

基于 Android 手机的三维天地图应用研究

田士如¹ 代侦勇¹ 白帆²

¹ 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

² 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

Application of 3D Tianditu Map Based on Android Cellphone

TIAN Shiru¹ DAI Zhenyong¹ BAI Fan²

¹ School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

² State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

摘要:利用最新的 Web3D 技术构建几何地球,通过反向墨卡托投影建立几何地球上的点与天地图上的点的对应关系,确定天地图 WMTS 瓦片的行列号与级别,实现实时天地图瓦片的获取与 3D 贴合。最后,利用 Javascript 命令打通 Android 应用和 Web 应用之间的联系,实现具有高度可移植性的 Android 三维天地图应用。

关键词: Web3D; 三维地球; 球面墨卡托; 天地图

中图法分类号: P208

文献标志码: A

Abstract: Using the latest Web3D technology to build Geometric Earth, we establish the correspondence between the points of Geometric Earth and the points of Tianditu map based on the reverse Mercator projection for determining the rank and number of Tianditu map WMTS tiles and achieving the Tianditu map tiles which fits 3D real-time. Finally, an application of Android 3D Tianditu map with a high degree of portability was built by using the Javascript to open contact between Android applications and Web applications.

Key words: Web3D; 3D Earth; spherical Mercator; Tianditu map

天地图从 2011 年 1 月 8 日上线至今,应用和用户规模与国际领先的谷歌地图相比差距较大^[1],应用生态的建立需要更多的优质创新应用。

自 2007 年 11 月 5 日 Google 推出专门为移动设备设计的开源操作系统 Android 以来^[2],各种移动终端软件飞速发展,为传统基于 Windows Mobile 平台的移动 GIS 开发带来了机遇^[3,4]。短短几年时间,Android 的 CPU 从 22 nm 工艺发展到 14 nm 工艺,从单核发展到 8 核,性能已经有了长足的发展。然而 GPU 水平却进展缓慢,国内已有学者在实现三维引擎上进行了研究^[5,6],但关于这方面的研究

还比较少。本文以天地图为数据基础,将近年长足发展的 Web3D 技术应用到手机上,充分调用手机过剩的 CPU 性能和有限的 GPU 性能,同时使用三维实时瓦片运算和逆向球面墨卡托贴合,实现天地图电子地图和影像地图的三维展示和应用。

1 技术方案

1.1 总体技术方案

应用基于移动智能终端上的 Android 系统开发,SDK 版本为 19.0,使用 Java 语言,JDK 版本为 1.8,开发工具为 Android Studio 1.1。三维显示部分使用基于 HTML5 的 Web3D 技术,采用 WebGL 标准,使用 JavaScript 进行开发和渲染,地图数据则是来自天地图 WMTS 发布的瓦片,包括电子地图和影像地图以及各自对应的注记,为了显示出三维效果,也叠加了天地图提供的地形图图层。此外,为了在研究的基础上有一定的功能性,应用调用了移动智能设备上的 GPS 传感器,实现了在三维天地图上的定位功能。

1.2 详细技术路线

应用主要研究了 Android 系统上高性能三维 GIS 展现,实现天地图的三维可视化,采取了以下技术路线:①本应用是传统 Android 应用和基于 HTML5 的 Web 应用的结合,因此界面设计语言和逻辑开发语言使用了两个平台各自的语言;②Android 应用和 Web 应用之间本无交集,本应用中,借鉴网页开发时的开发者模式中的控制台,使用 Javascript

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41571344)。

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China (41571344).

命令完成两者之间的交互;③三维数据展示虽然以 HTML5 为基础,但无需 Web 服务器,网页文件存于本地,调来自天地地图服务器的 WMTS 瓦片数据;④在用户通过手指控制三维地球时,计算当前显示的范围,通过屏幕分辨率和瓦片图片的分辨率,计算出所需瓦片的级数和行列号,然后通过 WMTS 服务获取相应的图片;⑤自 2013 年天地地图发布 2.0 版本之后,投影方式已经从原来的高斯-克吕格投影变为球面墨卡托投影,因此要将获取的瓦片贴合到三维地球上,还需要将瓦片数据进行一次逆向墨卡托投影。图 1 为总体技术路线图。

2 系统实现

应用主旨是研究在 Android 智能移动终端上的高性能三维 GIS 的可行性和天地地图的三维可视化,可以提供三维地图浏览、定位等功能。图 2 为应用在华为 P8 上的运行效果图。右上方为电子地图和影像地图切换的按钮,左下角为定位按钮,其他操作均以手势完成,操作逻辑与主流地图应用一致:双指向外滑动放大,向内滑动缩小,单指滑动旋转地球,连续轻触屏幕放大等。本系统成功让基于 HTML5 的 Web3D 技术和 Android 在移动三维 GIS 上结合,较好完成了天地地图在 Android 端的三维可视化,验证了上述技术方案的可行性。

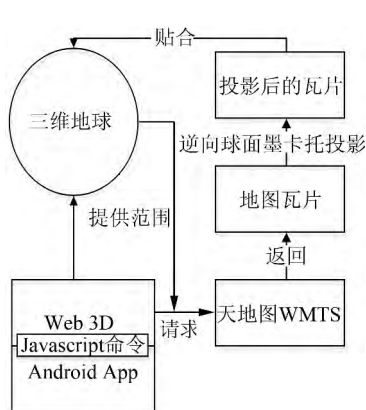


图 1 技术路线图



图 2 系统界面

Fig. 1 Technology Flow Chart Fig. 2 Interface of the System

3 关键技术与创新点

3.1 瓦片贴合

天地地图采用球面墨卡托投影,它与常规墨卡托投影的主要区别是把地球模拟为球体,而非椭球体^[7]。假设地球被围在一个中空的圆柱里,其赤道与圆柱相接触,然后假想地球中心有一盏灯,把球面上的图形投影到圆柱体上,再把圆柱体展开,这就是

一幅标准纬线为零度(即赤道)的墨卡托投影绘制出的世界地图。设地球为正球体,纬度为 B 、经度为 L (单位:rad),纵直角坐标为 X_N ,横直角坐标为 Y_E (单位:m),基准纬度 BO ,原点纬度 O ,原点经度 LO ,由地理坐标系到投影坐标系的转换公式为:

$$\begin{cases} X_N = K \cdot \ln \left[\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{B}{2} \right) \right] \\ Y_E = K \cdot (L - LO) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $K = R \cdot \cos BO$, R 为地球半径。

建立三维地球模型,设球心 $O(0,0,0)$,半径为地球半径 R ,球面上的点 $M(x,y,z)$ 满足如下条件:

$$\begin{cases} x = R \sin \theta \cos \varphi \\ y = R \sin \theta \sin \varphi \\ z = R \cos \theta \end{cases} \quad (2)$$

式中, θ 是 OM 与 z 轴的夹角; φ 是从正向 x 轴逆时针方向转到 OM 在 XOY 平面上投影的角度, $0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ 。则有:

$$\theta = \arccos \left(\frac{z}{R} \right) \quad \varphi = \arctan \left(\frac{y}{x} \right) \quad (3)$$

将 θ 和 φ 转化为经纬度分别代入式(1)可得:

$$X_N = K \cdot \ln \left[\tan \frac{\pi - \arccos \left(\frac{z}{R} \right)}{2} \right] \quad (4)$$

$$Y_E = \begin{cases} K \cdot \left[\arctan \left(\frac{y}{x} \right) - LO \right], y \geq 0 \\ K \cdot \left[\arctan \left(\frac{y}{x} \right) - 2\pi - LO \right], y < 0 \end{cases} \quad (5)$$

由此可建立投影地图上的点 (X_N, Y_E) 和球面上的点 $M(x,y,z)$ 的关系,将投影地图贴合到三维地球上。

3.2 实时瓦片获取

Google 提出的地图切片技术是目前解决互联网地图应用效率问题的主要方式^[8]。天地地图服务使用 WMTS 发布,获取其瓦片时,需要确定地图缩放级别和地图瓦片行列号。

1) 确定地图缩放级别。在球面模型的 ZOY 面上选取两点 A, B , 两者距离为 d , 其在屏幕上对应的点为 A_P, B_P , 两者距离为 d_P , 屏幕分辨率为 Re (像素/m), 则比例尺 S 的计算公式如下:

$$S = d_P / Re / d \quad (6)$$

计算得到比例尺后与天地地图每个级别的比例尺比较即可得到需要的瓦片级别 L 。天地地图每级比例尺如表 1 所示。

2) 确定切片行列号。根据 3.1 节建立的关系, 可以根据地球上的点 $M(x,y,z)$ 算出投影地图上对应的点 (X_N, Y_E) 。天地地图切片为 $256 \text{ 像素} \times 256$

表1 天地图每个级别参数

Tab. 1 Parameters at Each Level of Tianditu Map

级别	地面分辨率/m·像素 ⁻¹	规范中显示比例尺
1	78 271.517 0	1:295 829 355.45
2	39 135.758 5	1:147 914 677.73
3	19 567.879 2	1:73 957 338.86
4	9 783.939 6	1:36 978 669.43
5	4 891.969 8	1:18 489 334.72
6	2 445.984 9	1:9 244 667.36
7	1 222.992 5	1:4 622 333.68
8	611.496 2	1:2 311 166.84
9	305.748 1	1:1 155 583.42
10	152.874 1	1:577 791.71
11	76.437 0	1:288 895.85
12	38.218 5	1:144 447.93
13	19.109 3	1:72 223.96
14	9.554 6	1:36 111.98
15	4.777 3	1:18 055.99
16	2.388 7	1:9 028.00
17	1.194 3	1:4 514.00
18	0.597 2	1:2 257.00
19	0.298 6	1:1 128.50
20	0.149 3	1:564.25

像素,设 L 级别下地面分辨率为 D_L ,投影地图坐标范围为 $(-\pi R, -\pi R)$ 到 $(\pi R, \pi R)$,当在 $(-\pi R, -\pi R)$ 时,行列号 r 和 c 都为 0, r 和 c 与坐标之间的关系如下:

$$r = \frac{Y_E + \pi R}{256 D_L}, c = \frac{X_N + \pi R}{256 D_L} \quad (7)$$

天地图电子地图瓦片获取路径如下: http://t0.tianditu.cn/vec_c/wmts?SERVICE=WMTS&REQUEST=GetTile&VERSION=1.0.0&LAYER=vec&STYLE=default&TILEMATRIXSET=c&TILEMATRIX={L}&TILEROW={r}&TILECOL={c}&FORMAT=tiles。电子地图注记、影像地图、影像地图注记与上面的形式相同。

3.3 使用 WebGL 三维引擎

目前,代表手机 CPU 最高水准的主要有三星的 Exynos 7420,高通的 Snapdragon 820,工艺已经在 20 nm 以下,主频达到 2.2 GHz 以上,性能对于主流移动应用来说已经过剩。而观之 GPU, Snapdragon 820 详情还不知道,上一代使用的高通 Adreno430,频率为 800 MHz; Exynos 7420 用的是 Mali-T760MP8,频率为 772 MHz,与桌面段 GPU 比起来就相形见绌了。因此,大型 3D 手游都得针对特定的 GPU 进行性能优化,不同的 GPU 使用不同的数据包。然而 Android 端的专业的三维地图引擎却几乎没有,部分是从其他平台移植过来的,未经优化就直接使用 GPU 进行图形运算,性能比较低下。传统的 Web3D 解决方案主要依赖于 Flash、Java3D 以及 Silverlight 等技术^[9],但是存在难以支持 Web 端 CPU 加速,难以进行大规模复杂 3D 场景的渲染。WebGL 通过结合 JavaScript 和

OpenGL ES2.0 提供了一种类似于 OpenGL 的 API,能有效地解决现有 Web 交互式三维动画对插件的依赖和不支持 GPU 加速问题^[10]。

本文提出基于 HTML5 和 WebGL 标准的 Web3D 引擎来实现三维地球,所有的数据首先经过 CPU, CPU 能运算的都会分配给 CPU 运算,只有极少数图形处理业务会留给 GPU。而在三维地球中,由于没有复杂的三维场景,需要 GPU 运算的数据非常少,所以既可以保持良好的性能,还能保持足够的可移植性。

4 结束语

移动 GIS 和三维 GIS 都是 GIS 领域发展的趋势。本文以最新的 Web3D 技术为支撑,实现三维地球,根据天地图的投影方式和其他参数,确定三维地球上的位置和天地图上位置的对应关系和切片行列号,实现实时瓦片的读取与贴合,并以 Javascript 命令为桥梁联通 Android 和 Web 页面,最终将三维天地图流畅地展示在 Android 平台,为 Android 平台的三维 GIS 实现提供了一个新的具有高度可移植性的解决方案。

参考文献

- [1] 乔朝飞. 促进基础地理信息应用的若干思考[J]. 测绘通报, 2014(5): 127-129
Qiao Chaofei. Some Thoughts of Improving Application of Fundamental Geographic Information [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2014(5): 127-129
- [2] 公磊, 周聪. 基于 Android 的移动终端应用程序开发与研究[J]. 计算机与现代化, 2008(8): 85-89
Gong Lei, Zhou Cong. Development and Research of Mobile Termination Application Based on Android [J]. Computer and Modernization, 2008(8): 85-89
- [3] 许颖, 魏峰远. 移动 GIS 关键技术及开发模式探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31(4): 45-47
Xu Ying, Wei Fengyuan. Discussion on Key Technologies and Developing Mode of Mobile GIS [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2008, 31(4): 45-47
- [4] 李鑫, 李琦. 空间信息系统移动终端设计与实现技术[J]. 测绘科学, 2006, 31(1): 103-105
Li Xin, Li Qi. The Design and Realization of the Spatial Information Acquisition System Based on Mobile GIS [J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(1): 103-105
- [5] 吴合义, 黄宝香. 基于 AJAX 的三维地图引擎设计与实现[J]. 地理空间信息, 2014, 12(2): 161-163
Wu Heyi, Huang Baoxiang. Design and Realization of 3D Map Engine Based on AJAX Technology [J]. Geospatial Information, 2014, 12(2): 161-163

(下转第 63 页)

- [J]. *OpenCast Mining Technology*, 2006(6):4-6
- [5] 李蒙文, 赵财胜, 郑榕芬, 等. 勘探线剖面三维坐标与剖面图二维坐标转换计算方法[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2006, 35(6): 818-822
Li Mengwen, Zhao Caisheng, Zheng Rongfen, et al. A Study on Transformation Method Between the 3D Coordinates of a Geological Prospecting Line Section and the 2D Coordinates of the Line Section Drawing [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)* 2006, 35(6): 818-822
- [6] 方红萍, 顾汉明. 断层识别与定量解释方法进展[J]. *工程地球物理学报*, 2013, 5(10): 609-615
Fang Hongping, Gu Hanming. New Advance in Theory and Application of Fault Identification and Quantify Interpretation[J]. *Chinese Journal of Engineering Geophysics*, 2013, 5(10): 609-615
- [7] 徐能熊. 三维地质建模方法及程序实现[M]. 北京: 地质出版社, 2011
Xu Nengxiong. 3D Geological Modeling Method and Program Implementation[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011
- [8] 邓飞. 剖面三维地质建模与高斯射线束正演的研究与实现[D]. 成都: 成都理工大学, 2007
Deng Fei. Research of Three Dimensional Geological Modeling Based on Two Dimensional Sections and Gaussian Beam Forward Modeling [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2007
- [9] 龚仁会. 黔西县龙井煤矿煤岩及煤质化学特征研究[J]. *中国西部科技*, 2014, 13(6): 23-25
Gong Renhui. Qianxi Longjing Coal Mine and Coal Rock and Coal Chemical Characteristics Research[J]. *Science and Technology of West China*, 2014, 13(6): 23-25
- [10] 张翔, 王方雄, 崔羽. 城市三维管线地理信息系统的设计开发[J]. *测绘地理信息*, 2015, 40(2): 17-19
Zhang Xiang, Wang Fangxiong, Cui Yu. The 3D Pipeline Design of Geographic Information System Development[J]. *Journal of Geomatics*, 2015, 40(2): 17-19
- [11] 段双全, 陈建军, 徐秀川. 城市地下管网三维信息管理系统设计与实现[J]. *测绘地理信息*, 2015, 40(2): 20-22
Duan Shuangquan, Chen Jianjun, Xu Xiuchuan. Design and Implementation of the 3D Information Management System for the Urban Underground Pipeline[J]. *Journal of Geomatics*, 2015, 40(2): 20-22

收稿日期: 2015-01-12

第一作者简介: 汪淑平, 硕士生, 主要研究方向为地理信息系统以及三维地质体模型构建与可视化等。

First author: WANG Shuping, postgraduate, main research direction for GIS and 3D geological modeling and visualization.

E-mail: shupinggis@whu.edu.cn

通讯作者: 王伟, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为软件工程、计算机视觉与仿真、空间信息系统、智慧城市应用。

Corresponding author: WANG Wei, professor, PhD supervisor, main research direction for software engineering, computer vision and simulation, spatial information system, smart city.

(上接第 58 页)

- [6] 罗安平, 魏斌, 杨春成, 等. Android 平台的多尺度地理信息三维显示技术[J]. *测绘科学技术学报*, 2014, 31(1): 107-110
Luo Anping, Wei Bin, Yang Chuncheng, et al. Multi-Scale Three-Dimensional Display of Geographic Information Based on Android[J]. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2014, 31(1): 107-110
- [7] 左伟, 王俊友, 赵海云, 等. 基于 WebGIS 的网络地理信息资源获取与坐标投影转换技术研究——以天地图为例[J]. *测绘通报*, 2015(4): 122-124
Zuo Wei, Wang Junyou, Zhao Haiyun, et al. On Network Geoinformation Resources Acquisition and Coordinate Projection Transformation Technology Based on WebGIS—Taking Tianditu as an Example[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2015(4): 122-124
- [8] 陈超, 王亮, 闫浩文, 等. 一种基于 NoSQL 的地图瓦片数据存储技术[J]. *测绘科学*, 2013, 38(1): 142-143
Chen Chao, Wang Liang, Yan Haowen, et al. A Map Tiles Data Storage Technology Based on NoSQL[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2013, 38(1): 142-143
- [9] 熊文, 熊淑华, 孙旭, 等. AJAX 技术在 Web2.0 网站设计中的应用研究[J]. *计算机技术与发展*, 2012, 22(3): 145-148
Xiong Wen, Xiong Shuhua, Sun Xu, et al. Application Research of AJAX in Web2.0 Website Design[J]. *Computer Technology and Development*, 2012, 22(3): 145-148
- [10] 殷周平, 吴勇. 基于 WebGL 和 AJAX 的 Web3D 应用研究——以在线 3D 协作交互式设计为例[J]. *安庆师范学院学报(自然科学版)*, 2013, 19(1): 58-61
Yin Zhouping, Wu Yong. Web3D Applied Research Based on WebGL and AJAX—Interactive Online 3D Collaborative Design[J]. *Journal of Anqing Teachers College(Natural Science Edition)*, 2013, 19(1): 58-61

收稿日期: 2015-09-07

第一作者简介: 田士如, 硕士, 主要从事 GIS 应用研究。

First author: TIAN Shiru, master, mainly engaged in GIS application research.

E-mail: tianshiru_why@foxmail.com