

DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2020.02.004

WebGIS 在智能电网大数据可视化中的应用与分析

Application and analysis of WebGIS in big data
visualization of smart grid

曾强
ZENG Qiang

(国电南京自动化股份有限公司 南京 211153)
(Guodian Nanjing Automation Company Limited , Nanjing , 211153)

摘 要: 随着电力行业在大数据时代的发展 , 智能电网及其电力系统在大数据技术上面临着巨大的挑战 , 同样也存在着巨大的发展机遇。面对错综复杂的海量电力设备、不断变化的信息数据 , 亟须一套满足智能电网安全运行且高效、稳定的系统方案。网络地理信息系统(WebGIS) 是一项基于网络(Web) 技术的地理信息系统扩展技术 , 同样也是一种利用互联网来进行服务器与客户端之间信息交互的分布式系统 , 具有访问范围广、成本低、操作便捷、计算负载高的优点。在对智能电网的现状和发展趋势进行阐述的基础上 , 对 WebGIS 在智能电网中大数据可视化领域的应用进行分析与研究。对实际应用进行了 WebGIS 可行性验证与测试。结果表明 , 方案相比传统电网图形系统 , 能够更加准确地定位智能电网信息 , 同时不论从开发成本、维护成本上都得到了巨大的改善。

关键词: 大数据; 网络地理信息系统; 智能电网; 可视化; 分布式系统

中图分类号: TM 73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1951(2020)02-0017-05

Abstract: With the development of power industry in the big data era , smart grid and big data technologies applied in the grid are facing enormous challenges and opportunities. An efficient and stable scheme for safe operation of smart grid is required to deal with the intricate and massive power equipment and the ever - changing information data. WebGIS is a geographic information system extension technology based on Web technology , and it is also a distributed system that realizes information exchange between servers and clients through Internet. It is of wide access range , low cost , convenient operation and high computing load. After explaining the current situation and development trend of the smart grid , the application of WebGIS in big data visualization of smart grid is studied and its feasibility in real cases is tested. The results show that this scheme is more accurate in locating the information in the smart grid , and economic in both development cost and maintenance cost , compared with the traditional grid graphics system.

Keywords: big data; WebGIS; smart grid; visualization; distributed system

0 引言

随着智能电网的不断升级和发展 , 电网在电力系统运行、用电信息采集、设备状态监测、告警信息汇总、营销业务等各个方面都会产生大量数据 , 如何充分挖掘这些数据具有十分重要的意义^[1]。针对智能电网中的海量数据 , 调度人员亟须一套高效可靠的大数据可视化方案来及时获得关键的信息^[2] , 观察系统运行情况 , 减少排查事故的反应时间 , 从而更好地管理、监控电网。

地理信息系统(GIS) 技术在当前电网行业内应用广泛 , 电网信息化的研究时间也比较早^[3] , 特别是欧美等发达国家 , 早期主要应用于配电系统的管理 , 之后随着智能电网的发展 , GIS 逐渐应用于输配电系统、客户服务系统、数据采集与监视控制(SCADA) 系统等方面^[4]。我国对 GIS 技术的研究起步比较晚 , 并主要应用于配电管理系统 , 之后也逐步向 SCADA 和输配电系统转变^[5]。网络地理信息系统(WebGIS) 作为图形化的超媒体信息系统 , 提供了集成多媒体信息的能力 , 把视频、音频、地图、文本等集中到网络(Web) 页面上 , 是专门以浏览器/服务器模式(B/S) 实现的 GIS , 极大地丰富扩展了 GIS 的内容

收稿日期: 2019-09-17; 修回日期: 2020-01-12

和表现能力^[6]。

本文针对电网大数据的特征和 WebGIS 的技术要点,阐述了电网线路分层显示和设备定位方法这 2 个内容,并提出了 1 种基于 Spring 模型-视图-控制器(MVC)架构的 WebGIS 电网信息可视化的构建方法,实现了电网站内图、线路图等数据信息的展示、浏览。相比于传统 GIS,首先优化了客户端界面加载缓慢的速度;其次通过增加对点、线的可视化分层绘制,解决了传统方案因线路分级结构造成在界面缩放时的视觉干扰问题;最后引用的 SpringMVC 开发框架,配置简单,开发成本也更低。

1 WebGIS 的实现技术

1.1 Spring MVC 介绍

MVC(model view controller)指的是一种软件设计的框架模式^[7],它采用模型(model)-视图(view)-控制器(controller)的方法把业务逻辑、数据与界面显示分离,将众多的业务逻辑聚集到 1 个部件里面。相比其他的 MVC 框架更具有灵活性和扩展性^[8]。Spring MVC 通过使用 1 套注解,使 1 个 Java 类成为前端控制器而不需要实现任何接口。同时, Spring MVC 在数据绑定、视图解析、本地化处理及静态资源处理上都有很好的性能。

1.2 电网线路分层显示

由于 WebGIS 在展示数据信息的时候是范围性的,因此当前界面上信息的数量较多时,势必会造成数据点的重叠,遮盖信息,造成视觉干扰。通常所使用的方法是通过位图(光栅图)来进行背景的缩放调整。

1.2.1 背景信息缩放在 WebGIS 上的实现

在 WebGIS 的实现上,一般使用矢量图光栅格式化的方式来分割成所需的背景大小^[9]。将背景图栅格化后生成图像金字塔模型,当用户通过浏览器查看的时候,离视角越近的图层,显示得越清楚,细节度也越高^[10]。光栅图金字塔如图 1 所示,在金字塔的底部是背景图像的高分辨率表示,而顶部是低分辨率的近似。

1.2.2 电力设备定位方法

当前线路的定位方法都是通过 GPS 获取线路上的点的位置坐标来实现,如变电站、发电厂等^[11]。当电网信息在 WebGIS 上显示时,我们将电网分成点和线 2 部分^[12],其中线表示线路,点表示线路中的坐标位置点,同时通过自定义一种存储结构来表示线路上某个点的坐标信息,其中 C_i 表示线路上某一个点, $Line_i$ 表示该条线路的名称, m 为线路分级编号, x_i y_i 分别表示对应地理图上的坐标:

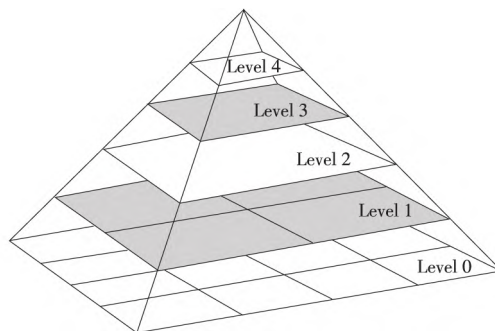


图 1 光栅图金字塔

Fig. 1 Raster image pyramid

$$C_i = (Line_i, m, x_i, y_i) \quad (1)$$

我们将 GIS 读取到的位置信息转化为这种数据结构存储,然后以空间结构化查询语言(SQL)的形式写入 PostGIS 中,示例如图 2 所示。

```
CREATE TABLE "h_postgis" (gid SERIAL PRIMARY KEY,
"cat" float8,
"text" varchar(80));
SELECT AddGeometryColumn('','h_postgis',0,'MULTIPOLYGON',2);
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '1', 'SubStation_1', STGeomFromText('POINT(22 22)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '2', 'SubStation_2', STGeomFromText('POINT(30 32)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '3', 'SubStation_3', STGeomFromText('POINT(33 70)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '4', 'SubStation_4', STGeomFromText('POINT(45 34)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '5', 'SubStation_5', STGeomFromText('POINT(102 41)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '6', 'SubStation_6', STGeomFromText('POINT(39 37)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '7', 'SubStation_7', STGeomFromText('POINT(73 70)'));
INSERT INTO "h_postgis" ("cat", "text", geom) VALUES( '1', 'SubStation_1', STGeomFromText('POINT(55 104)'));
```

图 2 空间 SQL 写入

Fig. 2 Spatial SQL writing

我们将线路等级和相应的坐标等信息用 Key-hole 标记语言(KML,以 XML 语法格式描述地理空间数据)的格式进行封装,之后再解析 KML,解析出的线路等级越高,该等级下所有坐标的连线细节度和分辨率就越高,然后加载到图层上进行显示。这样,每 1 条线路便能更直观地展示给用户,而不是大量错综复杂的数据点汇集在一起。

2 WebGIS 电网信息可视化的构建方法

2.1 基于 Spring MVC 的 B/S 架构分析

Spring 框架为构建 Web 应用程序提供了全功能 MVC 模块^[13]。Spring 框架包含多种视图技术,并且通过策略接口可以实现框架的高度可配置^[14]。相比于 Struts2,它的开发更加方便,同时执行效率也更高, SpringMVC 处理请求流程如下。

首先,用户发送请求至前端控制器,然后前端控制器收到请求后调用处理器映射器,接着处理器映射器根据请求的 URL 找到具体的处理器,生成处理器对象及处理器拦截器 HandlerInterceptor(如果有则生成)一并返回给前端控制器。前端控制器通过处理器适配器调用处理器,执行完成后返回模型数据和逻辑视图(ModelAndView)。之后,处理器映射

器将处理器执行返回的结果送至前端控制器,前端控制器将 ModelAndView 传给视图解析器,待其解析后返回具体的视图。最后前端控制器对视图进行渲染,前端控制器再将结果响应给用户。

2.2 电网信息可视化框架结构概述与搭建

由于 WebGIS 是基于 B/S 的架构方式^[15-20],本文选择 tomcat 作为服务器端中的 Web 服务器,地图应用服务器因为需要发布地图信息数据,并且需要支持用户对特征数据进行插入、删除和更新的操作,所以选择使用 GeoServer,通过 GeoServer 可以非常容易地实现用户之间迅速共享空间地理信息。本文构建地图服务器的 Applet 步骤如下:

(1) 新建 MyEclipse Web 工程,创建 Java Applet 程序,将 GeoServer 类库导入工程,并添加 Spring MVC 库的支持;

(2) 初始化 GeoServer 对象并定义地图文件与地图绘制引擎统一资源定位符(URL) 的映射关系;

(3) 在 Applet 的 init() 函数中创建界面并将 GeoServer 对象添加至用户界面(UI) 面板;

(4) 创建 GeoServer 地图渲染器,在 start() 函数中调用装载地图的方法导入 shp 格式地图数据并绘制地图,以此来为仓库管理系统(WMS) 服务;

(5) 编写超文本标记语言(HTML) 文件用来加载 Applet,并在 < Applet > 标签下定义需加载到客户端的 Java Applet 类及 GeoServer 库,同时编辑 web.xml(服务器端初始化读取),将所有* . htm 请求(客户端的用户请求) 交给 DispatcherServlet 前端控制器处理,相关配置示例如下:

```
< servlet >
< name > SpringMVCWebGIS < /name > < class
> org. springframework. web. servlet. DispatcherServlet
< /class > //DispatcherServlet
< /servlet >
< load - on - startup > 1 < /load - on - startup >
< servlet - mapping >
< name > SpringMVCWebGIS < name >
< url - pattern > * . htm < /url - pattern >
< /servlet - mapping >
```

(6) 创建 xml 格式配置文件 SpringMVCWebGIS Servlet(前端控制器读),定义 WebGIS 所需使用的控制器(如处理客户端对主页请求的控制器和对地图操作请求的控制器等);

(7) 服务器端定义 Spring MVC 处理器映射器(用于前端控制器收到请求后,处理器映射器根据请求的 URL 找到具体的处理器) 相关示例如下:

```
< beans >
```

```
< bean id = "homepageController" class =
"homepageController" / > //主页控制器
< bean id = "mapController" class = "mapCon-
troller" / > //地图控制器
< bean id = "handlerMapping" class = "org. spring-
framework. web. servlet. handler" / > //处理器映射器
< property name = "mapper" < props >
< prop key = '/SpringMapReq. htm' > mapCon-
troller < /prop > //定义映射关系
< prop key = '/SpringHomePageReq. htm' >
homepageController < /prop > //定义映射关系
< /props > < /property >
< /bean > < /beans >
```

客户端上通过浏览器进行 Web 浏览,使用 OpenLayer 在网页中实现地图数据信息的动态显示和交互;选择 uDig 作为空间数据查看器/编辑器,uDig 是一款基于 Java 和 Eclipse 平台的开源桌面 GIS 软件,可以对 shp 格式的地图文件进行查看编辑操作。在数据存储上,通过 PostGIS(空间数据库) 进行空间数据信息的存储,有了 PostGIS 之后,便不再需要专门的 GIS 数据引擎去操作处理空间数据了,应用程序只需要通过 SQL 语言就可以轻松地对空间数据进行操控。构建地图客户端的 Servlet 步骤如下:

(1) 新建 MyEclipse Web 工程,创建地图服务 Servlet 程序,将 uDig 类库导入工程 WebRoot 目录下;

(2) 定义地图文件存放路径以及与地图绘制引擎 URL 的映射关系;

(3) 在 Servlet 中的 doGet() 函数中初始化 uDig 对象,并建立地图数据请求消息以及地图渲染器;

(4) 编辑 web.xml 文件中 < servlet - name > 和 < servlet - class > 标签,加载执行 Servlet。

在应用服务器端上使用 Spring MVC 框架, Spring MVC 控制器的实现如下:

(1) 在 Spring MVC 的配置文件 < springmvc - config.xml > 中声明 spring - context;

(2) 在 < component - scan > 标签下修改对应的类为 Controller 类的类名;

(3) 通过在 1 个 JavaBeans 类上引入 @ Controller 将该类声明为处理器;

(4) 在类的定义前增加 @ RequestMapping,表示获取 URL 到处理器处理方法的映射;

(5) 实现控制器类中为每 1 个动作所映射的处理方法(函数);

(6) 将返回值的类型定为 ModelAndView。

模型 - 视图层的编写通过基于 Spring MVC 框架完成,而视图解析器(view resolver)首先根据逻辑视图名解析成物理视图名即具体的页面地址,再生成 View 视图对象,最后对 View 进行渲染将处理结果通过页面展示给用户。对于控制器的目标方法,无论其返回数据格式是字符串、视图、模型或模型视图, Spring MVC 都会在内部将它们封装为 1 个 ModelAndView 格式的对象进行返回。Spring MVC 视图解析器相关实现步骤如下:

- (1) 在 springmvc.xml 配置文件中通过编辑 < class > 标签进行注册视图解析器;
 - (2) 实现 viewResolver() 接口,新建并初始化 InternalResourceViewResolver 类;
 - (3) 分别调用 InternalResourceViewResolver 类的方法 setPrefix() 和 setSuffix() 添加对应的视图和模型;
 - (4) 返回 InternalResourceViewResolver 类对象。
- 基于 WebGIS 的可视化架构如图 3 所示。



图 3 WebGIS 可视化架构图

Fig. 3 WebGIS visualization architecture

WebGIS 可视化架构的优点如下:

- (1) 配置简单,开发环境构建方便,开发成本低;
- (2) 使用 MVC 开发模式,访问与请求分离,程序间的耦合性低,扩展性好;
- (3) 通过分离模型、视图及控制器在应用程序中的角色将业务逻辑从界面中解耦,请求时间短,避免了繁琐的递归调用,因此对于拥有大量复杂线路的智能电网系统来说,能够大大优化其画面的载入及其显示时间。

2.3 可视化效果展示

我们将该可视化框架集成在 DS6000 配网主站系统画面模块中,通过单击鼠标右键增加设置窗口,用于服务器端选择需要设置厂站的位置(经纬度和地图级别参数),运行效果如图 4 所示。

打开客户端,即可在地图中查看相关厂站的位置,如图 5 所示。

从显示结果来看,本文方案所应用的系统能够

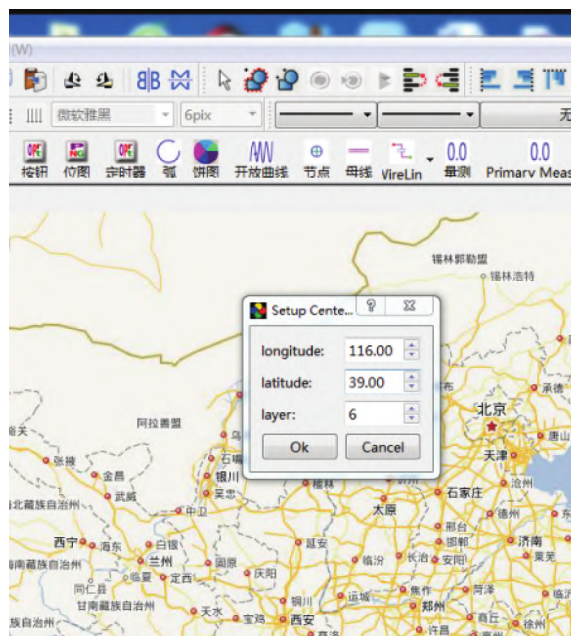


图 4 WebGIS 可视化框架在 DS6000 配网主站的展示效果

Fig. 4 WebGIS visualization framework of a DS6000 distribution network master station



图 5 厂站区域位置展示图

Fig. 5 Location of the plant

快速且正确地进行 GIS 信息的相关显示,同时所采用的点、线分级设计也进一步保证了数据的准确性与电网线路的完整性。最后,相比于现有的智能电网可视化方案,本方案实现简单,能够极大地提升工程的开发效率,降低配置成本。

3 结束语

本文针对所选的 WebGIS 开源框架,首先对 WebGIS 相关背景技术进行阐述,包括本文所使用的 Spring MVC 开发模式;接着从 WebGIS 数据的展示角度对背景信息的缩放和设备定位的方法进行了设

计;最后对电网信息可视化框架结构的搭建进行了详尽的分层描述与实现步骤说明。对于所涉及的电力系统可视化工程领域,本文的方法实现容易、文件配置量低、使用方便,相比于现有的电网可视化架构,不论从开发成本、维护成本,还是版本升级来说都有了巨大的提升。

参考文献:

- [1] 吴信才,郭玲玲,白玉琪. WebGIS 开发技术分析与系统实现[J]. 计算机工程与应用 2001(5): 96-99.
WU Xincan, GUO Lingling, BAI Yuqi. Developing techniques analysis and implementation of WebGIS[J]. Computer Engineering and Applications 2001(5): 96-99.
- [2] 许进,江树生,张钰. WebGIS 实现方法与应用研究[J]. 应用科技 2002(8): 32-35.
XU Jin, JIANG Shusheng, ZHANG Yu. Study of the realization and application of WebGIS[J]. Applied Science and Technology 2002(8): 32-35.
- [3] 揣媛媛,范继璋. 网络地理信息系统(WebGIS)的实现及应用研究[J]. 长春师范学院学报 2005(5): 59-63.
CHUAI Yuanyuan, FAN Jizhang. Research of the realization and application of WebGIS[J]. Journal of Changchun Normal University 2005(5): 59-63.
- [4] 解文龙. 智能电网中基于 WebGIS 的可视化方法研究[D]. 保定: 华北电力大学 2014.
- [5] 唐新建. 基于 WebGIS 的电能质量在线监测系统的设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学 2010.
- [6] 侯雪. 智能电网中基于 WebGIS 的可视化分析系统研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学 2018.
- [7] 卢俊玮. 基于 MVC 模式开发高校实验室信息管理系统的设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学 2010.
- [8] 叶雯. 基于 Spring MVC 框架的 Web 登录模块的设计与实现[J]. 电脑知识与技术 2013 9(35): 7983-7984.
YE Wen. The design and implementation of Web login module based on Spring MVC framework[J]. Computer Knowledge and Technology 2013 9(35): 7983-7984.
- [9] 刘玉兰. 光栅图像矢量化技术研究[D]. 北京: 首都师范大学 2005.
- [10] 王明哲,林和,肖明. 图库中光栅与矢量化技术的应用研究[J]. 甘肃科学学报 2000(3): 49-53.
WANG Mingzhe, LIN He, XIAO Ming. Application and researches of the grating and vector techniques in the graph database[J]. Journal of Gansu Sciences, 2000(3): 49-53.
- [11] 张茹. WebGIS 的应用与研究[D]. 大连: 大连交通大学, 2008.
- [12] 刘仁义,朱焱. WebGIS 技术信息查询系统开发及实现[J]. 计算机应用研究 2001(3): 102-104.
LIU Renyi, ZHU Yan. Developing and implementing of information inquiry for WebGIS[J]. Application Research of Computers 2001(3): 102-104.
- [13] 叶加青. Spring 框架技术的应用[J]. 计算机时代 2009(10): 54-55, 58.
YE Jiaqing. Application of Spring framework technology[J]. Computer Era 2009(10): 54-55, 58.
- [14] 李永强. 社区 WebGIS 原型系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学 2011.
- [15] 徐雯,高建华. 基于 Spring MVC 及 MyBatis 的 Web 应用框架研究[J]. 微型电脑应用 2012 28(7): 1-4, 10.
XU Wen, GAO Jianhua. Research of Web application framework based on Spring MVC and MyBatis[J]. Micro-computer Applications, 2012 28(7): 1-4, 10.
- [16] 王瑞彪,郑文彬. 智能变电站 SCD 文件版本的可视化管控研究[J]. 华电技术 2019 41(4): 14-18.
WANG Ruibiao, ZHENG Wenbin. Research on visual control of smart substation SCD file version[J]. Huadian Technology 2019 41(4): 14-18.
- [17] 张晓瑞,纪陵,檀庭方,等. 智能变电站二次设备在线故障运维平台架构研究[J]. 华电技术 2019 41(2): 1-5, 13.
ZHANG Xiaorui, JI Ling, TAN Tingfang, et al. Intelligent substation secondary equipment online fault operation and maintenance platform architecture research[J]. Huadian Technology 2019 41(2): 1-5, 13.
- [18] 陈昊,俞立凡. 基于系统运行状态的中文语音声光报警系统的开发[J]. 华电技术 2019 41(1): 69-71.
CHEN Hao, YU Lifan. Development of Chinese voice and visual alarm based on system state in service[J]. Huadian Technology 2019 41(1): 69-71.
- [19] 李亮玉,唐宝锋,赵贤龙,等. 智能变电站就地化保护研究现状及应用展望[J]. 华电技术 2018 40(5): 17-20, 24.
LI Liangyu, TANG Baofeng, ZHAO Xianlong, et al. Research on status and application prospect of locally installed protection of intelligent substation[J]. Huadian Technology 2018 40(5): 17-20, 24.
- [20] 田甜. 基于实时数据库的状态监视系统实现[J]. 华电技术 2018 40(6): 47-48.
TIAN Tian. Implementation of status monitoring system based on real-time database[J]. Huadian Technology, 2018 40(6): 47-48.

(本文责编: 张帆)

作者简介:

曾强(1992—),男,江苏南京人,工程师,工学硕士,从事配网自动化方面的研究工作(E-mail: qiang-zeng@sac-china.com)。