

# 基于 OpenGL 的三维建模在水利行业中的应用

陈金水, 颜伟琼

(河海大学 计算机及信息工程学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 三维建模技术可以真实地再现人们身边的物体, 研究三维建模技术对于三维立体图像技术的进一步发展具有十分重大的意义。在水利领域, 三维仿真越来越被重视, OpenGL 是优秀且功能强大的图形库, 文中利用 OpenGL, 采用基于三角剖分的方法对库区的地形进行建模, 从而实现库区地形的实时仿真, 对于更加复杂的三维实体可以采用先用 3DMAX 等专业的建模软件进行建模, 再导入 OpenGL 以便简化建模过程, 提高效率。实验结果表明采用这种基于三角剖分的方法来建模是可行的, 文中给出了实例。

**关键词:** OpenGL; 三维建模; 三角剖分

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3751(2006)03-0197-03

## 3D Modeling Application in Field of Water Conservancy Based on OpenGL

CHEN Jin-shui, YAN Wei-qiong

(Computer Science and Engineering Department, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** The technology of 3D modeling can reappear external things around us. The research of 3D modeling is very important to the further development of 3D volumetric graphics technique. In the field of water conservancy, the importance of 3D virtual reality has been realized in these years. OpenGL is a powerful tool. This paper analyzes 3D modeling methods based on OpenGL, using triangle-cutaway method, and then transform it into OpenGL program. Considered more complex object, people can simplify the process by using 3DMAX modeling, and then imported it into OpenGL. As the result, this method is feasible.

**Key words:** OpenGL; 3D modeling; triangle-cutaway

### 0 引言

随着计算机图形图像技术的应用和发展, 三维立体图像技术也得到了快速的发展。三维建模技术可以真实地再现人们身边的客观物体。研究三维建模技术对于三维立体图像技术的进一步发展具有十分重大的意义。用计算机生成具有高度真实感的自然场景一直是计算机图形学的重要研究课题。要想真实地再现周围的客观世界, 首先必须对客观物体进行三维建模。三维建模是 3D 技术中必不可少的前提和基础。

“海量”、“实时”要求是水利领域数据的特点。这些数据又是防汛防旱及水利工程建设和管理的决策依据。如何直观、实时地展现这些数据所表征的物理对象, 是能否快速、正确决策的重要措施。三维图形仿真是实现上述目标的一种有效方法。目前水资源调配结果的实时跟踪均以数字量或二维图的方式表示, 缺乏整体性和直观感, 提供的决策支持力度不高、效果不佳。实现实时三维仿真后, 由于其直观性、整体性、时间连续性, 容易梳理思路, 触发灵感, 加快决策结果的产生, 特别是类似抢险救灾这样

时效性强的决策有非常高的价值。要进行三维图形仿真, 首先就要进行三维建模。

### 1 OpenGL 概述

OpenGL 即开放性图形库 (Open Graphic Library), 是一个三维的计算机图形和模型库, 也是该领域的工业标准。它是 AT&T 公司、UNIX 软件实验室、IBM 公司、DEC 公司、SUN 公司、HP 公司、Microsoft 公司和 SGI 公司在 GL (Graphics Library) 的基础上联合推出的一个三维的计算机图形和模型库, 它实际上是一种图形与硬件的接口。它独立于硬件设备窗口系统和操作系统。作为一种开放的图形标准, 用 OpenGL 编写的软件可以在 UNIX 系统和 Windows 9X/NT 间实现移植。它是一种高性能的开放式且功能强大的 3D 图形库, 具有几个指令和函数。使用这些指令和函数可以构造出高质量的静止物体模型和动态图像, 并且可以实现对模型的实时交互操作过程。

### 2 应用 OpenGL 进行深度数据的三维表面重建

#### 2.1 三维地形模型的显示

地学分析图形中的三维地形立体图, 通常是由一组经投影变换的剖面线或网线构造的, 图形粗糙、层次单一, 缺乏实体感和真实感, 实用性受到限制。国内外在高档图形

收稿日期: 2005-06-28

作者简介: 陈金水 (1949—), 男, 福建人, 教授, 研究方向为计算机图形学、软件工程。

工作站环境下对二维和三维数据场的可视化研究已取得进展,但其成果难以推广。三维地形模型的光照显示是区域地形、地表类型等多种要素三维景观的综合再现,具有信息丰富、层次分明、视感真实的优点。实现三维地形模型的动态显示,大致可分为两个技术层次:一种是按观察轨迹对模型图像进行实时计算和实时显示,可实现对模型漫游的实时交互控制,一般依赖于高档图形工作站;另一种是预先按观察轨迹逐帧计算图像、显示图像并按一定的图像数据格式记录在介质上,然后一次连续播放,这种方式有利于在微机上处理实现<sup>[1]</sup>。三维地形模型的动态显示是飞行模拟、动态仿真技术的应用,并以其广泛的应用前景而必将成为将来研究的焦点。

## 2.2 基于三角剖分的方法

在计算机图形学中,曲面物体的表面常用一系列多边形小平面对逼近,由于三角形能保证 3 个顶点在同一平面上,因而三角面片较为常用<sup>[2]</sup>。

对于所给深度数据,实际上相当于给定了物体表面上一些点的坐标。所谓三角剖分,就是将所有的数据点连成三角网格。正确的三角剖分方法将会很好地重现原始物体表面的拓扑结构。这里采用在计算机图形学领域中经常用到的 Delaunay 三角剖分方法。该三角剖分是 voronoi 图的对偶图,其具有最小角最大化和空外接圆性质。最小角最大化是指剖分后的所有三角形的最小角在各种不同剖分中是最大的。空外接圆性质是指剖分后的各三角形的外界圆内没有其他剖分点。这些性质使剖分后的结果能够尽量避免狭长三角形的出现,而这一点在曲面重建中是很重要的。因为根据逼近论的分析结果,三角曲面的逼近误差与三角区域的最小内角有关,避免狭长的三角形就可提高逼近精度。

由于测量深度数据时首先要确定一个基准面,即 XOY 平面,根据这个特点,可以采用基于平面 Delaunay 三角剖分的思想。首先将所有的深度数据点向 XOY 平面投影,然后将投影后的平面数据点进行三角剖分,可以采用二维 Delaunay 三角剖分方法,然后再将剖分后的平面三角网格反映射回三维空间,就得到物体表面的三角剖分。

## 2.3 三维显示过程中需要注意的问题

OpenGL 中提供了较为方便的绘制三角形的命令:

```
glBegin(GL_TRIANGLES); //标志开始画三角形
glVertex3fv(data[0]); //data[0]是三角形的一个顶点坐标
glVertex3fv(data[1]);
glVertex3fv(data[2]);
glEnd(); //结束一个三角形的绘制
```

在三角网格的绘制过程中,首先需要注意法向量的问题。法向量(简称法线)是一个垂直于表面方向的向量。一个物体的法向量定义了其表面在空间中的方向——特别是相对于光源的方向,OpenGL 利用这些向量来确定物体在顶点处接收了多少光。对于一个平坦表面,一个垂向

就能标识出平面上所有点的法向,但是对于一般的曲面,每一点的法线方向都不同。在 OpenGL 中,可以为每个多边形或每个顶点指定法向量。如果对于每个三角形用垂直其表面的向量作为其法向量,那么该三角形上所有点接收的光照就是相同的。但是相邻三角形的法向量是不连续的,这样就导致在相邻三角形的交界处的光照效果会有突变,整个物体表面的光照效果就会不连续。通过给每个顶点指定法向量,可以得到更平滑的光照效果。首先将每个顶点的相邻三角形的法向量取平均作为该顶点的法向量,然后应用 glShadeModel(GL\_SMOOTH) 函数进行平滑的明暗处理,这样处理的结果就会得到更好的逼近效果。

最后可以在所建立的地形模型表面叠加上现实世界中地形和物体的纹理图像,可使模型更加生动、自然,使其成为具有真实感的地形。如地形仿真中常把一大片植被的图像映射到一些大多边形上用以表示地面,或用大理石、木材、布匹等自然物质的图像作为纹理映射到多边形上表示相应的物体。

另外,纹理映射能够保证在变换多边形时,多边形上的纹理图案也随之变化,即具有近大远小的效果。OpenGL 直接提供了有关纹理映射的 API 函数,因此只需要定义纹理图像,并给定与模型匹配的控制点,系统即可直接实现这一效果,从而给地形数据的可视化提供了很大的便利。

## 3 利用 OpenGL 进行地形动态显示

OpenGL 作为高效的图形开发软件包,包括 100 多个图形函数,可以方便实现二维及三维建模、投影变换、光线和色彩处理、纹理映射、动画和实时交互等功能。利用 OpenGL 进行地形动态显示的基本框架,如图 1 所示。

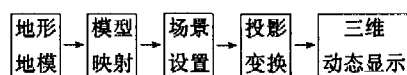


图 1 基于 OpenGL 地形动态显示的基本框架

由于 OpenGL 直接建模有所不足,所以采用专业软件建模,然后再转化为 OpenGL 程序的方法。复杂实体模型的建模主要是使用 3DMAX 实现的,但是 3DMAX 形成的文件没有合理的数据结构,而且模型的冗余面非常多,不适合进行渲染。这些缺点使 3DMAX 建立的模型不能直接拿来应用于三维虚拟现实系统,须进行一定的简化处理。

## 4 OpenGL 模型映射

### 4.1 DTM 格网

DTM 格网是最常见的数字地面模型形式,利用 OpenGL 制作三维立体地形图,就要将数字地面模型格网用 OpenGL 提供的点、线、多边形等建模原语描述,为 OpenGL 图形函数所识别。

### 4.2 观察路线设置与视点计算

为了达到三维交互控制的目的,可在三维数字影像上

任意选择观察路线,对路线上的采样点记录其平面坐标,根据采样点的平面位置从 DEM 中采用一定的插值方法确定观察路线上采样点的高程和平面坐标。当采用飞行漫游方式观察时,观察路线上每个视点的高度可由观察点地面高程加上“飞行高度”确定;当采用步行漫游方式观察时,观察路线上每个视点的高度可由观察点地面高程加上“身高”来确定。

### 4.3 实时显示

OpenGL 提供了双缓存技术,通过它可实现地形实时动态显示。其基本原理是:提供前、后两个缓存,在显示前台缓存内容的一帧图像时,后台缓存正在绘制下一帧图像,后台绘制完成后,交换前台缓存,不断循环,实现动态显示<sup>[1]</sup>。进一步可结合立体视觉技术、传感技术、多媒体技术等实现虚拟显示<sup>[5]</sup>。

在深度数据的三维表面重建中,采用 OpenGL 图形库可以生成逼真的三维效果图,为深度数据的三维显示提供了一条捷径。如果所有的程序代码都从 C++ 开始开发,将会非常繁琐复杂,而在 VC++ 的环境下调用 OpenGL 将会大大较少了程序代码的长度,提高了程序的执行效率,增强了代码的可读性,结合光照、材质等处理,增强了

三维地形的真实感,如图 2 所示。

## 5 结束语

以上所述是用 OpenGL 建立三维地形模型的基本技术和方法,若须建立更为光滑和更具真实感的三维地形,还需考虑计算顶点和三角面的法向矢量,并且应用到雾化、深度域效果、分析模拟和实时交互等技术,以及利用 OpenGL 的双缓存交换来实现加入飞行旋转等控制功能。相信随着计算机模拟技术在地学领域中的成熟应用,必将给三维虚拟仿真的研究带来前所未有的飞跃。

在水利行业可模拟的例子也不少,例如工程结构、河流水貌过程、三角洲演化过程、天气过程、湖泊与沼泽演化过程、调水工程、水资源调控、河道整治、大型水利工程的环境评价、水质污染过程、区域可持续发展、生态系统的恶化与恢复、洪涝灾害的发生与救灾、防洪规划、河口与港口整治、垮坝溃堤、土壤侵蚀、水土保持效果、荒漠化过程、大型水利水电工程规划以及替代传统的水工模拟等等。近年来三维建模在水利行业有了更广和更深入的应用,这反过来又推动水利学科的发展。

## 参考文献:

- [1] 廖中石,杨化超.基于 OpenGL 的三维地形实时动态交互显示[J].现代测绘,2004,27(3):43-44.
- [2] 石琼,沈春林,谭皓.基于 OpenGL 的三维建模实现方法[J].计算机工程与应用,2004,18:122-124.
- [3] 王丹平,西建. OpenGL 在深度数据的三维表面重建的应用研究[J].计算机工程与应用,2004,17:129-131.
- [4] WANG Qing, WANG Rong-qing, BAO Hu-jun. A Fast Progressive Surface Reconstruction Algorithm for Unorganized Points[J]. Software Journal, 2001, 11(9): 1221-1227.
- [5] 李权国,刘鸿福. OpenGL 在三维地形模型中的应用[J].太原理工大学学报,2004,35(1):35-38.

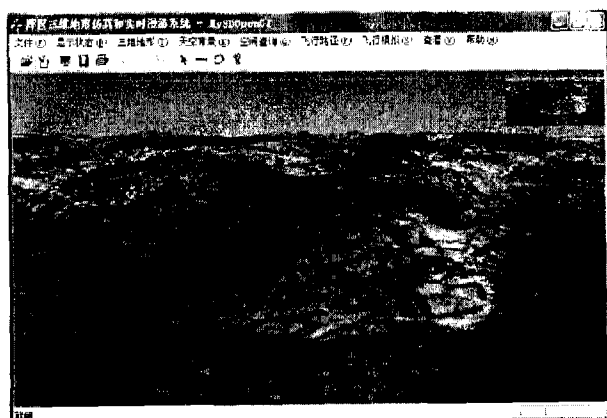


图2 库区三维地形仿真和实时漫游系统

(上接第 196 页)

一个 XML 浏览器,那么文件在被传出去以前必须转换成一个可以显示的文件。

系统的安全机制:在基于 XML 的电子商务时代,XML 数据的安全性显得日益重要。目前常用的方法是 XML 加密技术。既可以将 XML 文档整篇加密,也可以对一个文档中的关键元素(不想暴露给外界的信息)进行加密<sup>[5]</sup>。但是现在加密技术还存在欠缺,有待继续发展。

## 4 结束语

由于 Web 服务推出的历史并不是很长,存在着许多的安全隐患。如 Sun 公司的 J2EE、IBM 公司的 Web Sphere、微软公司的 Window. Net 等 Web 服务运行环境,它们推广成功与否都极大地依赖安全性问题的解决,这是目前有待解决的难题。

随着 Web 技术不断发展,XML 技术及其规范日益完善,XML/Web 服务在电子商务系统中的应用会发挥着更大的作用,会逐渐成为未来电子商务发展的主流。

## 参考文献:

- [1] 贾晖,吴江,张佩云.基于 Web Services 的电子商务模型分析[J].微机发展,2005,15(3):66-68.
- [2] 孙梅玉.XML 技术在电子商务中的应用[J].山东师范大学学报,2004,19(4):93-95.
- [3] 杜立勋.基于 XML 的数据交换技术在 Web Service 中的应用[D].武汉:武汉大学,2004.
- [4] 曾春平,王超,张鹏.XML 编程从入门到精通[M].北京:北京希望电子出版社,2002.
- [5] 胡亚平,李光泉.基于 XML 技术的中小型企业电子商务数据集成方案[J].计算机与现代化,2004(12):72-74.