

文章编号: 1671-8860(2006)01-0086-04

文献标志码: A

# 基于嵌入式数据库系统的移动 GIS 应用体系结构研究

熊庆文<sup>1</sup> 边馥苓<sup>1</sup>

(1 武汉大学空间信息与数字工程研究中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 讨论了在移动环境下如何构造基于嵌入式数据库的移动地理信息系统的体系结构, 在分析嵌入式数据库关键问题的基础上, 探讨了在其上构筑移动 GIS 应用有待解决的技术问题, 同时指出了本结构实现的可行性以及相对于基于 WAP 方式的 GIS 应用的优势, 并结合实例进一步说明了本结构的实用性及应用前景。

**关键词:** GIS; 移动计算环境; 嵌入式数据库; 体系结构

中图法分类号: P208

嵌入式移动数据库技术目前已经从研究领域向应用领域发展, 各种嵌入式移动数据库产品已经出现。将来, 绝大部分移动终端都将配备以无线网络为主的移动联网设备, 以支持移动用户访问网络中的数据, 实现无约束自由通信和共享资源, 这是一种更加灵活、复杂的分布计算环境, 称之为移动计算(mobile computing)<sup>[1]</sup>。

嵌入式移动数据库涉及的理论和技术涵盖了当今通信和计算机发展的最新成果, 在移动环境下如何进行数据管理是实现嵌入式移动数据库的关键, 包括复制与缓存技术、数据广播技术、移动事务处理技术、移动安全技术<sup>[2]</sup>等。目前, 国内外已陆续研究开发并推出了基于嵌入式操作系统的嵌入式数据库产品, 可以运行于低内存及处理器性能较差等资源受限环境下, 如 PointBase Micro、Oracle Lite、Sybase UltraLite、人大金仓“小金灵”、东大 OpenBASE Mini、IBM DB2 Everyplace 等<sup>[3,4]</sup>, 这给开发移动 GIS 系统提供了很大的便利性。

## 1 基于嵌入式数据库的移动 GIS

### 1.1 移动 GIS

面向移动计算环境的 GIS 系统称为移动 GIS, 移动 GIS 包括一系列技术的综合, 如 GIS、移动硬件设备(包括智能手机、PDA 等轻便设备

和个人电脑等)、定位系统(GPS 或无线电定位)以及可以接入到固定网络 GIS 的无线通信设备等。移动 GIS 要求支持用户在多种网络条件下都能够有效地访问、完成移动查询和事务处理, 并且要求移动用户即使在断接的情况下也可以访问所需的数据, 使 GIS 具有高可用性。图 1 是一种典型移动 GIS 的主要构成。

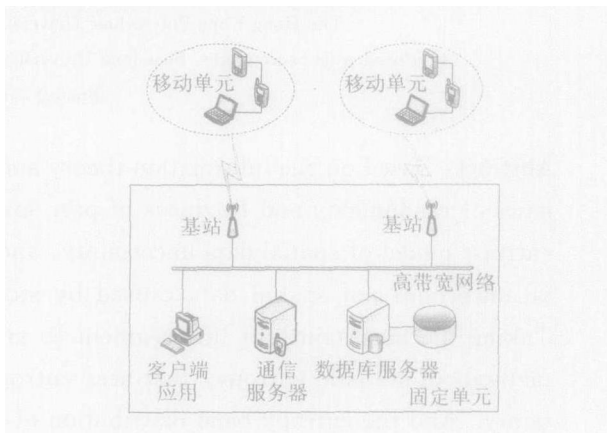


图 1 移动 GIS 的典型组成

Fig. 1 A Typical Components of Mobile GIS

在移动 GIS 中, 高带宽有线网络部分构成连接固定单元的主干, 固定网络中拥有若干基站, 负责管理无线网络单元, 单元内的移动终端与基站通过无线通信连接。每个无线网络单元的覆盖范围由它们所采用的无线通信技术确定, 如无线局域网单元只能覆盖直径几百 m 的小区, 而采用卫

收稿日期: 2005-10-11。

项目来源: 国家测绘局测绘科技发展基金资助项目(14601402024-04-04)。

星通信的无线网单元只需几个即可覆盖整个地球, 移动 GIS 客户端则通常是通过移动基站与固定网络连接。

### 1.2 基于嵌入式数据库的移动 GIS 体系结构

GIS 空间数据包括几何数据、空间拓扑关系

以及属性数据等, 其数据量非常大, 且数据涵义非常丰富, 应当结合其空间数据吞吐量较大、几何图形数据和属性数据同时传输、所有查询均与空间位置信息相关等应用需求, 针对嵌入式数据库的特点构造移动 GIS 体系结构, 如图 2 所示。

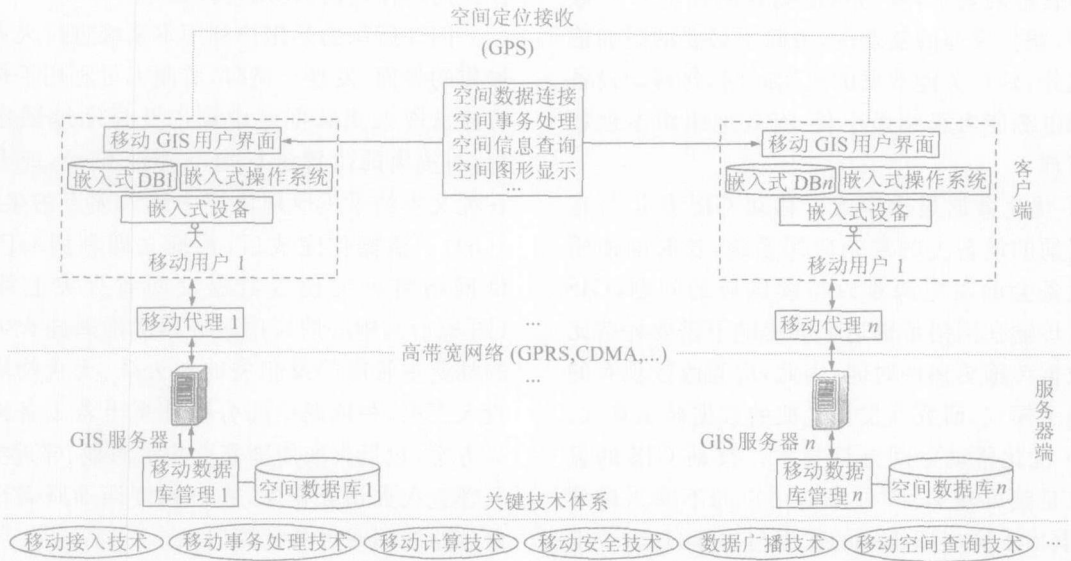


图 2 基于嵌入式数据库的移动 GIS 体系结构

Fig. 2 Flow Chart of Mobile GIS Based on Embedded Database

在基于嵌入式数据库 GIS 客户端架构中, 嵌入式数据库系统能够和嵌入式操作系统有机地结合在一起, 为应用程序及应用开发人员提供有效的本地数据管理手段, 同时提供各种定制条件和方。嵌入式移动数据库通过数据复制技术来提高系统的可用性, 嵌入式数据库中保存了数据的部分副本, 即根据用户的应用需求, 仅存储该用户具有访问权限的当前需要处理的数据。移动 GIS 客户端在较多时刻进行显示和其他计算时, 只需访问本地嵌入式数据库中保存的数据, 需要时才从服务器下载所需数据, 缓解了带宽压力, 缩短了应用运行时间, 提高了系统的可用性。

嵌入式移动数据库处于断接状态时, 移动 GIS 客户端可以在本地执行本地事务, 当重新与同步服务器连接时, 启动复制过程, 整个复制过程分为数据上载和数据下载两个子过程, 这两个子过程分别作为单独的事务在数据库服务器上执行。上载过程中, 嵌入式数据库将自复制后, 本地所作的修改以事务为单位组织起来, 并一次性地传给同步服务器上的复制请求队列, 同步服务器处理该请求时, 首先对各移动事务进行验证和冲突检测, 验证通过的事务所作的修改分别写入数据库服务器。在下载过程中, 数据库服务器根据嵌入式数据库上次复制的时间扫描日志文件, 将

服务器新作的修改传递至输出缓冲区, 嵌入式数据库可以从输出缓冲区中取出对应的数据包, 并对本地副本进行刷新, 从而与数据库服务器保持一致。

移动 GIS 客户端嵌入式数据库与服务器间发生下载、同步等数据传送时, 使用 HTTP 协议, 它是包括 J2ME 中 MIDP( mobile information device profile, 移动信息设备规范) 在内的多个无线连接设备连接框架要求支持的协议, HTTP 协议可以用 IP 协议实现, 也可以用非 IP 协议实现, 如果无线设备厂商都实现对 HT 的支持, 那么所开发的移动 GIS 应用可以在所有的移动信息设备间移植。数据传送的网络基础使用公用、稳定可靠、低成本、基本满足带宽需求的 GPRS、CDMA 等无线数据通信网, HTTP 协议可以跨越上述网络及与之相连接的固定网络的所有交换机及网关设施, 因此, 可以在保障信息安全的前提下实现数据无障碍传输。

### 1.3 关键技术

移动通信与网络技术的高速发展使移动 GIS 的移动环境、性能发生了极大改善, 但构造出高效的移动 GIS 系统, 除了空间定位技术、网络传输技术、嵌入式设备和嵌入式操作系统的技术发展之外, 还必须针对基于嵌入式数据库的移动 GIS

本身的应用特点进行研究。笔者认为,应当解决下列关键问题。

1) 合理设计移动数据库,适应空间数据存储的访问要求。嵌入式时态空间数据库的设计与组织是移动 GIS 的核心,为了适应移动 GIS 中图层存储与管理的要求,应当构造高效的移动 GIS 数据模型,减少模型的复杂度,去除不必要的附加信息。此外,延长关键数据的可用时间,将移动设备的有限电源能力影响最小化,有效地组织本地数据库管理。

2) 优化数据显示模式。移动 GIS 是运行在资源紧缺的设备上的复杂应用系统,长时间使用移动设备会面对电源难以持续供应的问题, GIS 的图形传输在网络传输速率的影响下需要耗费比一般数据传输更多的时间,因此,应当改进现有的图形显示模式,研究开发低耗能的数据显示算法。

3) 优化移动空间查询技术。移动 GIS 的显著特点是其可裁剪性<sup>[5]</sup>,根据用户的不同兴趣要求,抽取不同应用级别的数据与功能,这就要求在嵌入式时态空间数据库中进行查询检索时的效率,组织并自动维护将空间数据集映射到不同位置的元数据,消除带宽多样性、断接等因素产生的影响,将通信代价、通信时间、电源消耗等条件纳入查询优化的考虑因素,根据当前网络条件采取恰当的优化策略,完成空间与时态信息的查询与提取。

4) 构建移动空间事务处理模型。移动 GIS 中的空间事务处理属于长事务处理,当一个空间事务在执行期间移动到不同的无线通信单元时,会导致事务及相应资源的移动,并且由于访问的是复杂的空间几何数据资源,因此比普通的移动事务执行时更易出错。目前,多数移动事务处理用弱一致性,允许不同复制的数据产生一定偏差,换取高可用性,但对精度要求高的空间数据不合适,需要研究适应移动 GIS 的计算环境、支持可变一致性的移动空间事务处理模型。

## 2 应用实例

笔者将基于移动数据库的 GIS 体系结构应用于某省防火地理信息系统森林火灾监测应用的设计实现中,火灾监测人员携带具有通信功能的 PDA 或智能手机等移动终端设备到野外林场巡视。森林火灾的监测及消防均是划分区域管理,如地市、区县、林场乡镇直到最基层的护林小班,系统根据用户登录帐户确定用户所在的区域,将

用户所在区域的地理信息数据(包括地图数据及其他专业的森林资源数据)从中央同步数据库下载到用户所持移动终端上的嵌入式数据库,这个过程先进行比较,若上次同步之后,移动客户端或中央数据库发生更新,则进行数据同步;否则,不作任何操作,直接使用现存数据。

图 3 所示的是用户利用本系统进行火灾定位操作的界面,发现火情时,监测人员利用手机应用程序从嵌入式数据库中读出并显示地图作为背景,对火灾的位置进行确定(图 3(a)),或者直接在纯文本的手机应用程序中输入火点的坐标(图 3(b))。该操作完成后,系统立即利用 GPRS 通信网络将火灾位置数据发回省火灾监测中心(图 3(c)),中心的应用服务器随即通知火灾发生的林业主管部门及相关的扑火队、灭火物资仓库投入灭火,并依据空间分析计算出若干备选的灭火方案,包括火场周围邻近的水源地、邻近扑火队及邻近灭火物资仓库,人员物资调动所需行进的最佳路线同时也被计算出来。

本应用系统中,手机上的应用程序使用 J2ME 所定义的 MIDP 协议,这对运行该应用程序的手机等设备有一定的要求,最基本的是必须能够安装并运行 JVM(Java virtual machine, Java 虚拟机)。随着微电子技术的不断发展,手机的发展也越来越智能化,性能也在不断提升。其次,在本例中,手机等移动终端设备与省级监测中心的通信是通过公用移动通信网(中国移动与中国联通)来完成的,省去了投资建设、运营维护等专用无线通信网络的开销,除了大山、深沟等地外,均有网络覆盖,且数据通信费用低廉,随时在线,即仅用很小的投入就能获得较高可靠性的服务保障。

## 3 结语

使用基于嵌入式移动数据库的移动 GIS 时,移动客户端可以在移动时存取后台数据库,而且可以带着后台数据库的副本移动,即使在网络通信断开的情形下,用户仍然可以访问 GIS 应用。应用程序可以标准数据库存取方式访问移动数据库,便于某些基于桌面的应用直接或者略加修改移植到移动设备上运行。即便是对于本文讨论的空间数据应用,对于特殊的空间数据访问也可以在嵌入式的空间数据库进行,尽量做到应用程序的接口显示表现、应用业务逻辑与数据访问等逻辑层次上的分离。而在移动、频繁断接条件下

的数据同步、事务处理问题全部交给移动数据库完成。移动 GIS 应用设计开发人员可将主要精力用在主业务逻辑的设计实现和空间数据库逻辑结构的设计上。这些特性是本地不带数据的移动 GIS 无可比拟的,但在断网情况下就无法操作使用,对于一些移动事务的处理会有很大的局限性,但它所需的系统资源较少。

国内外陆续开发推出的嵌入式数据库产品,为移动 GIS 上配套嵌入式空间数据库打下了良好的基础,并已实现部分空间数据的存取功能,还

需要完善功能及改进性能。如对通信频繁断接操作的支持、对跨区长事务的支持、对位置相关查询的支持、对查询优化的特殊考虑以及对提高有限资源的利用率和对系统效率的考虑等。为了有效地解决上述问题,如复制与缓存技术、移动事务处理、数据广播技术、移动查询处理与查询优化、位置相关的数据处理及查询技术、移动信息发布技术、移动 Agent 等技术仍在不断地发展和完善,其结果会进一步促进移动 GIS 利用嵌入式数据库技术的发展。

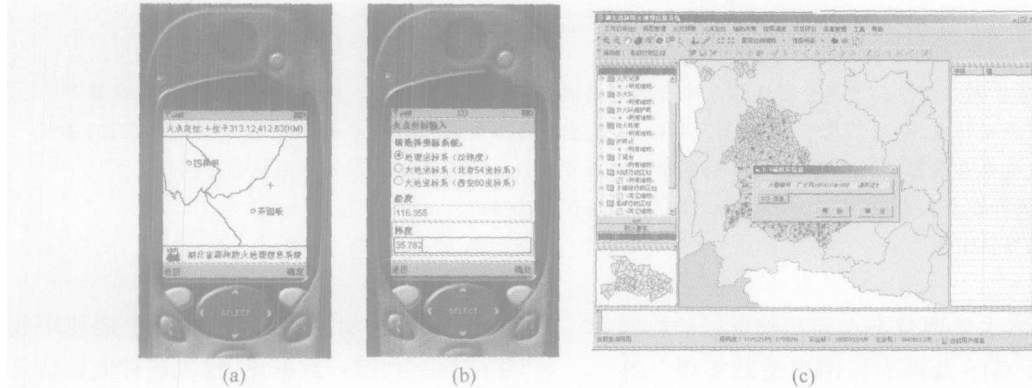


图 3 某省森林防火地理信息系统实际运行界面

Fig. 3 Screenshots of a Wild Fire Prevention GIS

## 参 考 文 献

- [1] 范绍山. 移动互联网应用框架分析和比较[J]. 互联网技术, 2000(11): 31-33
- [2] 王珊. 嵌入式移动数据库及其应用[C]. 2000 中国(广州)数字化 3C 产品展览会暨数字技术与应用论坛, 广州, 2000
- [3] 选择开发移动应用程序的数据库[DB/OL]. <http://www.kissjava.com/doc/j2me/2005-05-13/>

8851115968436.html, 2005

- [4] 王彤, 王良. 嵌入式移动数据库的综述及评价[J]. 计算机工程, 2001, 27(12): 155-157
- [5] 田根, 张锦, 童小华. 基于移动嵌入式 GIS[J]. 遥感信息, 2004(1): 49-52

第一作者简介: 熊庆文, 博士生。现从事 GIS 及互联网方向的研究。

E-mail: xiongqw@126.com

## Study on the Architecture of Mobile GIS Application Based on the Embedded Database System

XIONG Qingwen<sup>1</sup> BIAN Fuling<sup>1</sup>

(1 Research Center of Spatial Information and Digital Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** This paper discusses the architecture of both mobile client side and server side in the embedded database based GIS application, and analyzes that what the features of the embedded database based as GIS are and how to deal with those key problems under the mobile computing environment.

**Key words:** GIS; mobile computing environment; embeded database; architecture