

文章编号: 1000-5862(2013) 01-0060-05

# 基于 RIA 的 WebGIS 自动气象站数据服务系统

李志鹏, 胡佳军, 张 玮, 李洪康

(江西省气象信息中心, 江西 南昌 330046)

**摘要:** 针对自动气象站实时数据分析与显示的实际需要, 采用基于 RIA 的 WebGIS 技术进行了自动站数据服务系统的开发与实践, 实现了自动站实时数据的实况监测、动态展现、等值面绘制、组合检索查询等功能. 运行结果表明: 该系统模型数据结构简洁, 数据交互效率较传统 WebGIS 有明显提高, 用户体验感强, 为气象监测、预警预报提供了高效集约的自动站实时数据支撑服务.

**关键词:** 富客户应用; 网络地理信息系统; 自动气象站; 数据服务

**中图分类号:** TP274+.2

**文献标志码:** A

## 0 引言

自动气象站(以下简称“自动站”)观测数据是中小尺度强对流天气过程及相关气象灾害监测预警的重要基础资料, 具有时空密度高、实时性强等特点, 既包括了观测站点的温、湿、风、压、雨等多类气象观测要素, 还包括了相应观测站的经纬度、海拔高度等空间信息. 如何在空间框架下实现自动站海量数据的查询检索和空间分析, 为气象灾害监测预警提供及时高效的数据支撑, 是气象数据处理研究的重要内容. 由于网络地理信息系统(WebGIS)是基于 Internet/Intranet 环境下实现对地理信息的应用, WebGIS 客户端只需使用 Web 浏览器, 就可以访问 GIS 数据和使用 GIS 功能. 系统部署方便、操作简单、建设及维护成本低, 是实现 GIS 互操作的最佳解决途径之一, 已在气象科学研究和业务应用中有不少成功案例, 如刘旭林等<sup>[1]</sup>开发了基于 WebGIS 的气象信息显示和查询系统, 陈少平等<sup>[2]</sup>利用 WebGIS 研发了三峡库区及周边自动气象站实时资料服务系统, 阮惠华等<sup>[3]</sup>研究了基于 WebGIS 的气象预报实时资料共享系统, 方海涛等<sup>[4]</sup>基于 WebGIS 和 SVG 开发了气象参数信息系统. 但 WebGIS 和其他 Web 应用程序一样, 其模型是基于页面模型, 页面生成后信息处于静态方式, 不利于对复杂空间地理

数据的应用和用户交互, 且在界面设计、交互操作、响应速度等方面不能令人满意<sup>[5-7]</sup>.

为了弥补上述不足, 本文采用较为成熟的富客户应用(Rich Internet Applications, RIA)技术. RIA 将桌面应用与传统的 Web 应用融合为一体, 既具有 Web 应用部署的灵活性, 又具有桌面应用强大的计算能力和交互能力. RIA 使得客户端可以显示和操作更为复杂的数据模型, 从而提高与用户的交互能力, 降低对服务器的依赖性; RIA 具有灵活多样的界面控制元素, 能较好地与数据模型相结合, 使服务器响应对整个界面产生的影响, 转变为只有收到请求的 RIA 应用程序才做出相应变化<sup>[8-10]</sup>. 本系统采用 Adobe 公司的 Flex 为基础进行开发, 建立了基于 RIA 的 WebGIS 自动气象站数据服务系统, 实现了对江西省自动气象观测站网共计 2 135 个测站实时观测数据在空间框架下的查询检索和分析.

## 1 系统结构与功能

### 1.1 系统结构

系统结构如图 1 所示. 为了区别于其它商业 WebGIS 应用系统, 该系统简化了 WebGIS 模型框架结构, 既完整实现传统 WebGIS 的各项基本功能, 又大幅提高了数据的访问效率, 且方便部署、易于扩展. 系统运行于江西省的省市县 3 级气象广域网络.

收稿日期: 2012-11-19

基金项目: 江西省山洪地质灾害防治气象保障工程资助项目.

作者简介: 李志鹏(1964-) 男, 江西乐安人, 高级工程师, 硕士, 主要从事气象信息系统业务与应用研究.

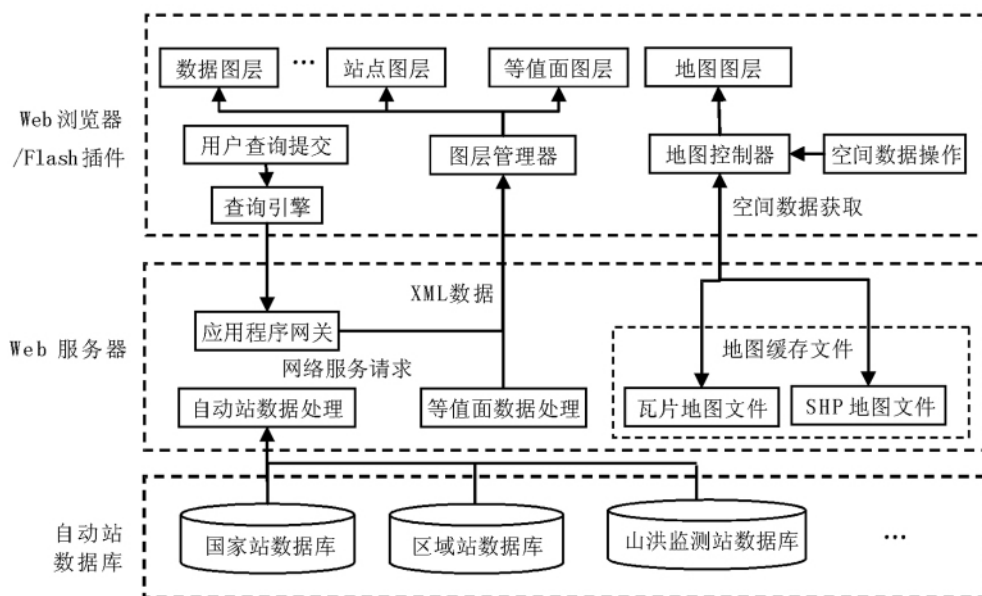


图 1 基于 RIA 的 WebGIS 自动站数据服务系统结构

1.1.1.1 浏览器端 浏览器端是采用 Flex 开发的富客户端,负责与用户的交互,使用异步客户端/服务器通信模型,连接后端应用服务器,接受服务器端分析处理后返回的 XML 格式数据,进行空间数据与属性数据的显示控制,完成等值面处理并与地图数据叠加。利用客户端的图形处理能力,在浏览器端完成对站点数据信息的显示和交互工作,既提高了客户端的响应速度、增强了用户体验,又减少了数据往返于服务器的次数、降低了对服务器资源的依赖。

1.1.1.2 服务器端 服务器端负责响应客户端的请求,采用应用程序网关方式实现对自动站数据的分析处理,向浏览器端返回 XML 数据.浏览器端根据站点经纬度等信息将返回的 XML 数据处理后按要求显示在地图上,自动站数据库主要包括国家自动站数据库、区域自动站数据库、山洪地质灾害防治专项自动站数据库,以及根据相应气象要素加工生成的派生数据库;地图数据采用多数据源方式,可在多个 Web 服务器上部署生成好的瓦片地图缓存和 SHP 格式地图文件,提高对地图数据的访问速度.

## 1.2 主要功能

系统在完成地图的放大、缩小、漫游、比例尺标注、测站查询定位、图层控制、地理底图切换等基本地理信息功能的基础上,还包括以下主要功能:数据组合检索查询,可视化数据表现,实况数据临界阈值告警,本地化数据环境。

1.2.1 数据组合检索查询 根据自动站类型、气象要素、行政地域、时间段等参数的选择,提供任意时段雨量、最高气温、最低气温、平均温度等查询检索;

根据灾害性天气监测预警实际需要,提供气象要素常用统计时段统计值快捷查询,如近 1、3、6、12、24、36、48、72 h 等累计雨量及等值面图等,并根据雨量分级标准,统计出现大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨的观测站点数(县、乡镇等)。

为使查询结果更为直观,系统设计了测站要素值阈值调节滑块,通过拉动滑块可控制查询结果的显示,高于滑块指示值、低于滑块指示值的测站分别采用不同颜色标注,并即时统计对应的测站站点数量。

1.2.2 可视化数据表现 根据气象要素查询统计结果,在客户端实时绘制对应区域的等值面图并加载到地图上,针对不同的气象要素提供若干特定色标、颜色标尺渲染,结合实际业务需要或使用习惯,提供地形图、卫星地图、行政区域图及白板图共4种地图底图供用户选择;为便于与用户选择的地图底图配合进行显示分析,系统提供了拉动滑块控制等值面透明度的选择操作。自动站数据查询结果可随意采用空间分布图、时间序列分布图、数据列表及距平方式灵活展现,并具备数据过滤、数据排序、数据导出等功能;点击空间分布图上的测站,可获得该测站气象要素的时间序列分布图,用户能够与其直接交互,获取更为细致监测信息。

**1.2.3 实况数据临界阈值告警** 提供用户对本地临界雨量、风、温度等阈值告警参数的设置及调整功能,主要包括时间段及强度等设置,如可对 1、3、6、12、24 h 雨量及小时极大风速、小时最高气温、小时最低气温等进行选择性监视告警,当达到临界预警值时,自动通过多媒体方式在客户端本地自动告警提示。

1.2.4 本地化数据环境 根据用户在气象广域网络所处的节点位置,默认向该用户返回其所在行政区域或气象服务责任区内的自动站数据监测处理信息,用户也可根据气象业务服务需要,查询周边或更大范围的自动站数据。

## 2 关键技术

### 2.1 基于 OpenScales 的浏览器端 WebGIS 功能实现

系统采用开源地图框架 OpenScales 实现浏览器端 WebGIS 功能。OpenScales 是基于 ActionScript3 和 Flex 的开源(LGPL)地图应用开发框架工具集合,非常适用于空间数据的操作,具有极大的灵活性,与 Google Map Flex API 相比,它可以访问任意地图服务,不受 Internet 访问限制;与 ArcGIS Flex API 等商业软件相比,没有版权和使用限制。自动站数据在地理底图上的综合显示由 OpenScales 图层管理控制,如通过 FeatureLayer 类创建站点图层、站名图层、数值图层,并在图层上标注站点、站名、数值,添加侦听等操作;通过 ImageLayer 类创建等值面图层,进行图片加载、显示、裁边等操作;通过 WFS 类创建边界图层,进行地图边界的矢量绘制操作;通过 MapLayer 类创建和删除底图图层,实现加载瓦片地图、切换地理底图等操作。

类似 Google Map 的操作习惯,利用 OpenScales 提供的控件实现地图缩放、拖曳、比例尺标注功能,并对地图控件自定义样式,提高视觉效果;使用经纬度跟踪控件实现地图的经纬度获取功能;通过设置 baseLayer 实现地理底图的切换操作。由于 Flash-Player 绘制相同的矢量元素都需要占用内存空间,为了提高图形绘制效率,对需要大量重复使用的图形使用位图图片,从而减少矢量图的绘制时间和内存占用,提高了大数据量站点的图形绘制效率。

### 2.2 基于金字塔模式的瓦片地图服务访问

由于服务器端瓦片技术对用户的响应速度较客户端瓦片技术和非瓦片式 GIS 要快得多,为了减少网络数据流量,系统采用了基于金字塔模式的瓦片地图服务框架,预先在服务器上切割出金字塔结构的地图图片,基于金字塔模型来分层组织地图<sup>[11]</sup>。瓦片地图金字塔模型是一种多分辨率层次模型,从瓦片金字塔的顶层到底层,分辨率越来越高,但其表现的地理范围并不改变。在纬度  $-85.0511^{\circ} \sim 85.0511^{\circ}$ 、经度  $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$  范围内的任意一点经纬度(longitude latitude)都可以转换为对应层级 level 金字塔模型的坐标形式(tileX tileY),公式如下:

$$\begin{aligned} \text{tileX} &= \frac{\text{longitude} + 180}{360} \times 2^{\text{level}}, \\ \text{tileY} &= \left(0.5 - \frac{\log\left(\frac{1 + \text{latSin}}{1 - \text{latSin}}\right)}{4 \times \pi}\right) \times 2^{\text{level}}, \end{aligned}$$

其中  $\text{latSin} = \sin(\text{latitude} \times \pi/180)$  longitude 为经度 latitude 为纬度 tileX、tileY、level 分别为金字塔模型的 x 坐标、y 坐标及层级。因该系统的地理底图数据并不需要经常更新,故使用了缓存技术以提高地图的访问效率,降低地图服务的维护成本。

使用开源软件 GeoServer 将获取的地图数据生成瓦片图片,切片之后的图片是栅格图像,并不具备定位信息,由于切片运用了和 Google 地图切片类似的算法,使每张图片的存放和命名都具有相应规则,客户端通过相同算法就可以计算出具体定位信息;瓦片图片可部署在多台 Web 服务器上,客户端通过 URL 地址可访问任意缓存图片,相比使用 Google Maps、MapABC 等提供的地图服务,此方式无需连接互联网,业务内网用户就可获得有效的地图服务。

### 2.3 基于 Flex 的客户端(表示层)实现技术

系统采用当前流行的 Web 应用设计框架 MVC (Model-View-Controller, MVC) 架构,利用主流编程语言 PHP 对自动站数据进行处理,系统可在 Windows、Linux 等多种操作系统下运行,具有良好的跨平台性,有利于部署和推广。

软件开发基于模型、视图、控制器设计模式(MVC),以实现一种动态和可持续的程序设计,使后续对程序的修改和扩展简化,它强制性地使应用程序的输入、处理和输出分开,可有效地和 Flex 开发相结合。系统将 Flex 界面作为视图,自动站数据和数据处理规则作为模型,控制器接受 Flex 客户端请求,并调用相应的模型构件,按照设定的业务逻辑来处理用户的请求,输出的 XML 作为结果返回给 Flex 客户端,Flex 客户端解析处理 XML 数据并在地图上呈现给用户<sup>[12-16]</sup>,业务流程如图 2 所示。

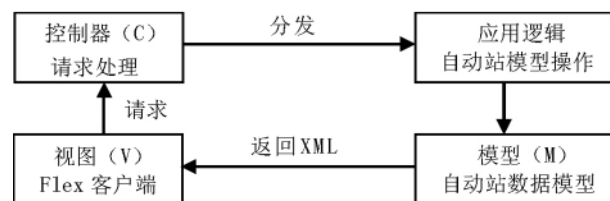


图2 自动站数据处理业务流程

由于系统的模型构件与表示层已经分开,所以可最大化地重用代码,且提供中间数据格式输出,可为不同的视图提供数据,同样的模型构件能被不同界面使用(如 Html、Flash、Wap 等)。

如果需要扩展对其他气象数据进行处理(如自动土壤水分观测数据、天气雷达基数据等),只需开发相应的模型,由控制器调用即可。

#### 2.4 基于反距离加权插值法的等值面绘制

等值面绘制是基于已有测站的气象观测要素数据进行空间插值,进而绘制出全局空间范围内该要素等值面。等值面绘制的关键之一是空间插值方法的选择。常用的插值方法有反距离加权插值法、克里金插值法、多元回归法、三角网线性插值法等,这些空间插值方法各有利弊,在气象测站分布密集的区域,不同空间插值方法的插值结果差异较小,而在气象测站分布稀疏的区域,则插值结果差异较大。由于江西省各类自动站布点数量已达到2 135个,且站网密度仍在快速增加,自动站分布相对均匀。因此,考虑到算法的简单性与易于实现,系统采用了反距离加权插值法<sup>[15]</sup>。

为了保证等值面的绘制效果,特别是其边界的绘制效果,需将客户端所请求区域连同其周边市县区域的自动站观测数据纳入一并计算处理(通常还包括邻省相关市县自动站实时数据),这些参与计算的实时数据由于种类多(每次自动观测通常包括7种观测要素共33组数据)、频次高(当前为每5 min更新一次数据),如果将等值面绘制过程全部由客户端实现,这些庞大的观测数据会给广域网络带来巨大的传输压力,因此,数据的基本计算、等值面的空间插值等处理过程由服务器端完成。

常用的气象要素绘图软件(如GrADS、Surfer等)都具有等值线绘制功能,但在实时数据等值线的动态生成效率上略有不足。本系统采用开源语言Python进行等值线处理。Flex客户端发送请求给PHP,PHP通过xmlrpc调用Python的SimpleXMLRPCServer,根据请求参数,SimpleXMLRPCServer获取特定的自动站实时数据,系统基于这些获取的数据,采用反距离加权插值法,将离散点数据插值到网格点,利用网格点等值线追踪算法进行等值面数据的基本处理,并通过xmlrpc返回给PHP,由PHP返回到Flex客户端。Flex客户端根据返回的数据,利用本区域的测站站点信息进行定位、叠加和显示控制,使用边界数据对等值面进行白化处理,生成本地等值面图片。

### 3 系统测试

#### 3.1 测试环境

服务器端配置: Intel(R) Xeon(R) CPU E5506@

2.13 GHz, 16 GB DDR3 内存, SAS 146 GB ×6 硬盘, 集成 2 × 1 000 MB 自适应以太网卡; Windows Server 2003, IIS 5.0; php 5.2.14, mysql 5.0.90, Apache 2.0。

客户端配置: Intel 酷睿 i3 2120@3.3GHz, 2GB DDR3 内存, 500 GB 7 200 转 SATA2 硬盘, NVIDIA GeForce G405 512 MB 独立显卡, 1 000 Mbps 以太网卡; Windows XP 操作系统; Flashplayer 10.3。

广域网络: 省市 8 MB、市县 4 MB 带宽。

#### 3.2 测试方法与结果

将全省 2 135 个自动站实时观测数据作为测试数据,对本系统进行正确性测试,系统的数据查询、统计、可视化表现、地理信息处理、用户与软件的交互及业务流程等功能完全达到预期目标;通过构造一些不合理或错误的输入,如错误的测站信息(经纬度、海拔高度、区站号等异常)、错误的观测时次(年、月、日、时、分等出现异常值)、错误的观测数据(温度出现 70 ℃ 或 -60 ℃、小时降水出现负值或 400 mm 等),对系统进行容错性测试,在这些异常条件下的系统运行行为均达到了设计要求。

性能及效率测试方面,重点对系统的负载及响应能力进行测试,在模拟测试的基础上,通过组织全省 93 个气象台站的并发访问,尤其是利用 2012 年 5 月 11 日的 20 时—14 日 8 时、2012 年 6 月 9 日的 8 时—12 日 8 时、2012 年 6 月的 21 日 8 时—26 日 8 时 3 次全省性连续暴雨过程,对系统处理速度与响应时间等进行实际应用压力测试。测试表明,各气象台站客户端获取输出结果所需时间长短与所选测站数量的多少具有正相关性,以用户对当前 24 h 全省各测站降水查询统计绘图为例,系统需对各自动站当前 24 个时次的逐小时雨量值进行实时累计,并输出对应的等值面图,当仅选择国家自动站(93 个)作为统计对象时,系统响应平均所需时间为 1.3 s,当仅选择区域自动站(1 583 个)作为统计对象时,系统响应平均所需时间为 2.5 s,当选择所有测站(含山洪地质灾害防治专项测站,当前为 2 135 个测站)作为统计对象时,用户查询平均所需时间为 2.7 s。测试结果表明:系统功能、性能及效率等方面均达到业务化运行要求。

### 4 应用效果

该系统已在江西省气象部门投入业务应用,面向省市县 3 级气象台站提供可视化的自动站数据监测、查询及分析服务,系统运行稳定、功能完整,界面

直观、操作简便,具有较强的业务实用性,已成为各级台站监测天气过程演变、开展气象监测预报预警服务的重要基础支撑。在 2012 年的 6 月 21—26 日连续暴雨过程、8 月 3 日—4 日第 9 号热带风暴“苏拉”及 8 月 7 日—12 日第 11 号强台风“海葵”影响江西期间,各级预报业务服务人员利用该系统,实时监测各地雨情,直观准确的掌握区域内天气强降水的分布与变化,加强预测预报预警,为防御和减轻强降水可能造成的灾害损失发挥了重要支撑作用。

## 5 结语

基于 RIA 的 WebGIS 自动气象站数据服务系统较好解决了传统气象 WebGIS 开发在界面设计、交互操作、响应速度等方面的不足,数据表现形式丰富生动,用户体验更强;系统结构简洁,采用 Flex 可重用、可扩展的框架设计,易于部署和功能扩展;基于开源软件开发,推广及维护成本低;对于实时性强、数据量大、逻辑复杂的气象数据显示和分析,基于 RIA 的 WebGIS 是较好的技术选择。

## 6 参考文献

- [1] 刘旭林,赵文芳,刘国宏. 基于 WebGIS 的气象信息显示和查询系统 [J]. 应用气象学报, 2008, 19(1): 116-121.
- [2] 陈少平,田刚,王建国. 三峡自动站实时资料数据库及其应用 [J]. 气象, 2005, 31(12): 69-72.
- [3] 阮惠华,肖文名. 基于 WebGIS 的气象预报实时资料共享系统研究 [J]. 地理空间信息, 2008, 6(4): 95-97.
- [4] 方海涛,华连生,方亚明,等. 基于 WebGIS 和 SVG 技术的气象参数信息系统 [J]. 计算机工程, 2008, 34(10): 264-265.
- [5] 刘俊,谭建军,邵长高. 基于 Flex 的 WebGIS 框架设计与实现 [J]. 计算机工程, 2010, 36(10): 242-244.
- [6] 刘二年,丰江帆,张宏. 基于 Flex 的环保 WebGIS 研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(2): 26-28.
- [7] 吴涛,戚铭尧,黎勇. WebGIS 开发中的 RIA 技术应用研究 [J]. 测绘通报, 2006(6): 34-37.
- [8] 龙明,李田,王青山,等. 基于 RIA 的 WebGIS 多媒体数据的存储与检索 [J]. 测绘科学, 2010, 35(2): 173-174.
- [9] 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): 37-41.
- [10] 龙明,汶博,魏娟. 基于 RIA 的网络地理信息系统的设计与实现 [J]. 海洋测绘, 2006, 26(5): 38-41.
- [11] 孙利华,王琪,吴焕萍,等. 基于 Flex 的气象信息网络发布平台设计与实现 [J]. 应用气象学报, 2010, 21(6): 754-760.
- [12] 潘海兰,吴翠红,葛晓敏. XML 及其在 MVC 模式中的应用 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 202-205.
- [13] 戴一平. MVC 设计模式在 PHP 开发中的应用 [J]. 计算机与现代化, 2011, 3(3): 33-37.
- [14] 谢珩,吴多益,卢显良,等. MVC 模式在 WEB 应用中的一种实现 [J]. 计算机科学, 2006, 33(5): 136-138.
- [15] 刘旭林,赵文芳. 气象观测数据等值线自动绘制系统 [J]. 气象, 2009, 35(4): 102-107.
- [16] 李志鹏,高琰,张玮. 预警联防信息的网络实时传输平台设计与实现 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学学报, 2009, 33(2): 162-165.

## WebGIS Automatic Weather Station Data Service System Based on RIA

LI Zhi-peng, HU Jia-jun, ZHANG Wei, LI Hong-kang

( Jiangxi Meteorological Information Center, Nanchang Jiangxi 330046, China)

**Abstract:** To meet the demand of analysis and display realtime weather data from automatic weather station ( AWS for short) ,an application of WebGIS technique based on RIA( Rich Internet Applications) has been developed for AWS data service. It implemented the f-unction of AWS data live monitoring ,dynamic display ,combination query and isosurface r-endering. After running the application for a period of time ,it was proved that the application had reasonable data structure ,more efficient data interaction than traditional WebGIS and better user experience. This application provides highly efficient and intensive data support for weather monitoring ,weather forecast and early warning.

**Key words:** RIA; WebGIS; automatic weather station; data service

( 责任编辑: 冉小晓)