

梁 好, 霍 凯, 赵 敏. 基于 OpenGIS 的气象信息可视化服务技术研究与应用[J]. 气象研究与应用, 2024, 45(3): 122-127.
LIANG Hao, HUO Kai, ZHAO Min. Research and application of meteorological information visualization service technology based on OpenGIS[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(3): 122-127.

基于 OpenGIS 的气象信息可视化服务技术研究与应用

梁 好^{1,2}, 霍 凯^{2*}, 赵 敏²

(1. 天津海洋气象重点实验室, 天津 300000; 2. 天津市突发公共事件预警信息发布中心, 天津 300000)

摘要:针对当前气象服务中产品可视化能力不足、数据共享难、服务推广难、重复开发造成资源浪费等问题, 采用 PostGIS、GeoServer 等软件及网络地图服务技术, 构建基于 OpenGIS 的气象信息可视化服务平台, 实现对多源异构气象服务数据的实时可视化图层服务及标准化接口调用共享。结合城市内涝服务场景应用需求, 开发多种可视化图层服务, 经实际业务实践, 具有较好的应用能力。

关键词: OpenGIS; 气象信息可视化; 地图服务; 数据共享; 嵌入式服务; 多源异构; 城市内涝

中图分类号: TP311; P49 **文献标识码:** A **doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.3.19

随着数字城市建设发展, 气象服务的数字化、可视化需求日益增多。气象数据具有较强的时间、空间维度特征, 面对多维度、越来越精细化的海量气象数据, 传统文本、图表形式的气象服务产品已不能满足当前服务需求。当前的主流方式为向各部门提供专项气象可视化服务平台或相关数据接口对接, 这也存在一些问题: 前者易造成平台重复性建设导致资源浪费, 且平台与服务对象自建平台各自独立无法实现真正融入, 也为平台推广造成阻力; 后者无法直接提供可视化服务产品, 且由于气象数据的专业性及特殊性, 对数据解析展现的专业能力要求及安全性要求也成为较高门槛。

近年来, 地理信息系统(GIS)可视化技术在气象信息系统建设领域不断深入应用^[1-2], 全球各国气象业务系统发展也一直朝着气象信息表达多维化、业务平台 Web 化、互操作标准化、业务系统开源化以及 GIS 应用多元化发展。很多国家气象部门已经充分基于开放的地理数据互操作规范(OpenGIS)来加速气象业务系统构建, 并形成很好的应用能力^[3]。

在国内, 国家气象中心开发拥有海量气象数据的网络高效发布、快速渲染绘制、数据自动监视更新以及地图服务定制等功能的气象 GIS 网络平台^[4]。江苏省气象局开发基于 GIS 的气象信息标准化服务平台, 实现以 Web 方式提供标准化 PaaS (platform as a service, 平台即服务) 服务, 包括网络地图服务(WMS)、网络要素服务(WFS)、网络地图瓦片服务(WMTS)等^[5]。越来越多的学者及从业人员应用 GIS 技术解决气象信息可视化服务问题^[6-8]并朝着应用 OpenGIS 技术趋势发展^[9-11]。

为解决上述问题, 本文应用 OpenGIS 技术构建气象信息可视化服务平台, 基于城市内涝服务场景, 通过地图服务技术实现气象可视化图层产品以数字化服务的形式在不同用户之间的快速共享^[12-13]。使气象信息服务从传统的文本、图表、平台加数据接口形式向可视化图层加嵌入式服务的转变, 提升气象服务数据可视化和共享能力, 提高气象服务的数字化水平与效率, 减少平台重复建设。

收稿日期: 2024-05-07

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1507802)、天津市科技重大专项与工程计划项目(17ZXCSF00060)、中国气象局决策气象服务专项重点项目(JCZX2024002)、天津市气象局科研项目(202307ybxm03)

第一作者: 梁好(1991-), 工程师, 主要从事预警信息发布、公众气象服务研究。E-mail: 511431879@qq.com

*通讯作者: 霍凯(1985-), 工程师, 主要从事预警信息发布、气象信息技术研究。E-mail: 149964167@qq.com

1 平台总体架构

平台主要解决的关键性技术问题包括多源异构数据采集、处理与存储和基于 OpenGIS 的数据可视化共享服务。数据来源为气象部门“天擎”气象大数据云平台、天津气象一体化平台、天津市突发公共事件预警信息发布系统、积水监测智能感知设备、第一次全国自然灾害综合风险普查成果等。同时,平台基于城市内涝服务场景,搭载相关模型算法^[14-16],经处理计算后,将服务场景所需结果数据提供可视化展示调用。平台总体架构自下而上依次为数据层、服务层、组件层、应用层、接入层,如图1所示。

2 平台关键技术

2.1 多源异构数据采集、处理与存储

多源异构数据采集模块采用 .NET Framework 体系的 VB.net 开发语言,支持面向对象,研发 C/S 结构应用软件,实现多源异构数据的采集、解析和入库。C/S 结构的优点是处理能力强,响应速度快,应用服务器运行数据负荷较轻,同时数据的储存管理功能较为透明。

2.1.1 数据采集

实现各类气象服务数据的自动采集,并实现智能化数据采集监控与管理功能。气象服务数据具有多源、异构、海量、多维及高时效性特点,本文所

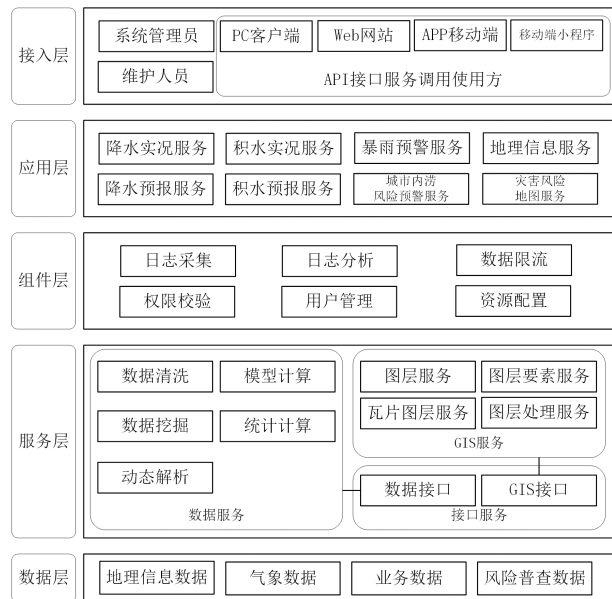


图1 基于 OpenGIS 的气象信息可视化服务平台总体架构

涉及的气象服务数据类型及特征见表1。根据各类数据处理任务的自动化需求和调度频率规则实现标准化采集,支持文件、数据库、FTP、HTTP 等多种数据来源,并采用定时器和监控器机制实现数据处理任务后台自动运行。支持查看采集日志,以便及时掌握异常情况发生,可以快速准确定位错误情况,并具备采集任务手动触发功能,方便弥补遗漏的数据。

表1 气象服务数据类型及特征

数据名称	数据类型	更新频次	时间维度	数据格式
积水监测	矢量 点数据	5 分钟 1 次	此刻	JSON
积水预测	矢量 点数据	5 分钟 1 次	未来 1 小时时刻	JSON
暴雨预警	文本数据	不定时	此刻	XML
内涝风险预警	矢量 面数据	1 小时 1 次	未来 3 小时每小时	SHP
降水实况	矢量 点数据	1 分钟 1 次	此刻	TXT
降水预报	栅格数据	每日 2 次	未来 10 日每小时	NC
灾害风险普查成果	栅格数据	静态数据	/	TIFF
行政区划	矢量 面数据	静态数据	/	SHP

2.1.2 数据处理

对基础源数据进行挖掘、加工、处理,生成适用于直接面向服务的产品数据。常规数据处理包括数据清洗、数据挖掘、动态解析、统计值计算、模型计算等。面向于 GIS 服务的数据处理方式包括数据结构化转换入库、数据空间关系构建、NetCDF 数据时效-时间维度转换等。

2.1.3 数据存储

采用 PostgreSQL 对象关系数据库存储气象数据及业务数据,数据库搭载 PostGIS 组件建立空间数据库。针对栅格多维度大体量数据,配合使用 Redis 缓存数据库作为分布式高速存储缓存,提高响应速度^[17]。同时数据存储与归档考虑数据应用的时效性、安全性以及数据持续累积对数据库整体性能的

影响,最终对栅格数据以文件形式存储,其他以结构化数据进行存储。

2.2 基于OpenGIS的数据可视化共享服务

本文选用 GeoServer 软件构建数据可视化共享服务。GeoServer 是以 J2EE 实现 OpenGIS Web 服务器规范的开源轻量级 WMS/WFS 服务器,它遵循开放地理空间联盟(Open Geospatial Consortium,OGC)标准,具有简单易用、兼容性高、扩展性强等特点。支持 PostGIS、MySQL、Oracle、Shapefile、ArcSDE、GeoTIFF、NetCDF 等多种数据源;支持高度、时间维度;能够将网络地图输出为 png、jpeg、gif、SVG、KML 等格式;能够运行在任何基于 J2EE/Servlet 容器之上。利用 GeoServer 可方便地以可视化图像形式发布气象服务数据,同时可以比较容易的在用户之间迅速共享。其工作体系结构见图 2。

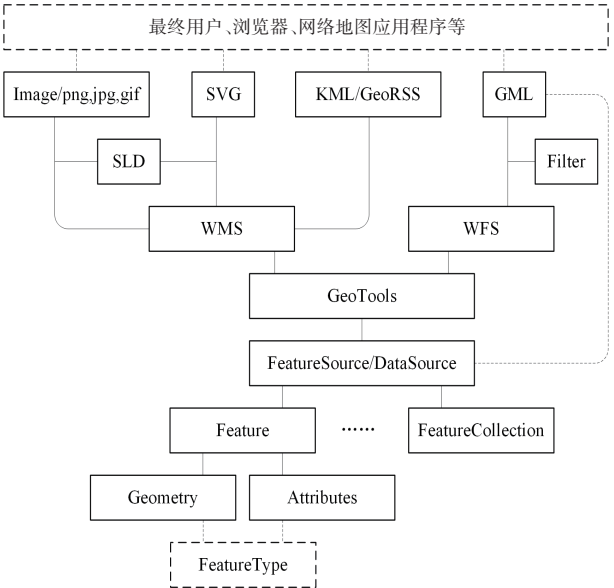


图2 GeoServer 工作体系结构

2.2.1 网络地图服务技术

通过网络地图服务技术,将气象数据进行重新组织,形成可视化的图层,提供标准化调用接口。本文主要应用 WMS 和 WMTS 服务。其中,大型基础地图数据及小比例尺实时内涝风险预警数据采用 WMTS 服务,提供将图像按照金字塔结构分层级进行缓存切片调用服务,通过主动预缓存或实时动态缓存,提升响应效率,同时减轻存储压力;其他小型基础地理信息数据及实时气象数据采用 WMS 服务,提供动态数据的可视化图像调用服务,其工作流程及常用服务操作见图 3 和表 2。

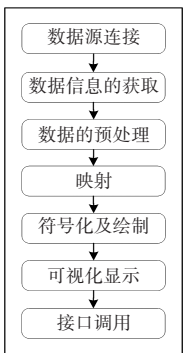


图3 WMS 服务工作流程

表2 WMS 服务操作列表

操作	描述
GetCapabilities	返回服务级元数据,它是对服务信息内容和要求参数的一种描述。
GetMap	返回一个地图影像,其地理空间参考和大小参数是明确定义了的。
GetFeatureInfo	返回显示在地图上的某些特殊要素的信息。

2.2.2 风格化图层描述器

采用风格化图层描述器(Styled Layer Descriptor,SLD)对地图服务中图层可视化的表现形式进行构建,其编译规则见图 4。通过自定义 SLD 来配置地图图层渲染的可视化风格,实现基于数据属性对图层颜色、形状、文字、显示规则等渲染样式的灵活性设置。同时针对同一图层产品可以根据不同用户需求设置多个 SLD 样式实现图层个性化渲染,例如基于不同承载体影响设置不同的阈值与色标表达样式。

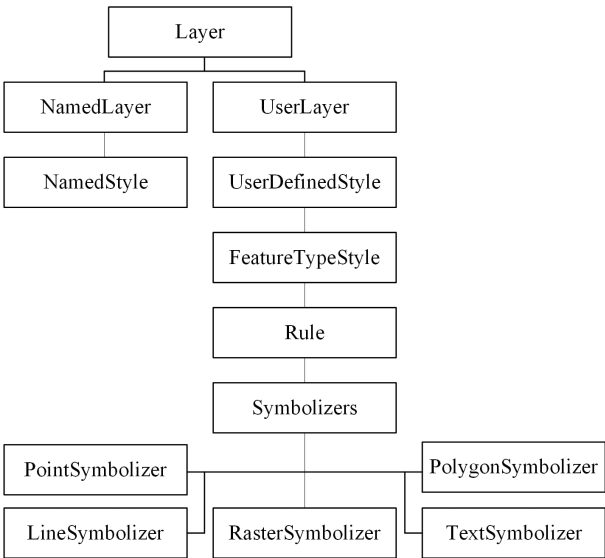


图4 SLD 编译规则

3 平台实现与应用

3.1 平台实现

平台通过 JAVA 语言开发,应用 PostGIS+GeoServer+SLD 构建可视化服务,结合城市内涝服务场景实际业务需求,实现降水实况、降水预报、积水实况、积水预报、暴雨预警、城市内涝风险预警、灾害风险地图、基础地理信息等 8 类气象服务数据的实时可视化图层服务及统一接口调用共享。具体操作步骤如图 5 所示。

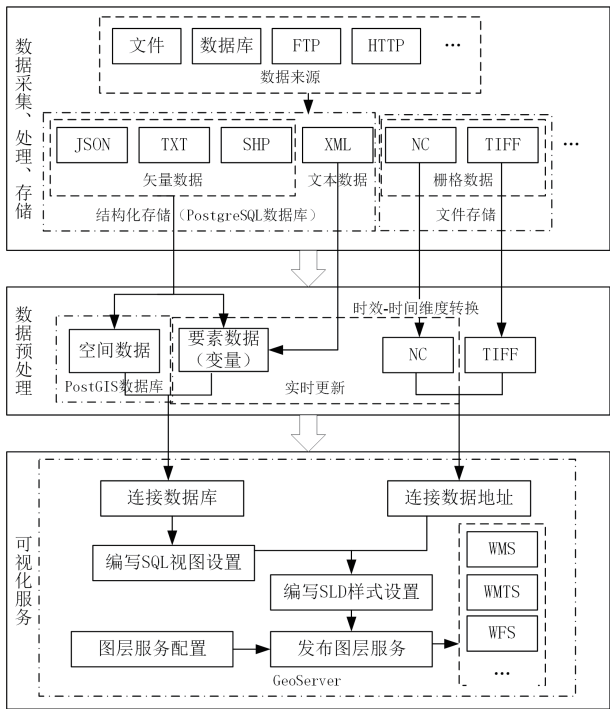


图5 平台实现操作步骤

(1)开发数据采集程序,实现多源异构数据实时采集、解析和入库;

(2)对数据进行预处理,使其符合数据库入库及GeoServer解析要求,构建PostGIS数据库表,实现空间及变量数据的分类存储和实时更新;

(3)搭建可视化服务。从GeoServer官网(<https://GeoServer.org/>)下载安装GeoServer软件及NetCDF扩展工具包,连接PostGIS数据库或NetCDF、TIFF数据存储地址获取气象服务数据,通过编写视图SQL、SLD样式设置,实现数据的图层可视化及实时动态传参,根据服务需求发布WMS或WMTS服务。

3.2 平台应用

平台能够直接通过浏览器访问,也可通过

OpenLayers、Leaflet 等前端开发客户端或 ArcGIS、QGIS等第三方GIS应用程序调用,其图层资源通过唯一的URL采用HTTP协议的GET或POST请求方式进行调用,通过对图层的灵活渲染和叠加实现按需供给;通过对时间维度的连续调用实现图层以时间轴形式的动态播放。请求参数说明及样例如表3:

表3 WMS服务请求参数说明

参数名称	参数说明
host	域名访问地址
service	服务类型
version	WMS的版本号
request	操作名称
layers	图层名称,多个图层之间用“,”隔开。
styles	图层渲染样式
bbox	图层边界范围
crs	坐标系,例如:GEG:4326
width	图片宽度
height	图片高度
format	图片格式,png等
time	数据时间,格式为yyyy-MM-ddTHH:mm:ssZ,例如:2022-08-18T23:00:00Z

URL 样例:

`http://localhost: 8080/GeoServer/tj/wms? service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=tj: model_sq_act&bbox=117.0924, 39.03226, 117.3202, 39.25557&width=1600&height=800&srs=EPSG: 4326&time=2022-08-18T23:00Z&format= image/png`

目前该可视化服务已在天津城市内涝风险预警平台、南京市江宁区积水监测预警平台、天津突发公共事件预警信息发布系统(二期)中应用,实现了基于城市内涝场景的气象服务可视化图层产品嵌入式供给。平台具有很好的可扩展性、可升级性、可移植性、开放性、互操作性和易用性,能够扩展至全要素、全种类气象服务产品,并可基于用户需求灵活适配于各行各业气象服务应用场景。

3.3 平台功能特点

3.3.1 满足气象信息服务精细化、多样化需求

针对气象基础数据类型特点,结合地理信息展示需求,进行可视化图层服务研发,实现各类多源异构数据的统一可视化供给。通过对服务图层的单独或组合调用,满足服务用户对于气象数据的多

样化展示需求,实现基于应用场景的服务供给。同时,通过与地理信息数据的叠加展示和对时间维度的连续调用,实现气象信息在空间、时间上的可视化表达,进一步提升气象信息服务精细化水平,使用户对气象信息的理解更加具体和准确。

3.3.2 实现气象信息可视化服务标准化、集约化

建立统一的基于 OpenGIS 的标准化气象信息服务出口,实现多源异构数据汇集、可视化展现和标准化统一供给,便于业务服务平台灵活调用,避免地理信息加工处理模块重复建设,实现气象信息可视化服务标准化、集约化。同时能够减少展示层对于 GIS 服务组件的依赖性,提升服务效率。

3.3.3 建立气象服务数字化、嵌入式服务新模式

创新气象服务模式,服务模式将从过去的文本、图表、服务平台加数据接口的形式向数字可视化图层嵌入式服务方式转变。平台遵循 OpenGIS 的开放标准,构建一个开放的、分布式的、基于构件的气象信息可视化服务平台,以 Web 方式提供标准化 PaaS 服务。服务支持跨平台、跨操作系统调用,服务载体主要为 PC 客户端、WEB 网站、移动端 APP、移动端小程序等。通过接口调用将气象服务数字化图层嵌入服务用户自建平台中,从原来的“气象+”各行各业的服务模式变为各行各业“+气象”,实现融入式服务。

4 结论与讨论

面对多维度、越来越精细化的海量气象数据,传统文本、图表形式的气象服务产品已不能满足当前服务需求。本文应用 OpenGIS 技术构建一套集数据采集、处理、存储、可视化服务、标准化共享于一体的气象信息可视化服务技术。其技术创新点及应用成效如下:

(1)针对气象服务数据类型及时空维度特征,研发基于 C/S 结构的数据采集程序,实现多源异构数据的采集、解析和入库。

(2)基于 OpenGIS 技术,应用 PostGIS、GeoServer 等工具,搭建气象信息可视化服务平台,实现气象服务数据的实时可视化图层服务及统一接口共享。

(3)开发基于城市内涝服务场景的多种可视化图层服务并在实际业务中应用,表现出较好的应用能力和服务效果。

该项技术满足气象信息服务精细化、多样化需求,实现气象信息可视化服务标准化、集约化,能够

有效提升气象服务数字化水平、数据共享能力与效率,为气象信息服务提供一种新的数字化解决方案,未来可在各类气象信息化系统建设中推广应用。

参考文献:

- [1] 吴焕萍. GIS 技术在气象领域中的应用[J]. 气象, 2010, 36(3):90-100.
- [2] 黄祎萱. 地理信息系统(GIS)在气象行业的应用[J]. 气象研究与应用, 2013, 34(增刊2):105-106.
- [3] 吴焕萍. 气象信息可视化会议简介[J]. 气象科技合作动态, 2016(3):17-21.
- [4] 胡争光, 郑卫江, 高嵩, 等. 气象 GIS 网络平台关键技术研究与应用[J]. 应用气象学报, 2014, 25(3):365-374.
- [5] 李玉涛, 王凯, 周元. 基于 GIS 的气象信息标准化服务平台的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2021, 31(1):198-203.
- [6] 邹建明, 李迅, 丁德平, 等. “北京气象”手机客户端气象信息 GIS 快速可视化技术[J]. 气象科技, 2015, 43(4):634-637.
- [7] 周展程, 孙志强. 基于 GIS 的自动气象站数据业务平台的实现[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1):91-93.
- [8] 李晓勇, 李红玉, 熊胤帆, 等. 开源轻量级 GIS 组件在气象数据可视化中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021(4):208-210.
- [9] 阮惠华, 张菲菲, 郑艳萍, 等. 面向业务的省级气象多源空间信息服务[J]. 现代计算机, 2022, 28(15):96-104.
- [10] 于潇, 潘静, 赵飞, 等. 基于 openlayers 的北部湾气象可视化系统研究[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(3):92-95.
- [11] 郭庆燕, 杨晖, 张敏, 等. 气象数据应用服务系统的研究[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(2):107-111.
- [12] 焦圣明, 郭静, 朱毓颖, 等. 交通气象自定义地图服务聚合技术[J]. 气象科技, 2014, 42(5):928-933.
- [13] 杨兴科, 苗霖田, 段中会, 等. 煤炭地质云(CGC)在线地图服务技术与应用[J]. 中国煤炭地质, 2019, 31(8):17-21.
- [14] 陈靖, 解以扬, 东高红, 等. 天津市典型区域立体多重城市内涝模型研究[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(3):36-44.
- [15] 梁好, 段丽瑶, 霍凯等. 天津城市自动化内涝监测预警系统设计与实现[J]. 中国防汛抗旱, 2020, 30(6):27-31.
- [16] YUCHEN GUO, LIHONG QUAN, LILI SONG, et al. Construction of rapid early warning and comprehensive analysis models for urban waterlogging based on AutoML and comparison of the other three machine learning algorithms [J]. Journal of Hydrology, 2022, 605(2022):127367.
- [17] 陈剑飞, 史彩霞, 王振国. 基于行业气象服务的基础数据支撑平台研发与应用[J]. 气象研究与应用, 2022, 43(2):117-121.

Research and application of meteorological information visualization service technology based on OpenGIS

LIANG Hao^{1,2}, HUO Kai^{2*}, ZHAO Min²

(1.Tianjin Key Laboratory of Marine Meteorology, Tianjin 300000, China;

2.Tianjin Public Emergency Warning and Release Centre, Tianjin 300000, China)

Abstract: To address the problems of lack of product visualization ability, difficulty in data sharing, difficulty in service promotion and waste of resources due to repeated development, a OpenGIS-based meteorological information visualization service platform is built by adopting software such as PostGIS, GeoServer and network map service technology, which achieves real-time visualization layer service and unified interface call sharing for multi-source heterogeneous meteorological service data. Combined with the application requirements of urban flooding service scenarios, a variety of visualisation layer services are developed, which have good application capabilities after actual operational practice.

Key words: OpenGIS, meteorological information visualization, map services, data sharing, embedded services, multi-source isomerism, urban waterlogging