

# 基于 Flex 的热带气旋检索分析 WebGIS 开发研究

胡龙平, 吴健平, 王 晨, 穆望舒

(华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200241)

**摘要:** 建立热带气旋检索分析 WebGIS 系统对热带气旋的预报具有重要意义。Flex 是 Adobe 公司推出的一个高效的开源跨平台开发框架, 是目前流行的富客户端技术之一, 它兼具桌面软件丰富的表现力和 Web 程序的易用性。该研究根据热带气旋空间数据的海量性、分布性、存档性和强时序性等特点, 采用 REST 架构和 Flex 富客户端技术, 开发了“西北太平洋热带气旋检索分析 WebGIS 系统”, 系统提供热带气旋预报人员多源数据检索与分析功能, 提高了热带气旋预防减灾的能力。

**关键词:** 热带气旋; 网络地理信息系统; 表述性状态转移; Flex 技术

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)09-0162-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.09.041

## Research on WebGIS Development of Tropical Cyclone Retrieval and Analysis Based on Flex

HU Long-ping, WU Jian-ping, WANG Chen, MU Wang-shu

(Key Laboratory of Geographic Information Science of Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** It has great importance in the establishment of tropical cyclone retrieval and analysis WebGIS system. Flex is one of the most popular rich client technologies which is invented by the Adobe company. It is an efficient, open source and cross platform framework, it combines the rich expressiveness of desktop software and ease of use of Web program. According to the mass, distribution, archiving and strong temporal characteristics of tropical cyclone spatial data, the western north pacific ocean tropical cyclones retrieval and analysis WebGIS system is developed based on the Flex and REST architecture. System provides multi-source data retrieval and analysis functions for the forecasters. It improves the capacity of prevention and mitigation of disasters.

**Key words:** tropical cyclone; WebGIS; REST; Flex technology

### 0 引言

热带气旋(Tropical Cyclone, TC)引发的灾害对社会经济影响极大,我国所处的西北太平洋地区是 TC 发生最频繁的地区,TC 的分析预报对我国防灾减灾工作和国民经济建设具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。随着气象数据获取手段的增强、观测密度的不断提高,我国气象部门已经积累了丰富的 TC 及其灾害影响的多方面观测数据、实验数据和预报数据,WebGIS 能以地图形式为研究人员提供数据浏览与分析服务<sup>[3]</sup>。

WebGIS 目前已在 TC 监测领域得到了广泛的应用。我国的国家气象信息中心利用 Flex、GIS 等技术,

构建了台风信息服务网站,将台风相关资料和预警信息进行实时在线展现<sup>[4]</sup>;美国国家海洋局(NOAA)利用 Web 技术开发了 TC 信息展现系统(Global Tracks),提供 TC 信息空间可视化服务;日本气象厅、香港天文台也都开发了 TC 网络信息平台,提供了 TC 信息监测及预警功能<sup>[5]</sup>。但是目前大多数 TC 网络共享平台主要是展现 TC 的行进轨迹和大风降水,没有有效地利用雷达观测、卫星云图、500 百帕高度场、历史相似路径资料以及其他 TC 观测资料,也没有提供专业的 TC 数据空间分析功能。该研究在开发“西北太平洋热带气旋检索分析 WebGIS 系统”时,采用

收稿日期:2012-11-19

修回日期:2013-02-23

网络出版时间:2013-05-09

基金项目:国家“973”重点基础研究发展计划项目(2010CB951603)

作者简介:胡龙平(1989-),男,江西新余人,硕士研究生,研究方向为 GIS 软件开发与应用;吴健平,博士,教授,博导,主要研究方向为 GIS 应用与开发。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130509.1057.010.html>

REST 架构和 Flex 技术,系统集成了 TC 路径资料、大风、降水数据以及雷达和卫星的遥测资料,为预报人员提供综合的预报辅助信息。

## 1 系统目标与设计

系统主要面向气象业务人员和 TC 研究人员,为 TC 预报和研究提供数据及数据分析服务。“增强检索、空间分析、数据融合、简便生动”是该系统建设需要完成的目标。

系统采用 B/S 架构,包含多源数据(TC 相关资料)的叠加融合显示、TC 查询检索、空间分析和数据统计等功能。系统框架由三个部分组成:数据存储与管理、后台服务程序以及客户端 Web 程序。

系统所有的 GIS 空间数据统一采用 WGS1984 地理坐标系作为空间参考,TC 路径、大风降水等其他气象观测资料储存在关系型数据库 SQL Server2005,其中 GIS 空间数据通过 ArcSDE 空间数据引擎访问,实现了数据的统一存储管理和多用户的并发访问。后台服务程序采用 C#语言基于 ArcEngine 和 Model Builder 工具开发,完成实时气象数据的转换和服务产品的制作。前端 Web 系统采用富客户端 Flex 技术,结合 ArcGIS Flex API,提供数据的快速发布与共享服务。整个系统通过后台服务程序实时获取 TC 数据、卫星雷达、常规观测、数值预报及其他业务数据,并根据数据的特点分别解析、转换、导入空间数据库和文件夹中,确保

了 WebGIS 系统数据的完整性和时效性,系统的总体框架如图 1 所示。

## 2 系统主要功能

### 2.1 TC 基本查询

对于实时 TC,系统提供实况资料和预报信息的显示。实况资料包括 TC 生命过程中各个时段的最大风速、最低气压、七级风圈和十级风圈信息;预报信息包括中央气象台以及韩国、日本、欧洲中心等其他各个国家预报的未来 24/48/72 小时的路径信息和强度信息。

系统提供了多种查询及属性显示功能,包括基本属性查询、关键区路径查询、多 TC 联合查询、风雨资料插值统计和移向移速概率统计等功能,以期能够从多角度探索 TC 的生成和演化的规律,为 TC 的预报研究服务。如图 2 所示,在查询对话框中设置 TC 的生成时间、TC 的强度、风雨影响区域和登陆地点等查询条件,系统会在列表中显示所有符合条件的 TC,并在地图上显示其空间轨迹和详细属性信息。

### 2.2 TC 相似查询

TC 相似查询主要用于当前 TC 路径的预报,研究人员可以根据历史上出现的相似 TC 路径辅助判断当前 TC 的未来路径趋势以及可能造成的天气灾害<sup>[6]</sup>。

TC 路径在二维空间中可以看成是一段有方向的曲线,它综合反映了 TC 的空间位置、几何形态以及移向移速等信息<sup>[7]</sup>。系统利用 GIS 空间分析技术,实现

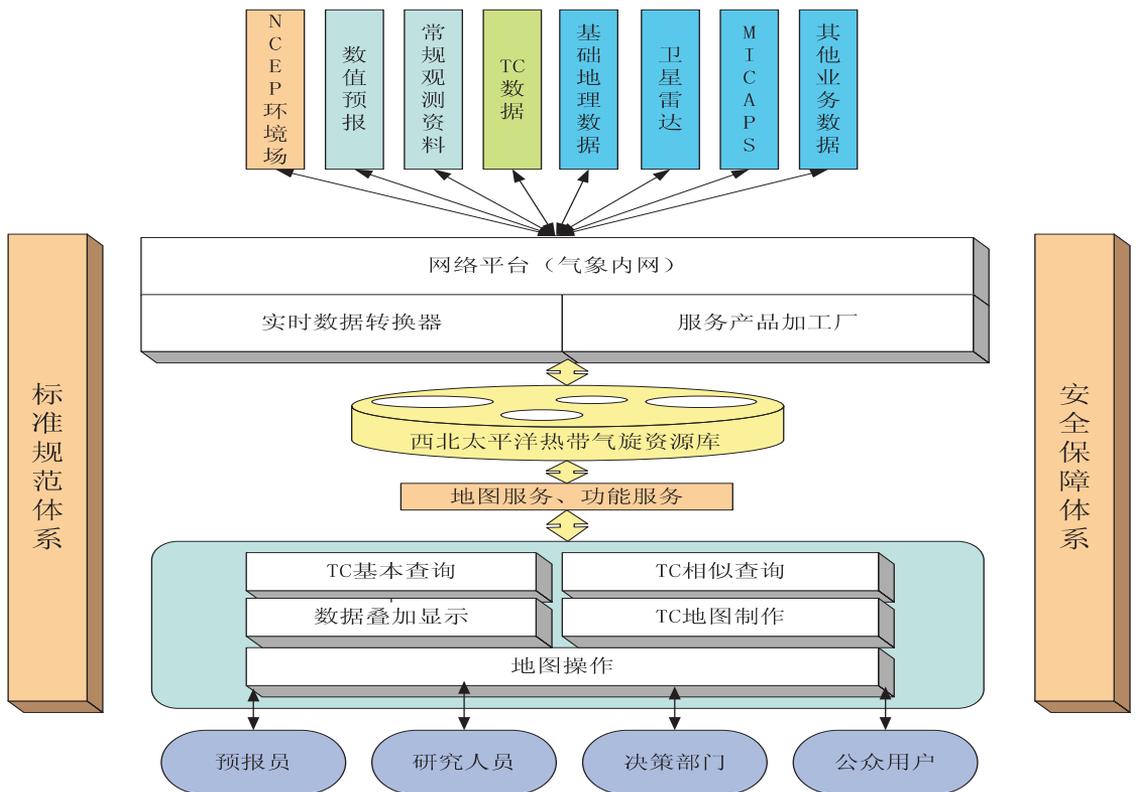


图 1 系统的总体框架

了 TC 路径相似查询的功能,即查询在目标 TC 路径的缓冲区内通过并且方向保持一致的 TC 路径集合。与目标 TC 路径的相似程度,也就是 TC 路径的相似系数,可通过其他 TC 曲线与目标 TC 曲线各自缓冲区的重合面积与目标 TC 曲线的缓冲区面积的比值来确定。



图 2 TC 基本查询

系统首先根据目标 TC 路径生成规定距离的缓冲区,然后利用缓冲区进行空间查询,从历史 TC 资料库中查询出经过这一区域内所有的 TC 路径,根据 TC 中心的生成时间和空间位置,找出和目标 TC 行进方向一致的所有 TC 集合,最后利用空间拓扑关系计算它们和目标 TC 的相似系数,并在地图上显示路径相似的 TC(见图 3)。



图 3 路径相似查询

### 2.3 数据叠加显示

系统提供了 TC 路径信息与卫星云图(含 FY2C/FY2E 卫星影像)、地形数据(SRTM 地形 1 km 分辨率)

和雷达观测资料的叠加显示,使预报人员和研究人员在查看当前位置 TC 时,可以非常方便地查看相关的气象观测资料,如显示 TC 中心所在区域同一时刻 FY2E 的卫星影像图和 500 hpa 高度场资料,如图 4 所示。

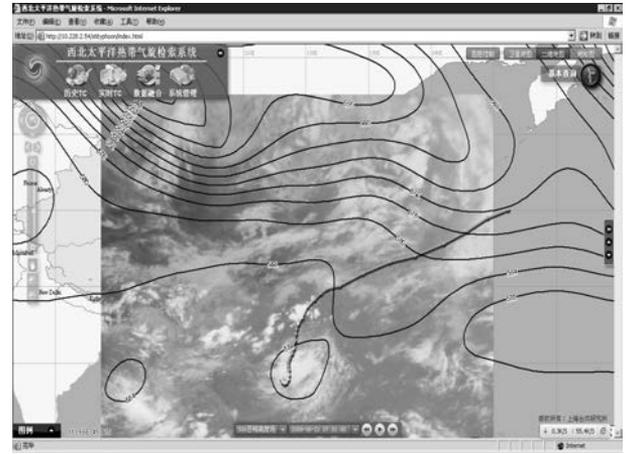


图 4 数据叠加显示

系统利用 GIS 空间技术和 REST 地图切片缓存技术,实现了多源海量气象空间数据的叠加显示。对于不同的资料,系统采用不同的专题地图形式渲染气象数据图层,并且用户可以自由地控制图层的可见性和透明度,以期能够更好地满足用户的叠加显示需求。

### 2.4 TC 地图制作

TC 地图制作是指在空间基础底图上显示 TC 的各种观测资料,并根据用户的专业知识和经验在地图上绘制各种空间几何要素和文字,使其能够为专业用户和公众服务。系统利用 Flex 技术和 ArcGIS Flex API,为客户端提供了强大的地图制图功能,用户可以添加文字和几何图形,制图结果可以输出和打印。

## 3 系统实现的关键技术

### 3.1 气象数据与 GIS 数据的转换

气象信息综合分析处理系统(MICAPS)是在我国广泛应用的气象资料显示、处理、分析及预报的辅助平台,其数据格式 Diamond 目前已成为气象行业流行的数据交换格式<sup>[8]</sup>。但是,MICAPS 数据不能被通用 GIS 软件支持,因为二者的数据存储方式存在较大的差异。另外,我国风云二号气象卫星的 GPF 数据和雷达产品数据也不能直接被 GIS 软件加载。该系统开发了气象空间数据处理模块,能够将 MICAPS 数据、风云二号气象卫星数据和雷达数据转换为 GIS 支持的栅格数据和矢量数据,使系统能够统一管理和 TC 相关的气象数据。

对于 MICAPS 的数据,系统首先使用 ArcGIS 的 Model Builder 工具制作专业的气象数据 GP(Geopro-

rocessing) 处理模型,利用 ArcEngine. NET SDK 调用 GP 模型,完成 MICAPS 数据到 GIS 数据的转换。如 MICAPS 7 类数据(台风数据)可以转换为矢量点、线数据, MICAPS 4 类数据(格点资料)则可以转换为栅格数据。对于转换好的数据,系统采用不同的气象符号渲染制作不同的专题地图。

对于风云卫星和雷达产品数据,为了提高数据的转换效率,系统采用 C# 的 GDI+(Graphic Device Interface,图形设备接口)将气象数据绘制转换为栅格 TIFF 数据。其工作流程为,首先采用二进制流的方式读取数据文件并判断文件的元数据信息,如数据的类型、空间范围等,然后利用 GDI+按照空间关系逐一绘制每个栅格的象元值,最后进行空间坐标投影,生成空间栅格数据。系统实践证明,利用 GDI+转换气象云图和雷达资料是可行的,并且数据转换效率比 GP 模型更高。

### 3.2 基于 REST 的地图缓存技术

REST 即表述性状态转移,它是一个轻量级的 Web 服务架构,可以通过 HTTP 协议实现,并且能利用缓存 Cache 提高响应速度。它将互联网的所有元素都当作是资源,客户端可以通过特定的 URL 访问资源。ArcGIS REST API 是将 ArcGIS 提供的 GIS 功能与服务进行统一的规范封装,并且按照 REST 规范对外提供各种服务,如基础地图服务、空间分析服务、地理编码服务及地理处理服务,客户端只需通过简单的 URL 地址就能够方便快速地访问到 GIS 服务器提供的各种服务,这是 ArcGIS REST API 最大的优点<sup>[9-10]</sup>。

为了提高地图数据的传输和显示效率,系统采用了符合 REST 规范的地图切片缓存技术,即按照一定的数学规则,把地图切成一定规格的图片保存到计算机硬盘里,当用户通过客户端浏览器访问地图服务时,服务器会根据请求的 URL 地址返回当前范围和比例尺下所对应的“切片”,从而达到降低服务器负担、提升地图浏览速度的目的<sup>[11-12]</sup>。

在该系统中,基础地图数据基本不会发生变化,因此可以采用地图缓存技术。首先使用 ArcGIS Server 发布基础地图服务,然后按照设定好的参数一次性的生成所有的切片,最后提供切片地图服务,以供客户端调用。

对于气象云图和雷达资料,这些资料是变化的,如果使用 ArcGIS Server 发布切片地图服务, GIS 服务器需要不断地发布新的地图服务,这会严重影响服务器的工作效率。为此,笔者按照 REST 架构的规范,利用 ASP. NET 和 ArcGIS Server ADF 框架从底层开发了一个适用于 TC 气象观测资料的地图缓存服务模块,其工作流程如下:当后台服务器接收到最新的云图或雷达数据时,系统调用气象空间数据处理模块,将其转换

为 GIS 数据格式,并在数据库中插入元数据信息,然后调用地图切片制作程序,按照规定的层级生成切片金字塔,最后将整个切片文件夹发布共享。经过上述流程,气象资料已被处理成了地图切片数据,并且每张切片地图都仿照 REST 规范对应了唯一的 URL 请求,能够被 Flex 客户端快速加载访问。

### 3.3 基于 Flex 的 TC 路径显示技术

Flex 是一个运行在浏览器 Flash Player 插件中的开发框架,其作为富互联网应用中较成熟的技术,具备丰富的客户端组件和优秀的动画效果,不仅具有快速显示栅格图片的能力,也有强大的矢量数据绘制与交互能力<sup>[13]</sup>。在与后台数据通信方面, Flex 提供了 HttpService,WebService 和 RemoteObject3 种通信方式,支持 C#,Java、PHP 等开发语言,并且 Flex 采用的是异步消息传递机制,可以在不刷新整个页面的情况下更新部分数据,减轻了网络传输负担。

客户端 Web 系统开发采用了 ArcGIS Flex API,它可以在浏览器端调用 ArcGIS 服务器端强大的制图、空间分析及地理处理等功能。同时利用 Flex 优秀的前端交互功能,系统实现了 TC 路径轨迹、大风、降水的实时显示,历史轨迹的动画播放和专题地图的绘制等一系列 TC 数据的展现和分析功能。

## 4 结束语

基于 Flex 的热带气旋检索分析 WebGIS 系统能够很好地将 TC 路径信息、灾害预警数据和各类 TC 气象观测数据进行实时的叠加显示和空间分析,并具有强大的地图展现和制作输出功能,该系统目前已在全国范围的气象系统内网中运行,为 TC 预报提供了稳定高效的服务平台。

由于气象资料种类较多,格式较为复杂,使得后台数据转换处理程序的负担较重,如何更加高效地转换和处理气象数据以及提高系统数据的时效性,是系统需要进一步解决的问题。

### 参考文献:

- [1] 罗向欣. 基于 WebGIS 的台风信息检索系统研究[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [2] 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.
- [3] 吴焕萍,罗兵,王维国,等. GIS 技术在决策气象服务系统建设中的应用[J]. 应用气象学报,2008,19(3):380-384.
- [4] 孙丽华,吴焕萍,郑金伟,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):754-761.

提升到最高,提醒软件开发人员应尽快改善代码优化系统。表2为某次发布系统后BT IOT Standard测试的结果,可以计算出本次测试的通过率大于70%的预期值,可以进行BT IOT Advanced Test阶段;同时发现,SMS模块通过率为37%,低于50%的预期值,说明该模块存在严重问题。程序开发过程中对该模块设计有缺陷,需提高bug优先级尽快解决相关问题。

### 3.4 BT IOT Advanced Test

本阶段关注的是BT OT(Bluetooth Overnight Test,蓝牙压力测试)和路测,针对各个服务模块设计出具体的测试用例,同时参考历史最优值。HFP的OT主要体现在长时间通话的压力测试,确认保持2个小时或者5个小时通话后车载系统响应是否正常。PBAP的OT关注的是下载联系人和通话记录数量的大小,确认下载500条联系人,或500条通话记录时,车载系统响应是否正常,数据下载及显示是否完成,具体测试用例同时要关注目标手机所支持的数据大小,如功能一般的手机与SIM卡存储的联系人共500条,Android手机系统现只保存前500条通话记录等。A2DP及AVRCP的OT主要体现在长时间播放手机端音乐,例如车载系统连续播放5个小时或者更长时间的手机音乐。路测是指把车载系统拿到实际运动中的汽车中测试,确认蓝牙各模块在实际情况下的响应情况,是否达到软件详情设计规定要求。

## 4 结束语

文中针对车载导航影音软件的不稳定性,提出了蓝牙模块的测试方法,同时为车载系统中其他模块的测试提供一种参考。软件测试的目的是发现并指出系统或软件中存在的缺陷,为软件开发人员对软件缺陷进行修复提供了依据。测试不是验证程序能否正

确运行,而是发现存在的错误。同时也要明白,软件总会存在缺陷,是不可避免的,正确高效的测试可以减少软件存在的缺陷<sup>[12]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 孙 奥,朱贵斌,江 铁.车载导航系统的研究现状及未来发展[J].微型机与应用,2012,31(2):1-4.
- [2] 张 群,杨 絮,张正言,等.蓝牙模块串口通信的设计与实现[J].实验室研究与探索,2012,31(3):79-82.
- [3] 符 鹤,周忠华,彭智朝.蓝牙技术的原理及其应用[J].微型电脑应用,2006,22(7):60-61.
- [4] 刘 媛,张 伟,王知学,等.蓝牙车载信息系统的设计与实现[J].山东科学,2010,23(3):41-44.
- [5] 王 琨,于亚芳,李晋凯.基于蓝牙技术用手机控制电脑的软件设计[J].计算机与现代化,2012(4):123-126.
- [6] 齐晓静,王卫东,王 剑.Windows CE OAL层的结构与开发[J].单片机与嵌入式系统应用,2005,5(2):30-33.
- [7] Hyeon-Ju Yoon. A Study on the Performance of Android Platform[J]. International Journal on Computer Science & Engineering, 2012,4(4):532-537.
- [8] Yang Jie, Sidhom S. Detecting Driver Phone Use Leveraging Car Speakers[J]. MobiCom'11, 2011(9):19-23.
- [9] Utpal T P, Uday B D. A Novel Algorithm for Bluetooth ECG [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2012,59(11):3148-3154.
- [10] Javier A, Juan A. An architectural model for software testing lesson learned systems[J]. Information & Software Technology, 2013,55(1):18-34.
- [11] Saldana-Ramos J, Sanz-Esteban A. Design of a competence model for testing teams[J]. IET Software, 2012,6(5):405-415.
- [12] 肖丰佳,李立新.软件测试技术研究[J].工业控制计算机, 2012,25(1):75-76.
- [5] Leung Y, Wong M H, Wong K C, et al. A novel web-based system for tropical cyclone analysis and prediction[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2012,26(1):75-97.
- [6] 王远飞,陆 涛,朱海燕,等.基于GIS的热带气旋相似路径检索系统研究[J].测绘科学,2006,31(5):124-125.
- [7] 刘 勇,吴必文,王东勇.一种台风路径相似检索的算法研究[J].气象,2006,32(7):18-24.
- [8] 傅希德,唐 俊,袁晓辉,等.基于Arcgis Engine的三峡梯级调度可视化气象业务系统[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2009,33(4):791-794.
- [9] 郎永刚.浅谈基于Flex RIA与REST的WebGIS研究[J].测绘与空间地理信息,2012,34(6):87-88.
- [10] 袁焯锋.基于Flex与REST的WEBGIS研究[D].上海:华东师范大学,2009.
- [11] 章 贤.基于Flex的切片地图服务关键技术研究及原型开发[D].上海:华东师范大学,2009.
- [12] 酆敏杰,张 旗,沈萍月,等. ArcGIS Server 地图缓存技术及Rest技术在气象服务中的应用[J].浙江气象,2009,30(C00):70-73.
- [13] 龙腾飞. Ajax技术与Web GIS[J].计算机技术与发展, 2008,18(4):165-167.

(上接第165页)

# 基于Flex的热带气旋检索分析WebGIS开发研究

作者: [胡龙平](#), [吴健平](#), [王晨](#), [穆望舒](#), [HU Long-ping](#), [WU Jian-ping](#), [WANG Chen](#), [MU Wang-shu](#)

作者单位: [华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海, 200241](#)

刊名: [计算机技术与发展](#)

---

英文刊名:  [Computer Technology and Development](#)

---

年, 卷(期): 2013(9)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjz201309041.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201309041.aspx)