doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.01.026

多源北斗位置服务动态监控系统的实现与应用

邹崇尧[1]，厉芳婷[1]，赵　鹏[1]，魏以宽[1]，梁　斌[1]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074）

摘　要：北斗卫星导航系统发展迅速，已广泛应用于国土测绘、农业、电力、环境、应急等诸多场景，亟需融合技术对跨网、多源接收机等设备进行统一监管。以湖北省北斗地基增强系统为例，在深入分析多源北斗位置服务系统现状与服务机制的基础上，探索了基于WebGIS的多源跨网协同监控平台。该平台可实现地面基准站和各类解算平台的数据流状态动态可视化监管、差分数据的实时解析，并可通过格网划分策略快速定位监控系统健康状态，有效解决了多源北斗位置服务系统的跨网协同管理问题，已应用于省级北斗位置服务中。

关键词：北斗卫星导航系统；多源协同；空间化；WebGIS；网格划分
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）01-0127-04

Realization and Application of Multi-source BDS Location Service Dynamical Monitoring System

ZOU Chongyao[1], LI Fangting[1], ZHAO Peng[1], WEI Yikuan[1], LIANG Bin[1]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the rapid development of BeiDou navigation satellite system(BDS), it has been widely used in land surveying and mapping, agriculture, electricity, environment, emergency and many other application scenes. Integration technology is urgently needed for unified supervision of cross-network and multi-source receivers. Taking BDS ground-based augmentation system in Hubei Province for example, based on the in-depth analysis of the content and service mechanism of the multi-source BDS location service system, we explored a multi-source cross-network cooperative monitoring platform based on WebGIS. The system can realize the dynamic visual supervision of data flow status of ground reference stations and various calculation platforms, the real-time analysis of differential data, and the rapid positioning of health status of monitoring system through the grid division strategy. This system effectively solves the cross-network collaborative management problem of multi-source BDS location service system and is applied in provincial BDS location service.

Key words: BDS, multi-source synergism, spatialization, WebGIS, grid division

北斗卫星导航系统是我国独立开发、自主运行的全球卫星导航系统，能提供高精度、高可靠的导航、定位和授时服务，是我国重要的空间基础设施。北斗三号系统组网成功后，北斗地基增强系统陆续进行了北斗三号升级改造，可提供三频实时精密定位服务。实践表明，北斗卫星导航系统已成功应用于电力系统、农业、防灾减灾、环境保护等领域，如在国家电网的规划、基建、营销和调度等方面得到融合应用；基于北斗-RTK的农用无人机、无人车、农业机械等作业、监管工作可极大提高经济效益；大众消费领域的智能手机、穿戴设备、车辆终端等应用场景得到拓展；融合了物联网、大数据、云计算等高新技术的北斗+业务，充分释放了地理空间位置的应用潜力，实现了高精度定位、时间基准、多源传感器柔性接入、空间地理信息服务以及工业数据与高精度时空数据的融合[1-5]。

随着北斗位置服务的快速发展，各领域的应用服务系统和管理平台相继开发实现。多个省级主管部门基于省级CORS建设的北斗高精度位置服务平台得到充分应用[6-13]。同时，基于北斗位置服务的智慧农业、交通网络、辅助驾驶、智慧电力等应用平台建设实现了北斗定位技术与多源遥感数据在行业部门业务监管服务中的融合应用[14-18]。

目前，北斗卫星导航系统在技术手段、应用场景和产业化方面都得到了发展。北斗地面增强系统经过多年发展，硬件设备丰富，用户数量激增；同时带来了多源设备监控管理和不同需求用户管理问题[19-20]。为保障北斗位置服务能力，亟需提升北斗地基增强系统的日常维护和响应能力[21-22]。基于对基准站到解算平台间的数据

收稿日期：2022-07-08。
项目来源：湖北省自然资源厅科技资助项目（ZRZY2022KJ29）。

流状态进行统一监控管理、对解算平台到用户间的差分数据进行监控解析、故障排查便捷等需求，本文以湖北省北斗地基增强系统为研究对象，研发了多源北斗位置服务动态监控系统，解决了多源接收机跨网协同管理问题，实现了北斗地基增强系统的动态空间化管理。

1 功能需求与设计

1.1 多源北斗位置服务系统服务特征和机制

以湖北省北斗地基增强系统为例，该系统由3种品牌多种型号的接收机及其分别配置的差分解算平台组成。其主要特征的转变包括接收机从单一品牌到多个品牌，数量快速增加；差分模式从虚拟参考站模式增加到虚拟参考站/虚拟格网差分池模式并行；卫星系统从GPS/GLO双系统升级到GPS+GLO/GPS+GLO+BDS/BDS3等多源节点。

为了更好地适应这种特征变化，多源北斗位置服务系统的服务机制也进行了升级：服务能力从实时厘米级增加到实时厘米级/亚米级和事后毫米级；服务对象从测绘单用户逐渐扩展到自然资源、建筑施工、气象、地震、民生关爱等多用户；服务数量从单一终端扩充到百万级用户、十万级并发。在上述情况下，系统的基础层、资源层、应用层均新增了大量内容，系统的体量和边界相应地发生了巨大变化。为了适应这种变化，需要对各层的关键节点进行一定的监控，以实现高效的管理和应急能力。

1.2 GNSS数据流管理模块

现有的北斗地基增强系统因建设时间跨度问题，多采用不同型号的GNSS接收机。通常不同厂家的接收机均配套独立的解算平台，且互不兼容。未来接收机数量仍会逐步增加，因此需要统一的管理手段在统一平台上进行故障排查。

GNSS数据流管理模块布设于不同解算平台的前端，通过一套模块接收所有接收机数据，首先对所有数据进行初步时间同步，分析数据流的稳定性；再通过解析数据流获得观测数据质量情况，并记录相关LOG；最后将接收机、统一端口、数据流统一到TSM，在TSM上获取所有数据流。

1.3 GNSS数据汇聚解码模块

不同的CORS建设采取的播发方式不同，如HB-CORS的位置服务由专网播发，而在地质灾害监测领域监测设备的数据通常由公网播发，这就需要在防火墙上映射端口，每个端口对应一台GNSS监测设备。以湖北省十堰地区为例，现有超过1 000套地质灾害监测设备，需要开放大量的公网端口，对于CORS网络安全维护具有较大的隐患。

GNSS数据汇聚解码模块可使所有设备向防火墙的一个端口传输，端口映射至模块，再由模块根据数据里的标识解析为N路数据，实现仅开放一个公网端口，即可接入海量监测数据的目的。

1.4 播发性能监控模块

当用户终端无法正常固定时，服务端无法准确获取用户相关信息，这就加大了运维人力成本，降低了响应效率。播发性能监控模块可监控播发端流程，包括差分生成延迟、格网生成延迟、用户网络链接状态，解析用户获取的差分数据情况，方便客户服务人员从服务端直接定位故障产生的原因。所有数据均从接口（网关）获取，需关联获取用户信息，并能同步准确获取用户的实时位置。

1.5 一站式监控演示大数据平台

由于多源接收机和视频终端等其他终端不统一，需通过各平台接口（TSM）获取相关信息，实现统一的基于Web端的展示能力。针对基准站实时状态信息、格网信息、数据流稳定性统计图/表、基准站故障信息统计、用户实时/历史位置状态信息、视频监控窗口嵌入等建立一站式的监控演示大数据平台，以解决跨平台、跨网协同问题。

1.6 系统架构

本文遵循全面性、可靠性、易用性、可移植性、可扩展性的原则，设计了基础设施层、数据层、平台层、应用层的系统总体架构，如图1所示。系统主要功能包括：数据监控大屏，展示重点关注的监控数据；测绘功能大屏，多维度展示北斗地基增强系统的服务数据；基准站数据管理；格网数据监控；用户数据管理等。

2 系统关键技术与实现

2.1 基于WebGIS的多源接收机跨网协同空间化管理方法

针对多源接收机跨网协同问题，系统以图形化的形式在WebGIS上展示大屏地图、基准站、差分格网、电离层指数、RTK用户、RTD用户、视频监控等7个模块。用户通过数据大屏可快速、直观地获取关键数据信息。数据大屏可展示整合数据、解算平台数据、用户数据等关键信息。系统借助于直观的图表、WebGIS图形化手段，将数据分析与图形技术相结合，以大屏可视化的方式，将各功能模块的核心数据以图表的方式呈现，可直观有效地获取北斗卫星导航与位置系统的整体信息。

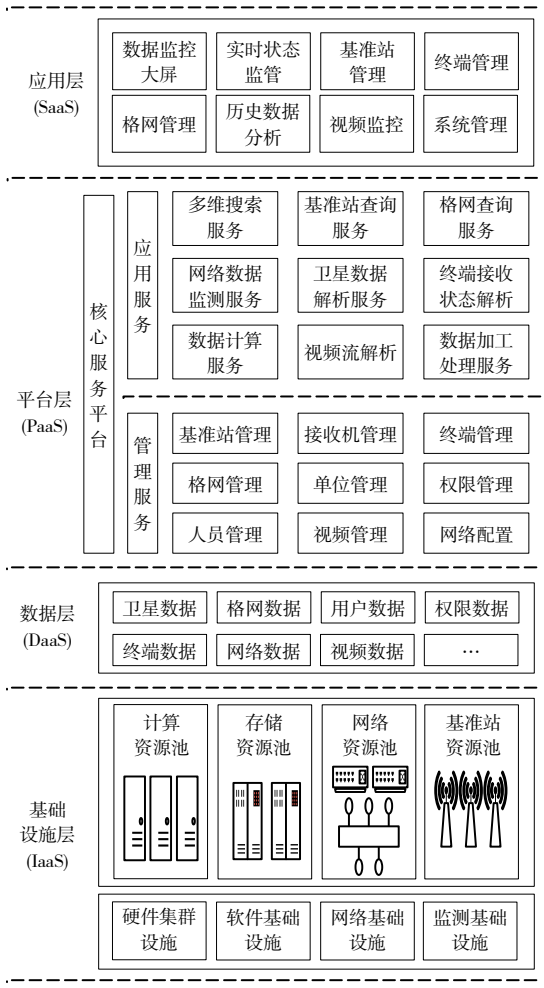


图1　系统架构图

2.2　面向多源卫星导航定位系统的动态可视化方法

实时接收RTCM3.X数据流，并解析、存储相关信息，计算全部可视卫星的位置，通过前端程序绘制星空图。整合HBCORS现有的多平台接收机数据资源，访问RTCM3.X实时观测数据流，记录数据通信日志，解码数据内容，分拣接收机设备监测中所用的数据流量、卫星数据、星历数据，计算当前位置可视卫星的位置，并将相关信息存储到数据库方便历史查询；同时通过API/WebSocket等方式实时发布，前端页面根据卫星系统、编号、高度角、方位角等绘制星空图，直观展示当前站点接收机设备的卫星监测情况，如图2所示。

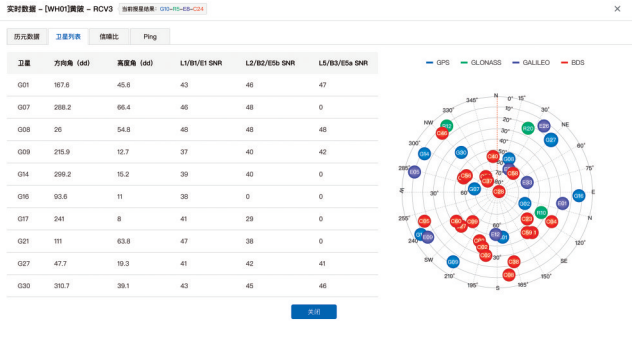


图2　多源卫星导航定位系统可视化监控

2.3　格网划分实时健康监控策略

为快速定位系统故障，有效查看、监控系统健康状态，以湖北省为例，将省域范围划分为2 893个4′×6′大小的网格区域，如图3所示，系统实时监控各网格差分数据服务质量，可根据设置的误差均方根值显示为不同的颜色，颜色越深表示误差越大，同时可以h或d为单位查看最近的故障率。

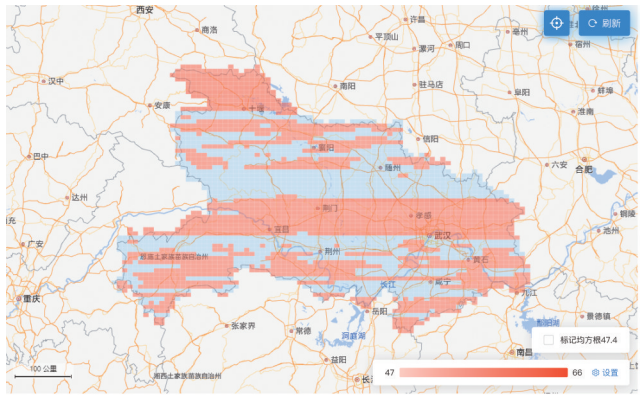


图3　格网划分实时健康监控

3　系统应用与讨论

本文以湖北省北斗地基增强系统为例，通过上述方法，开发完成了多源北斗位置服务动态监控系统，实现了湖北省3套CORS的多源接收机跨网协同监管。系统的主要业务模块包括：数据大屏，实现地图展示、基准站监管、差分格网监管、电离层指数监管、RTK/RTD用户监管等功能；功能大屏，主要实现地图展示、基准站信息、终端详情、历史轨迹、格网详情等功能；站点监管，主要实现站点展示、实时数据、历史数据监测等功能；格网总览，主要实现格网故障地图、格网故障率统计分析等功能；终端监控，主要实现对终端信息的实时监管和历史查询；监控大屏，主要实现对摄像头数据流的健康监控。

系统可在WebGIS上统一接收北斗三号、GPS、GLONASS等国内外设备的卫星信号，实时以图形化的形式展示平台接收机的设备状态，实现多平台数据的统一监管。系统为省、市（县）有效衔接、资源利用和数据共享提供了有效的平台，是为经济社会和自然资源管理提供统一、权威的空间基准的重要基础。通过系统建设，提高了基准站故障维修维护的响应能力，2022年上半年湖北省全省基准站运行的有效率提升至99.89%。在智能化建设的同时，系统已在智慧机场通勤车辆位置服务监管、智慧水利的水下地形测量无人船定位和轨迹分析等领域发挥了作用。

系统可有效推进北斗卫星导航定位高精度位置服

务的高端低用，激发GNSS数据多层次利用价值，不仅改善了自然资源行业部门对位置服务应用需求的解决模式，而且有效降低了数据获取成本，减少了外业人工工作量，避免了重复作业，提升了导航定位与位置服务的应用价值，使高精度导航定位服务向运维更加精细化、自动化，业务服务更加智能化、先进化，应用更加广泛化、深度化的方向迈进。

参考文献

[1] 张洁,李兰心,宋磊. 北斗卫星导航系统在电力行业中的应用研究[J]. 科技创新与应用,2022,12(11):178-181

[2] 刘婷婷,郭佩佩,高翔,等. 基于北斗—RTK的农用无人车设计与实现[J]. 现代农业装备,2022,43(1):30-37

[3] 赵毅. 北斗导航系统在灭火救援中的应用研究[J]. 消防界(电子版),2022,8(4):58-60

[4] 史睿,汪陶胜. 时空智能:数字时代关键基础能力:时空智能与人工智能、在线新经济和"新基建"[J]. 卫星应用,2022(2):63-65

[5] 孟斌,史劼,王伟,等. 北斗时空信息在工业互联网安全保障领域的应用研究[J]. 信息安全研究,2021,7(10):989-996

[6] 龙东腾,张锐,王晋婧,等. 融合多源数据的北斗卫星导航系统健康管理体系[J]. 航天器工程,2022,31(2):35-42

[7] 魏以宽,唐晓霏,吕世充,等. 基于精密单点定位获取CGCS2000坐标的方法[J]. 地理空间信息,2020,18(11):77-79

[8] 唐晓霏,孙小超,魏以宽,等. BDS高精度位置服务平台业务服务体系建设:以湖北省为例[J]. 北京测绘,2020,34(3):305-309

[9] 施闯,周凌昊,范磊,等. 利用北斗/GNSS观测数据分析"21·7"河南极端暴雨过程[J]. 地球物理学报,2022,65(1):186-196

[10] 胡恬,唐芝青. 基于北斗导航定位技术的通用型自然资源实地调查信息系统研究与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(3):118-120

[11] 姚宜斌,杨元喜,孙和平,等. 大地测量学科发展现状与趋势[J]. 测绘学报,2020,49(10):1 243-1 251

[12] 田挚,吴文坛,王新广,等. 河北省北斗导航定位网建设[Z]. 石家庄:河北省自然资源档案馆,2020

[13] 张海平,王赟,高士民,等. 基于SDCORS服务的国土资源执法监察平台[J]. 测绘与空间地理信息,2019,42(7):128-130

[14] 李岩,张雯雯,姜飞. 空天地一体化智慧农业服务与管理平台[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(2):132-134

[15] 全雪贞,张洁,文仙姣. 基于Raspberry Pi和Node. js的北斗RTK物联网设备开发[J]. 地理空间信息,2022,20(1):108-110

[16] 杨正午. 基于北斗高分系统的信息服务平台应用[J]. 山西电子技术,2022(1):54-56

[17] 史洪芳,王智玉,郑颖尔,等. 基于北斗网格码的空域资源精细化管理体系[J]. 民航学报,2022,6(1):44-47

[18] 叶清琳,刘玲,翟晓晓. 基于北斗的交通路网应急通信协同指挥系统设计[J]. 无线电工程,2022,52(3):515-521

[19] 王胜骞,韩琦,王星,等. 北半球高纬地区北斗三号定位性能分析[J]. 地理空间信息,2022,20(3):92-96

[20] 石婷婷,厉芳婷,张亮. 通导遥一体化在自然资源管理中的应用初探[J]. 地理空间信息,2020,18(8):22-24

[21] 蒋连江,汪陶胜. 北斗地基增强系统现状与发展思考[J]. 卫星应用,2021(11):8-12

[22] 李林,程承旗,任伏虎. 北斗网格码:数字孪生城市CIM时空网格框架[J]. 信息通信技术与政策,2021(11):1-5

第一作者简介：邹崇尧（1967—），正高职高级工程师，从事测绘工程应用方向研究。

（上接第35页）

[6] CHEN J Y, Jiménez-Ruiz E, Horrocks I, et al. ColNet: Embedding the Semantics of Web Tables for Column Type Prediction[C]. Association for the Advancement of Artificial Intelligence,2019:29-36

[7] CHEN J Y, Jimenez-Ruiz E, Horrocks I, et al. Learning Semantic Annotations for Tabular Data[C]. Twenty-eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI-19,2019

[8] 朱木易洁,鲍秉坤,徐常胜. 知识图谱发展与构建的研究进展[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2017,9(6):575-582

[9] 白海燕,梁冰. 利用D2R实现关系数据库与关联数据的语义模式映射[J]. 现代图书情报技术,2011(增刊1):1-7

[10] 田玲,张谨川,张晋豪,等. 知识图谱综述:表示、构建、推理与知识超图理论[J]. 计算机应用,2021,41(8):2 161-2 186

第一作者简介：李璇（2001—），研究方向为知识图谱、数据挖掘。