

基于 WebGIS 的雷电监测系统设计与实现

胡月 黎海涛

(北京工业大学电子信息与控制工程学院 北京 100124)

摘要:为了满足对雷电数据实时、准确监测的实际应用需求,设计并开发了基于 WebGIS 的雷电监测系统。该系统采用了 Spring MVC 与 Hibernate 等开源框架技术,实现了易扩展的目的。选择 Arcgis 10.0 for Server 作为 GIS 服务器,提供了完善的空间分析和强大的地理数据处理功能。雷电数据详细信息使用 Oracle 数据库进行存储,保障了数据的安全性和稳定性。以表格,柱形图和空间地图等方式来显示雷电数据的查询与统计结果,满足了气象研究人员对于雷电数据统计分析的可视化需求。测试结果表明,该系统具有实时性好、通用性强、运行效率高等优点。

关键词: WebGIS; 雷电监测; 查询统计; 可视化; 地图

中图分类号: TN2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.604

Design and implementation of lightning monitoring system based on WebGIS

Hu Yue Li Haitao

(College of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: A lightning monitoring system based on WebGIS is designed to satisfy the real-time and accurate requirements of monitoring lightning data in this paper. The aim of easy expansion is achieved in the system which utilizes the Spring MVC and Hibernate open-source web framework technology. Arcgis 10.0 for Server is selected as the GIS server, which provides the perfect functions of spatial analysis and data processing. To ensure the safety and stability of the data, Oracle database is used for storing the detailed lightning data. The results of query and statistics are displayed by the table, column chart and spatial map, which satisfy meteorological researchers' visualization requirement of statistics and analysis of lightning data. Experimental results indicate that the designed system has the advantages of better real-time performance, stronger commonality and higher efficiency.

Keywords: WebGIS; lightning monitoring; query statistics; visualization; map

1 引言

雷电是自然界经常发生的一种天气现象^[1],由于其发生时能够产生强大的电流、高电压和冲击波,常常会对水利基础设施、电子通信设备以及人身安全造成很大威胁。目前,雷电数据的相关处理分析还局限在各自的平台下独立进行,并且缺乏丰富地理信息的支持。因此,对多区域的雷电数据进行综合分析比较困难。

随着互联网行业和空间信息地理系统(GIS)的飞速发展,WebGIS 开始应用于气象领域^[2-3]。文献[4]中提到的雷电信息分析系统实现了雷电历史数据的查询分析功能,

但是缺少对实时雷电的监测功能。文献[5]中提到的雷电监测预报服务系统虽然增加了雷电预报功能,但是客户端/服务器模式需要每个客户端对系统进行安装、升级等操作,导致巨大的维护成本。针对上述不足,设计开发一套功能完善的雷电监测系统至关重要。基于 WebGIS 技术,本文整合了 Spring MVC 与 Hibernate 等技术,使用功能强大的 Arcgis 10.0 for Server 作为 GIS 服务器^[6],同时使用安全性较高的 Oracle 数据库存储雷电数据的详细信息,开发出一套山东省雷电监测系统。该系统实现了对历史雷电数据的高效检索和统计,对当日雷电数据的可靠接收和实时监控,并对检索结果进行定性、快速的在线可视化^[7]分析功能。

收稿日期:2016-06

2 系统的分析与设计

2.1 体系结构设计

传统的 Client/Server(C/S,客户端/服务器)适用范围窄,用户群固定,维护成本高,已经无法满足气象科研人员对雷电数据的分析需求。而 Browser/Server(B/S,浏览器/服务器)具有共享性强、业务扩展方便、维护简单等优点,符合雷电监测系统实时性好、通用性强、运行效率高的设计原则。因此,本系统采用 B/S 模式的体系结构^[8],自上而下依次为数据层、应用层、表现层,如图 1 所示

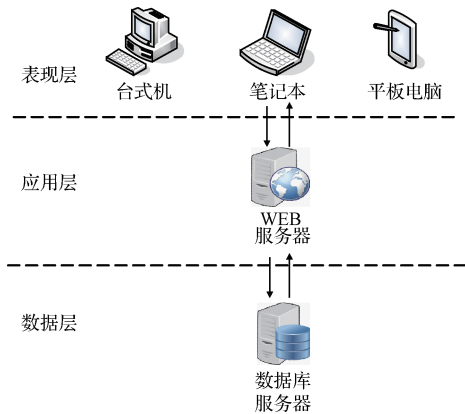


图 1 B/S 模式的体系结构

该系统的表现层为终端浏览器的用户界面,承担了用户和浏览器之间的对话任务,如接收用户输入的雷电数据查询和分析指令。应用层是 B/S 模式下的主体部分,包含业务处理逻辑的详细过程。数据层主要包括数据的存储过程,该系统使用关系型数据库。B/S 模式是浏览器以超文本形式向 Web 服务器发出业务请求,Web 服务器接收请求后,把请求交给数据库服务器,数据库服务器进行事务处理时会数据库里的数据进行增加、删除、修改、查询等操作,把处理结果返回给 Web 服务器,Web 服务器将处理结果进行转化,最后以友好的 Web 界面形式显示出来^[9]。

2.2 系统的主要功能设计

考虑到系统实时性好、实用性强、运行效率高的设计原则,本系统分为 5 个功能模块,如图 2 所示。

1) 地图综合操作:系统地图操作主要包括地图放大、缩小、平移等功能。大部分雷电数据的查询结果根据经纬度精确定位显示到地图上。本系统的地图为山东省 3 级(省、市、县) Arcgis 地图,用户可以适当对地图图层进行控制。底图为市级地图,当地图放大到一定程度时,县级地图出现,这样用户可以确定雷电发生在某县的具体位置。该系统地图的操作特点是表格中的雷电信息与地图中唯一对应的雷电符号(正号和负号)相互联动显示。当用户点击地图中某一雷电符号时,表格中对应的雷电数据高亮显示;当点击表格中某一行雷电信息时,地图中对应的雷

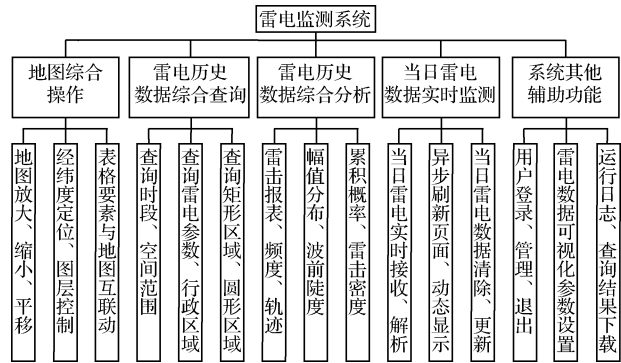


图 2 系统功能模块

电符号弹窗显示这一雷电数据的详细信息(如:经度,纬度,强度)。

2) 雷电历史数据综合查询:该模块包括根据时段查询、根据空间范围查询,根据雷电参数查询,根据行政区域查询(模糊查询和精确查询),根据经纬度构成的形状进行查询(圆形区域和矩形区域)等多个部分。系统综合查询的数据为山东省气象局近几年的雷电数据。主要包括经度、纬度、强度、陡度、雷电类型(正闪和负闪)、雷电发生的时间(精确到秒以后)、雷电发生的地点(精确到县)等。该模块主要功能为对历史雷电数据进行高级检索,最终以表格、柱形图、空间地图等方式进行可视化叠加显示,清晰地表现出任意时间段里的雷电详细信息。查询中最具特色的是根据圆形区域查询。如图 3 所示,比如查询一条雷电数据的经纬度为横纵坐标的圆心 O,附近 500 km 为半径构成圆形内的所有雷电数据。该系统的圆形查询首先过滤出一个正方形的查询范围,再去匹配数据库中的记录,提高了查询效率。

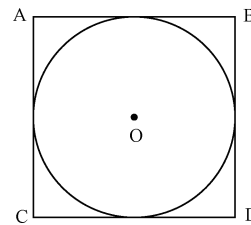


图 3 圆形查询

利用 haversine 公式:

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

式中: d 为由纬度和经度代替横纵坐标构成的坐标点 1 和坐标点 2 之间的距离, r 为地球的半径, φ_1, φ_2 为点 1 和点 2 的纬度, λ_1, λ_2 为点 1 和点 2 的经度,式(1)中,令 $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, 得到

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 2 \arcsin \left(\frac{\sin \frac{d}{2r}}{\cos \varphi} \right) \quad (2)$$

式中:已知 $O(lat, lng)$, $d = 500$, $r = 6371$, 得出 $\Delta\lambda$, 角度转换为弧度, 因此变化的经度纬度为:

$$d\text{lng} = \Delta\lambda \times 180/\pi \quad (3)$$

$$d\text{lat} = \frac{d}{r} \times 180/\pi \quad (4)$$

所以正方形4个顶点 A,B,C,D 的坐标分别为 $(lat + dlat, lng - d\text{lng})$, $(lat + dlat, lng + d\text{lng})$, $(lat - dlat, lng - d\text{lng})$, $(lat - dlat, lng + d\text{lng})$ 。得知 A、B、C、D 4个点的经纬度可以缩小查询范围, 再去匹配数据库中的数据, 大大提高了运行效率。

3) 雷电历史数据综合分析: 该模块主要功能是把查询出来的雷电历史数据进行各种形式的统计分析。该模块具体包括雷击报表, 雷击密度, 雷电轨迹, 幅值分布, 波前陡度, 雷击概率, 雷击密度等统计方式。统计中最具特色的是雷电轨迹。雷电轨迹是把某一时间段内的雷电数据按照用户选定的时间(0.5 h 或 1 h)分成多个雷电数据集, 以 500 ms 或 1 000 ms 的显示速度, 以单步或叠加的显示方式, 定位到地图上, 达到动态轨迹显示的目的。雷电历史数据分析为气象人员分析雷电分布及走势提供了极大的方便。

4) 当日雷电数据实时监测: 该模块主要是针对当日雷

电数据设计, 主要功能是采用 UDP 通信方式接收闪电定位仪^[10]发送的当日雷电数据, 并把数据按照一定格式进行解析, 最终实时、精确定位到地图上。每 24 h 定时把地图上的当日雷电数据清除, 继续对其进行实时监测。

5) 系统其他辅助功能: 该模块主要功能有用户登录与退出, 基于 GIS 平台监测数据的组织与管理, 雷电数据可视化参数设置, 限制用户选择的警告设置, 雷电信息专题图的制作, 雷电数据检索结果的下载以及运行日志的生成等。

3 系统实现

依据本系统的功能、结构体系以及多个视图共享一个模型的需求。该系统整合了 Spring MVC 和 Hibernate 等技术, 后台基于 java 语言, 前端使用 HTML, CSS, JavaScript, Ajax 等技术, 选择了功能完善的 Arcgis for Server 10.0 作为 GIS 的服务器, 同时采用 Oracle 数据库进行雷电数据的整体组织和存储管理, 在 Eclipse 平台下进行开发。该系统结合 MVC 设计模式和分层架构思想, 把雷电监测系统分成了表现层、控制层、业务逻辑层和持久层 4 层^[11]。如图 4 所示。

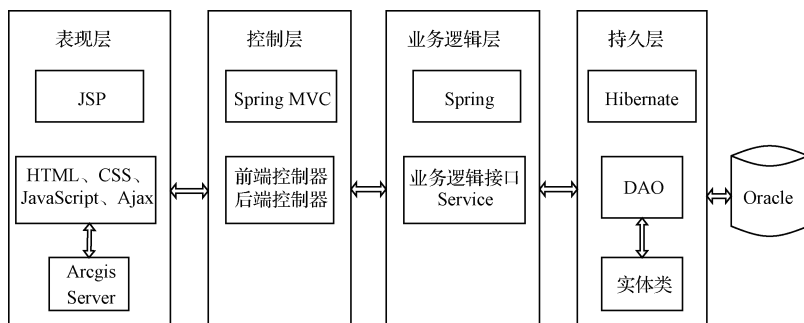


图 4 系统技术架构

1) 表现层: 该层是最接近用户的一层, 为用户提供交互式操作的界面, 用于显示业务处理返回的数据结果, 提供用户和系统交互的窗口。表现层采用 JSP(Java server page) 技术动态生成浏览器上的响应页面, 其中使用 HTML 和 CSS 进行网页布局, 采用 Ajax 技术进行页面的异步刷新操作, 通过 Arcgis API for JavaScript 实现读取和显示 GIS 服务器上的地图。

2) 控制层: 该层采用 MVC(model-view-controller) 模式。这种模式的工作流程为封装 Web 请求为一个数据对象, 调用业务逻辑层来处理数据对象, 返回处理数据结果及相应的视图(view)给用户。

3) 业务逻辑层: 该层采用面向接口编程, 根据程序的需求自动创建对象, 因此开发人员可以将更多的精力放在系统的业务逻辑处理上面, 实现了低耦合的要求。在业务

逻辑层上编写了大量的查询方法, 其结果主要以集合(ArrayList)和 JSON(JavaScript object notation)格式返回给浏览器。

4) 持久层: 该系统持久层采用 Hibernate 框架技术, 其中使用了 ORM(对象到关系的映射), 开源框架 Hibernate 对 JDBC 进行了轻量级的对象封装, 程序员可以运用面向对象的思维来操作数据库, 这样可以简化对数据库的操作。

4 系统业务应用

4.1 业务运行

本系统按照上述设计, 针对山东省气象局对雷电监测系统的需求, 搭建数据库服务器和 GIS 服务器, 进行系统开发。目前, 雷电监测系统经过大量测试, 已经成功实现业务运行。

4.2 功能展示

雷电监测系统可以通过表格展示、柱形图展示、空间地图展示等3个方面对雷电数据进行监测,实时、定性地为气象人员分析雷电信息,雷电灾害预警提供了方便。

1) 表格展示:在查询和统计中,涉及到表格展示。用户可以根据自己的需求选择左侧工具栏里的每个选项,右侧出现相应的查询和统计页面。选择起止时间和统计区域后,点击开始查询或者开始统计按钮后,跳转到查询和统计的结果页面,如图5所示。

序号	日期	经纬度	幅值	极性	电流幅值	雷电上升梯度
1	2015-12-22 08:06:57.0	201512220806570	117.12	正	37.368	12.7
2	2015-12-22 08:06:58.0	201512220806580	117.12	正	37.368	12.7
3	2015-12-22 08:06:59.0	201512220806590	117.12	正	37.368	12.7
4	2015-12-22 08:07:00.0	201512220807000	117.12	正	37.368	12.7
5	2015-12-22 08:07:01.0	201512220807010	117.12	正	37.368	12.7
6	2015-12-22 08:07:02.0	201512220807020	117.12	正	37.368	12.7
7	2015-12-22 08:07:03.0	201512220807030	117.12	正	37.368	12.7
8	2015-12-22 08:07:04.0	201512220807040	117.12	正	37.368	12.7
9	2015-12-22 08:07:05.0	201512220807050	117.12	正	37.368	12.7
10	2015-12-22 08:07:06.0	201512220807060	117.12	正	37.368	12.7
11	2015-12-22 08:07:07.0	201512220807070	117.12	正	37.368	12.7
12	2015-12-22 08:07:08.0	201512220807080	117.12	正	37.368	12.7
13	2015-12-22 08:07:09.0	201512220807090	117.12	正	37.368	12.7
14	2015-12-22 08:07:10.0	201512220807100	117.12	正	37.368	12.7
15	2015-12-22 08:07:11.0	201512220807110	117.12	正	37.368	12.7
16	2015-12-22 08:07:12.0	201512220807120	117.12	正	37.368	12.7
17	2015-12-22 08:07:13.0	201512220807130	117.12	正	37.368	12.7
18	2015-12-22 08:07:14.0	201512220807140	117.12	正	37.368	12.7
19	2015-12-22 08:07:15.0	201512220807150	117.12	正	37.368	12.7
20	2015-12-22 08:07:16.0	201512220807160	117.12	正	37.368	12.7

图5 雷电数据查询结果

2) 柱形图展示:左侧选项卡中,当日频度、雷击频度、幅值分布、累积概率等功能以柱形图和表格方式同时展示雷电信息。如图6所示,在幅值分布1的页面,其中柱形图的横坐标与雷电流幅值,纵坐标与雷击个数一一对应。鼠标滑动到柱形图上可以显示横纵坐标的属性值,清晰的表现了不同雷电流幅值相对应的落雷数。

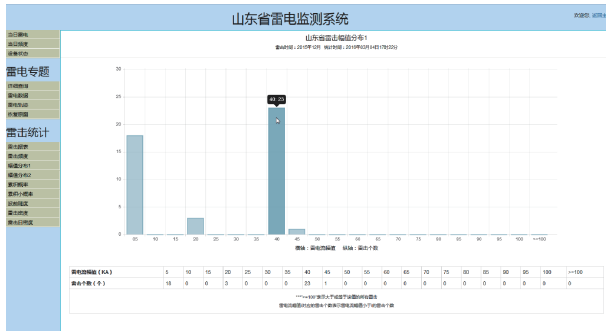


图6 幅值分布1统计结果

开始时间:	201512220806570	结束时间:	201512220807160
开始经度:	117.12	开始纬度:	37.368
结束经度:	117.12	结束纬度:	37.368
幅值范围:	0-200	极性:	正
统计类型:	幅值分布	统计方式:	统计
统计区域:	山东	统计单位:	县级
统计日期:	2015-12-22	统计时段:	全天
统计精度:	1000	统计范围:	全国

图7 详细查询页面

3) 空间地图展示:左侧选项卡中的详细查询中,包括多种检索条件。如图7所示,检索的必要条件包括起止时间、电流上下限的限制及电流极性。其中查询范围分为4个选项,分别为所有数据、矩形区域、圆形区域、行政区域。用户可以在矩形区域和圆形区域根据自己的需求输入经纬度,也可以按默认值查询。行政区域锁定山东省,此外用户可以根据需求确认是否选择市级和县级。点击开始查询按钮,生成查询结果。如图8所示,检索结果展示分为两部分,上面是雷电数据在地图上的定位显示,下面是雷电数据的表格显示。当用户点击地图上某一雷电符号(红色正号和蓝色负号)时,表格中对应的雷电信息高亮显示;当用户点击表格中某一行雷电数据时,地图中对应的雷电符号弹窗显示其详细信息。这样用户可以快速的检索出需要的详细雷电数据。

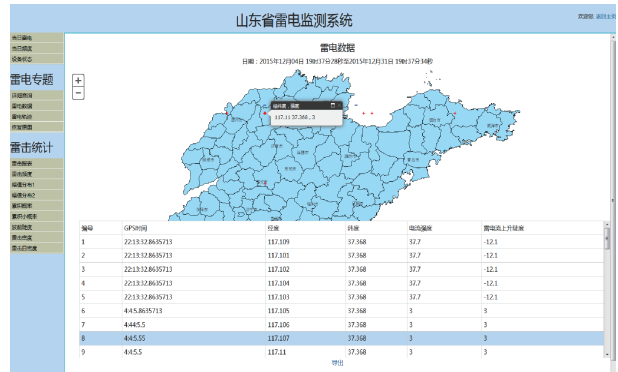


图8 详细查询结果

5 结论

基于 WebGIS 的雷电监测系统不仅能对历史雷电数据进行高效的检索和分析,而且能实时对当日雷电数据进行可靠的接收和精确的定位显示。该系统采用业务扩展方便、共享性强的 B/S 模式的体系结构,减少了繁琐的客户端安装工作。使用 Arcgis 10.0 for Server 作为 GIS 服务器,提供了完善的空间分析和强大的地理数据处理功能。采用表格、柱形图、空间地图等多种方式对雷电数据进行叠加可视化。总之,基于 WebGIS 的雷电监测系统为气象研究人员提供了更加方便的在线查询、统计、可视化的功能,对于 GIS 领域与其他专业领域的结合具有重大意义。

参考文献

[1] XING H Y, ZHANG Q, JI X Y, et al. Hybrid inversion method for equivalent electric charge of thunder cloud based on multi-station atmospheric electric field[J]. Instrumentation, 2015, 2(3): 3-11.

(下转第 71 页)