

“图睿”二三维 GIS 开放平台研究与设计

李金星¹ 张传刚¹ 王炳亮¹ 张文龙¹ 孙丰杰¹ 李 伟¹ 张京辉¹

LI Jinxing ZHANG Chuangang WANG Bingliang ZHANG Wenlong SUN Fengjie LI Wei ZHANG Jinghui

摘 要

为解决 GIS 国产化替换过程中选型不一、开发难度高、替换工作量大、重复投资建设等问题,文章从 GIS 数据存储计算、服务替换、可视化呈现、空间分析、GIS 场景低代码等方面进行研究,设计并开发“图睿”二三维 GIS 开放平台。通过提供 ArcGIS 服务平滑替换服务,实现了对 ArcGIS 存量业务得快速兼容替换,通过对已有技术能力进行封装改造,结合 GIS 场景低代码技术,形成标准 GIS SDK,兼容适配高德、百度、超图等技术平台,满足国产化、信创环境要求,大幅提升开发效率,实现了企业降本增效,为行业用户提供了全面的国产化替代方案。

关键词

GIS 国产化替换; 二三维 GIS 可视化; 空间数据库; OGC 标准; GIS 场景低代码; 标准 GIS SDK

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.12.003

0 引言

在信息技术高速发展的今天, GIS 作为连接地理空间信息与现实世界的桥梁,已经广泛应用于自然资源监管、城市规划、应急管理等众多领域。然而,长期以来,全国 GIS 行业在核心技术方面依赖进口,存在信息安全隐患。因此,推动 GIS 国产化替换,打造满足国产化、符合信创环境要求的二三维 GIS 开放平台,实现核心技术自主可控,对于保障国家信息安全、促进 GIS 行业健康发展具有重要意义。

(1) 市场规模分析

经过多年的发展,全国地理信息产业现在已经进入高质量发展阶段,产业规模逐步增长。截至目前,地理信息产业作为数字经济的核心产业之一,已经成为全国数字经济新的增长点。数据显示,2022 年,全国地理信息产业总产值达到 7787 亿元,同比增速达 3.5%,近 5 年复合增长率为 8.5%,近 10 年复合增长率为 14.6%。与此同时,大数据、云计算、虚拟现实、人工智能、5G、卫星互联网等新技术与地理信息技术进一步融合,互相赋能,为地理信息技术创新及应用服务变革带来了新的机遇,催生了很大的新市场空间。

(2) 痛点分析

国产化 GIS 平台替换涉及平台软件替换、数据资产及数据服务迁移、应用系统利旧更新等内容。国产化 GIS 替换从业务管理、技术一致性上面临诸多潜在问题。

① 各类行业应用解决方案在 GIS 产品方面都有大量项目需求。整体来看存在开发门槛高、功能要求高、建设成本高等典型痛点问题。

② GIS 平台开发普遍存在地图选型较为随意、坐标系统混乱、大量异构空间数据、服务共享难、数据存储较为随意不容易管控的问题。

③ 从技术层面来看,国产 GIS 软件功能还面临是否能和国外 GIS 软件对标,数据精度是否符合要求,软件性能能否达标,存量业务如何兼容适配等问题。

④ 从业务层面来看,国产 GIS 软件还面临是否能适配已有的基础环境,迁移成本是否可控等问题。

为了解决以上问题,“图睿”二三维 GIS 开发平台自设计时,就将软件的功能性、可靠性、兼容性等考虑在内,在媲美国外主流 GIS 软件的同时,兼容适配国内其他 GIS 平台,通过以 3DGIS 为核心的可视化引擎能力,降低二三维应用开发门槛。结合大数据架构,整合自有空间大数据平台,利用分布式并行 GIS 算法,海量数据渲染能力,实现海量规模空间数据分析能力。兼容并能适配替代主流 GIS 工具,提供可落地自主 GIS 引擎替代手段。

1 关键技术分析

“图睿”二三维 GIS 开发平台围绕 GIS 国产化替换、空间大数据、可视化呈现等方面展开技术研究,在关键技术方案上,本文从 ArcGIS 服务平滑替换技术、矢量切片技术、二三维地图可视化呈现技术、分布式空间大数据存储技术等四个方面进行展开,技术架构图如图 1 所示。

1. 浪潮通信信息系统有限公司 山东济南 250101

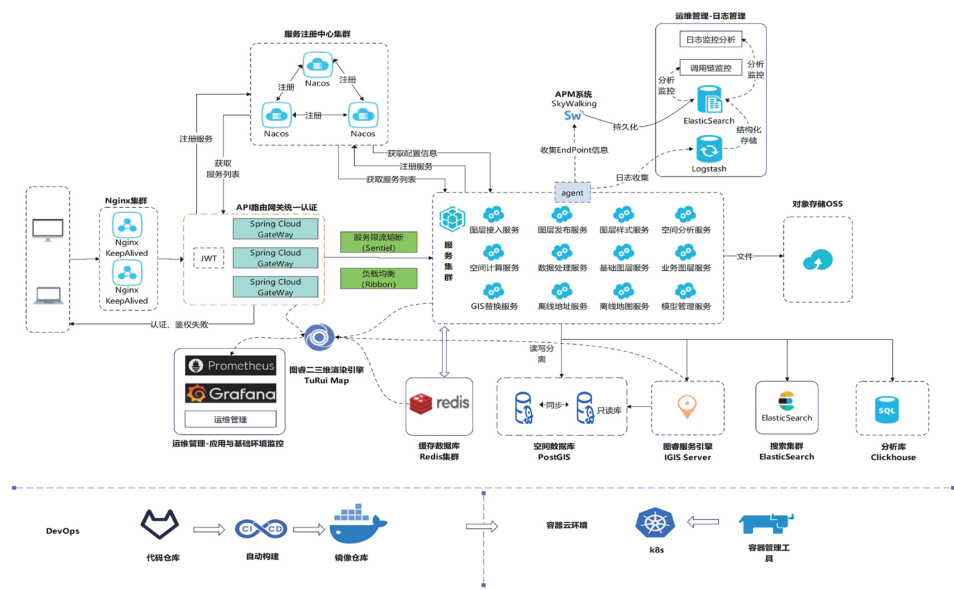


图 1 技术架构

1.1 ArcGIS 服务平滑替换技术

为解决存量 ArcGIS 业务国产化替换的难题，“图睿”二三维 GIS 开放平台开发 ArcGIS 服务平滑替换技术，通过对 ArcGIS 服务的深入研究与剖析，分析请求参数及数据返回格式，对接口进行改造适配，将原有 ArcGIS 数据及服务迁移到“图睿”GIS 平台统一存储数据库，迁移过程中保证数据的一致性、完整性，实现平滑替换。

平滑替换原理是将 ArcGIS MapServer、FeatureServer 数据查询接口等常用的接口，与 GeoServer rest api 进行对比，通过 java 编程实现协议转换，将返回的结果按照 ArcGIS Rest 服务接口的规范返回给客户端，进而进行平滑替换，平滑替换的主要过程有以下方面。

（1）空间数据迁移：原有的 ArcGIS 数据主要存储在 ShapeFile 文件或者 Oracle SDE 空间数据库中，先将以上数据文件利用 ArcGIS 软件进行导出，然后利用 QGIS 和 GDAL 软件将以上空间数据文件按照规范导入到基于 CITUS 和 POSTGIS 的空间数据库当中，迁移前后保持主键和索引字段不变，并建立空间索引。

（2）图层样式迁移：原有的 ArcGIS 服务样式文件存放在 ArcGIS MXD 文档文件当中。对于 MXD 文件，则通过 Arcpy 进行解析，循环获取点、线、面矢量文件及栅格文件的样式信息，然后转换成 OGC 标准的 Sld 样式文件。

（3）图层服务发布：通过 GeoServer GIS 服务引擎与 POSTGIS 数据库进行连接，将已经入库 POSTGIS 的空间表数据发布为基于 OGC 标准的 WMS、WFS、WMTS 的 GIS 服务，提供统一 GIS 共享服务，供前台应用进行调用。

（4）图层样式配置：将上面转换后的 sld 文件与已经发布成功的 OGC 服务进行样式绑定，使得发布后的服务预览

效果和 ArcGIS Map Server 服务保持一致。

（5）服务兼容适配：通过对 ArcGIS 服务的深入研究与剖析，分析请求参数及返回数据格式，转发 ArcGIS 服务引擎对应接口请求，利用基于 JAVA 语言和 Geotools 的 Sping Boot 接口程序，将 ArcGIS 服务请求进行拦截，将原有 ArcGIS 服务请求参数，转换为 OGC 服务对应的请求参数，然后向 GeoServer GIS 服务引擎进行服务请求，将响应结果数据解析封装为 ArcGIS 前台 API 应用可直接解析的格式，进行返回，在不改变

前台 ArcGIS API 的情况下，只需将原有 ArcGIS 服务地址，替换为转发后的代理地址，即可达到平滑替换 ArcGIS Server 和 Oracle SDE 空间数据库的效果，如图 2 所示。

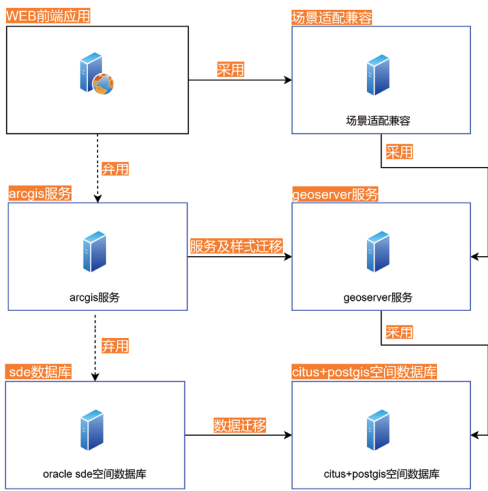


图 2 ArcGIS 平滑替换流程

1.2 矢量切片（vector tile）技术

由于地理范围的不可控，获取范围内的数据不可控，空间数据有时会很大，频繁的请求会占用大量 CPU 资源和磁盘 IO，导致服务器卡顿、服务崩溃，前端调用服务迟迟得不到响应。

通过地图切片可以有效降低服务器负荷，缩短服务器的地图生成时间和地图传输时间，提高系统的响应速度。传统地图切片技术是栅格切片底图，本质上是空间数据分别渲染为不同缩放级别的地图图片，然后将各个级别的图片按照一定规则切分，按照一定的“规则组织”，存储到硬盘或数据库中，构成一幅完整的地图，如图 3 所示。

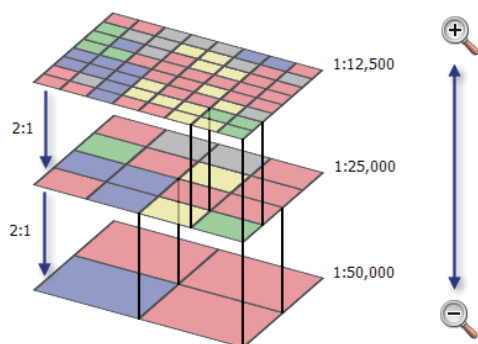


图3 栅格切片原理

相对于其他技术,切片地图有明显优越性,可有效减少传输数据体积、多级缩放等。然而,栅格地图的弊端在于灵活性不够、无法实时呈现及数据完整性受损等。

“图睿”二三维 GIS 开放平台为了解决栅格切片的弊端,引入了矢量切片技术,矢量切片文件比栅格切片文件更小,这意味着制图更快、性能更好。本框架采用 PostGis^[1] 方案生成矢量切片。具体实现逻辑如图4所示。

```
with mvtgeom as (
select ST_AsMVTGeom(ST_Transform(geom, 3857), ST_TileEnvelope(1,0,0)) as geom, gid
from
zzz,
(select ST_SRID(geom) as srid from zzz where geom is not null limit 1) a
where
ST_Intersects(geom, ST_Transform(ST_TileEnvelope(1,0,0), srid))
)
select ST_AsMVT(mvtgeom.*, 'zzz', 4096, 'geom') as mvt from mvtgeom;
```

图4 POSTGIS 矢量切图原理

1.3 二三维 GIS 可视化技术

为有效解决地图选型较为随意、兼容性差、开发难度高、可视化性能要求高的问题,“图睿”二三维 GIS 开放平台基于 OPENLAYERS 和 CESIUM 二三维地图可视化框架,融合 GeoServer 地图服务引擎,构建地图基础能力底座,兼容高德、百度、超图可视化 API,封装常用代码组件,实现标准格式发布的地图数据访问,具有高性能、功能丰富、可扩展性强等特征,可以与 GEOSERVER、POSTGIS 无缝衔接。

在地图服务方面,“图睿”二三维 GIS 开放平台借助 GeoServer 地图服务引擎,可以将存储在文件或空间数据库中的矢量和栅格数据发布成基于 OGC 标准(WMS、WFS、WMTS 等)的 GIS 服务,支持移动端调用,支持图层要素持久化修改操作;通过 QGIS 或者编写自定义样式文件,控制图层显示级别、图层渲染符号,动态更新地图样式。

在可视化方面,“图睿”二三维 GIS 开放平台融入多种立体呈现方式,结合 OPENLAYERS、CESIUM 等呈现手段实现超大规模数据的立体化渲染与呈现。支持在线、离线标准底图服务加载呈现,支持加载常见矢量、栅格数据,支持加载基于 OGC 标准的 WMS、WFS、WMTS 地图服务加载呈现,同时兼容 ArcGIS、SuperMap Rest 服务,支持二维模拟、三维地形影像、模型、矢量数据的渲染能力。

1.4 Geomesa+Hbase 分布式空间大数据存储技术

在处理高并发以及空间大数据量的任务时,单台服务器已远不能解决这个问题,亟需分布式数据库来支撑庞大的数据和应用。同时,分布式数据库需要和开源 GIS 进行无缝对接,具备空间运算能力,便于直接处理库中的数据。面对海量时空数据,具备 PB 的空间数据的快速存储和查询能力,具备高流量数据高读写能力,支持 spark 分析和轻松水平扩展^[2]。

“图睿”二三维 GIS 开放平台通过融合 Geomesa+Hbase 分布式空间大数据存储技术,实现了超大规模海量时空数据快速读写能力,超大规模海量时空数据快速空间分析能力。通过开发 GeoTools 接口和引入 GeoServer 插件,实现了将 Geomesa 中的空间数据发布为 OGC 标准 GIS 服务的能力。如图5所示。

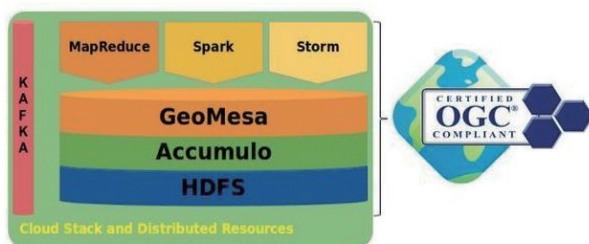


图5 GeoMesa 工作原理

2 应用平台功能架构

“图睿”二三维 GIS 开放平台主要功能包括标准 GIS SDK、GIS 场景低代码、GIS 通用服务接口等,功能架构图如图6所示。



图6 功能架构图

2.1 标准 GIS SDK

“图睿”二三维 GIS 开放平台采用分层架构设计方式,封装形成标准 GIS SDK,适配主流地图服务,提供统一底图服务、统一标准 GIS API 调用、统一标准数据存储,实现 GIS 引擎功能与业务解耦,面向业务应用提供标准化平台功能以及插件服务,主要有三大模块功能:

(1) 提供统一底图服务:采用分层架构设计方式,适配主流地图服务,提供统一底图服务。

(2) 提供统一标准 GIS API 调用:兼容适配高德 API、

百度 API、ArcGIS API 等多种 GIS 引擎；提供统一标准 GIS 服务调用（基于 OGC 标准的 WMS、WFS、WTMS），面向业务应用提供标准化平台功能以及插件服务。

（3）提供统一标准数据存储：提供基于 Citus+PostGIS 的空间数据库存储方案，并提供不同数据格式往统一空间数据库的迁移方案，兼容基于 OGC 标准的 OpenGIS 格式的各类矢量、栅格数据，如图 7 所示。

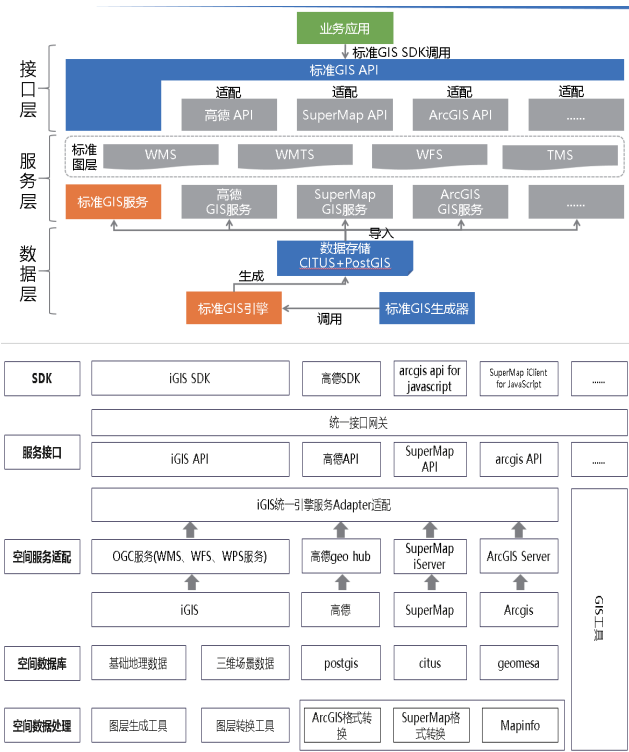


图 7 标准 GIS SDK

2.2 GIS 场景低代码

“图睿”二三维 GIS 开放平台基于零代码低代码与可视化配置技术，成功研制“图睿“二三维地图在线设计器，可以用于展示各种类型的地理数据，包括三维建筑、手工模型、地形、geojson、XYZ 等数据等。该平台可以通过简单的拖拽操作或通过外部接口访问第三方资源，快速构建三维场景，支持自定义样式、图层、标注和交互效果等。是一个高度定制化的地图可视化工具，适用于各种场景下的定制化需求。

此外，“图睿“二三维地图在线设计器还提供了多种数据接入方式，支持导入各种格式的标准地图数据，如 geojson、kml、shp 等，也支持与外部数据接口进行数据对接，方便用户获取动态数据内容，实现了基础底图服务、业务图层服务、图层服务样式的在线可视化配置，自动生成地图应用，实现了地图开发零代码低代码能力，降低了 GIS 开发和运维的难度，使得产品化水平得到了进一步提升。

2.3 GIS 通用服务接口

“图睿”二三维 GIS 开放平台除了标准 GIS SDK 封装

提供的前台可视化空间分析能力，还开发了一些后台服务接口，来实现空间数据服务的共享功能，主要包括：经纬度地址批量转换、坐标转换、POI 搜索、电子围栏、缓冲分析、叠加分析、融合分析、差分分析等。

3 结语

“图睿”二三维 GIS 开放平台以 3D GIS 为核心，融合空间大数据技术，实现空间数据入库、空间数据处理、空间数据分析、空间数据计算、空间服务适配全流程的标准化和国产化，为各行各业数字化转型升级提供有效的 GIS 能力基础支撑。目前，“图睿”二三维 GIS 开放平台主要应用于通信行业，在通信无线网优、资源、传输网管行业进行了规模化实践，形成了较为全面的 GIS 能力支撑，拥有较为完备的 GIS 相关平台化产品。但受行业与其他因素限制，在其他行业暂时没有相关的应用案例。此外，针对 GIS 引擎的国产化替换改造，适配兼容更多的更多 GIS 场景，形成标准化 GIS 方案，仍然需要在更多行业进行实践，迭代和优化完善，以利用 GIS 能力帮助政企及各行业在数字化转型、智慧城市建设、数字孪生领域发挥应用作用，助推数字经济蓬勃发展。

参考文献：

[1] 胡晓曦,蔡思腾,刘刚,等.基于 MVT 的矢量瓦片免切片技术 [J]. 河北省科学院学报,2024,41(2):68-73.
[2] 蒋叶林. 基于 HBase 数据库的时空大数据存储与索引研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学,2021.

【作者简介】

李金星(1988—)，男，山东临沂人，本科，研究方向：二三维 GIS 可视化、空间数据处理与分析、GIS 与数字孪生融合技术、海量空间数据快速渲染呈现。

张传刚(1978—)，男，山东济宁人，本科，研究方向：通信信息、自智网络、5G、大数据。

王炳亮(1985—)，男，山东潍坊人，硕士，研究方向：通信网络优化、无线网络规划、质量管理、云计算、云原生。

张文龙(1982—)，男，山东威海人，本科，研究方向：通信网络优化、云计算、架构设计、数字孪生、虚拟化技术。

孙丰杰(1993—)，男，山东济南人，本科，浪潮通信优化分析产品研发部总经理助理，研究方向：通信网络优化、人工智能、云计算、云原生、架构设计、数字孪生、无线业务仿真。

李伟(1984—)，男，山东潍坊人，本科，研究方向：通信网络优化、基站规划、数字孪生、智慧机房、5G。

张京辉(1984—)，男，山东济南人，本科，研究方向：人工智能、大数据、云计算、云原生、5G。

（收稿日期：2024-09-09）