基于 SilverLight 和 REST 的富网络地理信息系统框架设计

陆亚刚[1]，邱　知[2]，游先祥[1]，张红梅[3]，陈　丽[1]

（1. 北京林业大学林学院，北京 100083；2. 国家林业局调查规划设计院，北京 100714；
3. 杭州市园林文物局钱江管理处，杭州 310008）

摘要：在 WebGIS 的快速发展过程中，其架构方法和实现技术的研究一直是人们关注的热点。本文针对传统 WebGIS 开发复杂度高、交互体验性贫乏、运行效率低等不足，在对 RIA/SilverLight 和 REST 技术的研究基础上，以整体结构模块化，开发行为统一化，代码可复用及经验可复用的指导思路下，提出由空间数据服务器（数据访问层 DAL）、GIS 服务和 Web 服务服务器（业务逻辑层 BLL）及部署有 SilverLight 插件的浏览器（表现层 UI）组成的 3 层架构式富网络地理信息系统，并阐述了数据层中空间属性数据库的设计和建立步骤以及优化经验，分析了业务逻辑层的构成和运行机制，为提高系统开发效率使用 MVVM（Model-View-View Model，模型－视图－视图模型）设计模式，将表现层分为前端用户界面和后台逻辑两部分，并描述了用户熟悉的 Office Ribbon 设计样式的开发方法，说明了后台逻辑架构组件各自功能及通讯路径。最后，为验证此框架能够有效提高系统开发效率、丰富用户体验和改善系统运行性能表现等优势，利用 SilverLight（C＃）实现了应用实例——LightGIS。系统开发和运行实验表明，该框架能够很好地达成以下目的：（1）实现优美的用户操作界面和丰富的互操作性体验；（2）提供平滑、流畅的地图服务和高响应性空间分析；（3）具备优秀的系统可扩展潜力和可配置性。

关键词：富网络地理信息系统；SilverLight；REST；框架设计；LightGIS

DOI：10.3724/SP.J.1047.2012.00192

1　引言

网络地理信息系统（WebGIS）是 Internet（互联网）技术与 GIS 技术相结合的产物[1-2]。随着 Internet 技术的迅速发展和普及，人们对 WebGIS 的应用需求也日益增长，GIS 的网络化应用趋势已成必然[3]，对于 WebGIS 架构方法和实现技术的研究，已成为 GIS 领域的研究热点和重点。但由于 GIS 领域的自身特点使其开发受制于 Web 领域技术水平的发展状况，其主要实现技术大都基于传统的 Web 技术之上[4-5]。随着 Web 2.0 的普及和服务器 GIS 技术的迅速发展，鉴于此实现的 WebGIS 的局限性也日益显著：对于使用者来说，其简陋的用户界面（User Interface，UI）图形显示，贫乏的交互体验能力和过度依赖服务器端处理能力的性能表现，已不能满足 Web 技术不断发展下用户对系统丰富体验的要求，降低了系统可用性[6]；而对于开发者来说，这种开发模式已经难以满足当前系统开发需要的敏捷性、可重用性和可扩展性要求，当选用的架构方法或者实现技术发生改变时，原有的应用需重新设计和开发，分布式、并发性等应用实现方面也越来越复杂，这在越来越大型的、企业化的开发应用中，无疑需要付出高昂的维护和开发成本。

富网络地理信息系统（Rich WebGIS Application，RIA WebGIS）的提出正是为了克服上述传统 WebGIS 的不足，使用 REST 架构方法和富网络应用程序（RIA）技术实现的富网络地理信息系统是 RIA 技术和 WebGIS 的有机结合，是传统 WebGIS 在现代 Web 技术下的有效发展和延续。它能够为用户提供丰富交互性、高体验性和快速响应的智能用户界面，充分利用客户端的计算资源，降低对服务器端的依赖，平衡客户端和服务器端的计

收稿日期：2011-10-18；修回日期：2012-03-06.

基金项目：北京林业大学自主项目“数字鹫峰教学实验林场信息管理系统的研制”。

作者简介：陆亚刚（1986-），男，硕士研究生，研究方向：富网络地理信息系统的开发与应用。E-mail：lightgis@gmail.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

算负载;为开发者实施敏捷开发模式提供可能[7],降低系统开发复杂度,同时有效保证系统的可伸缩性。

为验证富网络地理信息系统架构方法和实现技术的优越性,本文在充分研究 RIA 实现技术和 REST 架构原则的基础上,选用微软推出的最新 RIA 实现技术 SilverLight,利用其在创建 RIA 应用上的技术优势[8],建立了基于 REST 架构风格的富网络地理信息系统框架,并对框架组成及其开发实现进行了详细阐述。实例是用于北京市鹫峰国家森林公园信息管理的鹫峰富网络地理信息管理系统——LightGIS。

2　RIA/SilverLight 和 REST 实现技术

2.1　RIA/SilverLight 技术

RIA(富网络应用程序),是一种具有传统桌面应用软件系统大部分功能和特性的网络应用程序,具有丰富的数据模型和丰富的用户交互体验[9]。RIA 采用浏览器的客户端/服务器架构连接应用服务器,具有良好的面向服务性,与基于 REST 架构风格的网络服务可互为补充。同时可利用富客户端明显优于传统 Web 应用的逻辑处理能力,将部分服务器负载转移到富客户端,减轻应用服务器端的压力,提高性能表现[10]。

SilverLight 是微软推出的最新跨平台、跨浏览器、跨设备的 RIA 实现技术。SilverLight 使用 .NET 平台的精简运行时环境 CoreCLR(Core Common Language Runtime,核心公共语言运行时),无须依赖客户端的运行环境,同时具有良好的后台语言框架支持来实现强大的客户端计算能力、支持多线程[11],并继承了 WPF 丰富的样式、控件、特效与动画,增强了对浏览器的适应性,更安全的沙箱模式[12]。SilverLight 原生支持 MVVM(Model-View-View Model,模型－视图－视图模型)模式,将 UI 设计和后台逻辑分开独立开发设计,降低程序耦合性,提高可维护性和可重用性。

2.2　REST 技术

REST(Representational State Transfer,表述性状态转移)是 Roy Fielding 博士在 2000 年提出来的一种轻量级、针对 Web 应用开发而设计的架构风格,其本质是一组架构约束条件和原则[13]。采用 REST 架构风格的 Web 应用,其实现和操作明显比基于 SOAP 服务的 Web 应用更为简洁,可以完全通过 HTTP 协议实现,且可以通过缓存(Cache)来提高响应速度、性能和易用性[14-15]。

图 1 描述了 REST 架构风格的组成和约束原则。

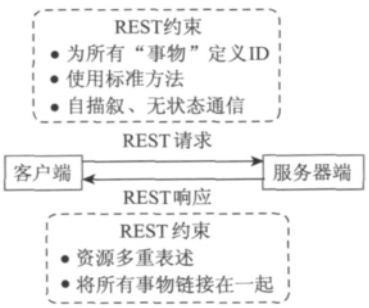

图 1　REST 架构组成和约束原则

Fig. 1　The composition and central principles of REST

迄今,REST 已发展成为最主要的 Web 服务设计和互联网分布式系统架构方法之一[7],在 GIS 服务器领域也有着广泛的应用,如 ESRI 公司的 ArcGIS Server REST API,超图公司的 SuperMap iServer REST 服务以及开源社区的 GeoServer REST Interface 等。

3　系统框架设计与实现

使用 SilverLight 技术和 REST 架构风格的富网络地理信息系统整体框架如图 2 所示。整个框架采用 3 层架构,由下至上依次为数据访问层(Data Access Layer ,DAL)、业务逻辑层(Business Logic Layer,BLL)和表现层(User Interface,UI)。

3.1　系统数据层

数据层是整个系统的最底层,负责空间数据和属性数据的存取机制,维护各种数据之间的关系,并提供数据备份、数据存档、数据安全机制,为系统的正常运行提供数据源的保障[16]。主要包括访问和管理空间、属性数据的空间数据引擎 ArcSDE,以及存储空间、属性数据的数据库管理系统(如 SQL Server、Oracle、PostgreSQL 等)。

在系统实现过程中,本层的主要任务是设计和建立空间属性数据库。其主要步骤如下:

(1) 确定并突出每个专题图层的特征;

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

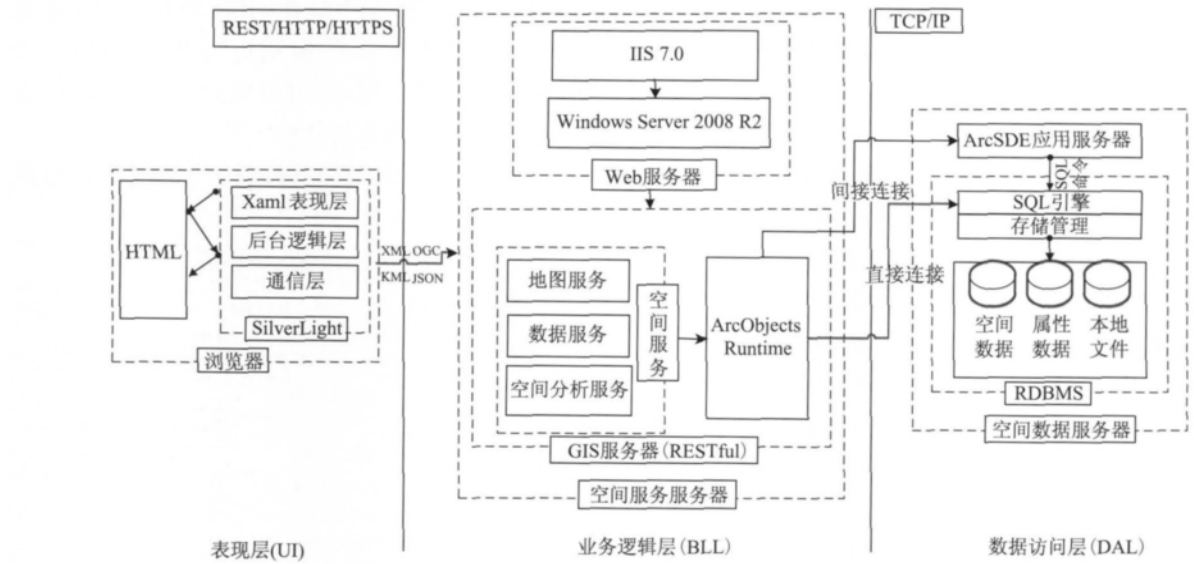

图 2 富网络地理信息系统整体框架图

Fig. 2 The architecture of rich WebGIS application

(2) 制定表达规范和关系;

(3) 测试、优化和维护。

业务逻辑层中所创建的各类 GIS 服务的数据来源都直接由空间属性数据库提供,数据库的性能表现将在很大程度上影响用户的交互体验,因此,空间属性数据库的性能必须进行适当优化[17]。本文主要在以下几方面做了优化:

(1) 最小化磁盘 I/O 竞争;

(2) 优化内存;

(3) 优化空间索引和初始化参数;

(4) 定期整理数据,删除冗余数据,减小数据库大小;

(5) 定期备份、压缩数据库。

3.2 业务逻辑层

业务逻辑层是整个框架的核心,包含 GIS 服务器和 Web 服务器,分别提供 GIS 相关服务和 Web 访问服务。

3.2.1 GIS 服务器

GIS 服务器用于托管 GIS 资源和 GIS 核心功能,并通过 REST API 封装后作为服务,呈现给客户端应用程序[18]。GeoServer 和 ArcGIS Server 均实现了 REST API[19],对基本的地图服务都有着良好的实现,但前者对于地理处理(GeoProcessing, GP)服务的支持较弱,在建立复杂 GP 服务时一般需在源代码的基础上进行开发,且开发语言较单一,因此,本系统选用 ESRI 公司的 ArcGIS Server 作为 GIS 应用服务器,通过直接连接的方式将空间数据库中的数据集按设计的专题图要求制作成地图服务定义文件(Map Service Definition, MSD),并通过 ArcCatalog 以相应的服务类型发布到 GIS 服务器。使用的 GIS 服务类型有地图服务、影像服务、要素服务、几何服务和地理处理服务,这些服务均以 REST 架构风格创建,客户端可以通过 URLs 来访问相应服务类型所暴露出来的资源和操作。其一般请求格式如下:http://{GIS 服务器名称}/ArcGIS/rest/services/{服务名称}/{服务类型}/{操作}?{{参数 1}={某值}&{参数 2}={某值}&...&{参数}={某值}}。如以浏览器作为客户端访问此 URL,http://localhost/ArcGIS/rest/services/鹫峰林相图/MapServer/0/query?&where=地类='针叶林'&f=json,将会得到在鹫峰林相图地图服务的专题图层 1 中查询地类是针叶林的所有记录信息,返回数据格式是 URL 中请求的 json 格式。

3.2.2 Web 服务器

Web 服务器用于托管 Web 应用程序和服务。本系统使用 IIS 7.0 作为 Web 服务器,承担 GIS 服务器资源管理程序托管和表现层使用的 Silverlight 应用程序托管。

GIS 服务器托管的所有服务都可以通过资源管理界面来查看其公开的资源及此资源所持有的操作,服务的 REST 公开资源访问链接为 http://

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

{GIS 服务器名称}/ArcGIS/rest/services/{服务名称}/,点击相应的服务名称的链接,即可查看其基本信息及公开资源和可执行的操作。

3.3　功能表现层

表现层是用户与系统直接交互的窗口,也是整个系统核心功能的体现入口。表现层利用 SilverLight 技术和 MVVM 设计模式来设计和实现,为提高系统开发效率将其分为前端用户界面和后台逻辑两部分。

3.3.1　前端用户界面

SilverLight UI 设计使用 XAML(Extensible Application Markup Language)语言,设计工具使用 Microsoft Expression Blend 5。为了使界面整洁、协调、美观、丰富、一目了然,方便用户快速发现和使用所需的功能,本系统采用用户熟悉的 Office Ribbon 设计样式,缩短用户熟悉使用界面的时间,而且具有以下显著特点:工具按逻辑分组,具有相似逻辑的工具以最醒目的方式显示在同一组内,如地图放大、缩小、平移、全景、鹰眼等归为地图浏览工具组,显著增强了工具的可访问性;能够自适应窗口大小,当用户显示器分辨率较低或浏览器窗口缩小时,自动收缩起相应工具同时保有可访问性;方便设计人员自定义工具外观。如图 4 展示的 XAML 代码实现了左侧的界面效果,而当需要更改工具外观时,只需在 XAML 代码中修改相应的属性值。



图 3　Ribbon 用户界面 XAML 代码示例

Fig. 3　The code example of ribbon style user interface

丰富的交互动态效果是富网络地理信息系统提高用户体验性的一大特色,在 SilverLight 中通过动画(Animation)的设计来实现不同的动态效果,如载入或关闭控件窗口时的飞入、淡出、翻滚、旋转效果,点击地图矢量要素时闪烁、高亮等动态表现。Animation 的设计主要通过使用 Storyboard 对象的 TargetName 和 TargetProperty 附加属性指定要进行动画处理的对象和属性来实现。

```
<Storyboard x:Name="Animation 举例">
    <DoubleAnimation
    Storyboard.TargetName="矩形"
    Storyboard.TargetProperty="Opacity"
    From="1.0" To="0.0" Duration="0:0:1"
    AutoReverse="True" RepeatBehavior="Forever" />
</Storyboard>
```

以上展示的 XAML 代码举例说明了一种简单的 Animation 设计方式,将会实现利用 DoubleAnimation 类型对对象"矩形"的 Opacity 进行淡出动画处理,持续时间为 1s,并无限次自动重复。

3.3.2　后台逻辑

SilverLight 有着轻便的运行时环境,在其核心 CoreCLR 组件的支持下,后台逻辑可由高级程序语言开发设计,如.NET C#。为保证系统构建的灵活性、可重用性、可扩展性和功能完备性,后台逻辑设计按图 5 所示架构进行构建。并根据业务逻辑不同,以事件管理中心为枢纽将后台逻辑划分为系统设置管理、UI 交互、地图容器、控件容器、控件管理器和功能辅助 6 大组件。

事件管理中心负责统一管理 SilverLight 后台逻辑全部事件的监听和分发,通过消息实现各控件工具与地图容器间的通信交互。

系统设置管理组件通过自定义 XML 解析器解

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

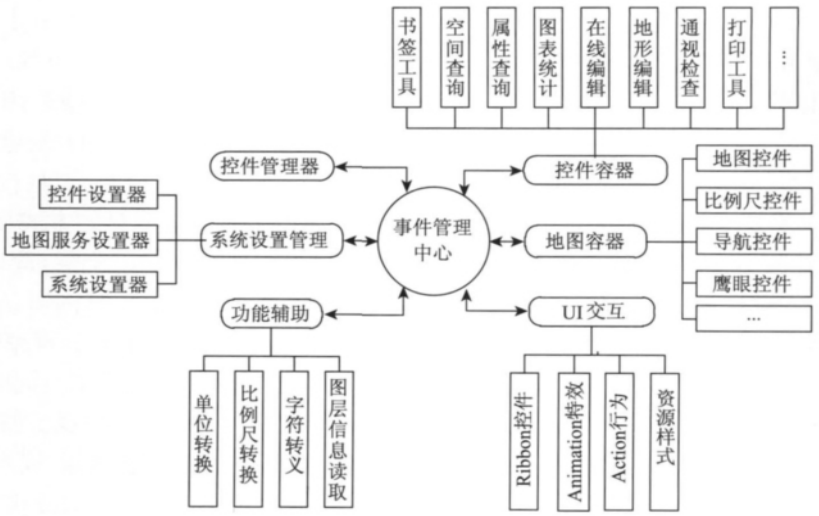

图 4 后台逻辑架构

Fig. 4 The framework of code-behind

析服务器端基于 XML 格式的各控件配置信息文件、REST 地图服务信息文件和系统配置文件，为系统初始化时提供初始值。

UI 交互组件负责前端 UI 元素与后台逻辑间的通信和交互。

地图容器是整个富网络地理信息系统的内容核心，所有的地图服务都由地图容器负责向GIS服务器请求并渲染显示，同时响应用户对地图的操作和交互，如基础地图浏览、Graphic 图层的动态加载和渲染等。

控件容器是所有工具控件的基类和容器，管理各控件的共同属性、方法和事件，方便控件开发过程中的扩展和自定义。图 6 中列出了本系统中开发的控件。

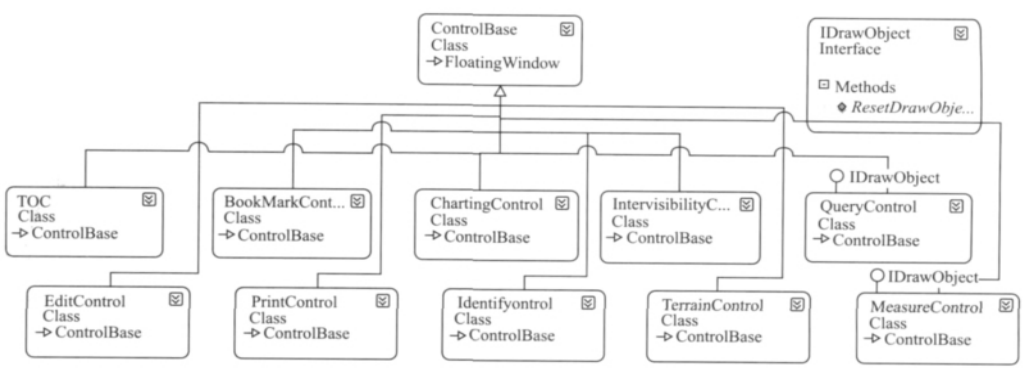

图 5 系统控件结构

Fig. 5 The structure of user-controls in RIA WebGIS

控件管理器通过控件类型、名称及其当前活动状态对控件进行统一管理，接受系统设置管理组件的初始化配置消息，经由事件中心完成通信交互后实例化各控件并在用户界面安排其布局。

功能辅助组件包括地图单位转换、比例尺计算、字符转义和图层字段存取等辅助系统运行的功能。

4 富网络地理信息系统框架应用

鉴于上述富网络地理信息系统设计框架，本文开发了用于北京市鹫峰国家森林公园信息管理的鹫峰富网络地理信息管理系统。系统采用 ArcSDE 10 和 SQL Server 2008 R2 创建和管理空间、属性数据库，由 ArcGIS Server 10 发布地图服务、影像服务、要素服务、几何服务和 GP 服务，在创建地图服务时将土壤调查、林分标准地调查等矢量数据集按设计的专题图发布为动态地图服务，通过 Silverlight 富客户端在执行相关空间服务请求实时生成；卫星影像等作为底图图层的地图服务，为实现

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

与免费网络影像服务(如 Google Maps、Microsoft Virtual Earth 等)的完全重叠,按 Google Maps 的缓存模式建立 20 级不同比例尺的紧凑型缓存切片包,并存储于 GIS 服务器上,建立地图缓存服务,定期维护。系统的基础底图采用 Google Maps 卫星影像,创建的动态地图和缓存地图服务可以叠加其上由 SilverLight 渲染显示。同时利用 ArcGIS SilverLight API 和 ArcGIS REST API 及. NET C# 高级语言,开发了具有丰富交互体验性的 Ribbon 界面和完备的地理信息功能的表现层,系统功能有:地图导航(放大、缩小、平移、前一视图、后一视图、全景显示、鹰眼缩略图等),动态地图管理(切换底图图层、加载本地矢量数据及其他 GIS 服务器发布的地图服务),可配置化的功能控件,包括书签工具、TOC(Table Of Contents)工具、要素在线编辑工具、地图量测工具、空间查询工具、属性查询工具、图表统计工具及利用 GP 服务实现的地形分析工具和通视范围工具,而且可以根据后续的项目需求扩展功能控件。系统运行效果如图 7 所示。

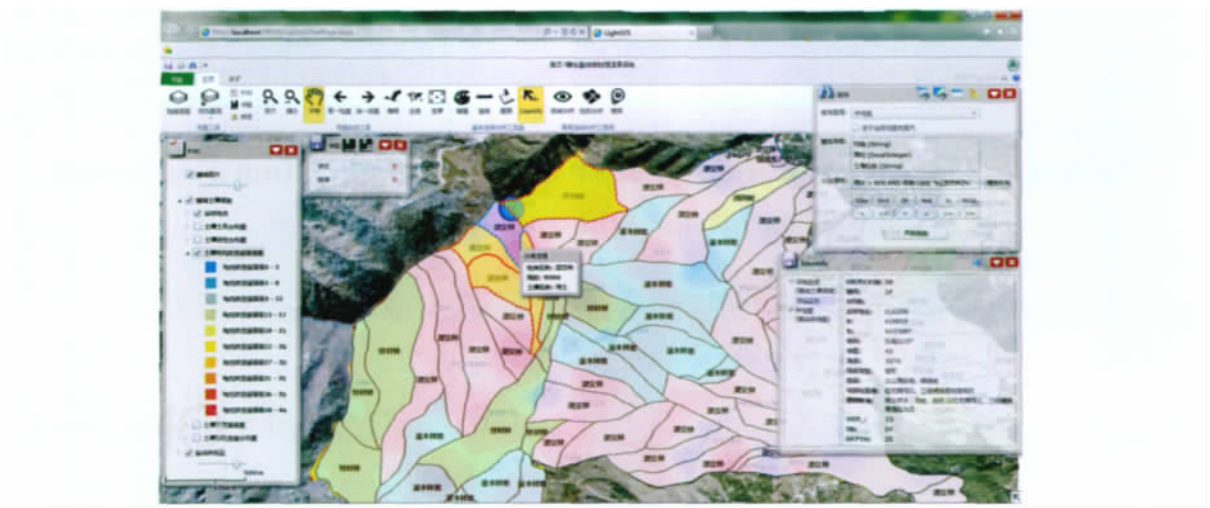

图 6　系统运行用户界面

Fig. 6　The user interface of RIA WebGIS

5　结语

本文采用 SilverLight 富客户端技术和 REST 地图服务设计了 3 层架构的富网络地理信息系统,突破了客户端/服务器、浏览器/服务器两层模式的限制,将客户端表示逻辑、服务业务逻辑和数据存取逻辑分开,充分发挥了客户端的计算能力,提升性能表现。另外,将 RIA 技术和 REST 服务有机结合,实现的系统不仅具有高交互性和丰富体验性,空间几何查询、地理统计、地理处理等 GIS 功能的实现也十分方便,还可以根据需求进行扩展或自定义。

在应用本文设计的系统实现框架进行鹫峰国家森林公园富网络地理信息管理系统的开发过程中,总结出此框架具有高内聚、低耦合的特点,具有开发效率快、复杂度低、功能可扩展和易于部署、维护的优势,实现的系统具有完善的用户体验和易操作性。

参考文献:

[1] 张健挺. 网络地理信息系统的若干问题探讨[J]. 遥感信息,1997(3): 8-11.

[2] 宋关福,钟耳顺,王尔琪. WebGIS——基于 Internet 的地理信息系统[J]. 中国图象图形学报,1998(3): 251-254.

[3] 孟令奎. 网络地理信息系统原理与技术[M]. 北京: 科学出版社,2010,25-25.

[4] 刘仁义,刘南. Web GIS 原理及其应用——主要 Web GIS 平台开发实例[M]. 北京: 科学出版,2002,20-25.

[5] 刘荣高,庄大方,刘纪远. Web 环境下实现空间数据表达的框架研究[J]. 测绘学报,2001(3): 276-280.

[6] 张宏,丰江帆,阎国年,等. 基于 RIA 技术的 WebGIS 研究[J]. 地球信息科学,2007,9(2): 37-42.

[7] 钱继来. 基于 REST 与 RIA 的 Web 应用研究与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.

[8] 熊云龙. 基于 Silverlight 的 RIA 研究及应用[D]. 重庆大学,2008.

[9] Rich Internet application[ED/OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Rich_Internet_application.

[10] 程国雄,胡世清. 基于 Silverlight 的 RIA 系统架构与

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

设计模式研究[J]. 计算机工程与设计,2010(8):1706-1709.

[11] 王天宝,王尔琪,卢浩,等. 基于 Silverlight 的 WebGIS 客户端技术与应用试验[J]. 地球信息科学学报,2010,12(1):69-74.

[12] 吴磊,李玮. SilverLight 寻光之旅[M]. 北京:电子工业出版社,2012,266-273.

[13] 李久刚,唐新明,汪汇兵,等. REST 架构的 WebGIS 技术研究与实现[J]. 测绘科学,2011(3):85-87.

[14] 基于 REST 架构的 Web Service 设计[ED/OL]. http://lightgis.com/2011/rest-based-architecture-of-web-service-design.html.

[15] Richardson L. Restful Web Services[M]. Sebastopol, California: O'Reilly Media,2007,1-21.

[16] Liu Y,Liu X F,Mao J H. Research on the integration of silverlight and webGIS based on REST[C]. Ningbo,China: 2010IEEE Nanjing Section GRSS Chapter; Southwest Petroleum University of China; College of Computer and Information of Hohai University.

[17] 马妮,李维功. ArcSDE for Oracle 优化实践[J]. 测绘通报,2007(10):50-53.

[18] Yang Y,Shao L,Zhu Y,*et al*. A study on Erhai Lake environment information service base on ArcGIS and Flex[C]. 19th International Conference on Geoinformatics,Shanghai,China,2011.

[19] 高晓蓉,徐丹,雷瑛. 基于 Flex 和 REST 服务的 WebGIS 系统开发——以陇西县地理空间信息应用系统为例[J]. 遥感技术与应用,2011(1):123-128.

Design and Implementation of Rich WebGIS Application Framework Based on SilverLight and REST Services

LU Yagang[1],QIU Zhi[2],YOU Xianxiang[1],ZHANG Hongmei[3] and CHEN Li[1]

(1. *Forestry College,Beijing Forestry University,Beijing* 100083,*China*;

2. *Academy of Forest Inventory and Planning,SFA,Beijing* 100714,*China*;

3. *Management Department of Qianjiang,The Landscape Area of the West Lake of Hangzhou,Hangzhou* 310008,*China*)

Abstract: The architecture and implementation technique of WebGIS are always the focus of scholars in its rapid developing process. Aiming at disadvantages of high complexity,poor interactive experience,and low response efficiency in "traditional" WebGIS application,this paper proposes a rich WebGIS application framework based on RIA/SilverLight and REST technologies which was divided into data access layer (DAL),business logic layer(BLL) and user interface layer(UI). Silverlight is an application framework for creating and delivering rich internet applications (RIA) and media experiences on the Web,which combining with the representational state transfer (REST) software architecture style can significantly remedy these shortages of "traditional" WebGIS application mentioned above. Firstly,in this paper the detailed description on designing and building steps of spatial databases were given,and the optimization experiences on spatial database were shared. Then the composition of business logic layer and its operating mechanism had been analyzed. To improve the efficiency of the user interface layer,the Model-View-ViewModel (MVVM) architectural pattern had been adopted. And to follow the user's habit,the office ribbon style had been used visually. The code-behind was programmed with .NET C#,and according to different function types,it was designed into event center component,configuration management component,UI interactive component,map container component,control management component,auxiliary function component,and the event center component is the communication hub. Finally,based on this framework,a rich WebGIS application which named LightGIS had been developed. It showed that the applied framework can effectively improve the efficiency,enrich user's experience and enhance the system capability.

Key words: RIA WebGIS; SilverLight; REST; framework design; LightGIS

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net