

全新的Web GIS开发原理的介绍与应用
详解OGC制定的开放Web服务规范



Web GIS

原理与应用开发

—整套利用开源软件与开放数据开发Web GIS的解决方案

刘光 曾敬文 曾庆丰 著

清华大学出版社





Web GIS

原理与应用开发

刘光 曾敬文 曾庆丰 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

互联网与 GIS 结合而形成的 Web GIS 是 GIS 软件发展的必然趋势。本书以循序渐进的方式,通过讲解 OGC 制定的相关开放 Web 服务规范,介绍了 Web GIS 的原理;详解了一整套利用开源软件与开放数据开发 Web GIS 的方案,包括空间数据库存储软件 PostGIS、数据处理客户端软件 QGIS、服务器端软件 GeoServer,以及浏览器页面端开发 JavaScript API 库 OpenLayers,并通过实践的方式,一步一步地介绍这些开源软件的应用,以及如何利用 OpenLayers 在互联网上共享地理信息、开发 Web GIS2.0 应用;最后,本书还介绍了 OpenStreetMap 等开放数据的下载与使用方法。

本书主要读者对象为地理信息系统专业的本科生与硕士研究生,也适用于政府、企业相关部门的 GIS 研究与开发人员,还适合作为各种 GIS 培训班的学习教材与参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Web GIS 原理与应用开发 / 刘光, 曾敬文, 曾庆丰著. —北京: 清华大学出版社, 2016
ISBN 978-7-302-44337-7

I. ①W… II. ①刘… ②曾… ③曾… III. ①地理信息系统—应用软件 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 166594 号

责任编辑: 夏毓彦

封面设计: 王 翔

责任校对: 闫秀华

责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京富博印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 190mm×260mm

印 张: 17

字 数: 435 千字

版 次: 2016 年 9 月第 1 版

印 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 49.00 元

前言

计算机科学技术的飞速发展,为 GIS (地理信息系统) 提供了先进的工具和手段,使 GIS 得到了快速发展,应用日益广泛。进入 21 世纪后,互联网技术的普及更使 GIS 的发展发生了质的变化,互联网已成为 GIS 新的操作平台。互联网与 GIS 的结合即 Web GIS,改变了地理信息的获取、传输、发布、共享和应用的方式。在互联网发布地理信息,为用户提供空间数据浏览、查询、专题图制作与空间分析功能,从而实现地理信息的操作与共享,已经成为 GIS 发展的必然趋势。

Web GIS 概念的首次提出是在 1994 年,指在互联网上部署 GIS,旨在解决冗余数据、昂贵数据的整合以及分布处理能力,将利用新的技术、市场和决策系统来开启我们的世界。Web GIS 是一个分散式的地理信息网络服务,可让地理信息通过 OGC 标准和 W3C 的界面互相沟通存取,凭借良好的互操作性达到以往需要庞大数据量才能实现的功能,使用者可以随意使用在 Web GIS 里的地理空间数据。Web GIS 可让各个符合国际标准的地理信息数据库之间通过 API 方式沟通,从而保证数据不再局限于单一数据库中,可形成网格数据库。Web GIS 是人类社会团体、组织和民众协同合作所建立的信息架构,摆脱以往 GIS 只适用于专业人士的状况,真正地让使用者搜索生活中的各种信息。

早期的 Web GIS 虽然拥有技术上的先进性,但是推广至一般用户较为困难,然而由于近几年 Web 2.0 Mapping 系统的发展,出现了崭新的应用,让以往需要大量数据才能实现的 Web 应用,现在只需要使用 Web 2.0 网站提供的 API 即可实现。Google、Yahoo!、Microsoft 等公司纷纷推出属于自己的地图 API,大大降低了以往开发电子地图的门槛,让许多以 Google Map、Bing Map 等电子地图为显示底图的应用网站如雨后春笋般地发展。例如,有显示性侵害犯罪的 MapSexOffenders.com、反映芝加哥犯罪的 www.chicagocrime.org; 结合照片与影像的 Flickr 与 Panoramio; 让使用者创造属于自己的地图,并让 Google Map 和其他网页结合的 My Map+; 也有提供爱好旅游的使用者通过系统机制和 blog 分享旅游经验,期望建立旅游社群的 MyTripBook; 提供飞机航班及时信息的 fboweb.com; 结合天气信息的 Weather Underground; 租房信息的 housingmaps.com。这些应用都显示了目前电子地图正受到大家的重视,相信未来 Web GIS 2.0 会更加蓬勃发展。

构建 Web GIS 2.0 应用是一个系统工程,包含数据加工处理、数据存储管理、地图制作、地图服务发布、专题数据发布、空间分析功能发布以及系统开发。在该过程中,需要使用多个软件与工具。这些软件与工具既有商业的,同样也有免费与开源的。利用开源软件构建 Web GIS 2.0 应用就是本书介绍的主要内容。

第 1 章在简单回顾 GIS 发展历程之后,着重介绍 Web GIS 的发展以及 Web 服务的重要

性，同时还将介绍自由及开源软件以及在使用过程中存在的优缺点。最后将介绍客户端开源软件 QGIS 的安装与基本使用。

第 2 章介绍 Web GIS 的系统架构与 Web 地图的构成。此外，还介绍用于创建地理 Web 服务的开源软件 GeoServer 的安装与基本应用，包括 GeoServer 的 Web 管理页面及图层预览等。

第 3 章介绍了在自由及开源软件领域存储与处理空间数据的多种选择，列出了空间数据常见的开放格式，各种数据存储结构和格式的优点。最后以实践的方式介绍了如何使用 QGIS 与 GDAL 来处理 GIS 数据，以及如何在 PostGIS 中创建空间数据库并导入空间数据。

第 4 章着重介绍了开放地理空间联盟制定的 WMS 规范。虽然 WMS 并没有使用最新的技术，却是一个被广泛使用的规范，是 Web GIS 的基础。此外，还介绍了如何结合 QGIS 与 GeoServer 发布带高级符号的 WMS 服务。

第 5 章介绍了地图切片的利弊，以及创建与维护地图缓存的策略。最后通过两个实践演示如何在实际工作中创建地图切片。

第 6 章介绍了当前主流的 Web 地图 API，并着重介绍了 OpenLayers 的基本使用方法。

第 7 章介绍了在客户端负责绘制矢量数据的方式与方法。这是当前 Web GIS 的专题图层普遍采用的方式，将所有复杂的符号系统和地图绘制功能转移到客户端，使服务器只需要提供原始的矢量数据和属性数据。这意味着地图引擎可以更有效地响应，从而增强交互性以及提升性能。

第 8 章介绍了引入主流 JavaScript 框架，例如 Dojo、jQuery 等，以便增强 Web 地图的用户体验。此外，还介绍了如何通过专题制图，以更丰富的形式展现空间信息。

第 9 章介绍了 WFS 及其服务的发布、访问与应用，并介绍了如何通过该服务实现基于 Web 的空间数据编辑。

第 10 章介绍了 WCS 服务规范及其在多维数据中的应用，以及如何利用 GeoServer 将带有时间与高程信息的多维数据发布为 WCS 服务。

第 11 章介绍了 WPS 及其服务的发布、访问与应用，并介绍了如何通过 WPS 服务实现基于 Web 的等高线生成以及空间数据的处理。

第 12 章介绍了“开放数据”的不同含义，并介绍了开放数据 OpenStreetMap 及其多种数据下载方法。此外，还介绍了混搭应用及其开发方法。

本书源代码的下载地址为：<http://pan.baidu.com/s/1pKSLvVP>。如果下载有问题，请电子邮件联系 booksaga@126.com，邮件主题为“求 Web GIS 原理与应用开发源代码”。

本书除了封面署名作者之外，参与本书编写的人员还有刘增良、韩光瞬、唐大仕、刘小东、贺小飞、李珍贵、陈艳玲、杨海、唐伯旺、黄泽清、李凤英、仇诗良和戴海燕等。

由于编者水平、经验有限，书中肯定存在一些疏漏和错误，希望能得到广大读者的批评和指正。

编 者

2016 年 6 月

目 录

第 1 章 Web GIS 概述	1
1.1 GIS 的发展	2
1.2 Web GIS 及其发展	3
1.2.1 传统 Web GIS 的不足	3
1.2.2 从 Web 站点发展为 Web 服务	4
1.2.3 从 SOAP 发展为 REST	5
1.2.4 从三层架构发展为多层架构	6
1.2.5 从 Web GIS 1.0 到 2.0	7
1.3 Web 服务	8
1.3.1 Web 服务的重要性	8
1.3.2 REST 及 REST 风格的 Web 服务	11
1.3.3 查看在线的 Web 服务	13
1.3.4 OGC 的 Web 服务规范	15
1.4 自由及开源软件、开放规范与开放数据	16
1.4.1 自由及开源 GIS 软件	17
1.4.2 开放规范的使用	17
1.4.3 开放数据的作用	18
1.5 实践 1: QGIS 的安装与基本使用	19
1.6 习题	22
第 2 章 Web 服务与 Web GIS 的设计	23
2.1 Web GIS 的系统架构	24
2.2 Web 地图的组成	26
2.2.1 基础底图	27
2.2.2 专题图层	28
2.2.3 交互小组件	29
2.3 实践 2: GeoServer 的安装与初步使用	29
2.4 习题	33

第 3 章 空间数据的存储与处理	34
3.1 空间数据常用的开放格式	35
3.1.1 基于文件的数据	35
3.1.2 基于空间数据库的数据	38
3.2 Web GIS 中的数据层	39
3.2.1 服务器的选择	39
3.2.2 文件与数据库方式的选择	40
3.2.3 开放数据格式与专有格式的选择	40
3.3 处理空间数据的开源工具	40
3.3.1 QGIS	41
3.3.2 GDAL 与 OGR 工具	42
3.4 实践 3: 使用 QGIS 裁剪与投影变换矢量数据	43
3.4.1 使用 QGIS 裁剪数据并转换投影	43
3.4.2 使用 OGR 命令行工具裁剪与投影变换数据	45
3.4.3 在批处理中运行 OGR 功能	47
3.4.4 数据整合	48
3.5 实践 4: 使用 QGIS 处理栅格数据	48
3.6 实践 5: PostGIS 的安装与初步使用	52
3.6.1 安装 PostGIS	52
3.6.2 创建空间数据库	53
3.6.3 导入空间数据	54
3.7 习题	57
第 4 章 使用 WMS 在服务器端绘制与查询地图	58
4.1 动态绘制地图服务	59
4.1.1 动态绘制地图的优点	59
4.1.2 动态绘制地图的缺点	59
4.1.3 动态绘制地图的相关服务器软件	60
4.2 WMS 规范基础	60
4.2.1 使用 GetCapabilities 操作请求服务元数据	61
4.2.2 使用 GetMap 操作请求地图	64
4.2.3 使用 GetFeatureInfo 操作请求地图要素信息	65
4.3 WMS 的样式与符号	67
4.3.1 使用 GetStyles 操作请求样式	67
4.3.2 使用 GetLegendGraphic 操作请求图例	68
4.4 实践 6: 使用 GeoServer 发布 WMS 服务	69
4.4.1 使用默认样式发布一个图层	69

4.4.2	使用样式化图层描述符	72
4.4.3	在 QGIS 中访问 WMS	77
4.5	实践 7: 高级符号与图层组	78
4.5.1	使用 QGIS 创建样式化图层描述符	78
4.5.2	将多图层发布为 WMS 服务	80
4.6	习题	82
第 5 章	切片地图	83
5.1	为什么使用切片地图	84
5.2	何时使用地图切片	86
5.2.1	是否有满足需求的切片地图	86
5.2.2	投影	87
5.2.3	比例尺	88
5.3	创建与提供切片地图服务的策略	89
5.3.1	创建切片地图的策略	90
5.3.2	使用开源软件创建切片	90
5.4	实践 8: 使用 GeoWebCache 创建切片	91
5.5	实践 9: 使用 TileMill 创建切片	93
5.5.1	使用 TileMill 设计地图	93
5.5.2	输出与提取地图切片	99
5.5.3	发布与测试切片	102
5.6	习题	104
第 6 章	使用 Web 地图 API 访问地图服务	105
6.1	Web 地图 API	106
6.1.1	Web 地图 API 的选择	106
6.1.2	主要 FOSS 类型的 Web 地图 API	107
6.1.3	主要的商业 Web 地图 API	108
6.2	使用 Web 地图 API 的基本步骤	110
6.2.1	引用 JavaScript 与样式文件	110
6.2.2	地图 div 与对象	111
6.2.3	Layer 对象	111
6.2.4	图层样式化机制	112
6.2.5	事件与交互元素	113
6.3	查看 OpenLayers 实例	115
6.3.1	切片地图实例	115
6.3.2	WMS 实例	116

6.3.3 查询实例	116
6.4 实践 10: 使用 OpenLayers 实现在切片地图上叠加 WMS	119
6.4.1 发布专题数据 WMS 服务	120
6.4.2 准备开发环境	121
6.4.3 页面设计与代码编写	122
6.5 习题	127
第 7 章 在客户端绘制矢量数据	128
7.1 在客户端绘制矢量数据的优势与挑战	129
7.1.1 客户端绘制矢量数据的优势	129
7.1.2 客户端绘制矢量数据的挑战	130
7.1.3 客户端如何绘制矢量数据	130
7.1.4 从服务器获取数据的方法	130
7.2 使用 KML 矢量数据	131
7.2.1 KML 简介	131
7.2.2 在 OpenLayers 中使用 KML	132
7.3 使用 GeoJSON	133
7.3.1 GeoJSON 简介	133
7.3.2 在 OpenLayers 中使用 GeoJSON	134
7.4 在 OpenLayers 中符号化矢量图层	135
7.5 实践 11: 在 OpenLayers 使用 GeoJSON 图层	137
7.6 实践 12: 访问用户 KML 数据	142
7.6.1 页面设计	142
7.6.2 功能实现	143
7.7 习题	148
第 8 章 主流 JavaScript 框架的使用与专题制图	149
8.1 主流 JavaScript 框架	150
8.1.1 jQuery	150
8.1.2 Mootools	151
8.1.3 Ext JS	151
8.1.4 Dojo	152
8.2 OpenLayers 的控件	154
8.3 基于属性值符号化图层	156
8.3.1 在 OpenLayers 中读取属性值	157
8.3.2 独立值专题图	158
8.3.3 等级符号专题图	159

8.3.4 范围专题图	160
8.3.5 根据属性限制要素的显示	163
8.4 实践 13: 使用 OpenLayers 与 Dojo 进行专题制图	165
8.4.1 页面布局	165
8.4.2 代码设计	168
8.5 习题	174
第 9 章 Web 要素服务	176
9.1 WFS	177
9.1.1 WFS 请求与响应的格式	177
9.1.2 WFS 服务器与客户端	179
9.2 事务性 WFS 与基于 Web 的数据编辑	180
9.3 实践 14: 基于 Web 的空间数据编辑功能实现	181
9.3.1 发布服务	181
9.3.2 基于 Web 编辑功能开发	182
9.4 习题	190
第 10 章 WCS 及多维数据	191
10.1 WCS 及其操作	192
10.1.1 GetCapabilities 操作	192
10.1.2 DescribeCoverage 操作	193
10.1.3 GetCoverage 操作	194
10.2 多维数据与图像镶嵌插件	195
10.2.1 多维数据	195
10.2.2 图像镶嵌插件	198
10.3 实践 15: 多维数据 WCS 的发布	198
10.3.1 发布时间序列栅格数据	198
10.3.2 发布时间序列与高程序列栅格数据	204
10.4 实践 16: 在 OpenLayers 中访问 WCS	207
10.4.1 页面设计	207
10.4.2 代码设计	208
10.5 习题	211
第 11 章 Web 处理服务	212
11.1 GeoServer 中的 WPS	213
11.1.1 WPS 扩展的安装	213
11.1.2 GeoServer 中 WPS 包含的类型	214

11.2	WPS 的操作	215
11.2.1	GetCapabilities 操作	215
11.2.2	DescribeProcess 操作	216
11.2.3	Execute 操作	217
11.3	实践 17: 使用 WPS 创建等高线地图	219
11.3.1	创建静态等高线地图	219
11.3.2	动态创建等高线	223
11.4	实践 18: 在 OpenLayers 中使用 WPS	229
11.4.1	页面设计	230
11.4.2	代码实现	230
11.5	习题	233
第 12 章	开放数据获取与地图混搭应用	236
12.1	开放数据的方式	237
12.1.1	开放数据许可	237
12.1.2	商业软件与开放数据	238
12.2	VGI 与众包项目	239
12.2.1	VGI	239
12.2.2	众包	240
12.3	OpenStreetMap 及其开放数据的应用	240
12.3.1	OpenStreetMap 数据模式	241
12.3.2	OpenStreetMap 的使用	243
12.4	地图混搭应用	245
12.4.1	混搭应用的概念	245
12.4.2	网络资源	245
12.5	实践 19: 从 OpenStreetMap 获取源数据	249
12.5.1	使用 QGIS 下载数据	250
12.5.2	使用 OpenStreetMap 查询 API 下载数据	253
12.6	实践 20: 城市天气预报系统开发	256
12.6.1	服务准备与页面设计	256
12.6.2	代码实现	256
12.7	习题	261

第 1 章

Web GIS 概述

从本章可以学习到：

- ❖ GIS 的发展
- ❖ Web GIS 及其发展
- ❖ Web 服务
- ❖ 自由及开源软件、开放规范与开放数据
- ❖ QGIS 的安装与基本使用

随着计算机、网络和数据库等技术的发展,以及应用的不断深化,地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术的发展呈现出新的特点和趋势,基于互联网的 Web GIS 就是其中之一。Web GIS 除了应用于传统的国土、资源、环境等政府管理领域外,也正在促进与老百姓生活息息相关的车载导航、移动位置服务、智能交通、抢险救灾、城市设施管理、现代物流和大数据分析等产业的迅速发展。

本章在简单回顾 GIS 发展历程之后,将着重介绍 Web GIS 的历史以及 Web 服务的重要性,同时还将介绍自由及开源软件(Free and Open Source Software, FOSS),以及在使用过程中存在的优缺点。最后将介绍一个客户端开源软件 QGIS 的安装与基本使用。本书的后续内容在创建地图服务与 Web GIS 应用时,需要大量使用地理空间数据,因此需要使用 QGIS 来预览并操作这些空间数据。

1.1 GIS 的发展

从一定意义上讲,地理信息系统是计算机和信息系统技术在地理科学中运用发展的产物。因此地理信息系统不仅受地理信息系统的应用和需求的推动,同时也受计算机和信息科学技术的推动。

20 世纪 60 年代末,世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS)诞生,该系统主要用于自然资源的管理和规划;随后,美国哈佛大学研制出 SYMAP 系统。地理信息系统因日益引起各国政府和科学家的高度重视而迅速发展。GIS 的发展经历了 20 世纪 70 年代的大量试验开发阶段,20 世纪 80 年代的商业开发和运作阶段以及 20 世纪 90 年代以用户为主导的阶段。在 GIS 发展初期,只有地理研究人员、地质调查局、土地森林管理部门、人口调查等专业部门和研究人员对其感兴趣,而目前 GIS 已深入到政府管理、城市规划、科学研究、资源开发利用、测绘和军事等广大的领域。在 21 世纪,地理信息系统已远远不是地理学界或测绘学领域的概念,而将成为人们采集、管理、分析空间数据,共享全球信息资源,为政府管理提供决策、科学研究和实施可持续发展战略的工具和手段。其内涵从狭义的地理信息系统(管理地理信息的计算机系统)到更广泛的空间信息系统(Spatial Information System),并逐渐形成地球信息科学(GeoInformatics)。

从 20 世纪 60 年代以来,计算模式的发展已经经历了从单机计算、集中计算到 C/S 模式、B/S 模式(三层结构模式)的不同阶段,现在正处于以 Web 服务(Web Services)为主要特征的面向服务的计算模式。

就技术层面而言,地理信息系统的发展也经历了四代,如图 1.1 所示。从 GIS 中引入的网络技术方面来看,其中第一代(20 世纪 60 年代~80 年代中期)是以单机单用户为平台、以系统为中心;第二代(20 世纪 80 年代中期~90 年代中期)开始引用网络,实现了多机多用户的 GIS;第三代(20 世纪 90 年代中期~21 世纪初)引入了互联网技术,开始向以数据为中心的方向过渡,实现了较低层次的(浏览型或简单查询型)B/S 结构;第四代(21 世纪初至今)引入了 Web 服务,开始了面向服务的较高层次的 Web GIS。

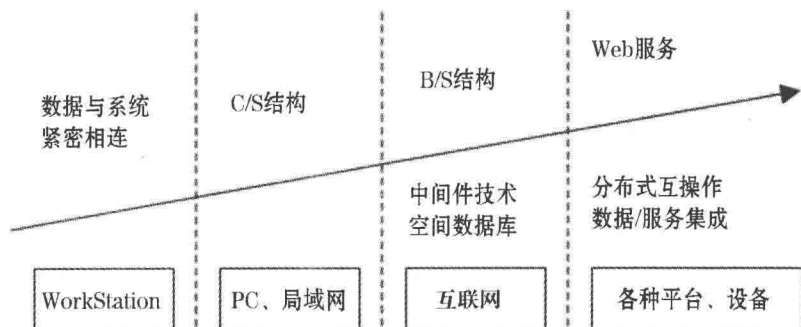


图 1.1 GIS 的发展

1.2 Web GIS 及其发展

在以前的地理信息系统中，基本上以系统为中心，不同系统之间壁垒比较分明，数据共享与服务共享困难。在 30 多年的时间里，形成了许多 GIS 软件，它们在不同的环境中独自发展，有自己的文化背景、领域背景和技术背景，形成了自己的数据模型和功能组织结构。它们在功能和问题描述、实际操作上差别甚大，加上内部空间数据组织不同或者互相保密，形成了不同的壁垒，为信息共享增加了许多困难。

由于互联网技术和 Web 技术的成熟与大规模普及应用，GIS 开始面向传统行业和广大民众，Web GIS 开始出现和发展，并逐渐成为 GIS 应用的一种重要方式。

Web GIS 是将 Web 技术应用于 GIS 开发的产物，是一个交互式的、分布式的、动态的地理信息系统，是由多台主机、多个数据库和无数终端并由客户机与服务器（HTTP 服务器及应用服务器）相连接所组成的。在 Web GIS 中，空间信息应用主要采取的是 B/S（Browser/Server，浏览器/服务器）方式。

Web GIS 的基本思想就是在互联网上提供地理信息服务，让用户通过浏览器从 Web GIS 服务器上获取地理数据和地理处理服务。Web GIS 使全球范围内的用户拥有使用分布式地理信息的能力，用户可以从互联网的任意一个节点，通过 Web 浏览器访问或共享由一个或多个 Web GIS 服务器发布的数据和功能，而不必购买商业 GIS 软件。

Web GIS 的真正意义在于，它将 GIS 从专业应用推向了大众化服务，同时为地理信息共享提供了方便而有效的途径。

1.2.1 传统 Web GIS 的不足

网络技术及分布式计算技术给 GIS 提供了更好的支持，同时也提出了更高的要求。随着网络信息基础设施和技术的不断发展与完善，分布式地理信息服务正成为人们获取地理信息的主要手段。与传统方式相比，分布式地理信息服务具有更广泛的访问范围、平台独立性、低系统成本、更简单的操作等优点，是当前 GIS 发展的重要方向。

但是,在 2005 年之前,传统的 Web GIS (称为 Web GIS 1.0) 还有相当多的不足,主要有如下几点:

(1) Web GIS 的主要功能和应用是用于地图的发布,这类系统基本上是浏览型或功能相对简单的查询型系统。虽然有少量对空间数据的操纵,但这种操纵的功能很弱,无法进行复杂的一体化操作,离全面的互操作及分布式的地理信息系统的要求还很遥远。

(2) Web GIS 中主要是服务器端与客户端的通信,由于服务器端与客户端的地位没有形成对等的实体,因而难以建立分布式的地理信息系统。

(3) Web GIS 中传递的数据主要是以矢量形式表达的少量地图数据或者是以栅格形式表达的地图,这样的地图数据在各个应用系统中的格式不统一,语义也不统一。由于缺乏统一的标准,数据的共享难以实现。

(4) Web GIS 中实现的操作,在各个系统中没有统一描述的机制(虽然也有一些系统制定了一定的查询语言,如 GeoSQL,但这不是所有的系统都采用的),也没有对这些操作和服务提供注册和发现的机制,因此服务的共享难以实现。

(5) Web GIS 还没有形成一套有效的集成机制。新一代的 GIS 要求具有有效的分布式空间、数据管理和计算,包括:多用户同步空间数据操作与处理机制;数据、服务代理和多级 B/S 体系结构;异构 GIS 系统互连与互操作;空间数据分布式存储与数据安全;空间数据高效压缩与解压缩;同时要求强大的应用集成能力,包括有效的遥感、地理信息系统、全球定位系统集成;强大的应用模型支持能力;GIS 与 MIS (管理信息系统),特别是 ERP (企业资源计划) 的有机集成;GIS 与 OA (办公自动化) 的有机集成;GIS 与 CAD (计算机辅助设计) 的有机集成;GIS 与 DCS (决策支持系统) 的有机集成;有一定实时能力、微型化、嵌入式 GIS 与各类设备的集成等。

综上所述,GIS 中大量的数据不断积累、各种层次的软件也越来越多,Web 技术的发展给 GIS 提出了更高的要求,GIS 的分布式、可互操作性显得越来越重要,这恰恰是当前 Web GIS 要着重解决的问题,这也是新一代(即第四代)GIS 的一个重要发展方向。

这个时期主要的商业 Web GIS 产品有 MapInfo 公司的 MapXtreme 产品系列、ESRI 公司的 IMS 产品系列以及 Intergraph 公司的 Geomedia Web Map 产品等,我国也推出了 Geo-Surf、GeoBeans 与 SupperMap IS 等国产化的 Web GIS 产品。而大型的面向公众的 Web GIS 门户网站则非常少,在国外主要以 MapQuest 为代表,在国内主要有图形天下(Go2Map)和城市通(ChinaQuest)。

1.2.2 从 Web 站点发展为 Web 服务

随着 Web 技术、组件技术、分布式系统等技术的发展,在 21 世纪初出现了 Web 服务技术,并逐渐引起了人们的注意,并成为分布式异构 GIS 进行互操作集成的首选技术。

在 Web 应用的不断发展过程中,人们发现在 Web 应用和传统桌面应用(比如企业内部管理系统、办公自动化系统等)之间存在着连接的鸿沟,人们不得不重复地将数据在 Web 应用和传统桌面应用之间转换,这成为了阻碍 Web 应用进入主流工作流的一个巨大障碍。

从 1998 年开始发展的 XML 技术及其相关技术已证明可以解决这个问题，而随后蓬勃发展的 Web 服务技术则正是基于 XML 技术的针对这一问题的最佳（在当时看来）解决方案。Web 服务的主要目标就是在现有的各种异构平台的基础上构筑一个通用的、与平台和语言无关的技术层，各种不同平台之上的应用依靠这个技术层来实施彼此的连接和集成。Web 服务与传统 Web 应用技术的差异在于：传统 Web 应用技术解决的问题是如何让人来使用 Web 应用所提供的服务，而 Web 服务则要解决如何让计算机系统来使用 Web 应用所提供的服务。

将 Web 服务应用于 GIS，则可以使传统的地理信息系统由独立的 C/S 结构或 B/S 结构，实现到基于 Web 服务体系的 GIS 的跨越。

从 OGC（Open Geospatial Consortium，开放地理空间信息联盟，在 1994~2004 年该机构名为 Open GIS Consortium）制定的规范名称中也可以看出向 Web 服务的发展趋势，从 OGC01-065: Web Feature Server Implementation Specification 到 OGC02-058: Web Feature Service Implementation Specification（如图 1.2 所示），原先用 Server，后来用 Service，这实际上体现了从传统的 Web GIS 向 Web 服务观念的转变。

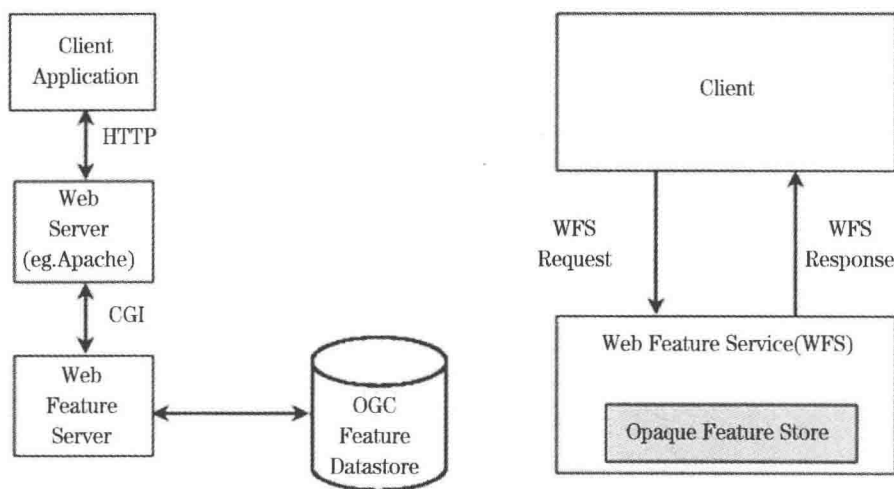


图 1.2 传统 Web GIS 与基于 Web 服务的 GIS 的对比

1.2.3 从 SOAP 发展为 REST

在 Web 服务发展的初期，XML 格式化消息的第一个主要用途是应用于 XML-RPC 协议，其中 RPC（Remote Procedure Call，远程过程调用）代表远程过程调用。在 XML 远程过程调用（XML-RPC）中，客户端发送一条特定消息，该消息中必须包括名称、运行服务的程序以及输入参数。

之后为了标准化，跨平台又产生了基于 SOAP（Simple Object Access Protocol，简单对象访问协议）的消息通信模型。SOAP 是在 XML-RPC 基础上，使用标准的 XML 描述了 RPC 的请求信息（URI/类/方法/参数/返回值）。因为 XML-RPC 只能使用有限的数据类型种类和一些简单的数据结构，SOAP 能支持更多的类型和数据结构。优点是跨语言，非常适合异步

通信和针对松耦合的 C/S，缺点是必须在运行时做很多检查。

随着时间的推移和 SOAP 的推广情况，大家很快发现其实世界上已经存在了一个最为开放、最为通用的应用协议，那就是 HTTP，使用 SOAP 的确让进程间通信变得简单易用，但并不是每个厂商都愿意将自己的老系统再升级为支持 SOAP，而且 SOAP 的解析也并不是每种语言都内置支持，比如 JavaScript。而 HTTP 正好完美解决了这个问题，因此可以设计一种使用 HTTP 协议来完成服务端与客户端通信的方法，于是 REST（Representational State Transfer，表达性状态转移）应运而生。REST 一般用来和 SOAP 作比较，它采用简单的 URL 方式来代替一个对象，优点是轻量、可读性较好且不需要其他类库支持，缺点是 URL 可能会很长且不容易解析。

1.2.4 从三层架构发展为多层架构

早期的 Web GIS 通常是典型的三层的 B/S 架构，如图 1.3 所示，包括前端的 Web 浏览器，后台 Web 服务器以及数据服务器，而 GIS 服务功能则内嵌在 Web 应用程序中。

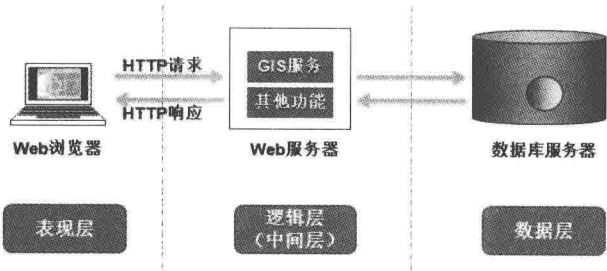


图 1.3 典型的三层 Web GIS 架构图

但是为了在更大程度上方便地理信息数据及 GIS 功能的共享，以及方便二次开发，通常将 GIS 服务单独部署，这时的系统架构如图 1.4 所示。

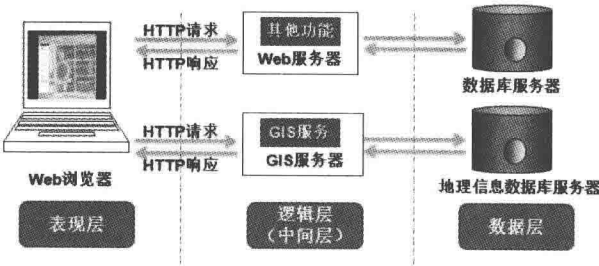


图 1.4 四层架构的 Web GIS

在上述系统架构中，可以利用现有的 GIS 服务，例如 Google、Microsoft、百度、高德地图服务，也可以利用商业 ArcGIS Server 或开源的 GeoServer 等地理信息服务软件，将地理信息发布为服务，在系统客户端利用 JavaScript 调用这些服务，从而在系统中集成地图及 GIS 功能。