

望虞河工程虚拟视景系统研究及实现

刘惠义 朱跃龙 王新光

(河海大学计算机及信息工程学院 江苏 南京 210098)

摘要 探讨了望虞河工程虚拟视景系统的结构、功能和构建方法 ,讨论了虚拟视景建模和交互驱动问题 ,针对视景复杂无法实时驱动的问题提出了模型分割和软件加速的解决办法 ,并利用 DirectX 三维引擎技术在微机平台上开发了望虞河工程虚拟视景系统。
关键词 虚拟视景 软件加速 实时驱动 视景模型
中图分类号 :TP391 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2004)04- 0455- 04

望虞河是太湖流域的一条重要河道 ,该河道水体运动对流域水网和黄浦江水质水量有重要影响 .太湖流域水质水量计算有较为完善的计算模型 ,但该模型的计算结果采用的是平面描述形式 ,河道是用线段抽象示意的 ,不能直观地表现望虞河工程的三维景观 ,不能形象地描述引江济太各种预案下望虞河水质水量的变化过程 .为此 ,开发了望虞河工程虚拟视景系统 .该系统为用户实时提供了一个虚拟的望虞河三维河道视景 ,用户可沿河道浏览望虞河两边的自然景物(天空、山、树、农田等)和水工建筑(河道、枢纽、堤、闸、泵、桥、护栏等) ,以及各种边界条件作用下望虞河的水流、水位、水质变化情况。
该系统在微机上采用 Visual C++ 6.0 编程工具及 DirectX8.0 三维引擎进行开发 ,采用面向对象机制 ,支持多线程 ,具有良好的人机交互手段 ,操作简便快捷。

1 系统结构及功能

望虞河工程虚拟视景系统主要涉及静态模型(自然景物、水工建筑)的建立、视景交互驱动及动态模型(水体)的构建等内容 ,其结构如图 1 所示 .系统构建过程是 :首先生成视景中各个静态物体的三维几何模型 ,转换及整合各种模型数据 ,形成完整的视景模型 ,建立视景模型树 ,组织和管理视景模型数据 ,根据用户控制动作 ,执行视景交互驱动 ,对变换后的视景进行绘制 .同时 ,跟踪数据库中的计算数据和实测数据 ,根据数据的变化动态构建水体模型 ,实时反映水体的流动、水位及水质的变化。

该系统实现的主要功能为 (a)实现望虞河整条河流的漫游 (b)模拟水流、水位、水质的实时变化过程 ; (c)用户在漫游过程中查询指定建筑物的信息。

2 三维视景的构建

2.1 三维视景模型的生成

构造三维视景模型的主要工作包括模型化和描述生成两大部分 .模型化是对环境动态性、交互性及外部形状特征的抽象 ,描述生成主要利用 CAD 技术进行几何模型的交互构造^[1] .该系统视景模型分为两类 :一类是静态模型 ;另一类是动态模型。

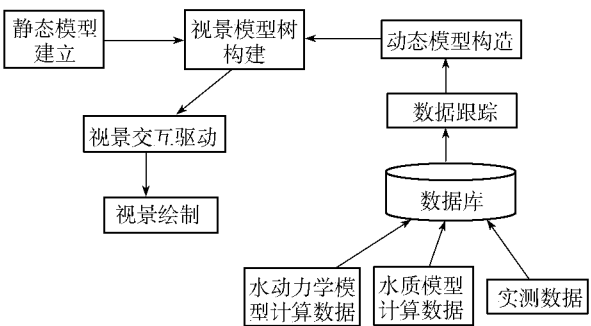


图 1 系统结构
Fig.1 System structure

2.1.1 静态模型生成

静态模型主要是指沿河两岸的水工建筑物,如河道、枢纽、堤防、闸门、泵站、桥梁、护栏等.这些模型在系统运行过程中处于相对静止状态.这种模型的构建通常用 AutoCAD 和 3D Max 等建模工具交互地进行,然后利用转换程序将这些模型文件转换成符合 DirectX 格式的 .X 文件.这种方法虽然简单,但每次模型的微小修改都要重复使用转换程序进行转换.因此,需增加一个模型数据格式的整合处理过程,将不同格式的模型数据整合成统一的模型描述文件,提交给视景绘制程序使用.模型数据格式转换流程如图 2 所示.

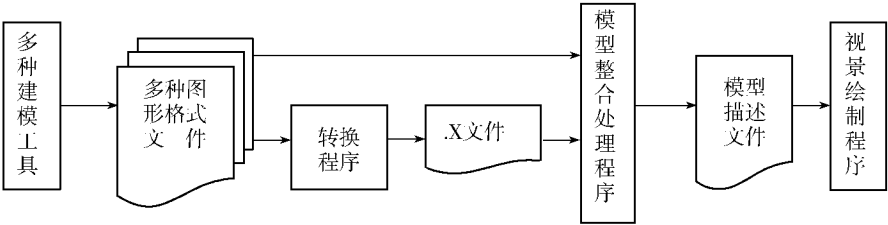


图 2 模型数据格式转换流程
Fig.2 Flow chart for data pattern transform of the model

2.1.2 动态模型生成

动态模型是指系统运行过程中会发生变化的那部分模型(如水体模型),这部分模型需要动态构建.这方面的模拟一直是计算机图形学中最具挑战性的研究方向之一.其原因在于这部分模型具有不规则性、复杂性及随机性.这类模型的构造通常通过求解水动力学或者流体力学模型,得到流体质点在各个时刻的状态,如文献[2~4]介绍的方法.这类方法虽然能真实模拟水体运动,但计算起来非常复杂,效率很低.为了能实时生成水体的动态模型,笔者采用了动态贴图方式.如水体流动效果的模拟引入过程纹理的思想,采用函数生成贴图,周期性地使贴图沿某个方向发生位移,水质变化效果的模拟方法是根据当前河段水质的综合指标选取相应的水质纹理贴图来替换当前的水质贴图,水位变化效果的模拟方法是根据当前的水位值按一定比例变更水体的水面高度.

为提高实时绘制效率,将视景模型按空间组织成一棵树,如图 3 所示^[5].图中组节点是将空间中相近的叶子节点集合起来的节点,因此通过组节点的边界可以很简单地消除整个子树.

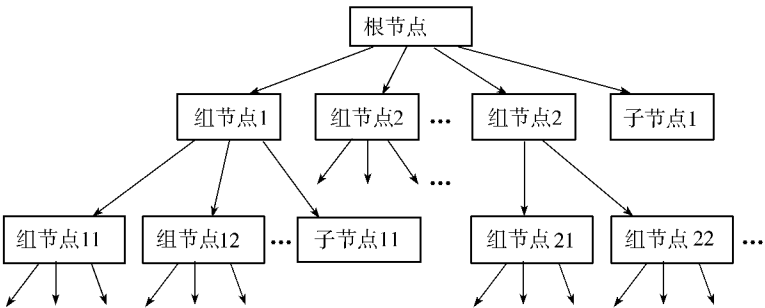


图 3 视景模型树的结构
Fig.3 Tree structure of scene model

2.2 视景交互驱动

用户对视景交互控制的动作主要有前进、后退、左移、右移、仰看、俯看、左转、右转、上升、下降 10 个基本动作.用户对视景的交互控制,改变了用户视点的位置或视线方向,从而实现了用户在虚拟视景中的漫游.

前进、后退只是将视点沿视线方向移动一定距离(行进速度),视线方向保持不变.设变换前的视点坐标为 E ,变换后的视点坐标为 E' ,则

$$E' = E + vL$$

式中: v ——行进速度; L ——视点坐标系 z 方向的单位向量.左移、右移只是将视点进行平移(x 坐标),视线方向保持不变.

$$E' = E + v_LN$$

式中: v_L ——平移量; N ——视点坐标系 x 方向的单位向量.上升、下降只增、减视点的高度值(y 坐标),视线

方向保持不变.

$$E' = E + v_H M$$

式中: v_H ——视点高度变化量; M ——视点坐标系 y 方向的单位向量.

设目标观察点为 T ,用来确定视点朝向的点为 G ,则视点坐标系如图 4 所示.

图中

$$L = \frac{T - E}{|T - E|} \qquad M' = \frac{G - E}{|G - E|}$$
$$N = L \times M' \qquad M = N \times L$$

仰看、俯看是指用户仰起头与低下头看到的视景变化过程,左转、右转是指用户左转身与右转身看到的视景变化过程.这些运动不会改变视点的位置,只是视线方向发生了变化.仰看、俯看使视线方向绕视点坐标系的 x 轴旋转一定的角度,左转、右转使视线方向绕视点坐标系的 y 轴旋转一定的角度.设旋转角为 θ ,则视线方向的变换矩阵为

$$R(\theta) = TR_x(\alpha)R_y(\beta)R_z(\theta)R'_x(\alpha)R'_y(\beta)T'$$

式中: T ——将视点坐标系原点平移到视景坐标系原点的变换矩阵; $R_z(\theta)$ ——将视点坐标原坐标轴绕视景坐标系 z 轴旋转 θ 角的变换矩阵; $R_x(\alpha)$ ——将视点坐标系坐标轴绕视景坐标系 x 轴旋转 α 角到 xOz 面上的变换矩阵; $R_y(\beta)$ ——将视点坐标系坐标轴绕视景坐标系 y 轴旋转 β 角到 z 轴上的变换矩阵; $R'_x(\alpha),R'_y(\beta),T'$ ——绕视景坐标系 y 轴、 x 轴作相反方向的旋转及相反方向平移的变换矩阵.

2.3 软件加速

该系统涉及的视景模型比较复杂,如果不采用软件加速技术进行处理,视景就无法实时驱动,因此在系统开发过程中采用了以下软件加速方法:

- a. 实例方法. 在该系统视景中,存在大量几何形状相同但位置不同的物体(如树木、闸门、护栏等),如果将每个物体放入内存,将造成系统资源的极大浪费.因此,采用实例方法,同样的物体在内存中只保存一份实例,其他的物体可通过几何变换后得到,这样就可以大大地节约内存空间,提高动态显示速度.
- b. 可见性判别. 由于屏幕只显示观察者的视野,因此只需绘制落在视景中位于观察体内的部分图形,对视景中位于观察体之外的部分图形则予以剔除.此外,相对空间给定观察位置的背离面和隐藏面也是不可见的,对物体上那些背向观察者的面也要予以剔除.经过上述处理,则大大减少了所需显示的多边形数目.
- c. 细节层次. 在视景中,往往有许多物体非常小或者距视点很远.如果物体按多个细节层次 LOD 来表示,当物体仅覆盖较小区域时,可以用物体粗略的模型来绘制,既不大影响视觉效果,又可提高绘制效率. LOD 模型生成方法分成两类:一类是静态方法;另一类是动态方法^[6].在静态分析方法中,多个 LOD 模型预先生成.用 3D Max 等建模工具建立实体模型时,可以建立多级的 LOD 模型;在动态分析方法中,实时删除顶点与多边形,动态产生实体简化模型.该系统中,笔者采用静态方法构建 LOD 模型,根据观察者视点的变化为各物体选择不同的 LOD 模型,从而减少了所需显示的多边形数目,优化了绘制.

3 系统实现

利用上述技术,开发了望虞河工程虚拟视景系统,建立了望虞河整条河流的三维模型及望虞河入口处部分长江、望虞河出口处部分太湖、自然景物及主要水工建筑物模型.这些模型的建立采用了 AutoCAD 和 3D Max 等建模工具,实时驱动部分的实现采用了 Direct3D.图 5 为望虞河某一视景画面.

望虞河全长 60.8 km,有 12 个河段,如果将所有河段一次性加载到系统中,必然会影响到视景实时交互

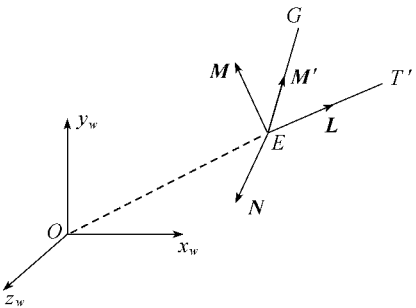


图 4 视点坐标系
Fig.4 Viewpoint coordinate system



图 5 望虞河视景
Fig.5 Scene of Wangyuhe River

性能.因此,该系统采用模型分割方法,将河道模型分割成12段,只有在观察者视野范围内的模型才被加载到系统中,极大地减少模型的复杂程度.

4 结 束 语

本文介绍了基于微机平台并采用虚拟现实技术实现一个虚拟视景系统的方法.由这些方法构造的虚拟视景与现实环境较符合,具有良好的交互性,可广泛应用于水利信息领域,为水利工程设计、洪水预报、防洪调度等提供生动、形象化的决策支持.

参考文献:

- [1] 崔汉国,王伟忠,冯雷,等.虚拟潜望镜视景系统的研制[J].计算机工程,1999,25(4):9—11.
- [2] CHEN J X, LOBO N D V. Toward interactive-rate simulation of fluids with moving obstacles using Navier-Stokes equations[J]. Graphical Models and Image Processing, 1995, 57(2): 107—116.
- [3] FOSTER N, METAXAS D. Realistic animation of liquids[J]. Graphical Models and Image Processing, 1996, 58(5): 471—483.
- [4] 陈前华,邓建松,陈发来.滴水涟漪的计算机动画模拟[J].计算机研究与发展,2001,38(5):524—528.
- [5] 王新光.基于模型驱动的实时交互式三维场景构建方法及其在水利上的应用研究[D].南京:河海大学,2002.
- [6] 李汉清,宋裕农.潜艇作战虚拟场景系统的实体建模[J].指挥技术学院学报,1999,10(5):61—64.

Development and realization of virtual scene system for Wangyuhe River project

LIU Hui-yi, ZHU Yue-long, WANG Xin-guang

(College of Computer and Information Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: An introduction was given to the structure and function of the virtual scene system and method for its construction. The method for modeling of virtual scene and problem related to interactive driving of the system were discussed. Then, a model separation and software acceleration method was proposed for real-time driving of complex scene, and the 3-D DirectX engine technique on the platform of the micro-computer was used to develop the virtual scene system for the Wangyuhe River project.

Key words: virtual scene; software acceleration; real-time driving; scene model