

# 一种网络空间数据发布与在线处理平台的设计与实现

周玉科, 周成虎, 陈荣国, 张明波, 陈应东

(中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要:** 本文讨论了一种负载均衡的 Web 空间数据发布和地理分析平台的实现(LreisServer), 并通过不同的数据源对其性能进行测试。该平台遵循 OGC 服务标准, 并已实现 WMS, WFS, GML 规范。本文从互操作的角度论述了 WMS, WFS, GML 扩展模块的实现细节。系统后端采用 PostGIS 为空间数据库, 依靠其强大的矢量栅格空间数据格式存储能力, 为互操作式在线空间分析系统提供了有力的数据支撑和空间查询支持。系统前端采用 Openlayers 与 Activex 控件动态结合的方式, 利用 C# 和 ASP.NET 实现地图展示和基本胖客户端的空间操作。地理分析系统几何要素实现 OGC 简单要素标准, 算法实现包括 buffer、overlay 等, 空间索引支持四叉树、R-tree 等索引。系统设计实现一种 ASP.NET 地图服务缓存机制, 可以实现历史数据的回溯, 加速地图客户端的显示和互操作。试验结果表明该平台能很好地完成以下功能: (1) 提供高质量和高效率的 WMS 地图服务; (2) 可以利用 PostGIS 强大的空间存储和分析能力, 提供空间数据服务和 GML 服务; (3) 通过负载均衡策略完成简单的客户端空间分析功能。

**关键词:** WebGIS; OGC; WMS; GML; PostGIS

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00486

## 1 引言

随着 Internet 技术的发展, 尤其吸纳网络服务模式和互操作标准以后, WWW 成为地理空间分发和在线处理重要载体, 这种采用 Web 技术的地理信息系统即 WebGIS。WebGIS 的关键特征是面向对象、分布式和互操作<sup>[1]</sup>。它将 GIS 数据和功能封装成对象, 并且这些对象支持分布式计算, 可以存储在不同的服务器上; 对象通过一致的通信协议, 可以方便地进行交换和交互操作。WebGIS 主要采用瘦客户端/胖服务端的模式。这种方法有很多缺点, 例如: 随着用户数量的增加, 服务端负载加大, 系统性能下降。

OGC WMS 服务由于轻量级架构和使用简单方便, 已经成为 WebGIS 主流服务形式, 它将地图数据以静态图片的形式由服务器端发送到客户端, 并不是真正的数据服务。OGCWFS 和 WCS 则是将地理数据以 GML 的形式或 RAW 源数据的形式提供给用户, 最新的网络互操作标准 WPS 的提出, 为在线空间操作提供了事实的标准, 其遵循 web-service 的 GET/POST 方法, 可以采用流行的

SOAP 与 REST 实现。虽然遵循此标准可以很好地实现跨平台, 但是易受到网络带宽或大数据量迁移的瓶颈<sup>[2]</sup>。Zoo Project 是 WPS 服务的一个实验项目, 其后台模块利用 Grass GIS 的空间分析 API, 前台结合富互联网应用与 Ajax 技术实现了简单空间分析操作的在线处理, 由于 webservice 的低效率, 并不能应对海量格式多样的空间数据。

本文首先介绍空间数据发布和在线处理平台的高性能负载均衡特性及其 client/server 体系架构, 核心部分是后台空间分析功能模块和 OGC WMS 标准服务规范的实现。平台采用 ESRI SHAPEFILE、GDO 和 PostGIS 作为数据源, 除支持简单的文件式数据服务外, 还能利用 PostGIS 提供的空间数据引擎, 提供多种形式的空间数据在线处理操作。

## 2 平台体系的架构

系统采用 ASP.NET 典型的 3 层架构: 数据访问层、中间业务层、表现层(图 1)。其中: 表现层: 位于最外层(最上层), 离用户最近, 系用于显示地图

收稿日期: 2011-03-11; 修回日期: 2011-06-28.

基金项目: 国家科技支撑计划 (2007AA120400、2009AA062701)。

作者简介: 周玉科(1984-), 男, 博士研究生, 研究方向: 高性能空间分析。E-mail: zyk@lreis.ac.cn

数据和接收用户输入的数据,为用户提供一种交互操作的界面。

中间业务层:负责处理用户输入的信息,或者是将这些信息发送给数据访问层保存,或者是调用数据访问层中的函数再次读出这些数据。此层也可包括一些对“商业逻辑”描述代码在里面。

数据访问层:仅实现对空间属性数据的保存和读取操作。旨在访问数据库系统、二进制文件、文本文档或是 XML 文档。

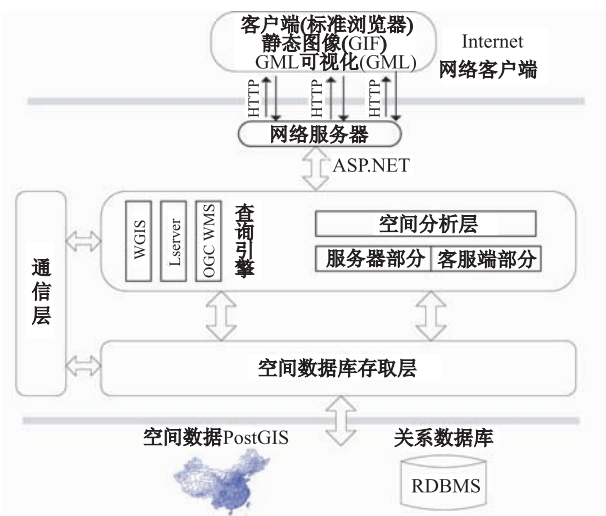


图1 平台体系架构  
Fig. 1 System architecture

负载均衡实际是系统采用数据迁移还是计算迁移的抉择<sup>[3]</sup>。数据迁移策略用户需要将要处理的空间数据上传到服务器又后台程序处理,计算迁移是胖客户端的一种实现形式<sup>[4]</sup>,用户使用 Activex 或 Applet 的网页插件的形式处理本机数据。LreisServer 采用服务器端操作为主,根据以下策略决定具体功能实现的位置:

空间分析功能( $f_g$ )在服务器端进行:① 如果计算代价小于 C/S 通讯代价( $t_c$ ),② 如果输出数据小于输入数据,否则程序( $f_g$ )在客户端运行。

### 3 平台的设计

在线处理:空间处理通常是计算密集型,这样对于典型的 WebGIS 是有很大大局限性,普通 WebGIS 只能胜任简单查询操作和在线可视化地理数据<sup>[5]</sup>。此平台可以将计算密集型任务在 WebGIS 中进行实现。

#### 3.1 后台地理分析工具集

LreisServer 后台空间分析工具分为如图 2 几个模块。多源数据访问模块是多种数据源访问的桥接器,支持的数据格式有 ESRI Shapefile, GDO, GML, ECW, POSTGIS, MDB 等。通过参考 GDAL/OGR<sup>[6]</sup>等开源类库,采用 C# 实现数据源访问与基本空间操作。空间数据模型遵循 OGC 简单要素规范(图 3),建立几何对象与要素属性的对应关系,抽象出 Featureclass, Featurerow, Featuretable 等要素数据类型,对应数据库中的表和行。一个表对应一个 Featuretable,每个要素对应表中的一行<sup>[7]</sup>。

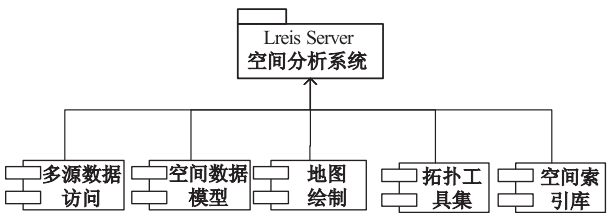


图2 服务器端地理分析模块  
Fig. 2 Geoanalysis modules on the server side

地图绘制使用 GDI (Graphical Device Interface) 实现,GDI+ 提供一个抽象层,隐藏不同显卡之间的区别,并调用 Windows API 函数完成指定的任务,GDI 还在内部指出在运行特定的代码时,如果让客户机的视频卡完成要绘制的图形。该模块设计一套简单的绘制样式,如线样式(实线、虚线、点虚线)、填充样式、标注样式、图表样式。

后台工具集几何模型设计如图 3,主节点是 geometry 抽象类,继承类分为简单对象 Point、LineString、RasterImage,和聚集对象模型多线(MultiLineString)、几何对象集合(GeometryCollection)。拓扑关系处理引用 GEOS,它是 JTS 的 .NET 实现,包含基本的几何要素的拓扑关系建立和操作。Lreisserver 实现的功能有:要素拓扑检查,寻找要素中心点,最短路径分析等。

#### 3.2 平台前端设计

平台前端设计采用 Web 技术(Ajax)与 ActiveX 控件相结合的形式。利用 Javascript (Openlayers)控制地图显示,结合 RIA 技术实现富客户端地图,并可实现简单空间查询,如图 4。平台利用 ActiveX Plug-in 实现 WebGIS 的处理功能。用户查看含有这种控件的 Web 页时,他所连接的服务

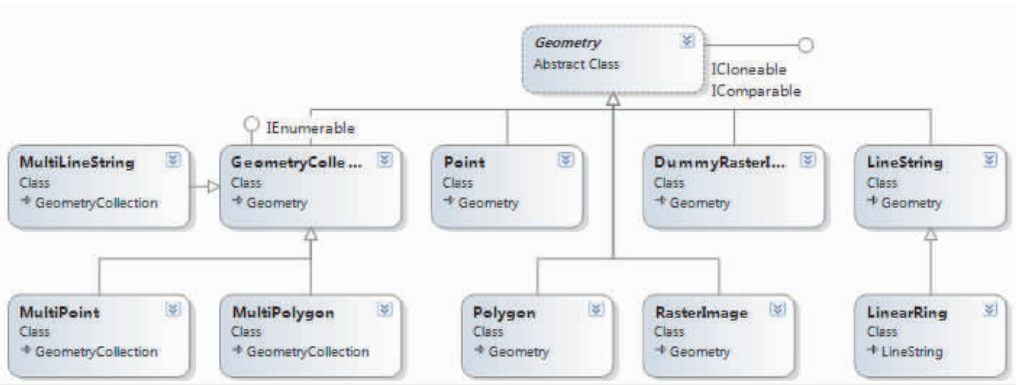


图 3 OGC 简单要素规范实现结构图

Fig. 3 Implementation diagram of OGC simple feature specification



图 4 要素查询客户端

Fig. 4 Feature querey client

器自动将该控件送给用户,用户的浏览器就可以运行这个控件。这样就使得 Web 开发人员能在其 Web 页中加入可执行的内容。虽然 JAVA 小应用程序也能使开发人员创建可执行的内容,但是 ActiveX 控件功能更强,因为它处理 Internet 安全性的方法不同。

空间数据在线处理基本原理:利用空间数据库事务性特点,网络前端为用户提供数据视图,用户在此视图基础上进行空间数据处理,在最后确认前此数据并未真正提交到数据库进行更新。在线处理可以实现分布式的合作制图和数据更新。传统的 GIS,客户端显示的是图片,每次用户请求都需要向服务器重新请求一张图片,这种方式的服务器 CPU 性能将消耗很大,导致服务器有着性能瓶颈,而且服务器上的进程控制也会有很多问题。

用 ActiveX 技术开发 WebGIS 是利用嵌在浏览器中的 ActiveX 组件作为客户端操作界面,Web

服务器端利用 WIN-CGI、ASP.NET 或 NSAPI 作为接口来联系 WebServer 和基本地理信息系统,如果需要数据库,在 WIN-CGI、ISAPI 或 NSAPI 中通过数据库接口可以访问数据库来发布数据。

对于计算复杂、数据量大的本地操作,比如,本地数据进行 Buffer 操作、生成 Voronoi 三角网,生成新的 Shapefile 文件,系统将这些功能抽象成分布式部件,并做成 windows 平台下的 ActiveX 控件,减少客户端与服务器的网络通讯,充分利用客户端机器资源,可以极大地增强网络浏览器 GIS 的空间处理能力。

4 平台的实现及应用

该平台采用 GML 语言进行空间数据交互,根据 PostGIS 空间数据库开放接口自主开发实现空间数据访问和存取,遵循 OGC WMS 服务规范,通过 ASP.NET 动态网页技术发布地图数据服务,并用富客户端技术进行展示。

4.1 GML 与 Lreisserver

Lreis Server 使用标准 GML 进行空间数据互操作。GML 是一个基于 XML 之上的地理信息描述、转换、传输标准。GML 能够表示地理空间对象的空间数据和非空间属性数据。GML 与 OGC 简单要素规范对应,GML 支持几何要素类型: Point, Linestring, LinearRing, Polygon, MultiPoint, Multi-LineString, MultiPolygon, and GeometryCollection。GML 同时支撑坐标要素的编码和地图外包框定义<sup>[7-8]</sup>。当两个系统要进行在线互操作时,按照这

种公共描述语言描述的格式进行实时通讯,实现互操作。

空间数据库 PostGIS 的强大功能允许系统直接将 WKT 格式的数据读取为 GML<sup>[9]</sup>,然后经过解析,响应用户请求。以下是从数据库读取 GML 空间数据的代码。

```
Response.ContentType = "application/vnd.ogc.gml";
// TODO: connect postgis and set sql command
while (NpgsqlDataReader.Read())
for (int i = 0; i < NpgsqlDataReader.FieldCount; i++)
System.IO.StringWriter. Write (dr [i]. ToString());
Response. Write
(System.IO.StringWriter. ToString());
```

LreisServer 选用 DOM 生成 GML 地图数据,因为 DOM 的表达形式很容易渲染地图,能高效翻译树型文档并从每个节点抽取请求的信息。常用的 XML 文档解析模型有 DOM 和 SAX 两种。DOM 被认为是基于树或对象的<sup>[10]</sup>。DOM 是以层次结构组织的节点或信息片断的集合。这个层次结构允许开发人员在树中寻找特定信息。分析该结构通常需要加载整个文档和构造层次结构,才能做任何工作。SAX 处理的优点非常类似于流媒体的优点。分析能够立即开始,而不是等待所有的数据被处理<sup>[11]</sup>。DOM 过滤后的地图可以直接渲染或者输出为静态图片。通过在客户端渲染 GML 数据还可以减轻服务器端的压力。

4.2 OGC WMS 规范的实现

WMS 服务器的整体架构主要包括:请求分发模块、数据读取模块、样式设置模块、图层加载模块、地图绘制模块和属性查询模块(如图 5)。

首先请求分发模块根据客户端的请求参数判断出操作的种类,并分别调用相应的模块;数据读取模块负责加载地图数据文件;样式设置模块负责获取图层的渲染样式;图层加载模块负责将各个数据集和样式对应并按顺序排列,生成地图对象;地图绘制模块负责将地图对象渲染成为图像;查询模块则根据位置返回指定要素的属性信息。最终将具体操作的结果返回给客户端。

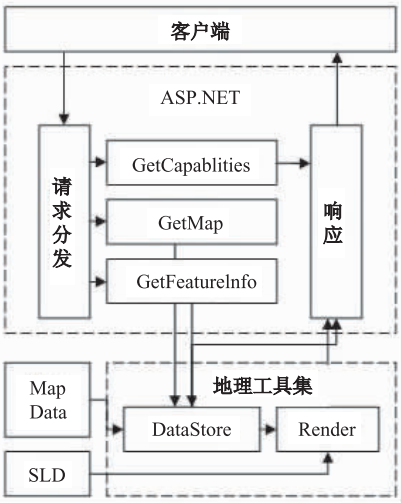


图 5 LreisServer WMS 服务整体架构图  
Fig. 5 Architecture of LreisServer WMS server

LreisServer WMS 服务通过典型的网络 3 层架构的实现并优化其过程:服务器端利用空间数据驱动直接将地图转成图片并发送给客户端,客户端使用 Javascript 控件或直接显示地图,当用户与地图交互的时候服务器端实时根据用户请求生成地图发送给客户端浏览器。LreisServer 实现一个 Asp. net cache,相当于 geoserver 的 geowebcache,能够缓存一些请求过范围的地图。Asp. net cache 是应用程序级别的缓冲机制。它提供了键-值(Key - Value)对应的方法,cache 对应的命名空间是: System. Web. Caching,它的生命周期依赖于应用程序,并提供了数据缓存失效控制方法,以及数据缓存依赖管理。在 cache 中可以非常容易地按照事先设定好的过期时间来让 cache 过期或删除 cache,也可以根据缓存依赖关系来操作 cache,当依赖的关系有改动时,此时 cache 也会自动失效。

4.3 平台空间数据引擎

Lreis Server 平台采用 PostgreSQL 数据库空间扩展存取空间数据。PostgreSQL 是一种对象关系型数据库管理系统 (ORDBMS),也是目前功能最强大、特性最丰富和最复杂的自由软件数据库系统。PostGIS 在 PostgreSQL 上增加了存储管理空间数据的能力,相当于 Oracle 的 spatial 部分。PostGIS 最大的特点是符合并且实现 OpenGIS 的一些规范,是最著名的开源 GIS 数据库。PostGIS 作为开源 GIS 的支柱之一,具有很强的空间数据存储、管理、分析能力,提供如下空间信息服务功



能:空间对象、空间索引、空间操作函数和空间操作符。

空间数据数据库中的几何字段可以 WKB (Well-Known Binary) 和 WKT (Well-Known Text)的形式表现,在 SQL 语句中,用 WKT 格式定义几何对象(及其多部类型):

```
POINT(0 0) LINESTRING(0 0,1 1,1 2)
POLYGON((0 0,4 0,4 4,0 4,0 0),(1 1, 2 1,
2 2, 1 2,1 1))
GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 3))
```

LreisServer 空间数据访问层利用 PostGIS 空间操作函数接口,以及 SQL 查询语言实现常用格式数据输入输出,可以将数据库中的几何对象读取为文本格式(WKT)和二进制格式(WKB)。

```
bytea WKB = ST_AsBinary(geometry);
text WKT = ST_AsText(geometry);
geometry = ST_GeomFromWKB (bytea
WKB, SRID);
geometry = ST_GeometryFromText (text
WKT, SRID);
```

获得二进制格式的数据后可以直接转换成输出数据流(outstream),将其写成微软 windows 位

图文件 bitmap,然后通过 ASP.NET 发送到客户端。文本格式数据可以作为原生数据提供给用户或者解析成 GML。

5 实验结果分析

Web Services 在处理地理空间信息领域问题方面存在严重的效率不足<sup>[12]</sup>,本文采用服务端空间分析工具集与胖客户端处理相结合的方式解决该问题。利用 ASP.NET 和 Ajax 动态网页技术实现 OGC WMS 地图服务规范,开发 AspNetCacheAdapter 网页缓存机制,

加速地图显示和踪迹回溯。平台支持 ESRI Shapefile、GDO 数据库与 PostGIS 空间数据库等多种格式的数据源,能够很好地适应空间信息多元化的趋势。动态决策客户任务是服务器端进行还是网络前端 ActiveX 控件进行,在此基础上实现 C/S 通信的负载均衡。与流行的 GeoServer、MapServer 比较(表 1),该平台在空间数据的快速展示和缓冲有一定优势,在 window 平台下显示效率高于 geoserver,但在数据格式支持和稳定性方面较二者有一定差距。

表 1 LreisServer、Mapserver、Geoserver 性能对比  
Tab. 1 Comparison between LreisServer, Mapserver and Geoserver

支持格式和接口		开发语言	功能比较	瓶颈
LreisServer	PNG, JPEG, TIF, GIF, Shapefile, GML, WMS, WFS, GDO, Postgis, Sqlite, OGR/GDAL	C#, .NET	利用 ASP.NET 实现,页面调用支持 aspx,遵循 OGC 标准,支持 OGR/GDAL 可扩展多种数据格式,图层显示速度快,只支持 windows	在线交互操作
Mapserver	Shapefile, Oracle, Postgis, Mysql, WMS, WFS, Tiff/Geotiff	C 语言	内核使用 C++ 编写,基于 CGI 脚本实现,页面调用支持 PHP,只能发布地图不能修改,支持 Linux/Windows	地图编辑,CGI 限制
Geoserver	Shapefile, Oracle, Postgis, Mysql, WMS, WFS, GML, KML	JAVA	java 和 geotools 编写,有 udig 支持,擅长属性查询	地图生成浏览

biaoJPEG, TIF, GIF, Shapefile, GML, LreisServer 作为空间数据发布工具在福建空间信息网格共享平台中得到应用。福建空间信息网格共享平台旨在利用网络分布式技术,最大限度地为社会公众和政务部门提供地理信息服务,减少空间信息孤岛的存在。在该平台中,LreisServer 以中间件的形式连接用户和后台空间数据库,在福建政务网内收到较好的应用效果。

参考文献:

[1] Foerster T, Stoter J. Establishing an OGC Web Processing Service for Generalization Processes[C]. Workshop of the ICA Commission on Map Generalisation and Multiple Representation, June 2006.  
[2] Barry D K. Web Services and Service-Oriented Architectures: The Savvy Manager's Guide[M]. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2003.  
[3] Tu S, Flanagan M, Wu Y, et al. Design Strategies to Improve Performance of GIS Web Services[C]. ITCC'

- 04 Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC04), Volume 2, 2004.
- [4] Huang Y, Xie Z, Guo M Q. Effective Load-balancing Algorithm for WebGIS Based on Map Server Farm[J]. Computer Engineering, 2009, 35(4):10-12.
- [5] USCB. Tiger Mapping Service. <http://tiger.census.gov/>.
- [6] Frank W. Gdal-Geospatial Data Abstraction Library. <http://www.remotesensing.org/gdal/>.
- [7] Vatsavai R R, Burk T E, Wilson B T and Shekhar S. A Web-based Browsing and Spatial Analysis System for Regional Natural Resource Analysis and Mapping[C]. In ACMGIS, 2000.
- [8] OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>.
- [9] Shaheen A, Zhang J, Javed M. Prototype for Wrapping and Visualizing Geo-referenced Data in a Distributed Environment Using XML Technology[C]. In ACM-GIS, 2000.
- [10] W3C. Architecture Domain, Document Object Model FAQ. <http://www.w3.org/DOM/faq#SAXandDOM>.
- [11] Vatsavai R R, Burk T E, Shekhar S. An Efficient Query Strategy for Integrated Remote Sensing and Inventory (Spatial) Databases[J]. In SSDBM, 2001, 115-123.
- [12] Zu-Kaun Wei. Efficient Spatial Data Transmission in Web-based GIS[J]. WIDM'99, 1999.

## Design and Implement of a Web Spatial Data Publish and Online Processing Platform

ZHOU Yuke, ZHOU Chenghu, CHEN Rongguo, ZHANG Mingbo, CHEN Yingdong

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Recent advances in internet technologies, coupled with wide adoption of the web services paradigm and interoperability standards, make the World Wide Web a popular vehicle for geo-spatial information distribution and online geo-processing. In this paper, a new spatial computing and data service publishing platform, i. e. LreisServer, is designed and implemented. The platform complies with OGC specification and implement WMS, WFS, GML standards. The extension implement details are discussed through a cooperation perspective. In the backside this platform takes postgis as spatial database and applies its powerful ability to analyze and query spatial data. In the frontside, RIA technology such as openlayers and active is hybrid used, and use c# asp. net to display map and couple with fat client spatial operation. The geometry objects model in this platform comply with OGC simple feature specification (point, polyline, polygon), and has map project function, including algorithm buffer, overlay, etc. The spatial index implement quardtree, R-tree, etc. A new kind of map cache mechanism is designed and developed to help speed up historical map data showing and accelate interoperation on the client side. Unit test is done with different data sources on this platform. In this papaer we also evaluate alternative approaches and assess the pros and cons of our design and implementation. The results showed that: (1)because of the aps. net cache tool, this platform can have a better performance in WMS service than ordinary OGC WMS. (2) On the benefit of spatial data storage and operating functions in Postgis, LreisServer can provide spatial data service and raw data in GML format. And (3)using the loading balance strategy, LreisServer can do simple spatial process and analysis on the client side.

**Key words:** WebGIS; OGC; WMS; GML; PostGIS