

引文格式: 马灵好, 李平, 周启, 等. WebGL 在线动态地图服务框架设计 [J]. 测绘通报, 2019(1): 118-122. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2019.0024.

WebGL 在线动态地图服务框架设计

马灵好, 李平, 周启, 李维庆

(国家测绘地理信息局第三地理信息制图院, 四川 成都 610101)

摘要: 针对在线动态地图的交互性强、制图过程灵活、数据复杂多样、受众面广等特点及优势, 本文基于 WebGL 技术设计了一种在线动态地图服务架构。该架构通过设计面向海量矢量数据的在线地图数据模型, 定义在线地图切片的存储结构, 并充分利用计算机硬件加速能力, 实现了海量矢量切片数据的快速可视化和动态更新。为检验方法的可行性, 利用该框架研发了某县的“多规合一”地理信息服务平台。结果表明, 该框架提升了在线动态地图平台的实用性和操作性, 为在线动态地图服务提供了可靠的理论和技术支撑。

关键词: 在线动态地图; 矢量切片; WebGL; 动态更新

中图分类号: P23

文献标识码: A

文章编号: 0494-0911(2019) 01-0118-05

Online dynamic map service framework research based on WebGL

MA Jiongyu, LI Ping, ZHOU Qi, LI Weiqing

(The Third Geoinformation Mapping Institute of National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Chengdu 610101, China)

Abstract: Strong interactive features, flexible mapping process, complex and diverse data, and wide audiences for online dynamic maps. This paper designs an online dynamic map service architecture based on WebGL technology. This architecture defines the online map data model for massive vector data, defines the storage structure of the online map slice, and makes full use of the computer hardware acceleration capability to achieve rapid visualization and dynamic update of massive vector slice data. To test the feasibility of the method, this framework was used to develop a “multi-information geographic information service platform” in a county. The results show that the framework improves the practicality and operability of the online dynamic map platform and provides reliable theoretical and technical support for online dynamic map services.

Key words: online dynamic map; vector tile; WebGL; dynamic update

近年来, 随着无线通信、计算机技术和地理空间信息技术等的快速发展, 地图的承载媒介、表达形式和数据来源越来越多样化^[1]。在传统地图的形式上, 衍生出数字地图、网络电子地图、导航地图、VGI 众源地图、机器人地图等多种形式^[2-4]。其中网络电子地图得到了越来越广泛的开发和应用, 为人们在现实生活中提供了极大的便利。目前网络电子地图已经不局限于地图的浏览、查询、检索等基本要求, 而是面向各机关、团体和企业及大众等提供海量数据快速显示、动态更新、样式可定制等更高级的制图需求^[5-6]。

目前行业内成熟的 GIS 产品中, 为实现上述的高级地图需求, 大都采用了基于金字塔的矢量切片技术^[7-8]。然而, MapBox 没有开放服务器端数据切片软件, 用户在使用时必须将数据上传到它提供的国外服务器上, 考虑数据的安全性, 无法广泛地应用

于国内相关 GIS 领域。ArcGIS 作为商用软件, 提供了完善的矢量切片发布功能, 但其软件体系庞大、售价昂贵, 大幅增加了 GIS 系统项目的研发成本。

为此, 本文从海量数据可视化与动态更新需求角度研究基于 WebGL 的在线动态地图服务技术。针对矢量数据的存储、传输、渲染效率低下的问题, 设计出矢量瓦片数据结构, 用于提高数据存储与传输效率。在此基础上, 采用基于 WebGL 的 GPU 加速技术^[9-10], 研发了地图要素点、线、面绘制的着色器, 提高矢量切片地图的渲染效率; 同时, 提出数据缓存与显示帧缓存相结合的优化策略, 提升在线动态地图平台的稳定性。

1 在线动态地图平台关键技术

1.1 矢量瓦片数据的组织结构设计

在线动态地图平台具有交互性强、制图过程灵

收稿日期: 2018-03-23

基金项目: 2017 年四川省测绘地理信息科技项目 (J2017ZC02)

作者简介: 马灵好 (1988—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为地图制图与地理信息工程应用。E-mail: 459609469@qq.com

活、数据复杂多样和面向大量非专业用户的特点^[11-12]。根据在线地图平台的特点和对制图数据的需求,本文采用矢量瓦片组织方式设计了在线矢量地图数据模型。矢量瓦片组织方式与传统的栅格瓦片组织原理相似^[13],首先选择等间隔格网来实现按行索引的矢量瓦片模型构建,将投影好的矢量数据按照 2 的基数划分成了等间隔的格网,采用网络行号和列号进行编码,赋予矢量瓦片唯一的标识,方便对矢量瓦片进行调度和信息检索。其构建过程如图 1 所示。

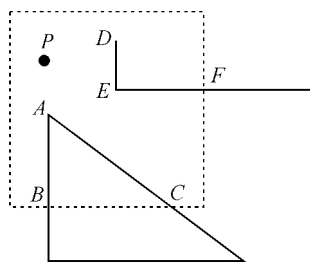


图 1 矢量切片原理

将等间隔格网与原始矢量数据进行切割处理,形成以等间隔格网为基本结构存储单元。如图 1 所示,与格网相交的矢量数据采用完全的数据裁切方式,把这些要素切碎,同时记录每个矢量要素被格网裁切的行列索引号,防止在客户端形成矢量的重复请求与重复绘制,降低单个矢量数据的传输压力。对于面状矢量数据,还需要将切碎形成的“冗余边”进行标示一下,如 BC 边,这些“冗余边”在线客户端拼接显示时不予绘制出来。同时为了提高客户端的渲染效率,考虑 WebGL 的渲染方式是基于三角面片的,对于面状矢量要素,将要素三角化在矢量数据裁切时完成。

基于上述表述,本文的矢量瓦片的数据组织结构如图 2 所示。

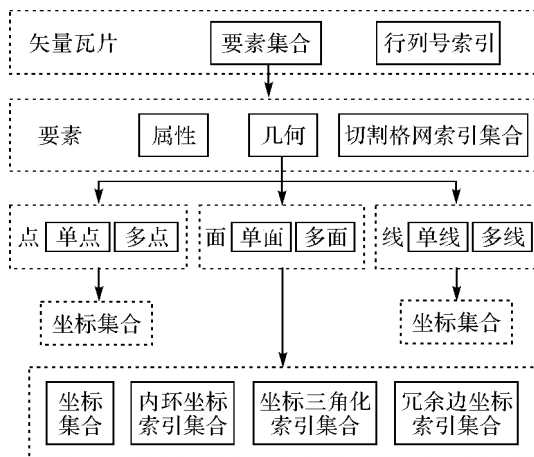


图 2 矢量瓦片的数据组织结构

1.2 基于 WebGL 的地图要素绘制

目前常用的矢量数据渲染工具(如 SVG、Canvas 2D)效率低下、地图浏览体验较差^[14]。WebGL 充分利用计算机硬件资源,采用 GPU 加速技术进行图形绘制,降低 CPU 消耗,提高了矢量数据渲染效率。

WebGL 渲染几何图形依赖于运行在浏览器中的 JavaScript 和运行在 WebGL 系统的着色器程序^[15]。其中着色器程序包括顶点着色器和片元着色器,顶点着色器用于设置图形顶点的位置,片元着色器用于设置图形绘制的颜色。在顶点着色器和片元着色器之间,还存在着图形装配过程和光栅化过程。图形装配过程将传入的顶点坐标根据需要装配成特定的几何图形,光栅化过程将装配好的几何图形转化成(内插)片元(像素),其绘制图形的基本过程原理如图 3 所示。

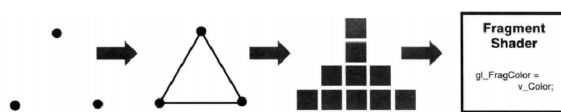


图 3 顶点着色器、图形装配、光栅化、执行片元着色器

片元着色器根据光栅化后的像素个数,逐个确定像素的颜色,最终绘制出来可见的图形。

根据 WebGL 渲染的原理以及地图要素展示的需要,本文研究并设计了几种基本的地图要素及符号化样式,用于进行地图展示。

(1) 方点: WebGL 中默认采用绘制点形式,无需任何处理。

(2) 圆点: 在片元着色器中采用内置的函数 distance 计算圆点中心到边缘的像元坐标距离,保留距离内的像素。

(3) 不带线宽的实线: WebGL 中默认的绘制方式,线宽默认为 1,线宽改变无效,无法适应 Windows 平台。

(4) 带线宽的实线: 在 WebGL 中被看作为一个长条形的面,需要根据线条和线宽形成一个面,然后作三角化处理并进行可视化。

(5) 多边形面: 利用数据中的顶点和三角化索引进行多边形面填充绘制,绘制多边形轮廓线时将“多余边”滤掉不绘。

(6) 图片: 采用 WebGL 贴纹理的方式进行实现。

(7) 文本: 由于 WebGL 没有直接绘制文本的接口,本文采取用 Canvas 2D 绘制成文本图片,以 WebGL 贴纹理的方式进行实现。

2 在线动态地图平台架构

2.1 地图平台架构设计

基于上述方案,采用 B/S 的三层体系结构搭建在线动态地图平台,包括应用层、渲染层和服务层。平台体系结构框架如图 4 所示。在应用层,用户基于平台实现各自行业、各类业务且兼容各种显示终端的应用系统。渲染层将服务器层传输过来的矢量切片数据进行拼接并在前端进行绘制,同时为应用层个性化开发提供接口。服务器层在线动态地图平台的重要支撑,将矢量地图数据处理成矢量切片数据并发布成数据服务。

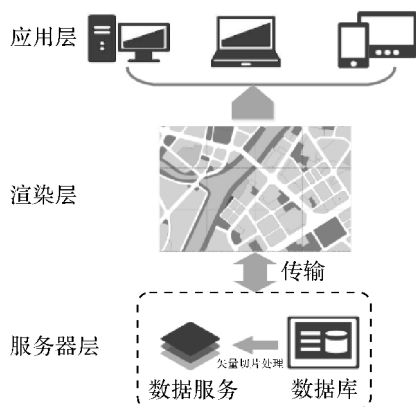


图4 在线动态地图平台架构

2.2 平台性能优化策略

在地图平台开发实现过程中,需要兼顾用户的操作体验,如果仅仅是简单地“请求-处理-渲染”,那么用户每一次平移,每一缩放都会产生大量的数据请求、处理和渲染工作量,给服务器、客户机带来庞大的运算压力,用户的操作体验极差,乃至放弃使用。考虑平台的可用性,本文主要采取以下两种性能优化策略进行。

(1) 数据缓存策略:将每一次请求得到的矢量瓦片数据在内存中以行列号索引和层级索引为主键进行缓存并管理起来,然后根据缓存数据每次做增量请求,降低频繁操作导致的大量数据请求次数;增量请求回来的数据及时进行缓存,同时将当前显示的瓦片缓存位置置顶,超出缓存预设容量的瓦片,进行移除销毁,这样能保存内存数据不会太大的同时,用户关注范围的数据能够缓存起来,以提高平台的性能。

(2) 显示帧缓存策略:帧缓存即为 WebGL 的帧缓冲区对象和渲染缓冲区对象,在帧缓冲区进行绘制的过程称为离屏绘制。本文利用这一特性将地图渲染的每一帧离屏绘制成纹理图片,并及时缓存,然后

以纹理贴图的方式显示给用户,原理如图 5 所示。

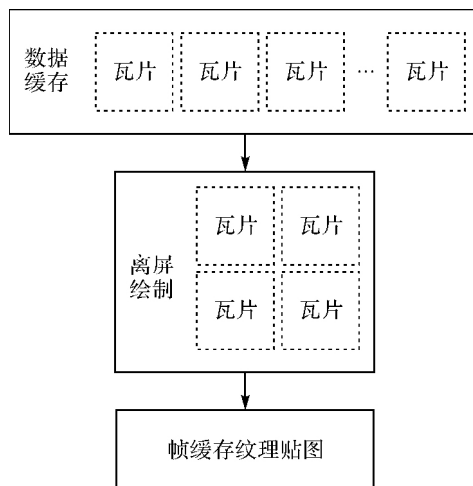


图5 帧缓存策略原理

采用这种策略的目的在于优化用户在对地图进行平移、缩放时出现地图卡顿、不流畅等现象,用户在地图平移过程中尚未平移完成时,平台采用上一次的帧缓存进行绘制显示,不重新进行数据绘制,平移结束时,等待增量数据再重新绘制。

2.3 平台接口体系

本文在实现地图平台的过程中,采用面向对象的设计理念,构建 Point、Polyline、Polygon、Layer、Map 等对象,同时将地图的基本功能、结构封装成二次开发接口,为后续基于本平台的应用开发提供了开发接口,平台的二次开发结构如图 6 所示。

3 应用实例

3.1 系统设计

蒲江县“多规合一”规划信息平台是根据蒲江县发改委的需求,通过收集蒲江县发改、规划、国土、环保等部门各类规划数据,按照统一的空间基准改造后,发布成矢量切片数据服务,在上述平台总体架构设计基础上进行开发的,系统研发采用 TypeScript、HTML5、CSS 这 3 种语言。系统的体系结构如图 7 所示。

3.2 系统效果

通过支持 WebGL 的主流浏览器如 Firefox、Chrome 即可访问蒲江县“多规合一”规划信息系统,系统实现了各类规划数据在浏览器端的矛盾检测、冲突协调、在线编辑、动态更新,满足了多规领导小组、应用部门、运维管理部门集规划数据展示、分析、编辑与一体的 Web 端“一站式”业务需求。规划数据渲染如图 8 所示,规划数据在线编辑如图 9 所示。

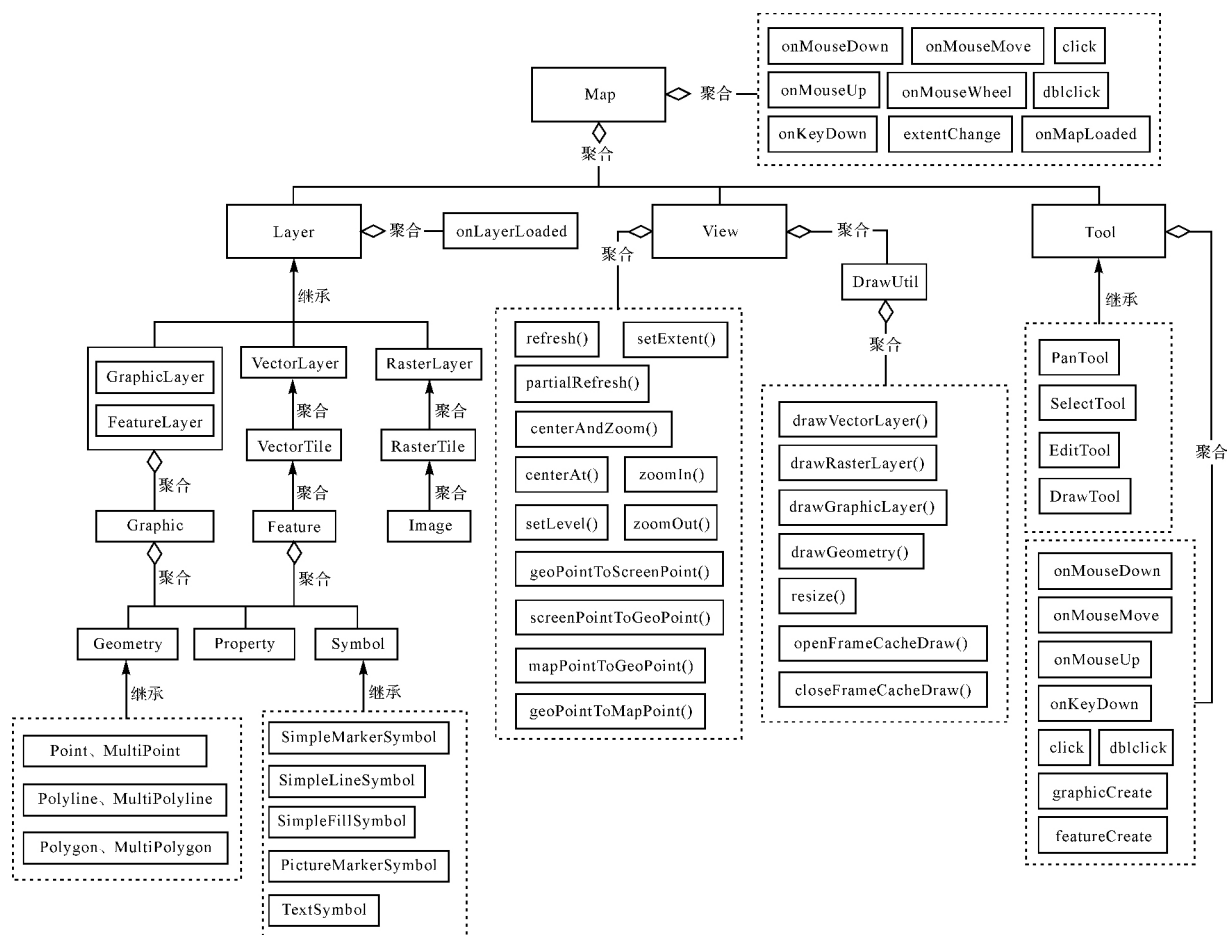


图 6 二次开发接口结构

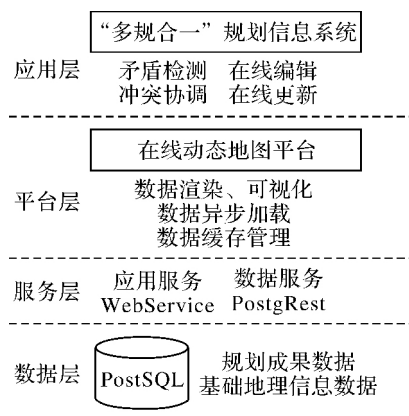


图 7 系统体系结构



图 8 规划数据显示



图 9 规划数据在线编辑

4 结 语

电子地图在很多领域得到了广泛的应用,目前大多数电子地图的应用都是基于传统数据模型生成栅格切片来实现的。本文针对矢量数据的 Web 可视化场景,设计了一个基于 WebGL 的在线动态地图服务架构。

基于该架构设计并研发了蒲江县“多规合一”规划信息系统,结果表明该在线动态地图服务架构可以实现海量矢量数据的高效可视化及动态更新。在下一步的研究工作中,将引入矢量动态符号库,实

现更为复杂的符号化矢量绘制效果,并进一步优化矢量切片技术,提高海量矢量数据的绘制效率。

参考文献:

- [1] 武芳,巩现勇,杜佳威.地图制图综合回顾与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1645-1664.
- [2] 廖克.中国地图学发展的回顾与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1517-1525.
- [3] 王家耀,成毅.论地图学的属性和地图的价值[J].测绘学报,2015,44(3):237-241.
- [4] 龚健雅,耿晶,吴华意.地理空间知识服务概论[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(8):883-890.
- [5] ANTONIOU V, MORLEY J, HAKLAY M. Tiled vectors: a method for vector transmission over the web [C] // International Symposium on Web and Waveless Geographical Information System. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2009, 5886: 56-71.
- [6] LI L, HU W, ZHU H, et al. Tiled vector data model for the geographical features of symbolized map [J]. Plos One, 2017, 12(5): e0176387.
- [7] 陈举平,丁建勋.矢量瓦片地图关键技术研究[J].地理空间信息,2017,15(8):44-47.
- [8] 孙岩松.基于矢量瓦片的Web电子海图研究[D].大连:大连海事大学,2017.
- [9] 欧阳峰,龚桂荣,何列松.面向 WebGL 的矢量数据三维绘制技术[J].测绘科学技术学报,2016,33(6):635-638.
- [10] 郑顾平,白若林.基于 WebGL 的动态地形实时绘制[J].软件导刊,2017(12):202-204.
- [11] NORDAN R P V. An investigation of potential methods for topology preservation in interactive vector tile map applications [J]. Department of Civil & Transport Engineering, 2012, 59(1): 230-235.
- [12] 任福,杜清运.智慧城市语境下在线专题制图模式[J].测绘科学,2014,39(8):50-52.
- [13] 章永志.顾及我国地理特点的全球空间信息多级网格理论与关键技术研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [14] 谢贤博,聂芸,邓红艳,等.基于 WebGL 的 Canvas 元素 2D 绘制加速[J].软件,2016,37(12):146-152.
- [15] MATSUDA K, LEA R. WebGL programming guide [M]. [S.l.]: Publishing House of Electronics Industry, 2014: 63-78.
- (上接第 117 页)
- [8] 袁姜红,陈二阳.基于夜间灯光数据的内蒙古省域 GDP 总量分析[J].安阳师范学院学报,2016(5):83-86.
- [9] 李德仁,李熙.论夜光遥感数据挖掘[J].测绘学报,2015,44(6):591-601.
- [10] 李峰,卫爱霞,米晓楠,等.基于 NPP-VIIRS 夜间灯光数据的河北省 GDP 空间化方法[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2016,29(1):152-156.
- [11] 江威,何国金,刘慧婵. NPP/VIIRS 和 DMSP/OLS 夜光数据模拟社会经济参量对比[J].遥感信息,2016,31(4):28-34.
- [12] 张梦琪,何宗宜,樊勇. DMSP/OLS 稳定夜间灯光影像的校正方法[J].测绘通报,2017(12):58-62.
- [13] 韩向娣,周艺,王世新,等.夜间灯光遥感数据的 GDP 空间化处理方法[J].地球信息科学学报,2012,14(1):128-136.
- [14] 王宏莹.基于夜间稳定灯光数据的江苏省各市 GDP 估算[J].经纬天地,2018(2):3-9.
- [15] LI X, XU H M, CHEN X L, et al. Potential of NPP-VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China [J]. Remote Sensing, 2013, 5(6): 3057-3081.