引文格式：唐晓霏, 张士柱, 孙小超, 等. 基于北斗的高精度位置服务平台技术研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 75-77. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.04.018

基于北斗的高精度位置服务平台技术研究

唐晓霏[1]，张士柱[1]，孙小超[1]，向　浩[2]，李莎莎[3]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074；2. 湖北省航测遥感院，湖北 武汉 430074；3. 32022部队，湖北 武汉 430074）

摘　要：系统地介绍了北斗高精度位置服务平台的建设，该平台突破了基于北斗三频卫星导航信号的高精度定位组网技术、差分池技术、高并发接入和海量数据存储技术等核心关键技术，打破了国外进口软件平台的技术垄断，形成了基于北斗的实时米级至厘米级卫星导航定位服务性能，具备了百万级用户的服务能力。项目成果已在多个国家重大工程中取得成功应用，实现了国产北斗高精度位置服务平台的自主可控，为北斗导航应用推广与产业化提供了技术支撑，为推动经济和社会发展做出了实质性贡献。

关键词：北斗；高精度位置服务；海量并发服务；多源空间信息融合
中图分类号：P228　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0075-03

High-precision Location Service Platform Technology Research Based on BDS

TANG Xiaofei[1], ZHANG Shizhu[1], SUN Xiaochao[1], XIANG Hao[2], LI Shasha[3]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping Engineering, Wuhan 430074, China;
2. Hubei Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Wuhan 430074, China; 3. 32022 Troops, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, we systematically introduced the construction of BDS high-precision location service platform, which broke through the key technologies, such as high-precision positioning networking technology, differential pool technology, high concurrent access and massive data storage technology based on triple-frequency signals of BDS, broke the technical monopoly of foreign imported software platforms and formed the ability of BDS based real-time meter-level to centimeter-level navigation and positioning services, and finished the stage of increasing of user from the 100th to the millionths.The project achievements had been successfully applied in major projects in many countries, and the independent controllability of domestic BDS high-precision location service platform had been achieved, which had great contribution for the development of economy and society.

Key words: BDS, high-precision location service, massive concurrent service, multi-source spatial information fusion

1　建设目标

基于北斗的高精度位置服务平台在区域北斗地基增强系统的基础上改造升级，通过导航与位置服务接口与各类终端连接，通过示范接口与示范应用系统连接，存储海量位置信息和基础地理信息，在此基础上实现基于大数据的海量数据挖掘、分析、统计、决策，通过应用接口为各应用系统提供北斗高精度差分数据产品[1-3]，最终建设成为具备为百万规模行业用户提供服务的北斗高精度位置服务平台，为多个行业示范应用提供支撑，共享海量信息，最终实现大数据挖掘与分析，进一步支撑后续的社会化全面推广应用。

高精度位置服务平台的功能定位是可以支撑整个北斗产业各个行业的示范应用，对上层提供包括高精度定位差分信息数据、终端位置信息数据、地图信息服务3个大方向的应用服务支撑，实现了定位服务子系统、基础服务子系统、地图信息服务子系统。基于北斗的高精度位置服务平台根据功能划分，分为定位服务子系统、地图服务子系统、基础服务子系统、业务管理子系统、运行监控子系统、私有云。

1.1　支撑大规模并发用户的服务

平台满足大规模用户访问请求，具备支撑海量用户规模的服务能力，并具备动态可扩展性。

1.2　基于北斗的高精度定位功能

基于北斗地基增强系统，采用伪距差分、载波相位差分以及广域差分等高精度数据处理方法，能够提供全天候、大范围、实时米级至厘米级、事后毫米级的定位服务，为行业示范应用提供基础技术支撑。

收稿日期：2021-02-24；修回日期：2021-11-15。
项目来源：中国第二代卫星导航系统科技重大专项资助项目（GFZX03030302020203）；精密工程与工业测量国家测绘地理信息局重点实验室开放基金资助项目（PF2011-23）。
第一作者简介：唐晓霏（1985—），工程师，主要从事CORS运营维护和北斗高精度位置服务平台建设等工作，E-mail：394287797@qq.com。

1.3 海量信息的存储、挖掘与共享

通过负载均衡、读写分离、同步备份等多种措施实现北斗地基增强系统的原始数据的存储。通过云计算的方式实现示范应用系统的海量数据的入库、存储和高效查询，开展大数据挖掘与分析。

1.4 多源空间信息融合与服务

基于位置信息数据库、基础地理空间数据库、专题信息数据库等多源数据实现信息的快速融合与服务。

1.5 应用服务支撑

为各个行业示范服务系统和其他应用系统提供接口功能，提供实时终端位置信息、电离层信息、历史位置信息、数据转换、电子地图等应用接口。

2 关键技术

北斗高精度位置服务平台采用四层技术架构：统一资源层、平台软件层、服务层、应用层，平台技术架构图如图1所示。

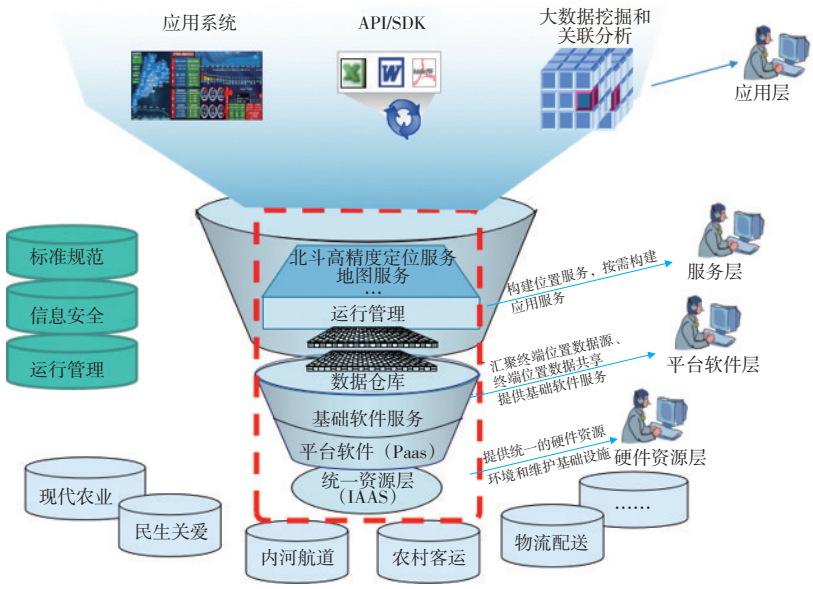


图1 平台技术架构图

2.1 基于北斗三频卫星导航信号的高精度定位系统

利用分子网和DELAUNAY三角形自动构建三角形网相结合进行站点管理，实现了大范围多北斗基准站（单台服务器支持超过100个北斗基准站）的管理；改进的综合误差内插法（MCBI）模型简单，结合DELAUNAY三角形自动构建的三角网，流动站误差不仅精度高而且均匀，同时又容易支持单双向数据传输；网络RTK系统完备性；先进的虚拟参考站观测值生成方法；可定制终端用户服务（单基站或VRS）等。

2.2 缓存技术设计及应用

北斗高精度位置服务平台项目应用Redis缓存做分布式session服务器，一方面加快了服务器对每个认证登入后的用户做登入认证，同时同步应用集群间的session，加速应用间的交流，防止认证信息丢失，加快应用对用户请求的响应速度，减低应用服务器的压力。

2.2.1 Redis缓存作GEO计算

北斗高精度位置服务平台项目的位置模块底层基于Redis3.2的GEO特性进行坐标运算，因为Redis是基于内存搭建的计算环境，所以可以高速、高效、准确地近实时反馈结果给前端，作为一项成熟的缓存开源项目，Redis GEO的可靠性也得到了广泛的证实。

2.2.2 Redis缓存降低响应延迟

应用对需要高速响应的数据利用Redis进行了缓存配置，在保证准确性的同时也降低了数据的收发响应时间，旨在提升用户的使用体验，同时也为应用的稳定性提供了保证，降低了对底层数据仓库的频繁操作与读写流输入输出。

2.3 平台安全技术设计及应用

2.3.1 心跳机制（防止拒绝服务攻击）

为了防止大量恶意的终端长期占有平台资源，影响平台对其他需要服务的终端提供服务，使用应用层心跳机制检测“Dead Devices”，并强制将其踢出平台。

2.3.2 SSL方式（防止非法设备使用服务）

SSL方式计算复杂度很高，但安全性极高。鉴于申请令牌的频度不高，所以所有接口中申请令牌通过SSL方式。

设备同平台的交互依据令牌进行身份验证（Authentication）。

通过SSL方式申请到的高安全性的令牌用于在一定周期（用户自定义）内对设备的身份进行验证，使合法的终端设备才能同平台进行交互使用平台提供的服务。

2.3.3　Shiro权限框架

项目应用Apache Shiro权限框架对框架内的用户进行权限区分，同时对接口的非法请求进行过滤以及拦截，同时做出全局异常控制，保证项目接口安全性的同时，也利用全局异常处理来保证应用的可靠性。

2.4　即时通信技术设计及应用

2.4.1　WebSocket技术实现实时通知

应用内对前后端交互频繁的数据利用WebSocket的收发器进行了封装，前端使用HEML5的原生WebSocket.JS进行会话监听，后端利用Spring-WebSocket进行消息的高频率读入操作并且发送给前端监听器，降低了用户操作的频率，实现了消息的自动化收发，增强了用户对数据的实时感知和体验。

2.4.2　RabbitMQ异步全双工实时收发消息

应用内利用RabbitMQ来实现服务器与终端的消息收发管道流，定时对终端发送的消息进行持久化操作，实现消息的定时生产，后端对持久化到数据库中的消息进行异步读取并且反馈给前端，保证了消息顺序的同时也解耦了应用与终端的直连通信，利用MQ消息的持久化机制对读取数据进行了懒加载操作，提升了响应效率与应用的可用性，并且实现了“使用数据时方加载数据”的机制，做到了终端、应用间的双向实时生产消费消息的效果。

2.5　差分池技术及应用

定位服务子系统要解决的核心问题是地基增强系统的高并发服务。目前国内外差分软件产品单台服务器支持的高精度用户并发数在千级范围，即使大规模增加服务器也难以突破万级。差分池技术就是用于将现有差分软件产品千级并发用户数提升到百万甚至千万级。由于差分服务数据的空间强相关性，可在同一区域内对不同用户播发相同的差分服务数据，而不会影响所有用户的最终定位结果的精度。

差分池技术通过建立格网模型，将差分数据解算与用户播发服务分离，实现了单CPU的万级用户并发能力，结合云平台软件架构体系，突破了现有差分软件海量用户高精度位置服务的瓶颈。其中心思想是：采用多播方式，从数据计算中心或者上级差分池获取所在区域的差分数据后，传播给连接到池中的用户，从而以几何级数扩展高精度差分服务子系统的服务容量。为用户提供实时数据流长连接，差分池技术采用Ntrip协议，采用异步通信方式，具有高性能的网络通信能力。

2.6　高并发接入和海量数据存储技术及应用

北斗高精度位置服务平台为海量用户提供服务，采用私有云作为平台的主要部署运行环境，拥有私有云的资源管理、负载均衡、高可用等众多功能，能稳定可靠地为海量用户服务。为了给后续数据分析与处理提供良好的支撑，需要合理地存储与组织各种大数据所有数据随机分散地存放在多个存储设备中；每个存储设备由高速网络相互连接；每个数据块会复制多个副本，分别存放在不同存储设备中；仅当数据块的所有副本都不能被访问时，该数据块才无法被读取；建立分布式索引，当系统接受数据访问请求时，可以快速地决定从哪些存储设备中读取数据。

2.7　平台完全具有自主知识产权

北斗高精度位置服务平台作为中国第二代卫星导航系统社会化应用重大专项最早实施的应用项目，从定位服务网子系统、地图服务子系统、基础服务子系统、业务管理子系统均为自主设计研发完成，结合先进的设计理念和关键技术突破，真正实现了完全具有中国自主知识产权的北斗高精度位置服务平台，有效推进了北斗卫星导航产业的大力发展。

3　示范应用

3.1　民生关爱示范项目

依托北斗高精度位置服务平台开展湖北省北斗导航应用示范项目行业应用子项——民生关爱项目。民生关爱项目旨在充分挖掘北斗在社会大众中的应用潜力，将北斗高精度位置服务与民生关爱应用相结合，实现人、车、路、物、企、环境的北斗高精度位置应用和信息互联，并探索实现、车辆安全应用、远程老人监护、残疾人监护、智障人监护、精神障碍患者管理、企业位置服务、智能消防、宠物及重要物品监管等应用。目前民生关爱项目已基于北斗高精度位置服务平台实现了25万套业务应用终端接入；基于业务应用、业务展现建设一套软件服务平台即民生关爱接入服务平台。

3.2　现代农业示范项目

利用北斗高精度位置服务平台结合正在开展的北斗现代农业示范项目，满足了农业机械化精细管理的需求，提升了农机管理的信息化水平，拓展了北斗在农机领域的应用，为开拓精准农业之路提供了有力支持，将推动现代农业智慧农业的大力发展。目前已累计安装北斗农机终端16 539台，其中拖拉机10 122台，插秧机320台，收割机4 857台，无人机1 226台，喷杆喷雾机14台。累计监测作业面积超过2 555.96万

（下转第95页）