

海量气象数据计算处理及可视化在决策气象服务移动平台上的应用

胡争光 薛峰 于连庆

(国家气象中心,北京 100081)

摘要 针对高效智能的决策气象服务需求及海量气象数据在移动端应用瓶颈,国家气象中心气象大数据处理及网络应用团队设计研发了中央气象台决策气象服务移动平台,本文介绍了该平台服务器和移动终端总体结构,及其在气象实况监测、基于位置服务的精细化网格预报、预报预警、决策服务产品快速推送、灾害性天气智能提醒等方面的功能特点,并通过分布式实时计算处理框架、HTML5 和移动 GIS 等关键技术实现了对海量气象数据高效处理计算、移动网络传输、网络服务、移动端实时渲染和交互操作等。该平台在国家、省级决策气象服务业务应用中运行稳定,在台风登陆、暴雨灾害、重大活动等气象服务保障中发挥了重要作用,为决策气象服务人员提供了基于位置服务的气象实况、预报预警、决策服务产品推送、灾害性天气智能提醒等综合服务功能,对建设智慧型气象服务系统具有重要意义。

关键词 决策气象服务;HTML5;分布式实时计算;移动终端;基于位置服务

中图分类号: P409 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20190319 **文献标识码:** A

引言

我国气象灾害(台风、暴雨、寒潮、干旱、强对流等)频发,各级党政部门也越来越重视气象防灾减灾工作,对气象灾害辅助决策和应急服务管理水平提出了更高要求。我国气象发展“十三五”规划提出现代气象业务的特征就是发展“观测智能、预报精准、服务开放、管理科学和持续创新”的智慧气象,气象信息化是实现智慧气象的基础、手段、路径和支撑^[1],随着移动互联网、大数据、云计算等信息技术的快速发展,其在气象灾害预警发布、气象灾害应急服务等方面发挥了重要作用,特别地,移动互联网技术具有实时在线及与用户主动交互的新特性^[1-2]。通过采集实时数据并大数据分析,客户端能加强对用户需求的理解,并根据用户应用需求的差异性提供精准的、基于位置的定制服务。同时,平台客户端还可以为用户提供主动的信息提醒与推送,这使得客户端拥有更强大的主动交互的能力。在气象灾害预警发布或者气象灾害发生后(暴雨、台风、寒潮

等),决策气象服务人员目前较难随时随地获取实时气象监测、预警预报、决策服务等综合信息,建设一套基于移动终端的决策气象服务移动平台,不仅可为应急服务人员随时随地的提供气象信息服务,而且通过智能消息提醒和推送功能可为应急服务保障提供联动联防和协同机制,对决策气象服务工作有重要意义。

目前,国内外有些气象服务机构和业务单位在气象服务方面作了大量的研发。在公众气象服务方面,中国气象局公共气象服务中心开发了中国天气通^[3],商业公司开发了墨迹和彩云移动终端等,国外一些气象研究机构和公司研发了 MeteoEarth、Windy 等移动终端平台^[4-5];在决策气象服务方面,中央气象台研发了面向决策气象服务的 MESIS 桌面应用系统^[6-7]。综合分析国内外气象应急服务系统的研究现状,主要存在以下几方面的不足:①目前,移动互联网技术在公众气象服务方面居多,针对决策气象服务的应用系统也主要基于 B/S 或 C/S 架构^[6-8],缺少基于移动互联网技术的决策气象服

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金项目(41401098)、中国气象局“2018 年山洪地质灾害防治气象保障工程建设”资助

作者简介:胡争光,男,1982 年生,硕士,高级工程师,主要从事气象预报及服务平台研发、气象大数据处理及可视化研究工作,Email: westlifehu@126.com

收稿日期:2019 年 7 月 9 日;定稿日期:2020 年 5 月 15 日

务移动平台。②上述平台产品单一,决策气象服务针对性欠缺,对多源海量气象数据高效处理、传输、移动端显示一体化研究较少。③缺少精细化网格气象预报数据的支撑,现有的气象服务系统移动终端不能提供任意位置的精细化的实况、预报、及高影响天气预警综合气象信息。

基于上述背景,本研究设计并实现了一套基于移动互联网技术、大数据处理和可视化技术的中央气象台决策气象服务移动平台(以下简称决策气象服务移动平台),平台通过融合气象实况监测、预报预警、精细化网格预报产品、决策气象服务产品等多源数据与用户定位信息,综合运用大数据处理分析及可视化技术,提供了一系列基于位置的决策气象服务,决策服务人员可以快速获取气象灾害及预警影响区域的实时监测、预警预报、灾情收集、影响预估、辅助决策等信息。通过本项目研发和业务应用,解决目前海量气象数据在决策气象服务移动端高效智能的业务应用问题,为气象灾害应急决策服务人员提供了流畅的、个性化、智能服务体验,并提供决策气象服务联动和协同性保障,提高决策气象服务的信息化水平和应急服务能力。

1 平台业务功能

决策气象服务移动平台面向气象灾害应急服务决策人员及业务应用,可以即时、基于位置服务为国家级、省级等用户提供实况大数据监测及灾害性天气监测预警提示、精细化天气预报、决策服务业务产品、重大应急响应及重大活动气象保障专项信息服务产品等功能,还可以实时推送基于位置服务的灾害性天气过程,如强降水、高低温、雷电大风、台风等实况监测预警及最新的决策服务产品等。平台支持 iOS 和 Android 两平台,提供了国内任意位置、国外城市的天气预报、决策服务产品、实况监测、预警预报四大类专业化栏目功能,涵盖了上百种专业预报及决策服务产品。具体业务功能组成如下:

(1)实况监测功能。实况监测功能主要包括国家级及区域加密自动站(降水、气温、风)移动端监测显示和分析,提供自动站各要素的离散点和等值线填色综合可视化,支持要素排序统计及极值分析、任意时间降水累加,自动站单点时序分析,实现 FY4 系列卫星动画播放,支持雷达拼图(全国、区域、单站雷达)快速显示和动画播放;同时,监测内容还包括

基于移动终端的台风路径实况预报信息综合显示功能,环境监测及环境站点单点时序变化分析功能,及强天气监测(短时强降水、雷雨大风、冰雹、闪电)移动 GIS 综合显示功能等。

(2)基于位置的格点预报功能。决策气象服务移动平台在精细化网格预报产品的支持下提供了国内任意位置、国外重点城市的天气预报信息服务,采用基于位置服务(LBS)技术,可为决策用户提供精细化到街道级别的实况天气、城市天气预报、预警提醒、空气质量指数等综合显示。预报时效长达 10 d, 0~72 h 实现逐小时预报。

(3)决策气象服务功能。主要提供国家级的重大气象信息专报、两办刊物信息、气象灾害预警服务快报信息、每日天气摘报、天气公报、中期天气预报、国外天气预报等决策服务产品的快速推送和共享服务;提供产品的快速分享和转发功能。同时,通过定制化配置,平台可根据行业用户、重大活动气象服务保障用户提供针对性的决策服务产品。例如,针对 G20 峰会、厦门金砖峰会气象服务保障活动,为决策气象服务人员提供重要决策气象服务信息和决策研判功能。

(4)预报预警功能。预报预警功能主要提供国家级定量降水预报(1~7 d)、气温(1~7 d)、大风降温、环境气象(雾、霾、沙尘)及强对流天气预报(短时强降水、雷暴大风、冰雹、强对流天气预警)快速推送显示、全国预警信号综合显示;同时,提供国家级的网格预报(海洋、陆面、环境、强天气等)的综合显示分析模块。

(5)灾害性天气智能推送提醒功能。灾害性天气智能推送提醒功能实现了全国范围内的强降水、冰雹和台风等灾害性天气的智能推送提醒,让决策用户快速、直观地了解当前位置的重要天气信息和预警信息。同时,平台根据不同区域的用户,提供自动站降水、温度、风阈值报警提示等功能。

2 平台需求分析

决策气象服务移动平台涉及的气象业务数据种类多、数据量大、实时性高,包括气象稠密自动站、高分辨率卫星、雷达、精细化网格预报、决策服务等海量气象数据。因此,平台首先需要解决决策气象服务中海量气象数据的高效实时加工处理分析、网络传输、移动端网络共享服务等问题;同时需要解决以

上数据在移动终端高交互模式下的可视化和智能分析应用等难点问题,从而可以即时、基于位置服务为国家级、省级等决策服务用户提供实况大数据监测及灾害性天气监测预警提示、精细化网格预报、决策服务业务产品、应急响应及重大活动气象保障专项信息服务产品等服务功能。具体需求分析如下:

(1)通过移动互联网+基于位置服务(LBS)技术解决按需决策气象服务问题。决策气象服务移动平台需要为决策气象服务人员随时随地提供预报服务产品共享和智能推送能力,并可以根据用户自定义来设置感兴趣产品和服务,对稠密自动站的降水、气温等要素监测显示、查询、时序分析,还可查询任意时段内降水量累加值;集成强天气、环境、台风等实况监测数据和产品;提供单站、区域、全国雷达拼图和卫星云图的动画显示和预报预警信息等。

(2)通过气象大数据(实况、预报、网格等)融合处理分析技术解决决策气象服务移动平台数据高效处理和智能分析问题。随着气象数据时间、空间分辨率越来越高,数据种类越来越多,如何高效在移动平台网络传输、交互处理这些海量气象数据,如何针对各类气象数据实现重要气象信息提取以及灾害性天气监测预警,平台需要提供一套气象大数据分析处理后台系统,解决高时空分辨率气象数据的快速处理分析(稠密自动站、卫星雷达、精细化网格预报产品、等值线分析、统计分析计算)和多源数据融合监测预警等问题。

(3)通过气象大数据可视化技术解决决策气象服务移动平台高效显示分析问题。决策气象服务需要的气象数据时空分辨率越来越高,这一状况给数据移动端可视化带来了如何高效显示、提供流畅交互体验的问题。决策气象服务移动平台需要高效的GIS渲染引擎支持海量气象要素数据的显示,可以高性能地显示海量站点、格点、落区、云图雷达图、等值线分析等数据。充分满足不同业务场景下的各类数据显示需求。

因此,为解决以上问题和难点,本文将从总体设计、平台采用的移动端气象大数据可视化技术、海量气象数据分布式实时计算等关键技术方面深入研究,构建中央气象台决策气象服务移动平台,满足国家级及省级决策气象服务人员的决策服务需求。

3 平台总体设计

平台总体上划分为服务器和客户端;服务器主要提供决策气象服务移动平台需要的数据、地图、功能及算法服务等,其业务数据主要来源于全国综合气象信息共享平台(简称 CIMISS)和中央气象台产品库,移动客户端主要实现基于位置服务的灾害性天气监测、预报预警、气象灾害应急决策服务等各类气象资料的综合显示、分析和快速推送等,如图 1 所示:

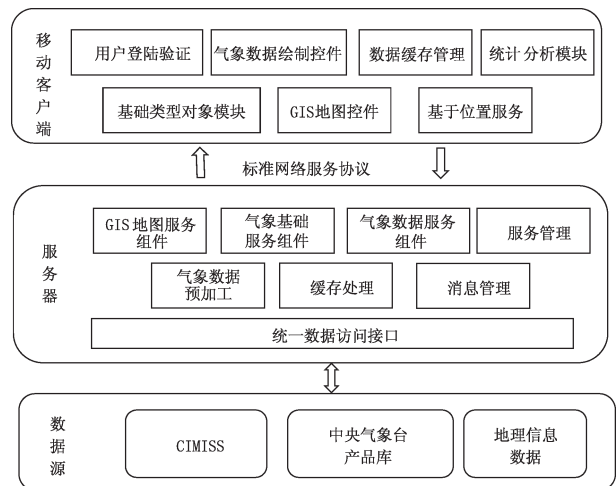


图 1 决策气象服务移动平台总体结构

(1)数据源。数据源是决策气象服务移动平台所需的业务数据的主要来源,包括来源于中国气象局 CIMISS 数据环境^[7]中的精细化网格预报数据、自动站和雷达数据,基础地理信息服务数据,中央气象台产品库中的预报预警(台风、降水、气温、环境、强对流天气等)数据、决策气象服务产品和卫星产品等。平台使用统一数据访问接口和引擎,实现对数据层的关系型数据库、分布式数据文件及传统文件等数据的统一访问和快速解码、内存数据组织、索引管理等一系列处理,进入决策气象服务移动平台服务器。

(2)决策气象服务移动平台服务器。决策气象服务移动平台服务器包括大数据分布式实时处理系统、气象基础服务组件、地图服务器、服务管理器以及气象数据服务接口等。其中,数据分布式实时处理系统基于流式分布式实时计算框架开发,包括数据预处理、数据缓存管理和消息管理,主要完成精细化网格预报数据加工处理,稠密自动站加工处理、客

观分析和等值线分析,卫星雷达数据预处理加工。气象基础服务组件提供对气象数据解析、加工处理分析、网络传输、前端显示的服务组件,例如自动站显示和统计分析、云图雷达浏览、自动站客观分析、等值线填色、裁剪等算法分析。地图服务器包括常用 GIS 服务组件,包括地图浏览、地图缩放、GIS 空间分析等^[8]。决策气象服务移动平台服务器里面的各服务组件可以由服务管理器来管理和运行,服务管理器还包括日志管理、账号管理、权限管理、系统运行监控、移动端版本发布管理等功能。平台服务器和移动客户端之间的请求响应和信息交互使用标准网络协议方式处理和传输,并将最终的处理结果返回给移动端显示。

(3) 移动客户端。移动客户端提供分别支持 iOS 和 Android 移动操作系统的两套版本,实现的移动终端功能模块如下:决策用户登陆验证模块,基础类型对象模块,数据缓存管理模块,气象数据绘制模块(自动站、雷达卫星、预报预警、格点预报等),统计分析模块,GIS 地图控件模块,基于位置服务模块,标准网络地图服务^[9]等。

4 平台关键技术研究

针对决策气象服务移动平台中海量气象数据高效处理、智能分析和显示分析等难点问题,本项目研究采用海量气象数据分布式实时计算处理框架和移动终端高效渲染等关键技术实现对气象数据高效处理计算、网络传输、网络服务、移动终端实时渲染绘制和交互操作等一系列重要功能。

4.1 海量气象数据移动终端高效渲染技术

HTML5 是万维网标准通用标记语言下的一个应用超文本标记语言(HTML)的第五次版本^[10]。目前大部分移动端和桌面端浏览器都支持 HTML5。在渲染绘制性能上,HTML5 提供了 WebGL、Canvas 两种绘图方式,对于大数据量的实时绘制渲染具有较强性能^[11-12],可以综合结合两种方式实现在浏览器端直接渲染绘制矢量数据、栅格图,或者绘制其他较复杂结构的模型数据。同时,采用 HTML5 技术开发的移动终端平台具有平台兼容性强、快速集成等特点,可以一次开发,不同移动终端使用,具有良好的平台兼容性和跨平台性^[12]。而如果基于不同移动端渲染引擎研发的绘图技术,只能适应在某一移动操作系统的终端使用,跨平台性和

平台兼容性较差,适配性不佳,但移动端语言开发的渲染引擎具有稳定性、安全性等特点^[9],支持较复杂的系统开发。因此,针对多源的气象数据类型的移动端可视化和开发的复杂度等问题,决策气象服务移动平台将二者优势结合,对移动平台框架及部分功能模块采用移动端语言绘制开发,其他功能模块则是由 HTML5 技术绘制开发并封装至移动客户端中。平台渲染技术方案如图 2 所示。

(1) 基于移动 GIS 技术的移动终端可视化。在 iOS 和 Android 操作系统下,决策气象服务移动平台通过移动端语言研发的基于 OpenGL 的移动 GIS 渲染引擎,对移动端的自动站数据、卫星雷达、天气预报预警落区信息、统计分析图表等提供了一套高效的可视化技术流程。可以高性能地支持自动站数据、预报预警落区、云图雷达图栅格数据交互显示、图层叠加和动画播放等;例如,在移动平台服务器端对高时空分辨率的卫星、雷达等数据进行预加工处理,并形成按一定文件规则存储的文件系统,并最终将其发布为 WMTS 标准网络地图服务,移动 GIS 渲染引擎根据网络地图服务图层绘制方式高效渲染显示;同时,平台提供站点的时序统计分析显示和决策服务产品列表显示等,支持定制地图服务主题等。为了提高气象数据的网络传输、移动端显示效率,在移动平台服务器端对气象数据进行了压码、缓存处理,并在移动终端采用了解码和缓存处理技术。

(2) 基于 HTML5 技术的移动终端可视化。基于 HTML5 Canvas、WebGL 两种方式对高时空分辨率气象数据和基础地理信息数据的动态可视化进行了研究,平台对台风监测预报、精细化网格预报显示、基于位置的城市天气预报服务、决策气象服务产品显示等提供了一套高效的移动终端可视化技术流程,如图 2 所示。基于 Canvas 和 WebGL 两种渲染技术实现了一套统一的标准渲染绘图接口,该绘图接口可以按照用户自定义配置渲染方式、颜色模板、气象符号等样式文件对气象数据进行绘制。对于台风监测预报路径的显示,平台提供了丰富的气象符号,在移动前端采用 Canvas 方式实现台风监测和预报路径在可缩放地图模式下的渲染绘制;对于精细化网格预报数据绘制显示,因其分辨率高、数据量大,因此选择 WebGL 渲染加速方式,提高精细化网格预报数据绘图显示效率,平台服务器对精细化网格预报进行等值线分析,然后在浏览器端向服务端

发送请求后保存在客户端的内存,采用格点图层实现格点值,等值线绘制、等值面填色显示等。以上基于 HTML5 技术渲染绘制的模块,可以通过移动端的控件封装显示来集成进移动客户端主框架。例如,Android 操作系统下采用 WebView,iOS 操作系统下采用 UIWebView 进行封装集成。对于以上所有数据,为提高气象数据的网络传输、移动端显示效率,同样在移动平台服务器端对气象数据进行了压码、缓存处理,并在移动终端采用了解码和缓存处理技术。

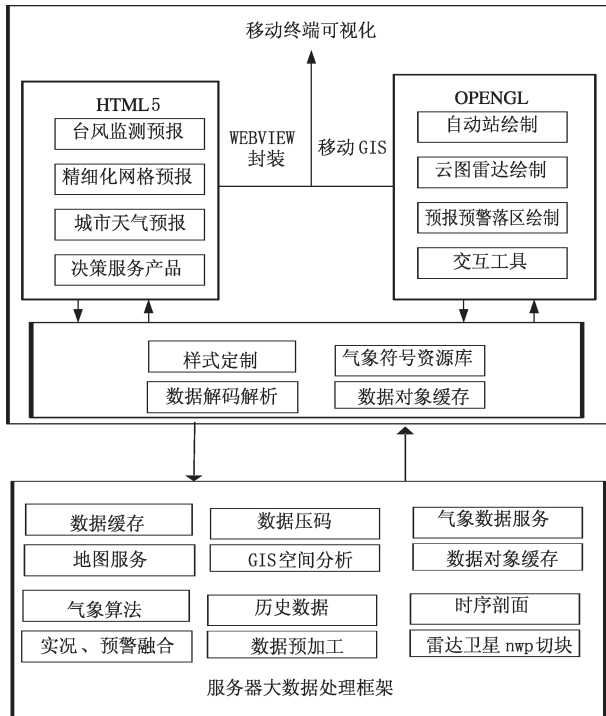


图 2 移动端气象大数据渲染技术

4.2 STORM 框架下的海量气象数据实时计算处理技术

决策气象服务移动平台需要的气象观测及预报数据具有多源异构、海量、时效性高等特点^[7],包括各类常规观测资料(地面、高空观测等)、卫星云图、数值天气模式等,这些数据的采集、解码、分析和产出各不相同。平台采用横向切分的处理方式,设计出了一套统一的数据处理流程和数据结构,并采用 STORM 分布式实时计算系统^[13-16]予以实现,统一高效地对多源异构气象数据进行采集、解码、处理分析、图形加工等处理。系统可以灵活地组装功能模块,调整处理节点的并行度,例如卫星雷达数据、精细化网格预报处理、融合分析可以在分布式集群节

点上并行处理计算。图 3 是平台采用 Storm 框架进行数据处理的系统结构图。对全国综合气象信息共享平台(CIMISS)和中央气象台产品库进行准实时的监控,采集数据的生成、删除和更新等消息,使用统一的消息格式描述数据的元信息,然后作为索引信息放入消息队列。平台采用 Redis 内存数据库^[17-18]作为消息队列中间件。各模块从消息队列中获取索引信息,然后按照索引信息加载数据,进而解码、分析、产出。栅格数据解码后,保留时间、经纬度范围、分辨率等基本信息,转换格式为统一的数据结构;矢量数据解码后,保留站号、时间、经纬度等基本信息,统一转换为 GeoJSON 格式。基于统一的数据结构,进行数据的分析和数据的流转,简化功能组件的组装和替换。

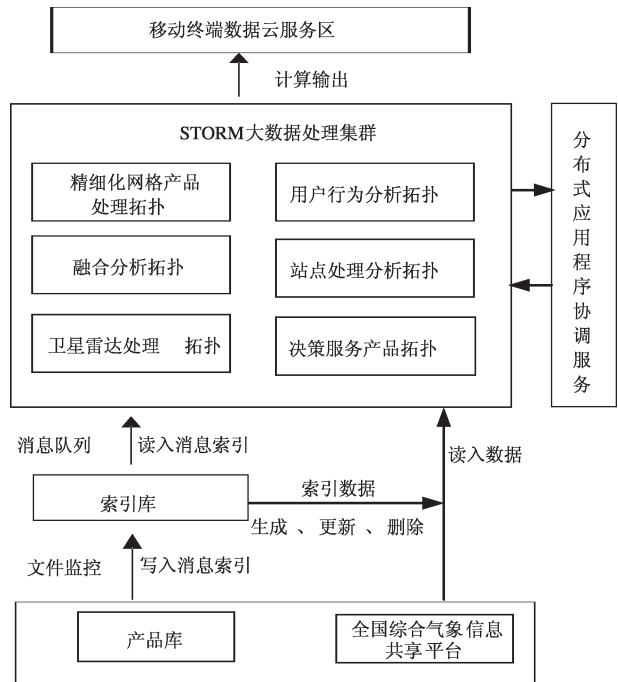


图 3 STORM 框架下的数据处理流程

决策气象服务移动平台处理系统已经实现了包括高分辨率卫星雷达处理拓扑、精细化网格产品处理拓扑、站点处理分析拓扑、融合分析拓扑、决策服务产品处理拓扑、用户行为分析拓扑等 6 类拓扑的开发。高分辨率卫星雷达处理拓扑主要完成雷达拼图产品、风云卫星可见光、水汽、红外通道即时处理,出图并按规则存储到文件系统;精细化网格产品处理拓扑主要完成气象精细化网格实况和预报产品的实时处理,切块并按规则存储到文件系统;站点处理

分析拓扑主要完成自动站、探空等站点类数据的客观分析和处理,处理结果以 GeoJSON 格式按规则存储到文件系统;融合分析拓扑完成站点的极值统计分析、站点预警信息关联分析统计等;用户行为分析拓扑完成用户日志及访问模块、位置信息收集及分析。以上实时计算分析的结果,在移动终端数据云服务区,可以为移动客户端实时提供数据和分析请求服务。

5 平台实现及业务应用

平台服务器端采用 J2EE 技术开发,安卓应用移动端采用 JAVA 语言开发,iOS 应用移动端采用 Object-C 语言开发,并结合以上移动平台大数据移动端高效渲染技术和海量气象数据分布式实时计算处理框架关键技术,开发实现了决策气象服务移动平台。目前,该平台已经在中央气象台决策服务和灾害应急服务实时业务部署中使用,并已融入到国家与全国各省实时决策气象服务业务中,用户包括中国气象局及各省(市)局领导、业务管理人员、省级以上决策气象服务和预报首席业务人员,平均每天提供服务次数约 5000 次。实现了涵盖实况监测、预报预警、精细化网格预报、决策服务等多源海量气象数据的高效处理、智能分析、移动端传输、移动端高效表达等全流程业务功能,其中,城市天气预报、决策服务产品、降水实况、台风路径预报、精细化网格预报、预警信号等功能模块已经成为国省各级决策气象服务人员日常使用的专业栏目。决策气象服务移动平台在 2016 年杭州 G20 峰会、历年台风登陆、九寨沟地震气象服务保障中发挥了重要作用,为决策气象服务人员提供了强大的气象信息支撑,其通过平台的综合信息服务做出了重要的决策研判。同时,基于决策气象服务移动平台,通过定制化配置和开发,推出了适应行业用户、重大活动气象服务保障用户的决策气象服务移动平台版本。例如,针对水利、海洋、金砖峰会管理等用户的决策服务等。图 4 是平台基本功能界面和降水报警运行实例,图 5 是平台基于位置服务的精细化网格预报业务功能,图 6 是平台在 2018 年第 10 号台风“安比”登陆中国华东地区的应急服务应用及气象灾害预警信号实例,平台运行稳定,各类气象数据传输、显示、交互操作高效。

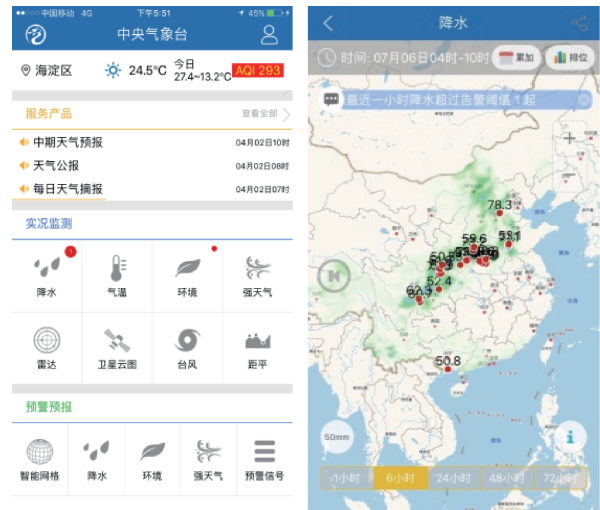


图 4 平台首页功能和降水实况报警

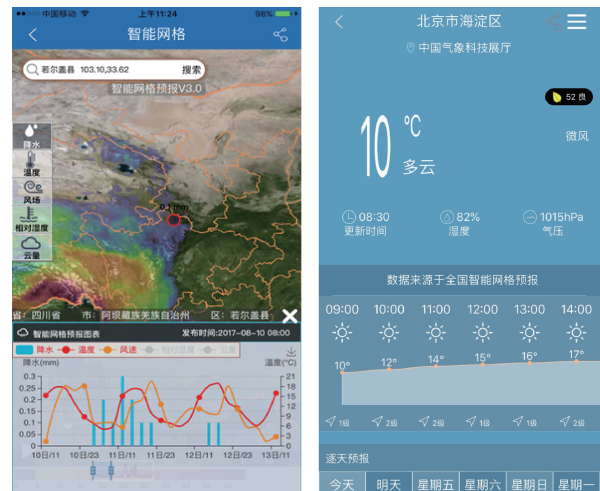


图 5 平台基于 LBS 的精细化网格预报

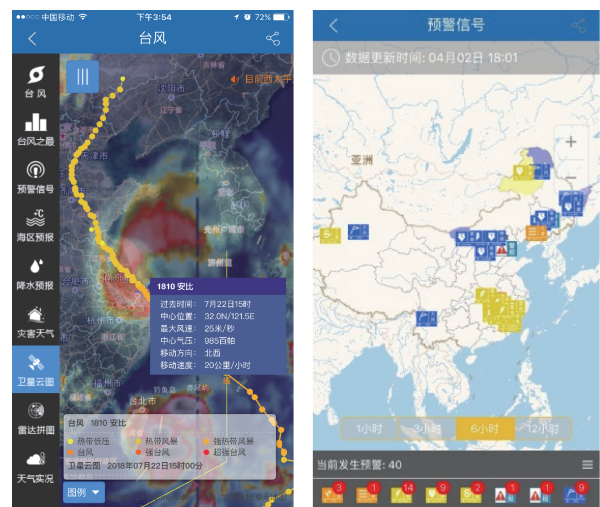


图 6 台风登陆应急服务及预警信号功能

6 结论与讨论

(1) 国家气象中心气象大数据处理及网络应用基于分布式实时计算处理框架、HTML5 和移动 GIS 技术,实现了一套面向移动端决策气象服务的气象大数据处理和高效渲染技术框架,支持海量气象数据在移动端的高效可视表达,并在 STORM 框架下实现了多源气象数据实时处理计算分析、高效存储和传输,在此基础上构建了融合各类预报预警信息、精细化网格预报数据和用户定位信息的决策气象服务移动平台。

(2) 平台提供了一系列基于位置的、按需的、智能决策气象服务功能。实现了基于位置服务的决策气象服务及预报预警信息智能推送;助力国家级气象格点实况预报产品跨入移动互联网时代;并在格点天气预报服务的支持下,可为决策用户提供精细化到街道级别的实况天气、城市天气预报、预警提醒、空气质量指数等综合显示。随着平台逐步完善和推广应用,该平台将在智慧气象服务建设中发挥重要作用。

目前该平台未充分考虑服务器功能的微服务设计,在后续的研发中,需要对决策气象服务移动平台业务功能微服务技术深入研究;同时,平台需要进一步丰富预报服务产品^[19],深入推进影响预报、覆盖全要素精细化网格预报在移动终端的应用,提升预报和决策服务产品的使用效率,提高中央气象台和各级台站的精细化分析和决策服务水平;加强对用户行为数据的实时分析,通过对用户行为的理解加深和与用户主动交互的能力,提高精细化气象应急服务水平。

参考文献

- [1] 沈文海. “智慧气象”内涵及特征分析[J]. 中国信息化, 2015(1): 80-91.
- [2] 杨忠恩, 魏晨, 马琰钢, 等. 基于移动互联网的交通气象服务系统设计与应用[J]. 气象科技, 2016, 44(3): 374-380.
- [3] 马汉. 天气通 5.4 版本上线接入微博同城信息流[J]. 计算机与网络, 2017(4): 30-31.
- [4] Meteoearth Introduction [EB/OL]. (2012-05-2)[2019-07-09]. <http://www.meteoearth.com>
- [5] Windy Introduction [EB/OL]. (2015-06-21)[2019-07-09]. <https://www.windy.com>
- [6] 胡争光, 高嵩, 薛峰, 等. MICAPS4 网络平台设计与实现[J]. 应用气象学报, 2018, 29(1): 45-56.
- [7] 张锋, 邓闯, 李建, 等. 基于微信“小程序”的公众气象服务应用[J]. 气象科技, 2019, 47(2): 361-366.
- [8] 陈慧敏, 胡飞虎, 耿泽飞, 等. 基于 GIS 的灾害应急管理系统业务数据和空间数据的集成[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(1): 163-167.
- [9] 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.
- [10] Lawson B, Sharp R. Introducing HTML5 [M]. United States of America: Pearson Education, 2010.
- [11] 吴磊, 张福庆. 基于 HTML canvas 的 WebGIS 客户端技术研究[J]. 地理信息世界, 2009, 7(3): 78-82.
- [12] 韩志平, 李颖, 欧阳双, 等. 基于 Android 平台开发气象雷达“小助手”APP 软件的设计与实现[J]. 气象科技, 2016, 44(4): 562-566.
- [13] 董昭. Storm 分布式实时计算模式 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014: 2-15.
- [14] 赵菲, 林穗, 高西刚. 面向大数据的 Storm 框架研究与应用[J]. 微型机与应用, 2016, 35(6): 12-14.
- [15] 向筱铭, 徐晓莉, 杨雪, 等. CIMISS 数据存储管理系统结构优化及应用[J]. 气象科技, 2019, 47(2): 237-243.
- [16] 赵文芳, 刘旭林. Spark Streaming 框架下的气象自动站数据实时处理系统[J]. 计算机应用, 2018, 38(1): 38-43.
- [17] Apache ZooKeeper. ZooKeeper Documentation 3.4.10 [EB/OL]. (2017-03-30)[2019-07-09]. <https://zookeeper.apache.org/>.
- [18] 郎泓钰, 任永功. 基于 Redis 内存数据库的快速查找算法[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(5): 40-43.
- [19] 祝燕德, 肖岩, 廖玉芳, 等. 气象灾害预警机制与社会应急响应的思考[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(4): 191-194.

(下转第 730 页)

Application of Massive Meteorological Data Processing and Visualization of Meteorological Decision Service Mobile Platform

HU Zhengguang XUE Feng YU Lianqing

(National Meteorological Center, Beijing100081)

Abstract: The Meteorological decision service mobile platform of the National Meteorological Center (NMC) is designed and developed by the NMC researchers for the massive meteorological data and efficient demands of meteorological disaster emergency service. The paper introduces the structure of the mobile platform server and client, and the platform functions such as observation, location-based service (LBS) gridded forecast, early warning, decision service product delivering, disastrous weather auto-warning and delivering and so on. This platform adopts the real-time distributed process computation to solve the massive data processing and analysis efficiently in mobile mode, and visualize and interoperate massive meteorological data based on HTML5 and mobile GIS technologies. This platform has already been stably applied in the national and provincial meteorological decision service operations, such as typhoon, storm and other disaster emergency service. The efficient and convenient functions of this platform illustrate that the platform has strong practicability.

Keywords: meteorological decision service; HTML5; real-time distributed computation; mobile client; location based services