

公共气象服务空间信息系统的研究与应用

唐卫 王慕华 刘准 丰德恩 渠寒花 鹿业涛 王阔音 梅钰 路明
(中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081)

摘要: 气象空间信息系统能够对气象数据进行高效的存储、管理、分析、显示和共享, 可以大大提高公共气象服务的信息化水平。随着大数据、云计算技术的发展, 分析了气象信息系统存在的问题和面临的挑战, 讨论了公共气象服务空间信息系统建设总体技术架构和功能组成, 详细介绍了该系统的关键技术, 并以行业实例进行了验证。

关键词: 公共气象服务, 地理信息系统, 大数据

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.01.025

Research and Application of Spatial Information System in Public Meteorological Service

Tang Wei, Wang Muhua, Liu Zhun, Feng Deen, Qu Hanhua, Lu Yetao, Wang Kuoyin, Mei Yu, Lu Ming
(China Meteorological Administration Public Meteorological Service Centre, Beijing 100081)

Abstract: Meteorological spatial information system can realize high efficient storage, management, analysis, display and share, which improves the information level of public meteorological service. This paper analyzes existing problems and challenges of meteorological service system with the development of new technologies in big data and cloud computing features, discusses the technical framework and functional components of the spatial information system in public meteorological service, introduces the key technologies of the system and presents verification by the industry application.

Keywords: public meteorological service, Geographic Information Systems, spatial information system, big data

0 引言

气象部门是较早利用地理信息系统(GIS)技术的机构之一, 从20世纪80年代通过绘图仪绘制纸质的天气形势图, 到20世纪90年代中期开发了MICAPS系统并替代了纸质的天气形势图, 实现了无纸化的业务体系。2000年以后随着互联网的发展, 气象部门也开始使用主流的GIS软件, 如ArcGIS、SuperMap等, 开展二次开发, 形成了一些气象空间信息系统(图1), 如图形制作系统、面向行业应用的交通、旅游、航空、地质灾害等气象服务空间信息系统^[1-15], 极大地促进了气象信息化和现代化建设。

随着硬件技术、软件技术快速发展, 以及公共气象服务业务的发展, 还存在一些不足, 具体表现在:

从公共气象服务业务流程来看, 一般分为数据接入、数据处理、预报分析、加工制作、分发传输、服务反馈等环节。数据接入和数据处理环节存在人员重置、功能重置、数据重复, 以及融合能力弱和速度慢

等问题, 预报分析环节存在平台缺失等问题, 在加工制作环节存在功能重置、部分功能缺失, 以及加工产品结论不一致等问题, 在产品分发服务环节存在出口不一致, 个性化的气象服务能力缺失等问题, 气象服务能力与日益增长的气象服务需求不相适应的矛盾越来越突出。

从大规模气象服务数据组织来看, 目前气象数据具有格式多样(MICAPS、NetCDF、Bufr、HDF、文

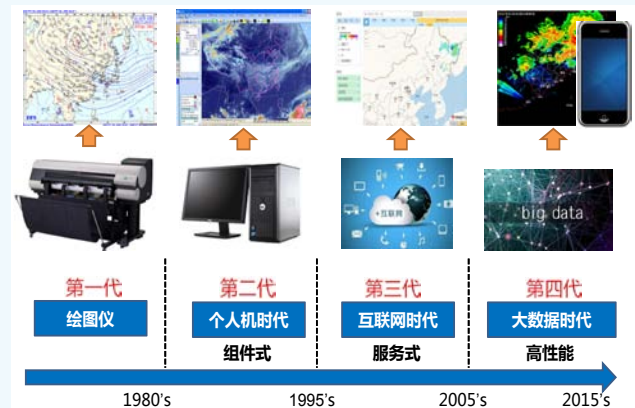


图1 气象服务图形系统的发展历程
Fig. 1 The development of graphics system in meteorological service

收稿日期: 2016年10月17日; 修回日期: 2016年11月29日
第一作者: 唐卫(1978—), Email: now_tang@163.com

本等)、数据种类多样(卫星、雷达、观测站、数值预报模式、风廓线雷达、辐射仪等)、存储方式多样(文件系统、各种数据库)等特点,同时气象数据与空间数据的空间参考坐标系不一致性,如何对气象数据和空间数据进行统一的存储、管理、分析、处理是所需要解决的问题。

从多源气象服务信息融合与快速可视化来看,随着计算机技术的发展,服务手段的增加,如何适应桌面、平板、智能手机等多终端的气象信息的高质量绘制,海量、多源、多维、动态的气象服务信息数据关联分析和可视化,这也是公共气象服务目前面临的挑战之一。

从气象信息化所面临的新时代新挑战以及新趋势来看,新时代,GIS软件与应用进入以大数据为特征的新时期。气象数据的时空分辨率不断增加、种类快速增长,计算区域不断增大,从而造成了数据密集、I/O密集;数据统计、数据模拟复杂度变高,从而造成了计算密集;实时性、动态性增强,从而造成了通信密集。结合大数据计算技术构建新型气象服务GIS系统是当前技术发展趋势。

综合上述分析,提出公共气象服务空间信息系统总体设计方案,说明如何从系统架构的设计上来满足上述需求,同时又分析系统使用的系列关键技术来解决海量多源数据的存储、管理、服务、可视化和监控等环节。

1 公共气象服务空间信息系统总体设计

1.1 系统总体架构

在大数据时代,为了解决数据密集、I/O密集、



图2 公共气象服务空间信息系统架构

Fig. 2 Spatial information system framework in public meteorological service

计算密集等一些共性技术问题,以及功能重置、数据重置、流程不畅等业务流程问题,设计了公共气象服务空间信息系统框架(图2)。公共气象服务空间信息系统是面向气象服务的决策用户、行业用户及公众用户的综合性公共气象服务平台,依托中国气象局CIMISS数据支撑环境和公共气象服务数据池,基于SOA架构思想,利用大数据、GIS、分布式计算、并行计算技术构建的高性能气象服务信息系统。服务端包括气象数据处理并行算法库、气象数据计算服务、气象制图服务、气象数据服务,以及管理工具等,在客户端,把一些共性的组件进行封装,包括气象数据管理组件、气象数据处理、工作流组件、可视化制图组件等。基于服务端的服务和这些共性的组件构建了交互可视化操作客户端,包括三大应用系统:WeatherDesktop(业务系统)、WeatherMap(服务系统)、WeatherStudio(自动加工系统),三大系统在交通、水文、地质、森林火险、铁路、新能源、电力、航空等专业气象服务领域得到了充分的应用。

WeatherDesktop为气象业务人员提供了高效率的气象产品预报分析、监测告警、交互订正和分管理功能;WeatherMap构建了面向决策、行业、公众用户的综合交通、航空、能源、风电等多个行业领域的气象及行业信息的一站式气象服务系统平台;WeatherStudio为气象服务用户提供一次建模多次使用的智能化产品加工工具。三大系统相互独立,又密不可分,共同构成智慧气象服务业务体系。WeatherStudio作为WeatherDesktop基础,能够根据不同用户需求,对常规气象要素进行深度自动加工,输出精确的气象服务数据和高质量的气象服务产品,为WeatherMap和WeatherDesktop提供数据和产品储备;经WeatherDesktop人工订正的实况监测、预报服务数据和产品,为WeatherMap提供数据融合和分析数据源,并以形象直观的web页面展示给决策、公众和行业用户。

1.2 应用系统架构和应用实例

1.2.1 WeatherDesktop

系统以CIMISS系统作为基础的数据源,基于统一的气象数据服务接口、高性能计算服务与可视化服务,构建WeatherDesktop的业务应用层(图3),系统功能包括气象数据加载、可视化、精细化预报、预报订正、预报落区交互绘制、灾情数据管理、服务产品制作、预报检验、产品发布与共享等。并基于基础的组件层和应用层,构建了相应的行业应用,例如交通气象业务系统、航空气象业务系统、地质灾害气象业

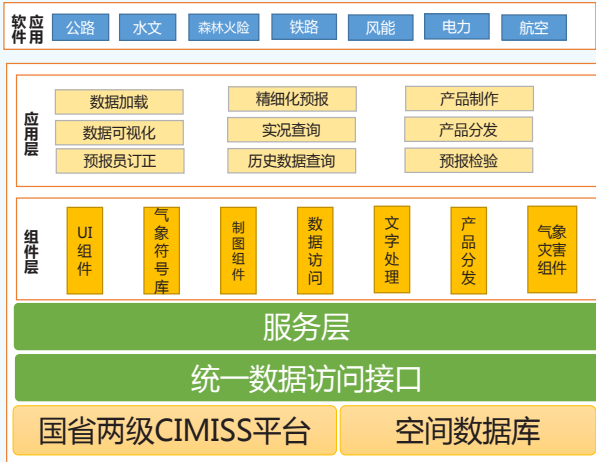


图3 WeatherDesktop技术框架
Fig. 3 Framework of WeatherDesktop

务系统等。

以研发的智慧气象公路交通服务业务系统为例（图4），该系统基本建成覆盖全国主要干线公路的交通气象灾害行业化监测网络；制定了《公路交通气象观测数据文件传输格式规范》和《公路交通气象观测数据省级传输方案》，打通了国家级与省级的公路沿线监测数据共享链路，建立起国家级、省级一体化的公路交通气象监测服务业务体系。智慧气象公路交通服务业务系统的成功推广，为公共气象服务平台在其他领域应用也积累了宝贵经验。



图5 公路交通气象服务系统
Fig. 5 Framework of WeatherMap

1.2.2 WeatherMap

WeatherMap基于“框架+微件”的设计思路（图6），对气象服务业务功能进行建模和抽象，定义一个个功能独立的气象服务功能微件，使其具有即插即用、快速生成的特性。以CIMISS系统作为基础的数据源，整

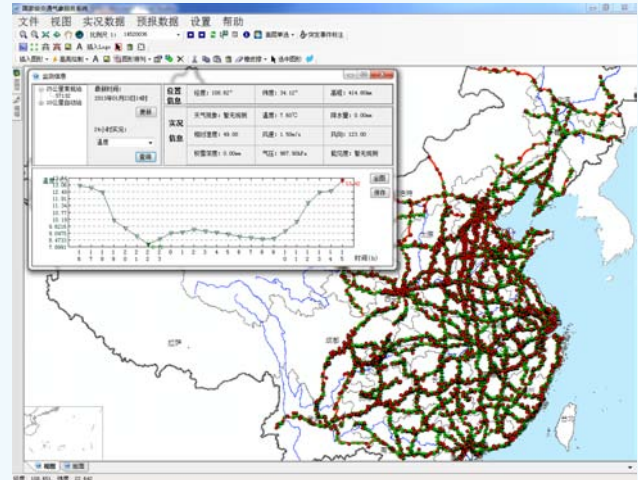


图4 交通气象业务系统
Fig. 4 Meteorological service system for traffic

合基础地理信息和行业信息，基于气象数据和空间数据统一的服务访问接口实现多源数据的快速访问；通过共性组件对系统进行权限、角色管理以及安全控制等；结合气象领域相关组件（气象符号、图表控件、台风组件、多媒体组件，以及气象要素（温度、湿度、风、沙尘暴、雷电）组件等）和面向行业（交通（图5）、航空、海洋等）的定制组件，利用应用程序设计器对这些组件进行功能组合和UI界面配置，高效打造面向决策、公众和行业用户的服务系统。前端页面基于Leaflet框架，利用JavaScript、CSS、Flex、WebGL、Docke、Node.js等技术实现，为用户提供了JSAPI和FlexAP接口访问。



图6 WeatherMap技术框架
Fig. 6 Weather service system for Highway traffic

1.2.3 WeatherStudio

WeatherStudio采用B/S的技术构架，包括两个子

系统：任务调度子系统和气象产品数据分析加工子系统，任务驱动分为定时与消息驱动两种方式。以SOA架构为思想，基于组件式开发技术制定统一的数据和服务接口，依托ArcGIS制图整饰技术、气象符号库、图形模板库，可扩充的气象产品加工组件库，利用ModelBuilder服务装配技术，搭建面向服务体系架构的产品加工模型制作框架，实现无须编程情况下，利用制图组件完成产品加工模型定制；利用ArcGIS Server服务发布技术，通过构建服务集群搭建产品加

工模型服务器，实现对产品加工模型进行服务发布和管理；利用kafka分布式消息处理和Quartz作业调度技术，建立产品加工任务调度器，统一协调调用存放在产品加工模型服务器中的产品加工制作模型服务进行产品加工制作任务。网页前端的开发采用最新的HTML5、CSS和js的页面设计，基于bootstrap和jquery的框架设计，遵循js脚本语言的标准，符合脚本开发的规范。系统技术架构如图7所示，系统功能截图如图8所示。

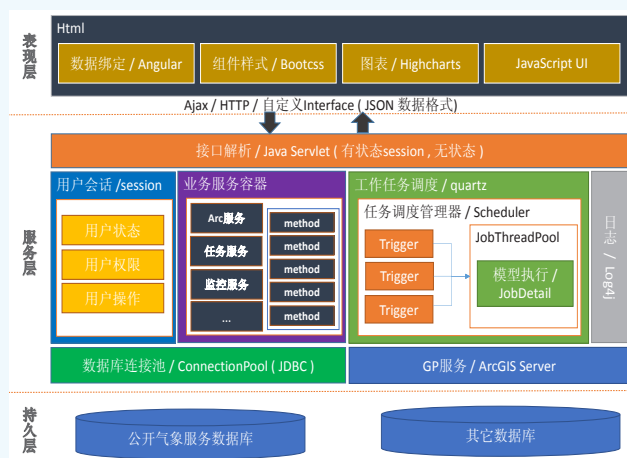


图7 WeatherStudio技术框架
Fig. 7 Framework of WeatherStudio

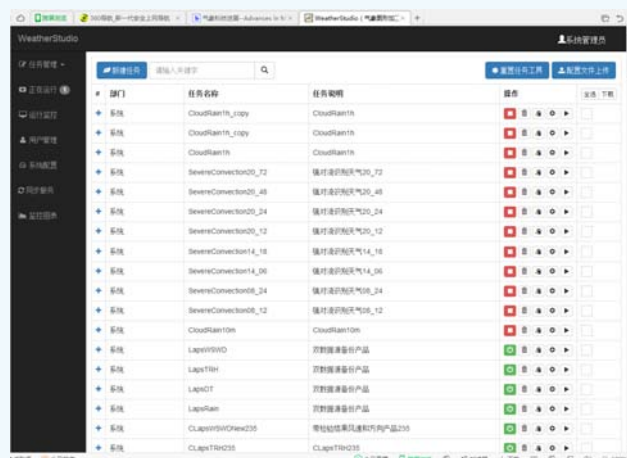


图8 WeatherStudio系统
Fig. 8 WeatherStudio system

2 关键技术

2.1 面向气象数据和空间数据的统一数据模型和访问接口

空间数据和气象数据的共享和互操作是气象服务空间信息系统应用的关键技术之一（图9）。气象

数据（MICAPS、NetCDF、Grib、HDF、BUFR、TXT、BIN）与空间数据存在数据格式差异、坐标体系差异、数据精度差异、时空尺度差异和属性定义差异等。传统的系统应用多是一套系统一套数据解析、处理流程，“烟囱化”现象较严重，不利于系统的重用和扩展。因此，基于气象数据的Common Data Model (CDM)，通过扩充MICAPS、shapefile、mdb，以及其他空间数据格式数据模型，建立气象数据和空间数据的一体化数据模型。基于分布式文件系统和数据库系统，建立一体化数据存储和管理等技术。基于WebService和restful接口规范，统一数据访问接口和操作模式，屏蔽气象数据和空间数据的异构性和分布性。

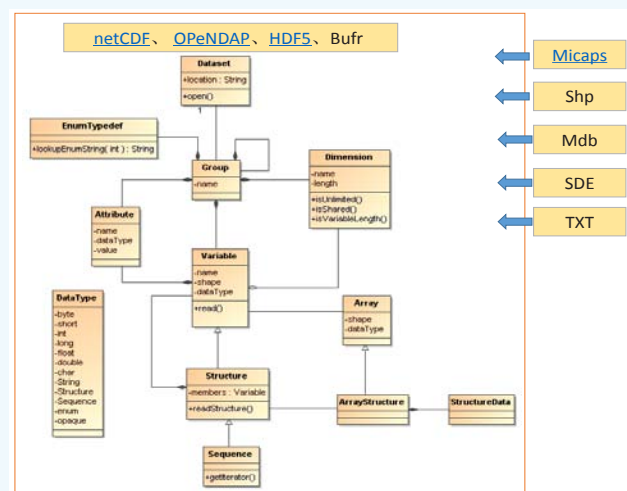


图9 面向气象数据和空间数据的统一数据模型
Fig. 9 Unified data model for meteorological data and spatial data

2.2 面向气象大数据的可视化技术

气象大数据的可视化是气象服务的有效手段。随着融媒体的发展，传统的点、线、面等可视化方式已无法满足用户的需求，同时气象大数据具有高时态性、格式多样性、空间尺度大、表现方式抽象性等特点，迫切需要研究面向大数据的可视化技术。融合粒子系统、三维体可视与几何数据混合可视化和GPU加

速等技术分别实现了大气风流场、站点绘制、形势场以及天空背景、雨雪天气可视化。如：通过canvas实时绘图技术及四叉树搜索算法，实时绘制六万多气象自动站数据，并能进行流畅的播放。基于HTML5及WebGL技术，辅以双线性插值及畸变算法，动态绘制风流场，突破了传统的风流场表现方式，并支持跨平台浏览。通过WebGL技术，利用GLSL语言进行GPU编程，在web端高速绘制三维气象效果，如图10所示。



图10 基于WebGL的三维气象显示
Fig. 10 3D weather display based on WebGL

2.3 基于大数据的系统监控技术

系统的安全、稳定运行对于公共气象服务业务具有至关重要的作用，尤其在面向精准、高效的公共气象服务时，网站、微博、微信等众多媒体单位时间内产生的信息反馈量较传统服务有着巨大的变化。依靠传统的系统监控方式，无法满足海量信息的监控和系统状态的反馈。综合利用Zookeeper、Flume-agent、Kafka等大数据技术（图11）完成系统集群中各个节点的协调与通信，进行业务流程的监控。实时业务通过Flume收集系统中各个任务的运行日志，发送到Kafka日志总线中，并由平台中的监控模块分析处理Kafka中的各个任务的日志信息，最终将每个任务的

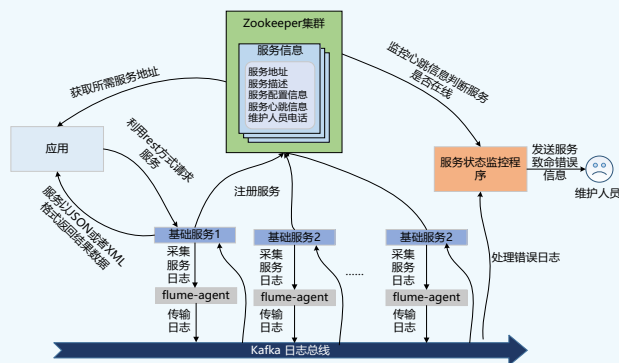


图11 基于大数据的系统监控技术
Fig. 11 System monitoring technology based on big data

起止运行时间、任务运行状态（正在运行、运行成功、运行失败）、失败原因等信息通过可视化的方式展现出来，供运维人员查阅使用。利用Kafka、Flume来作为系统日志收集与管理的基础部件，实现每秒百万级的日志处理速度，极大地提高了气象秒级信息的处理、协作，实现了系统监控的实时性与稳定性。

3 结论

公共气象服务空间信息系统体系的规模应用和成功推广，产生了较好的经济效益和社会效益。1) 综合利用大数据技术、GIS技术，通过构建统一的技术框架，解决了气象服务领域从信息的收集、处理、共享、分析、加工以及服务全链条的信息化问题，为气象服务信息化建设提供了一揽子解决方案，开创了具有气象特色的地理信息系统新时代。2) 系统建设高度智能化和自动化，将行业气象服务用户从烦琐的气象资料处理中解放出来，提高了产品加工执行效率和质量。3) 加强了气象部门与交通、电力、航空、物流等多行业用户的沟通和交流，行业合作更加深入，提高了行业气象服务能力。4) 为全国决策、公众和行业用户提供精细化且有针对性的气象服务，能在社会防灾减灾方面发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 王慕华, 唐卫, 渠寒花, 等. 面向公众出行的公路交通气象服务系统. 气象科技, 2015, 43(5): 992-997.
- [2] 丰德恩, 王慕华, 等. 中国公路交通气象服务系统开发与应用. 第29届中国气象学会年会, 沈阳, 2014年9月12-14日.
- [3] 鹿业涛, 王慕华, 等. 基于GIS的全国交通道路气象信息反演算法研究//孙健. 第三届气象服务发展论坛文集. 北京: 气象出版社, 2014.
- [4] 薛冰, 鹿业涛, 渠寒花. 铁路交通气象服务系统的设计与开发. 电子测试, 2013(20): 13-15.
- [5] 张澄铖. 基于Flex技术的气象WebGIS研究与应用. 南京: 南京信息工程大学遥感学院, 2012.
- [6] 吕终亮, 罗兵, 吴焕萍, 等. MESIS信息检索及可视化产品制作平台实现. 应用气象学报, 2012, 23(5): 631-636.
- [7] 于连庆, 胡争光. MICAPS中天气图交互制作子系统. 应用气象学报, 2011, 22(3): 375-384.
- [8] 李木梓, 徐柱. 基于ModestMaps的Flash网络地图发布与应用. 测绘科学, 2011, 36(1): 201-203.
- [9] 吴焕萍. GIS技术在气象领域中的应用. 气象, 2010, 36(3): 90-100.
- [10] 孙利华, 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. 应用气象学报, 2010, 21(6): 754-761.
- [11] 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. 应用气象学报, 2008, 19(3): 380-383.
- [12] 唐卫, 吕终亮, 等. 基于GIS的气象服务产品后台制作系统. 计算机工程, 2009, 35(17): 232-234.
- [13] 刘旭林, 赵文芳, 刘国宏. 基于的气象信息显示和查询系统. 应用气象学报, 2008, 19(1): 116-120.
- [14] 许亚男, 刘小春, 周世健. 基于WebGIS的气象预报信息系统. 中国水运(学术版), 2006(5): 85-87.
- [15] 刘品高, 江南, 谭萍, 等. 气象地理信息系统的设计与实现. 应用气象学报, 2005, 16(4): 574-553.
- [16] 刘旭林, 赵文芳, 刘国宏. 基于WebGIS的气象信息显示和查询系统. 应用气象学报, 2005, 29(1): 116-120.