CE 操作系统兼容，不需要无线连接。

MapX Mobile 是为 Pocket PC 开发用户化地图软件的开发工具。MapX Mobile

是 MapX and MapXtreme for Windows 的自然延伸，Windows 的程序员可以用它来开发 Mobile 软件。MapX Mobile 的介绍意味着开发者只需要掌握一种项目开发模式便可以为 Desktop, Web and Pocket PC 开发地图软件。

近几年，国内 GIS 软件不断创新和成熟、应用面不断拓展，融合其他信息技术，应用也逐渐普及。国内许多企业推出了自主的应用于移动设备的 GIS 软件。

(1) 武汉吉奥信息工程技术有限公司的 GeoMobile<sup>[4]</sup>

GeoMobile 是由武汉吉奥信息工程技术有限公司自主研发的基于 COM 模型的嵌入式 GIS (Embedded GIS) 开发平台。GeoMobile 具有精练的内核和极高的浏览速度，高效的数据压缩比，有效解决了地图数据量与各种移动信息设备存储空间有限的矛盾。它以 COM 对象方式为用户提一套新嵌入式 GIS 开发机制，基础功能强大，二次开发能力强，可开发性好，易于开发。无论是二次开发商，还是最终用户，均可以利用这一平台快速地开发具有自己特色 GIS, GPS 应用系统和发展新的产品。

(2) 北京慧图信息科技有限公司的掌上电脑 GIS 开发包 (PocketMap SDK)<sup>[5]</sup>

需要自己开发掌上软件的用户，可以使用慧图 PocketMap 的二次开发包进行开发。针对动态库和开发控件，慧图提供详细的接口开发函数说明和源程序框架，可以轻松搭建自己的应用平台。开发包包括以下三个组件：

PocketMap GIS，它是 GIS 核心动态库开发包。

PocketMap GPS，GPS 控件开发包。TMGPS 控件是基于 Windows 操作系统开发的组件式 GPS 信号接收和处理开发工具。它以 ActiveX 控件的形式，为用户提供通用的 GPS 信号接收处理功能和方便易用的使用方法。

PocketMap SMS，SMS 短信息开发包。TMSMS 控件是基于 Windows 操作系统开发的组件式 GSM Modem 开发工具。它以 ActiveX 控件的形式，为用户提供 GSM 短信息处理功能和方便易用的使用方法。

(3) 北京灵图软件技术有限公司的嵌入式电子地图软件 SmartInHand<sup>[6]</sup>

SmartInHand 具有精练的内核 (不到 150k) 和极高的浏览速度，近 10 倍的数据压缩比，完美地解决了地图数据量与各种移动信息设备存储空间有限的矛盾。同时在运行时为零内存占用，与地图数据的大小无关。SmartInHand 保持灵图软件产品实时、扩展性强的特点，为 GPS 导航开发了专门的自导航模块，可以通过串口、USB, Plug in 设备内层驱动读取 GPS 接收设备的定位信息，实时

显示当前位置。

(4) 北京超图信息技术有限公司的嵌入式 GIS 开发平台 SuperMap<sup>[7]</sup>

eSuperMap 是超图公司自主研发的嵌入式 GIS 开发平台。利用它可以为嵌入式设备快速地开发和构建各种 GIS/GPS 应用系统,如 PDA 上的 GIS 应用和卫星导航终端应用等。eSuperMap 支持 Windows CE/CE.Net/NT/2000/XP 等操作系统和 Palm-size PC, Pocket PC, HandHeld PC/Pro, HPC2000 和 PocketPC2002 等多种硬件平台。

### 1.3 课题研究内容及目的

论文是在移动计算技术和嵌入式GIS技术蓬勃发展的形势下以及实际课题的需要的的基础上提出来的。由于移动技术的核心是计算工具空间位置的改变以及计算内容和过程的位置相关性,因此移动计算技术天然地与地理信息技术具有紧密的内在联系;地理信息技术已经在和全球定位系统、遥感等技术的集成和应用方面走过了一段成功的路,其中就包括GIS技术在公路管理系统中成功运用。近年来,随着我国经济的高速发展,高速公路也进入大规模建设时期,公路养护管理急需运用现代科学技术实现公路管理工作的现代化,而嵌入式GIS技术领域和移动通讯技术的迅速发展,使我们感到要让GIS技术能更好地服务于交通、物流等领域,我们展开了嵌入式地理信息系统的研究。

本课题主要包括以下几个方面:

- (1) 嵌入式 GIS 系统概述
- (2) 嵌入式 GIS 系统的设计
- (3) 嵌入式 GIS 系统的解决方案及实现

## 第 2 章 嵌入式 GIS 系统概述

### 2.1 地理信息系统 (GIS) 概述

地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 是一种决策支持系统, 它具有信息系统的各种特点。地理信息系统与其他信息系统的主要区别在于其存储和处理的信息是经过地理编码的, 地理位置及与该位置有关的地物属性信息成为信息检索的重要部分。在地理信息系统中, 现实世界被表达成一系列的地理要素和地理现象, 这些地理特征至少由空间位置参考信息和非位置信息两个组成部分。

从技术系统的角度来考虑, 地理信息系统是以地理空间数据库 (Geospatial Database) 为基础, 采用地理模型分析方法, 适时提供多种空间的和动态的地理信息, 为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。

地理信息系统具有以下三个方面的特征:

第一, 具有采集、管理、分析和输出多种地理信息的能力, 具有空间性和动态性;

第二, 由计算机系统支持进行空间地理数据管理, 并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法, 作用于空间数据, 产生有用信息, 完成人类难以完成的任务;

第三, 计算机系统的支持是地理信息系统的重要特征, 因而使得地理信息系统能以快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和过程动态分析。

地理信息系统的外观, 表现为计算机软硬件系统, 其内涵却是由计算机程序和地理数据组织而成的地理空间信息模型。当具有一定地理学知识的用户使用地理信息系统时, 他所面对的数据不再是毫无意义的, 而是把客观世界抽象为模型化的空间数据, 用户可以按应用的目的观测这个现实世界模型的各个方面的内容, 取得自然过程的分析和预测的信息, 用于管理和决策, 这就是地理信息系统的意义。一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统, 从视觉、计量和逻辑上对地理系统在功能方面进行模拟, 信息的流动以及信息流动的结果, 完全由计算机程序的运行和数据的变换来仿真。

地理学家可以在地理信息系统支持下提取地理系统各不同侧面、不同层次的空间和时间特征，也可以快速地模拟自然过程的演变或思维过程的结果，取得地理预测或“实验”的结果，选择优化方案，用于管理与决策。

### 2.1.1 地理信息系统的基本概念

地理信息是指表示地理环境诸要素的数量、质量、分布特征及其相互联系和变化规律的数字、文字、图象和图形等的总称。地图是将地理环境诸要素按照一定的数学法则，运用符号系统并经过制图综合缩绘于平面上的图形，以传递各种自然和社会现象的数量与质量的空间分布和联系以及随时间的发展变化。地图与地理信息的关系是：地图是地理信息载体，也是地理信息的传统数据来源，同时也是 GIS 的查询与分析结果的表示方法<sup>[1]</sup>。

地理系统是一个多层次的系统，它具有多层次的结构和广泛目标的功能，需要多学科的知识结构和多种形式技术体系的支持。地理系统是认识地理圈的事物、现象和发生发展过程，理解物质迁移与能量转换内外循环的规律、认识地理规律、掌握地理信息，以调控资源与环境为目的的逻辑思维过程。地理信息系统是以地理空间数据库为基础，在计算机软硬件的支持下，运用系统工程和信息科学的理论，科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据，以提供管理、决策等所需信息的技术系统。简单的说，地理信息系统就是综合处理和综合分析地理空间数据的一种技术系统。

地理系统是地理信息系统的科学依据；地理信息系统是研究地理系统的科学技术保证。地理信息系统的特点有：公共的地理定位基础；具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力；系统以分析模型驱动，具有极强的空间综合分析和动态预测能力，并能产生高层次的地理信息；以地理研究和地理决策为目的，是一个人机交互式的空间决策支持系统。地理信息系统的分类如图 2-1 所示。

地理信息系统的功能有：数据输入、存贮和编辑、操作运算、数据查询和检索、应用分析、图形显示和结果输出、数据更新。地理信息系统的应用非常广泛，涉及到许多领域，比如：统计与量算、规划与管理、预测与监测、辅助决策。地理信息系统的组成如图 2-2。

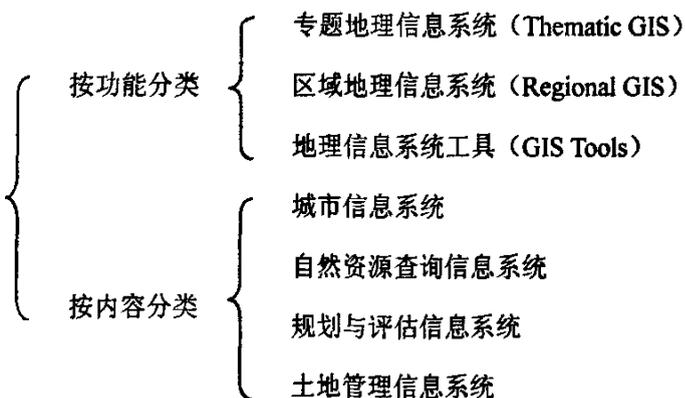


图 2-1 地理信息系统的分类

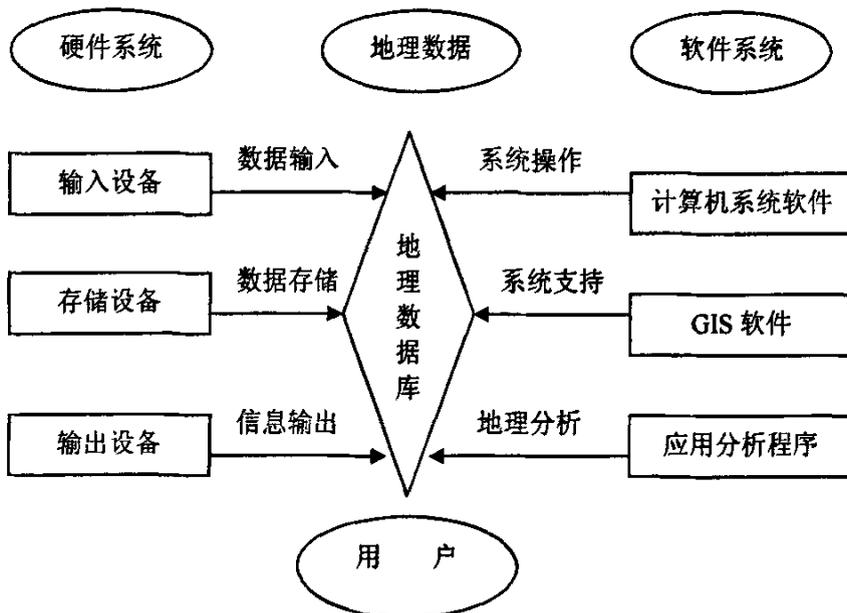


图 2-2 地理信息系统的组成

### 2.1.2 地理信息系统的构成

与普通的信息系统类似，一个完整的 GIS 主要由四个部分构成，即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理数据（或空间数据）和系统管理操作人员。其核心部分是计算机系统（软件和硬件），空间数据反映 GIS 的地理内容，而管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表示方式<sup>[9]</sup>。

GIS 的硬件系统具体结构如图 2-3 所示，GIS 的软件系统如图 2-4 所示<sup>[10]</sup>。

地理数据主要分为三类：几何数据，关系数据和属性数据。其中几何数据也就是比较直观的几何坐标；关系数据，包括度量关系，延伸关系和拓扑关系；而属性数据又分为定性和定量两种<sup>[1]</sup>。用户主要涉及到系统组织、管理、维护和数据更新、应用程序开发、信息提取、地理决策。

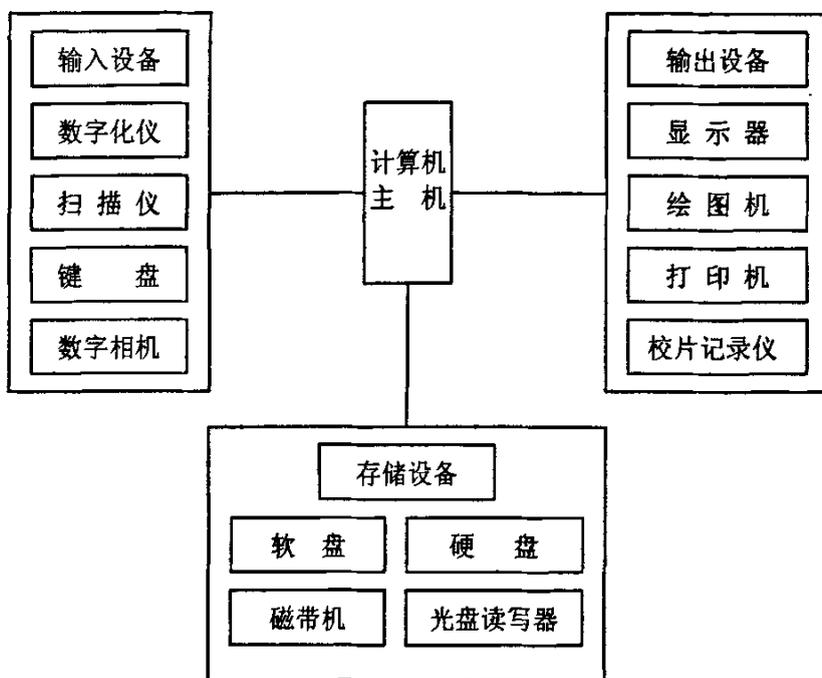


图 2-3 GIS 的硬件系统结构

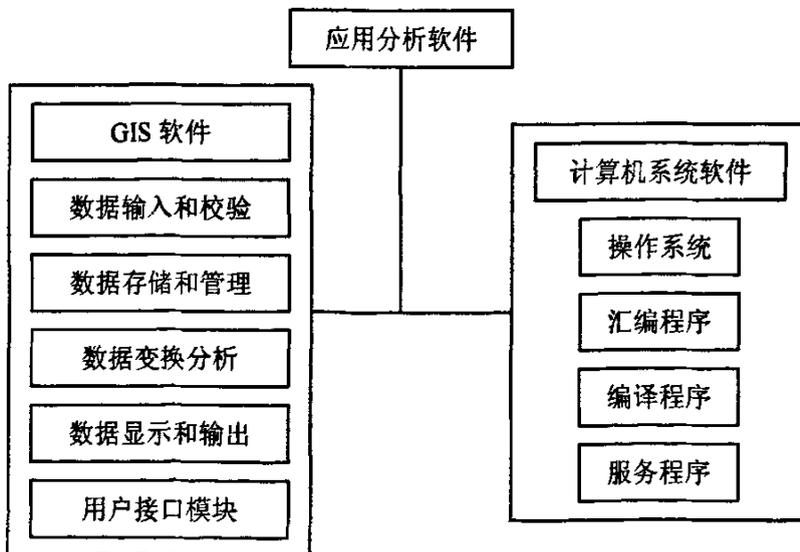


图 2-4 GIS 的软件系统

随着空间技术的发展，遥感（Remote Sensing-RS）和全球定位系统（Global Positioning System-GPS）已经成为地理信息系统重要的数据来源。尤其是全球定位系统的技术不断完善，其定位的高精度和高灵活性是遥感和常规测量无法比拟的。一副地图包含的最基本的信息有两种：空间信息（Spatial Information）和描述性信息（Descriptive Information）<sup>[1]</sup>。前者反映了地理特征（Geographic Features）的位置和形状及特征间的空间关系，后者反映了这些地理特征的一些基本原件，分别包括了以下不同的地图特征：

**点特征（Point feature）：**用一个独立的位置来代表，它所反映的地图对象因大小而无法作线特征（机井、村庄）和面积特征来表示，或者该对象不具备面积特征<sup>[9]</sup>。

**线特征（Line Feature）：**用一组有序的坐标点相连接而成，反映的是那些宽度太窄而无法表示为一个面积区域的对象（水渠、道路）或本身就没有宽度的对象（如等高线）<sup>[9]</sup>。

**面积特征（Area Feature）：**由一个封闭的图形区来代表，共边界包围着同一性质的一个区域（同一土地类型、同一行政区域等）<sup>[9]</sup>。

在地图上，一定的地图对象的地理特征及其非空间特征往往是用特定的符号同时反映出来的。计算机地理信息系统存储的地图，不是传统观念上存储着一副地图的计算机图形文件，数字地图是以数据库的形式来存储的。数据库的概念是地理信息系统的中心概念，也是地理信息系统与那些绘图系统或仅能产生图形输出的地图制作系统的主要区别。流行的地理信息系统软件都结合了数据库管理系统。

在显示数字地图时，地理信息系统能定时地访问空间信息数据库，并读取其中的数据进行分析处理，然后在计算机屏幕上显示相应的图形。地理信息系统在调用空间信息数据库的过程中，还同时可以访问相应的描述性信息数据库，打开对应的特征属性表，并通过识别代码在二者之间建立联系。这样，用户可方便地进行双向查询。

对空间数据进行存储、管理、分析和更新，是地理信息系统的最大特点。

## 2.2 地理信息技术的发展特点与发展趋势

新一代地理信息技术主要以组件式 GIS，Internet GIS 和嵌入式 GIS 等软件

为代表。国际上诸多 GIS 专业软件公司，都在着手和投入新一代 GIS 技术研究、开发和市场争夺。

### (1) 组件式 GIS 技术

组件式 GIS 是一种新的 GIS 开发思想，它是将 GIS 功能分散制作成 ActiveX Control 和 Automation，这些标准的 ActiveX Control 和 Automation 可以被支持他们的开发环境调用，以便在原有的或新开发的信息系统中加入 GIS 功能。国际上许多大型 GIS 软件商在 90 年代中期开展组件式 GIS 软件的开发，如 ESRI 的 Map Objects，MapInfo 的 MapX 等，都属于组件式 GIS 软件产品。

由于这些大型 GIS 公司在早期的传统 GIS 发展方面，无论是市场还是技术都有着沉重的负担，所以它们所开发的组件式 GIS 软件功能有限，只能应用于数据浏览和简单系统的集成。

### (2) Internet GIS 技术

Internet GIS 技术无疑是 90 年代以来 GIS 发展的热点，众多的厂商纷纷推出了 Internet GIS 产品和解决方案，抢占市场。Internet GIS 是基于 Internet 发展起来的新型 GIS 技术，是在 Internet 平台上实现地理信息发布和空间应用的解决方案。随着 Internet 的迅猛发展，Internet GIS 的应用需求剧增，其应用面也非常广泛。通过 Internet GIS 不仅可以进行空间数据发布，为电子商务等应用提供服务平台，同时也可以为手持设备、车载设备等嵌入式设备和其他移动设备提供地理信息应用服务。

### (3) 嵌入式 GIS 技术

嵌入式 GIS 软件是可以运行在嵌入式计算机系统上高度浓缩、高度精简的 GIS 软件系统。嵌入式计算机系统隐藏在各种装置、产品和系统（如掌上电脑、车载盒、手机等信息电器）之中，由软硬件高度专业化的特定计算机系统、嵌入式操作系统和嵌入式 GIS 软件组成<sup>[9]</sup>。

地理信息系统技术的发展是与计算机技术的发展密切相关的。近几年来，随着计算机硬件技术、数据库技术、网络技术、多媒体技术、客户服务器技术的迅速发展，地理信息系统趋于如下发展：

“4S”的集成<sup>[9]</sup>。所谓“4S”集成是指将 RS（遥感）、GPS（全球定位系统）以及地面测量和调查资料作为数据来源和快速准确的数据更新手段，将 GIS 地理信息系统作为一种搜集、管理和分析这些空间数据的灵活、高效具有交互性和可视性的环境与平台，以 ES（专家系统）作为实现管理与决策自动化和智能

化的手段。

与虚拟环境技术结合。虚拟环境 (Virtual Environment) 是指靠计算机系统建立的一种仿真数字环境, 通过计算机将数字转换成图像、声音和触摸感受, 从而为人们提供一个逼真的模拟环境, 用户可通过人的自然技能来与此环境进行沟通、对话。地理信息系统与虚拟环境技术相结合, 将虚拟环境技术带入地理信息系统, 使地理信息系统更加完善。

三维 GIS 与时空 GIS。现实世界中, 地理实体具有三维几何特性, 但是, 目前大多数 GIS 系统及其应用基于二维坐标, 缺少管理、分析复杂三维实体的功能, 难以满足地理科学以及相关学科研究三维空间特征的要求。因此三维 GIS 的研究与开发成为 GIS 领域的重要研究方向。三维空间数据模型、三维空间拓扑关系、数据内插、三维可视化、三维实体量测分析和多维图解模型等是目前三维 GIS 所关注的主要问题。

开放式 GIS。“开放和分布”是当今计算机发展的重要趋势, 为实现地球资源和信息共享, GIS 同样也需要不断“开放”。这是 GIS 要发展成为公众信息系统及进入信息高速公路的基石。随着 GIS 应用范围的进一步扩大及网络技术的进一步提高, 在大力发展资源共享的信息时代, 建立面向用户的资源共享的开放式 GIS 已是大势所趋。

现代 GIS 的设计日益表现出明显的综合性特色, 这是由它的多元性学科性质和应用功能的要求决定的。信息系统的综合性首先包括系统输入数据的完整性, 系统的遥感影像数据与地图矢量数据的结合 (称为综合地理信息系统 IGIS) 以及系统使用的矢量数据与栅格数据的相互兼容, 综合地理信息系统已成为许多研究中心的主要研究方向。

随着计算机和信息技术的发展, GIS 迅速地变化着。在未来 10 年内的 GIS 发展将会向网络化、标准化、数据商业化、系统专门化、企业化、全球化和大众化方向发展, 并越来越多的融入人们的工作和生活。

## 2.3 嵌入式系统概述

现今的嵌入式系统大致经历了两大阶段<sup>[11]</sup>：

(1) 以单片机或 DSP 芯片为核心的可编程控制器形式的系统

这些系统大部分应用于工业控制系统中, 一般没有操作系统的支持, 大多

是处于独立的应用环境。

## (2) 以嵌入式实时操作系统为标志

嵌入式实时操作系统内核小、效率高，并且具有高度的模块化和扩展性；具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能；具有大量的应用程序接口（API）嵌入式应用软件丰富。这类操作系统主要有 VxWorks, Palm OS, 嵌入式 Linux, Windows CE 等。这类系统的应用越来越广，比如各种手持设备、智能设备、智能家电、移动终端（手机）等。

### 2.3.1 嵌入式系统的概念和特点

嵌入式系统（Embedded Systems）被定义为：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁剪，适应应用系统，对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统的基础是以应用为中心的“芯片”设计和面向应用软件的软件产品开发<sup>[12]</sup>。

嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各个行业的具体应用相结合后的产物，这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。在众多的信息技术当中，嵌入式技术已经广泛渗入、应用到各个领域，涉及到多种传统及现代技术，形成了前所未有的多学科、多领域的交叉和融合。

嵌入式系统与通用计算机系统相比有五个明显的特征：专用性、可封装性、外来性、实时性、可靠性<sup>[14]</sup>。

专用性是指嵌入式计算机系统用于特定设备完成特定任务。

可封装性指嵌入式计算机系统隐藏于目标系统内部而不被操作者察觉。实质上是面向对象封装以实现信息隐蔽思想的体现。

外来性体现在嵌入的计算机一般自成一个子系统，与目标系统的其他子系统保持一定的独立性。

实时性指与实际事件的发生频率相比，嵌入式系统能够在可预知的极短时间内对事件或用户的干预做出响应。

可靠性是指嵌入式计算机隐藏在系统或设备中，用户很难直接接触控制。因此一旦工作就要求它可靠运行。

嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机，在一台通用计算机的外部设备中就包含了多个嵌入式微处理器，如从键盘、鼠标、软驱、硬盘、

显示卡、显示器、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机等都是由嵌入式处理器控制的。和通用计算机不同，嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率地设计，量体裁衣、去除冗余，力争在同样的硅片面积上实现更高的性能，这样才能在具体应用时对处理器的选择面前更具有竞争力。

### 2.3.2 嵌入式系统的组成

嵌入式系统作为一类特殊的计算机系统，主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件和嵌入式软件系统组成。它是集软硬件于一体的可独立工作的器件。嵌入式处理器主要由单片机或微控制器（MCU）组成。这些嵌入式 CPU 与高性能处理器相比，具有很强的经济性和现实性。相关支撑硬件包括显卡、存储介质（ROM 和 RAM 等）、通讯设备、IC 卡等读取设备等。嵌入式系统有别于一般计算机处理系统，它不具备像硬盘那样大容量的存储介质，大多使用闪存（Flash Memory）作为存储介质。嵌入式软件系统包括与硬件相关的底层软件、操作系统、图形界面、通讯协议、数据库系统、标准化浏览器和应用软件等。嵌入式软件系统具有如下特征：软件代码要求高质量、高可靠性，以减少占用空间和提高执行速度。系统软件的高实时性，以统筹兼顾、合理调度多任务。多任务操作系统是知识集成的平台和走向工业化道路的基础。软件要求固态化存储，以提高执行速度和系统可靠性<sup>[15]</sup>。

### 2.3.3 嵌入式操作系统

操作系统可以简单解释为补平硬件差异的接口或者说硬件隐藏，让应用程序可以在上面操作，通过由操作系统统一提供出来的系统接口写应用程序，毋须考虑到不同硬件所造成的差异，让程序设计人员能够专注于擅长领域的开发。嵌入式操作系统是一种实时的、支持嵌入式系统应用的操作系统软件，核心通常要求很小，因为硬件的 ROM 容量有限。一般情况下，它可以分成两类：一类是面向控制、通信等领域的实时操作系统，如 WindRiver 公司的 VxWorks，Accelerated Tech.公司的 Nucleus 系列等；另一类是面向消费电子产品的非实时操作系统，这类产品包括个人数字助理（PDA）、移动电话等，如 Windows CE，Palm OS、嵌入式 Linux 和 EPOC 等<sup>[15]</sup>。

目前基于 PDA 的操作系统很多，除了部分使用 Linux 和自行开发的系统外，

大部分采用了以下三类操作系统：微软的 Windows CE（以及 Windows CE 的后续系统 Pocket PC），Palm 的 Palm OS，Symbian 的 EPOC。它们都可以自由的安装和删除软件，与桌面电脑相互传输数据，浏览网页，收发电子邮件等。

### （1）Windows CE<sup>[18]</sup>

Windows CE 是由微软开发的嵌入式操作系统。它是专门为资源有限的硬件而设计的多线程、多任务、完全抢占式并具有强大通信能力的操作系统环境，是专为信息设备、移动应用、消费类电子产品、嵌入式应用等非 PC 领域设计的战略性操作系统产品。

Windows CE 集成了 Win32 应用编程接口 API，因此，开发 Windows CE 上的应用程序无需学习新的编程语言，也因此吸引了不少厂家来开发基于 Windows CE 的移动设备，这是它的一大优势。Windows CE 的典型特点是比另外的手持设备拥有更多更完善的功能，特别是在多媒体方面。

因为 Windows CE 是为多种设备设计的，以小的 PC 为开发侧重点，因此略显庞大，他们与其它掌上电脑相比显得太大，对硬件要求高，消耗资源多，速度慢且不易使用。同时，Windows CE 采用了类似于 Windows 的操作界面，因此，用过微机的用户很容易上手使用，而未曾用过微机的用户就会感到它较为繁琐，与其他公司开发的同类系统相比，在技术上并不占明显优势。

基于 Windows CE 操作系统的生产的电脑厂商有 HP，LEO，联想等。

### （2）Palm OS

1979 年由 Palm Computing 公司（后被 3COM 公司兼并），是一种 32 位嵌入式操作系统。它运行在一个抢占式多任务内核上，同一时刻用户界面只允许一个应用程序被打开。Palm OS 具有优异的性能和易用性，是一套开放性极强的系统。它向用户免费提供 Palm OS 的开发工具，用户借助于它，能在 Palm OS 系统的基础上方便的编写、修改相关的软件。Palm OS 操作系统及其应用程序高效简洁，界面明快，操作方便。由于 Palm OS 是专供手持设备使用的，因此本身所占的内存极小，并且基于 Palm OS 开发的应用程序也很小，通常只有几十 KB。这是 Palm OS 与 Windows CE 的一个主要区别<sup>[21]</sup>。

与 Windows CE 相比，Palm OS 感觉上更为亲和，更加小巧玲珑，其浅显易懂的简化的人机界面，让人容易掌握和使用。不过 Palm OS 的通用性比较差，对中文支持性差。

基于 Palm OS 的掌上电脑主要有 3Com 公司的 Palm 系列，IBM 的 WorkPad，

Sony 公司的 Handspring。

### (3) EPOC

EPOC 是 Psion Software 推出的开放性操作系统。专门用于移动计算设备，包括掌上电脑，更偏向于无线设备。使用该操作系统的掌上电脑运行速度快。EPOC 是一种可处理全方位无线应用协议的操作系统。可以进行数据的无线传输，它支持蓝牙技术，使用 Java 语言，可与市场上任何一种浏览器和服务器的合作。该系统适用于小型数字助理机，目前主要是被手机类产品所采用。EPOC 占用内存很小，但目前的应用软件非常少<sup>[21]</sup>。

目前支持 EPOC 的主要由爱立信、摩托罗拉、诺基亚、松下和 Psion Software。

### (4) Linux

通过十年磨练，Linux 已在全球范围内拥有了众多爱好者和开发者，并成长为具有内核健壮、运行高效、源码开放等技术优势的操作系统。另外，Linux 是免费的操作系统，在价格上极具竞争力，Linux 的另一个技术优势就是它采用了可移植的 UNIX 标准应用程序接口，不仅支持 x86 芯片，到目前为止，它可以支持二、三十种 CPU，包括 68k, PowerPC, ARM 等，许多芯片面向 Linux 的平台移植工作都是简单而快速的。同时，Linux 内核的结构在网络方面非常完整，提供了包括十兆、百兆、千兆的以太网，以及无线网络、令牌环、光纤甚至卫星的支持，所以 Linux 完全适合于信息家电的开发<sup>[21]</sup>。

优点：用户和硬件厂商无须交纳巨额运行时间版权费用；Linux 是开源软件，受 GUN 的 GPL 公约保护，源代码可以随意拷贝、散发和使用；Linux 具有体积小和丰富的应用程序接口；Linux 的内核是可配置的；Linux 具有优秀的扩展性；Linux 网络功能表现非常出色；拥有应有尽有的驱动程序。

缺点：当然，Linux 嵌入式操作系统本身也有一定的弱点就是开发难度过高，需要很强的技术实力。

几种主要嵌入式操作系统的比较如表 2-1:

表 2-1 几种嵌入式操作系统比较

嵌入式操作系统	优点	缺点
专用的实时操作系统	模块化 实时性好 稳定性好	价格昂贵、一般不提供源代码，只提供二进制代码、需要专门的技术人员掌握开发技术和维护，所以软件的开发和维护成本都高、支持的硬件数量有限
Windows CE	多媒体功能、更强的 internet 功能、高度模块化、很好的开发支持环境、与 windows 系列兼容	源代码不公开，对每一个应用都要版权，体积庞大，占用很多的 ROM 和 RAM
Linux	跨平台、裁剪性好、性能稳定、开放源代码、内核小、效率高、免费、无线连接、开发速应快	自身过于庞大、开发难度较高、标准未成形。
Palm OS	众多支持软件、市场占有率高、开放系统、有 3COM、Sony、IBM 等支持、简单实用。	授权困难。
EPOC	来自欧洲的操作系统，由世界上三大移动电话厂商诺基亚、爱立信、摩托罗拉共同开发，市场潜力很大。	功能以手机为主，并不打算授权。

### 2.3.4 嵌入式计算机系统的特点

嵌入式计算机系统同通用型计算机系统相比具有以下特点<sup>[23]</sup>：

(1) 嵌入式系统通常是面向特定应用的嵌入式 CPU，与通用型的最大不同就是嵌入式 CPU 大多工作在为特定用户群设计的系统中，它通常都具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用 CPU 中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统设计趋于小型化，移动能力大大增强，跟网络的融合也越来越紧密。

(2) 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金

密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。

(3) 嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率的设计,量体裁衣、去除冗余,力争在同样的硅片面积上实现更高的性能,这样才能在具体应用中对处理器的选择更具有竞争力。

(4) 嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起,它的升级换代也是和具体产品同步进行,因此嵌入式系统产品一旦进入市场,具有较长的生命周期。

(5) 为了提高执行速度和系统可靠性,嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机本身中,而不是存贮于磁盘等载体中。

(6) 嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成以后用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改的,必须有一套开发工具和环境才能进行开发。

### 2.3.5 嵌入式数据库

数据库系统先后出现了集中式数据库系统、分布式数据库系统、B/A/S 多层结构的数据库系统、嵌入式数据库和移动数据库。当然,这些系统也可以共存于同一个计算环境中。

一般说来,嵌入式移动数据库可以从系统的体系结构方面来定义:嵌入式移动数据库系统是支持移动计算或某种特定计算模式的数据库管理系统,数据库系统与操作系统、具体应用集成在一起,运行在各种智能型嵌入设备或移动设备上。其中,嵌入在诸如掌上电脑、PDA、车载设备、移动电话等移动设备上的数据库系统由于涉及数据库技术、分布式计算技术,以及移动通信技术等多个学科领域,目前已经成为一个十分活跃的研究和应用领域——嵌入式移动数据库或简称为移动数据库(EMDBS)<sup>[21]</sup>。

#### (1) 嵌入式移动数据库的发展现状

数据库技术一直随着计算的发展而不断进步,随着移动计算时代的到来,嵌入式操作系统对移动数据库系统的需求为数据库技术开辟了新的发展空间。嵌入式移动数据库技术目前已经从研究领域逐步走向广泛的应用领域。随着智能移动终端的普及,人们对移动数据实时处理和管理要求的不断提高,嵌入式移动数据库越来越体现出其优越性,从而被学界和业界所重视。

目前流行的提供多操作平台和程序设计语言支持的移动数据库产品主要有以下几种<sup>[24]</sup>:

### ① Sybase SQL Anywhere/Ultralite

当前的移动数据库市场的领头羊（超过 60% 市场份额）是 Sybase 的 SQL Anywhere 产品。这种产品的最初的版本是定位于需要同步支持服务器版本的 Sybase 数据库（现在命名为 Adaptive Server Enterprise）的移动用户。发展了几年以后，这种产品已经慢慢的包括了一个微型的关系数据库，通常称为 Ultralite，可以在多种平台上配置并且支持许多同步化选项。Ultralite 可用于 Windows 95/98/NT、Palm OS、Windows CE 和 EPOC。它的应用程序接口可用于 C/C++ 和 Java 程式语言，并且这些应用程序接口在所有的支持的平台保持上不变。

Ultralite 数据库是特意为没有硬盘的设备设计的，这个数据库在存储器使用上已达到最优化，即使使用最小的内存也能提供最高的性能。SQL Anywhere 包含的另一个强大功能是 MobiLink 同步技术。MobiLink 是一个基于服务器的同步化引擎，它可以通过串行口、TCP/IP、HTTP、HotSync、ScoutSync 或 ActiveSync 连接与远程客户通信。使用象 MobiLink 这样的通用同步技术可以极大地削减开发费用，因为 MobiLink 能够处理高级的同步操作，比如瞬象 (snapshot) 和时间戳同步、主键维持、冲突的检测和解决等。在服务器端，所有的 MobiLink 同步逻辑都是通过使用后台数据库的 SQL 的事件处理的 (MobiLink 通过 ODBC 连接数据库，所以事实上支持所有的 SQL 数据库)，通过使用 Certicom 的 SSL/TLS Plus 来支持公钥加密功能 (使用椭圆曲线加密系统技术)。

### ② Oracle 9i Lite

Oracle 9i Lite 产品可用于所有主要的移动平台 (Win32、Windows CE、Palm OS 和 EPOC) 并且在某些地方还超出了 Sybase Ultralite。9i Lite 包含完整的与后台 Oracle 数据库同步的能力，也包括了 Windows CE 和 Win32 的 ODBC 客户机和 C/C++/Java/ActiveX 应用程序接口支持。这种产品还有另外两个关键的特性：Oracle Mobile Agent 和 Web-To-Go。

Oracle Mobile Agents 是一个通信解决方案，允许 Oracle 9i Lite 应用程序通过网络执行无线同步操作，这些网络有 CDPD、Mobitex 和 DataTAC 4000/5000。Oracle Mobile Agents 通过使用应用程序队列处理信息。这个队列也与运行 Oracle 高级队列 (Advanced Queuing) 选项的后台 Oracle 数据库和包括 9i Lite 的 AQ Lite 产品整合。

Web-To-Go 既是数据同步又是一个应用程序部署解决方案。建立在通用网络开发技术诸如：Apache 和 Java servlets，Web-To-Go 允许一个网络应用程序

(对于 Win32 平台) 在服务器内被存档然后自动地、同步地配置到客户机中。Web-To-Go 通过 Java 存储过程或 JDBC 支持数据库逻辑的开发并且对于那些现有的使用 Java servlets 构建的网络应用程序来说它是一个非常强大的移动解决方案<sup>[25]</sup>。

### ③PointBase

PointBase 是企业级数据库市场的一只新军。PointBase 非常独特，它是第一个经过认证的 100%纯 Java 数据库，可用于任何使用的 Java2 标准版虚拟机 (JVM) 的平台。在 2001 年 6 月的 JavaOne 大会上，PointBase 发布了 PointBase 袖珍版产品——一个为 J2SE 和 J2ME 环境设计的占用资源少的 (不到 45KB) 数据库。如果目标平台包含一个兼容 J2ME 的虚拟机，PointBase 允许部署一个 SQL 数据库应用程序。J2ME MIDP 虚拟机目前可用于 Win32, Palm OS, Windows CE 和摩托罗拉 IDEN 电话<sup>[26]</sup>。

#### (2) 嵌入式移动数据库的关键技术<sup>[27]</sup>

由于移动设备的资源限制，它一般和应用系统集成在一起，作为整个应用系统的前端而存在，而它所管理的数据集可能是后端服务器中数据集的子集或子集的副本。嵌入式移动数据库系统必须完善解决下面各项关键问题中的技术：

**备份恢复：**嵌入式数据库的备份和恢复与大型 DBMS 管理数据库不同，不能简单以独立的服务或类似形式进行，而要按照某种简化方式完成。

**复制与同步：**嵌入式数据库一般采用某种数据复制模式 (上载、下载或混合方式) 与服务器数据库进行映射，满足人们在任意地点、任意时刻访问任意数据的需求。由于存在数据复制，则在系统中各个应用前端和后端服务器之间可能需要各种必要的同步控制过程，甚至某些或全部应用前端、中间也要进行数据同步。

**事务处理：**嵌入式数据库系统中的事务处理在前端可以简单化，但在整个应用系统中可能需要结合移动计算环境的特征进行事务处理控制。

**安全性：**许多应用领域的嵌入式设备是系统中数据管理或处理的关键设备，因此嵌入式设备上的数据库系统对存取权限的控制较严格。同时，许多嵌入式设备具有较高的移动性、便携性和非固定的工作环境，也带来潜在的不安全因素。同时，某些数据的个人隐私性又很高，因此在防止碰撞、磁场干扰、遗失、盗窃等对个人数据安全的威胁上需要提拱充分的安全性保证。

系统快速启动：嵌入/移动设备的系统可靠性和可用性相对于固定主机而言一般相对偏低，因此发生系统故障的概率可能大大提高。因此，在这样的计算环境或计算平台上必须保证系统在发生不可软件纠错的情况下能够通过硬件进行系统的快速启动。

此外，如果系统所嵌入的某种移动设备支持实时应用，则嵌入式数据库系统还要考虑实时处理的要求。这是因为设备的移动性，如果应用请求的处理时间过长，任务就可能在执行完成后得到无效的逻辑结果，或有效性大大降低。因此，处理的及时性和正确性同等重要。

### (3) 嵌入式移动数据库应用<sup>[25]</sup>

嵌入式移动数据库技术目前已经从研究领域向更广泛的应用领域发展，随着移动通信技术的进步和人们对移动数据处理和管理需求的不断提高，与各种智能设备紧密结合的嵌入式移动数据库技术已经得到了学术界、工业界、军事领域、民用部门等各方面的重视。

基于嵌入式移动数据库的应用可划分为水平应用和垂直应用。所谓水平应用，是指应用方案能够用于多种不同行业，只需要极少的定制工作；而垂直应用，则是针对特定行业的应用，数据处理具有独特性。

水平应用：这类应用可用于不同的领域，应用核心不需要修改，只需对应用的前端或后端进行适当的定制。

#### ①数据库信息存取

移动用户通过前端嵌入式数据库应用工具，直接向网络数据库服务器提交查询，将检索到的结果缓存或复制到嵌入式数据库中，进行本地管理。这些前端工具可能进行一定的定制，后台数据库服务器也可能作一些修改。

#### ②场地内或场地间的移动应用

应用中的移动用户在某个或某几个场地内移动，同时保持与基地服务器的联系，这种典型应用消防监督检查员的现场检查和管理等。

#### ③基于 GPS 和 GIS 的应用

这类应用通过全球同步通讯卫星（GPS）、GIS 传送地图信息或位置信息，以及其它的辅助资料可以保留在嵌入式数据库中。例如 GIS 系统（Geographic Information System）通过获取指定地点的地图信息来指导工作，该系统可以应用到自然资源和环境控制中。

#### ④现场审计和检查

移动用户是具有一定审计、检查、监督等权利的检查人员，在处理过程中要连接到受检查者的信息数据库，并进行必要的更新，同时更新被检查者的嵌入式数据库。例如：出租车检查、财务审计、施工监督、车辆保险协调等。

垂直应用：与水平应用相比，垂直型应用具有明显的行业特殊性，不同领域的应用之间差别较大，结果表示和服务器数据库的管理也有很大不同。主要涉及保险、银行业、航班信息、政府部门等具体的行业领域。

#### ①金融行业的应用

主要涉及保险业、银行业、股票交易等。如保险业业务员将客户在多个账户中的信息进行汇总，并在必要时给出某种形式的报告。基于掌上电脑或其它移动设备上的嵌入式数据库所建立的移动应用能够很好地满足应用的需求。

#### ②零售业和分销行业应用

手工操作或固定的 POS 销售，已经发展为无线网络中基于嵌入式数据库的移动电子存单管理和无线 POS 系统。另外，支持无线 Modem 的移动自动售货机可以支持信用卡支付，以无线通讯方式实时进行注册、验证，完成交易处理。

#### ③卫生保健应用

这类应用包括远程会诊、紧急医疗服务、现场医疗数据收集等。医生通过无线网络，可以在任何地方提取病人病历，研究疾病，制定处方。

#### ④法律和公共安全

移动用户的可移动性在案犯追捕中具有明显的优点。警务人员的移动设备的嵌入式数据库中保留一定的案犯信息，可以随时检索疑犯信息。

#### ⑤运输业

使用移动计算技术可以降低送货/装货的成本，通过 GIS 实现远程监控和规划。运输工具上安装定制的微型计算机，可以接入所在地区的服务器，并在计算机中保存交通信息数据库，来指导司机的决定。

此外，还有其它一些专门的移动应用，如航空、铁路、服务等行业，它们都要求提供方便、快捷的服务。而自动交通税收、自动仪表信息收集和电子地图等应用更具有明显的行业特殊性。

嵌入式移动数据库将随着各种移动设备、智能计算设备、嵌入式设备的发展而迅速发展。随着设备上的嵌入式应用对数据管理的要求不断提高，嵌入式数据库技术的地位也日显重要，它将在在各个应用领域中扮演越来越重要的角色。

### 2.3.6 移动计算

所谓“移动计算”指的就是无论何时何地，可以通过某种设备访问到所需的信息。移动计算是一种新型的技术，它使得计算机或其他信息设备在没有与固定的物理连接设备相连的情况下能够传输数据<sup>[28]</sup>。移动计算的作用在于，将有用、准确、及时的信息与中央信息系统相互作用，分担中央信息系统的计算压力，使有用、准确、及时的信息能提供给在任何时间、任何地点需要它的任何用户。从计算技术的角度来看，人们已经由网络计算逐步延伸到了移动计算。

移动计算的含义十分广泛，所涉及的技术包括移动通信技术、小型计算设备制造技术、小型计算设备上的操作系统技术及软件技术等。移动计算主要针对移动设备，比如信息家电或某种嵌入式设备，如：掌上电脑、车载智能设备、笔记本计算机、手表、智能卡、智能手机（具有掌上电脑的一部分功能）、POS销售机等新一代智能设备。移动计算设备可以一直或间断地连接着网络，与 Internet、Intranet 及 Extranet 连接，使用户能够随时随地获取相关的各种信息，并做出回应。移动计算提供了经由网络，使用各种各样的移动计算设备，访问后台数据、应用和服务的功能。无论使用何种移动计算设备，用户将能轻易访问信息，得到服务。

从软件系统的角度来讲，移动计算是指使用小型计算设备、在位置不断移动的过程中或在地理位置分布很广的范围内，在不稳定的条件下实现联机事务处理和企业核心数据访问。这些小型计算设备，具有多种通信手段，如移动通信网络、卫星等，能与互联网或企业内部网相连，但这种连接不是固定的连接，而是间断的连接。移动计算的软件技术使用户可以使用这些设备进行复杂的联机事务处理和信息访问，因为用户所使用的设备体积小，可用的计算资源（内存、存储设备和 CPU）都相当有限，大部分处理工作由计算中心的数据服务器和应用服务器完成。

#### （1）移动计算的特性<sup>[29]</sup>：

间断连接与轻量计算是移动计算最重要的两个特征。移动计算的软件技术就是要实现在这种环境下的事务和数据处理系统。

间断连接是服务器能否不时地同用户（特别是移动用户）保持联系。用户必须能够存取服务器信息，在中断联系的情况下，可以处理这些信息。

由于有部分数据要存储在移动计算设备上，移动计算中的数据库成为一个

很关键的软件基础部件。当然还可以增加复杂的数据连接功能，如连接到全球定位系统，让司机准确获知当前的位置，与电子地图相连，输入目的地，显示出到达目的地的最快路径，以及连上互联网其它信息，如天气预报、饭店的地址和电话等。完善的数据连接功能可以为用户提供更多的服务。

轻量计算针对计算资源相对有限而言。移动计算主要用于商业用途的数据处理，通常针对移动办公的工作人员和需要经常在旅途中存取公司系统数据的职员，他们需要不受地域和时间限制地获取和处理核心系统上的数据。

## (2) 移动计算对于系统开销的要求

按移动计算对于系统开销的要求通常可以分为三种类型，分别使用三类操作系统，适用于不同类型的用户，针对不同的市场，有三种不同的数据存储需求<sup>[30]</sup>。

### ① Windows CE

它具有典型的前端办公形式应用程序，是用于商务处理的完整操作系统，在小型轻便个人计算机上运行。用户用微型键盘输入数据，整个系统开销大约为 2MB，所以数据库的开销很小，大约只有 1MB，物理存储量约在 500 MB~600 MB 之间。

### ② 手持设备（又叫掌上机），运行生产商特制的掌上机操作系统（Palm OS）

这种设备比 Windows CE 设备更小，通过手写笔进行数据录入，配有一个很小的浏览窗口。通常该设备上数据库可用的内存容量小于 1MB，物理存储量在 500 MB 以下。

③ 汽车的内置计算机部件。这种设备只有 100 KB 的内存，没有硬盘存储，运行用专用的实时操作系统开发商开发的操作系统。

## (3) 移动计算对数据库的要求

数据库是实现移动计算的重要基础。如果直接把传统的关系型数据库应用移植到移动设备上，对数据库的开销要求较高。移动计算中数据库要解决的两个问题是：第一是数据复制的实现，也可称为数据同步化，确保随时随地数据一致，并促使设备与服务器的数据双向流动。第二是开发支持标准 API 和 SQL 子集的小型 DB2，使用户可以将已有的应用程序，方便地移植到这些设备上，也可以用相同的工具和 API 来编写新的应用程序；同时保持较低的系统开销和较高的数据处理性能。所用的数据则来自用数据复制功能从中心服务器获得的数据。

移动计算的数据库必须是一种具有持久存储机制的可缩放数据库环境，可以存储大量数据，并且能保证操作过程中即使断电也不会丢失数据。通常的办法是把数据放在 Flash 闪存中，所以数据恢复技术与普通的数据库不太一样。多用户环境中的数据库服务要考虑记录锁定的问题，所以具有并发控制机制，但移动式数据库并不一定需要封锁机制。此外，由于数据量较少，索引也相应减少，一些传统的查询优化技术也变得不太重要，所以移动式数据库与典型的数据库差别还是较大的。因此，对数据库就有三个基本要求：

①在移动计算设备上安装一个系统开销低的小型数据库管理系统，用于在本地存取信息。由于设备通常很小，数据库管理系统必须要比目前更小才能适合这些设备。

②在软件的分布、数据备份和恢复、移动存取等方面，要具备高效、实时的数据复制能力。保证移动设备上的数据与企业数据库中的数据同步，因此，对数据库的备份和恢复、分布式数据库管理等方面都有特殊要求。

③移动计算也与电子商务紧密联系在一起，那些电子商务应用程序要求能够交流、存取信息。

#### (4) 移动计算环境

移动计算环境是传统分布计算环境的扩展。在传统的分布计算系统中，各个计算结点之间都是通过固定网络连接的，并始终保持网络的持续连接性，而移动计算机系统不具备这种条件。移动计算系统是由固定结点和移动结点构成的分布计算系统，它将使用户不再需要停留在固定位置不变，而是可以携带着移动计算机自由移动，并在移动的同时通过移动通信网络保持与固定结点或其他移动结点的连接。

移动计算环境比传统的计算环境更为复杂和灵活。计算平台的移动性、连接的频繁断接性、网络条件的多样性、网络通讯的非对称性、系统的高伸缩性和低可靠性以及电源能力的有限性等因素对移动数据库的性能提出了相当高的要求。移动技术的发展必将对嵌入式移动数据库的发展起强大的推动作用，同时嵌入式移动数据库的发展也能促进移动计算的广泛应用。

移动计算环境的特点可以归纳为以下三个约束：

①手持设备的资源都相对贫乏、安全性差。由于受能源和便携性的限制，手持设备必须牺牲计算能力、存储能力和其它能力来提高移动性。另一方面，移动设备在提高便携性的同时，也增大了设备丢失和损坏的可能性；

②网络的性能变化范围很大，连接时断时续。无线网络，尤其是广域无线网络的网络带宽、传输延迟和通信费用以及有线主干网络都有数量级上的差异，移动计算系统必须能够同时适应高性能的有线网络和低性能的无线网络；

③计算节点位置不固定。在移动计算系统中，计算设备在移动的同时还要保持计算的连续性。这必然会影响系统对计算节点的拓扑结构和系统配置的依赖关系。这些约束都是移动环境的内在特性，最终要依赖软件技术的发展来解决。

移动计算环境中的关键技术涉及网络、分布式信息处理、数据库、软件工程、移动 Agent 等跨领域研究，例如，从数据库领域，有著名的移动计算的 Imielinski 模型，是用于在高度移动分布环境中的查询。

## 2.4 Windows CE

Windows CE 是一个抢先式多任务、并具有强大通信能力的 Win32 嵌入式操作系统，是微软为信息家电、移动应用、嵌入式应用等非 PC 领域而设计的操作系统<sup>[21]</sup>。

Windows CE 包括四个主要模块：Kernel 模块，Object Store 模块，GWES 模块，Communications 模块。Kernel 模块是 Windows CE 操作系统的核心；Object Store 模块即对象存储模块；GWES 模块即图形（Graphics）、窗口（Windowing）、事件（Events）子系统模块；Communications 模块即通讯模块<sup>[31]</sup>。

Windows CE 体系结构独立于程序设计语言，而且采用和 Windows 兼容的 API 方式，这样保障了 Windows CE 的组件化和 ROM 化，以充分适应有限的存储空间和各种不同硬件芯片的要求。Windows CE 的内核支持基于 ROM 和 RAM 的执行和页面调度算法<sup>[32]</sup>。

Windows CE 的设备驱动程序采用专用和通用两种接口方式，以适应不同硬件设备需求。对于键盘、触摸屏、显示器等设备，采用固化驱动程序的办法；而对于串口、PC 一片，CF 卡等，则采用流接口驱动程序的办法<sup>[33]</sup>。

Windows CE 目前支持的处理器系列主要有：MIPS3900/4xxx/52xx（MIPS32），SH3，SH4，486，Pentium、PPC、ARM、Strong ARM 等。

### 2.4.1 Windows CE 3.0 实时性主要特点

#### (1) 进程与线程处理

Windows CE 3.0 支持 256 个线程优先级。0 级为最高优先级、255 级为最低优先级。Windows CE 3.0 采用基于优先级的线程调度策略，高优先级的线程先被调度，低优先级的线程直到高优先级的线程运行结束或阻塞时才能运行。优先级相同的线程采用时间片循环轮转的调度模式。

### (2) 中断处理和中断嵌套

实时应用程序利用中断使操作系统迅速响应外部事件，Windows CE 把中断处理分为两部分：中断服务例行程序 (ISR) 和中断服务线程 (IST)。只要硬件支持，Windows CE 3.0 还支持任意的中断嵌套。

### (3) 较高的定时器精度

Windows CE 3.0 的定时器精度可以达到 1ms。因此，对于任务周期为毫秒并且实时性较高的线程，Windows CE 3.0 完全可以满足要求，而这对于 Windows 来说实现起来就比较困难，且可靠性也难以保证<sup>[34]</sup>。

## 2.4.2 Windows CE 中文版上系统开发中的问题

### (1) 关于界面的处理问题

掌上设备屏幕的分辨率一般为 320\*240，在较小屏幕上合理显示较多有用信息，以满足用户需要。但要注意，在模拟环境中调试时还要考虑输入问题：弹出软键盘输入时会覆盖部分窗体。

### (2) 注意应用系统能否生存在少量内存环境中的问题

应用系统严格地受限于设备上物理 RAM 的数量，必须编写出尽可能少使用 RAM 和能够正确处理内存不足状态的应用系统。

### (3) 模拟器使用的问题

Windows CE 的编程平台一般都带有模拟器仿真模块 (SDK)。系统在模拟器上编译通过后，最后还要在设备上运行，以达到预先设计的效果。

### (4) 关于 API 调用差别的问题

Windows CE 只支持 Win32 API 的子集，部分 API 不再支持。虽然 Windows CE 的 API 是 Win32API 的一个子集，但能支持近 1500 个 Win32 API。和 Windows 9X/NT 的 API 相比，Windows CE 中的 API 不提供冗余的 API，也没有 Windows NT 的安全函数、ASCII API 版、DCOM/RPC 以及 OLE 中的“LE”。在设计 Windows CE 的 API 时，关注的是内存的大小、电源的管理、驱动程序的模型以及如何使用线程调度表示更简单。当然，在 Windows CE 系统中，所提供的 API 也可随具

体应用需求而定。不同产品类有不同的 API 集。

#### (5) 有关 Unicode 的问题

为了使 Windows CE 的应用系统具有广泛而方便的移植性, Windows CE 中使用 Unicode 编码。与普通操作系统采用的 ASCII 码标准不同, Unicode 是用一个 16 位数值来表示一个字符, 每一个字符占用两个字节。

### 2.4.3 嵌入式系统与 Windows CE

Windows CE 作为一种嵌入式操作系统, 既具有嵌入式系统所要求的实时性和内存需求小的特性, 又具有 PC 机上 Windows 系统的许多特性, 它支持近 1500 个与 Windows 系统兼容的 API 函数, 支持与桌面系统类似的友好界面。

同时与 Windows CE 一起推出的集成开发环境 Embedded Visual Tools, 给嵌入式系统应用程序的开发提供了极大方便, 可以缩短系统的开发周期。

在将以 Windows CE 为平台的设备应用到测控系统时将会受到以下内容的限制: 有限的计算能力(其 CPU 和 Windows 其他系统的 CPU 相比)、有限的存储、有限的显示尺寸; Windows CE 严格来讲并不能归入实时操作系统的范畴, 但是系统中的中断机制和线程优先机制可以为实时应用提供方便, 因而也适用于大多数的实时系统开发; 另外 Windows CE 的版权费要价过高等缺点。

国外由于嵌入式系统的应用比较成熟, 众多厂家各有所长。Cellvic 应用于掌上电脑; ChorusOS 应用于电信; Cmx 在消费电子、汽车、医疗设备、通讯、航空和工控等领域得到应用; Ecos 应用于信息家电; Embedix 应用于消费电子、电信、工控、信息家电、运输和零售等领域; Epc 应用于无线信息设备; Inferno 应用于网络设备、信息家电、工控、汽车、军事和航空等领域; Lynx OS 应用于电信、航空和防御系统; Nucleus 应用于消费电子、网络设备、无线、导航、办公设备、工控和医疗设备等领域; OS9 应用于消费电子、信息电器和汽车多媒体系统; Palm OS 应用于掌上电脑; pSOS 应用于消费电子、工控、网络设备、航空、防御系统、汽车、交通和医疗设备; Qnx 应用于消费电子、电信、汽车和医疗设备; VxWorks 应用于消费电子、工控、网络设备、航空、防御系统、汽车、交通和医疗设备; Windows CE 应用于消费电子、掌上电脑和工控等领域。

在众多嵌入式操作系统产品中, 以 3Com 公司的 Palm OS 和微软公司的 Windows CE 最为著名, 它们无疑是市场竞争中的领先者, Palm OS 在中国始终无法打开局面的主要原因是它中文支持不完善, 因此阻碍了它在中国的进一步

发展。Windows CE 是微软专门为信息设备、移动应用、消费类电子产品、嵌入式应用等非 PC 领域而设计的操作系统。尽管与 Win32 保持兼容,却不是 Windows 9x 或 NT 系列的简化版。另外,就目前情况而言,嵌入式 Linux 在基于图形界面的特定系统定制平台的研究方面,与 Windows CE 系统相比,还存在差距,另外集成开发环境的建立尚需进一步完善。

目前,国内一些机构也推出了自主开发的嵌入式操作系统:中科院软件工程中心开发的 Hopen,有很强的适应能力,可以由用户选择不同的硬件平台和应用软件;电子科技大学也开发出自己的实时嵌入式操作系统 RTOS,它已经在一些实际产品中得到了成功的应用;南京移软的 mLinux 也开始在一些产品中应用;桑夏高科开发的桑夏 2000 操作系统,它对硬件要求相对较低,无形中降低了系统的总体拥有成本,因此对于国内低端产品的工业控制系统应用有较好的市场占有率。

随着 Windows CE 应用消费电子产品上的成功,诸如掌上电脑、数码相机、手机等,Windows CE 也开始向工业实时性应用领域发展,另外由于 Windows CE 与 Windows 系统具有良好的兼容性以及完善的集成开发环境,这些使得 Windows CE 在国内市场占有率逐年上升。而国内的基于 Windows CE 嵌入式系统研究大多是从以前面向过程的系统移植过来的,而作为一个商业产品系统,其后续开发就存在不少问题,诸如升级换代、维护、性能改善等。本文是在 Windows CE 系统平台上,对嵌入式系统进行分析和设计,这些为系统以后的后续开发奠定了基础,从而可以使产品快速形成系列化以提高产品的竞争力。

## 2.5 移动地理信息系统 (Mobile GIS)

移动地理信息系统是在嵌入式地理信息系统的基础上,集成先进的个人化计算机技术 PDA、移动通信技术 (GSM/CDMA) 和卫星导航定位 GPS 技术,以拓展 GIS 系统的应用领域,提高 GIS 信息采集和数据处理的方便性和实时性。Mobile GIS 系统是包含了卫星定位技术,移动通信技术, GIS, 互联网等技术的综合性数字化信息系统<sup>[39]</sup>。由于采用了有效的系统集成,该系统可以为客户提供一种方便、快捷和可靠的信息查询和决策手段<sup>[36]</sup>。

### 2.5.1 移动地理信息系统特征

移动地理信息系统建立在嵌入和无线基础之上，不仅仅指随物理载体移动的 GIS 系统，也不仅仅指可以提供移动目标信息，也不是常规 GIS 的精简以便于能够在小计算机上实现 GIS 操作，它是一个使用根本性不同的事例所构建的系统，与地理信息服务紧密联系在一起，是技术、信息、服务的集成。移动地理信息系统含义包括：在小“笔记本”（notebook）中存储大量数据，这个小“笔记本”具备以下特征<sup>[35]</sup>：

- (1) 能够提供地图上所有典型标注的信息；
- (2) 针对纸质地图长久使用会磨损的特点，它是一种更加经久耐用、坚实可靠的计算机媒介；
- (3) 容易有序的预备、组织专业个人事务；
- (4) 在浏览数据时，通过标准 GIS 特征，如缩放、移动、选取属性、图形查询等，提供更多灵活性；
- (5) 更加灵活的符号化，能够容易的将现实实体标注为专业行为，并且确保与目前起草的标准广泛适应；
- (6) 有附加数据集来辅助专业决策，如通过网络连接以获取有关运动踪迹及空间分析的图形、地理编码的时刻表和影像等。

PDA 具备以上特征，是移动 GIS 的理想平台。很明显，同出版后很快就被淘汰的纸质地图相比，移动 GIS 提供显著的优势。然而，也正是近几年 PDA 产品和笔触式计算机的消费产生了“Mobile GIS”的概念，使其成为许多组织机构一种经济、方便的选择。

### 2.5.2 移动地理信息系统需求

由于不同的行业或组织对如何应用 GIS 有不同的理解，因此很难概括移动 GIS 的通用特征，但是如果一个移动 GIS 系统被开发以发挥其主要潜能，它应该是基于最佳 GIS 基础结构，不仅仅是地图系统，而是一个集成的空间信息环境。移动 GIS 是整个处理过程中必不可缺的组成部分。

至少要仔细考虑以下三个方面<sup>[37]</sup>：

#### (1) 数据提取 (Data Extraction)

企业级空间数据库十分庞大和全面，不可能全部装载到移动设备中，必须

允许用户自己选择空间信息需求，然后信息通过安全、稳定的通信方式从“支持GIS系统”中传输到“移动GIS”系统中。GIS信息服务提供者也应该提供相应的数据选择工具来“提出”并“传送”空间信息，这些数据必须与移动设备全面兼容而不致中断发生。

### (2) 个别服务 (A single GIS)

对移动GIS的信息服务支持一般来自总公司 (Head Office)，这将使支持和培训更加简单、有效，也意味着在野外作业中数据库更新如同备份、恢复等标准过程一样可获得。

### (3) 硬件平台 (Hardware Platform)

“性价比”一直影响产品需求，保持较低的硬件成本可使移动GIS广泛普及，并不需要采用昂贵的硬件，操作系统和处理过程要确保发挥系统的全部潜能。

## 2.6 嵌入式GIS技术的研究

GIS是集计算机科学、地理学、信息科学等学科为一体的新兴边缘科学，可作为应用于各领域的基础平台。这种集成是对信息的各种加工、处理过程的应用、融合和交叉渗透，并且实现各种信息的数字化的过程。在GIS中，空间信息和属性信息是不可分割的整体，它们分别描述地理实体的两面，以地理实体为主线组织起来。空间信息还包括了空间要素之间的几何关系，使GIS能够支持一般管理信息系统所不能支持的空间查询和空间分析，以便于制定规划和决策。事实上，凡是涉及到地理分布的领域都可以应用GIS技术。

嵌入式地理信息系统 (Embedded GIS) 是集成GIS功能的嵌入式系统产品，是GIS走向大众、服务于大众的一种应用。嵌入式移动设备不仅具备良好的软硬件可扩充能力，还具备移动性，这给GIS实时数据采集与更新带来了极大的方便，它也是导航、定位、地图查询和空间时间管理的一种理想解决方案，可以在很多领域得到广泛的应用，如军事、智能交通、应急指挥系统、物流配送系统、城市管理、自然资源勘测调查等。

嵌入式GIS是GIS与新兴嵌入式硬件相结合的一个产物，是原有的GIS领域的分支与延伸、补充与发展，是以采集、存储、管理、分析和描述空间信息的计算机系统。其主要涉及对现实世界的地理建模技术以及空间数据采集、管理、分析和显示技术。

当前,随着 GPS、全站仪、遥感技术的发展,空间数据的采集已获得飞速发展。GIS 数据模型的研究以及数据库技术的发展也使得空间数据的管理变得方便快捷。计算机图形学的发展更加强了 GIS 中图形的显示和处理能力。嵌入式 GIS 就是在嵌入式设备上运行的 GIS,是系统设计与开发层次上的应用,是一个软硬件结合的系统。由于它是运行在资源紧缺的嵌入式设备上,因此嵌入式 GIS 应用程序必须考虑如何合理利用资源,尽量减少资源的消耗,包括 CPU 运算量、内存和外存的消耗,尽可能地提高效率。

嵌入式 GIS 是嵌入式技术、GIS、移动终端、移动定位等技术共同支撑的新兴边缘领域,其研究和发展主要依赖这些技术的发展和更新。

### 2.6.1 GIS 与嵌入式 GIS 的区别

GIS 是指通用的个人计算机上运行的地理信息系统,而嵌入式 GIS 则是指运行在嵌入式设备上的 GIS 系统。它们都可以采用面向对象的编程方法来实现,对象模型的实现方式没有太大区别,但复杂程度有所不同,GIS 要求全面,而嵌入式 GIS 要求简练,功能上可以进行裁减。功能嵌入式 GIS 的可裁减性体现在根据用户对兴趣点的不同而对空间数据和功能进行不同的处理,如简单的车载导航系统所用的数据就可以很简单,空间数据只需要道路、路标、水体、分界线等信息,而不需要其他的等高线,拓扑关系等。在功能上就可能只要浏览、定位和简单查询等,而不必要 GIS 中复杂的空间分析功能,这样处理就可以节省存储空间,提高速度。

### 2.6.2 与 PC-GIS 的比较

PC-GIS 指组成地理信息系统的计算机系统是通用的个人电脑,而 EM-GIS 则是嵌入式计算机系统。EM-GIS 和 PC-GIS 都可以采用面向对象的编程方法来实现,对象模型的实现方式没有区别,但复杂程度有所不同,PC-GIS 要求全面,而 EM-GIS 要求精炼,功能可裁减。PC-GIS 与 EM-GIS 的比较如表 2-2。

嵌入式 GIS 主要特点是:可裁剪性,包括数据格式的剪裁、功能剪裁和数据剪裁。不同的用户对兴趣点的要求不同,裁剪可顾及兴趣点内容的精确性、完整性,不必要实现 GIS 中复杂的空间分析功能。这样可以节省容量和提高速度。

表 2-2 PC-GIS 与 EM-GIS 的比较

比较方面	PC-GIS	EM-GIS
程序和数据的存储方式	PC 机硬盘中	嵌入式设备芯片中
程序的容错程度	高	不允许有错
程序的改变和升级	容易实现	不容易实现
程序的安全性	低	高
程序的通用性	高	低
程序的可靠性	低	高
目标代码的大小限制	基本无限制	要求代码精炼
程序的数据容量	大	小

### 2.6.3 开发嵌入式 GIS 应该要考虑的问题

嵌入式 GIS 的开发原则要求程序编写和编译工具的质量要高，以减少程序二进制代码长度、提高执行速度、保证软件的高可靠性，具体应遵循以下几条开发规则：

#### (1) 嵌入式 GIS 应用程序必须是低内存要求

PDA 等移动设备通常没有多少空间容纳像台式 PC 机那么多的内存，因此必须保证嵌入式 GIS 应用程序适应 CE 设备的低内存环境。由于 GIS 空间数据中的实体数相当多，在编写基于 Windows CE 的嵌入式 GIS 应用程序时，每一件和内存分配相关的事情都变成了问题，为了正确处理这种关于内存需要的问题，应该注意以下事项：①选择合适的算法，特别是在选择空间分析算法时，尽量减少实体的内存分配空间；②保持静态变量的大小和数量为最小；③集中分配应用程序的内存，并检查内存分配的返回值。

#### (2) 了解形状系数，减少占用屏幕的空间

形状系数是用于描述一个给定设备的形态、外观和感觉的术语。例如，掌上型 PC 是一种形状系数，手持式 PC 是另一种形状系数。微妙之处在于每一种形状系数都有不同的设计需求。例如，掌上型 PC 的屏幕是长窄的，大约 240\*3200，而手持式 PC 的屏幕与台式机的屏幕相仿，大约 640\*320。

同样，掌上型设备上运行的程序可能希望在用户弹出输入面板时改变自身的大小。所有这些不同的形状系数和它们独特的显示类型就要求在设计嵌入式

GIS 应用程序的用户界面时依据其设备而定。

由于嵌入式计算机的屏幕空间很小，而为显示一幅较满意的地图又需一定的屏幕空间，这就需要尽量减少其他界面占用的空间，如标题、菜单、工具栏、状态栏等等。

### (3) 嵌入式 GIS 应用程序必须使用 Unicode 字符集

Unicode 是世界范围的字符标准，理论上讲可以使应用程序更易于国际化。Windows CE 是基于 Unicode 的操作系统，即操作系统向用户显示的所有文本实际上都是 Unicode 文本，也就是说所有的常用控件只显示 Unicode 字符串。所以 Unicode 在程序使用文本时将会产生以下的变动：

- ①所有字符串必须用 Unicode 类型而不是 char 类型声明；
- ②程序中的所有文本文字必须是 Unicode 字符串；
- ③必须为 Unicode 字符串选择正确的 C 运行库函数；
- ④程序现在必须处理两种类型的文本文件。

### (4) 选择适当的嵌入式 GIS 数据库

基于嵌入式移动数据库的应用可划分为水平应用和垂直应用。所谓水平应用，是指应用方案能够用于多种不同行业，只需要极少的定制工作；而垂直应用则针对特定行业的应用，数据处理具有独特性。GIS 系统通过获取指定地点的地图信息来指导工作，该系统可以应用到自然资源和环境控制中。所以嵌入式数据库一般采用水平应用方式。

### (5) 其它一些需要注意的问题

按需分层调入 GIS 数据，只考虑当前需要研究的地图数据及图层，其它不予考虑，这样就可以避免不必要的内存开销；选择合适的算法，尤其在空间分析算法时，尽量减少实体的内存分配空间；设计嵌入式 GIS 应用程序的用户界面最好依据具体设备的形状而设计，可以为用户提供方便的操作界面。

## 2.7 基于嵌入式 GIS 的应用前景

(1) 个人移动位置信息服务通过与 GPS 的集成，移动终端能够定位用户所在的位置，根据用户的位置查找最近的饭店、旅客、书店、商场等用户迫切想知道的信息，并能以图形方式显示出来。

(2) 个人安全和紧急救助当用户的人身安全受到威胁时，可将当前的位置

信息传输给 110, 120 等报警或救护中心, 从而实现实时救助服务。

(3) 位置导航服务根据用户当前的位置及最终目的地, 进行路线查询, 可得到最短路线信息。并可提供实时监控, 将行走轨迹显示到电子地图上。

(4) 物流配送的过程是实物的空间位置转移过程, 在物流配送过程中, 可能要涉及到货物的运输、仓储、装卸、送递等处理环节, 应用嵌入式 GIS 可以为物流配送提供空间定位, 优化仓库位置的选择及配送路线。

## 2.8 无线通信技术

由于网络的发达, 现在的资讯大部分都是通过网络来传递, 企业内部的沟通及文件发送也都是在网络上进行。也因此, 上网成为现代人每天都要进行的事情。除了传统 Internet 及 56k Modem 的有线上网方式外, 无线通信将是未来的主要趋势。无线网络 (Wireless networks) 是移动用户和有线网络 (wired networks) 之间最有效的桥梁, 也是移动通信的关键载体。未来的产品将会朝着无线通讯的目标发展, 让任何人在任何时间及任何地方都能轻易的连上网络, 进行资料传输。也因为这个需求, 掌上型电脑必须具备无线通信的能力是非常明确的趋势<sup>[38]</sup>。

以无线网络装置通讯范围来划分, 无线网络可以分为 WWAN, WLAN, WPAN, 卫星网络<sup>[39]</sup>。

### (1) 广域蜂窝网络 (wide area cellular networks) <sup>[40]</sup>

目前的移动通信网是第二代, 对其新的改进被称为 2.5G 技术, 进而发展成为 3G 网络, 被广泛应用于目前的网络, 所有新技术网络都以 3G 网络为参考。技术主要包括: GSM、IS-136、CDMA 等 (表 2-3)。

由于无线网络卡必须在特定的地点或场所才能通过基地台上网, 因此消费者对于通过手机模组上网的方式也就多了一份期待。只要 PDA 具有手机模组功能, 除了可以将 PDA 当作手机使用之外, 还可以通过该模组在能接收到手机讯号的地方上网, 扩大了无线上网的范围。

表 2-3 移动数据服务概括

核心技术	服务	数据容量
GSM	基于标准 GSM 07.07 技术的数据交换	速率 9.6 Kbps 或 14.4 Kbps
	高速数据交换 (HSCSD)	可能速率 28.8 Kbps 或 56 Kbps
	通用信息包无线服务 (GPRS)	速率超过 14.4 Kbps 的 IP 和 X.25 通信
	对 GSM 技术增强数据传输率 (EDGE)	速率达到 384 Kbps 的 IP 通信, 可能与 IS-136 网络漫游
IS-136	基于标准 IS-136 技术的数据交换	速率达到 9.6 Kbps
	EDGE	速率达到 384Kbps 的 IP 通信, 与 GSM 网络漫游功能。
	WCDMA 或 宽 带 TDMA (WTDMA)	类似 EDGE, 户内通信速率达到 2Mbps 容量, 增加语音容量
CDMA	基于标准 IS-707 技术的数据交换	速率达到 9.6 Kbps 或 14.4 Kbps
	IS-95B	速率达到 64Kbps 的 IP
	CDMA2000-1XRTT	速率达到 144Kbps 的 IP 通信
	CDMA2000-3XRTT	户外速率达到 144Kbps 的 IP 通信, 户内速率达到 2Mbps

(2) 高速无线局域网 (High-Bandwidth Local Area Wireless Technologies)

WLAN 是一个灵活的数据通信系统, 利用电磁波在建筑物或校园中传输数据, 最大程度的减少有线连接, 有效范围从 50 英尺到 1000 英尺, 计算机需要无线局域网卡。

(3) 无线个人区域网络 (Wireless Personal Area Networks, PAN)

PAN 安装在办公室或家里, 有效距离一般为 5-15 米, 主要应用两种技术, 包括: 红外传输 (IrDA) 和蓝牙 (Blue Tooth), 数据传输速度达到 0.5—1.5Mbps。

红外线: 因为红外线是大部分的 PDA 都具备的基本功能, 因此通过具有红外线功能的手机, 再加上 GSM 或 GPRS 的服务, PDA 就能连上网络。这是最简单但也是最不方便的无线上网方式, 因为红外线是具有方向性。也就是说, 使用者必须将手机及 PDA 以一定的角度摆放在一起, 如此让无线上网的方式变的有点绑手绑脚。

蓝牙技术：由于蓝牙模组的体积越来越小，因此 PDA 内建蓝牙模组的机种在未来也会越来越多。通过具有蓝牙功能的手机，再加上 GSM 或 GPRS 的服务，PDA 就能轻易的连上网络。因为蓝牙是一个开放性、短距离无线通信的标准，它可以用来在较短距离内取代目前多种电缆连接方案，通过统一的短距离无线链路在各种数字设备之间实现方便快捷、灵活安全、低成本、低功耗的话音和数据通信。蓝牙没有方向性，因此即使手机放在包包或口袋里，只要在合理的收讯范围内，PDA 和手机都可以维持连线的状态。透过蓝牙的上网方式，将随着蓝牙手机的普及而被广泛的运用。

#### (4) 卫星网络 (Satellite Networks)

无线网络不可以覆盖到一些偏远区域，因为服务提供者不可能处处建立基站，而卫星网络可以覆盖全球，可以从地球表面的不同高度传输。

很明显的，手持式的行动装置及无线通信产品两者的结合将是未来市场的趋势。未来的 PDA 也将朝着无线通信的方向发展。

## 第 3 章 嵌入式 GIS 系统设计

### 3.1 系统硬件平台选择

移动设备主要有信息家电或某种嵌入式设备，如：PDA、车载智能设备、笔记本计算机、手表、智能卡、智能手机（具有掌上电脑的一部分功能）、POS 销售机、屏幕电话（除了普通话机的功能还可以浏览网页）等新一代智能设备。

专家们相信，掌上电脑等个人数字助理（PDA）将是实现移动地理信息的载体。PDA（Personal Digital Assistant，个人数字助理）集电脑、通讯、消费等功能于一体，是具备记事、计算、上网、电话等功能的嵌入式设备。所谓嵌入式设备，是指具有计算机功能，但又不称为计算机的设备或器材，几乎包括了我們周围的所有电器设备：PDA，Smart Phone，E-book 等移动计算平台、信息家电、智能工控设备、自动售货机、医疗仪器、自动取款机等等。PDA 的出现可以追溯到 Apple 公司于 1993 年推出的 Newton Message Pad。狭义的 PDA 是指电子记事本、电子词典。主要功能是个人信息的管理（PIM，Personal Information Manage）。广义的 PDA 包括了电子记事本、掌上电脑、手持电脑、智能手机、迷你型笔记本等。它不但可以管理记事本、通讯录等个人信息，而且可以通过有线或无线方式上网浏览和发送 e-mail。而今天所说的 PDA，通常是指基于 Palm 操作系统和微软 Windows CE，以及 Windows CE 的后续产品。Pocket PC 操作系统的系列产品。PDA 经过 10 年的发展，技术更加先进，产品种类繁多，功能也越发强大，它的发展趋势是计算、通信、网络、娱乐等多种功能的融合。

PDA 可以随身携带，并随时随地使用，真正实现移动地理信息。PDA 的内存容量已经达到 32 兆，甚至更高，有足够的内存运行一个简单的地理信息系统，可以存储许多城市的数据。因此，内存在 32Mb、主频在 75MHz 左右的掌上电脑就能满足嵌入式 GIS 系统的要求。

## 3.2 系统软件平台的选择

### 3.2.1 操作系统平台的选择

PDA 的操作系统主要有 Windows CE、Palm OS、嵌入式 Linux 和 EPOC，由于 Microsoft Windows CE 相比其他几种操作系统有如下优点：<sup>[2]</sup>

(1) 支持超过 1000 个公共 Microsoft Win32 API 和几种附加的编程接口，这些接口包括：组件对象模型 (COM)、Microsoft 基础类 (MFC)、Microsoft ActiveX 控件、Microsoft 活动模板库 (ATL)。另外，Windows CE 还支持以下技术：管理受时间限制响应的实时处理法、各种串行及通讯技术，包括 USB 支持、为 Windows CE 用户提供 Web 服务的移动通道、自动化和相互通讯的其它方法<sup>[7]</sup>。

(2) 对于台式计算机的硬件来说，Windows CE 提供以下工具来允许用户通过台式计算机与基于 Windows CE 的附加设备之间传递信息：建立和维护连接的连接管理器、允许共享数据同步化的数据同步化接口、输入输出文件的文件过滤器、使台式计算机上的客户能够从安装在基于 Windows CE 的附加设备的服务器上请求服务，例如进行文件操作。从附加的台式计算机或其他设备上安装和卸装基于 Windows CE 的应用程序时，提供应用程序安装和管理服务<sup>[11]</sup>。

(3) Windows CE 最为显著的特征是与 Windows 95/98 等桌面操作系统在外观和操作上的相似性，因此从桌面 PC 系统过渡到基于 Windows CE 的设备非常容易。Windows CE 3.0 的优点是内容丰富、功能全面、整体性强。其中内置了对安全性和多媒体的支持、对多种通信协议的支持，还包括 Pocket Internet Explorer、Pocket Outlook 和 Pocket Word 等一系列完整的应用程序。Windows CE 3.0 具有较好的实时能力，支持嵌套中断，允许更高优先级的中断首先得到响应。

正是 Microsoft Windows CE 有上述优点，本系统采用 Windows CE 3.0 作为 PDA 的操作系统。在上一步选择硬件平台时也考虑到此因素。

值得一提的是，微软公司将所有安装 windows CE 3.0 及以上版本操作系统的机器，统称为 Pocket PC。由于本系统 PDA 的操作系统为 Windows CE 3.0 以上，所以也可称之为 Pocket PC。

### 3.2.2 开发工具的选择

编写在 Windows CE 下运行的应用程序，需要使用专门用于 Windows CE 的开发工具。在 .NET 技术出现之前，微软为 Windows CE 的嵌入式应用程序的开发提供了两个开发工具，分别是 Embedded Visual C++(EVC)和 Embedded Visual Basic (EVB)。这两个开发环境和 PC 机上运行的 Visual C++和 Visual Basic 类似，使用的计算机语言分别为 C++和 BASIC。由于嵌入式系统资源有限，C++编译器效率高、性能好、编译出的应用程序结构紧凑，而 Visual Basic 应用程序代码过于冗长且效率低下。所以 Embedded Visual C++成了应用最广泛的开发工具。在 .NET 出现之后，微软又推出了 Visual Studio.NET (简称 VS.NET) 开发工具集，还在其中新加入了 C#语言。虽然供选择的开发工具更多了，并且 VS.NET 使 Windows CE.NET 下软件开发变得更容易，但是 EVC 仍然是广大软件开发者的首选。这是由 Windows CE.NET 的特点和 EVC 的优点所决定的。

Windows CE.NET 一般常用于嵌入式设备中。嵌入式设备拥有有限的硬件资源，这样就必然要求操作系统和应用软件尽可能地减少对系统资源地消耗，同时还要保证很高地执行效率。所以在 CE 下开发软件必须选择一个好的编译器，它编译的程序能够相对快速的执行，同时能够相对减少对系统资源的消耗。开发周期则是其次的，一般嵌入式软件的更新周期较慢，这不同于 PC 中的软件。EVC 是最符合上面条件的编译器。C 和 C++语言的描述是无可非议的，直接调用 WIN32 API 函数更是它所擅长的。另外 EVC 编译器同 Visual C++编译器一样优秀，编译的程序完全符合嵌入式软件的要求。相比较用 VS.NET 开发软件虽然有时在开发时间上要快一点，但是执行效率和资源节省程度都不如 EVC。而且 Windows CE.NET 的内核必须包含 .NET 框架才能支持用 VS.NET 编译程序。现在越来越多的产品采用了 Windows CE.NET 操作系统作为软件平台。

出于以上综合考虑，本系统采用 EVC 来进行开发。

EVC 开发和 Windows 下的 VC 开发界面、语法和开发流程基本上都是一样的，熟悉 VC 的人很快就会使用 EVC 进行开发。目前 Embedded Visual C++的最新版本为 4.0 版，Embedded Visual C++ 4.0 支持基于 Windows CE.NET 4.2 的开发。下面仅对 EVC 编程的特点进行简要介绍。

#### (1) EVC 编程的特点

Windows CE.NET 下的 EVC 编程都是对特定目标硬件的编程，所以编程时

首先要明确目标硬件的特点和要求，比如有的嵌入式系统没有显示器，则编程中就不需要显示信息；有的嵌入式系统的内存限制较大，则编程中对内存的使用要格外注意；不同的系统使用不同的 CPU 等。这是 EVC 编程与 VC 编程的重要不同。具体讲，主要有以下几个方面应特别注意：

#### ①从内存管理上

运行 Windows CE.NET 的设备一般被设计用来运行在很少的内存上，通常也没有大容量存储设备。Windows CE.NET 支持了一些特有的管理有限内存的函数、结构、消息等，编程上要利用这些资源，但在利用 Windows CE.NET 提供的这些编程资源时，有时不得不自己定义一些消息，进行程序结构上的调整等。

#### ②从电源管理上

Windows CE.NET 的电源通常是基于电池的，而且电量很有限，开发时应遵循下面的原则来使用大多数有限的能量资源：避免占用不必要的 CPU 资源；限制使用一些常用的桌面机器的硬件，因为它们能够迅速消耗电池，比如 MODEM；不要“超负荷”使用电池资源。

#### ③从用户界面上

Windows CE.NET 机器和桌面系统的最大差别就在于用户界面。显示器是关键之一。Windows CE.NET 机器中显示器通常很小，而且分辨率也不高。尽管一些机器有彩色显示器，但是还有很多系统只支持灰度图像。因此，对于那些显示器无法表示的信息（如高分辨率图像信息）来说，需要自行设计一种方法来将信息传递给客户。

#### (2) WIN32 编程与 Windows CE.NET API

由于 Windows CE.NET 是 32 位操作系统，它不支持任何 16 位函数，所以 EVC 编程是 WIN32 编程。另外，Windows CE.NET API 与 WIN32 API 也不完全相同。Windows CE.NET 支持 WIN32 API 中的绝大部分函数，但有些是不支持的，同时它又扩充了一些特定的 Windows CE.NET 函数，只在 Windows CE.NET 下可以使用。如命令条 (Command Bar) API 等。

#### (3) Unicode 环境

Windows CE 像 Windows NT 一样，是 Unicode 环境。尽管 Windows CE.NET 支持 ASCII 功能来进行文件交换，但是 Windows CE.NET 的本地文本格式是 Unicode。

#### (4) EVC 与 VC 集成开发环境的区别

EVC 集成开发环境与 VC 集成开发环境在大多数方面非常相似，而 EVC 和 VC 的不同之处有下列几点：

- ①EVC 编译器支持多种嵌入式 CPU 和多种指令集。VC 只支持 X86 指令集。
- ②为了能在开发机上调试，EVC 包含了一个模拟器而 VC 不具备也不需要。
- ③EVC 包含远程调试工具，用于调试在实际设备上运行的程序，而 VC 只包含本地调试工具。

④随 EVC 安装附带的 SDK 内容非常少，远远不够软件使用，必须安装 Windows CE.NET 才能得到全部的 SDK。随 VC 附带的 SDK 则包含全部内容。

虽然 EVC 与 VC 编程有许多不同，但它依旧是 Windows 编程，Windows 下 VC 开发人员所积累的对类、COM/ATL 的使用，程序的调试方法、开发流程等编程经验都可以用于 EVC 编程。

### 3.3 GIS 软件数据模型

#### 3.3.1 MapInfo 的矢量数据模型

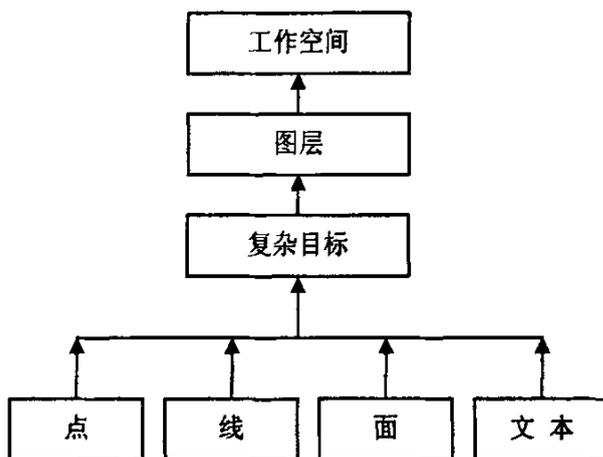


图 3-1 MapInfo 数据组织框图

MapInfo 是美国 MapInfo 公司于 20 世纪 80 年代中叶推出的一个 GIS 产品。MapInfo 按图层来组织空间数据，一个图层可包含不同几何类型的图形对象（不同于 ESRI 等 GIS 产品），但只能对应一个属性表结构。MapInfo 不带拓扑关系，没有三维坐标信息。MapInfo 向外公开的外部格式（Mif/Mid）<sup>[41]</sup>。MapInfo 数据组织的模型框图，如图 3-1。

### 3.3.2 ArcInfo 的矢量数据模型

ArcInfo 是 ESRI 开发研制的地理信息系统软件。其功能比较完善，因此数据结构比较复杂，特别是拓扑关系严谨。ArcInfo 内部数据格式按图层进行组织，输出的外部数据格式是 e00 文件。一个 COVERAGE 数据输出一个 e00 文件，两者在数据模型、数据组织结构方面完全一致，只是文件结构不一样。COVERAGE 是 ArcInfo 矢量数据的最基本的存储单元。它一般描述一个图层的要素，如建筑物、道路、水系等<sup>[42]</sup>。一个 COVERAGE 按一系列元素来组织存储和管理。因 COVERAGE 数据和 e00 数据的组织结构完全一致，COVERAGE 数据中的文件名在 e00 文件中被定义为相应的标记名<sup>[43]</sup>。ArcInfo 数据组织框图，如图 3-2。

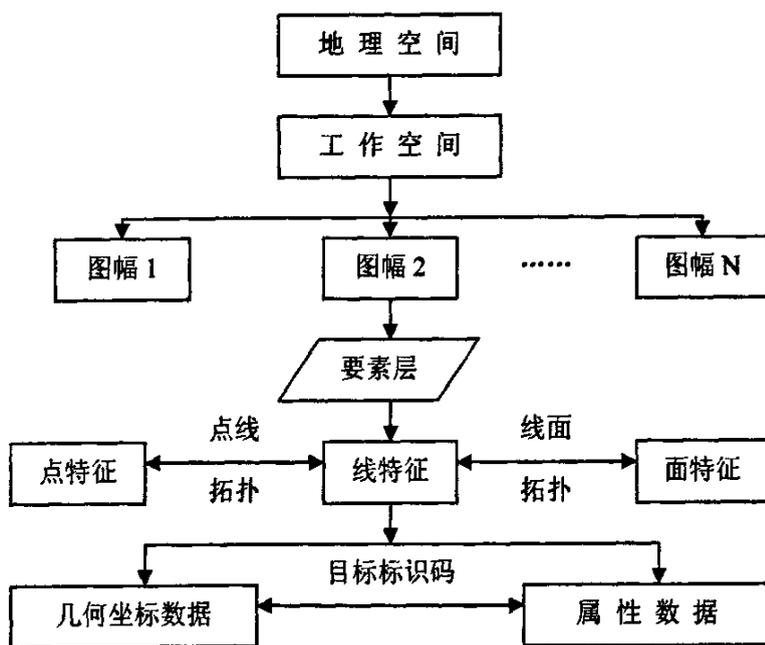


图 3-2 ArcInfo 数据组织框图

### 3.3.3 ArcGIS 的 shp 矢量数据模型

shp 文件是 ESRI 系列产品中一种重要的数据格式。ESRI 基于 shp 的数据组织遵循工程→数据框 (Data Frame) →图层 (Layer) 的等级。每一个图层对应于一种几何类型，对应于一个 shp 文件 (其有三个文件组成，扩展名分别为 shp, shx 及 dbf) <sup>[44]</sup>。

以下对 MapInfo, ArcInfo 及 ArcGIS (shp) 从数据组织、属性数据、拓扑关

系、数据存储方式等方面进行比较<sup>[45]</sup>，如表 3-1。

表 3-1 GIS 软件比较分析

GIS 软件	数据组织方式	属性数据	拓扑关系	数据存储方式
MapInfo	按工作空间→图层组织，一个图层可以对应多种类型的几何类型	一个图层对应一个属性结构	无拓扑	文件
ArcInfo	按地理空间→工作空间→图幅→图层组织，一个图层对应一种几何类型	有属性数据。一个图层的线状要素对应一个属性结构，点或面要素对应一个属性结构	有拓扑	文件
ArcGIS (shp)	按图层进行分类组织。一个图层对应于一种几何类型	一个图层对应一个属性结构	无拓扑	文件

### 3.3.4 嵌入式地理信息系统平台

目前常用的嵌入式地理信息系统平台有：北京超图地理信息技术有限公司推出的 eSuperMap 和 MapInfo 公司的 MapX Mobile 等。

本系统选择的是基于 ArcGIS (shp) 数据模型。功能实现部分没有使用任何 GIS 平台。

shp 文件是一种无拓扑关系的矢量数据文件，shp 文件能够存储非拓扑性的空间几何数据和属性数据。几何特征由矢量坐标来描述，矢量数据存储量小，易读易写，在快速处理和编辑能力方面有很大的优势：shp 文件支持点，线，面特征，其属性信息存储在 DBASE 表中，每一个属性记录和与之相连的 Shape 记录一一对应。shp 文件主要有三部分构成：主文件 (shp)，索引文件 (shx)，DBASE 表 (dbf)。

其中 shp 是一个直接存取，变记录长度文件，每个记录描述一个有它自己的 vertices 列表的 shape；shx 是 shp 的索引，每个记录包含对应主文件记录离主文件头开始的偏移；dbf 是对应 shp 的空间数据的属性。几何和属性间的一一对应

关系是基于记录号的。在 DBASE 文件中属性的记录和主文件的记录是相同顺序的。下面是 shp 和 shx 文件的数据组织的结构：

(1) 主文件的组织

文件头  
记录头记录内容  
记录头记录内容  
.....  
记录头记录内容

(2) 索引文件组织

索引文件头  
记录  
记录  
.....  
记录

主文件 (\*.shp) 由固定长度的文件头和接着的变长度记录组成。每个变长度记录是由固定长度的记录头和接着的变长度记录内容组成。主文件头有 100 个字节长，主要描述了文件代码（一般为 9994），文件的长度，版本号（1000），shape 的类型（主要用到的 shape 类型有：点，多线，多边形，多点），边界盒等信息等；每个记录的头存储了记录的号和记录内容的长度，它有一个固定长度 8 字节；shp 文件的记录内容包含了一个 shape 类型和该 shape 的几何数据，记录内容的长度依赖于在一个 shape 中的部分和 vertices 的数目。

### 3.4 系统逻辑结构设计

嵌入式 GIS 系统主要包括了：地图导入部分和 GIS 分析部分。

地图导入部分是将由采集到的信息生成的地图文件导入到 PDA 中。

GIS 分析采用 PDA 作为系统该部分的硬件平台，实现图层的显示，放大，缩小，漫游等功能。

### 3.5 系统功能模块设计

功能模块是系统功能的执行单元，彼此之间相对独立。合理的模块划分有助于实现系统针对不同应用的功能裁剪。本系统主要包括以下几个功能模块：地理分析模块、通信模块。

### 3.6 电子地图数据来源

本开发方法中的电子地图的数据来源于已有的桌面电子地图数据文件。大多数 GIS 软件公布自己的文件格式，即使没有公布文件格式，也会提供一种或几种中间转换文件格式，因此，读取这些 GIS 文件来获取数据是可行的。GIS 经过几十年的发展，已经积累了大量 GIS 地图数据。很多电子地图数据现在仍有很大的利用价值，充分利用已有的资源可以节约软件开发成本。

## 第 4 章 嵌入式 GIS 系统的实现

前面已经介绍本系统主要包括以下几个功能模块：地理分析模块、通信模块。现在就一一介绍它们。

### 4.1 地理分析模块的实现

#### 4.1.1 模块功能及实现原理

##### (1) 模块功能

功能包括：图层操作、地图缩放、漫游、全图显示、GIS 分析等。

##### (2) 实现原理：

图形的缩放、漫游等是通过坐标转换实现的。在已经建立了坐标系以后，就可以实现图形的放大、缩小、漫游、自由缩放等功能。

下面列出本系统中 shape 类型的数据结构表示：

(1) 点：一个点包括一对以 X, Y 顺序排列的双精度坐标。

Point

```
{  
    Double  X //X 坐标  
    Double  Y //Y 坐标  
}
```

(2) 多点：一个多点代表一个点的集合。

MultiPoint

```
{  
    Double [4]      Box//边界盒以 Xmin, Ymin, Xmax, Ymax 存储  
    Integer         NumPoints//点的数目  
    Point[NumPoints] Points//在集合中的点  
}
```

(3) 多线：一条 PolyLine 是指一条包含一个或多个部分的有序的 vertices

的集合。一个部分是指两个或多个点彼此连接的序列。部分间彼此相连或不连，彼此可能相交或不相交。

```

PolyLine
{
    Double[4]    Box//边界盒，以 Xmin, Ymin, Xmax, Ymax 顺序存储
    Integer      NumParts//部分的数目 Integer
    NumPoints
    Integer[NumParts]
    Point[NumPoints]
}
Parts
Points
    
```

(4) 多边形：一个 Polygon 包含一个或多个环。一个环是指四个或多个点彼此相连组成的一个闭合的彼此不相交的环。一个多边形可能包括多个外环，一个环的 vertices 的顺序和方向指示环那一边是多边形的内部。在多边形中的洞的环的 vertices 是逆时针方向的。一个环组成的多边形总是顺时针方向的。一个多边形的环是被作为它的一部分的。

```

Polygon
{
    Double[4]    Box//边界盒，以 Xmin, Ymin, Xmax, Ymax 顺序存储
    Integer      NumParts//部分的数目
    Integer      NumPoints//点的总数目
    Integer[NumParts]  Parts//在部分中第一个点的索引
    Point[NumPoints]  Points//所有部分的点
}
    
```

索引文件由引文件头和记录组成，索引文件头与主文件头的组织结构完全一样，每个记录包含了对应主文件记录离主文件头开始的偏移及记录的内容长度。记录的内容长度与主文件中的记录头包含的内容长度值是完全一样的。dBASE 表格式是标准的 dbf 文件格式。

图形缩放：

如图所示，图形范围屏幕内的区域，现在要把屏幕上两个对角点所确定的

矩形内区域放大到整个屏幕上，假定这两个对角点的左下点坐标为  $mPointorigin$ ，右上角的屏幕坐标为点  $point$ ，实现放大功能就是使  $mPointorigin$  点成为屏幕的左下点，即计算出  $mPointorigin$  的实际坐标作为  $(startx, starty)$ ，并且调整比例  $blc$  使方框内的区域能够显示到屏幕内。因为用的是横向纵向相同比例的缩放，算法要保证放大倍数变化较小的方向正好填满显示屏。

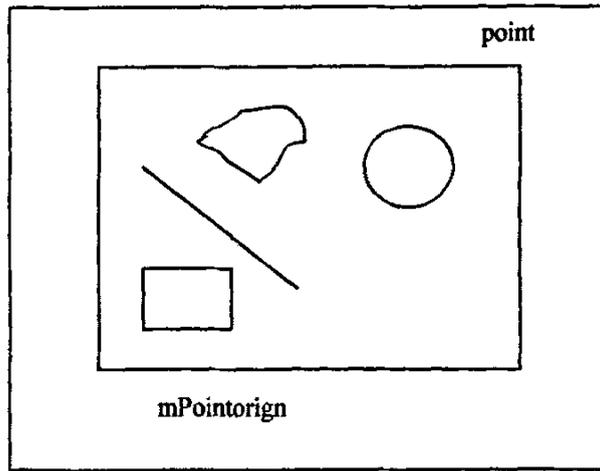


图 4-1 图形缩放

要实现放大，就要计算出  $mPointorigin$  点的实际坐标作为图形屏幕左下点的坐标  $(startx, starty)$ ：

$startx=startx+mPointorigin.x*blc;$

$starty=starty+(ScreenHigh-mPointorigin.y)*blc;$

还要确定图形的放大倍数：

横向放大倍数为： $bl1=(float) ScreenWide/(point.x- mPointorigin.x);$

纵向放大倍数为： $bl2=(float) ScreenHigh/(point.y- mPointorigin.y);$

取绝对值较小的那一个作为放大倍数：

$bl1=\min(\text{abs}(bl1),\text{abs}(bl2));$

得到放大后的比例：

$blc=blc/bl1$

用调整后的  $startx, starty, blc$  重新绘制图形时，就实现了图形的放大功能。图形缩小的原理与此类似。

图形漫游：

图形漫游的实现方法与图形放大类似，不同的是对于显示屏幕只是  $startx$  和

starty 变化, 比例尺 blc 不变。假定图形移动时, 图形从基点 mPointorign 移动到了另一个点 point, 这时, 屏幕左下点的实际坐标就会发生变化:

$$\text{startx} = \text{startx} - (\text{point.x} - \text{mPointorign.x}) * \text{blc};$$

$$\text{starty} = \text{starty} - (\text{point.y} - \text{mPointorign.y}) * \text{blc};$$

用调整后的 startx, starty 重新绘制图形时, 就实现了图形的漫游功能。



图 4-2 添加图层

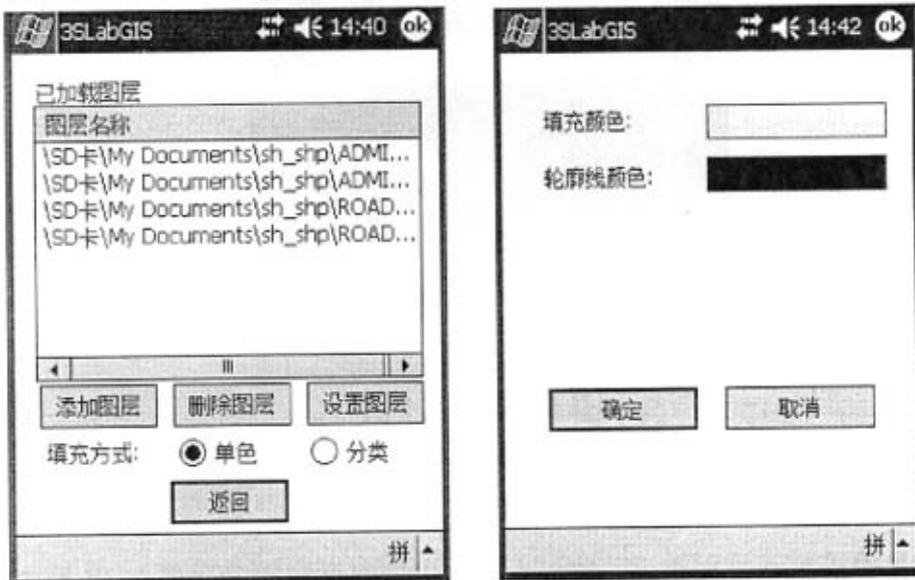


图 4-3 图层管理

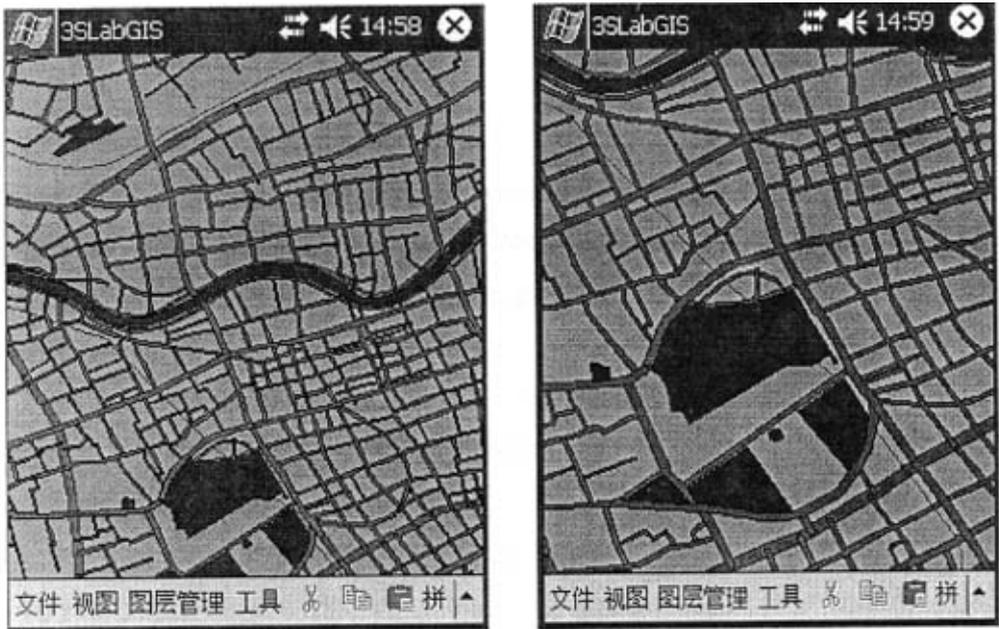


图 4-4 图层缩放



图 4-5 经纬度显示

#### 4.1.2 系统环境安装与设置

安装 EVC 最好按照微软建议的步骤来安装，包括有英文版模拟器和中文版的模拟器。使用 C++ 开发 PPC2003SE 的开发环境安装包括以下几个部分：

- (1) ActiveSync 3.8
- (2) Embedded Visual C++ 4.0
- (3) Embedded Visual C++ 4.0 SP4
- (4) SDK for Windows Mobile 2003-based PPC2003SE
- (5) Localized Emulation Images for Windows Mobile 2003-based PPC2003SE
- (6) EmuASConfig.msi (需要.net framework 支持,若不用 Visual Studio.NET 2003 则需要在系统中安装.net framework)
- (7) WindowsMobilePowerToys.msi (ActiveSync Remote Display 可以在桌面上显示真实设备中的屏幕,并作有限的操作)

安装这些工具时有几点需要注意:

- (1)不能颠倒安装顺序否则 EVC 无法正确使用 PPC2003SE 的 SDK 作连接。
- (2)若卸载后重新安装 EVC,不能遗漏 standard SDK for windows ce.net 否则将不能为所开发的程序选择 CPU 类型。PPC2003SE SDK 只提供 emulator 和 ARM 两种类型的 CPU。standard SDK for windows ce.net 的安装程序应该在 EVC 安装盘的 SDK 目录下。安装 standard SDK 时可选择所要支持的 CPU 类型。

(3) Localized Emulation Images for Windows Mobile 2003-based PPC2003SE,若开发简体中文程序则是 PPC2003SE 2003 SDK Chinese Simplified Emulation Images.msi。这样可以使模拟器具备显示中文的能力。安装完毕后,需要在 EVC 环境中作一些设置,方可在开发环境中调用支持中文的模拟器映像。

设置步骤如下:打开 EVC 环境下的 tools\configure platform manager,在 TreeView 中选择 PPC2003SE(若已正确安装 SDK for Windows Mobile 2003-based PPC2003SE),点击 add device,输入设备名称,如:“CHS\_SMARTPHONE 2003 Emulator”。点击 properties 进入 device properties 对话框,在 transport 一栏中选择 TCP/IP Transport for windows ce,在 startup 一栏中选择 Emulator startup server (默认选项),点击 startup 一栏右边的 Configure 按钮进入 Emulator configuration settings 对话框,在 device->image 一栏下选择 CHS PPC2003SE (virtual radio),其他保持默认值,选择确定,回到 device properties 界面,选择 test 可以测试设置是否正常工作。在正确设置后便可在 EVC 环境的 WCE Configuration bar 中选择支持中文的模拟器了。这样就可以很方便的在模拟器中调试程序了。

(4)如果需要在桌面环境下调用中文模拟器,还需要修改一些设置。安装了 PPC2003SE 后再开始菜单中可以调用英文的 smartphone 模拟器,查看菜单的

快捷方式发现它调用的是一个叫 `emul.cmd` 的文件，其内容是调用真实的模拟器程序，并将模拟器的映像文件以参数的形式传给模拟器程序。可以拷贝该文件到装有中文模拟器映像的目录下。

如：`\Windows CE Tools\wce420\PPC2003SE\CHS`，将 `skin` 一项改为“`\Windows CE Tools\wce420\PPC2003SE\CHS\Smartphone_Emulator_Skin.xml`”，将 `\ce image` 一项改为：

`\WindowsCE`

`Tools\wce420\PPC2003SE\CHS\SP_2003_CHS_VIRTUAL_RADIO.bin`”。

这里还可以修改模拟器内存大小等参数。存盘后将此文件加入开始菜单的快捷方式，就可以从桌面启动一个中文的模拟器了。

(5) `EmuASConfig.msi` 这个程序用来将 `ActiveSync` 连接到模拟器上。安装后的程序叫 `EmuAS.exe`，运行它。选择目标模拟器，点击连接 (`connect`)，`ActiveSync` 就会有反应，启动模拟器后如同连接到了真的设备。这个工具的最大作用就是可以在“我的电脑”的“移动设备”中访问到模拟器的目录结构，然后就可以像真实设备一样使用模拟器，拷贝文件，安装删除程序，等等。

由于 PDA 存储容量的有限性和性能上的局限性，所有电子地图都将在 PC 机上实现矢量和栅格处理以后，再同步下载到 PDA 上运行。也就是说，当需要在 PDA 上显示移动地图时，必须先将地图数据同步（或者下载到模拟环境中），否则系统将提示找不到所需要的文件。

### 4.1.3 运行界面及结果

部分代码如下：

(1) 读入 `Shp`、`shx` 文件函数，格式来自于 ESRI 技术白皮书，其中，输入为文件名(全路径)，输出为 `BOOL` 型，读取成功返回 `TRUE`，失败就返回 `FALSE`。

```
BOOL CShpFile::ReadShp(CString& csFileName) //读入 shp、shx 文件函数
```

```
{
    int    iTemp;
    CString csShxName;
    CFileException fe;
    SHPHEADER varHeader;
    //打开主文件
```

```

if ( !fShp.Open(csFileName, CFile::modeRead|CFile::shareDenyWrite,&fe))
    return FALSE;
bShpOpen = TRUE;
//打开索引文件
csShxName = csFileName.Left(csFileName.GetLength() - 3);
csShxName = csShxName + ".shx";
if ( !fShx.Open(csShxName, CFile::modeRead|CFile::shareDenyWrite,&fe))
    return FALSE;
bShxOpen = TRUE;
TRY
{
    //读主文件头 长 100 字节
    if ( fShp.Read(&varHeader , sizeof(SHPHEADER))!= sizeof(SHPHEADER))
        return FILE_READERR;
    iTemp = varHeader.iFileCode;
    if ( !m_bBigEndian )
        SwapWord(sizeof(int),&iTemp);
    if ( iTemp != 9994 ) //是否是 shp 文件
        return FILE_CODEERR;
    if ( varHeader.iVersion != FILE_VERSION ) //文件版本是否正确
        return FILE_VERSIONERR;
    //shp 类型
    m_shpType = varHeader.iShpType;
    m_shpFileLength = varHeader.iFileLength;
    if ( !m_bBigEndian )
        SwapWord(sizeof(int),&m_shpFileLength);
    //保存数据最大矩形范围
    m_Extent.SetLeft(varHeader.dbXMin);
    m_Extent.SetRight(varHeader.dbXMax);
    m_Extent.SetTop(varHeader.dbYMin);
    m_Extent.SetBottom(varHeader.dbYMax);
}

```

```

//读索引文件头 长 100 字节
if ( fShx.Read(&varHeader , sizeof(SHPHEADER))!= sizeof(SHPHEADER))
    return FILE_READERR;
iTemp = varHeader.iFileCode;
if ( !m_bBigEndian )
    SwapWord(sizeof(int),&iTemp);
if ( iTemp != 9994 )//是否是 shx 文件
    return FILE_CODEERR;
if ( varHeader.iVersion != FILE_VERSION )//文件版本是否正确
    return FILE_VERSIONERR;
m_shxFileLength = varHeader.iFileLength;
if ( !m_bBigEndian )
    SwapWord(sizeof(int),&m_shxFileLength);
//通过索引文件计算主文件记录个数 文件长度数值以 16 位计
m_iRecordCount = ((m_shxFileLength - 50 )*2)/sizeof(SHXRECORD);
if ( !ReadRecord() )
    return FILE_READERR;
if ( !ReadDBF(csFileName))
    return FALSE;
}
CATCH(CFileException ,eload)
{
    fShp.Abort();
    return FALSE;
}
END_CATCH
return TRUE;
}

```

(2) 读入 DBF 文件格式函数，输入为文件名（全路径），返回值为 BOOL 值，读取成功返回 TRUE，失败返回 FALSE。

```

BOOL CShpFile::ReadDBF(CString& csFileName)

```

```

{
    CString csDbfName;
    BOOL bResult;
    //创建记录集对象
    pRecordSet = new CMapRecordSet;
    ASSERT ( pRecordSet != NULL );
    csDbfName = csFileName.Left(csFileName.GetLength()-3);
    csDbfName = csDbfName + ".dbf";
    //打开 DBF 文件
    bResult = pRecordSet->openDBF(csDbfName);
    if ( !bResult )
        delete pRecordSet;
    return bResult;
}

```

(3) 计算每条 shp 对象相对文件头的偏移量，记录索引值（从零开始），取得该 shp 对象数据在文件中的具体位置。函数如下：

```

int CShpFile::SetRecordPos( int iRecord )
{
    unsigned int iOffset,iTmp;
    SHXRECORD shxRD;
    if ( iRecord < 0 )
        return 0;
    //获得索引文件记录偏移量相对文件头
    if (iRecord == 1 )
        iOffset = sizeof(SHPHEADER);
    else
        iOffset = sizeof(SHPHEADER) + (iRecord-1)*sizeof(shxRecord);
    if ( iOffset > m_shxFileLength*2 - sizeof(shxRecord) )
        return 0;
    fShx.Seek( iOffset , CFile::begin );
    int m = sizeof(shxRD);
}

```

```

fShx.Read( &shxRD , sizeof(shxRD));
iTmp = shxRD.iOffset;
SwapWord(sizeof(int),&iTmp);
fShp.Seek(iTmp*2 , CFile::begin );
iTmp = shxRD.iContentLength;
SwapWord(sizeof(int),&iTmp);
return iTmp*2;
}

```

(4) Shp 对象的绘制函数。输入为设备指针，图例对象指针，坐标变换参数结构对象。

```

void CShpFile::DrawShp(CDC*pDC , CMapRender* m_pRender , DrawParam& draw )
{
    int iDrawMode;
    //计算当前屏幕的实际坐标范围
    m_CurMapExtent.SetLeft(draw.m_StartX );
    m_CurMapExtent.SetBottom(draw.m_StartY);
    m_CurMapExtent.SetRight(draw.m_StartX + draw.m_ScreenWidth * draw.m_Scale);
    m_CurMapExtent.SetTop(draw.m_StartY - draw.m_ScreenHeigh * draw.m_Scale);
    //设置绘制模式
    iDrawMode = pDC->SetROP2(R2_COPYPEN);
    switch ( m_shpType )
    {
        case POINT:
            {
                DrawPoint(pDC , m_pRender , draw);
            }
            break;
        case POLYLINE:
            {
                DrawPLine(pDC , m_pRender , draw);
            }
    }
}

```

```

        break;
    case POLYGON:
    {
        DrawPolygon(pDC, m_pRender, draw);
    }
    break;
default:
    break;
}
pDC->SetROP2(iDrawMode);
//int r = RGB_GETRED(16773020);
//int g = RGB_GETGREEN(16773020);
//int b = RGB_GETBLUE(16773020);
}

```

运行结果如下:



图 4-6 运行界面

## 4.2 通信模块的实现

### (1) 模块功能

功能包括：无线通信、与 Internet 连接（无线上网）、PDA 与 PC 机连接。

### (2) 实现原理<sup>[42]</sup>

典型的连接是采用低带宽的网络连接（如无线通信 GSM、红外传输 IrDA、蓝牙 Blue Tooth，或者调制解调器），但这些连接可能并不可靠。

为了通过自始至终保持连通的无线连接来连通 Pocket PC，越来越多的解决方法涌现出来。802.11 标准定义了无线的 LAN 连接——一些 Compact Flash(CF) 卡和 PC 卡等可以用于 Pocket PC。

几乎所有的 Pocket PC 都带有红外线接口，主流的手机也是如此，并且还内置有红外线 Modem。因此，可以通过 Pocket PC+红外手机的方式来实现随时随地“冲浪”的乐趣。另外，也可以采用 Pocket PC+CF Bluetooth+蓝牙手机的方式与 Internet 进行连接<sup>[45]</sup>。

综上，可以通过外接 CF GPRS 卡/802.11b 卡/Modem 等设备或者红外、蓝牙等方式实现快速无线通信及上网。

由于 PDA 自身的局限性，以及本系统的设计，本系统采用的是在 PC 机上处理地图数据后再下载到 PDA 上，因此本系统考虑了 PDA 与 PC 机的同步数据通信。本系统采用的是 Activesync 同步工具来实现此功能。PDA 可以通过串口、USB 接口或红外线接口与 PC 机相连，然后使用 Microsoft ActiveSync 同步软件进行数据传输。

ActiveSync 是依附在 Pocket PC 等设备上的，用于在设备与台式机之间传输信息。通过 ActiveSync 可以把数据服务器 PC 机与 Pocket PC 等设备进行连接。同时 Activesync 还提供了与 Microsoft Outlook 在通信录、日历、任务计划和其他信息以及浏览文件方面的自动同步。ActiveSync 通常是随设备一起提供的，并附带有用于安装和配置的指南。

ActiveSync 同步工具支持以太网连接，所以它可以获得较快的通信速度。除调制解调器以外，ActiveSync 还支持经由数字式蜂窝移动电话等的无线连接。因此，还可通过 Modem 使用蜂窝移动电话进行拨号，或使用以太网等方式连接访问其 PC 同步信息。即 ActiveSync 工具支持远程同步（如通过调制解调器或以太网连接）。

本系统通过 ActiveSync 同步工具，在移动设备和桌面计算机之间建立合作关系并同步数据。通过 PC 机实现对 PDA 的后台管理，将 PDA 应用系统的部分功能放在 PC 机上实现，以加快 PDA 上的应用程序的高效、快速。

由于条件的限制，本系统采用了 ActiveSync 同步工具，该部分可以扩展为通过无线上网下载所需要的地图数据，这样在任何地方，都可以通过下载地图数据查看地图，获得信息。

## 第 5 章 总结和展望

作者从 2004 年 6 月开始,先后参与了“汉宜高速公路工程(资料数据库)管理系统”、“武汉长江二桥数字化管理系统”等项目的研制开发,在总体设计、数据库的设计与建立、GIS 集成、GIS 数据采集与制作以及系统编程等方面积累了丰富的经验。自 2006 年 4 月起,根据用户需求,基于嵌入式 GIS 技术领域和移动通信技术的迅速发展的情况下,作者进行了“嵌入式 GIS 系统”的研制开发。经过一年的学习与钻研,“嵌入式 GIS 系统”现已基本完成。

本文首先介绍了嵌入式系统,无线通信技术、嵌入式移动数据库,嵌入式 GIS 技术等知识,然后对“嵌入式 GIS 系统”进行了研究、设计与实现。嵌入式 GIS 是本系统的重点。本系统嵌入式硬件采用 PDA,嵌入式操作系统采用 Windows CE,实现了在 Pocket PC 上加载 ArcInfo 的 Shape 格式图层文件,实现了进行加载/删除图层,动态缩放、平移,选择区域,显示经纬度等功能。

由于 PDA 存储容量的有限性和性能上的局限性,所有电子地图都将在 PC 机上实现矢量和栅格处理以后,再同步下载到 PDA 上运行。也就是说,当需要在 PDA 上显示移动地图时,必须先将地图数据同步(或者下载到模拟环境中),否则系统将提示找不到所需要的文件。

本系统的开发是我们在嵌入式 GIS 技术方面的初次尝试,在 PDA 上部分实现了 GIS 分析功能,其它功能有待进一步完善与实现。此嵌入式 GIS 技术同样适用于车载盒、智能手机等移动设备,此外,也可以与 GPS 等技术进行移动 GIS 或者定位服务(Location Based Services, LBS)方面的开发与应用。

由于作者水平有限,文中会有不当之处,恳请各位老师和同学批评指正。

## 参考文献

- [1] <http://www.autodesk.com.cn>
- [2] <http://www.supermap.cn>
- [3] <http://www.mapinfo.com.cn>
- [4] <http://www.geostar.com.cn/software/show/Geomobile.php>
- [5] <http://www.huitu.com.cn/pocketmap.htm>
- [6] 基于掌上机的地理信息系统 PocketMap. 嵌入式电子地图软件 SmartInHand.  
<http://www.lingtu.com/chanpinlfor.htm>
- [7] eSuperMap 嵌入式地理信息系统开发平台.  
<http://www.supermap.com.cn/maindoc/simchin/products/esupermap/index.htm>
- [8] 胡朋. 地理信息系统. 湖北: 武汉大学出版社, 2001: 10~15
- [9] [美]Michael N.Demers, 武法东等译. 地理信息系统基本原理. 北京: 电子工业出版社, 2001(2): 57~81
- [10] 张超. 地理信息系统实习教程. 北京: 高等教育出版社, 2000: 1~114
- [11] 曹瑜, 刘嘉麟等. 未来的地理信息系统展望. 计算机工程与应用, 2000.9: 22~23
- [12] 陈述彭、鲁学军、周成虎. 地理信息系统导论. 北京: 科学出版社, 2001.16~25
- [13] 杨春蕾. 基于 PDA 和 GPS 的嵌入式移动巡线管理的应用与研究: [硕士学位论文]. 四川: 四川大学计算机软件与理论专业, 2005
- [14] 赵海. 嵌入式 Internet—21 世纪的一场信息技术革命. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [15] 许海燕, 付炎. 嵌入式系统技术与应用. 北京: 机械工业出版社, 2002
- [16] 探矽工作室. 嵌入式系统开发圣经. 北京: 中国青年出版社, 2002.
- [17] 彭聪. 基于 GIS 的城市公共交通见空调度系统数据库的研究: [硕士学位论文]. 广州: 中国科学院研究生院, 2005
- [18] 李永隆. PDA 程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2002.1~242
- [19] [美] Terence A. Goggin, 尤滔、张平、周晓权. Windows CE 高级开发指南. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [20] [美] Microsoft 公司. Microsoft Windows CE 程序员指南. 北京: 北京大学出版社, 2000.
- [21] Kawakami, I. Nimura, Y. Hamada, K. Real-time extension for Windows NT/CE used for control systems SICE 2000. Proceedings of the 39th SICE Annual Conference. International Session Papers Page319 - 324

- [22] 王学龙. 嵌入式 Linux 系统设计与应用. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [23] [美] Douglas Boling 著, 北京博彦科技发展有限公司译. Microsoft Windows CE 程序设计. 北京: 北京大学出版社, 1999.
- [24] 赵海. 嵌入式 Internet—21 世纪的一场信息技术革命. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [25] 黄聪明. Pocket PC 数据库应用程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [26] 王珊, 丁治明. 移动计算中的移动数据库. 微电脑世界, 2001.1
- [27] 胡郁葱, 徐建闽, 钟慧玲等. 基于 GIS 的高速公路数据库系统设计与实现. 公路, 2000.11: 32~66
- [28] D Barara. Mobile computing and database — A survey. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering. 1999,11
- [29] 鹿浩. 移动计算技术及应用. 湖北邮电技术, 2001.2
- [30] 过晓冰, 伍卫国, 刘敏. Windows CE 及其开发工具. 计算机工程, 2000.26(9): 33~34
- [31] 刘少情, 吴慧中, 王国中. 基于 Windows CE3.0 的嵌入式系统开发. 计算机与现代化, 2002.78 (2): 31~350
- [32] 张强, 王仁礼, 陈天泽. 基于 Windows CE 平台的嵌入式 GIS 开发与应用. 测绘学院学报, 2003.20 (2): 113~1160
- [33] 姜山, 程君实. Windows CE 的实时性分析. 测控技术, 2000.19(1): 62~64
- [34] Jane Liu. Mobile Map: A Case Study in the Design & Implementation of a Mobile Application. Department of System and Computer Engineering Carleton University, 2002.
- [35] MapInfo 公司. MapInfo Professional 参考手册
- [36] ESRI Shapefile Technical Description, ESRI White Paper, July 1998.
- [37] Nilas, P. Sueset, T. Muguruma, K. A PDA-based high-level human-robot interaction Robotics. Automation and Mechatronics, 2004 IEEE Conference on Publication Date: 1-3 Dec. 2004 Page 1158 - 1163
- [38] FURUND ELECTRIC CO. LTD. GPS Receiver GN-78N Protocol Manual. 1999. 7
- [39] Bieber. Non-Deterministic Location Model on PDA' s for Fairs, Exhibitions and Congresses. Fraunhofer-Institute for Computer Graphics (IGD) Rostock, Germany.
- [40] J. E. McCormack, J. Hogg, Virtual-Memory Tiling For Spatial Data Handling in GIS, COMPUTER & GEOSCIENCE, 1997, Vol.23
- [41] Eugene Ageenko, Tuomo Kauranne, Robert Dabrowski. Geomessaging and mobile map imaging in personal navigation. Computer Science Dept. University of Joensuu, PB 111, 80101, Joensuu, Finland.

- [42] Brad Spencer. Mobile GIS. General Manager, Utilities and Public Systems Division, smallworld System Ltd.
- [43] George, M.R. Wong, W.F. Windows CE for a reconfigurable system-on-a-chip processor Field-Programmable Technology, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International Conference on Page201 - 207
- [44] Netter, C.M. Baceller, L.F. Assessing the real-time properties of Windows CE 3.0 Object-Oriented Real-Time Distributed Computing, 2001. ISORC - 2001. Proceedings. Fourth IEEE International Symposium on Page179 - 184
- [45] Kenvi Wang, Chien-Pen Chuang, Hsu-Wei Li , Yaung-Chang Lu. Internet marine transport container global positioning service (IMTCGPS). Networked Appliances, 2002

## 致 谢

首先感谢我尊敬的导师杨春金副教授，本论文是在他的悉心指导和关怀下完成的。在这三年的研究生学习期间，杨老师严谨的治学态度、渊博的专业知识以及忘我的工作热情对我的一生都有着非常深远的影响，激励我不断努力学习和工作，向着更高的人生目标奋斗！杨老师在学术上给予了我很多指导和帮助，为我们创造了良好的学习氛围，正是在这种环境下我才能够顺利完成学位论文。此外，学习期间，使我受益的不仅仅是杨老师广博的知识，丰富的经验，更为重要的是杨老师在为人，为师，以及科研中的态度让我学到了很多。在为人方面，我懂得了做人要积极乐观，正直，乐于助人；为师方面，要不遗余力、无私奉献；科研中，要严谨认真、脚踏实地、善于动脑、勤于动手。这些在我以后的学习和生活，工作中将是我宝贵的财富。

在论文撰写期间，我还要感谢许多让我分享他们宝贵经验和知识的老师及朋友。感谢武汉理工大学信息工程学院的所有老师，他们为我论文的完成提出了许多宝贵的建议。与此同时，我还要感谢帮助过我的师弟师妹们，他们也给我提出了许多的帮助。在此表示最深的谢意。

感谢家人的理解与支持！感谢信息工程学院 2004 级硕士研究生同学的帮助！最后，对评审论文的各位专家、学者表示衷心的感谢！

周丽芬

2007 年 4 月于武汉理工大学

## 攻读硕士学位期间参加的科研项目以及发表的论文

### 1. 科研项目

- [1] 汉宜高速公路工程（资料数据库）管理系统
- [2] 武汉长江二桥数字化管理系统

### 2. 发表的论文

- [1] 周丽芬, 肖伟. 三层结构的大型桥梁信息管理系统研究. 中国水运, 2006, 6: 135-136, ISSN1006-7973
- [2] 周丽芬, 杨春金. 嵌入式系统中移动数据库的研究. 通讯和计算机, 2007, 4 (2): 58-60, ISSN1548-7709 CBSN730B0026