

互联网GIS设计原理 与开发技术方法

王艳军◇著

一级出版社”  中国纺织出版社“全国百佳图书出版单位”

互联网 GIS 设计原理 与开发技术方法

王艳军 著

图书在版编目 (C I P) 数据

互联网 GIS 设计原理与开发技术方法 / 王艳军著.

— 北京: 中国纺织出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-5180-3735-3

I. ①互… II. ①王… III. ①地理信息系统 IV.

① P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 151656 号

责任编辑: 国 帅 闫 婷

责任印制: 王艳丽

责任设计: 桃 天

中国纺织出版社出版发行

地 址: 北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码: 100124

邮购电话: 010-67004461 传真: 010-87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

虎彩印艺股份有限公司印刷 各地新华书店经销

2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 710×1000 1/16 印张: 12.625

字数: 268 千字 定价: 68.50 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

前 言

地球空间信息科学已经进入以“网络地理信息系统和服务”为主要特征的新地理信息时代,云计算、物联网和语义网等新技术越来越普适化,新的全球对地观测系统不断进步,获取的空间数据越来越海量,数据的集成共享和现势性需求越来越迫切,功能应用的松散耦合和在线互操作模式越来越流行,遵循 OGC 制订的开放地理信息互操作标准规范和基于 SOA 构建互联网环境下分布式地理信息处理平台越来越引起研究者的重视。海量的多源多尺度异质异构地理数据的方便集成、快速融合和聚焦共享,功能设计和技术实现的松散化、粒度化和可扩展化,系统应用的大众化、开放性和多样性,都是互联网地理信息系统面临的问题和挑战。同时,传统的地理信息系统方式也不能满足现实应用的需要,有必要从单机封闭式系统发展到开放互操作平台,从静态数据管理发展到动态实时/准实时在线业务处理,从单专题管理信息系统发展到分布式网络环境下空间信息服务的应用方式。

本书针对这些问题需求进行互联网地理信息系统的阐述,围绕涉及的计算机网络理论、地理信息系统和空间信息服务等技术,提出了分布式网络与云计算环境下的互联网 GIS 的构建和应用模式,研究当前流行的设计与实现技术,包括互联网 GIS 系统的体系结构、设计模式、开发方式与功能应用。本书将互联网地理信息系统设计原理与开发方法应用于智慧城市及其专题应用示范建设的案例实践中。

本书的重要内容:全面系统地阐述了互联网地理信息系统与服务相关的概念、理论、方法与技术;详细深入地描述了计算机网络技术和地理信息系统在互联网 GIS 平台构建中的作用和地位,并结合当前的下一代互联网、网格技术、云计算和智慧城市讲述互联网 GIS 发展趋势;引导启发地展示了互联网 GIS 在具体工程实践中的应用案例,为快速掌握和理解网络地理信息系统设计与实现提供参考。

本书特点:涉及内容较为广泛,基本原理和设计技术细节阐述详尽,资料素材和实践案例丰富,涉及专题应用较广。

本书的具体章节和内容结构安排如下:第 1 章为绪论,主要介绍互联网 GIS 的概念、产生背景、组成功能及其发展趋势,是本书的引言部分;第 2 章为计算机网络的基本理论,包括计算网络概述、相关协议、Web 相关概念、网络的扩展,侧重讲解计算机网络相关知识;第 3 章为互联网 GIS 基本体系架构,包括互联网 GIS 体系结构、工作原理和数据组织方式,是互联网 GIS 设计的基础;第 4 章为互联网 GIS 技术与实现,包括客户端、

服务器端、中间层及开放互操作实现；第5章为移动GIS技术与应用，包括移动GIS概述、关键技术与应用；第6章为互联网GIS常用平台开发技术，包括开发平台概述、基于ArcGIS Server的开发方法、基于地图服务API的开发方法和OpenLayers的开发技术及其开发示例；第7章为开源互联网GIS平台与指南，包括开源互联网GIS平台、基于GeoServer的开发方法；第8章为互联网GIS框架设计；第9章为互联网GIS应用设计方法。

由于水平和能力有限，本书难免存在错漏之处，在此敬请读者不吝赐教。恳切希望广大读者对本书提出宝贵意见。

作者于潇湘园

2017年2月

目 录

前 言	1
第 1 章 绪 论	1
1.1 互联网 GIS 的概念	1
1.2 互联网 GIS 产生背景	3
1.3 互联网 GIS 组成与功能	10
1.4 互联网 GIS 的发展趋势	11
1.5 本书的组织	14
第 2 章 计算机网络的基本理论	15
2.1 计算机网络概述	15
2.2 计算机网络的相关协议	18
2.3 网络 Web 的相关概念	19
2.4 计算机网络的扩展	20
2.5 本章小结	21
第 3 章 互联网 GIS 的基本体系架构	22
3.1 互联网 GIS 概述	22
3.2 互联网 GIS 的结构组成	23
3.3 互联网 GIS 的组合方式	23
3.4 互联网 GIS 的体系结构	24
3.5 互联网 GIS 的技术体系发展	25
3.6 本章小结	29
第 4 章 互联网 GIS 技术与实现	30
4.1 互联网 GIS 客户端实现	30
4.2 空间信息服务框架	32
4.3 空间信息服务规范	35

4.4	GIS 服务链模式分析.....	41
4.5	本章小结.....	44
第 5 章	移动 GIS 技术与应用.....	45
5.1	移动 GIS 概述.....	45
5.2	利用加速度计实现计步.....	49
5.3	百度地图 API 简介.....	52
5.4	本章小结.....	54
第 6 章	互联网 GIS 常用平台开发技术.....	55
6.1	互联网 GIS 开发平台概述.....	55
6.2	ArcGIS Server 开发指南.....	57
6.3	基于天地图 API 的开发.....	71
6.4	基于 OpenLayers API 的开发.....	78
6.5	本章小结.....	86
第 7 章	开源互联网 GIS 平台与指南.....	87
7.1	开源互联网 GIS 平台 GeoServer 概述.....	87
7.2	服务器模块.....	88
7.3	服务模块.....	91
7.4	数据模块.....	97
7.5	安全模块.....	128
7.6	示例模块.....	132
7.7	图层预览模块.....	134
7.8	本章小结.....	136
第 8 章	互联网 GIS 框架设计.....	137
8.1	互联网 GIS 系统框架设计.....	137
8.2	互联网 GIS 系统平台构建.....	140
8.3	地理空间信息链典型应用实现.....	144
8.4	互联网 GIS 系统数据库设计.....	147
8.5	互联网 GIS 系统数据集成应用.....	150
8.6	本章小结.....	157
第 9 章	互联网 GIS 应用设计方法.....	159
9.1	数字城市地理空间信息共享平台.....	159
9.2	基于 SOA 的智慧旅游信息系统.....	166

9.3 基于 SOA 的文物管理信息系统.....172

9.4 东钱湖智慧地理信息系统建设.....178

9.5 本章小结.....183

参考文献.....185

第1章 绪论

地理数据是空间信息的载体,表达了人类对地球表面空间位置与地理现象的关联理解。现实世界是复杂多变的,自然现象和活动大都与地理空间位置相关。在空间信息科学领域,这些海量地理数据及信息的网络集成共享成为空间信息科学应用的重要基础和前提,也随之产生互联网 GIS。同时,这些网络数据和信息在线处理面临的问题和需求,促进网络地理信息系统理论与技术的不断更新演进,是地理信息学科研究和实际应用的重要课题。

1.1 互联网 GIS 的概念

地理信息系统是关于地球及其周围地理现象空间数据获取、存储、管理、分析和显示的信息系统,主要由计算机硬件、数据、软件系统和用户等部分组成。自从加拿大的罗杰·汤姆林森在 20 世纪 60 年代提出“地理信息系统”以来,在其 40 多年的发展历程中已经取得了很大成就,并广泛地应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、经济建设以及政府各职能部门(李德仁等, 2009)。地理信息系统在 40 多年的历程中,大致经历了 20 世纪 50 年代末 60 年代初的起步阶段、20 世纪 80 年代后的发展阶段、20 世纪 90 年代的行业普及阶段和 21 世纪后的大众化服务阶段(乐鹏, 2011)。目前,地理信息系统正处于大众化服务阶段,结合各种计算机、网络、高性能计算和信息科学等新技术,促进了地理信息获取实时化、处理自动化、服务网络化和应用社会化的发展。

随着计算机技术和网络技术的进一步发展,地理信息产品广泛地为社会大众使用和服务,国际组织 OGC (Open Geospatial Consortium, 开放地理信息联盟)制定了一系列标准规范,实现分布式网络环境下的空间信息和处理功能的共享和互操作,主要包括 WMS (Web Map service, 网络地图服务)、WCS (Web Coverage Service, 网络覆盖服务)、WFS (Web Feature Service, 网络要素服务)和 WPS (Web Processing Service, 网络地理处理服务)等 (OGC, 2006, 2007, 2010)。特别是 Web 2.0、下一代互联网、传感器网络、网格计算、物联网、语义网和云计算的出现及其深入发展,计算资源已经从单机、局域网、互联网发展到移动物联网、分布式计算和语义网的普适云计算;地理信息软件

体系结构从面向过程、面向对象发展到面向服务架构；分布式网络环境下的空间信息也从数据共享、信息共享走向以计算能力、存储能力和交互能力为主的服务共享。武汉大学李德仁院士和邵振峰教授总结这些最新的学科发展趋势，提出了“新地理信息时代”（李德仁等，2009）的概念，引起学界的广泛关注和赞同，可随时随地获得个性化的按需空间信息服务是新地理信息时代的典型特征。在此基础上，数字地球和智慧地球（李德仁等，2010）的概念、理论、技术和前景也正在成为现实。

互联网地理信息系统（network geographical information system），一般也称 Web GIS，是以互联网为载体并以其存储、组织、管理、分析和可视化地理关联信息的地理信息系统，是将互联网技术和 GIS 技术结合在一起，从而能够进行各种便利交互操作的 GIS，是一种大众化、开放化和灵活性的 GIS，涉及在网络环境下地理信息的模型、传输、管理、分析、应用的理论与技术。

互联网 GIS 是一个交互式的、分布式的、动态的地理信息系统，由多主机、多数据库与多终端，通过 Internet 或 Intranet 连接组成。主要有以下三大组成部分：

- （1）Web 浏览器——用户通过其获取分布在网络上的地理信息；
- （2）Web GIS 的信息代理——设定地理信息代理机制和协议；
- （3）Web GIS 服务器——根据用户请求，操作 GIS 数据库，为用户提供地理信息服务，实现和用户的动态交互。

互联网 GIS 的核心是在 GIS 中嵌入 HTTP 和 TCP/IP 标准，来实现 Internet 环境下的空间信息管理。

互联网 GIS 的应用方向可以分为两大类：

- ①基于 Internet 的公共信息在线服务，为公众提供交通、旅游、餐饮娱乐、房地产、购物等与空间信息有关的信息服务；
- ②基于 Intranet 的企业内部业务管理，如帮助企业进行设备管理、线路管理以及安全监控管理等。

互联网 GIS 应用一般分为五个层面：

- ①空间数据采集；
- ②空间数据管理；
- ③空间数据共享；
- ④空间处理共享；
- ⑤空间信息增值。

本书主要围绕以下方面展开论述：

- （1）系统全面地阐述了网络地理信息系统与服务相关的概念、理论、方法与技术；
- （2）详细深入地描述了计算机网络技术和地理信息系统在互联网 GIS 平台构建中的作用和地位，并结合当前的下一代互联网、网格技术、云计算和智慧城市阐述互联网 GIS 发展趋势；

③展示了互联网 GIS 在具体工程实践中的应用案例,为快速掌握和理解网络地理信息系统设计与实现提供参考。

本书属于互联网地理信息系统和服务科学领域,涉及的具体研究方向包括:空间数据集成和共享、空间信息服务和地理信息系统应用等。

1.2 互联网 GIS 产生背景

地理空间信息是一种多部门公共使用的基础性和战略性信息资源,对国家建设、经济发展及国家安全具有十分重要的作用和意义,大多数国内外政府、企事业单位和普通公众等较重视和关心地理信息的研究和应用。国内外学者对网络地理信息系统和服务等科学研究较为关注,在空间数据集成和共享、空间信息服务和地理数据更新方面取得不少成果。在新地理信息时代背景下,数字城市和智慧城市引起各级政府、企事业单位和普通公众的广泛重视。国内外学者基于空间信息科学已经取得的空间信息网格(李德仁,2005)、SDI(Spatial Data Infrastructure,空间数据基础设施)、DGIP(Distributed Geographic Information Processing,分布式地理信息处理)、地理空间框架和空间信息服务等成果,结合 SOA(Service-Oriented Architecture,面向服务的体系架构)、地理本体、语义网和云计算等新技术进行了较多前沿研究,下面将详细介绍。

1.2.1 GIS 系统发展介绍

由于多源异质异构空间数据,不同数据来源且海量获取,格式结构不同而需相互访问和调用。空间数据集成和共享主要就是解决不同应用系统间地理数据或信息的互操作应用问题。

(1) 国外关于空间数据集成和共享的研究现状

国外及西方发达国家根据社会信息化对地理空间数据的强烈需求及其推动作用,在空间数据基础设施、多源异构空间数据集成融合、分布式地理信息处理及数字城市研究方面起步较早,并已取得显著成果。

1993年2月,美国时任总统克林顿签署法令,建设全美的信息高速公路,将信息技术推进到人们的日常生活,并扩展到全世界。1994年4月,克林顿又签署了“协调地理空间数据的获取与访问:国家空间数据基础设施”的12906号行政令,为信息高速公路生产提供地理空间数据。从其自身的利益和全球政治、经济、军事战略目标出发,1998年1月美国副总统戈尔又提出了“数字地球”(Digital Earth, DE)的概念(Max Craglia 等,2012; Dr Alessandro Annoni 等,2011),认为“数字地球”是指以地球坐标为依据的、具有多分辨率、由海量数据组成的、能立体表达的虚拟地球,并将数字地球描述为一个可以嵌入海量地理数据的、多分辨率的真实地球的三维表示。近年来迅速发展的信息技术、数据基础设施和地球对地观测等也将促进“数字地球”的深入。美国

地质调查局 (USGS) 负责国家地理空间数据框架的建设, 该框架将提供一个数据共享的基础, 任何组织和机构可以在其上添加其他专题的数据或者增加专题信息的应用, 可为美国农作物生长期遥感监测等领域的科学应用提供支持。2010 年, 美国联邦地理数据委员会 (Federal Geographic Data Committee, FGDC) 提出构建地理空间信息平台 (Geospatial Platform), 推动地理空间数据、服务及应用的共享, 为各级政府提供支持, 由提供权威数据的部门承担主要职能并进行管理, 为政府机构和合作伙伴提供可被共享的基础设施。FGDC 实施地理空间信息平台的策略, 带来的系列优势包括: 各应用机构将采用一套通用的地理空间信息政策、规程、标准和数据模型协同工作; 提供权威的、可获操作的地理空间信息和工具; 采取适当激励措施, 确保公平分摊技术上的投资费用, 节约成本, 不断进步和创新。

英国军械测量局支持的英国数字国家框架 (Digital National Framework, DNF) 是一种数据集成化、自动的信息服务模式, 基于成熟的标准及应用建立, 以满足多种空间/非空间信息集成应用的需求。其构成主要包括三个方面:

①NDF模型 (模型层面): 协调NDF基本规则、参考模型、空间和时间参考模型和转换模型, 对象模型, 数据关联模型。

②数据注册 (操作层面): 实现标识管理、特征或对象目录及分类、术语、量测的一致性之间的协调工作。

③支撑条件: 元数据、数据质量、数据交换、数据维护, 及其他需要的指导材料。DNF 的任务和目标包括: 鼓励和帮助数据提供者宣传他们拥有的地理信息数据, 编制元数据库系统, 使用户能够从 Internet 上找到所需数据; 提供改进地理信息访问机制的指导建议, 以帮助建立数据中介服务组织; 寻求政府机构的支持, 鼓励数据提供者使信息能为更多的人所应用; 鼓励数据提供者使用 DNF 编制的各种标准以及所推荐的直接或间接的参考系统; 协调在元数据及其相关数据能够给用户带来信心的各种保险程序的引进; 促进和刺激那些能够鼓励更大规模信息集成及其市场的发育; 通过评价改进英国地理信息开发能力的有关事务, 促进地理信息使用效益的提高, 为信息的使用提出具体建议。

加拿大空间数据设施和集成共享持续发展和成功使用的最基本因素是来自不同机构和学科的数据很容易地集成与应用。加拿大空间数据基础设施建设不仅保证现有的大量数据能够有效地被访问和使用, 而且还给广大数据生产者和用户提供今后收集和维持数据所需的基础设施, 从而使一个在线的、分布式的、能更新和充分集成的国家地理信息集成建设成为现实, 并提供一个数据基准图层作为可视化的参考系统, 使各种新老数据集在地理空间上得以相互配准, 免费提供用户使用。主要的应用包括资源管理、海洋导航和航海制图、商业规划和运作、交通运输、公众安全和灾害管理、公共卫生、应急反应、财产制图和环境评价等方面。

在已建立的空间数据基础设施和数字地球成果基础上, Goodchild (2007) 提出了地理信息科学概念和“人人成为自发传感器”的自发地理信息系统 (Voluntary GIS,

VGIS)。国外研究者多关注分布式网络环境下的多源空间数据集成和融合,并进行共享和互操作研究,DGIP(C YANG等,2009)的研究主要集中在以下六大研究领域:

- ①分布式地理信息处理的架构;
- ②空间计算问题;
- ③地理信息处理模型;
- ④共享地理处理单元的标准和接口,互操作问题;
- ⑤ DGIP 中的智能化问题;
- ⑥科学应用问题等六大研究领域。

Zhang Jianting 等(2006)主要研究了集成数据网格和 web 服务的生物物种分析系统。Gruber T(1995)和 Rudi Studer 等(1998)提出用于知识共享的本体设计的基本原则,此原则被空间信息研究者广泛接受,并进行了借鉴和扩展。Helen Couclelis(2010)研究了关注地理信息概念的地理本体论,提出语义缩减和问题对象概念表达为高层次概念组合的两种地理本体的构建方法;Peng Z R(2005)则提出要素级别空间数据共享的框架,基于 GML 编码和 WFS 并以交通网络数据为例,使得数据模型和语义一致并解决数据更新传播问题;Lutz M 和 Klien E(2006)详细描述了基于本体的地理信息检索方法,通过本体方法、共享术语和领域本体建模,提供专门的概念和关系描述的应用本体,并通过表达地理要素类型的描述逻辑和用户的查询,获取地理信息描述逻辑的查询概念,获取 WFS 检索的查询过滤语言;Wang X 等(2010)研究了一种空间信息聚类分析的本体框架,是特定的地理处理模型知识建模和本体推理尝试,对其他空间信息领域的本体及语义应用具有重要借鉴和指导作用。Yue P 等(2009)、Purves 等(2007)、Zhang Chuanrong 和 Li Weidong(2005)、Zhang Chuanrong 等(2010)、Mohammadi 等(2010)、Stock 等(2010)研究者们探讨了空间数据基础设施中的数据集成互操作、要素类型目录(feature type catalogue, FTC)的语义注册中心,并结合 WMS、WFS 和地理语义网等研究了空间要素的发现、检索、地球科学应用的处理规划和服务链应用程序框架。

(2) 国内关于空间数据集成和共享的研究现状

进入 21 世纪后,我国的计算机技术、数字化和网络化飞速发展,全球化、信息化成为当今世界的发展潮流和科学技术进步的主要动力,“数字地球”的概念也应运而生,我国提出了“数字中国”的战略计划。“数字中国”建设已列入国家测绘事业“十一五”规划,广泛服务于群众的工作、生活,也会给文化消费、人际关系等带来深刻变化,促进社会文明进步;同时提高了我国的信息化水平、全球化水平、生态化水平、竞争力水平和公平化水平。

2006 年,陈俊勇、许厚泽、刘先林、魏子卿、宁津生、李德仁、刘经南、张祖勋等 8 位院士在参加武汉大学测绘学科创建 50 华诞即新中国完整的测绘学科创立 50 周年之际,共同提出加快“数字中国”建设的倡议。地理信息资源是国家的重要基础性、战略性信息资源。我国已将国家测绘局更名为国家测绘地理信息局,来加快发展测绘事业和

地理信息产业,丰富测绘地理信息产品和服务。地理空间信息的共享是实现全球、地区、国家和区域范围内信息化的前提条件,是构造“数字地球”的关键技术之一,地理空间框架基础地理信息数据库作为最基本的空间数据集,为其他应用系统提供统一的空间定位基准,以实现各种信息资源按照地理空间位置进行融合,从而为信息化提供各种资源整合的地理信息公共平台。

“数字地球”的概念提出以后,我国党和政府、科技界对此高度重视。江泽民在 1998 年 6 月接见两院院士时谈及了“数字地球”问题。中国科学院地学部于 1998 年 11 月初在北京香山召开了“资源环境信息与数字地球”研讨会,在此基础上形成“中国数字地球发展战略的建议”。2001 年 3 月,建设基础国情、公共信息资源、宏观经济数据库及其交换服务中心,完善地理空间信息系统等列入“十五”计划,并加快国家空间信息基础设施建设和应用。胡锦涛总书记提出要求:“推进数字中国地理空间框架建设,加快信息化测绘体系建设,提高测绘保障服务能力”。国家测绘地理信息局于 2006 年启动了“数字城市地理空间框架建设示范工程”项目,拟通过在全国选择若干具备条件的城市作为试点开展数字城市地理空间框架建设,总结经验,推动数字中国、数字省区的建设,并于 2009 年启动了国家地理信息公共服务平台的建设。目前,很多城市都已经开展地理空间框架建设项目规划和实施,并作为推进本地区信息化的重大战略措施,将数字城市作为实现区域信息化的切入点和突破口。截至 2010 年 7 月,我国已有 23 个省级分节点地理信息公共服务平台公众版上线(占全部的 74%),部分发达区域已开始市级节点的规划建设。2010 年 10 月,中国公众版国家地理信息公共服务平台“天地图”网站正式开通,随后不断更新版本并推出了“天地图”手机版,满足公众及企事业单位等地理服务需求。

在地理本体及语义领域,学者多借鉴哲学和计算机学科中的“本体是概念化的明确的规范说明(Gruber T, 1995; Rudi Studer 等, 1998)”定义并应用到地理信息领域,并形成顶层本体、领域本体、任务本体和应用本体的框架分类层次,具有部分、所属、实例和属性等 4 种基本关系,并从地理本体扩展到语义表示和地理知识推理,以解决现实中存在的地理要素表示不一致和歧义等问题。研究者从很多方面对本体及语义在地理信息中应用进行了研究,包括形式化本体用于基础地理信息分类(黄茂军等, 2005; 安杨等, 2006; 李德仁和崔巍, 2004; 崔巍和李德仁, 2005; 刘耀林等, 2010)、空间拓扑关系语义扩展表示(汪西莉等, 2009; 谭喜成和边馥苓, 2005, 2006; 李霖和王红, 2006; 赵冬青和李雪瑞, 2006; 吴孟泉等, 2007)、本体驱动的异构空间数据集成(张立朝等, 2009)、空间信息语义互操作(李芳和边馥苓, 2007)、特定地理领域的本体知识建模(李德仁和王泉, 2009)等方面。

从网络地理信息系统或 Web GIS 到分布式网格计算 GIS 和基于 SOA 的空间信息共享,研究者做了较多的原理、框架和技术实现研究,包括空间信息多级网格及其应用(李德仁和胡庆武, 2007; 李德仁, 2005)、网格节点的构建、城市网格化管理平台、国土

资源网格化管理服务平台、多级异构空间数据库集成、网络环境下空间信息服务集成、空间数据和地理模型的分布式共享模式等。当前,较多学者着重从事面向服务架构与空间信息科学的结合研究,主要有面向服务架构的数字城市共享平台(李德仁等,2008;王艳军等,2011)、普适自发地理信息框架(李德仁和钱新林,2010)、遥感影像共享架构(黄宇等,2009)、海洋多源环境信息网络分析平台、空间信息服务注册中心、地理信息公共平台建设。研究者也从地理数据质量发展到空间信息服务质量研究,并进行QoS感知的地理信息服务优化组合模型(宋现锋和刘军志,2010)研究,在基于能力匹配和本体推理的Web地图服务、WFS发现方法探讨,基于语义匹配和顾及上下文的空间信息服务组合(罗安等,2011)等方面取得了有意义的成果。

由此可见,计算机网络技术的发展,智能传感器与网络GIS相集成,实现空间信息的实时在线更新,可为用户提供可视化、可量测、可挖掘和可互操作的地理信息服务(李德仁和邵振峰,2008;李德仁等,2007),这是按需服务的新地理信息时代(李德仁和邵振峰,2009)的典型特征。同时,数字地球也正向智慧地球发展。

1.2.2 传统GIS系统到互联网GIS

通过空间数据集成和共享,可以实现不同来源数据的相互访问和融合,但要真正发展从原始数据到跨系统、跨平台、跨部门的开放应用和互操作,还需要借鉴计算机领域的Web Service技术,实现统一开放接口的标准服务,包括数据服务和功能服务等,按照开放松耦合系统设计模型和SOA架构,发布、注册和调用需要的各种空间信息服务,从而建立复杂、开放和高级的应用系统。

国外学者对空间信息服务的研究,主要是从地理信息系统的应用和技术发展,与计算机网络、Web Service技术相结合进行研究,并取得了一系列的研究成果。在空间信息服务研究基础上,随着网络技术、地理本体和语义网的新发展,研究者结合这些新技术也重点研究了其在空间信息领域中的应用,并尝试解决地理信息科学中的信息孤岛、语义歧义和行业应用等问题。

随着开放空间信息服务发展,如WMS及网络地理处理服务等,互联网上的大量OGC有效服务链接可用。在异质分布式环境下,根据类型、版本、时间、空间和比例尺等条件的空间信息web服务的检索成为网络空间信息应用系统的瓶颈问题。Chen Nengcheng等(2007)的文章提出了一种在WWW上基于扩展搜索引擎和服务性能匹配的高精度OGC的WMS检索方法,主要组件包括:WMS搜索引擎、WMS本体生成器、WMS目录服务和多协议的WMS客户端,其中WMS本体可根据空间信息服务注册和管理的本体推理器生成。文章介绍了WMS链接监测、性能匹配、本体建模和自动注册等,对WMS检索的精度和响应时间进行了评估,结果显示文中方法中每个有效响应的平均执行时间是0.44秒,精度是传统方法的10倍。

同时,OGC的空间信息服务模式具有复杂元素结构、分布式和大尺度特征,并具有不同的元素名称,能够在不同版本间协同使用,而传统的匹配方法可能导致较差的质量

甚至错误的效果。Chen Nengcheng 等 (2011) 的文章基于片段扩展模式匹配方法, 描述了 OWS (OGC Web Service, OGC-Web 服务) 模式文件分解、片段表达、片段标识、片段元素匹配和匹配结果的联合。不同版本的 WFS、WCS 模式匹配实验结果显示了基于片段扩展模式匹配方法的平均召回率大于 80%, 平均准确度达到 90%。

OGC 制订的空间信息服务是国家和全球空间数据基础设施和空间数据仓库建设的重要内容, WFS、WMS、WCS 和 WPS 已经在科学应用中越来越广泛采用。互操作服务能够适应不同科学应用系统的集成, 可用于海量空间数据及空间信息服务的搜索、查找、应用, 尽管如此, 这些大量的服务和数据是广泛的分布式存储和管理, 不易满足性能需要。Li Zhenlong 等 (2011) 的文章关注在分布式网络环境下 OWS 资源的集成问题, 提出了基于层和 SOA 的相关搜索和资源应用的优化技术。文中主要提出了以下内容:

- ①基于 AJAX 的异步多目录搜索方法;
- ②一种基于层的空间、时间和性能优化的搜索引擎, 可用于较适合服务的标记;
- ③服务性能管理方法, 发展用于统计实验空间信息服务的标识, 最后通过一个科学应用系统的相关实验分析验证了提出框架的效率。

近年来, 国内学者对空间信息服务的研究较多, 主要是根据技术发展和学科应用, 结合不同领域的实际需要, 重点研究了空间信息服务的应用理论、模式和技术, 并取得了较多实际成果。

李德仁等 (2008) 提出面向服务的数字城市共享平台框架和国土资源管理, 应用 SOA 体系和 ArcGIS Server 开发框架, 设计了数字城市空间信息共享平台, 创新国土资源网格化管理与服务。李德仁和邵振峰 (2009) 提出了“新地理信息时代”, 引起了测绘科学界广泛关注, 研究了新地理信息时代存在的主要典型特征, 包括: 服务对象方面扩大到大众用户、用户同时是空间数据和信息的提供者、传感器网络将数据从死变活、按需求提供服务等, 分析了新地理信息时代将带来的地理数据组织无序、质量更新、服务安全、信息爆炸、共享隐私和产权等问题对地球信息科学和地理信息产业的影响, 并从标准、规划、法律、技术和应用等方面探讨了积极的应对策略。李德仁等 (2010) 又提出“从数字地球到智慧地球”, 促进测绘领域中智慧地球的理论和应用研究。

边馥苓和谭喜成 (2007) 研究了适应分布式虚拟地理环境的对等网络服务模型; 马洪超等 (2007) 探讨了基于 SOA 和地球空间网格环境的遥感产品虚拟化问题, 以推动未来遥感产品数据处理系统的发展; 吴华意和章汉武 (2007)、章汉武等 (2010) 提出了地理信息服务质量 (QoS, Quality of Service) 概念, 并描述了其研究框架和评价的原型系统, 将空间数据质量发展到空间信息服务质量的研究; 李德仁和胡庆武 (2007) 发展了基于可量测实景影像的空间信息服务, 以及可量测实景影像与传统测绘产品的集成应用; 桂胜等 (2008) 研究了基于信息资源目录体系的网络信息检索方法, 可用于网络环境下空间信息服务的检索和查询; 徐开明等 (2008) 提出了基于多级异构空间数据库的地理信息公共平台服务机制, 实现多源异构空间数据向网络地图服务转化, 并应用于数

字城市公共平台。

1.2.3 互联网 GIS 的典型特征

(1) 互联网 GIS 是集成的全球化的客户 / 服务器网络系统

客户 / 服务器的概念就是把应用分析为服务器和客户两者间的任务, 一个客户 / 服务器应用有 3 个部分: 客户、服务器和网络, 每个部分都由特定的软硬件平台支持。客户发送请求给服务器然后服务器处理该请求, 并把结果返回给客户, 客户再把结果或数据提供给用户。客户和服务器间的连接根据 TCP/IP 这样的能信协议来建立。

互联网 GIS 应用客户 / 服务器概念来执行 GIS 的分析任务, 它把任务分为服务器端和客户端两部分, 客户可以从服务器请求数据、分析工具和模块, 服务器或者执行客户的请求并把结果通过网络送回给客户, 或者把数据和分析工具发送给客户供客户端调用或使用。

(2) 互联网 GIS 是交互系统

互联网 GIS 可使用户在 Internet 上操作 GIS 地图和数据, 用 Web 浏览器 (IE、FireFox 等) 执行部分基本的 GIS 功能: 如 zoom (缩放)、Move (移动)、Query (查询) 和 Label (标注), 甚至可以执行空间查询: 如“离你最近的旅馆或饭店在哪儿”, 或者更先进的空间分析: 比如缓冲分析和网络分析等。在 Web 上使用互联网 GIS 就和在本地计算机上使用桌面 GIS 软件一样。

通过超链接 (Hyperlink), WWW 提供在 Internet 上最自然的交互性。通常用户通过超链接所浏览的 Web 页面是由 WWW 开发者组织的静态图形和文本, 这些图形大部分是 FPEG 和 GIF 格式的文件, 因此用户无法操作地图, 甚至连像 zoom、Move、Query 这样简单的分析功能都无法执行。

(3) 互联网 GIS 是分布式系统

GIS 数据和分析工具是独立的组件和模块, 互联网 GIS 利用 Internet 的这种分布式系统把 GIS 数据和分析工具部署在网络不同的计算机上, 用户可以从网络的任何地方访问这些数据和应用程序, 即不需要在本地计算机上安装 GIS 数据和应用程序, 只要把请求发送到服务器, 服务器就会把数据和分析工具模块传送给用户, 达到实时 / 准实时的性能。

Internet 的一个特点就是它可以访问分布式数据库和执行分布式处理, 即信息和应用可以部署在跨越整个 Internet 的不同计算机上。

(4) 互联网 GIS 是动态系统

由于互联网 GIS 是分布式系统, 数据库和应用程序部署在网络的不同计算机上, 并由其管理员进行管理, 因此, 这些数据和应用程序一旦由其管理员进行更新, 则它们对于 Internet 上的每个用户来说都将是最新可用的数据和应用。这也就是说, 互联网 GIS 和数据源是动态链接的, 只要数据源发生变化, 互联网 GIS 将得到更新, 和数据源的动态链接将保持数据和软件的现势性。

(5) 互联网 GIS 是跨平台系统