

# 基于 LBS 的移动 GIS 研究

陈飞翔<sup>1</sup> 杨崇俊<sup>1</sup> 申胜利<sup>2</sup> 于文洋<sup>1</sup> 杨建宇<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101)

<sup>2</sup>(国土资源部信息中心,北京 100812)

E-mail: frognose@163.com

**摘要** 空间定位信息服务是移动 GIS 最有前景的应用方向之一,它的发展同时又为移动 GIS 提出了一些新的要求。该文在基于 LBS 服务的基础上,根据移动设备硬件环境和无线网络环境提出了基于 LBS 的移动 GIS 系统结构,详细设计了该系统的模块结构,分析了系统中的空间数据存储与压缩、空间数据索引等相关技术,最后讨论了在移动 GIS 上实现 LBS 的原理与方法。

**关键词** 空间定位信息服务 移动 GIS 空间数据压缩 空间数据索引

文章编号 1002-8331-(2006)02-0200-03 文献标识码 A 中图分类号 TP39

## Research on Mobile GIS Based on LBS

Chen Feixiang<sup>1</sup> Yang Chongjun<sup>1</sup> Shen Shengli<sup>2</sup> Yu Wenyang<sup>1</sup> Yang Jianyu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(The State Key Laboratory of Remote Sensing Information Sciences,IRSA,CAS,Beijing 100101)

<sup>2</sup>(Information Center of Ministry of Land and Resources,Beijing 100812)

**Abstract:** Location-based service is one of the most promising application directions of GIS. At the same time some requests of mobile GIS must be met according to LBS applications. This paper presents the system architecture of mobile GIS based on LBS according to the mobile hardware situation and wireless network situation, designs the system software modules in detail, analyses some correlative technologies about the storage, compression and index of spatial data, and discusses the theory and implementation method of LBS with mobile GIS.

**Keywords:** LBS, Mobile GIS, spatial data compression, spatial data index

## 1 引言

地理信息系统(GIS)是地理信息技术及其它相关信息技术在社会生活中的应用。它利用地理信息技术将城市系统中地理环境的组成要素及其相互关系映射到信息空间,为政府和企业的管理与决策及市民社会生活提供空间信息服务<sup>[1]</sup>。进入 20 世纪 90 年代以来,地理信息系统在全球得到了空前迅速的发展,产生了巨大的经济效益和社会效益。

地理信息系统自诞生以来其发展就与计算机硬件、通讯网络的发展密切相关。近年来,特别是 20 世纪 90 年代中后期以来,计算机硬件技术、无线网络通信及互联网技术飞速发展,GIS 呈现由室内工作站和桌面系统向户外移动计算终端发展<sup>[2]</sup>。掌上电脑、平板电脑、个人数字助理(PDA)、智能手机(Smart-Phone)等移动电子设备(统称为移动计算机)的出现,加快了移动终端设备与 GIS 的结合。人们把用户(终端设备)处于移动情况下使用的地理信息系统,称为移动 GIS<sup>[2]</sup>。移动 GIS 是当前 GIS 研究领域的一个重要方向。

同时,随着移动互联网的飞速发展和不断进步,人们对地理空间信息的 4A(anytime, anywhere, anybody, anything)服务的需求日益增大,无线移动服务与空间信息服务的结合,出现了空间定位信息服务(LBS, Location-based Service)<sup>[1]</sup>。LBS 指的是在移动环境下,利用 GIS 技术、空间定位技术、嵌入式技术和无线网络通信技术,为移动终端用户提供基于空间地理位置

的信息服务。如用户在随身携带的移动终端设备上,通过 LBS 服务查询当前的位置、附近商场以及公交换乘等信息。

显然,传统的桌面 GIS 已不能满足 LBS 空间信息的动态性特点和为用户提供智能化服务的要求,从而基于 LBS 的移动 GIS 也就应运而生了。基于 LBS 的移动 GIS 是一种集成系统,是 GIS 技术、GPS 定位技术、移动通信技术、互联网服务技术等等的系统集成。

## 2 体系结构与设计思想

### 2.1 发展阶段

移动 GIS 的发展分为 3 个阶段。移动 GIS 发展早期研究始于 20 世纪 90 年代初期,它仅仅是一个移动的雏形,通过一个中间转换步骤达到室内和野外采集的空间数据同步,实时性差,而且受到许多技术上的限制,其应用范围相当狭小并且专业性强。自 20 世纪 90 年代中期以来,计算机软硬件发展迅速,电子移动终端不断涌现,美国的全球定位系统(GPS)部署完成,此时的移动 GIS 发展进入了以 GPS 为核心的阶段,这时的移动 GIS 应用领域比较广泛,各种与移动计算相关的行业都利用移动 GIS 进行室外数据采集和移动办公的尝试,应用的领域有野外数据采集、智能汽车、智能交通等等<sup>[3]</sup>。随着无线通信技术的发展,特别是第 2.5 代移动通信网络 GPRS 和第三代网络 CDMA 等的出现,移动 GIS 逐步从以 GPS 为核心向着以无线

基金项目:国家 973 重点基础研究发展规划资助项目(编号:G2000077906)

作者简介:陈飞翔,男,GIS 专业博士研究生,研究方向为 Mobile GIS

Copyright © 2006, China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

移动网络为核心的方向发展。近年来,由于 GPRS、CDMA 无线网络的迅速发展,其传输速率大幅度提高,同时支持互联网接入,这就使得经过压缩后的空间数据可以在无线网络中传输,而且可以接入互联网,与远程的服务器进行空间数据交换,从而可以满足大量的大众化空间信息需求。这时的移动 GIS 应用更加广泛、大众化,如空间定位信息服务, LBS 为移动 GIS 用户带来了极大便利,人们只要利用移动 GIS 就可以迅速查询到用户当前所在地的大量相关信息。

2.2 体系结构

基于 LBS 的移动 GIS 并不是指一种移动计算的应用,它是一个集成系统。基于 LBS 的移动 GIS 由移动终端(客户端)和服务中心(服务器端)两部分构成,它们之间通过无线网络和互联网连接,如图 1。对于一些基本的简单的操作和请求,移动终端可以不请求服务中心而独立完成,而对于那些比较复杂的移动终端不能实现的功能则需提交给服务中心,通过服务中心的处理后将结果返回给移动终端。

无线通信网络有早期的私人移动电台, GPS 卫星系统的通信网络, 还有基于蜂窝通信系统的 GSM、GPRS、CDMA 等。其中, 以第三种蜂窝系统应用最为广泛, 也是基于 LBS 的移动 GIS 运行的最主要的通信网络<sup>[2]</sup>。

基于 LBS 的移动 GIS 的移动终端设备必须是便携、低耗的移动电子设备,如掌上电脑、平板电脑、PDA、SmartPhone 等。同时还必须有用于快速精确定位的接收机,如 GPS 接收机,以及用于连接无线网络进行传输信息数据的无线通信设备。

基于 LBS 的移动 GIS 的服务中心由 Web 服务器, GIS 应用服务器和空间数据服务器组成。GIS 应用服务器提供 LBS 服务、空间分析、空间数据更新、空间数据下载及查询操作等服务。空间数据库是基于 LBS 的移动 GIS 数据的存储中心,并且对空间数据进行有效管理,它是 GIS 应用服务器进行信息服务的数据来源。

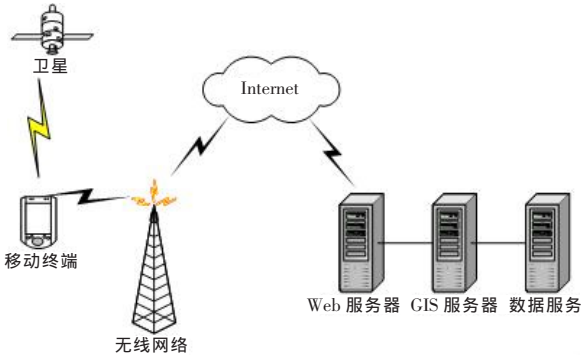


图 1 基于 LBS 的移动 GIS 体系结构图

2.3 设计思想

基于 LBS 的移动 GIS 分为移动终端子系统和服务中心子系统。移动终端子系统模块结构将随着具体应用的不同而有所增加或裁剪,如下所述模块结构是在研究和开发这个系统时应该考虑的几个基本功能模块。从系统的逻辑结构来看,移动终端子系统建立在嵌入式操作系统的基础上,如 Windows CE、Palm OS 或 Linux 等。子系统的逻辑最底层是空间数据管理模块,管理移动 GIS 数据,同时负责与 PC 机的通用桌面 GIS 进行同步数据传输;然后上面一层是子系统功能模块集,包括可裁剪的空间数据可视化模块、空间数据查询模块、空间数据编

辑模块、空间数据分析模块、空间投影变换模块、GPS 定位导航模块和无线网络传输模块等。服务中心子系统主要是为移动终端提供服务,接收移动终端的各种请求,并返回处理后的结果。此子系统建立在桌面 GIS 和 WebGIS 平台上,包括了空间信息服务模块、空间数据分析模块、空间数据下载模块、空间数据更新模块、Web 信息发布模块、无线网络传输模块等。

3 相关技术分析

3.1 空间数据存储与压缩

一般而言,移动终端的存储容量和内存都非常小,无线网络数据传输的带宽也有限,然而空间数据又比较大,所以必须选择合适的存储结构和存储策略,并对空间数据进行合理的压缩。

要减少空间数据占用的存储空间,可以从以下几个方面考虑:用最少的数据量表示空间实体,这是最基本的方法,应该选择适当的数据结构,在保持正确性和效率的前提下,尽量节省存储空间;去掉多余的附属数据,选用合适的索引方式,减少数据冗余,或者优化索引的存储方式,减少数据量;采用压缩算法,对空间数据进行压缩,节省存储空间,采用数据压缩是降低存储空间的有效途径<sup>[4]</sup>。

空间数据压缩分为有损压缩与无损压缩两大类。无损压缩分为基于统计模型的压缩(Huffman 算法,算术编码算法等)和基于字典的压缩算法(LZW 算法和 Deflate/Inflate 算法等)。对矢量空间数据根据具体的系统应用要求,可以对其进行无损压缩或有损压缩<sup>[5]</sup>。目前矢量空间数据的压缩主要有以下方法:垂距限值法、角度限值法、Douglas-Peucker 算法,以及黄培之 1995 年提出的具有预测功能的曲线矢量数据压缩方法。这些算法按照选点的约束条件总体上可分为距离控制和角度控制两类,由于距离计算在执行效率方面的优势,使得垂距限值法和 Douglas-Peucker 算法的应用较另两种算法普遍<sup>[6]</sup>。Douglas-Peucker 算法是经典的矢量数据压缩算法,它是一个从整体到局部,即由粗到细的方法来确定曲线压缩后保留点的过程,其优点是具有平移、旋转的不变性,给定曲线与限差后,抽样结果一致,也有许多其它学者在该算法的基础上进行改进而提出了其它的衍生算法。

李青元从考虑地图坐标数据存储类型出发,提出了用 int 甚至用 short 类型来代替 double 数据类型的点坐标来达到数据压缩的目的;同时通过对虚拟屏幕范围的映射,对矢量地图上弧段的型值点进行“滤点压缩”;用“长边加点”来处理“偏移量压缩”,对弧段两相邻型值点间  $x$  或  $y$  的偏移量大于 127 的个别“长边”进行特殊处理,在进行了一系列的压缩措施后,矢量地图的数据量压缩率便可以达到 80% 以上<sup>[7]</sup>。

对空间数据的无损压缩只能在一定的范围进行,超过了这个范围便是有损压缩,压缩的比率越大,其数据损失越大,失真越大。我们在进行空间数据压缩时应根据系统具体的应用精度要求,选用合适的压缩方法,达到一定的数据精度与效率的协调统一,从而达到系统性能的最优化。

3.2 空间数据索引

为了提高空间数据存取与管理的效率,一般都要为空间数据库建立索引,不同的空间数据索引结构和索引管理技术,直接影响系统的性能。所谓空间索引,就是指依据空间实体的位置和形状或空间实体之间的某种空间关系,按一定顺序排列的

一种数据结构,其中包含空间实体的概要信息如对象的标识、外接矩形及指向空间实体数据的指针。迄今为止,人们提出了K-D树、K-D-B树、BSP树、R树系列、四叉树、网格等众多空间索引,其中常用的为R树系列和四叉树系列。按照划分区域是否与空间对象的分布特征有关的标准,空间索引可以分为两大类:划分区域与空间对象的分布特征无关的索引方法和划分区域与空间对象的分布特征有关的。前者以四叉树为代表,后者以R树为代表。四叉树对空间区域的分割是规则的,与数据的空间分布特征无关性大。空间被分割为同一大小的区域或者是适应数据分布的分割。四叉树有很多种类型如PR四叉树、PM四叉树、PMR四叉树等。R树空间索引一般是自上而下、逐级划分空间的各种树结构空间索引,比较典型的有BSP树、K\_D\_B树、R-树、R+树等<sup>[9]</sup>。下面重点综述一下R树各种空间索引方法。

BSP树(Binary Space Partitioning Tree,二维空间划分树),是一种逐级将空间一分为二的二叉树,空间实体是该树的叶子结点。它能很好地与空间对象的分布情况相适应,但由于没有考虑到外存按页存储的特点,因此不适合用于处理海量数据,而且BSP树深度一般都很大,影响各种操作的效率。

K\_D\_B树是B树向多维空间发展的一种形式,它用空间区域对多维空间中的点进行索引,具有较好的动态特性,但不直接支持二维空间中的线和面等占据一定空间范围的空间对象,只能通过空间映射或变换的方法将d维空间中的区间变换到二维空间中的点来进行索引。

R树是B树向多维空间发展的另一种形式,它将空间对象按范围划分,每个结点都对应一个区域和一个磁盘页,非叶结点的磁盘页中存储其所有子结点的区域范围,非叶结点的所有子结点的区域都落在它的区域范围之内;叶结点的磁盘页中存储其区域范围内的所有空间对象的外接矩形。每个结点所能拥有的子结点数目有上、下限,下限保证对磁盘空间的有效利用,上限保证每个结点对应一个磁盘页,当插入新的结点导致某结点要求的空间大于一个磁盘页时,该结点一分为二。R树是一种动态索引结构,即:它的查询可与插入或删除同时进行,而且不需要定期地对树结构进行重新组织<sup>[10]</sup>。

R+树与R树类似,主要区别在于R+树中兄弟结点对应的空间区域无重叠,这样划分空间消除了R树因允许结点间的重叠而产生的“死区域”(一个结点内不含结点数据的空白区域),减少了无效查询次数,从而大大提高空间索引的效率,但对于插入、删除空间对象的操作,则由于操作要保证空间区域无重叠而效率降低。同时R+树对跨区域的空间物体的数据的存储是有冗余的,而且随着数据库中数据的增多,冗余信息会不断增长。

### 3.3 空间定位信息服务

LBS从提出到现在已经历了很长的一段时间。最近,移动设备网络的带宽提高加快了LBS的发展。大多数的电信公司正在他们的通讯网络中推行基于网络的或基于移动终端设备的定位技术。越来越多的移动设备生产商也将全球定位系统芯片与手机或移动终端结合。服务商结合了软件、硬件及应用平台向用户提供前所未有的个性化服务。这些都推动了LBS的快速发展<sup>[9]</sup>。由于发展的需要,LBS的各项标准也在由业界积极地制定着,如着重在定位技术接口方面的OpenGIS的Open Location Services(OpenLS)等。

LBS是一种整合通信与GIS的技术,是移动GIS发展的最有前景的应用。LBS应用准确、实时定位技术把移动用户同最近的兴趣点相接起来,并提供兴趣点的当前状况,如交通和天气等,或提供传输和追踪信息。这些都是通过移动GIS终端来实现的。LBS的关键思想是移动终端发送其位置信息到服务中心,服务中心再通过其数据库找到移动终端位置附近最相关的信息,然后把信息送回到移动终端。

基于LBS的移动GIS为移动用户带来了极大便利,人们只要利用该系统就可以迅速查询到用户当前所在地的大量相关信息。移动用户通过无线网关接入互联网,向LBS应用程序服务器请求位置服务,LBS应用服务器根据移动用户的当前位置,分析请求类型,然后通过前端服务器向移动用户提供各种定制的服务。如图2是通过LBS查询铁路信息的运行结果。



图2 LBS查询运行效果图

## 4 结论

基于LBS的移动GIS是基于移动服务的新一代数字产品,它具有轻盈小巧,携带方便,操作灵活,功能强大等特点,逐渐被越来越多的人所接受和喜爱。掌上电脑、平板电脑、PDA、SmartPhone等这些设备已成为人们移动办公和数字生活必不可少的组成部分。

本文提出了一种基于LBS的移动GIS的系统架构,给了具体软件模块的设计思想。该系统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,通过空间数据索引解决了空间数据检索的速率,通过无线网络解决了大量空间数据传输的需求,从而使大量的复杂的LBS服务成为可能。将来的工作是研究空间数据网络传输策略,进一步提高网络传输的效率。

(收稿日期:2005年7月)

## 参考文献

- 1.卜健.基于LBS应用的分布式移动GIS技术实现[J].重庆邮电学院学报,2004;16(1)
- 2.赵文斌.移动计算环境中的地理信息系统[J].地理与地理信息科学,2003;19(2)
- 3.赵文斌.基于移动计算的地理信息系统的发展研究及应用前景[J].GIS技术,2003;(1)
- 4.夏颖.空间数据检索在嵌入式GIS中的应用[J].计算机应用,2002;22(12)
- 5.杨建宇.WebGIS系统中矢量数据的压缩与化简方法综述[J].计算机工程与应用,2004;40(32):36~38
- 6.杨得志.矢量数据压缩的Douglas-Peucker算法的实现与改进[J].测绘通报,2002;(7)



及期望等信息选择所要讲授的知识点的集合。由于教学知识点之间具有一定的关联,因此还引入了教学知识点选择函数  $k_{sel}:U \rightarrow 2^K \rightarrow K$ ,以便根据教学知识点之间的关联和用户状态中对上一知识点的掌握情况来选出当前最适合讲解的知识点。例如:在教学过程中,如果所学的知识之间是有先后顺序的,那么当对用户的上一个知识点的学习情况的评估达到最低标准时才能进行下一个单元的学习;否则,对上一个知识点的内容进行重修,直到达到最低标准。

接着,由于相同的教学知识点对应着多个课程单元,我们引入了课程单元选择函数  $teach:U \rightarrow K \rightarrow C$ ,并根据所学的知识,用户对教学策略的偏好,用户的认知能力、学习风格以及领域知识水平等选择最适合用户学习的课程单元。

最后,通过用户学习情况评价函数  $eval:U \rightarrow C \rightarrow E$  来根据用户在学习过程中的表现,用户以往的学习情况以及用户系统的交互情况来对用户的学习过程和进度进行评价,同时,根据用户所做的练习以及用户向系统提出的请求帮助的次数等交互情况来对用户模型中的参数进行更新,如:给出用户所做练习的得分,并且基于此分数和用户对于知识点及课程单元的掌握程度进行综合性的评价。

### 3 智能教学系统及其运行

基于 web 的智能教学系统  $S=\langle UE, PE \rangle$  由用户环境和教学环境组成,其全局状态集合  $G=\{s_0, s_1, \dots\}$  是  $U \times C \times E$  的子集。系统的全局状态  $s$  由用户环境状态  $u$ 、课程单元  $c$  和评价结果状态  $e$  组成,即  $s=(u, c, e)$ 。用户的目标状态  $s_g$ ;用户和系统希望达到的教学目标状态。

系统的运行可以视为一个全局状态的序列,  $G$  上序列  $(s_0, s_1, \dots)$  是系统  $\langle UE, PE \rangle$  上的一次运行当且仅当:

(1) 初始状态  $s_0=(u_0, teach_0(u_0, k_{sel}(u_0, c_{sel}(u_0))), eval_0(u_0, teach_0(u_0, k_{sel}(u_0, c_{sel}(u_0))))$ ;

(2) 对所有的  $k$ , 如果  $s_k=(u_k, c_k, e_k)$ ,  $s_{k+1}=(u_{k+1}, c_{k+1}, e_{k+1})$ , 那么  $u_{k+1}=update_k(u_k)$ ,  $c_{k+1}=teach_k(u_k, k_{sel}(u_k, c_{sel}(u_k)))$  并且  $e_{k+1}=eval_k(u_k, teach_k(u_k, k_{sel}(u_k, c_{sel}(u_k))))$ ;

系统  $S$  中查询的具体过程如下:首先,通过用户与系统之间的交互而得出用户的初始状态  $u_0$ ;根据用户状态  $u_0$  使用教学内容选择函数  $c_{sel}_0$  来选择要讲授的教学内容(教学知识点的集合);由  $k_{sel}_0$  函数从  $c_{sel}(u_0)$  中根据教学知识点之间的关联来选择当前最适合讲解的教学知识点;使用  $teach_0$  函数根据用户状态  $u_0$  以及当前要讲授的知识点  $k_{sel}(u_0, c_{sel}(u_0))$  来选择恰当的课程单元呈现给用户。接着,通过  $eval_0$  函数来根据用户对课程单元的学习情况,用户以往的学习情况以及用户与系统的交互情况对用户学习过程进行评价。从而得到系统的初始状态  $s_0$ 。

此时,如果  $s_0$  与  $s_g$  不一致,即,如果对学习结果不满意(如:还有没有学习的教学知识点;学习结果未达到用户的期望以及系统对用户学习情况评价不合格等),则用户状态更新函数  $update$  来根据用户与系统的交互情况以及系统对用户学习情况的评价来将用户状态更新查询为  $u_1$ ,并且重复上述给出得到系统状态  $s_1$ ;此过程持续进行,直到达到目标状态。

### 4 结论

本文提出了由用户环境和教学环境组成的基于 web 的智能教学系统形式化模型,并且对系统的运行过程进行了详细的分析。该模型将本体论引入到领域知识的表示中提高了教学资源的重用和共享程度;同时,充分考虑了 web 和用户环境在智能教学系统中重要作用。智能教学系统基于多领域多应用,结合认知能力、知识水平、学习风格、心理特征等知识结构和认知心理因素来对用户环境进行描述以增强系统的自适应能力和提高教学效果。

基于 web 的智能教学系统由于缺乏面对面的交流,在一定程度上削弱了学生的学习动机。因此,利用 Agents 具有较强的通讯、交互能力和自适应能力来对用户与智能教学系统之间的交互进行研究以增强学生的学习动机和进一步提高教学质量是我们进一步研究的课题。(收稿日期:2005 年 7 月)

### 参考文献

- 1.J M Fritz.Provides Intelligence in Web-based Tutors[C].In:North American Web Developers Conference,1998-10
- 2.G Katerina.The design of a 'motivating' intelligent assessment system[C].In:Proceedings of Lecture Note in Computer Science 1839, 2002:208-218
- 3.R Reddy.Three open problems in AI[J].JACM,2003;50(1):83-86
- 4.M Specht,R Oppermann.ATS-Adaptive Teaching System:a WWW-based ITS[C].In:U Timm ed.Proceedings of Workshop Adaptivität und Benutzer modellierung in Interaktiven Software systemen,ABIS,1998
- 5.P Brusilovsky.Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education[C].In:Rollinger C,Peylo C eds.Kunstliche Intelligenz,Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching,1999
- 6.N Manouselis,D Sampson.Dynamic Knowledge Route Selection for Personalised Learning Environments using Multiple Criteria Analysis[C].In:Proceedings of the 20th IASTED International Multi-Conference on Applied Informatics,2002
- 7.陆汝钊主编.世纪之交的知识工程和知识科学[M].北京,清华大学出版社,2001
- 8.J Lim.Theoretical bases on web-based instruction from a viewpoint of interactivity[J].Journal of Educational Technology,1999;5(1):29-54

(上接 202 页)

- 7.李青元.WebGIS 矢量空间数据压缩方法探讨[J].中国图象图形学报, 2001;12,6(A)
- 8.赵志弘.涉及位置的信息服务:关键趋势和商务模式[J].地理信息世界, 2003;6,01(3)

- 9.Leutenegger S T.The effect of buffering on the performance of r-trees[J].IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2000;12(1)
- 10.Shu-Ching Chen.A web-based spatial data access system using semantic R-trees[J].Information Sciences,2003;(7)