

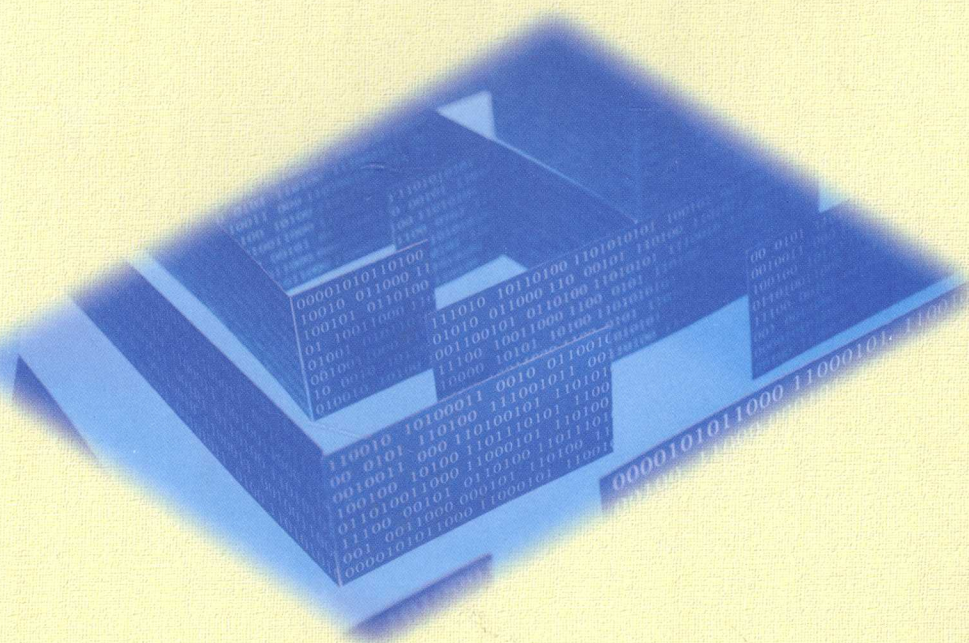
北京建筑工程学院学术著作出版基金资助

分散设施管理信息系统

——分散型设施管理GIS平台
构建方法与技术

DISTRIBUTED FACILITY
MANAGEMENT GIS

罗德安 著



测
绘
出
版
社

北京建筑工程学院学术著作出版基金资助

分散设施管理信息系统

——分散型设施管理 GIS 平台构建方法与技术

Distributed Facility Management GIS

罗德安 著

测绘出版社

·北京·

内容提要

本书在对现存 GIS 平台研究和分析的基础上,结合 GIS 应用系统集成的实际需要,发展并构建了基于关系数据库的分散型设施管理 GIS 软件平台。重点对基于关系数据库的空间数据模型、空间数据索引、模型的时态拓展、GIS 控件的构造和基于 SVG 的 WebGIS 平台搭建等内容进行了详细的论述,并对实际的应用工程建设(如地籍测量系统构建等)中涉及的相关技术问题展开了深入讨论。

本书主要面向地理信息系统高年级学生和研究生,也可供 GIS 系统集成技术人员或相关专业的软件开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

分散设施管理信息系统:分散型设施管理 GIS 平台构建
方法与技术=Distributed Facility Management GIS/
罗德安著. —北京:测绘出版社,2009.6

ISBN 978-7-5030-1924-1

I. 分… II. 罗… III. 地理信息系统—应用软件 IV.
P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 100546 号

责任编辑 吴 芸

封面设计 李 伟

责任校对 李 燕

出版发行 **测绘出版社**

社 址 北京西城区复外三里河路 50 号

邮政编码 100045

电 话 010-68531160 83543974

网 址 www.sinomaps.com

印 刷 北京建筑工业印刷厂

经 销 新华书店

成品规格 184mm×260mm

印 张 10.5

字 数 256 千字

版 次 2009 年 6 月第 1 版

印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数 0001-1000

定 价 24.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1924-1/P·443

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

北京建筑工程学院学术著作 出版基金委员会

主任：郑文堂

副主任：朱光 宋国华

委员：张大玉 吴海燕 汤羽扬 吴徽

李德英 陈志新 何佰洲 王晏民

孟宪颐 刘临安 高春花

前 言

从 1994 年读研究生开始,就跟 GIS 结下了不解之缘,先后经历了硕士、博士及博士后等几个阶段,其间主持(或参与)完成大中型 GIS 集成项目十余项,并在世界知名的顾问咨询公司(阿特金斯顾问有限公司,Atkins Consultant CO. Ltd.)实际担任 GIS 分析师(Analyst)近两年。所以,无论是对 GIS 理论还是基于 GIS 的应用集成,都有了较为深刻的认识和理解,并积累了丰富的 GIS 应用经验。本书汇集了我多年的理论研究和实践经验的部分成果,主要面向分散型设施管理 GIS 应用系统集成,相关理论和方法的合理性和实用性已被实际的工程实践所证明,现将其整理成册奉献给各位专家和同仁,希望能起到抛砖引玉的作用。

针对空间信息数据量较小、空间对象相对简单、图形功能要求不高,但对远程数据访问、多用户并发操作等功能要求较高的分散型设施管理应用,本书提出了一套基于关系数据库架构的完整解决方案,它很好地满足了分散型设施管理 GIS 应用系统集成的实际需要。本书对 GIS 理论及应用研究现状、技术背景、相应的解决方案及其具体应用进行了详细的论述。全书共分为 8 章,第 1 章绪论,主要回顾了 GIS 理论及应用的国内研究现状,讨论了现存 GIS 平台的局限性和分散型设施管理 GIS 应用的实际需求,以及发展相应 GIS 平台的必要性;第 2 章对基于构造点集的空间数据组织与存储模型进行了完整描述和介绍;第 3 章重点介绍了基于构造点集的空间数据访问机制;第 4 章详细介绍了基于构造点集的空间数据模型的控件实现方法;第 5 章对所提出的空间数据模型进行了时态拓展,并将其应用于城镇土地产权管理的系统集成中;第 6 章介绍了 WebGIS 的发展现状和发展 WebGIS 平台的技术基础,详细阐述了基于构造点集的 WebGIS 平台的基本技术架构;第 7 章对基于构造点集的 WebGIS 平台的具体实现进行了详细的论述;第 8 章采用了一个具体的实例(石油销售决策支持系统)来论证所设计的 WebGIS 平台的合理性及有效性。

针对本书提及的分散型设施管理 GIS 应用,本书从基础理论层面到实际应用层面尽可能全面地探寻了能更好地满足其应用需求的解决方案,具有一定的理论价值和较大的实用价值。应当看到,随着 GIS 应用范围的拓展和应用的逐步深入,会产生许许多多的有关 GIS 应用的问题需要解决。同时也必须认识到,传统的以不变应万变的应用集成方式(即对不同的 GIS 应用都采用相同或相近的集成方式和 GIS 平台)是无法满足某些特殊 GIS 应用的要求的。

在研究期间参阅了大量资料,有的并未直接引用,但汲取了其思想,一并列入参考文献,在此特表示感谢。

希望能将我的思想和经验准确地传递给读者,尽管竭尽所能,但由于自身能力有限,难免出现一些陈述不清或不够成熟的观点,请专家及同仁予以指正。

罗德安

2008 年 5 月于北京

目 录

第 1 章 绪 论	1
§ 1.1 地理信息系统发展的历史	1
§ 1.2 GIS 理论与应用的研究热点及发展趋势	2
§ 1.3 空间数据库的研究进展及存在的问题	4
§ 1.4 关于 GIS 数据应用的一般性讨论	6
§ 1.5 应用及技术背景	7
§ 1.6 意义及主要内容	8
第 2 章 基于构造点集的空间数据组织与存储	10
§ 2.1 地理现象的计算机抽象描述	10
§ 2.2 空间对象的抽象类型	12
§ 2.3 空间对象描述	13
§ 2.4 空间对象的存储结构	15
§ 2.5 空间数据组织	19
§ 2.6 图层的建立	21
§ 2.7 空间对象数据存储实例	22
§ 2.8 本章小结	25
第 3 章 基于构造点集的空间数据访问机制	26
§ 3.1 关于空间数据存取效率的一般性讨论	26
§ 3.2 空间数据索引概述	27
§ 3.3 常用空间索引结构存在的问题	28
§ 3.4 基于粗分格网的对象范围索引结构	29
§ 3.5 空间信息的查询	33
§ 3.6 空间数据的远程访问	35
§ 3.7 空间数据模型的适应性分析	36
§ 3.8 本章小结	36
第 4 章 空间数据访问的部件实现	37
§ 4.1 空间数据访问的基本结构	37
§ 4.2 远程数据访问实现的基本条件	38
§ 4.3 空间数据管理控件的基本功能及其实现	39
§ 4.4 空间数据访问的性能优化	49
§ 4.5 控件部分功能介绍	51
§ 4.6 本章小结	53
第 5 章 模型的时态拓展及其应用	54
§ 5.1 时态 GIS 研究概述	54

§ 5.2	现有地籍管理系统存在的问题与地籍档案管理·····	55
§ 5.3	基于构造点集的空间数据模型的时态拓展·····	56
§ 5.4	地籍变更的基本策略和变更实例·····	60
§ 5.5	一个城镇产权地籍系统的实现·····	61
§ 5.6	本章小结·····	65
第 6 章	基于构造点集的 WebGIS 架构设计 ·····	66
§ 6.1	研究背景·····	66
§ 6.2	WebGIS 的发展历史与现状·····	67
§ 6.3	WebGIS 的实现模型·····	71
§ 6.4	WebGIS 的实现技术及特色比较·····	72
§ 6.5	发展基于构造点集 WebGIS 的技术基础·····	75
§ 6.6	基于构造点集的 WebGIS 技术架构设计·····	88
§ 6.7	本章小结·····	91
第 7 章	基于构造点集的 WebGIS 系统实现 ·····	92
§ 7.1	概述·····	92
§ 7.2	基于 Web Service 的图形对象操作·····	92
§ 7.3	空间数据库的管理功能与实现·····	103
§ 7.4	空间数据的提取与 SVG 表达·····	105
§ 7.5	地图的基本交互功能·····	120
§ 7.6	数据调度策略及性能优化·····	127
§ 7.7	系统及应用安全保障策略·····	133
§ 7.8	本章小结·····	133
第 8 章	基于 WebGIS 的石油销售决策系统的实现 ·····	134
§ 8.1	需求分析·····	134
§ 8.2	系统设计·····	140
§ 8.3	开发工具选择·····	147
§ 8.4	系统实现情况简介·····	147
§ 8.5	本章小结·····	150
参考文献	·····	151
后记	·····	158

第1章 绪论

地理信息是“表征直接或间接与地理圈内各种现象的数量、质量、分布特征、空间关系和规律等有联系的数字、文字、图形、图像等信息的总称,具有描述现象本身、记录现象的空间位置和反映现象变化过程三个基本特征”(陈述彭,1991)。“地理信息,由于它具有区域性、多维性和时序性,是人类生存和社会活动中连接各种信息,形成在空间和时间上连续分布的综合信息的基础”(李德仁,1996)。“地理信息系统(geographic information system, GIS)是一类获取、访问、处理、分析、表示和在不同用户、不同系统和不同地点之间传输空间数据的计算机应用系统”(方裕,1996)。以上是我国的一些知名专家学者对地理信息和地理信息系统的精辟论述。

§ 1.1 地理信息系统发展的历史

从20世纪60年代初加拿大测量学家 Roger F. Tomlinson 提出 GIS 这一概念以来, GIS 已有40多年的发展历史。其间, GIS 经历了形成、发展和逐渐成熟三个阶段,无论是在基础理论研究还是在实际应用上都取得了巨大的成就。

1.1.1 GIS 的形成阶段

GIS 的形成阶段大致在20世纪60年代中期到80年代末期,该阶段的 GIS 处于诞生、蹒跚学步到逐步成型时期。在该阶段中,初步创立了 GIS 的基本理论和方法体系,形成了一系列的 GIS 基本概念和方法,这些基本概念和方法对后来的 GIS 发展产生了较为深刻的影响。该阶段建立的 GIS 应用系统多为专业定制,由于当时计算机水平不高、存储量小及运行速度低等原因,系统都带有计算机辅助成图的色彩。

该阶段的 GIS 具有如下特点:①鉴于计算机处理能力的限制,所发展起来的 GIS 软件都是单机、集中式处理,系统构建严格以系统为中心,其服务对象为单用户;②以地图为基本处理对象,相关数据的存储、管理和应用都在同一计算机上完成;③形成了图层、图库和拓扑关系等基本概念;④该阶段的空间数据和属性数据都是基于文件的,文件格式大多为自定义的,系统几乎是完全封闭式运作,缺乏与外界数据交换的能力。

1.1.2 GIS 的发展阶段

GIS 的发展阶段大致可划分在20世纪80年代末期至90年代初期,由于计算机技术的飞速发展,尤其是大容量存储设备的使用,为空间数据的录入、存储、检索、管理、分析及输出等提供了强有力的技术保障。由于商业公司的介入,该阶段的 GIS 改变了以往主要依靠政府投入的发展模式,商业公司的运作主要靠市场需求来引导。由于需求旺盛,在该阶段产生了大批优秀的 GIS 软件,比较有代表性的软件有 Arc/Info、MGE、SICAD、GenaMap、System 9 等。该阶段的 GIS 应用得到了普及与推广,它被广泛地应用于城市规划、环境保护、资源管理及各种全球性问题的研究领域。

该阶段的 GIS 具有如下特点:①由于数据库技术日渐成熟,这一时期的 GIS 软件普遍采用了商用数据库管理系统(data base management system, DBMS)管理属性数据,对于空间数据,仍然采用文件系统管理;②网络技术的出现和逐步成熟,使数据共享成为可能,这一时期的 GIS 软件大多能够支持局域网上的客户端/服务器(Client/Server, C/S)结构;③该阶段的 GIS 软件大多支持二次开发,使得应用系统的集成变得容易;④该阶段的 GIS 软件大多提供了数据交换格式,以便于与其他图形软件和 GIS 软件进行数据交换。

1.1.3 GIS 的逐渐成熟阶段

GIS 的逐渐成熟阶段可以归结为 20 世纪 90 年代末期至今,由于信息技术的发展十分迅速,特别是 Internet 技术的发展和普及,使得这一阶段 GIS 的社会化发展趋势有所加强。

该阶段的 GIS 具有如下特点:①这一时期的 GIS 软件采用了商用 DBMS 的扩展功能,或是自行在传统 DBMS 上扩充相应的空间数据管理能力,以实现空间数据和属性数据的一体化存储和一体化查询的功能;②浏览器/服务器(Browse/Server, B/S)结构的引入,使应用系统的构建跨越了地域和规模的限制,实现了多级服务器和多用户协同工作的方式,也实现了以浏览、查询为主的应用系统的 B/S 结构,这使得地理信息服务于普通百姓成为可能,也使 GIS 的社会化成为可能;③“3S”(GPS、GIS、RS)集成是空间信息技术发展的必然趋势,这一时期的 GIS 已开始注重“3S”的集成,并提供了一些较为初级的一体化功能。

§ 1.2 GIS 理论与应用的研究热点及发展趋势

自 20 世纪 60 年代世界上第一个 GIS 诞生以来, GIS 在世界各地迅速发展起来,特别是近几年, GIS 发展非常迅猛,各种 GIS 软件层出不穷,一代比一代功能更强、应用更方便、界面更友好。今天的 GIS 已经形成了一个巨大的产业, GIS 技术的应用已突破了传统的应用领域,被应用于更广泛的相关领域,它的广泛应用创造了巨大的社会效益和经济效益, GIS 已越来越走近人们的日常生活。GIS 在短时间内之所以有如此快的发展,这主要归功于计算机软硬件技术、数据库技术、网络技术、多媒体技术、C/S 及 B/S 技术等计算机技术的迅速发展,因为 GIS 的实现是在计算机技术支持下完成的,计算机技术的发展必将推动 GIS 技术的发展(郭秋英, 1998)。GIS 发展到今天,已基本实现了 Roger F. Tomlinson 提出“将地图变成数字形式的地图”的基本设想,正朝着以数据为中心、多维处理和分析决策型这个理想的目标一步一步地前进。

1.2.1 GIS 的理论与应用研究

随着 GIS 理论的发展和完善,以及人们对空间信息需求的日益增大,未来的 GIS 应朝着集成化、智能化、大众化等方向发展,以下几个方面是 GIS 领域中亟待解决的问题(Goodchild, 1995; Worboys, 1995; Oliver Gunther et al, 1997; Stefanakis et al, 1997)。

1. 图形数据和属性数据的完全结合研究

最初的 GIS, 图形数据和属性数据是完全分开存放的, 要实现图形和属性的相互关联, 通常得借助内部的连接机制(如实体的唯一标示号)来完成。这种图形属性分离的方式存在着许多弊端(罗德安等, 2000), 主要表现在对空间信息的完整性和一致性等的描述上。下一代

GIS 应做到图形数据和属性数据的完全结合,实现空间、属性数据的一体化存储、一体化查询、多角度的空间和属性数据互动以及实体间拓扑关系的动态建立和维护。

2. 真三维数据模型及数据结构的研究

目前的 GIS 都能处理好二维的平面空间信息,一些软件也能较好地以独立方式处理好高程信息(如建立 DEM),可以实现独立的三维显示和部分地形分析功能,这些功能的实现,通常采用二维或二维半来表示三维现象,其处理方式通常是将高程值当作一个属性值来处理。这种二维或二维半数据结构难以真正表达三维空间数据所附加的全部信息。例如,一些重要的地质构造(如断层处),在某固定位置会有不同的高程值,用二维或二维半表示,就不能真正地反映出这种地质构造。近些年来,计算机的发展使显示和描述物体的三维几何特征和属性特征成为可能,因此真三维数据结构成为目前 GIS 研究中的一个热点。

3. 时态 GIS 数据结构和数据模型的研究

空间、时间和属性是表征地理实体的三个不同方面,对任意实体的完整描述都必须由它们共同来完成。目前的 GIS 都只能对客观地理实体某一时刻的状态进行静态描述,不能反映出地理实体随时间变化的时变信息,而实际的应用(如地籍中的宗地历史档案管理)又需要反映出地理实体随时间变化的时变信息,这就促使 GIS 领域对时态 GIS 数据结构和数据模型进行研究。

4. 多源数据的融合研究

现代空间技术的发展日新月异,发展迅速,人们比以往任何时期都更加容易地获取到有关地球的各种信息,GPS 技术、RS 技术、CCD 技术以及雷达成像技术等已广泛应用于全球问题(如温室效应、厄尔尼诺现象、全球气象等)的解决中,这些新技术的出现和应用为 GIS 提供了丰富的数据源和数据更新手段,如何利用这些丰富的数据资源,如何发挥各项技术的优势,做到优势互补,以及如何将这些数据源有机地结合起来并融为一体将是未来 GIS 理论研究所必须解决的一个重要课题。

5. 空间数据共享研究

传统的 GIS 软件,不同的软件有着各自不同的空间数据组织模型,出于保护自身知识产权等因素的考虑,其数据组织方式和文件格式一般是不公开的,这样,不同软件之间的数据就无法互相利用,形成了一个大大小小的信息孤岛。随着 GIS 应用由以系统为中心向以数据为中心的转变,人们开始重视并开始研究不同系统间的数据无损转换以及数据的互操作等问题,并出现了 OpenGIS 这样的抽象规范。但要实现真正意义上的数据共享,必须研究并制定可行的元数据标准和统一的抽象数据类型定义规范,研究多粒度地理信息系统软件对象的划分和对象组合原则、检索机制、确定抽象数据类型集合及其层次结构。研究并制定地理信息系统之间的通信协议集,包括数据请求协议、数据传输协议和功能请求协议等。只有解决了这些问题,才可能真正实现空间数据的共享和互操作(方裕,2001)。

6. 远程数据传输和数据访问研究

随着 GIS 的广泛应用和进一步发展,GIS 的社会化趋势逐渐加强,GIS 的用户群体不断扩大,局部的 C/S 组网已难以满足分布分散的用户群的要求,随着广域网技术、Internet 技术在文字信息的传输和访问上的广泛使用,人们对空间信息的使用也提出了同样的要求,希望能实现远程数据的传输和进行远程数据访问。要实现上述功能,几个明显的技术障碍必须加以克服:①如何保持数据的完整性和一致性;②如何有效地解决庞大的空间信息的及时(或实时)传

输;③为降低数据传输量和提高数据访问速度,如何更有效地实现对空间数据的压缩(包括对矢量数据的压缩)等。

7. 虚拟现实技术的研究

虚拟现实技术(virtual reality, VR)的发展给空间数据的表现提供了一个新的技术手段,它能更加真实逼真地表现和模拟现实地理空间和现象,也更加符合人们认识客观世界的习惯。随着计算机技术的发展和虚拟现实的需求,有关虚拟现实技术的理论研究和实现也就成为 GIS 发展中所必须致力解决的问题。

1.2.2 未来 GIS 的发展趋势

计算机技术及信息技术的迅速发展,促使了 GIS 的迅速发展和变化,未来 GIS 的发展可以概括为下述几个方面(邬伦等, 2001)。

1. GIS 的网络化

对于 GIS 的发展,计算机网络技术使其产生了质的飞跃,它使得空间数据的组织和分布可以不受地域的限制,按不同功能和地域划分建立的空间数据库能够通过计算机网络进行相互连接,从而实现数据和资源的共享。万维网(World Wide Web, W3)技术的发展给 GIS 数据在更大范围内发布、出版、获取和查询提供了比以往更有效的途径。

2. GIS 的标准化

随着 GIS 的广泛应用和计算机软硬件价格的进一步降低,人们越来越认识到数据的重要价值及数据共享的必要性,为实现不同系统、不同数据来源的数据共享,对数据、软件构造等要素进行必要的标准化是实现更有效、更广泛 GIS 应用的必要手段。

3. 数据的商业化

没有数据,就谈不上信息系统,更不可能解决实际问题。数据是一种自由存在的、不必属于任何特定系统的实体,就像资本和智力一样,数据也是一种可以共享用的财富,需要加以保护和存储。数据生产、更新和维护的投入都很大,且费时费力,制定相关的数据版权保护法,对数据生产商的权益加以保护,鼓励和扶植一批专业从事 GIS 数据生产的商业公司,对今后 GIS 的发展和推广极为重要。

4. GIS 的全球化 and 大众化

网络技术的发展缩小了世界的时空距离,发展国际性 GIS 标准,开展国际间 GIS 项目合作(如全球气候研究、海洋研究等),已经越来越普遍。此外,GIS 不仅在国际舞台上越来越受到重视,甚至已潜移默化地改变着人们的生活。

§ 1.3 空间数据库的研究进展及存在的问题

空间数据库和空间数据模型是 GIS 基础理论研究的核心内容,空间数据库系统作为 GIS 的核心,是 GIS 发展的技术支柱,同时也是数据库领域的前沿研究课题,它突破了传统的数据库系统主要基于文字和数字信息的应用,可以用以存储和分析大量的具有复杂结构的空间信息(陈晟等, 1998)。空间数据库系统是一个存储空间和非空间数据的数据库系统,其数据模型和查询语言能提供空间数据类型,可以进行空间索引,并且提供空间查询和其他空间分析的方法。空间数据库的研究内容包括:空间及属性数据的分析、空间模型分析、空间数据库的设

计、空间数据查询及空间数据索引以及其他一些技术问题。

就 GIS 发展中所采用的空间数据库而言,大致可分为五种类型:①基于文件型空间数据库,②文件与关系数据库混合型空间数据库,③全关系型空间数据库,④对象—关系型空间数据库,⑤面向对象空间数据库。

其中,第一类已基本不再使用了。第二类是目前应用最多的,在今后一段时间内还将继续存在并被使用,但由于其存在的诸多缺陷,所以最终将退出 GIS 历史舞台。第三类全关系型空间数据库,即是将空间图形数据和属性数据都存储在商用关系数据库中,以期达到对空间信息的一体化管理和存储。对于当前通用的关系数据库,数据记录一般是结构化的,即它满足关系数据模型的第一范式要求,记录定长,数据项表达只能是原子数据,不允许嵌套记录。而空间数据项可能是变长的,并且存在嵌套记录的要求,所以,未做特定规划的空间数据是不能直接存储在关系数据库中的。第四类对象—关系型空间数据库是由数据库软件开发商直接对数据库系统功能进行扩展,使其能直接管理和存储空间数据。这种扩展主要解决了空间数据的变长记录问题,但仍未解决对象的嵌套问题,此外其存储空间对象不带拓扑关系,数据结构是预先定义好的,用户必须满足其要求才能使用,无法根据自己的需要来扩展,但由于其是数据库开发商所做的扩展,所以一般都有较高的数据访问效率。最后一类的面向对象数据库是最适合于空间数据库的管理和表达,它不仅支持变长记录,而且支持对象的嵌套、信息的集成与聚集。此外,它还允许用户定义对象和对象的数据结构及其操作。但面向对象数据库系统还不很成熟,目前在 GIS 领域还不太通用。

事实上,空间数据的组织和存储模式在空间数据库的设计中起着极其重要的作用,它决定并影响着其他功能的设计与实现。与 GIS 发展的三个阶段相应的 GIS 数据的存储模式也经历了由基于自定义格式的文件存储模式、文件(用以存储空间数据)与关系数据库(用以存储属性数据)并存的存储模式到基于关系数据库管理系统(relational data base management system, RDBMS)的全关系型空间数据存储模式三个阶段。前两阶段的存储模式已在相应的 GIS 软件中得到应用,据此开发的 GIS 软件也在实际中有着广泛的应用。而基于 RDBMS 的全关系型空间数据存储模式(包括上面的全关系型和对象—关系型)是最近才发展起来的新型空间数据存储模式。目前基于该模式开发出相应软件的 GIS 软件开发商还不多,主要有美国环境系统研究所(Environmental Systems Research Institute Inc, ESRI)开发的空间数据引擎(spatial database engine, SDE),例如: Oracle、Infomix、Sybase、IBM DB2、SQL Server, 美国 MapInfo 公司开发的 SpatialWare, 例如: Oracle、Infomix、IBM DB2, 以及 Oracle 公司的 Spatial Cartridge 等产品。鉴于基于 RDBMS 的全关系空间数据存储模式的优越性,基于该模式开发出的 GIS 软件一出现便受到广泛欢迎,采用该类 GIS 软件进行系统集成的案例也逐渐多了起来。

和基于文件的存储模式及文件、关系数据库并存模式相比,基于 RDBMS 的全关系空间数据存储模式有其潜在的优越性,主要表现在以下几个方面:①有统一的开放连接标准(open data base connectivity, ODBC),②数据的一致性、安全性易于保证,③数据操作有统一的标准结构化查询语言(structured query language, SQL),④支持分布式数据管理,⑤支持海量数据存储等。

关系数据库发展到今天,功能已相当成熟,但目前的大多数商业数据库本身并不提供空间数据的存储功能,因此,如何将空间数据存储于商业数据库是目前 GIS 研究的一个热点(龚健

雅,1999)。国外在该领域的研究已初步步入实用阶段(Lorie et al,1984;Scher et al,1986;Waugh et al,1987;Guting et al,1989;Frank,1981),国内在这方面的研究相对滞后一些,国内已有一些学者在这方面作了一些相应的研究工作(朱翊,1999;杜清运,1998;宋关福,1998;罗德安,2000)。但总的来说,国内在该领域的研究还处于起步阶段,目前已有的基于 RDBMS 的空间数据存储模式开发的相关软件,虽然在形式上实现了空间、属性数据的一体化存储,也实现了初步的一体化查询,但是,这部分增加的空间数据管理功能并没有与传统的结构化数据管理完全、有机地融为一体,在该领域的研究还有很多的工作要做(方裕,1996)。

§ 1.4 关于 GIS 数据应用的一般性讨论

我们获得的各种信息,80%和地理信息相关,所以地理空间数据的应用涉及范围极其广泛,这也正是 GIS 技术得以生成和发展的直接动力。面对如此庞大和宽泛的应用,单一的解决方案显然不能满足所有要求,这也正是本书提出的构建特殊类 GIS 软件的出发点。

地学领域的应用需求在很大程度上促进了早期 GIS 系统的出现和发展,也正因为早期的 GIS 系统构建以为地学领域服务为目标,所以,系统的搭建及功能开发,更大程度是以满足地学领域应用需求为出发点,这就导致了所构建的 GIS 系统涵盖了数据采集、数据处理、数据管理、数据分析及制版输出等一应俱全的功能,系统本身也极为庞大,直接导致后期的系统集成与应用中会产生很多困难。

事实上,根据应用对空间信息的使用情况(使用频度和占总的信息量多少等),可以将基于 GIS 的应用系统分为以下几种情况。①基础地理空间信息侧重型。这就是传统的地学领域最为普遍的使用情形,由于地学领域的信息和空间信息结合紧密,信息量大,内容众多,所要求的空间分析功能也是极为复杂和广泛,对空间数据的获取、加工、管理和使用等各个层面都提出了较高的技术要求,所以这类应用系统(如基于 GIS 的基础地理信息系统、基于 GIS 的城市规划信息系统等)的集成无疑需要功能全面的综合型 GIS 软件系统。②专业信息侧重型。这类系统在很大程度上与传统的管理信息系统(management information system, MIS)更为接近,但是它对空间信息的使用存在一定的需求,但是空间信息的使用对于整个系统建设来说,起到的是锦上添花的作用,空间信息的管理和使用不是系统管理和应用的核心内容。即在这类系统中,更多的工作(系统集成和后续系统应用)都和业务信息相关,空间信息的使用起到的是辅助作用(如作为业务信息的显示背景,或是一个图形导航工具),其质量的好坏及精度的高低和系统的总体应用没有太多的联系,只是在一定程度上会影响交互环境的显示效果及质量。很明显,这类应用(如基于 GIS 的产权地籍管理系统、基于 GIS 的本地网电信资源管理系统等)并不需要一个功能全面的 GIS 系统平台。③专业信息与基础信息并重型。这种类型实际上介于前两者之间,在这里空间信息和业务信息基本上处于同等重要的位置,但这类系统也不能归入第一类,因为其空间信息的应用和管理也有其侧重点,如基于 GIS 的地质档案库,更多的侧重于空间数据管理和检索,对于其他功能应用极少,当然也不需要配置一个全功能的 GIS 平台系统。

如前所述,空间数据的应用方式直接影响到 GIS 软件平台的选用,不同的应用情况对平台的选定和功能的要求是各不相同的。同样原因,空间数据的不同使用方式必然会影响到空间数据的存储及分布方式,针对数据源和用户的分布,以及数据传输所凭借的通道(局域网/广

域网, LAN/WAN)情况,在基于 GIS 的应用系统中,空间数据及业务数据的布设及管理方式可以分为三种情况:

(1)集中式管理。专业数据和基础数据都集中存储在统一的数据服务器或数据服务器集群上,用户终端不保留任何数据。其优势在于数据的一致性、完整性及数据安全易于维护,系统便于升级,缺点是所有信息都必须借助网络进行传输,加大网络负担,数据访问效率较低。

(2)空间信息的本地化管理。这种方式中,空间信息的应用不是系统应用的重点,它通常作为业务数据的显示背景或是图形导航工具,其质量存在一定缺陷并不影响系统的应用,其业务数据由服务器统一管理,每一个终端用户保留一份空间数据,同时服务器提供空间数据授权下载更新能力,那么在系统使用过程中,业务数据从服务器上获取,空间数据从本地获取,这种方式有效降低了网络的数据流量,同时极大地提高了系统的反应效率,但其明显的缺陷是空间数据的一致性难以保证,即使说空间数据的更新很难做到所有终端用户的本地数据与服务器上的空间数据保持完全同步和一致。但对于侧重业务数据管理的 GIS 应用系统来说,这种方式无疑具有一定的技术优势。

(3)空间信息的混合管理模式。为了避免集中管理的过高数据通信量和全本地化管理的数据更新困难问题,可以将低更新频率的空间数据放置在本本地,而将高更新频率的空间数据放置在服务器上集中管理,这种混合模式能够在一定程度上提高系统的整体运行效率。

§ 1.5 应用及技术背景

试想我们要构建一个某电信传输局的传输网络资源管理系统,它涉及的管理对象实质上包括长—长中继(长途到长途)、长—市中继(长途到市话)和市话中继(市话到市话)三个部分,对于传输网络的资源调度来说,它并不需要知道各相关传输局的具体物理位置,当然更不会关心周围的地理背景信息。因为其中继传输局往往只是一个逻辑上的概念,并不对应其真实的物理位置,例如,对成都到北京的某长—长中继光缆,我们并不需要知道它在北京的接入中继局在北京的什么位置,而只关心该长—长中继光缆拥有的光纤的占用情况、损坏数量以及空闲数量等信息,对长—市中继和市话中继也有同样的要求。对于该应用,它涉及的空间信息数据量相对较小,主要包括各中继局站、微波站、卫星地面站等(可以抽象为点对象),以及中继光缆、中继电缆、微波及卫星通道等(可以抽象为线对象),这里的点和线对象是对实际管理对象的逻辑抽象,并不对应实际的地理空间目标。从某种意义上说,该应用只利用 GIS 的可视化管理、图形属性联动和部分分析功能(如网络分析)等功能,图形在这里起到的是图形导航的作用,对其他诸多功能并不需要。此外,该应用对远程数据访问、事务处理和多用户并发操作等功能却有较高的要求。

其他如天然气配送、电力配送、零售商业物流管理、水文监测网络、地震监测网络、铁路交通调度、交通规划中的交通流量分析与出行分析、铁路机车车辆调度、单纯的城镇宗地产权管理等许多领域,都与上述例子有同样的特点及相似的对 GIS 平台的要求。这类应用具有如下特点:

(1)该类应用涉及的空间对象,其结构相对较为简单,空间数据量不大,某些对象甚至不是对地理空间实际目标的抽象,如在构建电信传输网络管理系统时,A 城市到 B 城市(A、B 城市抽象为点对象)的传输资源信息可以附在于 A 到 B 的连线上(抽象为线对象)。

(2) 该类应用只会用到 GIS 的可视化管理、图形属性联动互查和部分分析功能(如网络分析),对其他诸多功能并不需要。

(3) 该类应用要求空间数据结构具有一定的透明性,对空间对象语义描述的唯一性。

(4) 该类应用对远程数据访问、事务处理和多用户并发操作等功能存在较高的要求。

应用驱动(application-drive)仍然是当今 GIS 发展的主要动力,随着 GIS 应用范围的不断拓展,现有的基于地图管理模式建立起来的 GIS 平台,在某些应用中显得很不适应。现有的 GIS 平台大多提供了完备的空间数据录入、编辑、管理、更新、查询、显示、输出及空间分析等众多功能,几乎是样样俱全,在某些领域(如地图资源管理、城市规划等)的应用它们取得了较大的成功,但是对另一些应用(如前所述)则显得力不从心。主要还存在以下一些问题:①无法满足应用对远程数据访问的要求;②目前 GIS 平台过于庞大,某些应用也许只需要所提供功能的十分之一,这样将造成经费的巨大浪费,同时也使得构建的系统过于庞大,以至于效率低下;③无法满足应用对安全性、事务处理和多用户并发操作等功能的要求;④现有的 GIS 平台的数据存储结构是非透明的,用户难以对其进行重新组织,以及构建新的数据类型。如果用户要更换所使用的 GIS 平台,则要进行相应的数据转换,由于不同 GIS 平台对空间对象的抽象上的差异,很难保证全部的空间信息(包括空间对象的几何信息和语义信息)被无损转换。

多年以来,地理信息系统的研究人员在地理信息的数字化技术、存储技术、更新维护技术和可视化技术等方面倾注了太多研究心血,使其发展到今天的技术水准。我们应当看到,当运算速度、存储容量、显示质量、数据传输途径等计算机指标在突飞猛进地发展时,原来的一些制约 GIS 发展的因素已逐渐消退,使我们能将更多的精力放在对地理信息本身及其应用的研究上(杜清运, 1998)。GIS 平台绝不应该只是单一的一种或几种平台,平台类型也应该是多姿多彩的,既要有综合型的通用平台,也应该有简洁的、功能相对单一的专用平台(或 GIS 控件)。

§ 1.6 意义及主要内容

数据共享和网络化是当今 GIS 发展中所应致力发展的两个重要方面,对于这两个方面基于文件空间数据库显得比较欠缺,而全关系型空间数据库却有着极为明显的优势,因此,研究和开发基于 RDBMS 的全关系型空间数据库有着极其现实的意义。国外在这方面的研究已初步步入实用阶段,国内在这方面的研究才刚刚起步,对该领域的研究有助于我国在该方面的研究不至于落后国外同行。目前国内的 GIS 应用集成大多数采用的是国外软件,加强 GIS 基础理论研究,研发有自主知识产权的 GIS 软件对我国的 GIS 产业乃至整个 IT 产业都至关重要。本书的研究将针对特殊类 GIS 应用领域,从基础理论层面到实际应用层面全面地探寻了能更好地满足其应用需求的解决方案,具有一定的理论价值和较大的实用价值。

通过前面几节的讨论,我们知道,对于 § 1.5 提及的这类特殊应用,现有的基于文件的 GIS 平台显然是无法胜任的,现有的基于全关系存储的平台,如 ESRI 的软件开发环境 SDE 或 Oracle 的服务数据对象 SDO(service data object),虽然能满足其远程数据访问的要求,但由于其系统过于庞大且数据结构的非透明性等因素的影响,也显得不甚适用。对于该类特殊应用问题的解决还得借助于对关系数据库的合理拓展,通过对空间数据进行合理的规划与组织,使关系数据库能够存储空间信息,同时,也借助于关系数据库成熟的远程数据访问、事务处理和

多用户并发控制等能力来实现对空间数据的远程管理和相关操作。

正是基于上述认识,本书尝试构建一个基于构造点集(用于空间图形对象构造的样本点的集合,简称为构造点集)的全关系型空间数据存储模型,来满足这类特殊应用的需求。基于构造点集的全关系型空间数据模型是基于 RDBMS 构建的,所有空间数据和相应的属性数据都存储在数据库中,通过后文的理论探讨和实际应用,证明了该模型的合理性及实用性。本书在后续章节中对该模型的空间数据组织、空间实体描述、空间查询与索引、拓扑关系的动态获取、空间数据访问控件的建立、基于构造点集的时态数据模型的建立,以及基于构造点集的 WebGIS 软件平台的建立等内容都做了清晰、翔实的论述。针对该模型的时态拓展,本书将其应用于城镇宗地历史档案管理,通过实例来证明该时态模型的可行性及有效性。而对于基于该模型所搭建的 WebGIS 软件平台,本书将其应用于石油销售决策支持系统的改造与升级,较大幅度地降低了原有系统运营的成本,取得了良好的经济效益,从而也从实际的使用中证明了本书所提出的空间数据模型的合理性及实用性。

第 2 章 基于构造点集的空间数据组织与存储

回顾地图成图的基本过程,首先进行样本点的野外采集,再进行地图编辑,把相关的描述地物的点连接起来构成实体,最后对其加上符号、线型及文字注记等信息,这样,一幅野外草图就完成了。这就是传统模拟成图(草图)的流程,其结果以纸或聚酯薄膜为载体,在测图过程中也完成了对特定地理范围内地理对象的抽象描述。这个过程可以简单归纳为样本点采集、构建实体及加载实体对象属性三个阶段。目前的几乎所有 GIS 软件,都毫无例外地遵循了 Roger F. Tomlinson 的“将地图转换为数字形式的地图,以便于计算机处理和分析”的基本思想,其空间数据的组织和空间数据库的建立都是从不同的角度,以不同的方式对传统成图过程的模拟,是对传统地图的计算机表达与再现,同时也是对传统地图管理和组织模式的拓展。传统的模拟地图,即是对地理信息的一种抽象和描述形式,而 GIS 又是另一种对地理信息和现象的抽象和描述形式,只是其最终结果所附着的载体有所区别,而且后一种形式较前者具有更大的灵活性和更强的数据组织管理能力。

§ 2.1 地理现象的计算机抽象描述

2.1.1 地理现象的抽象过程及层次

地理信息系统是人们对各种地理现象的观察、抽象、综合取舍,得到实体目标(有时也称为空间对象),然后对实体目标进行定义、编码结构化和模型化,以数据形式存入计算机内的过程(龚健雅,2001)。这同时也是一个将客观世界的地理现象转化为抽象表达的数字世界相关信息的过程,这个过程涉及三个层面,如图 2-1。

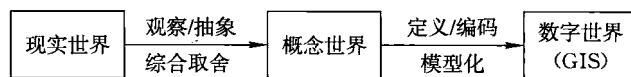


图 2-1 地理现象的抽象层次

从现实世界到数字世界的过程,也是人们对客观世界的认知过程,这一过程是对客观现象的抽象、概括和模型化的过程,涉及对空间地理实体的取舍、化简、数量及质量概括、空间关系的协调和夸大等许多方面,需要参与者用科学的思维方式和创造性的劳动去完成。按照 OpenGIS 观点,地理对象的抽象过程可分为九个层次(OGC,1999),在这九个层次间通过八个接口与它们连接,完整的定义了从现实世界到地理要素集合世界的转换模型。这九个层次依次为现实世界(real world)、概念世界(conceptual world)、地理空间世界(geospatial world)、维度世界(dimensional world)、项目世界(project world)、点世界(points world)、几何世界(geometry world)、要素世界(feature world)和要素集合世界(feature collection world)。而连接它们的八个接口分别为认识接口、GIS 学科接口、局部测度接口、信息团体接口、空间参照系接口、几何体结构接口、要素结构接口及项目结构接口。在这九个层次中,前五个是对现实世