

基于 WebGL 的动态水面仿真方法

杨 畅¹, 胡 北²

(1. 河海大学 地球科学与工程学院, 江苏 南京 210098 ;

2. 中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司, 辽宁 沈阳 110043)



摘 要: 针对数字水利 GIS 展示系统中, 实时动态水面仿真和展示尚无普适性方法的问题, 结合 GIS 应用逐步从单机向网络过渡的趋势, 利用 WebGL 强大的渲染优势, 研究了 Web 环境下动态水面的仿真方法。实验证明, 基于 WebGL 的动态水面构建方法可以为用户在网络环境中提供良好的交互式三维可视化体验, 并可提高数字水利系统的宣传展示水平。

关键词: 水面建模; 动态; WebGL; Perlin 噪声; 光线追踪

中图分类号: P208

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2015) 05-0053-03

随着 GIS、网络技术及计算机图形学等技术的迅速发展, 三维虚拟现实的应用需求越来越大, 三维 WebGIS 所具备的三维可视化、对空间信息的综合分析等功能与数字水利紧密相关。现阶段, 三维地形及水工建筑物精细模型的构建方法已经趋于完善, 然而对于数字水利中最重要水面仿真方法的研究尚未涉及^[1]。研究多集中于三维地形显示及水工建筑物三维建模方面, 对于水面及动态环境的表达存在一定缺陷。工具型的商业软件, 如 3D Max 等, 所建模型数据量较大, 不便于网络传输, 模型的二次开发能力较低。传统的 Web 三维解决方案 VRML 可编程性受到脚本语言虚拟机的限制, 不便于编写整体三维场景的通用代码, 且 VRML 的渲染模型是基于原始的 OpenGL API 的固化图形管线的, 限制了用户根据自身需要定义新的图形元素^[2]。此外, 当前的多种 Web 渲染方法都离不开沉重繁琐的浏览器插件安装, 限制了模型的可移植性, 不便于 GIS 系统的更新和维护。本文基于 WebGL, 研究了网络环境中动态水面仿真方法, 并实现了具有较高真实感的动态水面模型, 摆脱了平台限制, 为数字水利系统的进一步研究提供支持。

1 WebGL 技术简介

WebGL 是由 Khronos Group (科纳斯组织) 开发和维护的^[3], 它继承了 OpenGL ES 2.0, 是一组为 Web 环境下 3D 绘制而产生的跨平台 API (应用程序接口)。WebGL 所有渲染功能都通过调用 JavaScript API 实现, 也因此能够更好地与 Web 浏览器整合。WebGL 具有强大的三维渲染能力和跨平台且无需安装插件的优势, 可以运行于手机、平板电脑、桌面电脑等设备, 为 GIS

从桌面走向网络, 打造 GIS 的 3DWeb 应用提供了可能。

2 水面仿真方法研究

动态水面仿真是虚拟流域中重要的构成元素, 也是虚拟流域中各种水文现象仿真的关键所在^[4]。水域的动态构建和实时渲染直接影响到场景的沉浸感, 而影响用户的真实感体验及分析评估的直观性。因此, 流域水面的动态三维仿真具有重要的现实意义。目前, 针对不同的需求, 很多图形学领域学者和爱好者研究并提出了多种动态水面模拟方法, 根据其表征方式、适用领域和特点总结如表 1 所示^[5]。

表 1 动态水面仿真方法

方法	特点及适用领域	不足
基于几何形态的仿真方法	该方法着重根据构造函数对海浪的几何形状进行构建, 通过数学模型的描述达到水面波浪形似效果, 可用于生成简单动态水面	该方法追求波浪序列外观形态, 但真实性较差, 而且波浪交互作用不足
基于动力模型的仿真方法	该方法从水面各单元运动的角度模拟波动形态, 但并不完全遵循物理规律 (粒子系统和元胞自动机)	用运动单元表征动态水面运动特征, 计算量及渲染压力大
基于物理模型的仿真方法	采用一系列流体动力方程组求解, 模拟各粒子的运动, 从而得到水波, 符合水面运动过程的物理规律, 可用于产生高度场及波浪动画	计算量巨大, 渲染效率较低
基于海浪波谱的仿真方法	该方法基于统计学方法, 利用恰当的波谱反演方法生成真实海面高度场, 相比物理方法运算量较小, 适用于大面积开阔静态水面实时仿真	依赖统计经验数学模型, 计算量较大
基于柏林噪声的仿真方法	该方法通过连续的噪声函数生成二维噪声曲面构造高度场, 生成分形曲面, 适用于生成随机性强且无方向性要求的真实感水波面	计算较为复杂, 生成动态水面波动随机, 无方向性

收稿日期: 2014-09-05。

项目来源: 国家自然科学基金资助项目 (51079053); 江苏省自然科学基金资助项目 (SBK201221489)。

本文主要针对数字流域中库区开阔水体, 库区等开阔水体受到岸边边界条件约束较少, 水面表现出随机水波特征, 振动方向感较弱^[6]。因此, 仿真模拟中采用 Perlin 噪声方法。

2.1 水面高度场生成

Perlin 噪声方法利用连续的噪声函数生成曲面, 叠加生成形曲面来模拟随机无方向性动态水面^[7]。Perlin 噪声的输入和输出分别是点的位置坐标及 Perlin 噪声值, 多用于生成过程纹理等。要生成 Perlin 噪声, 需要考虑噪声方程及插值方程 2 方面因素, 具体的构造方法如下:

1) 构建二维 Perlin 噪声, 首先将构造区域格网化, 分为 $l \times h$ 个格网, 产生 $l \times h$ 个噪声控制点阵。每个点提取其坐标值及梯度值作为输入参数。梯度的方向和长度随机。本文采用梯度纹理的方法为每一点赋予梯度。Perlin 噪声是一种伪噪声, 当输入参数相同时, 返回同一噪声值。这也是 Perlin 噪声不同于其他随机函数之处。如图 1 所示, 假设点 I 落在一个格网单元 A 、 B 、 C 、 D 四点中, I 的坐标值为 $I(x, y)$, A 点坐标为 $A(i, j)$, B 点坐标为 $B(i+1, j)$, C 点坐标为 $C(i, j+1)$, D 点坐标为 $D(i+1, j+1)$; 它们的梯度值分别为: $G_A(i, j)$ 、 $G_B(i+1, j)$ 、 $G_C(i, j+1)$ 、 $G_D(i+1, j+1)$, ($1 \leq i \leq l$, $1 \leq j \leq h$, 且 $i \in N^+$, $j \in N^+$)。

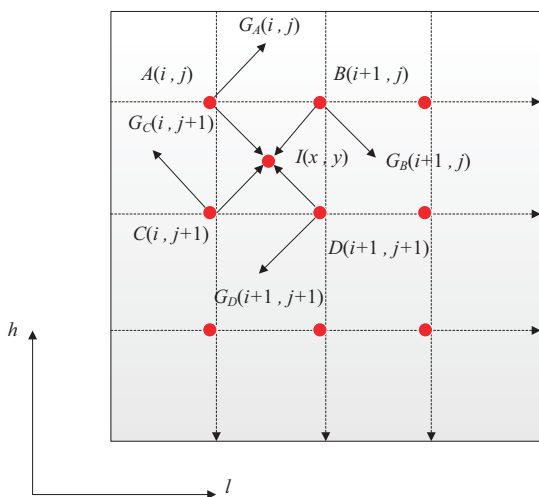


图 1 Perlin 噪声构成示意图

2) 计算向量 \overrightarrow{AI} 、 \overrightarrow{BI} 、 \overrightarrow{CI} 、 \overrightarrow{DI} 与对应点梯度 $G_A(i, j)$ 、 $G_B(i+1, j)$ 、 $G_C(i, j+1)$ 、 $G_D(i+1, j+1)$ 点积, 求得 4 个点对于 I 点噪声值的影响值, 设为 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 。

3) 设 $\Delta x = x - i$, $\Delta y = j - y$ 。 Δx , Δy 分别为 x 、 y 的小数部分, 分别在 X 轴方向上对 D_1 、 D_2 及 D_3 、 D_4 作 3 次插值, 得到 S_1 、 S_2 , 然后在 Y 轴方向上对 S_1 、 S_2 作 3 次插值。设连续 Perlin 噪声函数为 $N(x, y)$, 则:

$$N(x, y) = S_1 - (3\Delta y^2 - 2\Delta y^3) \times (S_1 - S_2) \quad (1)$$

其中,

$$S_1 = D_1 - (3\Delta x^2 - 2\Delta x^3) \times (D_1 - D_2) \quad (2)$$

$$S_2 = D_3 - (3\Delta x^2 - 2\Delta x^3) \times (D_3 - D_4) \quad (3)$$

4) 计算得到对应点的噪声值, 并以此噪声值作为高度值。为了生成动态随机水面, 还需引入随时间变化的旋转矩阵对各个格网点进行坐标变换。

2.2 光照模型的生成

在光照模型方面, 采用基于视觉真实角度构建。只考虑水面反射, 而不是从水体物理性质出发, 模拟水流反射折射及其他物理现象, 大大缩小了计算量及渲染时间, 适合基于网络的三维显示, 计算流程如图 2 所示。

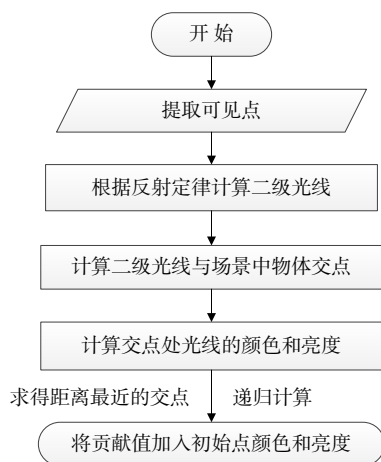


图 2 反射算法计算示意图

2.3 环境生成

为了使得渲染环境更加真实, 还需要为场景添加环境, 为水面提供反射背景。本文采用 6 面天空盒方法, 将试点固定在天空盒中。如图 3 所示, 为了使环境背景自然真实, A 、 B 、 C 、 D 四面采用连续影像, 克服接缝处失真的影响。

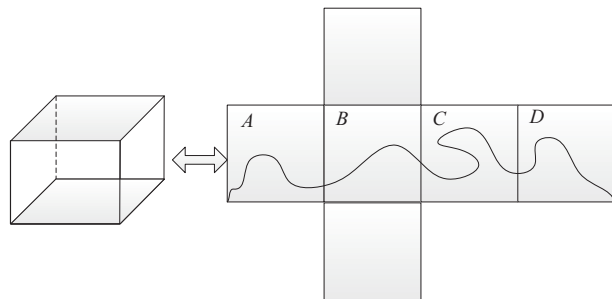


图 3 天空盒环境示意图

3 实例验证

实验采用 Windows 7 操作系统; 以 WebStorm 为操作平台; 用 WebGL 实现图形构建、三维渲染; 在火狐浏览器中进行场景展示。硬件环境为 Intel (R) Core (TM) i5-4200U CPU、4 G DDR 内存及 AMD

Radeon HD 8 670 M 显卡。

目前, 大多数的研究基于水面的物理特性仿真, 应用多偏向开发单机版桌面应用程序, 计算复杂, 且不易于网络传输。图 4 为采用本文方法生成的水面渲染效果, 环境背景反射效果及水面动态显示效果逼真, 且运算速度快, 视觉效果良好, 实现了基于网络版的水面仿真工作, 可为进一步开发基于 WebGIS 的 GIS 应用、数字流域等提供支持。

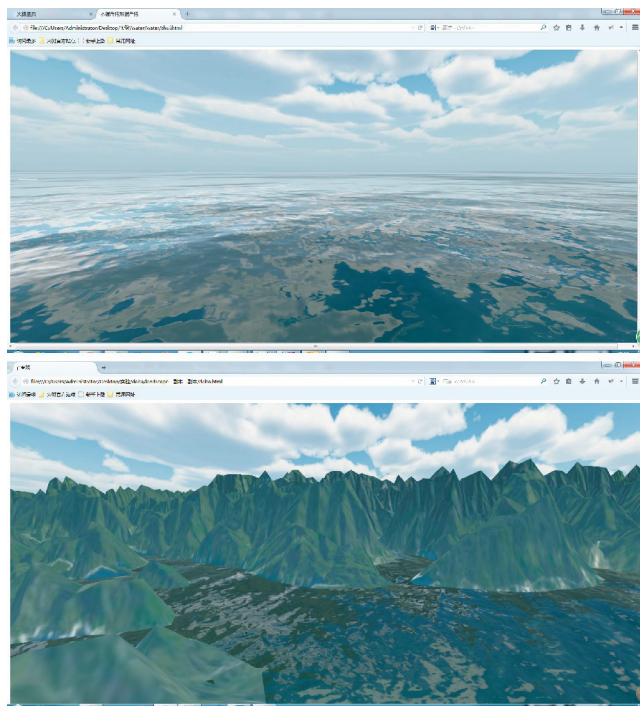


图 4 动态水面渲染效果图

(上接第 43 页)

4 结 语

本文面向 OSM 数据特点, 介绍了从 OSM 数据中提取道路信息, 构建多模式道路网络模型的方法, 并通过设计多模式最优路径算法, 针对各种交通模式和不同代价标准, 提出了一种面向 OSM 数据的多模式路径规划方法。

在研究过程中发现, 以下问题是将来解决多模式路径规划的重要方面: ① OSM 数据质量问题。由于 OSM 的众包性, 带来的数据质量问题仍然值得探讨。本文实验仅针对部分数据问题进行了处理 (如道路的自相交、节点的孤立), 但处理后的数据仍存在问题, 使得路径规划有时不能成功。因此下一步可以探究如何进一步对数据进行处理, 以及规范 OSM 数据的上传质量。②动态多模式路径规划问题。路况是实时变化的, 在不同时间, 道路的情况不尽相同。因此, 可以进一

4 结 语

本文针对 WebGIS 数字库区、数字流域的建设需求及现状, 研究了基于 WebGL 的网络渲染的库区水面仿真方法。该方法基于视觉真实角度, 可降低渲染计算量, 提高渲染速度, 弥补了目前数字河道、数字库区中水面模拟不真实、动态仿真效果较差的缺陷。

参考文献

- [1] 姚志强, 李建胜, 陈景伟, 等. 一种基于 GPU 的实时水波模拟方法 [J]. 测绘科学, 2008, 33(增刊): 92-94
- [2] Ramalingam R. Design and Develop SCA Components using the Spring Framework, Part 1: The Trifecta: Spring, SCA, and Apache Tuscany [EB/OL]. <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/os-springsca1/index.html>, 2009-10-06/2014-09-01
- [3] Shreiner D. OpenGL 编程指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010
- [4] 吕文静. 基于真实感图形技术的虚拟海面场景研究 [D]. 天津: 河北工业大学, 2007
- [5] 刘小玲, 杨红雨, 郭虎奇. 基于 GPU 粒子系统的大规模雨雪场景实时模拟 [J]. 计算机工程与设计, 2012, 33(6): 2 399-2 341
- [6] 李武. 基于 ArcGIS 的三维景观建模技术研究 [J]. 地理空间信息, 2014, 12(3): 76-79
- [7] 方建文, 于金辉, 陈海英. 三维卡通水与物体交互作用的动画建模 [J]. 中国图像图形学报, 2010, 15(3): 134-138

第一作者简介: 杨畅, 硕士, 研究方向为摄影测量与遥感。

步考虑时间因素的影响, 动态规划最优路径, 实时反馈给用户。

参考文献

- [1] 陈淑燕. 基于 Open Street Map 最短路径算法的分析与实现 [D]. 上海: 上海师范大学, 2010
- [2] 张英辉, 张水平, 张凤琴, 等. 基于 Open Street Map 的出行可达性分析与实现 [J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(11): 37-41
- [3] 吴京, 刘露, 李骏. 一种面向多制式路径规划的网络模型 [J]. 国防科技大学学报, 2009(5): 81-85
- [4] 吴信才, 杨林, 周顺平, 等. 支持多模式的复合交通网络模型研究 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2008, 33(4): 340-346
- [5] Lu L. Data Model and Algorithms for Multimodal Route Planning with Transportation Networks [D]. Munich: TUM, 2010
- [6] 于海穗, 陆锋. 一种顾及步行引导的多标准路径规划方法 [J]. 中国图像图形学报, 2010, 15(4): 677-682
- [7] 陆锋, 郑年波, 段滢滢, 等. 出行信息服务关键技术研究进展与问题探讨 [J]. 中国图像图形学报, 2009, 14(7): 1 219-1 229

第一作者简介: 李雪琼, 硕士, 研究方向为信息系统技术与信息处理。

constructing a 3D digital system of great ruins, this paper realized high precision digital archive, high sense of reality presentation and efficient search functions in the great ruins sense. On this basis, taking Jingjiang King Big Mausoleum Site for example, the paper developed a 3D digital system of Jingjiang King, and established a demonstration application for other great ruins in the services of digital management, scientific archaeology, 3D presentation and cultural promotion.

Key words great ruins, 3D digital systems, multi-source data fusion (Page:29)

Large-scale DOM Production in Small Town Based on UAV Aerophotography

by YE Ziwei

Abstract Taking 200 square kilometers Area in Ningbo City for example, this paper mainly researched on large-scale DOM production based on high resolution images which obtained by fixed-wing UAV. The results show that the DOM produced by the technology and method in the paper conform to the requirements of 1 : 2 000-standard.

Key words low-altitude UAV, aerophotography, large-scale DOM (Page:32)

Research on Point of Interest Retrieval Technologies of MapWorld·Zhongshan

by GAN Zongping

Abstract This paper introduced the structure of point of interest (POI) spatial database and the publication of POI map service. And then, the paper discussed the implementation methods of classification retrieval, keyword retrieval and buffer retrieval in detail.

Key words MapWorld·Zhongshan, POI, retrieval (Page:35)

Thematic Application of 3D GIS Based on WorldWind

by HUO Chao

Abstract This paper gave a brief introduction of NASA WorldWind, and analyzed the structure from data organization, rendering strategy, data caching and other aspects. And then, the paper studied the application methods of thematic information such as 4D products, names & addresses, models in the 3D GIS. The result shows that 3D GIS based on WorldWind meets the needs of the speed and effect, and has a broad prospect.

Key words WorldWind, architecture analysis, thematic application (Page:38)

OSM-oriented Multimodal Route Planning Method

by LI Xueqiong

Abstract This article mainly described an OSM-oriented method of multimodal route planning. Firstly, this paper introduced how to extract the information we need from OSM data and built proper network model and storage model. And then, the paper analyzed the accustomed cost standard adopted by most travelers. Finally, the paper used the shortest path algorithm to calculate the best route with multiple traffic means.

Key words multimodal, route planning, model, the shortest path (Page:41)

Research on Digitized Supervision and Management of City Data Update Technologies

by ZHOU Jing

Abstract Taking Shijiazhuang City two experiences for example, this paper explained the technologies, method, and process of the data update of digitized supervision and management of City, in order to achieve the purpose of mutual encouragement for peers.

Key words digitized supervision and management of City, data update, update method, quality control (Page:44)

Research on the Mountain Torrent Geological Disaster Defense System Based on the Internet of Things

by HAO Ming

Abstract The mountain torrent geological disaster defense system based on the Internet of Things (IoT), which can be real-time, accurate, comprehensive and reliable monitored the present situation of the rainfall information, also can be alerting and forecasting information

in time. This system will provide a new technology support for disaster prevention and reduction.

Key words IoT, mountain torrent geological disaster, defense system, sensors (Page:47)

Application of GAMIT in Calculating Antenna Height

by WANG Zhenhui

Abstract This paper research on the relationship between internal files and parameters which was related to antenna in GAMIT software. The paper analyzed the results of calculating antenna height in the results file(H-file), and presented the important application of improving calculating antenna height.

Key words GAMIT, GNSS, antenna height, height measurement method, antenna type (Page:50)

Dynamic Water Surface Simulation Method Based on WebGL

by YANG Chang

Abstract Combined with networked trend of GIS, and taking advantages of WebGL, this article put forward a dynamic water surface simulation method. The experimental results show that this method can provide users the experience of interactive 3D visualization under the network environment based on WebGL. In the meantime, the construction of digital water conservancy system can be further supported.

Key words water surface simulation, dynamic, WebGL, Perlin noise, ray-tracing (Page:53)

Research on Spatial Database Construction of Tectonic Facies in Jiangxi Province

by ZHOU Yawen

Abstract The establishment of tectonic facies spatial database can realize the information management and data sharing of the tectonic map. Taking the construction of tectonic facies spatial database in Jiangxi Province as an example, which elaborated on the construction process of spatial database, this paper summarized the problems and key factors in database construction, and set up the spatial database construction process of tectonic map.

Key words potential assessment, tectonic facies, spatial database, Jiangxi Province (Page:56)

Key Technologies of Airborne Laser Point Cloud Process in Power Line Patrol

by WANG Heping

Abstract Firstly, the function application of LiDAR in power line patrol (PLP) was introduced in detail in this paper. Secondly, the key technologies of point cloud data process were summarized, including raw points cloud classification, power points cloud and corridor points cloud extraction algorithm, and 3D corridor modeling method. Whereafter, the power line modeling procedures and methods and their limitations were analyzed.

Key words PLP, LiDAR, point cloud classification, power line extraction, 3D modeling (Page:59)

Point Clouds Compression Algorithm Based on the Scanning-line Spacing

by ZHU Ningning

Abstract For the presence of terrestrial laser scanner (TLS) point clouds' interval farther away from the scanning distance lead to the problem of uneven density, this paper put forward a compression algorithm based on the point clouds spacing of scanning-lines. The algorithm used scanner by-line scanning features to filter the same scanning-lines point which spacing was less than the given threshold. Through the experiment, the paper analyzed the function between the threshold value and the compression ratio, and established the compression ratio with a given threshold's reciprocal polynomial fitting model. This experiment verified the accuracy of the model.

Key words point clouds compression, scanning-lines, point spacing, fitting model (Page:63)