

# 自然场景仿真系统的设计与实现

董贞贞 刘千叶 郭佳雯 夏莉丽 徐则中

(常州工学院计算机信息工程学院 江苏 常州 213032)

**摘 要** 对自然场景进行真实感模拟仿真与实时绘制是计算机图形学领域的一个重要内容, 广泛应用于虚拟现实和三维游戏中。本文设计并实现了一个自然场景仿真系统, 运用随机生成的高程数据和纹理映射技术, 模拟三维自然地形; 运用 BillBoard 技术生成具有真实感的树木, 提高场景绘制速度。在 VS+OpenGL 环境下, 对虚拟场景地形和树木进行了仿真实现, 实验结果令人满意。

**关键词** 场景; 地形仿真; 树木仿真

中图法分类号 TP312 DOI:10.16707/j.cnki.fjpc.2021.05.030

## Design and Implementation of Natural Scene Simulation System

DONG Zhenzhen, LIU Qianye, GUO Jiawen, XIA Lili, XU Zezhong

(Department of Computer, Changzhou Institute of Technology, Changzhou, China, 213032)

**Abstract** Simulation and real-time rendering of natural scenes, which are widely used in virtual reality and 3D games, is an important content in the field of computer graphics. This paper designs and implements a natural scene simulation system. The system uses randomly generated elevation data and texture mapping technology to simulate 3D natural terrain, and it also uses billboard technology to generate realistic trees, so as to improve the speed of scene rendering. The system realizes the simulation of terrain and trees in virtual scene in vs + OpenGL environment. The results of the experiment are satisfactory.

**Keywords** Scene; Terrain Simulation; Tree Simulation

## 1 引言

在 VR 和三维游戏领域, 需要对自然场景进行模拟仿真<sup>[1-2]</sup>。作为自然场景的重要组成部分, 场景地形的真实感模拟和场景树木的模拟仿真都得到了人们的广泛研究<sup>[3-4]</sup>。由于自然地形和树木的种类繁多、形态各异, 自然场景的仿真在存储和绘制上都有着相当的困难<sup>[6]</sup>。

在自然场景的模拟仿真中, 三维地形的逼真度很重要。三维地形的生成模拟经过了多年的研究, 已经形成了很多算法<sup>[7-9]</sup>。对自然树木的仿真有 L 系统方法<sup>[10]</sup>、IFS 方法<sup>[11]</sup>以及 Billboard 技术<sup>[12]</sup>。这

些方法都可以得到炫丽的树木仿真效果。然而, 三维地形和三维树木的仿真与绘制需要大量的运算时间, 在普通计算机或手机上难以达到实时性。

为了对自然场景进行真实感仿真与实时绘制, 本文设计并实现了一个自然场景仿真系统。该系统可以生成逼真的 3D 场景地形和树木, 进行实时渲染和绘制, 实现在场景中的漫游功能。

## 2 地形仿真

首先初始化一个网格地形图, 随机赋予高程数据生成高程地形图, 运用纹理贴图生成 3D 地形图。三维地形生成过程如图 1 所示。

董贞贞, 女, 2001年生, 主要研究领域为图形图像处理。E-mail: 449254012@qq.com。刘千叶, 女, 2000年生, 主要研究领域为图像处理。E-mail: 1325052792@qq.com。郭佳雯, 女, 2000年生, 主要研究领域为计算机应用技术。E-mail: 2864597747@qq.com。夏莉丽, 女, 2001年生, 主要研究领域为图像处理。E-mail: 1950345043@qq.com。徐则中, 男, 1971年生, 主要研究领域为计算机图形图像处理及应用。E-mail: xuzz@czu.cn。

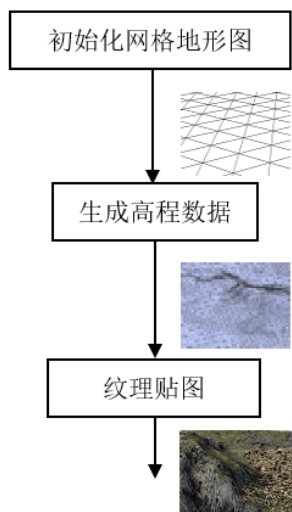


图 1 三维地形图的生成

## 2.1 网格地形图

初始化一个正方形网络，网格数为  $32 \times 32$ 。网格地形图表现为一个大的矩形区域，是一个二维的平面。图中的每一个顶点用一个二维的坐标  $(x,y)$  来唯一表示。

网格的边长会对仿真的三维地形造成影响。如果边长比较小，会使顶点间的高度过渡平滑，仿真的场景小；反之，如果边长比较大，顶点间的过渡会变得陡峭，仿真的场景大。本文定义网格边长为 50m，这样整个场景大小为  $1600 \times 1600 \text{m}^2$ 。

## 2.2 高程地形图

为了更好地仿真自然地形，在网格地形图的基础上，再为每个网格顶点指定一个高度值，构成高程地形图。高程图有多种表示方式。一种是灰度图，把不同的灰度映射为高度。网格地形图中某个顶点的高度值越高，图像中对应像素点的灰度值就越大。另一种方式是随机生成  $32 \times 32$  个数值，赋予每个网格顶点的高程数值。

当为每一个顶点都赋予高度数据后，网格地形图就成了三维地形图。用  $z$  坐标来表示这个高度值的话，三维地形图中的每个顶点可以用  $(x,y,z)$  来唯一表示。

## 2.3 纹理地形图

为了使生成的仿真地形图更加逼真，在高程地形图上再加上纹理信息，形成纹理地形图。其效果如图 2 所示。

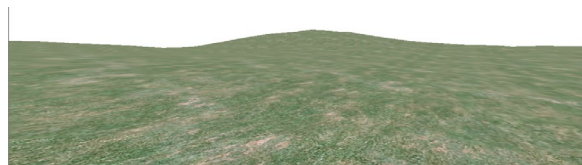


图 2 三维地形图

纹理数据保存在一张图片中，通过计算网格坐标  $(x,y)$  与图片纹理坐标的对应关系，把图片纹理添加到高程地形图上，生成真实感的 3D 自然地形图。

## 3 树木仿真

为了提高树木仿真场景绘制的速度，利用 billboard 技术对场景中的树木进行仿真。在场景中添加一些不同的树，将树木的图片通过贴图的方式贴到一个矩形的平面上，放置于场景中，达到三维立体感，实现真实感的仿真效果。

在使用 billboard 技术实现树木的仿真时，一方面，使用透明纹理贴图的方式来绘制树枝树叶。通过设置 OpenGL 中的 Alpha 值，使平面区域内没有绘制的部分呈现出透明感。另一方面，使平面区域始终朝向观察者。通过旋转的方式让贴图平面和视点呈现垂直状态，从而表现为立体效果。

为了实现这一效果，当场景中的物点经过模型变换从模型空间到世界空间之后，再从世界空间变换到相机空间时，需要额外进行一次旋转变换，对树木贴图平面进行修正，使得树木平面朝向观视点。运用 billboard 技术实现的两个树木仿真效果如图 3 所示。



图 3 树木的仿真

## 4 场景漫游

定义键盘事件，赋予不同按键不同的功能，包括前进、后退、左转、右转、仰视、俯视。实现在

场景中,随着观视点的位置和姿态变化,计算绘制模拟场景。

在场景中漫游时,准确获取观视点的高度尤其重要。当漫游到一个凸出的地形或者凹下的地形时,需要修正观视点的位置高度。在高程地形图的基础上,运用双线性插值技术,计算观视点的高度值。

在场景中漫游,基于观视的位置和姿态,调整树木的贴图平面、计算视图变换矩阵,绘制观测到的场景地形和场景树木。

## 5 实验结果

首先生成三维仿真地形,然后生成仿真树,对三维自然场景进行模拟仿真。设置键盘事件,对场景进行漫游。图4展示了执行前进、后退、左转、右转后,从不同观视点和观测方向得到的三维场景效果。

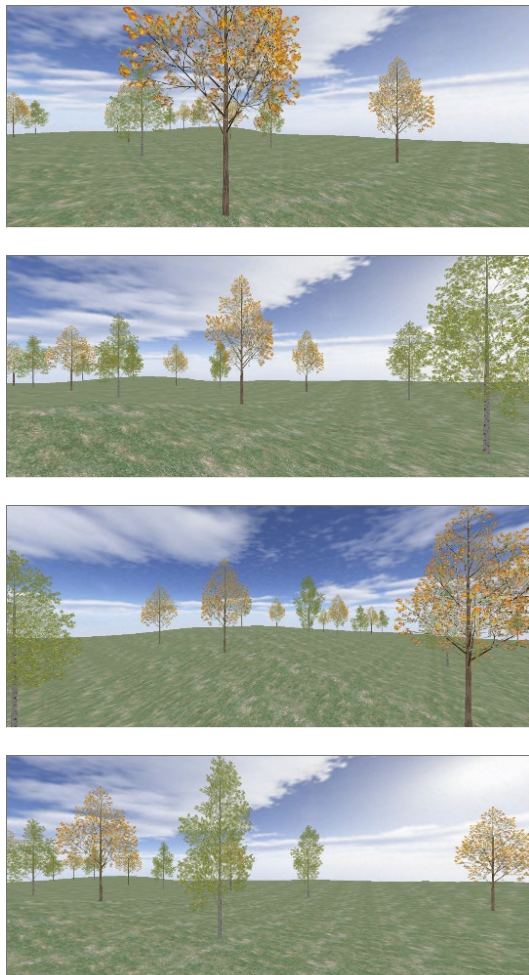


图4 场景漫游

## 6 小结

本文实现了一个自然场景仿真系统,可以对自然地形和树木进行模拟仿真。通过随机生成场景高程数据,可以模拟不同的场景地形;运用 billboard 技术模拟仿真场景中的树木,降低了计算量,达到实时的场景绘制。根据键盘命令,实现在虚拟场景中漫游的功能。

## 参 考 文 献

- [1] 邹永新,陈晓莹.基于虚拟现实技术的场景设计可视化建模研究.现代电子技术,2021,44(01):83-87
- [2] 林晨阳,王赠凯,王世龙,朱宇豪.基于虚拟现实技术的校园导览系统设计.现代计算机,2020(23):99-102,108
- [3] 叶津.复杂地貌园林地形景观叠加区域三维仿真.计算机仿真,2019,36(11):207-210
- [4] 毛玉辉,宋众艳,岳忠奇,贾灵昊,王斌.灰度图在地形建模中的应用.火力与指挥控制,2019,44(11):160-164
- [5] 宋全记.受环境影响的虚拟树木生长预测与仿真.软件工程,2017,20(01):33-36
- [6] 姜翰青,王博胜,章国锋,等.面向复杂三维场景的高质量纹理映射.计算机学报,2015,38(012):2349-2360
- [7] Weijing B, Jianzhong C, Yingxiu Q. Technical method for 3D terrain modeling data preprocessing. Land and Resources Informatization, 2019
- [8] 邹永新,陈晓莹.基于虚拟现实技术的场景设计可视化建模研究.现代电子技术,2021,44(01):83-87
- [9] Zhou P, Li K, Wei W, et al. Fast generation method of 3D scene in Chinese landscape painting. Multimedia Tools and Applications, 2020, 79(1):1-17
- [10] 徐畅凯,徐文华.基于L-系统的真实感树木生成算法与实现.计算机应用与软件,2012,29(07):231-234
- [11] 邹运兰,杨志红,王仁芳.基于迭代函数系统IFS的动态树木模拟.计算机应用与软件,2012,29(3):118-121
- [12] Bao G, Zhang X, Che W, et al. Billboards for tree simplification and real-time forest rendering. Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications, 2010:433-440