

微型嵌入式 GIS 软件平台的重要意义及发展动态

张时煌¹⁾ 方 裕²⁾

¹⁾(中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

²⁾(北京大学计算机科学与技术系, 北京 100871)

摘 要 近年来, 嵌入式应用技术蓬勃发展, 市场迅猛扩大, 产品已经深入到工业生产和人们生活的各个角落. 制造业、过程控制、通讯、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、消费类产品等都已成为嵌入式计算机的应用领域, 给微型嵌入式 GIS 软件的研究与发展提供了良好的机遇. 本文从技术发展背景、含义及特点、应用发展前景、国内外发展动态、我国微型嵌入式 GIS 软件平台发展的重要意义以及发展微型嵌入式 GIS 软件平台的技术探讨与建议等几方面对微型嵌入式 GIS 软件平台进行了详细的论述.

关键词 宽带互联网 分布式计算 无线通讯与移动互联 移动计算 RTOS 微型嵌入式操作系统 微型嵌入式 GIS

中图法分类号: P208 TP316.8 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)09-0900-07

Development and Significance of Micro-Embedded GIS Software

ZHANG Shi-huang¹⁾, FANG Yu²⁾

¹⁾(State Key Laboratory of Resources and Environment Information System, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

²⁾(Department of Computer Science, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Applied embedded techniques grow rapidly in recent years and the relative products can be found anywhere. Embedded computers have been applied in many fields of manufacturing, such as process control, communication, automobile, watercraft, aviation, spaceflight, military equipment and consuming products, etc. It provides us a good chance for the development of micro-embedded GIS software. In this paper, we have made a detailed discussion on the background of techniques and characteristics, perspective of applied development, and state of the art of micro-embedded GIS software. The significance of developing our embedded GIS software and techniques with independent copyrights is also discussed and some suggestions for the development of embedded GIS software are presented.

Keywords Wide band internet, Distributed computing, Radio communication and mobile netting, Mobile computing, RTOS, Micro-embedded operation system, Micro-embedded GIS.

0 前 言

近年来, 宽带互联网技术、分布式计算技术、无线通讯与移动互联技术、移动计算技术、微型嵌入式技术以及微型 RTOS 技术得到了快速的发展. 与此同时, 计算机技术正孕育着重大变革, 光子计算机、生物计算机、量子计算机都在加速研究. 这些新型计算机无论在设计和功能上, 都远非现在的电子计算

机所能比拟. “后 PC”时代正在到来. 这是计算机技术发展第三次浪潮的核心, 即把普通的计算技术嵌入到各种日常的信息工具之中, 并使它具有多种功能(包括联网)和高度智能化. 而且, 信息技术的重点正在由技术转向信息, 即转向对信息处理、信息的有效利用和信息的快速获取, 这对于整个经济结构都将产生至关重要的影响.

经济学家们预测^[1], 嵌入式计算机产业将是 21

世纪信息产业新的经济增长点,嵌入式计算机市场是计算机市场的重要组成部分,芯片级嵌入式计算机数量将远远大于台式机。嵌入式系统(包括微型嵌入式操作系统及其应用软件)正处在一个飞速发展和激烈竞争的时代,未来的几年里这种发展和竞争将达到白热化的程度。对于空间信息(据统计,世界上至少75%的信息都与空间位置有关)的处理,国外正在积极考虑和规划GIS在微型嵌入式操作系统上的应用。与此同时,我们一直在密切跟踪GIS在微型嵌入式操作系统上的应用。在这一领域,我们与国外的研究与应用水平基本上处于同一起跑线上。考虑到微型嵌入式GIS软件应用领域的及其广泛性、尖端性和时间紧迫性,积极开展我国的微型嵌入式GIS软件平台的研究将有非常重大和深远的意义。

微型嵌入式GIS软件平台的含义及特征

1.1 含义

微型嵌入式系统的定义为: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、功耗严格要求的微型专用计算机系统。

微型嵌入式GIS软件平台应包括运行平台和开发平台,运行平台是指通过微型嵌入式GIS软件开发平台开发的运行于某种微型嵌入式操作系统之上的GIS专业应用软件,通过它,我们能对存于微型嵌入式设备上的空间信息或与微型嵌入式设备联接的空间信息流进行相应的处理,如显示、查询、计算和漫游等;开发平台是指运行于通用桌面操作系统之上的、针对某种微型嵌入式操作系统开发的、具有一定的专业应用背景的GIS应用软件。

1.2 特征

微型嵌入式GIS软件平台(这里主要指运行平台)软件的要求与通用计算机的GIS软件平台软件有着明显的不同:

(1) 软件要求固态化存储 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。

(2) 软件代码高质量、高可靠性 尽管半导体技术的发展使处理器速度不断提高、片上存储器容量不断增加,但在大多数应用中,存储空间仍然是宝

贵的,还存在实时性的要求。为此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。同时,要求软件具有很好的可靠性。

(3) 系统软件(OS)的高实时性是基本要求 在多任务嵌入式系统中,对重要性各不相同的任务进行统筹兼顾的合理调度是保证每个任务及时执行的关键,这种任务调度只能由优化编写的系统软件来完成,因此系统软件的高实时性是基本要求。

1.3 与PC GIS在技术实现上的差异

他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区别,但对象模型的复杂程度有所不同,PC-GIS要求全面,而EM-GIS要求的是精练,功能可裁减。其他方面的比较见表1。

表1 微型嵌入式GIS软件平台与PC-GIS的比较

	PC-GIS	EM-GIS
程序和数据的储存方式	PC机的硬盘中	嵌入式设备的芯片中
程序的容错程度	高	不允许有错
程序的改变和升级	容易实习	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	要求代码精练
程序的数据容量	大	小

2 微型嵌入式GIS软件平台发展的相关技术背景

2.1 宽带互联网技术

宽带网络是相对传统网络而言具备较高通信速率和较高吞吐量的计算机网络。快速分组交换技术(帧中继FR和异步传输模式ATM)、综合业务数字网技术和高速调制解调技术是宽带网络技术的典型代表,涵盖了通信技术、协议实现技术、组网和互联技术等各个层次。

目前,随着IEEE802.3ae标准的发展,以太网带宽可由10Mbps扩展到10Gbps。光纤中使用千兆以太网已经成为标准做法,而最近已经将千兆以太网用于第5类UTP电缆,作为在铜线上传输的1000Base-T千兆以太网。

2.2 分布式计算技术

在分布式计算体系结构中,用户界面保存在客户端,事务逻辑保存在应用服务器中,数据保存在数据库服务器中。客户机只负责提供用户界面,当需要

进行数据访问时或复杂计算时,客户机向应用服务器发出请求,应用服务器响应客户机的请求,完成复杂的计算或者向数据库服务器发送 SQL 语句,由数据库服务器完成相应的数据操作,最后由应用服务器将结果返回给客户机。

目前,基于 Web 的分布式计算技术已取得了很大的发展,其用户界面由 Windows 扩充为 Browsers;网络通信规程统一为 TCP/IP;分布式计算结构由两层扩展到客户、应用服务器、数据库服务器组成的 3 个(N 个)层次。

2.3 无线通讯与移动互联技术

2.3.1 蓝牙技术

蓝牙技术(Bluetooth)是无线通讯与移动互联技术发展的典型代表;是无线数据和话音传输的开放式标准。其以短距离的无线连接为主,一般为 10cm 到 10m 之间。目前若是增加功率或是加上某些外设,距离可达 100m,如专用的放大器(Optional Amplifier)。蓝牙技术采用 2.402~2.480GHz 高频无线频率,中心频率为 2.45GHz,比现有的 GSM1800 还要高。在发射机频率为 1MHz 时,有效的蓝牙技术数据速率是 721Kbps,也许相对 WAP 而言,它规范化了更为具体的硬件及频率应用等内容。WAP 也是无线通讯协定,从理解的含义来讲,也许应为无线访问协议或是直接称之为无线上网协议,它规范化了网页的浏览格式及通讯协议,如 TCP/IP 等。

蓝牙技术是一种对未来移动计算技术有深远影响的技术。人们将会看到这一代表微波通信与计算机结合的技术将在未来随时随地无处不在的计算环境中发挥巨大作用,并将对人们的生活方式产生巨大影响。

2.3.2 SyncML 技术

SyncML 技术是一种唯一行业通用的移动数据同步化协议,将由 SyncML 行动(SyncML initiative)发行,是一种开放性协议。SyncML 的主要目的有两方面:一是可以通过任何移动设备将网络数据同步化;二是移动设备中的数据也可以用任何网络数据同步化。

SyncML 1.0 的推出,将使人们拥有在不同网络、平台、设备间进行数据同步的能力。面对不同的产品有不同的数据同步协议这种状况,SyncML 将成为一个关键的标准。使用 SyncML 标准,用户可以通过无线网络、红外线通讯、蓝牙技术和固定网络

对电子邮件、日志文件和数据库进行远程更新。

2.3.3 3G 移动技术

3G 标准又称为国际移动电话 2000(IMT 2000),是第三代移动通信技术标准(包括 GPRS、CDPD、CDMA、EDGE 等技术)。该标准规定,移动终端以车速移动时,其传输数据速率为 144Kbps,室外静止或步行时速率为 384Kbps,而室内为 2Mbps。第三代移动通信技术标准有 3 个共同的目标:

(1) 允许用户从专有网络(以太网、无线 LAN 等)到公共网络的无缝漫游。

(2) 简化通过个人区域网络(PAN)技术(如蓝牙),实现移动计算机与无线设备之间的连接。

(3) IP 语音。当地面网络开始利用 IP 协议传送语音和多媒体信息时,IP 通信一直延伸到无线设备。

2.4 移动计算技术

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。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。

移动计算的发展克服了有线网络接入的局限性,提高了数据信息接入的普遍性,使其能够吸引更多的用户,大大提高了数据通信覆盖的人群比例,从而将更有效地推动电子信息化的发展;由于移动计算使得管理者和移动的工作人员都能够更及时、准确地掌握有关的信息,从而能够提高部门与企业的管理和决策效率。

2.5 微型嵌入式技术

进入 90 年代后,以计算机和软件为核心的数字化技术取得了迅猛发展,不仅广泛渗透到社会、经济、军事、交通、通信等相关行业,而且深入到家电、娱乐、艺术、社会文化等各个领域,掀起了一场数字化技术革命。多媒体技术与 Internet 的应用迅速普及,消费电子、计算机、通信(3C)一体化趋势日趋明显,嵌入式技术再度成为一个研究热点。纵观嵌入式技术的发展,大致经历了以下 4 个阶段:第 1 阶段是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统,同时具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能;第 2 阶段是以嵌入式 CPU 为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统;第 3 阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统;第四阶段是以基于 Internet 为

标志的嵌入式系统,这是一个正在迅速发展的阶段。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外,但随着 Internet 的发展以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术相结合日益密切,嵌入式设备与 Internet 的结合将代表着嵌入式技术的真正未来。

2.6 微型 RTOS 技术

嵌入式操作 (real-time embedded operating system, RTOS 或 EOS) 系统是一种实时的、支持嵌入式系统应用的操作系统软件,它是嵌入式系统(包括硬、软件系统)极为重要的组成部分,通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面、标准化浏览器 Browser 等。目前,嵌入式操作系统的品种较多,据统计,仅用于信息电器的嵌入式操作系统就有 40 种左右。一般情况下,嵌入式操作系统可以分为两类: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、ISI 的 pSOS、QNX 系统软件公司的 QNX、ATI 的 Nucleus 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、机顶盒、电子书、WebPhone 等,如 Windows CE^[2]、Palm OS^[3]。这里要重点关注的将是第 2 类操作系统。

到目前为止,PalmOS 和 Windows CE 是市场上领先的嵌入式操作系统,分别占据手持设备市场份额的 70% 和 20%。以掌上计算机和高档 PDA 为代表的手持设备市场是开发最为成熟的嵌入式设备市场,因而 PalmOS 和 WinCE 在这一领域的影响就显得十分突出。然而近来,各种嵌入式 Linux 操作系统正迅速发展,已经形成了能与 Windows CE 等嵌入式操作系统进行有力竞争的局面。

3 微型嵌入式 GIS 软件平台的国内外发展动态

3.1 国外发展动态

国外在微型嵌入式 GIS 软件平台的研究方面也是刚刚开始,几乎很难找到这方面的学术论文,但在微型嵌入式系统的研究方面,其学术论文却相当的丰富,研究的内容也非常的广泛,涉及到的应用领域也非常多。尽管如此,已经有一家美国公司(ESRI)^[4]和一家英国公司^[5](Pocket Systems Ltd)开发出了基于硬件 PDA 及嵌入式操作系统 Windows CE 的微型嵌入式 GIS 软件,即 ARCPAD 和 Pocket GIS,目前主要用来进行野外数据采集,

而微型嵌入式 GIS 在其他领域的应用还尚未见到。

3.2 国内发展动态

近年来,虽然在多次全国性的会议上有很多专家都强调微型嵌入式 GIS 软件的应用对国民经济、人民生活以及现代化国防的重要性,提到要尽快开展我国微型嵌入式 GIS 软件平台的研究,并发展相关技术。但直到今天,尚没有见到以任何形式公开发表的学术论文。对微型嵌入式 GIS 软件技术的前瞻性、整体性和综合性研究尚未开展。国内有几家公司基于某种应用推出了初步的适于 WindowsCE 操作系统的微型嵌入式 GIS 软件,如北京慧图信息科技有限公司的 TopMap CEGenius、北京灵图软件技术有限公司的 SmartInHand for WindowsCE 和北京超图地理信息技术有限公司的 eSuperMap (按推出的时间为序)。

3.3 嵌入式数据库的发展

目前,嵌入式数据库(或称移动数据库)也是一个非常重要的研究方向,一些商业数据库系统如 Sybase、Oracle 都已推出了移动数据库的产品,以支持嵌入式的数据处理的要求。国内也有些单位如中科院、人民大学、浙江大学等正在开展这方面的研究。在国内,大规模的嵌入式应用系统目前还非常少。

4 我国发展微型嵌入式 GIS 软件平台的重要意义及应用领域

4.1 政府重视

2000 年由国家发展计划委员会和科学技术部联合发布的“信息业优先发展的高技术产业化重点领域指南”中列出了 25 项高技术产业化重点领域,其中和微型嵌入式 GIS 软件有关的领域就有 4 个,它们分别是:数字移动通信产品、计算机产品(包括便携式计算机、个人数字助理(PDA))、嵌入式操作系统软件及其相关产品和信息应用系统(包括 GIS)。

4.2 市场前景广阔

嵌入式计算机产业将是 21 世纪信息产业新的经济增长点。今天嵌入式系统带来的工业年产值已超过了 1 万亿美元。嵌入式计算机市场是计算机市场的重要组成部分,芯片级嵌入式计算机数量将远远大于台式机。

国内嵌入式计算机也同样有巨大的市场。家用电器数字化,计算机通信与消费类产品的结合,所谓 3C 产品需要量数以千万台计。到 2005 年我国嵌入

式计算机将创造 2 000~2 500 亿元的效益。

4.3 应用领域广泛

(1) 军事国防领域 武器控制,从火炮控制高炮指挥仪到导弹控制(弹上计算机),从坦克、轰炸机、舰艇、雷达、电子对抗等军事电子装备到军事通信及军事指挥系统。

(2) 野外数据采集 野外地质调查与地理调查,可运行于掌上电脑、进行移动制图。作为一种低成本的数据采集方案,微型嵌入式 GIS 软件平台将赋予便携式计算机矢量和栅格数据一体化显示和数据库管理的能力,通过可选的 GPS 接收机,还可以进行实时定位。

(3) 智能汽车领域 随着无线通信与全球定位技术的日益成熟和广泛应用,集通信、信息、导航、娱乐和各类汽车安全电子系统于一体的车载盒会成为下一代和未来汽车的发展方向。由于足够的市场需求,车载盒必将成为近年来发展的热点。

(4) 智能交通领域 随着人们对环境要求的不断提高,智能交通系统(ITS)必将是新世纪迅猛发展的支柱产业。特定应用的嵌入式操作系统和微型嵌入式 GIS 软件平台将是发展智能综合路口控制机、路车交互系统、新型停车系统、交通信息管理系统、车辆导航系统、流量控制系统、信息监测与汽车服务系统、高速公路的信息监控与收费综合管理系统等的关键技术,其应用将确保智能交通系统的低成本与高性能,大大提高系统的可靠性和智能化程度。

(5) 信息家电领域 机顶盒、WebTV、智能住宅等众多的消费类电子设备将在未来几年取得快速发展,信息家电的个性化、区域化以及季节化的趋势,为特定应用的微型嵌入式操作系统和嵌入式 GIS 软件平台提供了应用发展空间。

(6) 工业控制领域 植物工厂:特种植物工场,如实现野生名贵药材的远程监控培养和种植;虚拟现实(VR)机器人,如交通警察、门卫、家用机器人等;VR 库房,如粮库、油库、食品库等;VR 精品店,在 Internet 上客户可以实时地看到存货状况;VR 家政系统,如水、电、煤气安全防火、防盗系统等。

(7) 环境工程与自然 水文资料实时监测,防洪体系及水土质量监测、堤坝安全,地震监测网,实时气象信息网,水源和空气污染监测等。

(8) 个人用户 在手机上的应用和在个人 PDA 的应用,可以大大提高人们的生活质量,实时提供地图信息,并给出出行提示等。

4.4 国防现代化需要

现代化的战争需要现代化的国防,而现代化的国防需要现代化的国防技术与手段作为后盾。导航的导航与精确打击;野外快速救援;多目标跟踪与打击等等都需要微型嵌入式 GIS 软件深层次的应用。

5 发展微型嵌入式 GIS 软件平台的技术探讨与建议

5.1 PC GIS 上现有的算法以及模型如何在微型嵌入式 GIS 上实现所需要考虑的问题:

- (1) 算法和模型的针对性;
- (2) 算法和模型对数据模型的要求;
- (3) 算法和模型对处理器运算能力的要求;
- (4) 算法和模型对设备内存的要求;
- (5) 算法和模型对设备的其他要求。

5.2 开发微型嵌入式 GIS 应注意的问题

5.2.1 硬件方面

- (1) CPU 的运算能力;
- (2) ROM 和 RAM 的大小;
- (3) 扩充内存的性能;
- (4) 设备的扩充槽设置;
- (5) 设备的电源。

5.2.2 软件方面

- (1) 操作系统的类型和版本;
- (2) 相关应用程序的类型和版本;

5.3 实现微型嵌入式 GIS 与 PC GIS 一体化的技术可能途径(包括数据传输等):

5.3.1 解决的途径

- (1) 采用数据同步技术;
- (2) 编制数据转换程序;
- (3) 采用完全相同的数据格式。

5.3.2 数据同步

- (1) 文件数据同步技术;
- (2) 嵌入式数据库同步技术。

5.3.3 数据转换

- (1) 运行在 PC 上的转换工具;
- (2) 运行在嵌入式设备上的下载和上载转换工具;
- (3) 运行在 Internet 服务器上的转换服务。

5.4 微型嵌入式 GIS 应用软件的系统结构

微型嵌入式 GIS 应用软件的系统结构将随着具体应用的不同而有所增加或裁剪,图 1 所示的系统结构是在研究和开发微型嵌入式 GIS 应用软件时所应该考虑的几个功能模块。从系统的逻辑结构

来看,微型嵌入式GIS应用软件的逻辑最底层是微型嵌入式操作系统,如WindowsCE、Palm OS或Linux等;在其上面一层是嵌入式数据库,管理嵌入式GIS数据,同时负责与PC机的通用GIS及Internet GIS进行同步数据传输,且不需要任何的转换即可使用;最上面一层是面对用户的微型嵌入式GIS应用软件操作界面,包括可裁剪的存取模块、编辑模块、GPS模块、显示模块和查询模块。

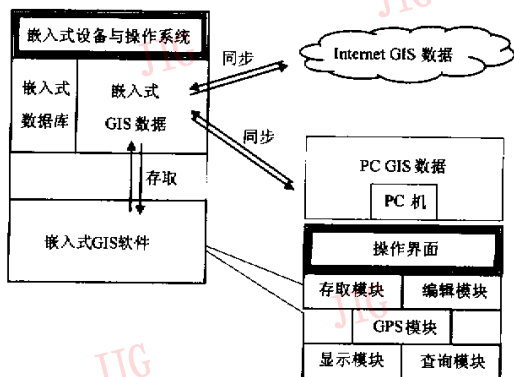


图1 微型嵌入式GIS应用软件的系统结构

5.5 提高微型嵌入式GIS软件性能及可靠性的主要措施

- (1) 选用高可靠性的嵌入式设备
- (2) 采用结构化设计

结构化设计要求产生自上而下、结构清晰的系统结构,可以用数据流图、系统结构图、状态转移图和实体关系图来进行系统逻辑模型描述。

- (3) 简化数据模型

对PC上的通用GIS数据模型进行简化与裁剪,使之适合某种嵌入式系统特定的应用,做到数据模型动态可裁剪和调用。

- (4) 解决优先级倒置的问题

优先级倒置是一种不确定的延迟形式,经常出现在存在共享资源的、多任务的、可抢占的执行体中。当高优先级任务企图访问已被某低优先级占有的共享资源时,就会引起优先级反转或倒置。

- (5) 做好测试工作

采用Codetest嵌入式软件在线测试工具,以缩短开发周期,提高产品性能。Codetest为追踪嵌入式应用程序、分析软件性能、测试软件的覆盖率以及存储体的动态分配等提供了一个实时在线的高效率解

决方案,同时做到了最大的系统无关性。

5.6 未来微型嵌入式GIS的开发方向

- (1) 跨操作系统,跨硬件平台;
- (2) 嵌入式数据库的应用;
- (3) 网络化。

5.7 微型嵌入式GIS软件平台的研究与开发策略

- (1) 明确目标,不断创新

嵌入式系统应用的基本要求是:快速响应、实时处理、性能可靠、成本低廉。其应用的广泛性决定了嵌入式系统是一种专用系统,它必须采用特殊的嵌入式微处理器、专门的实时操作系统(RTOS)及定制的应用软件。这就要求系统设计者、微处理器制造商、RTOS开发商及开发工具供应商不断开拓新思路,解决新问题,满足新需求。

- (2) 及时跟踪技术新动向

有关专家认为,下一代嵌入式微处理器应具备如下特性:实时多任务支持;功能强大的存储保护;可扩展的灵活处理器结构。其技术新动向为:集成更多的外围器件和功能,如Altera推出了集成有嵌入式微处理器的可编程系统级芯片(SOPC),提供将Nios软内核、ARM以及MIPS硬内核和可编程逻辑阵列组合在一起的IC;嵌入式无线连接,处理器中集成一个高速无线收发器,使每台嵌入式设备都具有无线联网功能。

- (3) 选择合适的实时操作系统(RTOS)

嵌入式系统有200多种RTOS可供选择,比较流行的有PalmOS、Windows CE、VxWorks、pSOS和POSIX,以及新进入嵌入式市场的Java和Linux。RTOS并不要求大而全,讲究的是“够用”就行。

- (4) 科学利用3DE工具^[6]

3DE(器件驱动程序开发环境)能够多自动支持并加快长期被忽略的板级支持软件包(BSP)与设备驱动程序的开发。3DE工具能把硬件/软件接口问题转化为利用高级的鼠标和菜单语言来解决,从而使软件开发具有更高的质量和效率。

6 结 语

综上所述,研究和发微型嵌入式GIS软件平台具有广阔的市场应用前景和深远的实际意义。从技术上来看,研究和发微型嵌入式GIS软件平台的技术背景已基本成熟,随着相关技术的进一步完善,微型嵌入式GIS软件走向各个领域的应用的步伐将会大大加快,如果不加快研究和发我国自主

的技术完备的微型嵌入式 GIS 软件平台,那么在这一领域将会很快落后于国外,从而造成无法挽回的损失.

参 考 文 献

- 1 嵌入式技术论坛[EB/OL],<http://www.embed.com.cn/forum/main.asp>, 2001.
- 2 WindowsCE introduction [EB/OL], <http://www.microsoft.com/windows/embedded/ce/default.asp>, 2001.
- 3 PALM OS introduction [EB/OL], <http://www.palm.com>, 2001.

- 4 Arcpad introduction [EB/OL], <http://www.esri.com/software/arcpad/index.html>, 2001.
- 5 Pocket GIS introduction[EB/OL], <http://www.pocket.co.uk>, 2001.
- 6 VisualAge Micro Edition development tools[EB/OL], <http://www.embedded.oti.com/>, 2001.

张时煌 1962年生,副研究员.研究领域为应用模型与GIS集成、微型嵌入式GIS技术.发表论文20余篇.

方 裕 1946年生,1968年毕业于北京大学,现为北京大学计算机系教授.长期从事计算机软件工程、地理信息系统、计算机集成制造系统等方面的研究工作.