

教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材



网络地理信息系统

Web Geographic Information System

吴信才 等 编著



测绘出版社

教育部高等学校测绘类（含地理信息）专业教学指导委员会规划教材

内容简介

网络地理信息系统

Web Geographic Information System

吴信才 谢忠 成毅 亢孟军 马林兵 张书亮 编著

ISBN 7-309-05422-2

内容简介

吴信才 谢忠 成毅 亢孟军 马林兵 张书亮 编著

（责任编辑） 亢孟军

（封面设计） 亢孟军

（编辑校对） 亢孟军

www.cmap.com.cn

中国地图出版社

吴信才 谢忠 成毅 亢孟军 马林兵 张书亮 编著

中国地图出版社

（编辑校对） 亢孟军

www.cmap.com.cn

中国地图出版社

测绘出版社

·北京·

© 吴信才 2015

所有权利 (含信息网络传播权) 保留, 未经许可, 不得以任何方式使用。

内 容 简 介

分布式计算、网格计算、云计算、物联网和大数据等新技术的出现与迅速应用, 加速了地理信息的产业化发展, 给网络地理信息系统带来巨大的机遇与挑战。本书全面介绍网络地理信息系统的基本原理与开发方法, 旨在授人以渔, 通过原理与开发方法引领读者全面认识网络地理信息系统。先从网络地理信息系统基本原理进行阐述, 由浅入深依次介绍网络地理信息系统的基本概念与发展、技术基础、体系架构; 然后按照体系架构主线逐层展开, 分别介绍网络地理信息系统的数据组织管理、服务应用体系、开发应用解决方案; 最后介绍目前常见的网络地理信息系统平台, 并通过典型案例深入到应用实践之中。

本书内容全面、通俗易懂、针对性强, 可作为 3S 专业本科生和研究生的必修专业教材, 也可供地理信息系统相关研究与开发人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

网络地理信息系统/吴信才等编著. —北京: 测绘出版社, 2015. 8

教育部高等学校测绘类 (含地理信息) 专业教学指导委员会规划教材

ISBN 978-7-5030-3595-1

I. ①网… II. ①吴… III. ①地理信息
系统-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 284773 号

责任编辑	杨洪泉	封面设计	李 伟	责任校对	王 波	责任印制	喻 迅
出版发行	测 绘 出 版 社			电 话	010-83543956 (发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010-68531609 (门市部)		
邮政编码	100045				010-68531363 (编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm						
印 张	15.00			字 数	384 千字		
版 次	2015 年 8 月第 1 版			印 次	2015 年 8 月第 1 次印刷		
印 数	0001-3000			定 价	44.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3595-1/P·776

本书如有印装质量问题, 请与我社联系调换。

序

当今,全球信息化的浪潮一浪高过一浪,随着全球卫星导航定位技术、天空地一体化智能感知技术、地理信息服务技术、互联网和物联网技术、云计算和网格计算技术的快速发展,地球表层的几何特征和物理特征、人们的行为和位置、大气、水质、环境等的每一点变化,都成为了可被感知、记录、存储、分析的对象,全球信息化已进入大数据时代。

大数据时代的到来,是信息时代数字化、网络化和智能化必然的发展趋势,是全球信息化发展到高级阶段的产物,正在融入地图学与地理信息工程学科的发展进程中。首先,地图仍然是今天人们工作、学习和生活不可缺少的科学工具,而大数据为地图学在信息时代的发展注入了新鲜血液。作为地图学主阵地的地图仍是大数据融合的最佳载体或地理空间框架,是最直观的可视化表达方法。数字地图制图、网络地图制图、智能地图制图已成为信息时代地图学发展进程中里程碑式的“亮点”。其次,大数据为地理信息工程提供了从TB级跃升到PB、EB乃至ZB级规模的数据;大数据融合、统计分析和数据挖掘给地理信息工程学科的发展带来了新的机遇和挑战;基于云计算的大数据分布式存储和并行处理以及地理信息网络服务、网格服务和云服务,成为地理信息工程学科研究的重点,地理信息系统已进入地理信息服务的新阶段。

伴随着信息时代数字化、网络化和智能化的进程,地图学与地理信息工程学科的教学内容也应该有新的发展。基于此,教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会组织国内部分高校从事地图学与地理信息系统学科专业领域教学和科研的教授们编写了这套教材。这套教材覆盖地理信息科学专业的主要专业课程,其内容涵盖地图与地图学基本理论、地图设计与地图制图的基本方法与技术、地理空间数据库与地理空间图形学基础、地理信息系统原理、地理信息系统工程、地理信息系统程序设计、地理信息系统应用、空间分析与数据挖掘原理以及地理空间数据安全等地图学(地图制图学)与地理信息系统(地理信息工程)的方方面面。既有基本概念,又有应用示例;既有课堂讲授和讨论的内容,又有课后思考题和作业,体现了理论和实际的结合。该套教材,可作为各高等学校地理信息科学专业、测绘工程专业以及相关专业的本科教材或研究生的参考用书。

目前,我国已有一百多所高校开办测绘工程专业或地理信息系统专业,教学情况复杂,组织编写这类专业教材有一定难度,不易掌握教学内容的深度和广度。教材由不同高校的多位作者合作编写,在编写过程中,尽量做到专业知识全面覆盖,做好各教材之间的知识交叉与衔接,保持语言文字的风格统一,但在这些方面有可能还是存在某些缺陷和不足,衷心希望使用本套教材进行教学的老师和同学提出宝贵的意见和建议,以便再版时改进。

中国工程院院士

王家驹

2014年夏

前 言

互联网的广泛应用使网络地理信息系统（网络 GIS）由地理信息系统（GIS）的一个普通分支迅速成长为地理信息系统领域最有活力、最具前景的发展方向。特别是近些年来，随着计算机、互联网等相关领域的飞速发展，网络 GIS 的发展也日新月异。网络 GIS 的概念、内涵、结构、功能、应用模型、开发技术、标准体系等几乎一直处于不稳定的进化状态中。在这样的背景下，要想通过一本书来介绍网络 GIS 的全部内容是一项不可能完成的任务。本书针对初学者的学习需求，以介绍基本概念、基本原理、基本技术为基础，将网络 GIS 体系架构逐步分解，分别介绍网络 GIS 的数据组织管理、服务应用体系、开发应用解决方案，最后介绍目前主流的 GIS 平台，并通过国土资源领域的典型开发案例介绍网络 GIS 的应用实践。

第一章从介绍网络 GIS 的起源开始剖析其概念、内涵、主要功能和特征，分析了网络 GIS 的发展现状与趋势，并以典型行业和“数字城市”“智慧城市”为例介绍了网络 GIS 的应用。通过本章希望读者能够从整体上把握网络 GIS 的来龙去脉，理解其发展和变化的趋势，了解网络 GIS 的应用领域和潜力。第二章在介绍互联网技术、移动通信技术、分布式计算技术的基础上，详细介绍了网络 GIS 的技术发展历程和典型产品。通过本章希望读者能够了解互联网、分布式计算等技术与网络 GIS 发展的相互关系，深刻理解网络 GIS 每一次演变背后的技术推动力以及由此带来的实现技术和应用模式上的变化。第三章在第二章的基础上，分别介绍了组件式网络 GIS、面向服务式网络 GIS、移动式网络 GIS 以及网格 GIS 的特点和体系结构。通过本章希望读者了解和掌握各类型网络 GIS 的基本架构和组织形态。第四章从地理空间数据组织的角度出发，介绍网络 GIS 中的数据类型、组织方式、管理方式、调度方式、集成方式以及地理信息元数据等相关内容。通过本章希望读者能够理解网络 GIS 在不同的体系结构下如何管理和使用数据，掌握网络环境下数据组织的基本思路，了解数据组织的核心和难点。第五章着重介绍了网络 GIS 的性能优化策略和安全策略。通过本章希望读者能够了解网络 GIS 性能优化和安全管理的基本方法。第六章在当前以面向服务的网络 GIS 为主流的背景下，介绍了地理信息服务的基本概念与核心技术，以 OGC 标准为例重点介绍了 OGC Web 服务的抽象模型、体系结构和服务框架。通过本章希望读者能够深刻理解面向服务框架、服务式网络 GIS、OGC 地理信息服务的核心思想和技术实现手段。第七章以组件式网络 GIS、面向服务式网络 GIS、移动式网络 GIS 为例介绍了网络 GIS 的开发模式和开发流程，使读者能够了解各种不同类型网络 GIS 的开发方法。第八章提出了网络 GIS 未来可能的发展前沿和热点问题，供读者对未来发展有所了解。第九章分别介绍了三种专业网络 GIS 平台和两种大众网络 GIS 平台的基本情况、发展过程、结构体系、功能作用、主要特色和应用情况，旨在通过对这些典型产品和系统的介绍，使读者进一步加深对网络 GIS 原理和技术的理解，增加感性认识，并为应用实践奠定基础。

全书共分为九章。第一章“绪论”和第八章“网络 GIS 发展展望”由解放军信息工程大学成毅老师编写。第二章“网络 GIS 技术基础”和第三章“网络 GIS 体系结构”由中山大学马林兵老师编写。第四章“网络 GIS 数据组织与管理”由武汉大学亢孟军老师编写。第五章“网络 GIS 性能优化与安全策略”和第六章“网络 GIS 服务体系与标准”由南京师范大学张书亮老师编写。第七章“网络 GIS 开发应用实践”由亢孟军老师和中国地质大学(武汉)吴信才、谢忠老师共同编写。第九章“网络 GIS 产品简介”由谢忠老师编写。

本书还得到了武汉大学李霖教授和蔡忠亮教授的指导和建议。在编写和修改过程中,得到了张发勇、余国宏、黄颖、李清清等各位老师的帮助。在此,对以上各位老师以及对本书有过帮助的其他老师表示衷心的感谢。

因篇幅所限,本书内容不可能对网络 GIS 每一项技术都进行深入分析,更不可能对每一类应用都作详细介绍,内容上难免挂一漏万。书中有些内容吸收了国内外知名学者的研究成果,在此一并表示感谢。因水平所限,在认识深度上难免浅薄,甚至出现偏颇,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 网络 GIS 的基本概念	1
1.2 网络 GIS 的发展现状与趋势	6
1.3 网络 GIS 的应用	16
思考题	19
第二章 网络 GIS 技术基础	20
2.1 GIS 技术概述	20
2.2 计算机网络技术概述	21
2.3 分布式计算技术	27
思考题	38
第三章 网络 GIS 体系结构	39
3.1 网络 GIS 架构概述	39
3.2 组件式 GIS	41
3.3 服务式 GIS	43
3.4 移动 GIS	47
3.5 网格 GIS	50
思考题	56
第四章 网络 GIS 数据组织与管理	57
4.1 网络 GIS 数据组织概述	57
4.2 基础数据组织	58
4.3 专题数据组织	66
4.4 共享服务数据	70
4.5 元数据管理	70
4.6 网络 GIS 数据集成管理	73
思考题	74
第五章 网络 GIS 性能优化与安全策略	75
5.1 网络 GIS 性能优化	75
5.2 网络 GIS 安全策略	81
思考题	87
第六章 网络 GIS 服务体系与标准	88
6.1 地理信息服务技术与标准	88

6.2 OGC 标准服务体系	104
思考题	126
第七章 网络 GIS 开发应用实践	127
7.1 网络 GIS 开发模式	127
7.2 网络 GIS 开发流程	137
7.3 网络 GIS 开发实践	148
思考题	190
第八章 网络 GIS 发展展望	191
8.1 云 GIS	191
8.2 泛在 GIS	194
8.3 时态 GIS	196
8.4 智能 GIS	198
8.5 开源 GIS	201
思考题	204
第九章 网络 GIS 产品简介	205
9.1 专业网络 GIS 产品	205
9.2 公众网络 GIS 产品	221
思考题	225
参考文献	226
缩略词表	230

第一章 绪论

地理学、地图学与计算机科学是推动地理信息系统 (geographic information system, GIS) 产生和发展的三个重要学科。王家耀院士认为：“地理学为 GIS 提供了认识论基础，地图学为 GIS 提供了方法论基础，计算机科学为 GIS 提供了技术手段。” (王家耀等, 2008) 在 GIS 诞生至今的 40 余年中，GIS 的基本理论和原理发生了一些变化，其中变化最大的是 GIS 的体系结构、实现技术和应用模式。促成这一变化的内因是人们对地理信息需求的日益迫切，而外因则是地理信息相关学科特别是计算机科学的巨大推动作用。计算机科学在近些年来取得了巨大成就，互联网 (Internet) 技术的诞生和发展是其中的典型代表。作为人类历史发展中的最重要和最伟大的发明之一，互联网促成了人类通信与交流方式的一次重大革命。它似乎是一件无坚不摧的利器，改变了与之有交集的所有领域。当传统的 (相对于网络而言) GIS 遇上了互联网，首先发生变化的是 GIS 的应用模式，原有的“单人—单机—单系统”已不能满足人们在网络上发布和共享信息的需求，需求的改变迫使 GIS 软件的体系架构、实现技术不得不发生改变，而技术的改变又进一步催生新的需求，GIS 就在这样的循环作用下进入了网络时代，并成为与互联网深度整合的应用之一。在这样的背景下，网络 GIS 应运而生。网络 GIS 虽然产生和发展的时间非常短暂，但是在网络技术和分布式计算技术的大力推动下，取得了一系列显著的进步，如今已成为地理信息领域最具活力的发展方向。网络 GIS 的体系结构不断演化，应用领域不断拓展，专业程度不断提高，发展前景愈加广阔。我们应当深刻理解网络 GIS 的内涵和特征，了解网络 GIS 的发展历程，把握网络 GIS 的发展趋势，不断开辟网络 GIS 新的应用领域，使地理信息能够在社会的每一个角落中充分发挥更大的作用。

1.1 网络 GIS 的基本概念

所谓网络 GIS，通俗地讲就是以网络为平台的 GIS。具体地讲，“以网络为平台”包括两层含义：首先是以网络作为 GIS 的应用平台，其次是以网络作为 GIS 的实现平台。

网络 GIS 的应用模式不同于基于单机的 GIS。在用户数量上，网络 GIS 的用户数量与基于单机的 GIS 的用户数量相比极大地增多；在使用方法上，网络 GIS 的用户不必关注服务器端的实现细节，也不必关注数据的组织方式，只需要通过通用的 Web 浏览器或专用的客户端程序实现所需的功能，从而大大降低了用户的使用门槛；在应用方式上，网络 GIS 是多个用户基于同一个系统对同一套数据进行共享和操作；在更新方式和时效性上，网络 GIS 由于对数据和程序进行集中管理，可以将最新的数据和最新的功能通过网络发送到客户端，提高 GIS 服务的时效性。

网络 GIS 的实现方式不同于基于单机的 GIS。在软件体系上，网络 GIS 是典型的松耦合结构，客户端和服务器端之间以及系统的组件和组件之间通过协定的消息协议进行通信，当

一方发生变化时不会影响全局的变化,从而大大降低了系统各部分之间的依赖性;在构成单元上,网络 GIS 以具备独立功能、具有不同粒度的各种“组件”构成,这些组件可以是 COM、DCOM、Java Beans、Java Applet 形式,也可以是 Web Service 形式;在开发重点上,网络 GIS 已不再是各个地理信息处理功能的具体实现,而是逐渐转化为如何将实现具体功能的各个功能组件组装起来形成完整的系统;从软件工作模式上,网络 GIS 已经由单系统运行转变为基于网络的多系统之间的协同。

网络 GIS 给 GIS 带来的改变是全方位的。更重要的是,通过网络这个平台将 GIS 从实验室和办公室带到了一个由数十亿网民组成的巨型舞台,从此, GIS 找到了更大的发展空间,社会公众也拥有了了解地球、了解世界的有力工具。

在网络 GIS 出现的短短时间内,先后出现了 DGIS、WebGIS、Internet GIS、Grid GIS、Cloud GIS 等一系列名词,这对网络 GIS 概念的理解带来一定的困惑。实际上,网络 GIS 可以理解为某一种特定的网络体系和分布式计算结构下的 GIS,也可以理解为网络环境下各种类型 GIS 的统称。因此,关于网络 GIS 的概念有技术的狭义网络 GIS 和宏观的广义网络 GIS 之分。

1.1.1 狭义网络 GIS

既然计算机网络结构和分布式对象技术形式是网络 GIS 的重要特征,那么在一定时期内,特定形式的计算机网络和分布式对象技术的融合所形成的 GIS 便是狭义性的网络 GIS (张书亮等,2005)。

按照这种定义方法,狭义的网络 GIS 主要有以下几种类型。

1. C/S 结构网络 GIS

C/S (客户机—服务器, client/server) 结构网络 GIS 将用户操作界面和处理功能与数据库部分分离,是一种两层结构体系。服务器端与客户端之间通过消息传递机制进行对话。根据客户机和服务器端承载的功能划分策略,又可分为“胖”客户机—“瘦”服务器和“瘦”客户机—“胖”服务器方式。优点是:客户机功能相对丰富,支持二次开发能力和可扩展性强;缺点是:支持的用户数量有限,客户端程序的部署和改进代价较高,对网络带宽的要求高,容易产生网络瓶颈。

2. B/S 结构网络 GIS

B/S (浏览器—服务器, browser/server) 结构网络 GIS 将表现层、业务逻辑层和数据库层分离,形成“浏览器—应用服务器—数据库服务器”的三层体系结构。优点是:支持的用户数量多,部署简单、费用低,各层之间独立性好,能够有效地提高资源的共享等;缺点是:客户端功能受浏览器限制,协议和服务紧密耦合,通信负担重等。

3. 基于 Web Service 的网络 GIS

又称为 Service GIS 或服务式网络 GIS,以面向服务的体系框架为基础,基本组件遵循 Web Service 标准,组件之间通过 SOAP 协议进行交互和访问。优点是:松耦合的体系架构具有较高的鲁棒性 (robust),容易更新,具有更好的互操作性,支持大用户、复杂的应用,建立和维护的代价低;缺点是:体系结构约束性差,应用逻辑复杂,需要进一步提高应用的智能化程度。

4. 基于网络的网络 GIS

又称为 Grid GIS, 可以理解为服务式网络 GIS 在网格环境下的延伸, 主要的区别是组件遵循 Grid Service 标准, 以便能够与网格计算资源、存储资源等硬件资源一起构成统一标准的网格服务, 宿主于不同网格节点的 GIS 服务可以按照虚拟组织 (virtual organization, VO) 的方式松散耦合, 以支持节点的协同工作 (王家耀等, 2006)。优点是: 将 GIS 服务与硬件服务结合在一起, 在网格环境内具有更好的开放性和互操作能力, 支持异构系统的互联互通互操作; 缺点是: 网格标准与网络标准不完全兼容, 未能完全普及, 主要应用于科研实验室和大型的政府项目。

5. 基于云计算的网络 GIS

又称为 Cloud GIS, 是网络 GIS 与云计算技术相结合的产物, 就是将云计算的各种特征用于支撑地理空间信息的各要素, 包括建模、存储、处理等, 从而改变用户传统的 GIS 应用方法和建设模式, 以一种更加友好的方式, 高效率、低成本地使用地理信息资源。优点是: 资源使用的成本低, 连续性和灵活性好, 降低了用户的应用复杂度; 缺点是: 信息安全问题需要进一步解决。

除此之外, 根据不同的应用场景还可以将网络 GIS 分为移动式网络 GIS、嵌入式网络 GIS 等形式。这些不同体系结构的网络 GIS 是 GIS 技术与不同的网络体系架构和分布式计算技术相结合的产物, 分别出现在不同时期, 适用于不同的应用场景, 并具有不同的优缺点, 彼此之间并不存在相互取代关系。

1.1.2 广义网络 GIS

狭义的网络 GIS 是按照网络 GIS 所依托的网络体系结构和分布式计算模型等进行分类的, 具有技术上的相对独立性。但是在实际应用中, 一个具体的网络 GIS 系统中可能不止拥有一种类型的网络结构, 用户的应用模式也可能不止一种。如在一个大型的网络 GIS 工程中, 可能包括使用手持终端机进行数据采集和更新的用户, 也有通过桌面终端对数据进行加工、处理、维护和分析的专业用户, 还有通过浏览器进行数据浏览、查询、打印等操作的普通用户, 在这样一个典型的应用中可以包括移动式网络 GIS、C/S 结构网络 GIS、B/S 结构网络 GIS 等多种形式。这种多个狭义网络 GIS 技术相互结合、互相弥补就构成了广义上的网络 GIS。广义网络 GIS 是指包含了以多种网络协议和不同分布式软件体系构建起来的 GIS 应用。其概念框架如图 1.1 所示。

当然, 基于不同的网络结构就会有不同的计算模式和应用模式。因此, 网络 GIS 在不同的应用场景下会采取不同的策略。在网络比较稳定的城域网或广域网中一般以传统的分布式计算技术驱动应用, 如 Windows 的 DCOM、COM+、MTS 等, 而在网络不稳定的 PSTN 或 Internet 中, 分布式计算主要以 HTTP 协议为主, 在面向服务的框架下则主要以 SOAP 协议为主。图 1.2 表现了广义网络 GIS 的软件计算模式协议栈, 最底层通过绑定、发送和接受消息实现软件组件的连接, 数据组织层负责地理空间数据的表现和编码形式, 最上层是 GIS 软件功能组件通信协议。

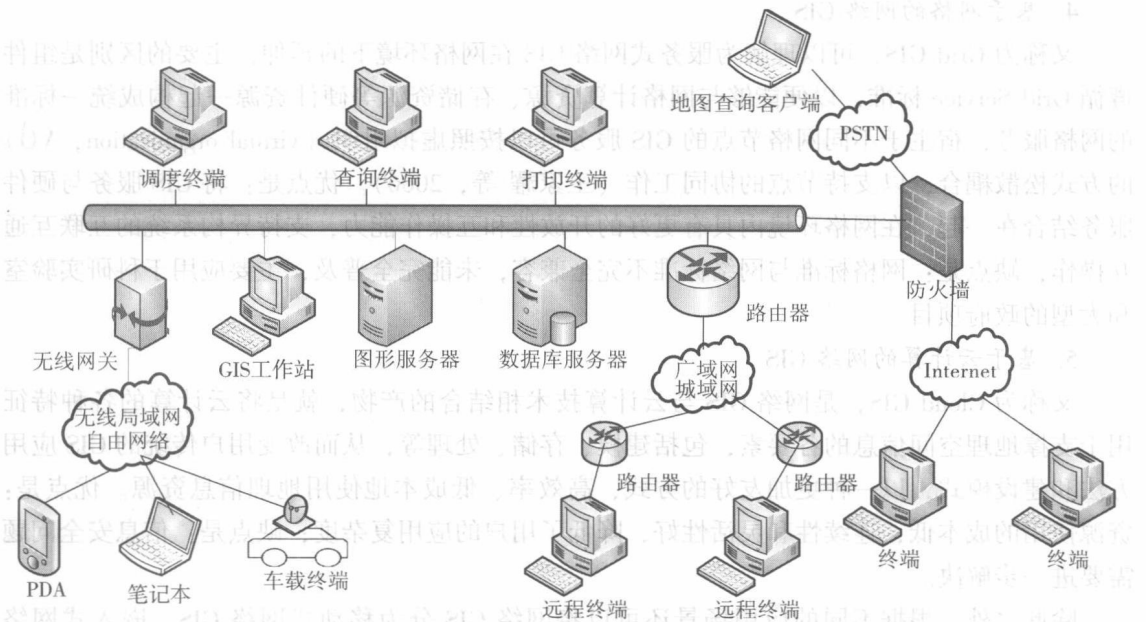


图 1.1 广义网络 GIS 的概念框架



图 1.2 广义网络 GIS 的软件计算模式协议栈

1.1.3 网络 GIS 的功能作用

作为 GIS 的一种类型，网络 GIS 具有 GIS 所共有的数据采集、管理、分析、处理、输出等功能，同时又具有网络化的特点。主要表现在以下几个方面。

1. 地理数据采集与更新

通过网络 GIS 可以提高数据采集和更新的实时性和效率。例如，用户基于 Web 浏览器或特定的瘦客户端（如 Google Earth）可以进行在线标注，实现信息的添加、更新和发布，或者采用 PDA+GPS+在线地图服务的方式进行野外数据采集（实际上大多数智能手机已经具备这样的功能），还可以通过 RFID+GPS 的方式实现位置信息和属性信息的同步采集。在数据采集与更新方面，网络 GIS 带来的不仅是技术上的进步，更催生了一种新的地理数据采集和更新的模式。

2. 地理数据分布式管理

网络 GIS 的分布式地理数据管理包括两层含义：一是指地理数据可以通过分布在网络上

不同节点的数据库进行管理,用户不必关心数据的存储位置和状态;二是指互联网上存在大量具有空间分布特性的信息,基于网络 GIS 平台可以将这些信息准确地定位在空间位置上,使零散的信息能够在同一时空基准上实现集成和管理。

3. 在线数据服务

网络 GIS 能够提供的在线数据服务包括数据网络分发(下载)服务、静态图像显示服务、动态地图显示服务、元数据服务、地理数据查询服务等。常用的数据服务形式主要包括 OGC 网络地图服务(Web map service, WMS)、网络覆盖服务(Web coverage service, WCS)、网络要素服务(Web feature service, WFS)等。

4. 在线处理服务

地理信息处理服务是指能够对空间数据进行某些操作并提供增值服务的基本应用。可以理解为桌面 GIS 中的某些功能组件在网络环境下的服务化封装,一个处理服务通常包括一个或多个输入,对数据进行相应处理后进行输出。处理服务的内容可以涵盖一个完整的 GIS 系统所应当具备的所有功能,如数据预处理、数据查询、空间分析、打印输出等。用户可以单独使用一个处理服务,也可以通过设定服务链或工作流的方法对多个处理服务和数据服务进行组合,建立松散耦合的关联模式,解决粒度更大的问题。

1.1.4 网络 GIS 的基本特征

尽管在狭义网络 GIS 的体系下,每一种网络 GIS 形态都具有不同的特征,但是从广义网络 GIS 的角度,与传统的桌面 GIS 相比,不同类型的网络 GIS 具有一些共性特征。这些特征主要表现在以下几个方面。

1. 网络 GIS 是采用多层架构的开放系统

无论是 C/S 结构的两层体系,还是 B/S 结构的三层或四层体系,以及面向服务的多层体系,网络 GIS 打破了桌面 GIS 的紧耦合状态,能够通过 Java、CORBA、DCOM 等技术跨平台协作运行,也能够通过对象管理、中间件、插件以及服务发现与组合等技术手段与非 GIS 系统集成,既提高了 GIS 软件本身的稳定性和扩展能力,也增强了 GIS 的行业应用能力。

2. 网络 GIS 具备数据网络化特征

与桌面 GIS 中数据集中管理的方式不同,网络 GIS 的数据可以来自网络上的各个节点,并服务于网络上的每一个用户。数据的网络化体现在 GIS 的数据模型、数据组织、存储模式以及应用模式的网络化。Esri 公司的 GeoDatabase 数据模型是典型的网络化 GIS 数据模型,它在面向对象、知识与规则表达方面所表现出来的优势是诸多传统 GIS 数据模型无法比拟的。Oracle 公司利用其 SDO 的数据模型和组织方式实现了 Oracle 数据库对空间数据的无缝存储,Esri 公司的 ArcSDE 利用连续的数据模型策略实现了海量的关系数据库管理,Google 公司利用 BigTable 和 MapReduce 技术实现了基于文件系统的数据存储和管理;对用户而言,可以在客户端将来自网络上的数据服务与来自本地的数据文件组合在一起完成自己的工作。这些都充分表明了数据网络化的特征。

3. 网络 GIS 具备应用网络化特征

不同用户对于 GIS 具有不同的应用需求,特别是对一个企业级应用来说,单纯的一个 GIS 软件或系统有时很难满足用户的全部使用要求。网络 GIS 的用户可以将任务分解为多个子任务,并进一步分解为 GIS 软件可以理解和执行的操作,由多人在多个节点上应用多个不

同的软件系统分别完成，再按照约定的消息传递机制和标准对结果进行集成，从而完成整个操作。这种协同工作的模式和能力是传统的桌面 GIS 所不具备的。

4. 网络 GIS 支持更多用户和更广泛的访问

就用户数量而言，网络 GIS 的用户数量与传统桌面 GIS 相比是数量级上的增长，网络 GIS 的出现使 GIS 真正进入大众化和普适化的时代。就访问范围而言，网络 GIS 的用户可以同时访问多个位于不同位置的服务器上的最新数据，并使用来自多个节点的地理信息处理服务进行加工处理。

5. 网络 GIS 信息共享能力提高

由于采用数据与应用分离的策略，网络 GIS 对地理信息的更新、管理和维护能力得到显著提高，并且无论是哪种结构的网络 GIS，由于采用了通用的网络通信协议，用户可以通过浏览器或客户端实现对网络数据的透明访问，极大地提高了信息共享能力。

6. 网络 GIS 建设和使用成本降低

传统的桌面 GIS 在每个客户端都要配备昂贵的专业 GIS 软件，而用户使用的通常只是一些最基本的功能，这实际上造成了极大的浪费。网络 GIS 在客户端通常只需要使用 Web 浏览器（有时还要加一些插件）。其软件成本与全套专业 GIS 相比，明显要节省得多，维护费用也大大降低（康冬舟等，2002）。从用户使用的角度，基于通用 Web 浏览器的操作显然比专业 GIS 软件要简单得多，操作复杂度的降低进一步降低了网络 GIS 的使用成本。

1.2 网络 GIS 的发展现状与趋势

1.2.1 网络 GIS 技术发展历程

从技术角度上来讲，网络 GIS 经历了基于 CGI 的网络 GIS、基于服务器 API 的网络 GIS、基于 Plug-in 的网络 GIS、基于 ActiveX 的网络 GIS、基于 Java Applet 的网络 GIS、基于 COM 组件的网络 GIS、基于 Web Service 的网络 GIS 等发展模式。

1. 基于 CGI 的网络 GIS

公用网关接口（common gateway interface, CGI）是外部应用程序与 Web 服务器之间的接口标准。它的主要功能就是在超文本（hyper text）文件和 Web 服务器应用程序之间传递信息，主要体现在将 WebServer 和数据库服务器结合起来，实时动态地生成超文本标记语言（hyper text markup language, HTML）文件。

CGI 方法是最先用于发展网络 GIS 的技术。CGI 是一种连接应用软件和 Web 服务器的标准技术，它是 HTML 的功能扩展。HTML 是一种静态文本，它的设计原则是显示数据和文件，而不是处理数据，因而不可以用它来产生动态的信息，缺乏交互性。但是灵活易用的 CGI 程序与 HTML 的结合实现了交互式的动态通信，虽然它有系统开销大、运行效率低等缺点，但是成熟的技术、广泛的应用范围以及专业软件产品的支撑，使得基于 CGI 结构的解决方案仍然是目前建立网络 GIS 应用的主要方案（李旭，2001）。

CGI 程序通常为一个可执行文件，主要有两种调用方式：一种是不通过 HTML 表单（form）而直接通过 URL 方式来调用；另一种是通过 HTML 表单交互调用。在进行 CGI 编程时，第二种方法用得较多。

使用 CGI 方法实现的网络 GIS 是利用外部 CGI 程序, 通过环境变量、命令行参数、标准输入输出与 Web 服务器和 GIS 服务器进行通信, 并传递有关参数和 GIS 处理结果。具体工作过程如下: 客户端将 HTML 表单中的查询请求通过 Internet 提交给 WebServer, WebServer 将请求信息转化为一组环境变量和标准输入, 然后启动 CGI 程序, CGI 程序根据这些环境变量和标准输入获取客户端请求的信息, 再将相应的参数转换为 SQL 语句, 由 GIS 数据库服务器根据 SQL 语句生成查询结果, 最后 CGI 程序负责将查询结果生成符合 HTML 格式的文件, 其中地图以 GIF 或 JPEG 图像文件返回给浏览器, 如图 1.3 所示。

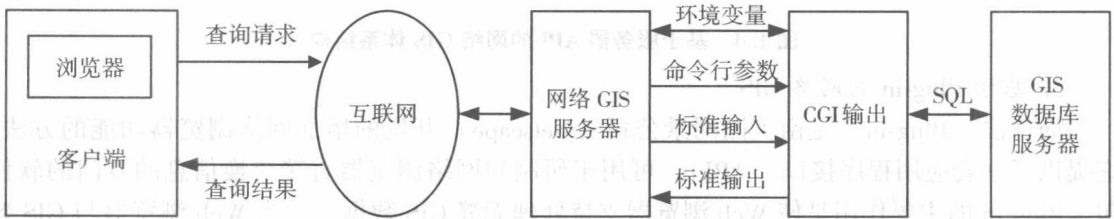


图 1.3 基于 CGI 的网络 GIS 体系结构

市场上基于 CGI 的网络 GIS 软件主要有美国 Esri 公司早期的网络 GIS 平台 ArcView Internet Map Server (ArcView IMS) 和 MapObjects IMS, MapInfo 早期的 Internet/Intranet 解决方案 MapInfo ProServer 等。

2. 基于服务器 API 的网络 GIS

由于运行速度、兼容性、脚本资源等方面的优势, CGI 曾经风靡一时, 但还是存在一些缺点, 如保存状态较困难、可量测性差、效率低下等。由于 CGI 脚本的每个实例都在自己的地址及进程空间中运行, 而不是在 Web 服务器空间中运行, 因此, 脚本每次被调用时, 都需要新的地址空间及新进程。在某些情况下, 当脚本实际要做的事情很少时, 系统开销就成了整个脚本运行时间中的主要部分。为了解决 CGI 方法所存在的部分问题, 服务器 API 方法应运而生。

服务器 API 方法是作为 CGI 的改进技术而出现的, 目前流行的服务器 API 有 Microsoft 的 ISAPI、Netscape 的 NSAPI 等。在此, 以 Microsoft 的 ISAPI 说明这种方法的原理。ISAPI 设计的基本思想是基于动态链接库 DLL (周炎坤等, 1999), 使得服务器程序运行速度提高并且减轻系统的负载; ISAPI 运行在 Windows NT 环境下, 是为 Microsoft IIS (微软公司的 Web 服务器) 提供用以扩充 Web 功能以及开发高效率 CGI 的应用程序接口。从本质上说, ISAPI 是一种外部 Plug-in 技术, IIS 的 Web Server 在需要时会把 DLL 装入系统中, 并直接调用它们, 这些 DLL 会继续保留在系统中, 与服务器共享资源, 当服务器发现有必要释放某些资源以作他用时, 会选择释放较少调用的 DLL 模块。这种方式的网络 GIS 的体系结构如图 1.4 所示。

从图 1.4 中可以看出, ISAPI 的功能和 CGI 类似, 客户端也是通过向浏览器的 HTML 表单中输入查询信息或直接在 URL 请求之后附加“?”为引导的查询字符串将查询信息传输到服务器端的 ISAPI DLL, 再由它与 GIS 数据库服务器交互得到查询结果。基于 ISAPI 的网络 GIS 的优点是运行效率比 CGI 要高, 缺点是由于 ISAPI DLL 与服务器密切相关, 程序的移植难度较大, 同时一旦 DLL 出现故障或产生内存泄露, 会导致整个服务器陷入瘫痪; 另一个问题是维护较复杂, ISAPI DLL 要为每个请求产生并维护一个独立的线程, 以避免冲突, 当

优化性能时，还须关闭 Web 服务器来更换或删除已有的 DLL，而 CGI 都不存在这些问题。目前，Google（谷歌）、百度等公司都推出了基于服务器 API 的网络 GIS。

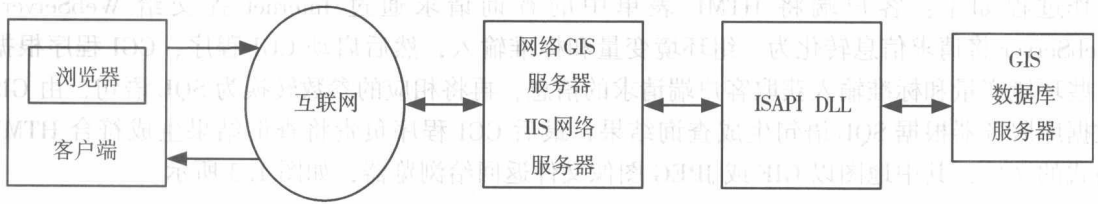


图 1.4 基于服务器 API 的网络 GIS 体系结构

3. 基于 Plug-in 的网络 GIS

插件法 (Plug-in) 是由美国网景公司 (Netscape) 开发的增加网络浏览器功能的方法。它提供了一套应用程序接口 (API)，可用于研制和网络浏览器直接交换信息的专门的软件包。Plug-in 的主要作用是使 Web 浏览器支持处理无缝 GIS 数据，并为 Web 浏览器与 GIS 数据之间的通信提供条件。GIS Plug-in 直接处理来自服务器的 GIS 矢量数据，同时，也可以生成自己的数据，以供 Web 浏览器或其他 Plug-in 显示使用。Plug-in 必须先安装在客户机上，然后才能使用 (罗永峰，2003)。

Plug-in 技术的最大优点在于当需要时暂时接入，用完后又可以脱开以释放系统资源，以便于减少网络、服务器的信息流量和压力。利用 Plug-in，不但可以扩展网络浏览器处理地理空间数据的能力，使人们更容易获取地理数据，而且可以同时减少网络、服务器的信息流量和压力，因为大多数用户的数据处理功能可以由网络浏览器的插入软件来完成。

Plug-in 模式的网络 GIS 工作原理是 Web 浏览器发出 GIS 数据显示操作请求，Web 服务器接收到请求后，将用户所要的 GIS 数据传送给 Web 浏览器，客户端接收到 Web 服务器传来的 GIS 数据，对 GIS 数据类型进行理解，然后在本地系统查找与 GIS 数据相关的 Plug-in。如果找到相应的 GIS Plug-in，则用它显示 GIS 数据；如果没有，则需要安装并加载相应的 GIS Plug-in 来显示 GIS 数据。GIS 的操作由相应的 GIS Plug-in 完成，如图 1.5 所示。

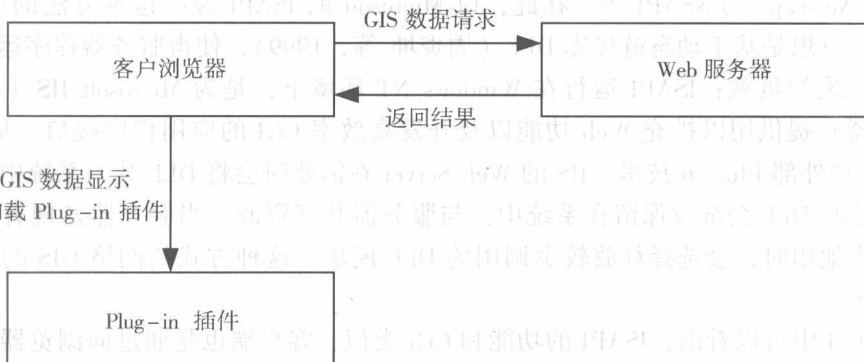


图 1.5 基于 Plug-in 的网络 GIS 体系结构

采用 Plug-in 技术的网络 GIS 著名软件有美国 Autodesk 公司的 Autodesk MapGuide 4.0, Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 3.0 和 GeoMedia Web Enterprise 3.0 等。

4. 基于 COM/DCOM 和 ActiveX 的网络 GIS

组件对象模型 (component object model, COM), 是微软的 Windows 对象的二进制标准, 定义了对象如何在单个应用程序中或应用程序间相互作用的面向对象的程序设计模型。分布式组件对象模型 (DCOM) 是组件对象模型 (COM) 技术的网络扩展, 该模式允许通过网络在进程间通信。ActiveX 是一套基于 DCOM 的可以使软件组件在网络环境中进行互操作而不管该组件是用何种语言创建的技术。

利用 COM/DCOM 技术及其网络相关技术 ActiveX, 就可将一个网络 GIS 软件系统分解成相对独立的构件, 整个系统通过一定的应用逻辑调用这些位于不同的网络节点、不同进程的组件, 从而实现网络 GIS 应用。

在基于 COM/DCOM 技术的网络 GIS 平台的典型实现中, 当 Web 浏览器发出 GIS 数据显示操作请求时, Web 服务器接受到用户的请求, 进行处理, 并将用户所要的 GIS 数据和 GIS ActiveX 控件 (ActiveX 控件只需在客户端下载安装一次即可) 传送给 Web 浏览器; 客户端接受到 Web 服务器传来的 GIS 数据和 GIS ActiveX 控件, 启动 GIS ActiveX 控件, 对 GIS 数据进行处理, 完成 GIS 操作。在具体的网络 GIS 操作中, 还会有客户端的 ActiveX 控件与服务器的网络 GIS 服务 (组件) 的交互操作。基于 ActiveX 的网络 GIS 体系结构如图 1.6 所示。

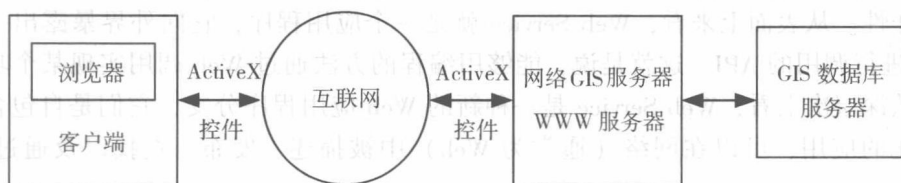


图 1.6 基于 ActiveX 的网络 GIS 体系结构

目前许多 GIS 厂商都开发了可供 Web 服务器端应用开发的 ActiveX/COM 产品, 如 Esri 公司的 MapObjects, MapInfo 公司的 MapX, Intergraph 公司的 GeoMedia Professional 组件式 GIS 产品, 中地数码集团 (以下简称“中地数码”) 的 MapGIS, 北京超图软件股份有限公司 (以下简称“超图”) 的 SuperMap, 武大吉奥信息技术有限公司 (以下简称“武大吉奥”) 的 GeoStar 等。

5. 基于 Java Applet 的网络 GIS

Sun 公司所倡导的 Java 语言是目前网络应用方面发展较快的一种解决方案, 可以利用 Java 的 Applet 实现跨平台特性。

由于 Java 语言从一开始设计就面向网络, 因而具有较强的网络访问能力。基于 Java Applet 的网络 GIS 阶段, 通常在服务器端采用 Java 实现, 在客户端则可采用 Java Applet 或 HTML 实现, 基于 Java Applet 客户端的网络 GIS 体系结构如图 1.7 所示。

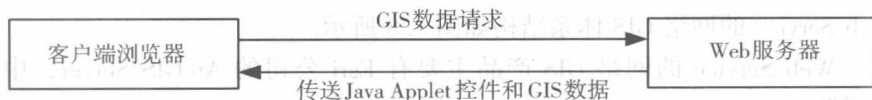


图 1.7 基于 Java Applet 客户端的网络 GIS 体系结构

基于 Java 的网络 GIS 可分为两类: 一类是仅客户端部分采用 Java 技术的网络 GIS, 服务器端在现有系统代码基础上用 GIS 空间数据传输协议以及和 Java 程序交互的功能模块实现, 这是目前绝大多数网络 GIS 系统采用的方法, 这种方法主要是通过下载 Java Applet 小程序到