

## 摘要

台风是世界上破坏性极大的自然灾害之一。中国所处的西北太平洋地区是台风发生最频繁的地区,同时中国是世界上遭受台风影响最严重的国家之一。随着科学技术的发展,研究台风、获取数据的手段的增强,使得台风数据迅速增加,于是要求以一种高效的手段来管理、分析、检索和共享台风数据。

WebGIS 是 Internet 与 GIS 结合的产物。它不但具有 GIS 的数据采集、管理、分析等功能,还具有 Internet 信息发布和共享的特点。它是目前 GIS 发展的趋势之一。随着 GIS 在各领域应用的深入,WebGIS 的应用也越来越广泛,这证明 WebGIS 是一种高效的数据管理和分析手段。因此,WebGIS 为台风数据的检索与共享提供了新的方法。本文将研究如何使用 WebGIS 为台风信息检索提供服务。

Web 技术的发展给 Web 系统提出了更高的要求。在当前 Web2.0 技术框架下,WebGIS 具有怎样的发展趋势,怎么将 Web2.0 的新技术与 WebGIS 结合起来,使 WebGIS 系统具有更好的交互性,这也是本文将要探讨的问题。

在研究 WebGIS 的特点及其在台风领域的应用现状,分析现有台风 Web 系统的特点的基础上,本文探讨了 WebGIS 在 Web2.0 技术框架下的发展趋势,分析了 ArcIMS 平台的特点,设计了基于 Web2.0 和 ArcIMS 的台风信息检索系统,并对系统三层结构进行了详细的划分,对系统的数据组织和系统的功能进行了详细设计。

为了提高系统的交互性以及实现系统数据业务逻辑和表现形式的分离,本文对 Web2.0 的核心技术 Ajax 和 MVC 框架 Struts 进行了深入研究。Ajax 的特点是数据的异步传输和局部刷新,系统采用 Ajax 实现页面的局部刷新和按需取数据,对提高系统的交互性和减少网络传输数据量起到了很好的作用;MVC 模式的优势在于实现数据业务逻辑和表现形式的分离,增加代码的重用性,使系统更加灵活,更容易维护和扩展。Struts 是一个实现了 MVC 模式的 Java 开源框架,系统采用 Struts 实现数据的查询,分离了系统数据的表现形式和业务逻辑,增加系统的灵活性,为系统的维护和扩展提供了良好的基础。

同时,本文对台风路径显示的实现方法进行了研究。分析了几种传统实现方法的特点,提出用 ArcIMS 的 JavaViewer 的方法实现基于图层的路径的添加和显示,并实现了这一方法。

最后,对本文所做的工作进行了总结和展望。目前本文所实现的台风信息检

索系统功能还比较简单，在以后的工作可以增强系统的查询、数据分析和空间分析方面的功能。

**关键词：**台风，WebGIS，Web2.0，ArcIMS，Ajax，MVC，Struts

## Abstract

Typhoon is one of the most destructive disasters in nature. China is located in the area of Northwest Pacific Ocean, which has the most frequent occurrence of typhoon. Meanwhile, China is one of the most seriously disastrous countries suffering from typhoon. With the development of science and technology, the method for studying typhoon and acquiring data is improved, which leads to a dramatic increase in the data of typhoons. So we are eager to seek a better way to manage, analyze, retrieve and share the data.

WebGIS is the union product of Internet and GIS. It not only has the functions of GIS, but also the characteristics of Internet. It is one of the tendencies of GIS. With the extensive applications of GIS in various fields, WebGIS becomes widespread. It proves WebGIS is a highly effective approach of data management and analysis. Therefore, WebGIS will provide a new method for data retrieval and sharing of typhoon. In the paper, I study how to utilize WebGIS to provide the service for information retrieval of typhoon.

The development of Web technology requires the Web system having a higher performance. In the current Web2.0 framework, what is the tendency of WebGIS and how to unify Web2.0 and WebGIS to enable WebGIS to have a better interaction are the issues that will be discussed in the paper.

After studying the characteristics and the applications of WebGIS in typhoon's field and analyzing the current Web system of typhoon, the paper discusses the tendency of WebGIS in the Web2.0 framework, analyzes the characteristics of ArcIMS, designs the information retrieval system of typhoon based on Web2.0 and ArcIMS, divides system into three levels of structure and designs the data structure and functions of system.

In order to enhance the system's interaction and realize the separation of business logic and data view, the paper introduces Ajax which is the core technology of Web2.0 and Struts which is a framework of MVC. The characteristic of Ajax is the asynchronous transmission and partial refresh of data. The system uses Ajax to realize partial refresh and fetch data according to the users' needs, which contributes to the

improvement of the system's interaction and reducing the network transmission .The superiority of MVC pattern lies in realizing the separation of business logic and data view, increasing the reusability of code, which makes the system more flexible and easier to maintain and expand. Struts is a open source framework of Java that realizes MVC pattern. The system uses the Struts to realize the data inquiry, separates business logic and data view and increases the system's flexibility, which provides the good foundation for the system's maintenance and expansion.

At the same time, the paper also studies how to display the typhoon's moving track, analyzes the characteristics of various kinds of traditional methods, and then uses ArcIMS JavaViewer to realize the display of typhoon's moving track based on layer.

Finally, the writer summarizes and prospects the work that has been done in the paper. At present, the function of the information retrieval system of typhoon is still simple, so it will be an increase in the functions of the system in data inquiry, data analysis and spatial analysis in the later work.

**Keyword:** Typhoon, WebGIS, Web2.0, ArcIMS, Ajax, MVC, Struts

## 学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是我在导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确说明并表示谢意。

作者签名：罗向欣 日期：2007.6.15

## 学位论文授权使用声明

本人完全了解华东师范大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅。有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

学位论文作者签名：罗向欣

导师签名：刘

日期：2007.6.15

日期：2007.6.15

# 第一章 绪论

## 1.1 研究意义

台风是世界上最严重的自然灾害之一。在全球的台风生成区中，西北太平洋地区的发生频率最高，占全球总数的 1/3 以上，同时西北太平洋中的台风强度也是最强的。我国是世界上遭受台风影响最频繁和最严重的国家之一。受西北太平洋台风的影响，自 1949 年以来，我国每年的直接经济损失达 10-100 亿元，死亡人数在 100-1000 人以上。近年来，随着沿海地区社会经济的快速发展，台风灾害所造成的社会损失也呈明显上升趋势<sup>[1]</sup>。

随着科学技术的快速发展，人类获取台风数据的技术愈加快速、准确，这使得台风信息内容更充实，决策辅助的准确性也大幅度提高。从过去的相关研究显示，对于空间资料的分析与决策，采用的技术手段相对落后。因此需要一种高效的方法来管理，加强信息查询的检索效率，实现数据共享，为决策提供更好的支持。

近年来，随着地理信息系统在各领域应用的广泛和深入，气象领域的应用也越来越普及。更多的气象工作者开始认识到地理信息系统技术的应用价值，无论是在历史气象资料的管理、查询、自动制图、统计分析，还是气象建模分析评价及提供辅助决策方面，地理信息系统都发挥着不可替代的作用。地理信息系统的发展，为台风数据的管理提供了技术手段，同时，GIS 在气象领域的应用也为地理信息系统与台风的有效结合提供了依据。随着 Internet 技术的发展，GIS 与 Internet 结合成为必然的趋势，WebGIS 应运而生。WebGIS 是 GIS 与 Internet 技术结合的产物，它不但具有 GIS 的数据管理和空间分析的功能，而且具有 Internet 信息发布功能和数据共享的特点，这为台风信息的发布和数据的共享提供了一个很好的平台。因此，本文将研究如何使用 WebGIS 为台风信息发布和数据共享提供服务，并对基于 WebGIS 的台风信息检索系统的设计和实现进行探讨。

同时，近年来 Web2.0 概念的提出以及 Ajax 等技术的使用，给整个互联网带来了一系列的变化，标志着 Web2.0 时代的来临。Web2.0 时代是一个强调用户参与、用户体验的时代，那么在 Web2.0 时代，WebGIS 系统应该怎样与 Web2.0 的新技术结合，如何增强系统的交互性，提高用户的参与度，给用户更好的体验以

符合 Web 发展的趋势，这都是值得探索的问题。因此，本文将对 Web2.0 的核心技术 Ajax 进行深入研究，并探讨如何在本系统中使用 Ajax，增强系统的交互性。

## 1.2 WebGIS 及其特点

WebGIS 是一个基于网络的客户/服务器的分布式系统，是 GIS 在广域网环境下的一种应用。WebGIS 的基本思想是在互联网上提供地理信息，让用户通过浏览器来获得地理信息系统中的数据和功能服务。GIS 通过互联网使其功能得以延伸和扩展，并成为一种大众化的工具。WebGIS 为地理信息系统通过 Internet 在更大范围内发挥作用提供了新的平台。

当前，WebGIS 采用主流的通信、应用协议和体系结构，特别地，客户端软件采用通用的浏览器，大大增强了 GIS 软件的开放性和易用性。与桌面地理信息系统相比，WebGIS 在体系上有着重大的革新和发展，这使 WebGIS 具有以下几个方面的特点<sup>[2][3][4][6]</sup>：

(1) 跨平台性。桌面 GIS 软件针对不同的操作系统，对于不同的操作系统使用相应的 GIS 应用软件。而 WebGIS 客户端使用的是通用浏览器，无论客户机是何种操作系统，只要支持通用的 Web 浏览器，用户就可以访问 WebGIS 数据。而利用 Java 技术的 WebGIS 则能做到“一次编程，到处运行”，使系统不局限于服务器的操作系统限制，真正发挥跨平台的技术优势。

(2) 可以大规模降低系统成本。WebGIS 在客户端不需要配备昂贵的专业 GIS 软件，通常只需使用 Web 浏览器(可能有时还要安装一些插件，但通常是免费的)，从而大大地降低了终端客户的成本和技术要求。

(3) 充分利用服务器和客户机资源，实现平衡高效的计算负载。传统的桌面 GIS 大都使用文件服务器结构的处理方式，其处理能力完全依赖于客户端，效率较低。而 WebGIS 系统能充分利用网络资源，将基础性、全局性、复杂性的处理交由服务器执行，而对数据量较小的简单操作则由客户端直接完成。这种计算模式能灵活高效的寻求计算负荷和网络流量负载在服务器端和客户端的合理分配方案。这样在客户端环境不变的情况下，通过提高服务器端机器性能和网络速度，即可以达到提高整个服务效率的目的，是一种较为理想的模式。

(4) 实现了更广泛的信息共享。WebGIS 可以通过浏览器进行信息发布，使得不仅是专业人员，而且普通用户也能获取所需的信息，它拥有更多的应用群体。客户可以同时访问多个位于不同地点的服务器上的最新的数据，这大大方便了

GIS 的数据管理,使分布式的多数据源的数据管理和合成更易于实现。此外,由于 Internet 的迅猛发展,Web 服务正在渗入千家万户,在全球范围内任意一个 Web 站点的 Internet 用户都可以获得 WebGIS 服务器提供的服务,因此极大地扩展了 GIS 的应用范围,使得 GIS 真正成为一种大众使用的信息工具。

(5) 更简单的操作。要推广 GIS 应用,使 GIS 系统为广大的普通用户所接受,而不仅仅局限于少数受过专门培训的专业用户,就要降低对系统操作的要求。通用的 Web 浏览器无疑是降低操作难度的最好选择。

### 1.3 WebGIS 应用现状研究

1995 年,一种基于 Internet 技术标准、以 Internet 为平台的、采用分布式体系结构的 GIS 系统——WebGIS 系统在美国出现,它使 Internet 用户不需要购买 GIS 软件,就可以通过 Web 浏览器访问 GIS 应用系统提供的各种数据和功能。WebGIS 的出现,使得 GIS 成为一种大众化的工具,使全球范围内实现地理信息共享成为可能。随着 WebGIS 技术的发展和人们对各种地理信息需求的增加,国内外出现了大量以各种应用为目的的 WebGIS 系统,从其提供信息内容和服务对象,大至可分为两大类:提供公共信息的 WebGIS 和提供专业信息的 WebGIS。

#### 1.3.1 提供公共信息的 WebGIS

目前,国内外出现了很多提供公共信息的 WebGIS,国外的有影响很大的 Google Maps,国内的有 51 地图、Mapbar 等。这类 WebGIS 网站提供的信息大都与公众的日常生活息息相关,如基本的地图浏览、地点查询、公交线路查询、驾车线路查询等,有的甚至提供更详细的分类信息的查询,如 Mapbar 对休闲、旅游、医药、商业等信息进行了分类,用户可对自己感兴趣的信息进行分类查询;这些站点大都有自己的技术体系,而不是使用商业的 WebGIS 平台;同时他们都使用了一些新的技术,如目前流行的 Ajax 技术,地图分割技术等,并且还提供个性化的服务,使系统具有很强的交互性,这就增强了用户体验,体现了 Web2.0 特点。这类 WebGIS 特点如下:

##### 1、类型多样的地图查询

地图查询是提供公共信息的 WebGIS 最基础也是应用最广泛的功能,它们提供了地图浏览、地点查询、交通查询等基本的查询功能,除此以外,有的网站还



提供类型多样的地图信息查询。国内的 Mapbar, 它对信息进行了较详细的分类, 如休闲、生活、医药、旅游、商业, 并对这些类型又进行了细化, 如休闲又分为卡拉 OK、酒吧茶座、影院剧场等, 基本上只要能想得到的方面都可以查得到。

## 2、很强的交互性——Web 系统的发展趋势

从上世纪六十年代网络的产生到今天, Web 技术经历了从静态网页到动态网页, 再到当前强调交互性、强调用户参与、强调用户体验的 Web 发展过程。有人把从静态网页到动态网页的这一时期称为 Web1.0, 而当前强调交互性、强调用户参与、强调用户体验的 Web 时代称为 Web2.0<sup>[6]</sup>。Web2.0 与 Web1.0 的重要区别之一是: 在 Web2.0 技术体系下的 Web 系统具有更好的交互性, 更强调用户的参与和用户的体验度。Web2.0 的这些特点在提供公共信息的 WebGIS 上都有很好的体现。如曾经轰动一时的 Google Maps、Google Earth, 它采用了地图分割技术和流行的 Ajax 技术, 这样可以大大加快数据传输, 用户提交的请求能很快得到响应, 系统交互性增强, 使用户在使用 Web 系统时有像使用桌面应用一样的感觉; 同时它还提供一些个性化服务, 如用户添加自己的地标等, 使用户能自己动手参与其中, 增加了用户的体验度。国内的 Mapbar 也提供了不少个性化服务功能, 如个人地图名片, 能在用户的个人电子名片上加注具有丰富内涵的地图, 直观展示用户所赋予的位置信息; 同时它也提供了类似于 Google Maps 地标的功能, 可以让用户往地图中添加想要的内容。

### 1.3.2 提供专业信息的 WebGIS

提供专业信息的 WebGIS, 一般是把 WebGIS 技术与具体的应用领域结合起来, 为该领域的信息检索、数据共享等提供服务。目前, WebGIS 在各行业应用广泛, 此类提供专业信息的 WebGIS 在国内外都有很多的应用实例, 如农业、林业、水利、国土资源、环境保护、城市建设和规划、交通、公共事业等部门都有相应的 WebGIS 应用系统<sup>[7][8][9][10]</sup>。

国土资源领域, 华南农业大学利用 ArcIMS 建立了广东省土壤资源信息 WebGIS 系统, 客户使用普通的 Web 浏览器即可实现土壤资源空间信息远程查询访问, 使土壤资源信息能够更广泛地为广东省农业生产服务<sup>[11]</sup>;

水利方面, 北京市利用数据库、WebGIS 和网络技术建立了防洪抢险信息系统, 通过动态网页技术实现对抢险相关信息的快速查询<sup>[12]</sup>;

环境保护方面, 国家环保总局建设了江苏省环保信息查询管理系统, 它是建

立于 WebGIS 基础上的环境 MIS 系统与环境 GIS 系统的集成系统, 具有环境空间信息共享、环境空间信息网络查询、空间数据管理、网络环境下环境空间数据专题图制作与发布、环境空间数据的分析、可视化环境管理等功能, 改变了目前环境空间信息开发、应用和共享的落后局面, 满足了社会各领域对环境空间数据共享的需求<sup>[13]</sup>。

### 1.3.3 WebGIS 在台风领域的应用

近年来, Web 与 WebGIS 技术在台风方面的应用也有不少研究。王战友等 (2004) 开发了基于 Web 的台风路径信息管理系统, 系统主要使用 ASP+Applet 技术实现, 通过 ASP 从数据库中获取数据, 并根据路径数据在 Applet 中绘出台风路径图层<sup>[14]</sup>, 但系统中并未提及 WebGIS 概念; 池毓榕 (2006) 利用 WebGIS 实现了对台风路径信息的管理, 系统建立在 SQL Server2000 和 MapInfo 的 MapX 和 MapXtreme 上, 实现了对当前台风路径的采集、编辑以及路径的查询等功能, 系统作为子系统运行在福建省防汛指挥决策支持系统中, 主要用于获取实时台风路径信息及预报信息, 为及时掌握台风动态和防台工作部署提供及时准确的数据<sup>[15]</sup>; 郑晓阳等 (2006) 建立了基于 WebGIS 的台风信息服务系统, 系统使用 JavaScript、ArcXML、ASP 等技术对 ArcIMS 进行二次开发实现, 实现了台风数据获取、路径显示、相似路径查找等功能, 主要用于为上海相关防汛单位提供准确、及时、直观的台风信息服务, 为防御台风提供决策支持<sup>[16]</sup>。

总之, 当前 WebGIS 的应用越来越普遍, 许多行业和部门都有了相应的 WebGIS 系统, Web 及 WebGIS 技术在台风领域的应用也有了一定的研究, 总结当前已有台风系统的特点如下:

(1) 它们都实现了台风路径的显示, 但使用的技术各不相同, 有的没有使用 WebGIS 技术, 而是采用静态图片、Applet、VML 等技术, 空间分析等功能难以实现;

(2) 多数系统都只在部门内部使用, 如池毓榕的台风路径信息管理系统是作为台风路径子系统在福建省防汛指挥决策支持系统中运行, 而郑晓阳等的台风信息服务系统则是为上海相关防汛单位提供台风信息服务, 他们应用对象仅为某一地区的某一部门内部人员;

(3) 在数据查询方面, 这些系统大都未考虑将数据、业务逻辑和表现形式分离开来, 因此系统维护和扩展会比较困难。

随着网络的普及,人们对 Web 页面的内容以及页面的交互性等提出了更高的要求,而 Web 及 WebGIS 技术的发展为满足这一需求提供了条件。因此,针对目前 WebGIS 在台风领域的应用现状,结合 Web 及 WebGIS 技术发展的趋势,本文提出了基于 ArcIMS 与 Web2.0 的 Ajax 等技术建立台风信息检索系统,使用台风信息检索系统更加符合当前技术发展的趋势,更好地为公众及专业人士检索台风信息提供服务。

## 1.4 本文的主要研究内容

随着网络的普及、Web2.0 概念的提出以及网络技术的发展,当前网络对 Web 系统的交互性、用户体验等方面提出了更高的要求,而 WebGIS 系统作为 GIS 在 Internet 的应用,也需要不断改进以更好地满足这些需求。因此,本文的目标是探索怎样将 Web2.0 的一些新技术与 ArcIMS 平台结合起来开发台风信息检索系统,使系统具有更好的交互性,能更好地为台风信息检索提供服务。本文的具体研究内容如下:

(1) 研究 WebGIS 在国内外各领域的应用情况,分析 WebGIS 在台风领域的应用现状,深入研究 WebGIS 的发展过程以及每一阶段 WebGIS 的相关实现技术,分析 Web2.0 的特点以及 WebGIS 在 Web2.0 时代的发展趋势,提出台风信息检索系统的解决方案。

(2) 研究 Web2.0 的核心技术 Ajax,并研究怎样把 Ajax 技术与 ArcIMS 和 MVC 框架 Struts 结合起来,实现页面的局部刷新和按需取数据,加快响应用户请求的速度,增强系统的交互性。

(3) 研究 MVC 模式的特点和优势,分析当前流行的 Java MVC 框架 Struts 的特点和开发方法,实现基于 MVC 模式的数据查询,实现数据业务逻辑和表现形式的分离,增强系统的可扩展性和易维护性。

## 第二章 WebGIS 技术发展研究及基于 ArcIMS 的技术方案

从 1995 年第一个 WebGIS 系统在美国产生至今, WebGIS 系统经历了从基于服务器的 WebGIS 到基于客户端的 WebGIS, 再到服务器/客户机混合的 WebGIS 的发展过程。当前的 Web 技术已经发展到了 Web2.0, 那么, 在 Web2.0 技术框架下, WebGIS 又是一种怎样的发展趋势呢? 本章在对 WebGIS 及其相关技术发展历程进行研究的基础上, 对这一问题进行了探讨, 并研究了本系统选择的平台 ArcIMS, 最后在此基础上提出 Web2.0 及 ArcIMS 支持下的台风信息检索系统技术方案。

### 2.1 WebGIS 发展历程及其实现技术

WebGIS 的发展与 Web 技术的发展是分不开的。随着 Web 技术的发展, WebGIS 技术体系也经历了一个逐步完善的过程。总体来说, WebGIS 经历了从基于服务器的 WebGIS 到基于客户端的 WebGIS 再到服务器与客户端混合的 WebGIS 的发展过程。WebGIS 发展历程如图 2.1 所示。

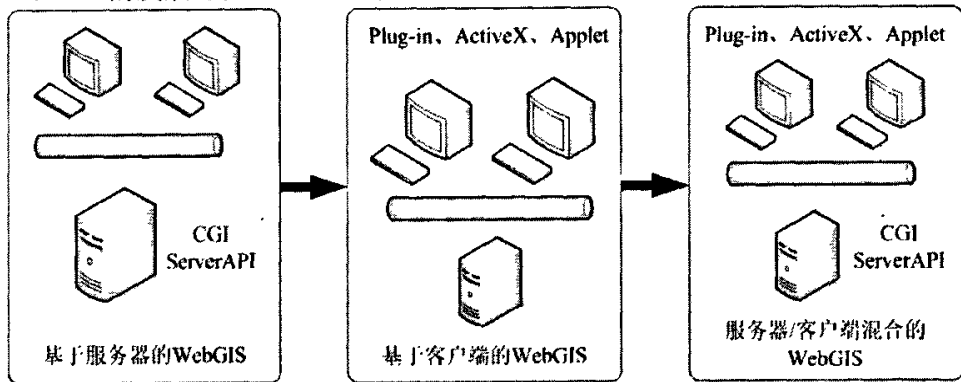


图 2.1 WebGIS 发展历程

#### 2.1.1 基于服务器的动态可交互的 WebGIS

最初, 基于 Web 的空间地理信息发布和其他的 Web 信息发布一样, 只是静态 HTML 的发布, 其形式是静态文字和地理图像组成的 HTML 网页。因为在静态网页上, 用户不能主动交互地提出查询请求, 只能被动地接受信息, 这只能被称为网上地图, 而不是严格意义上的 WebGIS 系统。

随着网络技术的发展, 动态网页技术的产生, 基于服务器的动态可交互的

WebGIS 也随之出现。1993 年,通用网关接口(Common Gateway Interface) CGI 1.0 的标准草案由 NCSA (National Center for Supercomputing Applications) 提出,它是最早的用于实现动态 WebGIS 的技术,后来为了改进 CGI 技术的不足,又产生了服务器应用程序接口 Server API 等技术,如 1996 年微软的 ISAPI。

基于服务器端技术的 WebGIS 依赖服务器端的 GIS 系统完成 GIS 分析和结果输出工作,Web 浏览器仅充当前端的对用户友好的接口。客户端的用户每进行一个 GIS 操作(通过 URL 发送请求),都需要将此请求通过互联网送给服务器,服务器接受此请求,进行处理,并将处理结果返回客户端。

### 1、通用网关接口(CGI)技术

CGI 是通用网关接口的简称,是连接外部应用程序和 Web 服务器的标准技术,是 Web 服务器调用外部应用程序时的参数规范协议<sup>[17]</sup>。它是 HTML 的功能扩展。CGI 提供了一个在浏览器和服务器之间,以及服务器和服务器上其他软件之间的一个连接接口。通过 CGI,用户可以发送一个请求到服务器上。服务器再把这个请求传到后端的应用软件上,这个特定的应用软件就按照给定的要求产生结果并交给服务器,服务器再把这一结果送给远程用户。在这一过程中,CGI 起着沟通用户与服务器上软件的桥梁作用。

基于 CGI 的 WebGIS,在服务器端,GIS 软件(以应用服务器形式存在)通过 CGI 与万维网的 HTTP 服务器相连。在客户端,由万维网浏览器以 HTML 建立用户界面,用户通过 HTML 表格和栅格图像输入指令,所有 GIS 操作和分析,都是在 GIS 服务器上完成的。服务器以图像和 HTML 文件的方式反馈。

基于 CGI 的 WebGIS 体系结构如图 2.2 所示,服务器端有两个服务器 Web Server 和 GIS Server,这两者是通过 TCP/IP 协议进行通讯的,所以既可以运行在一台主机上也可以分别运行在两台计算机上。

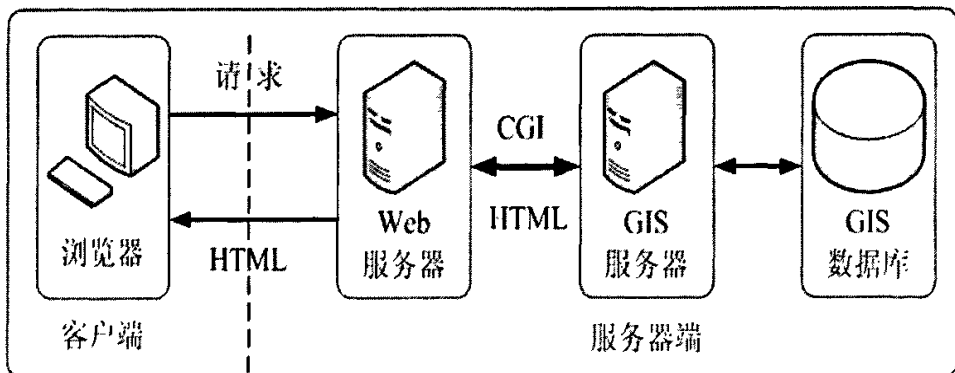


图 2.2 基于 CGI 的 WebGIS 体系结构

基于 CGI 的 WebGIS 工作模式的优势在于所有的 GIS 操作都是由 GIS 服务器完成的, 具有客户端小、处理大型 GIS 操作分析的功能强、充分利用现有的 GIS 操作分析资源等优势; 另外, 由于在客户端使用的是支持标准 HTML 的 Web 浏览器, 操作结果是以静态的 GIF 或 JPEG 图像的形式表现, 因而客户端与平台无关。但客户端的功能受 Web 浏览器和 Html 的限制, GIF 和 JPEG 是客户端操作显示的唯一图形格式; 而且服务器对客户端的每次请求都需要重新启动 GIS 应用程序, 增加了互联网和服务器的负担, 降低了系统响应的速度和工作效率。

## 2、服务器应用程序接口 (Server API) 技术

Server API(服务器应用程序接口)技术, 是为了克服 CGI 方式的效率低下而开发出来的扩充的 CGI 工具, 其基本原理与 CGI 类似, 不同的是 CGI 程序可以单独运行, 而由于 Server API 应用程序是 Web 服务器进程的组成部份, 所以必须在特定的服务器上运行<sup>[18]</sup>。Server API 作为一种进程内的扩充方法, 进程创建和进程间通信负载大大减少, 运行速度比 CGI 程序要快得多, 在一定程度上改善了 Web 服务器的响应性能。

目前, 流行的 Server API 有 Netscape 的 NSAPI 和 Microsoft 的 ISAPI<sup>[19]</sup>。实际应用中主要是 Microsoft 的 ISAPI。ISAPI 设计的基本思想是基于动态链接库 DLL, 使得 Server 程序运行速度提高和减轻系统的负载。ISAPI 的体系结构由 ISAPI 应用程序的 ISAPI 过滤器程序组成, 前者的功能和地位与 CGI 程序相似, 后者用于扩展 IIS/WWW 服务器的功能。

ISAPI 的运行机制如下, IIS/WWW Server 在需要时会将 DLL 装入系统中, 并直接调用它们, 这些 DLL 会继续保留在系统中, 与服务器共享资源, 当服务器发现有必要释放某些资源时, 会选择释放较少调用的 DLL 模块。图 2.3 表示了基于 ISAPI 的 WebGIS 体系结构。

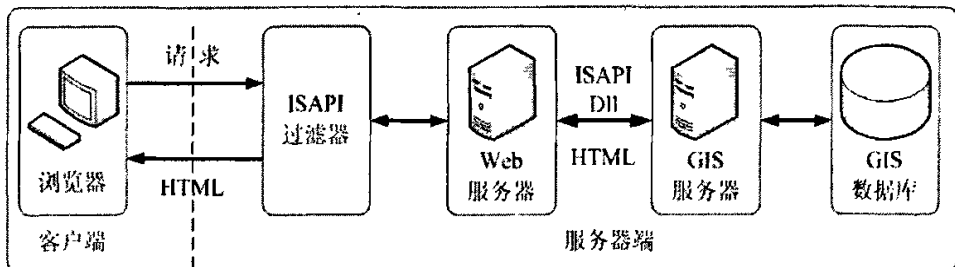


图 2.3 基于 ISAPI 的 WebGIS 体系结构

基于 Server API 模式的 WebGIS 优点在于用动态链接库取代 CGI 程序, 不会

在系统中产生新的进程，资源共用，因而响应速度比 CGI 快。但基于服务器 API 的程序必须在特定的 Web 服务器上运行，其可移植性较差；且安全性不好，一旦 DLL 出现故障或产生内存泄露，会导致整个 WebGIS 服务器陷入瘫痪；系统维护复杂，ISAPI DLL 要为每个请求产生并维护一个独立的线程，以避免冲突；当优化性能时，还得关闭 Web 服务器来更换或删除已有的 DLL，而 CGI 不存在这些问题；同时它没有解决客户端是静态图像的问题。

### 2.1.2 充分利用客户端资源的客户端 WebGIS

从前面基于服务器的 WebGIS 的特点可以看出，基于服务器的 WebGIS 存在客户端的功能太简单、对客户端的资源利用不够等不足。随着 Web 技术的发展，产生了一些扩展浏览器功能的技术，为解决这一问题提供了条件，基于客户端的 WebGIS 技术也随之产生。1996 年浏览器 Netscape 在其 2.0 版本中增加了对 Java Applet 的支持，同时成功地引入了对插件（Plug-in）的支持；同年，Microsoft 推出的 IE 3.0 也增加了对 Java 的支持，并开始支持在 IE 中插入 ActiveX 控件。这是实现基于客户端的 WebGIS 的三种主要技术。

基于客户端的 WebGIS 允许 GIS 分析和 GIS 数据处理在客户端执行。这些 GIS 分析工具和 GIS 数据最初驻留在服务器上。用户通过浏览器向服务器发出需要 GIS 数据和 GIS 处理工具的请求，服务器将所需要的 GIS 数据和 GIS 处理工具传送给客户端。客户端接受所需要的 GIS 数据和 GIS 处理工具，按照用户的操作，进行 GIS 数据处理和分析。此时无须服务器的参与。用户所需要的 GIS 数据和 GIS 处理工具已经传到客户端，因而具有操作方便灵活、速度快的优势。

#### 1、Java Applet 技术

Java 语言是一种面向对象的语言，具有跨平台特性，简单、动态性强、运行稳定、分布式、安全、容易移植等特点，因而是 Internet 上重要的编程语言。Java 程序有两种，一种可以像其他程序语言编写的程序一样独立运行；另一种被称为 Java Applet，只能嵌入在 HTML 文件中，在网络浏览器下载该 HTML 文件时，Java 程序的执行源代码也同时被下载到用户端的机器上，由浏览器解释执行<sup>[20]</sup>。

Java Applet 是用 Java 语言开发的小应用程序，是从服务器下载到客户端支持 Java 的在互联网浏览器上运行的可执行代码。Java Applet 与 Web 浏览器紧密结合，以扩展 Web 浏览器的功能，完成 GIS 数据操作和 GIS 处理。在通常情况下，Java Applet 包含在 HTML 代码中，并通过 <APPLET> 标签获取和引发。在网

络浏览器下载该 HTML 文件时, Java 程序的执行代码也同时被下载到用户端的机器上, 由浏览器解释执行。它能完成 GIS 数据解释和 GIS 分析功能, 但是, 对于处理大型的 GIS 分析任务的能力, 无法与 CGI 模式相比; GIS 数据的保存、分析结果的存储和网络资源的使用能力受到限制<sup>[21][22]</sup>。基于 Java Applet 模式的 WebGIS 体系结构如图 2.4 所示。

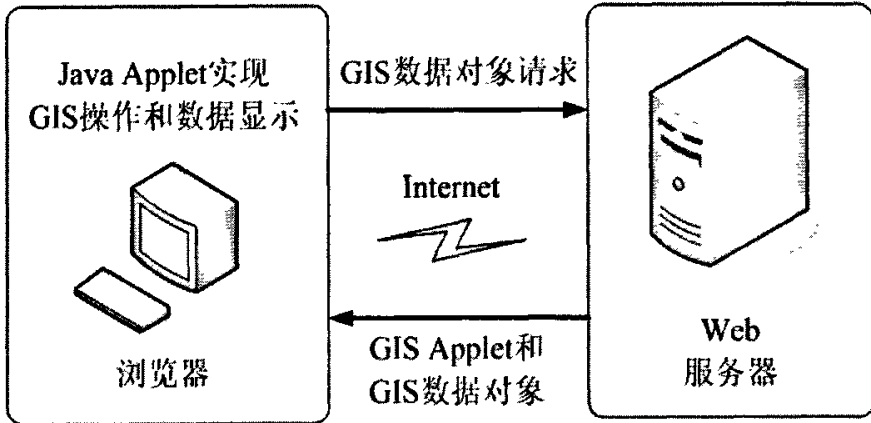


图 2.4 基于 Applet 模式的 WebGIS 体系结构

基于 Applet 模式的 WebGIS 与平台和操作系统无关, 且动态运行, 无需预先安装, 服务器和网络传输的负担轻, 服务器仅需提供 GIS 数据服务, 网络也只需将 GIS 数据一次性传输, 所有的 GIS 操作都是在本地由 Java Applet 完成, 服务器的负担很小, 网络传输的负担轻。

但它也有一些不足, 如使用已有的 GIS 操作分析资源的能力弱, 处理大型的 GIS 分析能力的能力有限, 无法与 CGI 模式相比; GIS 数据的保存、分析结果的存储和网络资源的使用能力受到限制等。

## 2、Plug-in 插件法

标准浏览器只提供最基本的浏览和导航功能, 而缺乏空间数据的处理能力。为此可以通过安装额外能和网络浏览器交换信息的专门 GIS 插件而达到增加网络浏览器功能的目的, 即通过浏览器的 API 插入 GIS 模块。这种由 Netscape 发明的增加网络浏览器功能的方法, 就叫“插件法”。浏览器插件由第三方软件开发商开发以使浏览器支持其特定格式的数据文件。利用浏览器插件可以将一部分服务器上的功能移到客户端上<sup>[23]</sup>。

Plug-in 的主要作用是使 Web 浏览器支持处理特定格式的 GIS 数据, 并为 Web 浏览器与 GIS 服务程序之间的通讯提供条件。GIS Plug-in 直接处理来自服务器的 GIS 矢量数据。同时, Plug-in 可以生成自己的数据, 以供 Web 浏览器或



其它 Plug-in 显示使用。

基于 Plug-in 模式的 WebGIS 体系结构如图 2.5 所示：

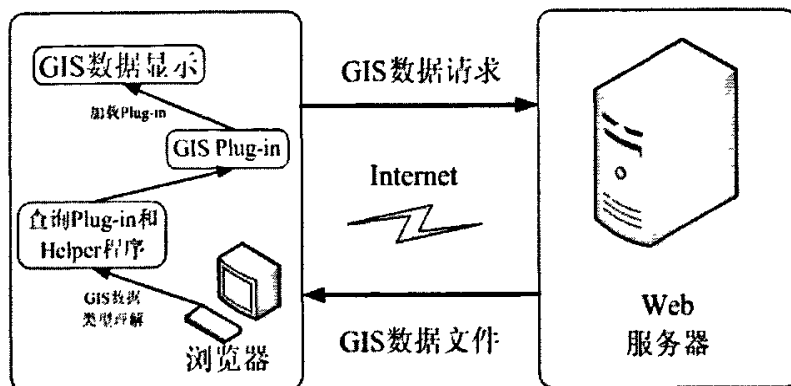


图 2.5 基于 Plug-in 模式的 WebGIS 体系结构

对 WebGIS 而言，GIS 插件不但可以增加网络浏览器处理地理空间数据的能力，使人们更容易获取地理数据，而且插件处理和传输的是矢量格式空间数据，其数据量小，网络也只需将 GIS 数据一次性传输，所有的 GIS 操作都是在本地由 GIS 插件完成，这样就加快了用户操作的反应速度，减少网络服务器的信息流量和服务器负载，从而使服务器更有效地为更多的用户服务。

但这种方法有也存在一些缺陷：GIS 插件与客户端具体平台、GIS 数据类型是密切相关的，即对于不同的 GIS 数据，不同的操作系统，不同的浏览器需要有各自不同的 GIS 插件支持；插件需要先下载安装在客户机的浏览器上再使用，如果用户准备使用多种 GIS 数据类型，还必须安装多个 GIS 插件程序；使用已有的 GIS 操作分析资源的能力弱，处理大型的 GIS 分析能力有限。

### 3、ActiveX 技术

ActiveX 控件和 Plug-in 非常相似，是为了扩展 Web 浏览器的动态模块。两者不同的是，ActiveX 能被支持 OLE 标准的任何程序语言或应用系统所使用；相反，Plug-in 只能在某一具体的浏览器中使用。

基于 GIS ActiveX 控件的互联网地理信息系统是依赖 GIS ActiveX 来完成 GIS 数据的处理和显示。GIS ActiveX 控件与 Web 浏览器灵活无缝的结合在一起。其体系结构如图 2.6 所示。

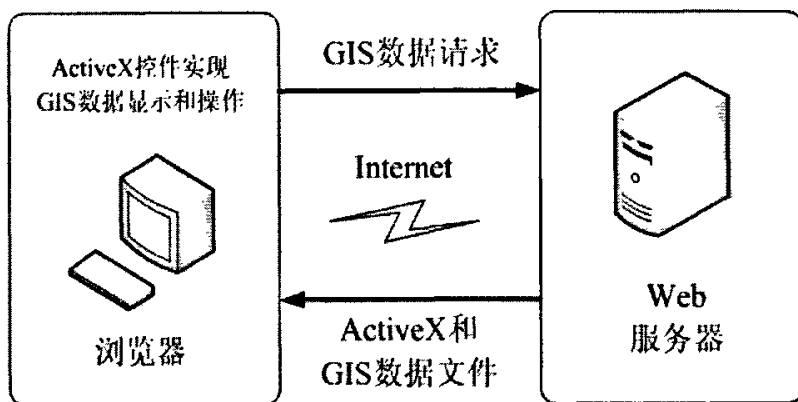


图 2.6 基于 ActiveX 控件的 WebGIS 体系结构

ActiveX 模式具有 Plug-in 模式的所有优点，同时，ActiveX 能被支持 OLE 标准的任何程序语言或应用系统所使用，比 Plug-in 模式更灵活，使用更方便。

同样，ActiveX 与平台相关，对不同的平台，必须提供不同的 ActiveX 控件；与浏览器相关(ActiveX 控件最初只使用于 Microsoft Web 浏览器，在其它浏览器使用时，必须增加特殊的 Plug-in 予以支持)；需要下载，占用客户端机器的磁盘空间；使用已有的 GIS 操作分析资源的能力弱，处理大型的 GIS 分析能力有限。这些都是其不足地方，没有根本上改变 Plug-in 的缺点。

### 2.1.3 服务器与客户端负载均衡的 WebGIS

基于服务器的 WebGIS 系统解决了客户端与服务器交互的问题，基于客户端的 WebGIS 系统则解决了对客户端资源利用不足、加快客户端响应的问题，但通常 WebGIS 的需求是多样的，很多的 WebGIS 系统不但要求客户端能有较快的响应速度，而且要实现一些较复杂的空间分析功能，前文所述的单纯的客户端模式和服务器模式都不能很好地满足这种要求，它们存在明显的不足：

- 对于服务器模式，当需要频繁的数据传输时，系统的执行效率将会受带宽和网络流量的制约，难以及时响应客户端的请求；
- 对于客户端模式，系统的执行效率将会受客户端运算能力的影响，当处理需求和处理能力之间发生矛盾时，执行效率将会大大降低。

因此，产生了将两种模式的优点结合在一起的混合模式，大型的数据库使用和复杂的分析任务交给服务器处理，简单的控制任务则在客户端上运行，这样服务器和客户端的性能都得到了合理的利用，最大限度地提高了效率，这是解决这些问题的一种理想的方法<sup>[24]</sup>。

混合模式的特点在于，当需要执行大数据的处理和分析时，可以在高性能的服务器上执行；当需要由用户来控制处理任务时，则可在客户端进行；在这种混合模式下，客户端和服务端共享彼此的功能，数据和应用程序可以根据需要由客户端来不断的请求，或者在客户端执行，或者在服务器端执行，从而使系统的执行效率达到最优化。

前文所述的三种 WebGIS 模式各具有优缺点。从总体来看，混合模式是一种符合 WebGIS 应用需求的系统开发计算模式。但是与其它的信息系统一样，不存在一种通用的模式，我们需要根据具体的应用需求和运行环境，对 WebGIS 模式进行选择，以使开发的 WebGIS 应用系统能最大可能地满足应用的需求。目前很多的主流 WebGIS 产品都提供了多种的技术方案供用户选择使用。用户可以根据需要灵活的配置服务器和客户端的功能，从而达到系统的最优化。

## 2.2 Web2.0 技术框架下 WebGIS 的发展趋势

### 2.2.1 Web2.0 的技术描述

Web2.0 是互联网的一次理念和思想体系的升级换代，从自上而下的由少数资源控制者集中控制主导的互联网体系转变为自下而上的由广大用户集体智慧和力量主导的互联网体系，其内在的动力来源是将互联网的主导权交还给个人，从而充分发掘个人积极性参与到体系中来，使得个人影响、智慧和由个人联系形成的虚拟社区的影响替代了原来少数人所控制的影响，从而极大解放了个人创作和贡献的潜能，把互联网推上了一个新的阶段。Web2.0 的主要特征如下<sup>[26]</sup>：

- (1) 互联网成为平台(参与体系)而不是利用互联网来统治和控制；
- (2) 充分重视并利用集体力量和智慧；
- (3) 将数据变成“Intel Inside”；
- (4) 分享和参与的架构驱动的网络效应；
- (5) 通过带动分散的、独立的开发者把各个系统和网站组合形成大汇集的改革；
- (6) 通过内容和服务的联合使轻量的业务模型可行，分享经济的模式；
- (7) 注重用户体验的持续的服务（“永久的 Beta 版”）；
- (8) 服务和应用无处不在(非单机版和单一平台版本)；
- (9) 不仅仅是少数重要用户，而是渗透到全体用户，包括大量的普通用户，

要有拉动长尾的能力。

归纳起来, Web2.0 是“主动”和“互动”的互联网。“主动”是指“以个人为中心”, 开启了个性化最大化的个人时代, 个人深入参与到互联网中, 并彼此相连; “互动”是指“以自组织为中心”, 个人与个人之间, 个人创造的内容与内容之间, 以及个人汇聚的群体与群体之间, 都是以不同的自组织方式架构起来, 以自组织的方式让人、内容和应用等充分“活动”起来, 最大程度爆发互联网的能量。

Web2.0 的提出对 Web 应用系统提出了更高的要求。Web2.0 以前的 Web 应用只要考虑怎么样把信息发送到客户端, 而 Web2.0 时期的 Web 应用则还要考虑怎样加快数据的传输, 增强系统交互性; Web2.0 以前的 Web 应用只要考虑怎么样让用户接受信息, 而 Web2.0 则还要考虑接受用户的信息, 让用户成为信息的提供者。总的来说, Web2.0 要求 Web 系统能更好地为用户提供服务, 使用户在使用系统时有更好的体验。

### 2.2.2 Web2.0 技术框架下 WebGIS 的发展趋势

Web2.0 与 Web1.0 最本质的差别在于: 它让网民真正找到了因特网公民的感觉, 使他们从冷漠的旁观者变成了热情的参与者。因此, Web2.0 时代 WebGIS 的发展趋势就在于: 创建桌面式的 Web 应用, 提高页面的交互性, 同时提供个性化的服务, 让用户从原来的只能被动接受地图到参与地图的制作, 给系统带来全新用户体验, 让 GIS 成为公众参与的 GIS。

有人说 Google 是 Web2.0 的旗手<sup>[26]</sup>, 那么它的地图服务系统 Google Maps 则可以说是带领 WebGIS 系统进入 Web2.0 时代的领头羊。与传统的 WebGIS 相比, Web2.0 技术框架下的 Google Maps 具有以下几个方面的特点:

- 很强的交互性: 强调交互性是 Web2.0 的 Web 应用系统的特点之一。交互即是人机对话, 好的交互性要求人机对话能顺利进行, 要求对用户的请求能做出及时的响应, Google Maps 对用户请求的响应速度非常迅速, 从使用情况看, 一般只要几秒钟它就能把结果返回给用户, 这么快的响应速度是传统 WebGIS 系统很难做到, 这得益于 Google Maps 中 Ajax 技术和地图分割等技术的使用;
- 方便的用户参与: 用户参与是 Web2.0 强调的另一方面。用户可以通过两种途径参与 Google Maps, 一种是用户为感兴趣的地点创建自己的地

标,方便以后的查找;另一种是用户用 Google Maps 提供的 API 快速开发自己的应用系统。Google Maps 提供的这些用户参与途径,使用户从传统 WebGIS 地图信息的被动接受者变成了地图制作的参与者;

- 高分辨率卫星图像等多源数据的使用:多源数据特别是高分辨卫星图像的使用,使用户看到的不仅仅是点线面等构成的地图,而是地表实物的影像,给用户真实而亲切的感觉。

Google Maps 的这些特性是在 Web2.0 技术框架下 WebGIS 发展的趋势。目前,很多提供公共信息的 WebGIS 网站都已经在向这个方向发展,像国内的 Mapbar、51 地图等 WebGIS 系统。但提供专业信息的 WebGIS 在这方面做的还比较欠缺。因此,本文结合 ArcIMS 平台和 Web2.0 核心技术 Ajax 开发台风信息检索系统,探索在提供专业信息的 WebGIS 中使用 Web2.0 的技术,使台风信检索 WebGIS 系统更符合当前 Web 的发展趋势,同时能更好的为用户检索台风信息提供服务。

## 2.3 ArcIMS 平台研究

近年来 WebGIS 越来越广泛,国内外 GIS 厂商相继推出了自己的 WebGIS 产品,以满足市场竞争的需要。目前,就国外而言,占市场份额较大的 WebGIS 产品主要有 ESRI 公司的 ARCIMS 和 ArcGIS Server、Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map、著名的 CAD 厂商 AutoDesk 公司的 AutoCAD Map Guide、MapInfo 公司的 MapXtreme 等。国内 GIS 与 WebGIS 领域的研究虽然起步较晚,但发展非常迅猛。目前国内的 WebGIS 产品主要有国家遥感应用工程技术研究中心的 GeoBeans、武汉吉奥公司的 Geosurf、北京超图公司的 SuperMap IS 等。

由于各种 GIS 软件相差悬殊,不同产品的开发难度、适用领域各不相同,因此选择合适的平台是非常重要的。考虑到已有数据为美国 ESRI 公司的 shp 格式,并且 ESRI 公司技术成熟先进、应用范围广,提供的开发工具全、技术资料齐备。所以本系统采用 ESRI 公司的产品 ArcIMS 作为地图服务器。

### 2.3.1 ArcIMS 的体系结构

ArcIMS 是 ESRI 公司开发的用于实现 WebGIS 的产品,它由客户端和服务端组件组成,其体系结构如图 2.7。

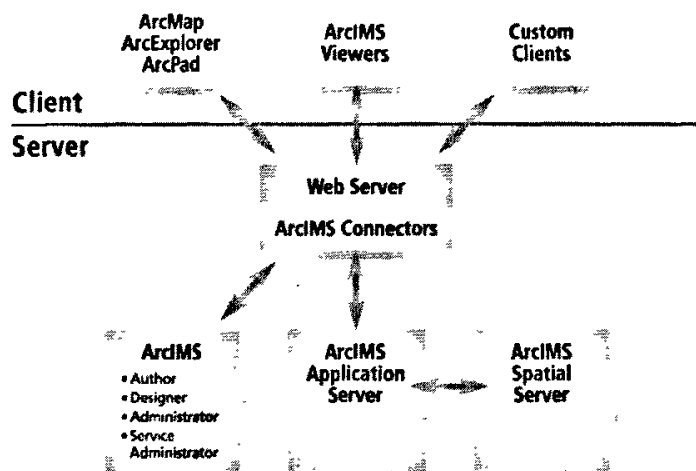


图 2.7 ArcIMS 体系结构

ArcIMS 的客户端可以是 ArcIMS 提供的两种 Viewer（HtmlViewer 和 JavaViewer），也可以是 ArcMap、ArcExplorer、ArcPad 等 ESRI 的其它产品，用户也可以根据自己的需要设计自己的客户端；服务器端组件主要包括 ArcIMS 应用服务器（ArcIMS Application Server）、ArcIMS 空间服务器（ArcIMS Spatial Server）、用于连接 Web 服务器的 Connectors 以及 ArcIMS 的地图发布工具（Author、Designer 和 Administrator 等）。

### 2.3.2 ArcIMS 地图发布工具

ArcIMS 提供了 Administrator、Author 和 Designer 三个工具来帮助用户快速发布地图。有了这三个工具，可以不写一行代码就实现一个带有 GIS 基本功能的 WebGIS，用户只要在此基础上进行一些扩展就可以实现功能更强大的 WebGIS 系统<sup>[27][28][29]</sup>。其中：

(1) Author 是创建地图配置文件的工具。地图配置文件是用 ArcIMS 自己的通信语言 ArcXML 编写的后缀为 .axl 的文件，它是创建地图服务的基础。使用 Author 可以直接生成地图配置文件，而不需要手工编写代码。

(2) ArcIMS 通过 Administrator 来创建和管理地图服务。ArcIMS 提供两种地图服务，分别是图像方式（Image Server）和矢量方式（Feature Server）。ArcIMS 地图服务的创建、删除以及地图服务的停止和启动，都通过 Administrator 来实现。

(3) Designer 是创建 Web 站点的工具。通过 Designer 的配置和设置, ArcIMS 能自动生成一批文件, 这些文件包含了 Web 站点的框架和 GIS 的一些基本功能。

### 2.3.3 ArcIMS 两种常用客户端

使用 ArcIMS 的 Designer 工具能生成两种形式的客户端——JavaViewer 和 HtmlViewer, 其中 HtmlViewer 为瘦客户端, JavaViewer 是一种基于 Applet 的胖客户端。

瘦客户端模式的 HtmlViewer 以图形的形式发布地图, 传送到客户端的只是一些简单的 Html 页面和图形, 不需要在客户端安装插件, 只要客户端有 web 浏览器就能运行。HtmlViewer 的大部分操作都发送回服务器端, 由服务器做完处理后再返回客户端, 对客户端要求较低, 但每次请求都要发送回服务器, 等待服务器处理后返回结果。

胖客户端模式的 JavaViewer 同时支持以图形形式和以矢量数据形式发布地图<sup>[28]</sup>。以矢量形式发布地图时, 当用户第一次连接时, JavaViewer 将数据和 Applet 一起下载到客户端, 这样客户端对数据的大多数操作都不需要发送回服务器, 直接在客户端处理, 加快了操作的响应速度。在胖客户端模式中, 可利用 Applet 实现很多瘦客户端不易以实现的操作。Java Viewer 需要下载两部分内容。一是使用 Applet 所要求的 Java 运行环境。二是一次性下载的 ArcIMS Viewer 的部件, applet 通过这些部件与服务器进行通讯。

从减轻服务器负担, 平衡服务器端与客户端压力, 充分利用客户端资源, 加快客户端的响应速度等方面综合考虑, 本系统的开发选择了 JavaViewer 的胖客户端模式。

## 2.4 Web2.0 和 ArcIMS 支持下的台风信息系统技术方案

为了充分利用服务器与客户端的资源, 加快客户端基本操作的响应速度, 本系统采用了服务器/客户端混合模式的方案。

客户端部分, 系统主要采用 JavaScript、Ajax 以及 ArcIMS 的 JavaViewer 等技术实现, 各类技术的具体作用如下:

- ArcIMS 的 JavaViewer 主要用于地图的显示, JavaViewer 是 ArcIMS 的胖客户端模式, 它使用 Applet 以矢量形式显示地图, 地图的基本操作由

Applet 完成，不需要返回服务器，客户端操作响应速度较快；

- JavaScript 的主要作用是与 JavaViewer 的 Applet 进行交互，对地图进行操作，把服务器返回的结果在地图上展示；同时，JavaScript 还负责把客户端的请求转发给 Ajax，并对 Ajax 返回的数据进行处理，在客户端显示；
- Ajax 在客户端的作用是以异步模式提交客户端的请求，并把服务器返回的结果交由 JavaScript 函数处理，实现按需取数据和局部刷新。

系统的服务器部分主要使用 ArcIMS、Tomcat 和 MVC 框架 Struts 实现，其中：

- ArcIMS 作为 WebGIS 服务器，其主要作用是处理地图相关的请求，如系统中台风路径数据的加载，就需要 ArcIMS 进行相应的处理；
- Tomcat 是 Web 服务器，用于处理一般的 Web 请求，如属性数据的查询等；
- MVC 框架 Struts 主要用于实现数据业务逻辑和表现形式的分离，由它的控制器部分对查询请求进行分发处理，由它的业务逻辑模型实现数据查询，最后由它的视图部分把结果返回客户端。



## 第三章 台风信息检索 WebGIS 设计

在对 WebGIS 在台风领域的应用现状、WebGIS 实现技术以及 ArcIMS 平台研究的基础上,本章设计了台风信息检索 WebGIS 系统的体系结构,并根据台风信息和已有数据的特点,对系统数据的组织和具体功能进行详细的设计。

### 3.1 台风信息检索系统体系结构

在网络环境中实现 GIS 主要有客户端/服务器模式 (Client/Server, 简称 C/S 模式) 与浏览器/服务器模式 (Browser/Server 模式, 简称 B/S 模式)。

**C/S 两层体系结构:** C/S 模式是一种两层体系结构,它必须在客户端上安装相应的应用程序,一般用于部门内管理,安装在内部的局域网上。

**B/S 三层及多层体系结构:** B/S 模式的 WebGIS 又可分成典型的 B/S 三层结构和基于中间件的 B/S 多层结构两种。B/S 三层体系结构是在传统 C/S 模式的基础上发展起来的,它实质上是 C/S 技术与 Internet 技术结合的产物。B/S 模式简化了客户端软件,以简单易用的浏览器作为客户端运行平台,将应用程序(传统 C/S 模式中的客户软件)的开发、维护和更新放在中间层的应用服务器上,而将数据库的管理和维护放在数据库服务器上,从而形成一个由客户层、中间应用层和数据库服务器层组成的三层体系结构。基于中间件的 B/S 多层结构是为解决分布式问题而提出的,一个基于中间件技术的 WebGIS 系统,用户的请求可以由中间件处理。GIS 应用服务器不是一个进程,而是可以由多个中间件组成的分布式的多个进程。中间件相互调用,一个进程是另外的进程的客户的同时又是别的进程的服务,调用关系比较复杂。进程所访问的空间数据库也不在是单个的数据库,可能是一个分布式的异构数据库,对于这种异构分布式数据库的访问也可由中间件完成。

基于中间件的 B/S 多层结构比 B/S 三层结构更为复杂,考虑到本系统没有采用分布式结构,三层 B/S 结构已经能满足需求,因此,系统采用三层 B/S 体系结构,结构模式为“客户端+WebGIS 服务器/应用服务器层+数据层”。客户端采用 ArcIMS JavaViewer 和 Ajax 等技术,实现台风信息的显示;服务器采用 ArcIMS 作为 GIS 应用服务器,使用 Tomcat 作为 Web 服务器;数据库服务层采用 ESRI 的 shp 格式对空间数据进行管理,采用 Access 对属性数据进行管理。系统的体

系结构如图 3.1。

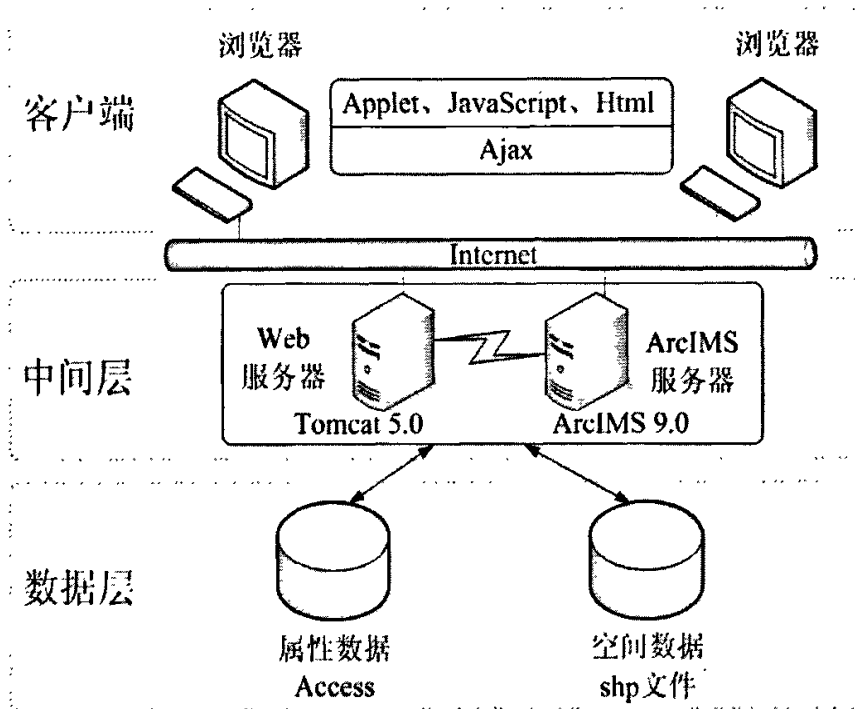


图3.1 台风信息检索系统框架图

### 3.1.1 基于 JavaViewer 与 Ajax 等技术的客户端

系统的客户端主要包括三部分：地图显示部分、查询条件设置部分和查询结果显示部分。

地图显示部分，系统采用 ArcIMS 的胖客户端 JavaViewer，使用 ArcIMS 提供的 Applet IMSMap 显示地图和提供地图相关的一些操作。ArcIMS 的 JavaViewer 使用 Applet 以矢量形式显示地图，地图的基本操作，如放大、缩小、平移等都由下载到客户端的 Applet 来执行，不需要发送回服务器，这样可以加快客户操作的响应速度，减少用户等待，但在页面加载时要下载 Applet 和数据到客户端，需要较长时间等待。

查询条件设置部分，页面显示直接用 HTML 生成，其中有些选项的数据必须从服务器获取，对于这部分数据的获取，系统采用了 Ajax 技术，页面加载时先显示页面中的控件，控件中的数据则由 Ajax 在后台从服务器获取，等服务器数据返回后再由 Ajax 调用相关函数更新控件中的内容。传统的页面加载时，要等数据全部加载完成才能显示页面，加载数据这段时间页面就出现白屏，如果数据

量较大,就会长时间白屏,让用户长时间等待,这给用户不友好的体验,使用 Ajax 则能避免这一缺陷。查询的提交采用了 Ajax 技术,而不是使用传统的直接提交,这样可以避免在等待查询结果返回时浏览器出现白屏。

查询结果显示部分,系统对 Ajax 提交查询返回的结果采用 JavaScript 函数处理生成 HTML 在浏览器显示,属性查询结果与地图显示部分的交互系统使用 JavaScript 实现。

### 3.1.2 基于 ArcIMS 与 Tomcat 的服务器层

服务器层主要包括 Web 服务器 Tomcat 和 ArcIMS 服务器。其中 Web 服务器 Tomcat 主要用于接收并处理客户端发过来的 Http 请求;ArcIMS 服务器又包括 ArcIMS 应用服务器、ArcIMS 空间服务器和 ArcIMS 虚拟服务器。

#### 1、ArcIMS 应用服务器 (Application Server)

ArcIMS 应用服务器负责发送来的请求的负载均衡,并跟踪哪个 ArcIMS 服务运行在哪个 ArcIMS 空间服务器上、以及各个空间服务器上面所运行的地图服务 (Map Service)的情况,并以此决定每一个来自客户端的请求该提交给哪一个空间服务器上的 Map Service 加以处理。在物理层次上包括以下几部分:

(1) ArcIMS Monitor (监视器)用于监控空间服务器的状态,当系统重启的时候,Map Service 被它恢复。

(2) ArcIMS Task (任务管理器)用来在规定时间内移除 Image 服务产生的输出图像,只有在设计的页面使用了 Image 服务的时候它才发挥作用。这个时间间隔由用户在服务器管理工具中设定。

(3) ArcIMS Connector (连接器)提供了一个连通 Web 服务器和第三方服务引擎及 ArcIMS 应用服务器的管道,它把来自第三方服务引擎的请求转换为 ArcXML 格式,递交给应用服务器。而来自应用服务器的回复直接返回给客户端。

ArcIMS 应用服务器没有用户界面,它通过 ArcIMS 的 Administrator 进行配置。通过 Administrator 还可以创建虚拟服务器,空间服务器,以及虚拟服务器实例。

#### 2、ArcIMS 空间服务器 (Spatial Server)

ArcIMS 空间服务器是 ArcIMS 的核心。空间服务器里面运行着多个进程,这些进程访问数据和生成地图,然后通过 web Server 把这些地图发送到客户端的浏览器上,访问者就可以看到请求的结果了。ArcIMS 空间服务器的主要功能就是

根据用户请求动态生成地图。使用 ArcIMS Administrator 可以在本地机器上或另外一台运行 ArcIMS 空间服务器的机器上添加 ArcIMS 空间服务器。注意：另外机器上的 ArcIMS 空间服务器需要额外的 ArcIMS 许可。空间服务器的负载远大于 ArcIMS 的其他组件，所以当考虑负载均衡时，应用服务器和 Monitor 以及 Tasker 所占的资源可以忽略不计，最重要的考虑因素是空间服务器里运行的总的实例数。实例是 ArcIMS 空间服务器的最基本的处理单位。一个实例处理一个请求(request)并产生一个返回给客户端的响应(response)。多个实例就意味着可以同时处理多个请求。实例属于虚拟服务器但存在于一个具体的空间服务器上，一个实例一次处理一个请求。

### 3、虚拟服务器 (Virtual Server)

虚拟服务器，实际上就是能够提供某项特定功能的一组 ArcIMS 空间服务器的组合。虚拟服务器的实例可以来自一个或多个空间服务器，并且可以把实例放在任何在应用服务器上注册过的空间服务器上。虚拟服务器分为公有的 (public) 和私有的 (private)，每个虚拟服务器都提供一种类型的服务。公有型的虚拟服务器可以被 ArcIMS 的服务直接使用，这些虚拟服务器包括 ImageServer，ImageServerArcMap，FeatureServer 和 MetadataServer 四类。私有型的服务器包括 Geocode，Extract，和 Query 服务器，这些私有的服务器不能被 ArcIMS 服务直接使用，但可以被一个请求重定向。RouteServer 是 ArcIMS 的可选扩展，可以单独安装。

(1) **Image Server**: 地图在服务器端生成，以图像格式 (jpg、png、gif 等) 传递给客户端。地图图像可以从 Shape 文件、SDE 数据集和支持的图像格式生成。

(2) **Feature Server**: 服务器从 shape 文件和 ArcSDE 数据集读取数据，并转换为经过数据压缩和流化的矢量格式 (ArcXML) 传递给客户端。

(3) **Query Server**: 查询功能用来返回对空间和属性数据的查询结果；这种查询可以针对 shape 文件、ArcSDE 数据和联结的外部表。当使用 Image Server 的时候，必须使用 Query Server 处理属性数据的查询。

(4) **Geocode Server**: 地理编码功能是根据地址、交叉路口或地名，在地图上确定点位；它基于 Shape 文件和 ArcSDE 数据集中包含的地址信息实现该功能。

(5) **Extract Server**: 根据客户端的请求，从服务器端 (shape 文件或 SDE 的图层) 抽取指定的数据，把该数据以压缩过的 shape 文件格式返回给客户端。

(6) **Image ArcMap Server**: 充分利用 ArcMap 的高级绘图功能来发布地图，

支持所有 ArcGIS 能支持的数据类型, 包括空间数据库 (geodatabase)、coverage 标记、ArcSDE 中版本化的图层和 MrSID 影像压缩文件以及 CAD 作图文件 (DGN, DWG 和 DXF) 等。此外, 由于 ArcMap9.1 已经集成数据互操作 (Data Interoperability) 模块, 该模块能够支持多达 75 种 GIS 和 CAD 数据格式, 几乎涵盖了所有常见的数据格式, 所以利用 Image ArcMap Server 是解决数据共享与互操作问题的良好途径。

### 3.1.3 shp 文件与 Access 结合的数据层

系统的数据主要包括地图数据和属性数据两部分。地图数据采用 ESRI 的 shp 格式以文件形式存储, 再由 ArcIMS 中定制的服务通过配制文件来调用和查询, 并以图层的方式显示在浏览器端的 Applet 里; 属性数据采用 Access 数据库进行管理, 主要存储在台风表、站点表、风详细表和雨详细表四张属性表中, 属性数据的查询则采用了 Java 的 MVC 框架 Struts, 实现了业务逻辑和表现形式的分离, 有利于系统的扩展和维护。具体的数据结构见下一节系统数据的结构与组织。

## 3.2 系统数据的结构与组织

台风信息检索系统主要涉及到了两方面的数据, 空间数据和属性数据。

### 3.2.1 shp 格式的空间数据

系统中的空间数据采用 ESRI 的 shp 格式, 使用图层的方式进行管理。空间数据又分为基础空间数据和台风路径数据。

#### (1) 基础空间数据

基础空间数据主要包括作为台风背景图层的一些基础地理底图, 如中国行政区划、海洋、中国周边国家、中国主要气象站点、经纬网格的等图层。

#### (2) 台风路径数据

台风路径数据主要包括 1949 年至 2005 年的所有台风路径轨迹的图层。台风路径轨迹按年份和编号分类组织, 每一条台风路径分点路径和线路径两层<sup>[36][37]</sup>。

台风路径资料存储在属性数据库中, 由每间隔 6 小时一次的台风中心的经纬度位置构成, 理论上可以通过 WebGIS 调用数据库中这些经纬度坐标对即时生成路径; 但这样会耗费更多的时间, 因为首先要从数据库中查询台风路径的坐标对,

再根据这些坐标对生成点，再连接成线；同时还需要另外编程去实现路径坐标对的查询和生成路径，带来更多的工作量。因此，作者采用了通过批处理把这些属性数据库中的路径点生成 shp 格式的点图层和线图层的方案，再通过 ArcIMS 调用这些图层直接显示路径，这样既能减少生成路径的时间，也能减少工作量。

几个主要空间数据图层的属性表结构如下：

表 3.1 中国地图

字段名	类型	长度
FID	Object ID	4
Shape	多边形	
Name	String	34

表 3.2 主要站点

字段名	类型	长度
FID	Object ID	4
Shape	点	
站名	String	10
站号	Long	8
经度	双精度型	16
纬度	双精度型	16

表 3.3 台风路径

字段名	类型	长度
FID	Object ID	4
Shape	线	
台风序号	String	16
中央编号	String	16
台风名称	String	16
最大风速	Long	8
中心气压	Long	8
时间	String	18

### 3.2.2 Access 属性数据

系统中的属性数据采用 Access 建立和管理。主要包括：

(1) 台风表：台风的基本资料库，每一次条台风对应一条记录。主要包括

台风序号、台风名称、中央编号、生命史、登陆地点、路径趋向等字段。

(2) 轨迹表：台风移动的轨迹，每六小时记录一次的台风位置。主要包括台风序号、中心位置的经度、纬度、中心气压、最大风速和风圈等字段。

(3) 雨详细表：每一次台风过程中气象站点的降雨记录。主要包括台风序号、站号、日期、降雨量等字段。

(4) 风详细表：每一次台风过程中气象站点的大风记录。主要包括台风序号、站号、日期、最大风速、极大风速、风向等字段。

(5) 站点表：气象观测站基本资料。包括站号、站名、经度、纬度、高度等字段。

这些属性表的关联图如下图 3.2:

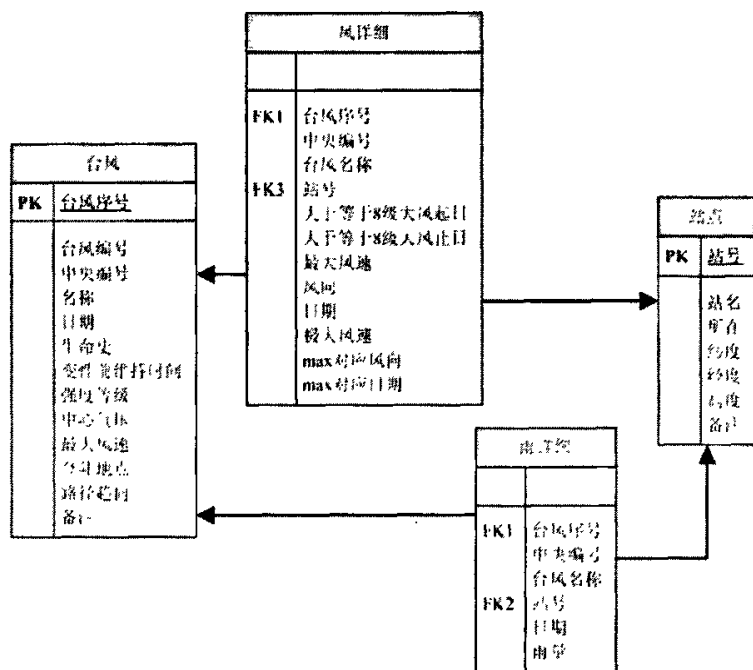


图 3.2 属性表关联图

主要属性表的详细结构如下。

表 3.4 台风表

字段名	类型	长度
台风序号	文本	10
台风编号	文本	6
中央编号	文本	10
名称	文本	255
日期	日期/时间	8
生命史	长整型	4
变性前维持时间	长整型	4
强度等级	文本	50
中心气压	长整型	4
最大风速	长整型	4
登陆地点	文本	255
路径趋向	文本	255
备注	文本	255

表 3.5 站点表

字段名	类型	长度
站名	文本	10
所在	文本	10
站号	长整型	4
纬度	单精度型	4
经度	单精度型	4
高度	双精度型	8
备注	文本	255

表 3.6 雨详细表

字段名	类型	长度
台风序号	文本	10
中央编号	文本	10
台风名称	文本	255
站号	长整型	4
日期	日期/时间	8
雨量	单精度型	4



表 3.7 风详细表

字段名	类型	长度
台风序号	文本	10
中央编号	文本	10
台风名称	文本	255
站号	长整型	4
大于等于 8 级大风起日	日期/时间	8
大于等于 8 级大风止日	日期/时间	8
最大风速	单精度型	4
风向	文本	3
日期	日期/时间	8
极大风速	单精度型	4
max 对应风向	文本	3
max 对应日期	日期/时间	8

### 3.3 系统的功能设计

台风信息包含内容众多,包括台风发生时间、移动轨迹、移动速度、移动方向、中心气压、登陆地点以及相关的天气系统等信息,这些信息对气象工作者特别是预报人员来说都是有用的信息,但普通用户最关注的是台风的登陆地点、台风路径经过区域以及台风造成的大风降雨等影响,普通用户关注的信息同时也是气象工作者检索最多的信息。本系统主要提供台风路径检索和台风风雨影响检索功能。系统的功能结构如图 3.3。

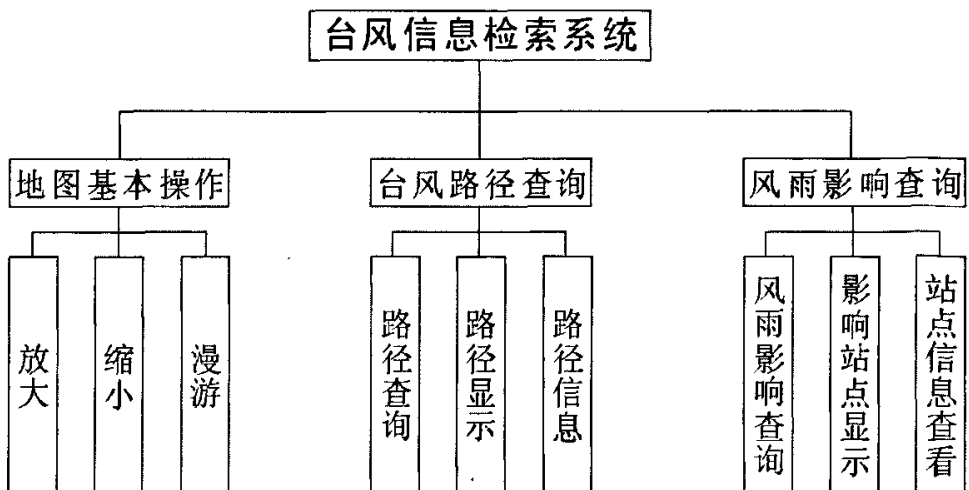


图 3.3 系统功能结构图

### 3.3.1 台风路径的查询与显示

如前文所述,台风移动轨迹及其经过的区域是用户最关心的信息之一,因此,台风路径的查询与显示是本系统的主要功能之一。

#### 1、路径查询

根据台风属性数据表中数据的特点,系统设计了三种查询台风路径的方式。

① 按年份和编号查询。每一次台风按年份和发生顺序都有唯一的编号,气象工作者经常用台风的编号来称呼某一次台风,特别地,对于影响较大的台风,气象工作者对其编号都有较深的印象。因此,按编号查询可以方便熟悉台风编号的用户直接查询感兴趣的台风。

② 按影响的站点查询。台风是一种破坏性很大的自然灾害,每一次台风会对哪些地区造成影响、近几十年来某一个站点受到了多少次台风的影响,这都是用户很关心的问题。因此,系统设计了按影响的站点查询这一功能,方便用户对感兴趣的地区受台风影响的情况进行检索。

③ 按台风发生时间、登陆地点、路径趋向、强度等级等多个条件综合查询。前两种查询都只是单条件的查询,但多数情况下用户感兴趣的是满足多个条件的台风记录。如台风的登陆地点是用户非常关心的一个方面,用户可能要查询某一年里在某个地方登陆的台风,或者在某个地方登陆的台风里强台风的次数是多少,这就需要设置多个查询条件进行检索,综合查询正是为满足这一需求而设计的。

对于查询结果,系统以列表的形式返回给用户,使用户能比较方便地浏览。

#### 2、路径显示

对于查询得到的台风记录,用户总是希望能以一种直观的图形方式查看它们的运动轨迹,并希望对它们产生源地、经过的区域有直接的认识,同时还可能希望对台风移动过程的强度变化有所了解。因此系统设计了台风路径分级显示的功能,结合中国政区图等基础底图,使用户对台风的运动轨迹、经过的区域以及台风移动过程的强度变化有直观的了解。

### 3.3.2 台风风雨影响的查询与显示

台风的破坏性表现在台风带来的大风和暴雨。因此,台风的风雨影响是台风

信息另一个重要的方面，也是用户最关心的一个方面。每一次台风经过，人们最关心的是它影响了哪些地区、影响程度有多大。为满足这一需求，系统设计了台风风雨影响查询功能，方便用户查询每一次台风过程中有大风或降雨记录的气象站点。对于查询得到的气象站点，系统以列表形式显示这些站点的风雨影响情况，如最大风速、台风过程中的总降雨量、每日降雨量等，并在地图上显示这些站点的位置，使用户能直观地查看台风风雨影响的分布情况。

### 3.3.3 地图的显示与基本操作

地图操作是 WebGIS 的基本功能，主要用于方便用户浏览不同比例尺的地图以及在地图的各个区域间切换。本系统客户端地图以矢量形式显示，可将基础底图、气象站点图、台风路径等数据分图层综合显示，并可对地图进行缩放和漫游等基本操作。

## 第四章 基于 ArcIMS 与 Web2.0 的台风信息检索系统实现

在第三章系统设计的基础上,本章主要研究了系统实现过程中的几个关键技术,如 Ajax、MVC 框架 Struts 等,以及这些技术在系统中的具体应用和系统几个主要功能的实现。

### 4.1 Web2.0 核心技术 Ajax 研究:局部刷新和按需取数据增强交互性

Ajax 是异步 JavaScript 和 XML (Asynchronous JavaScript and XML) 的英文缩写。“Ajax”这个词的发明人是 Jesse James Garret,而大力推广并且使 Ajax 技术炙手可热的则是 Google,正是 Google Earth、Google Maps、Gmail 等应用最终让人们了解了 Ajax。

Ajax 的核心理念在于使用 XMLHttpRequest 对象发送异步请求,实际上,Ajax 不是一种技术,而是几种技术的组合,它使用文档对象模型 (Document Object Model, DOM) 进行动态显示和交互,使用 XML 和 XSLT 进行数据交互和操作,使用 XMLHttpRequest 进行异步数据接收,使用 JavaScript 将前面几种技术绑定在一起。

#### 4.1.1 Ajax 的优势

传统的 Web 应用采用同步交互过程,这种情况下,用户首先向 Web 服务器发送一个请求,然后 Web 服务器根据用户请求的内容,执行相应的任务,并向用户返回结果,如图 4.1 所示。这是一种不连贯的用户体验,在服务器处理请求时,用户只能等待,此时浏览器显示的页面是空白的,这也就是通常所说的“白屏”现象。

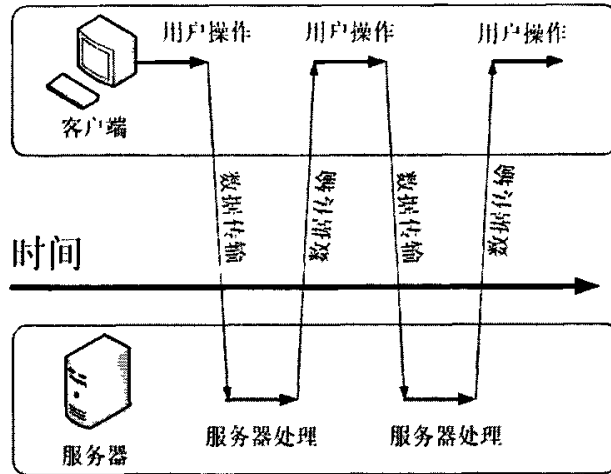


图 4.1 传统 Web 应用程序模型

此外，用户在某些时候仅仅需要改变页面中某部分的数据，但是他不得不刷新整个页面。尤其在人机交互较为频繁的应用系统中，这种现象屡见不鲜，这显然是和人性化的软件设计原则违背的。

与传统的 Web 应用不同，Ajax 采用了异步交互方式。它在用户和服务器之间引入了一个中间媒介，从而改变了同步交互过程中的“处理-等待-处理-等待”模式。用户的浏览器在执行任务时即装载了 Ajax 引擎。该引擎是用 JavaScript 语言编写的，通常位于一个隐藏的框架中，负责转发用户界面和服务器之间的交互。Ajax 引擎允许用户和应用系统之间的交互以异步的方式进行，独立于用户与 Web 服务器之间的交互。现在，可以用 JavaScript 调用 Ajax 引擎来产生一个 HTTP 的用户请求，数据编辑、页面导航和数据验证等操作不再需要重新加载整个页面，可以通过 Ajax 引擎向 Web 服务器发送请求。基于 Ajax 的 Web 应用程序的模型如图 4.2 所示。

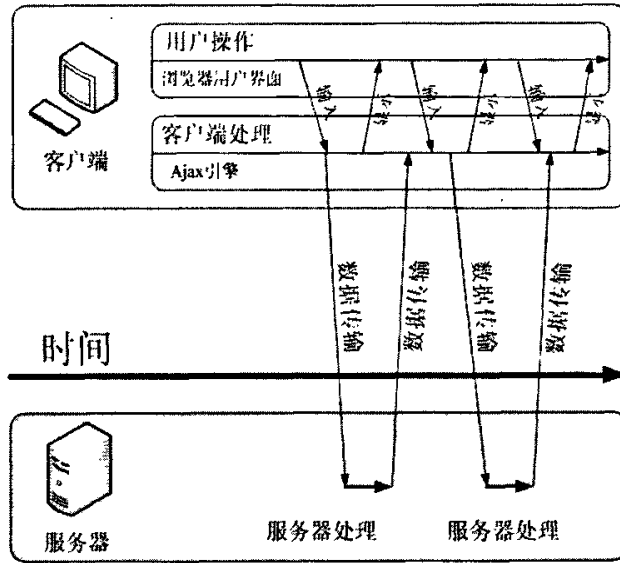


图 4.2 基于 Ajax 的 Web 应用程序模型

使用 Ajax 可以带来的好处有以下几个方面<sup>[30]</sup>。

- 减轻服务器的负担。Ajax 的原则是“按需取数据”，可以最大程度地减少冗余请求，减轻服务器的负担。
- 无需刷新页面，减少用户心理和实际的等待时间。特别是在读取大量数据时，不会像刷新页面那样出现白屏的情况，Ajax 使用 XMLHttpRequest 对象发送请求并且得到服务器响应，在不重新载入整个页面的情况下，用 JavaScript 操作 DOM 更新页面。因此，在读取数据的过程中，用户所面对是不是白屏，而是原来的页面内容，只有在数据接收完毕之后才更新相应部分的内容。这种更新是瞬间的，用户几乎感觉不到。
- 可以把以前一些服务器负担的工作转嫁到客户端，利用客户端闲置的能力来处理，减轻服务器负担，充分利用带宽资源，节约空间和宽带租用成本。
- 基于标准化的并被广泛支持的技术，不需要下载插件或者小程序。
- 进一步促进页面呈现与数据分离。

#### 4.1.2 Ajax 的主要实现技术研究

##### (1) XMLHttpRequest 对象

Ajax 应用的特点之一就是无需刷新页面即可向服务器传输或者读写数据，这一特点主要利益于 XMLHttpRequest 对象。这样就可以像桌面应用程序一样，只

同服务器进行数据层面的交换,而不用每次刷新界面,也不用每次将数据处理的工作提交给服务器来做。这样既减轻了服务器的负担又加快了响应速度、缩短了用户等待时间。

XMLHttpRequest 最早是在 IE5 中以 ActiveX 组件形式实现的,直到最近, Mozilla 1.0 和 Safari 1.2 采用它为事实上的标准,XMLHttpRequest 才流行起来。XMLHttpRequest 并不是一个 W3C 标准,不过,许多功能已经涵盖在 DOM Level 3 Load and save Specification 中,而且其大多数方法和属性都得到了 Web 浏览器的广泛支持。

在使用 XMLHttpRequest 对象发送请求和处理响应之前,必须先用 JavaScript 创建一个 XMLHttpRequest 对象,由于 XMLHttpRequest 不是一个 W3C 标准,所以可以采用多种方法使用 JavaScript 来创建 XMLHttpRequest 实例。IE 是采用 ActiveX 来创建 XMLHttpRequest 对象,其他的浏览器将它创建为一个本地的 JavaScript 对象。由于 JavaScript 具有动态类型特性,而且 XMLHttpRequest 在不同的浏览器上的实现是兼容的,所以可以用同样的方式访问 XMLHttpRequest 实例的属性和方法。

## (2) 文档对象模型 DOM 及 DOM Level 3 加载和保存规范

DOM 是一个 W3C 规范,用户可以以一种独立于平台和语言的方式访问和修改一个文档的内容和结构。换言之,这是表示和处理一个 HTML 或 XML 文档的常用方法。DOM 的设计是以对象管理组织(OMG)的规范为基础的,因此可以用于任何编程语言。最初它被认为是一种让 JavaScript 在浏览器间可移植的方法,不过现在 DOM 应用已经远远超出了这个范围。

DOM 实际上是以面向对象方式描述的对象模型。它定义了表示和修改文档所需的对象、这些对象的行为和属性以及这些对象之间的关系。可以把 DOM 认为是页面上的数据和结构的一种树形表示,不过页面当然可能并不是以这种树的方式具体实现。

DOM 规范的最大好处就是它提供了一种与文档交互的标准方法。如果没有 DOM, Ajax 也就无用武之地了。因为 DOM 不仅允许遍历 DOM 树,还允许编辑其内容,因此对于建立动态的页面极为有用。

尽管 XMLHttpRequest 得到了广泛的支持,但是,创建 XMLHttpRequest 会随着浏览器的不同而有所差异。很多人误认为 Ajax 得到了 W3C 的支持,其实不然。W3C 在一个新的标准中解决了这个问题以及其他缺点,这个标准就是 DOM Level 3

加载和保存规范。设计此规范的目的是以一种独立于平台的语言方式，用 XML 内容修改 DOM 文档的内容。目前支持 DOM Level3 的有 opera 的 XMLHttpRequest 和 Java XML 处理 API 1.3 等等<sup>[31]</sup>。

加载和保存规范能够解决目前遇到的很多跨浏览器问题。总之，加载和保存规范能够为 Web 开发人员提供一个公共的 API，可以以一种独立于平台的语言和方式来访问和修改 DOM，也就是说，不论 Windows 平台还是 Linux 平台，也不论用 VBScript 还是 JavaScript 开发都没有问题。另外，可以将 DOM 树保存为一个 XML 文档，或者将一个 XML 文档加载到 DOM 树。最后，规范还对 XML1.1、XML Schema1.0 和 SOAP1.2 提供了支持。

### 4.1.3 Ajax 在系统中的应用

Ajax 的优势在于局部刷新和异步传输减少刷新时的等待，系统中 Ajax 主要用于两个方面：一是页面加载和客户端向服务器提交请求时，采用 Ajax 技术避免白屏出现，给用户良好的体验；二是对于数据量较小，但需要频繁更换的数据，采用 Ajax 技术可以按需取数据，减少传输的数据量和避免频繁刷新。

客户端向服务器发送请求时，如果返回数据量较大，则客户端需要较长时间等待，如查询某一次台风过程中有雨影响的站点时，查询结果可能有上千条记录，等待返回结果的时间是比较长的，这时如果采用传统的方法提交请求，等待返回数据时会出现白屏，用户只能长时间对着一片白色等待返回数据，这给用户一种很不好的体验。使用 Ajax 则可以避免这种白屏现象，它采用异步传输模式，用户提交请求后，客户端仍可保持原有内容不变，这时可提示用户正在获取数据，等返回数据后再刷新网页内容。系统在页面加载和提交请求时都采用了 Ajax 技术。页面加载时，由于有些页面的内容是动态生成的，一些数据要从数据库中查询获取，所以可能需要时间等待从数据库中获取数据，这时可以把不需要从数据库中获取的页面部分显示出来，并提示用户页面正在获取数据，等数据返回后刷新页面内容，并隐藏提示等待信息，这样既不会出现白屏现象，同时也让用户知道页面内容正在更新，避免了用户对白屏等待时的迷茫。同样系统在用户提交请求时也采用了 Ajax 技术，这样用户提交请求后，等待返回的这段时间，页面提示“正在获取数据，请稍候”，其它内容不会变化，用户可以继续查看原有的页面内容，给用户更好的体验。使用 Ajax 实现局部刷新的效果如图 4.3 所示，提交请求后，系统提示“正在加载数据，请稍候……”，页面的内容不变，仍然



是原来的内容，当数据返回后，系统瞬间更新页面内容，而不会出现白屏现象。



图 4.3 使用 Ajax 避免出现白屏

系统提供了每一条台风路径和每一个气象站点的概况信息的提示功能，如在台风记录列表中，当鼠标移到某一条台风记录时，显示该条台风的一些信息，如发生时间、生命史、最大风速等。这些信息的单个数据量比较小，但总的的数据量比较大，且需要随着鼠标移动频繁变化。如果在页面加载时把所有的信息同时加载，那样会增加传输的数据量，延长用户的等待时间，并且这些数据每次都只会用到很小一部分，因此一次性同时把这些数据传到客户端明显不合理。那么可以考虑每次只传输需要的数据，在需要显示信息时就向服务器发送请求，服务器返回数据在客户端显示，因为数据需要频繁请求，如果每次向服务器发送请求都刷新整个页面显然是不合理的。使用 Ajax 技术可以实现按需取数据和局部刷新，为解决这一问题提供了很好的解决方案。使用 Ajax 实现按需取数据的效果如图 4.4 所示，当鼠标移至某一条台风记录上时，系统会显示这条台风记录的相关信息，这部分信息数据量很少，采用 Ajax 从服务器实时获取，不需要刷新页面。



图 4.4 Ajax 实现按需取数据

采用 Ajax 技术实现数据异步传输和局部刷新的过程如下。在浏览器端通过 XMLHttpRequest 对象的 open 方法向服务器提交请求，并等待服务器返回；服务器则根据请求参数，从数据库中查询相应的信息，并按一定格式返回数据；得到返回数据后，XMLHttpRequest 对象再根据返回的状态和数据，调用显示数据函数显示相应的数据。这一过程不需要刷新整个页面，在等待服务器返回的时间里，浏览器端还可以进行其它操作。

实现这一功能的关键代码如下：

```

//创建 XMLHttpRequest 对象
var xmlhttp;

function createXMLHttpRequest() {
    if (window.ActiveXObject) {
        xmlhttp = new ActiveXObject("Microsoft.XMLHTTP");
    }
    else if (window.XMLHttpRequest) {
        xmlhttp = new XMLHttpRequest();
    }
}
    
```

```
    }  
    //XMLHttp 对象向服务器发送请求  
    var url = "pathInfo.jsp?pathId=" + value;  
    xmlhttp.open("GET", url, true);  
    xmlhttp.onreadystatechange = callback; //callback 为处理返回内  
    容的函数  
    xmlhttp.send(null);
```

其中, url 为请求的路径, callback 为服务器返回数据后对返回数据进行操作显示的函数。

## 4.2 MVC 框架 Struts 研究: 分离数据业务逻辑和表现形式

### 4.2.1 MVC 模式概况

MVC (Model-View-Control, 模型-视图-控制器) 模式是 Xerox PARC 在八十年代为编程语言 Small talk-80 提出的一种设计模式。它降低了处理和显示数据的对象之间的耦合性, 实现了业务逻辑与界面显示的分离, 并且这一概念在基于 Web 方式的多层应用程序领域中得以广泛的应用。

就 MVC 模式的本质而言, 它是一种解决耦合系统问题的方法。在一个具有耦合特征的系统内部, 各组成部分之间通过一定方式彼此关联。当某一部分的状态发生改变时, 它会通过自身和外界的关联, 影响其周边部分的状态, 而周边部分的状态发生改变的结果, 进而又会通过类似的关联影响其他部分的状态。这种变动就像连锁反应一样会从源端通过某种形式传播开去, 所谓“牵一发而动全身”。极端情况下, 系统各部分之间彼此孤立, 即没有任何关联, 则不会发生如上所述的现象。而通常, 如果系统的耦合程度越大, 即各部分之间的关系越密切, 这种效应就会越明显。就一个软件而言, 它属于具有耦合特征的系统, 上述现象的直接体现就是软件的维护过程。软件各部分间的关联越密切, 其维护的难度就越大。解决这一问题的方法, 可以从两个方面来考虑。一方面, 应该尽可能减少系统各部分的关联程度。另一方面, 可以将这些关联进行集中处理, 即将各部分之间关联出现的位置尽可能集中在某几处, 而不是散布在系统的所有角落。MVC 模式充分体现了这两个方面。

## 4.2.2 MVC 的优势

目前大部分 Web 应用程序都是用像 ASP、PHP 等等这样的过程化语言来创建的。它们将像数据库查询语句这样的数据层代码和像 HTML 这样的表示层代码混在一起, 这样开发速度往往比较快, 但由于数据页面的分离不是很直接, 代码重用性差, 产品设计弹性力度很小, 很难满足用户的变化性需求。为了满足用户的变化性需求, 就要将数据从表示层分离开来。MVC 从根本上强制性地将它们分开。尽管构造 MVC 应用程序需要一些额外的工作, 但是它给我们带来的好处是无庸置疑的。MVC 模式的优点具体描述如下<sup>[32]</sup>:

首先, 最重要的是一个模型在运行时可以同时建立和使用多个视图。变化传播机制可以确保所有相关视图及时得到模型数据的变化, 从而使所有关联的视图和控制器做到行为同步。在 MVC 设计模式中, 无论用户是想要访问 JSP 页面还是 ASP 页面或者其它形式页面, 用一个模型就可以处理它。

其二, 由于模型返回的数据没有进行格式化, 所以同样的模型构件能被不同界面使用。例如, 由模型返回的同一组数据可以用 HTML 来表示, 也可以用 JSP、ASP、Macromedia Flash、WAP 等等来表示。正是由于 MVC 设计模式将数据和业务规则从表示层分开, 这样可以最大化的重用代码, 减少了代码的复制, 也就减少了代码的维护量, 一旦模型发生改变, 也易于维护。

其三, 由于一个应用被分离为三层, 并且各层之间相互独立, 因此对于许多需求的改变只需要改变其中的一层就能满足应用的改变, 而且改变这一层并不会影响其它两层, 所以依据这种设计思想构造的构件松散耦合性好。这从另一个角度来说就是模型和视图都有很好的移植性, 从一个应用系统移到另一个应用系统只需要做很少的改动就可以适应新的系统的应用需求。

其四, 由于控制层能把不同的模型和不同的视图组合在一起完成不同的请求, 这样控制器可以为构造应用程序提供强有力的手段。给定一些可重用的模型和视图, 控制器可以根据用户的需求选择模型进行处理, 然后选择视图将处理结果显示给用户。也就是说控制器可以根据用户的要求的不同很容易将众多的代码模块重组成相应的互不相同的应用程序, 提高了代码的可重用性。

最后, 它还有利于软件工程化管理。由于不同的层各司其职, 每一层不同的应用具有某些相同的特征, 有利于通过工程化、工具化产生管理程序代码。

### 4.2.3 Struts 框架的特点

Jakarta-Struts 是 Apache 软件组织提供的一项开放源代码项目，它为 Java Web 应用提供了模型-视图-控制器 (Model-View-Controller, MVC) 框架。使用 Struts 可以大大提高 Web 应用的开发速度，如果没有 Struts，开发人员将不得不首先花大量的时间和精力来设计、开发自己的框架。如果在 Web 应用中恰到好处地使用 Struts，将把从头开始设计框架的时间节省下来，使得开发人员可以把精力集中在如何解决实际业务问题上。Struts 框架具有组件的模块化，灵活性和重用性的优点，同时简化了基于 MVC 的 Web 应用程序的开发。

在 Struts 框架中，模型 (Model) 分为两个部分：系统的内部状态和可以改变状态的操作 (事务逻辑)。内部状态通常由一组 ActionForm JavaBean 表示。根据设计或应用程序复杂度的不同，这些 Bean 可以是自包含的并具有持续的状态，或只在需要时才获得数据 (从某个数据库)。大型应用程序通常在方法内部封装事务逻辑 (操作)，这些方法可以被拥有状态信息的 bean 调用。比如购物车 bean，它拥有用户购买商品的信息，可能还有 checkOut() 方法用来检查用户的信用卡，并向仓库发定货信息。小型程序中，操作可能会被内嵌在 Action 类，它是 struts 框架中控制器角色的一部分，当逻辑简单时这个方法很适合。建议用户将事务逻辑 (要做什么) 与 Action 类所扮演的角色 (决定做什么) 分开。

视图 (View) 由 JSP 建立，struts 包含扩展自定义标签库，可以简化创建完全国际化用户界面的过程。

基本的控制器组件是 ActionServlet 类中的实例 servlet，实际使用的 servlet 在配置文件中由一组映射 (由 ActionMapping 类进行描述) 进行定义。Struts 的结构如图 4.2。

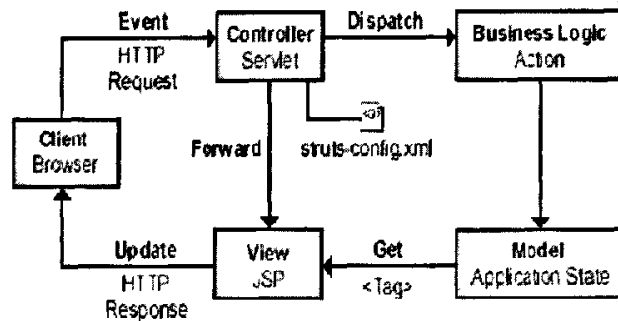


图 4.2 Struts 结构图

#### 4.2.4 Struts 在系统中的应用

系统中数据的查询使用了 MVC 模式,采用目前流行的 Java 开源框架 Struts。视图部分使用 JSP 建立,由 JSP 向服务器提交查询请求,控制器 ActionServlet 根据请求的 URI 以及 struts-config.xml 配置文件中<action-mappings>标签所设定的内容来分配任务处理请求。如查询某一年的台风所有台风记录时,请求的 URI 为 GetPath.do?yearId=2005,根据请求的 URI GetPath.do,ActionServlet 检索 struts-config.xml 配置文件中的<action-mappings>标签,获取处理请求的文件的的路径,再把请任务分发给这个文件处理。struts-config.xml 配置文件中对应的内容如下:

```
<action
  path="/GetPath"
  type="org.apache.struts.actions.ForwardAction"
  parameter="/pages/getPath.jsp"/>
```

其中, path 参数的值表示请求的 URI,这里为“/GetPath”,表示 URI 为“/GetPath”的请求对应这个 Action, type 参数的值表示处理请求的对象,这里为“org.apache.struts.actions.ForwardAction”,表示这个请示将由 org.apache.struts.actions.ForwardAction 这个对象处理, ForwardAction 类是 struts 自带的一个类,专门用于转发请求,不执行任何其他业务操作。parameter 这个参数的值表示 ForwardAction 转发请求的对象,这里为“/pages/getPath.jsp”,表示 ForwardAction 将把请求转发给“/pages/getPath.jsp”这个文件处理。因此,当 URI 为 GetPath.do?yearId=2005 时, Struts 会把这个请求转发给/pages/getPath.jsp 处理。

系统三种台风路径查询方式以及风雨影响查询的示例图如下。

图 4.6 为按编号查询。选择某一年,系统会列出这一年的所有台风记录,用户可以选择感兴趣的台风,点击这一条记录查看台风的路径和风雨影响情况。图中显示的是 200509 号台风麦莎的路径和降雨影响分布情况,地图上的黄色点表示有降雨的站点,下面列出的是这些站点的相关属性。

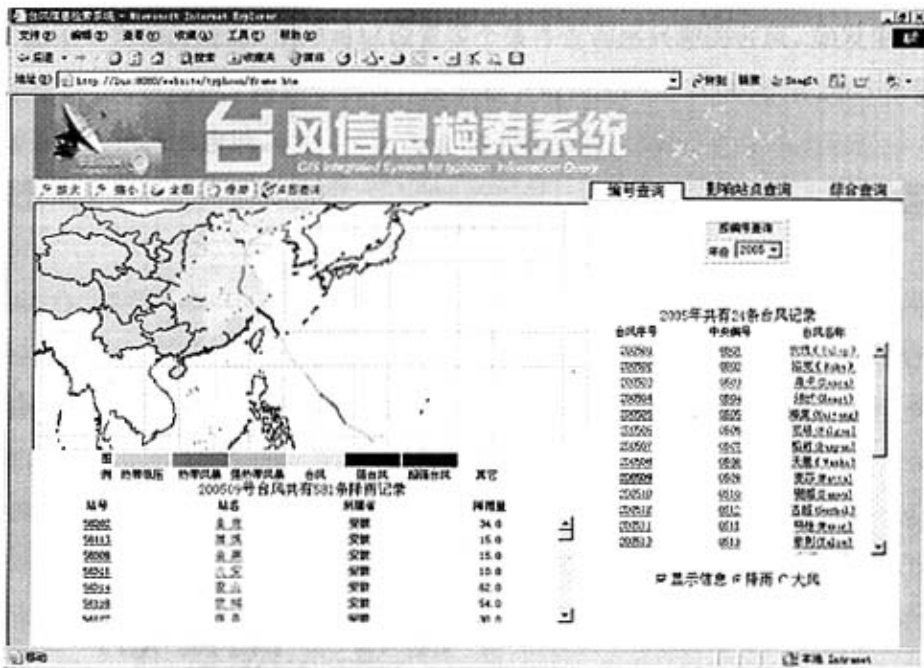


图 4.6 按编号查询

图 4.7 为按影响站点查询。选择某一个省份，系统会列出这个省的所有气象站点，用户可以选择感兴趣的站点，查询对这个站点有风雨影响的台风记录。图中右下角列出的是对上海的宝山站点有雨影响的台风记录。同样，选择某一条台风记录可以查询这一条台风的路径和风雨影响情况。

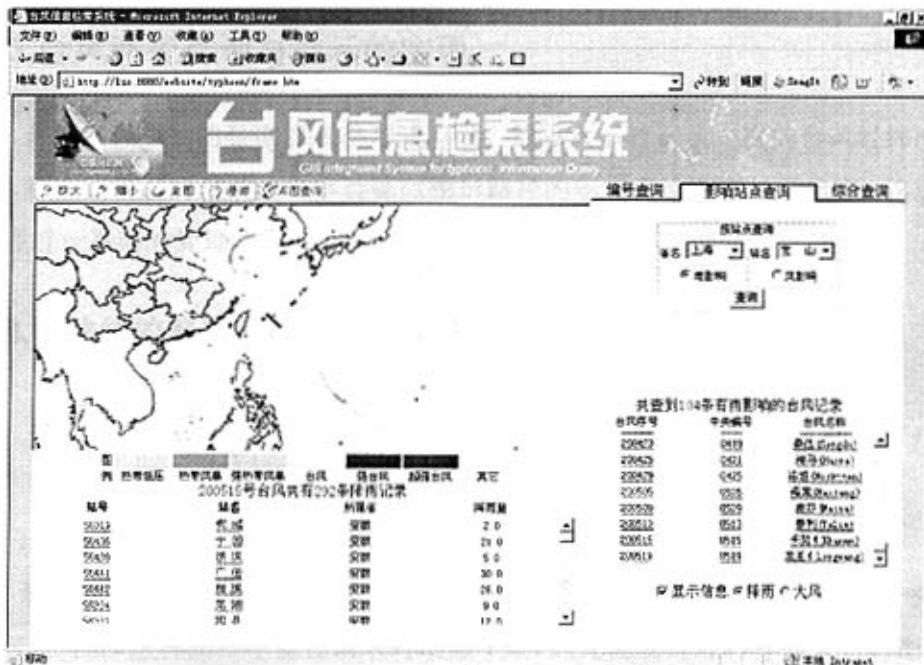


图 4.7 按影响站点查询

图 4.8 为综合查询。用户可以设置多个条件查询感兴趣的台风，如发生时间、登陆地点、台风等级、路径趋向等，图中右下角列出的是 2000 年至 2005 年强度等级为台风的所有台风。



图 4.8 综合查询

### 4.3 台风路径查询与显示的实现

台风路径原始的数据以表格形式存储，每隔六小时记录一次的台风经纬度位置，那么如何把所记录的文本数据以图形路径的形式在地图上显示出来，这就需要经过一系列的处理。

#### 4.3.1 传统的路径显示实现方法研究

目前，发布台风信息的网站上比较常用的台风路径表示形式有以下几种 [33][34][35]。

##### (1) 静态图片

静态图片是最原始的台风路径显示形式，它对每一条台风路径都要有一张图片与之对应，这样图片不能在请求时动态生成，因此需要处理和存储大量的图片，并且如果要对多条路径进行叠加分析也比较困难。



## (2) 用 VML 技术, 以矢量形式显示路径

用 VML 的优势在于客户端的图形要素以矢量形式显示, 并且可以用 JavaScript 脚本控制与用户做交互, 并且可以用脚本控制实现动画, 动态地显示台风沿路径的运动过程。但目前 VML 并不是国际标准, 它只有 IE 浏览器的支持, 不能实现跨浏览器, 同时它也缺乏相应的分析功能。

## (3) 使用 ArcIMS 的 Acetate Layer 动态绘制路径<sup>[16]</sup>

ArcIMS 提供了一种叫 Acetate Layer 的图层, 用于显示比例尺、指北针等一些辅助要素, 当然也可以绘制其它的图形要素。使用 Acetate Layer 技术, 可以先从数据库中获取路径的位置数据, 再在 Acetate Layer 中绘制出来, 这样做的缺陷是如果同时绘制很多图形要素时, 效率会比较低, 并且 Acetate Layer 与 ArcIMS 中的 Feature Layer 和 Image Layer 不同, 不能对 Acetate Layer 中的要素进行查询和分析。

### 4.3.2 本系统基于图层的路径显示实现方法

本系统使用的方法与以上三种方法有所不同, 使用了 ArcIMS 的 createFeatureServerLayer 方法<sup>[28]</sup>。ArcIMS 的 Applet IMSMap 提供了 createFeatureServerLayer 的方法, 使用这个方法可以从 ArcIMS 的服务中获取图层, 并加载到 IMSMap 的地图中。因此, 可以把台风的路径数据通过批处理处理成 ESRI 的 shp 格式, 再用 ArcIMS 按一定的规律为这些路径图层创建服务 (service), 要加载某一条台风路径时, 只要先找到这条路径所在的服务, 在这个服务中寻找这条路径所在的图层, 这样就可以把路径加载并显示到地图中。本系统使用的就是这种方法, 首先通过批处理把所有路径数据处理成 ESRI 的 shp 图层, 并按年份为每一年的路径创建一个服务, 这样要查找某一条路径时, 首先找到这一条路径所在年份的服务, 再找到这个图层, 就可以把路径加载并显示到地图中。如按照本系统的命名规律, 要显示 200410 号台风蒲公英, 首先根据年份 2004 找到这条路径所在的服务为 path2004, 路径图层名称为 2004101, 再通过 createFeatureServerLayer 获取图层, 并用 addLayer 方法把图层加到地图, 然后刷新地图, 显示路径。添加的路径的关键代码如下:

```
var map=parent.mapFrame.IMSMap; //获取地图对象
var layer=map.createFeatureServerlayer(“http://luo:8080”
“path2004” , “2004101” ); //获取图层
```

```
map.addLayer(layer); //加载图层
map.redraw(); //刷新地图显示路径
```

路径加载显示的效果如图 4.9 所示。

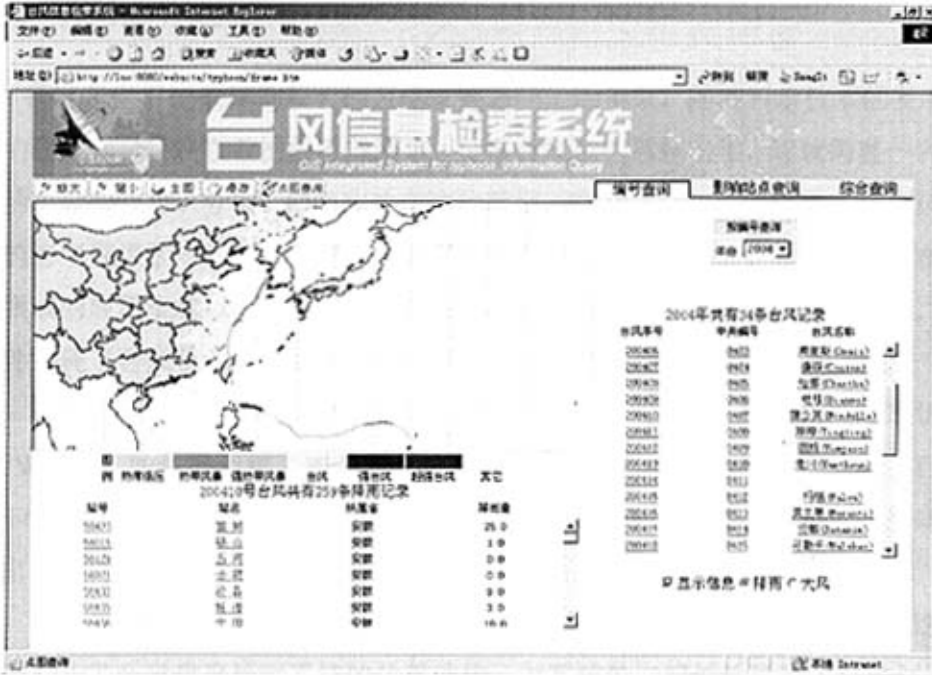


图 4.9 台风路径显示

## 第五章 总结与展望

### 5.1 本文工作总结

台风是世界上破坏性极大的自然灾害之一,近年来,随着科学技术的发展,人们研究台风、获取数据的手段增多,使得台风数据迅速增加,这就需要一种高效的手段来管理、分析、检索和共享这些数据,而 WebGIS 技术的发展为台风数据的管理提供了一种新的方法。本文在研究 WebGIS 的特点、分析 WebGIS 在台风领域的应用现状以及 WebGIS 在 Web2.0 技术框架下的发展趋势的基础上,设计并实现了台风信息检索 WebGIS 系统。本文的工作主要在以下几个方面:

(1) 查阅国内外 WebGIS 相关资料和文献,对 WebGIS 特点、应用现状以及 WebGIS 的体系结构、相关实现技术进行了系统的研究和学习,分析了目前 WebGIS 在台风领域应用的现状,以及现在台风 Web 系统的特点,并在此基础上提出了台风信息检索系统解决方案。

(2) 对 WebGIS 在 Web2.0 技术框架下的发展趋势进行了探讨,并根据这一趋势设计了台风信息检索系统的体系结构,对系统的三层结构进行了详细划分,并对系统数据的组织和每一个功能模块进行了详细设计。

(3) 为了提高系统的交互性以及实现系统数据业务逻辑和表现形式的分离,本文对 Web2.0 的核心技术 Ajax 和 MVC 框架 Struts 进行了深入研究。并在系统中使用 Ajax 技术实现页面的局部刷新和按需取数据,提高了系统的交互性并减少了网络数据的传输;同时使用 MVC 框架 Struts 分离了系统数据的表现形式和业务逻辑,增加系统的灵活性,为系统的维护和扩展提供了良好的基础。

(4) 最后,利用 JSP、JavaScript、Ajax、Struts 等技术, ArcIMS、Access 等软件,实现了基于 ArcIMS 的台风信息检索系统。

### 5.2 需要进一步探讨的问题

本文研究并探讨了 WebGIS 和 Web2.0 的相关技术,并在此基础上设计并实现了基于 ArcIMS 和 Web2.0 的台风信息检索系统,但目前系统功能还比较简单,在以后的研究过程中可以进一步增加系统的功能。

(1) 系统的查询以单条件查询和简单的多条件查询为主,没有实现较复杂的多条件查询和模糊查询。如系统只实现了基于编号的查询和基于时间与登陆地

点、路径趋势、台风等级的简单组合查询，查询条件只有两到三个，没有把这些条件都组合起来，实现更复杂的多条件查询。

(2) 对于查询结果，系统只做了简单的显示，未做更深入的分析。系统只对路径查询结果和台风风雨影响查询结果做了列表显示，但未对查询结果做更深入的分析，如风雨影响的统计分析等。

(3) 系统缺乏空间分析功能。系统只对台风路径和相关风雨影响查询结果在地图上做了简单的显示，可从地图上看到台风路径和影响的站点的空间分布情况，但不能对这些路径和站点做更复杂空间分析，如叠加分析、缓冲区分析等。

## 参考文献

- [1] 冯利华. 热带气旋的风险评估. 海洋通报[J]. 1999. 18(2).
- [2] 刘吉夫等. WebGIS应用现状及发展趋势[J]. 地震. 2003. 10.
- [3] 孔云峰, 林琚. 基于万维网的地理信息系统集成研究[J]. 遥感学报. 1998. 2(2). 43-47.
- [4] 董桂学等. ArcIMS 在林业资源数据共享中的应用[J]. 河北林果研究. 2005. 12.
- [5] Yang C, Wong DW, Yang RX, Kafatos M, Li Q. Performance-improving techniques in web-based GIS. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE 19 (3). March 2005. Pages: 319-342.
- [6] 刘润达, 李爽, 卢鹤立. Web2.0及其对互联网的影响. IT论坛[J]. 2006. 8. 57-60.
- [7] 田国良. 国产GIS 应用示范工程[J]. 中国图像图形学报(应用版). 2001. 6(9):9-10.
- [8] A. K. Ziliaskopoulos and S. T. Waller, An internet-based geographic information system that integrates data, models and users for transportation applications. Transportation Research 8 Part C (2000), pp. 427 - 444.
- [9] M. Theseira, Using Internet GIS technology for sharing health and health related data for the West Midlands Region. Health Place 8 (1). March 2002. Pages 37-46.
- [10] V. Mathiyalagana, S. Grunwaldb, K.R. Reddyb and S.A. Bloom. A WebGIS and geodatabase for Florida's wetlands. Computers and Electronics in Agriculture. 47 (1), April 2005, Pages 69-75.
- [11] 吴顺辉, 蒋成爱, 戴军, 等. WebGIS 在广东省土壤资源信息系统的应用[J]. 华南农业大学学报(自然科学版). 2002. 23(2):15-17
- [12] 秦春. 浅析基于WebGIS 的防洪抢险信息系统[J]. 水利信息化, 2002, (6):10-12.
- [13] 刘仁义, 刘南. 基于互联网GIS(WebGIS)的环境灾害信息系统研究[J]. 自然灾害学报. 2002. 11(2):14-19.
- [14] 王战友, 梁裕明. 基于Web的台风路径信息管理系统开发技术要点[J]. 人民珠江. 2004. 3.
- [15] 池毓榕. 利用WebGIS实现台风路径信息的管理[J]. 水利科技. 2006. 1.
- [16] 郑晓阳, 高芳琴. 基于WebGIS的台风信息服务系统研究[J]. 上海水务. 2006. 1.
- [17] 康冬舟, 范大凯. 基于CGI结构的WebGIS应用研究[J]. 东北测绘. 2002. 25(1):3-9.

- [18] 王冬, 陈春, 何海舰. 网络地理信息系统关键技术及其发展趋势的研究与探讨[J]. 测绘与空间地理信息. 2005. 25(2):23-26.
- [19] 赵裙, 张明. webGIS实现技术分析及其操作模型[J]. 计算机应用研究. 2003. (2):10-12.
- [20] 赵俊兰, 冯仲科. 数字地图在Java Applet下的控制和应用研究[J]. 测绘通报. 2003. (2):21-23.
- [21] 朱静. 基于Java Applet的WebGIS系统框架探讨[J]. 电脑开发与应用. 2005. 15(5):20-21
- [22] 舒忠玲, 汪林林. JavaApplet在WEBGIS中的应用[J]. 上海工程技术大学学报. 2004. 18(1):53-56.
- [23] 贺炳彦. 基于WebGIS的校园地理信息发布系统的设计与研究[D]. 西安:长安大学. 2003.
- [24] 吕长春. 基于ArcIMS的灾情信息网上发布系统[D]. 北京:中科院遥感所. 2003.
- [25] 中国互联网协会交流与发展中心. 2005-2006中国Web2.0现状与趋势调查报告. 中国互联网协会. 2006年2月.
- [26] Tom O' Reilly. 玄伟剑译. 什么是Web2.0. 互联网周刊[J]. 2005. 11.
- [27] ESRI. Getting Started with ArcIMS.
- [28] ESRI. Customizing ArcIMS——Java Viewer.
- [29] ESRI. Customizing the HTML Viewer.
- [30] 施伟伟, 张蓓编者. 征服Ajax—Web2.0快速入门与项目实践(.net) [M]. 第一版. 人民邮电出版社. 2006年4月:1-19.
- [31] [美]Ryan ASleSon、Nathaniel T. sChutta等著, 金灵等译. Ajax技术基础[M]. 第一版, 人民邮电出版社. 2006年2月:1-70.
- [32] 孙卫琴编著. 精通Struts:基于MVC的Java Web设计与开发[M]. 电子工业出版社. 2004. 8. 9-17.
- [33] <http://www.typhoon.gov.cn/mainpage.php> 中国台风网.
- [34] <http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm> 中国台湾气象局网站.
- [35] <http://zjqx.zjnw.gov.cn/module/taif/display.php> 浙江气象台动态网页.
- [36] 陆涛. GIS支持下的西北太平洋热带气旋研究[D]. 上海:华东师范大学. 2004.
- [37] 朱海燕. GIS空间分析方法在热带气旋研究中的应用[D]. 上海:华东师范大学. 2005.

## 后 记

转眼间三年的硕士生活就要结束了，回忆三年的点点滴滴，感受颇深。在这里，许许多多的老师授予我知识给予我教导，许许多多的同学给予了我友谊和帮助；在这里，我认识到了地理学专业的知识领域是多么的广博；在这里，我的为人处事、学术研究、实践能力等方面都得到了提高。在此，要向所有帮助我的人致以最诚挚的谢意！

首先要感谢我的导师王远飞老师，这三年里他给了我很多的关心和指导，是他为我开启了新的知识领域的大门。他的学识渊博、治学严谨、思维敏捷和思路开阔，这些都深深的影响了我，使我受益非浅。论文从开题、构思到设计成文，无不凝聚着王老师的无数心血，可以说没有王老师的指导我是难以完成这一篇论文的，在此我对王老师表示由衷的感谢！

感谢张超老师、束炯老师、李朝颐老师、李先华老师、应龙根老师、吴建平老师、过仲阳老师、乐群老师、黄余明老师、益建芳老师、范安康老师、王铮老师、徐建华老师等对我的悉心指导、关怀和帮助。特别感谢益建芳老师三年来对我各方面的关心！

感谢同门朱海燕、丁鹏飞、孙建鹤、姚丽萍、武占云、刘黎明、陈雯、唐瑜、张伟、杨琴芝、丛晓男、高皓亮等几年来对我的关心和帮助，你们让我感觉到了402这个大家庭的温暖。尤其感谢杨琴芝在我论文的写作过程帮我做了很多文字检查校对的工作。感谢室友仇勇懿、孙德亮、孙兆民、胡志平、吴金铭、王历、邓涛涛对我生活上的帮助和照顾。感谢老同学魏文彪，难得有七年同窗！感谢师姐余凤玲，感谢以前的同门徐丽华、杨瑞霞、梁宗经、官文江、章皖秋、徐俊、熊剑、占丰富、章意锋、黎微，你们在我刚入华师大的时候给了我很多帮助。感谢地理系的所有老师和同学，感谢所有关心我的人和我关心的人！

最后，感谢我所有的亲人和朋友，是你们一直以来的无私奉献和支持使我能顺利完成学业！

罗向欣

2007年5月于上海