

文章编号:1007-130X(2008)06-0060-02

# 基于嵌入式系统的三维地形生成技术研究<sup>\*</sup>

## A Study of the 3D Terrain Generation Technique Based on Embedded Systems

迟贤书,孙劲光

CHI Xian-shu, SUN Jin-guang

(辽宁工程技术大学电子与信息工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

(School of Electronics and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

**摘要:**本文结合 DEM 模型、LOD 技术和 OpenGL ES 标准等方面内容对嵌入式三维地形生成技术进行了研究,并给出了地形的仿真结果,为嵌入式三维 GIS 系统的进一步研究提供了理论基础。

**Abstract:** The paper studies the terrain generation techniques based on embedded systems. According to the DEM model, the LOD technique and the OpenGL ES standard, we realize a 3D terrain simulation. The results of simulation provide a theoretical basis for further studies.

**关键词:** 嵌入式三维 GIS; DEM 模型; LOD 技术; OpenGL ES 标准

**Key words:** embedded system 3D GIS; DEM; LOD; OpenGL ES

中图分类号: TP391

文献标识码: A

## 1 引言

地形三维可视化及其实时绘制技术一直以来是地理信息系统、3D 游戏等方向的研究热点。基于 PC 机的地形三维可视化及其实时绘制技术的研究已经基本成熟,但在我国嵌入式设备中对这一技术的研究还刚刚起步。本文针对当前地形三维可视化及其实时绘制技术的研究现状,在吸取三维计算机图形学、虚拟现实的先进理论和技术成果的基础上,围绕地形三维可视化及其实时绘制技术在嵌入式设备中的三维真实感地形生成、地形简化等核心技术内容展开讨论与研究。

## 2 地形数据存储

### 2.1 数据来源

在地理信息系统中,地形数据源是 DEM(数字高程模型),高程是地理空间中的第三维坐标,由于传统的地理信息系统的数据结构都是二维的,数字高程模型的建立是一个必要的补充。DEM 最主要的两种表示模型是:规则格网模型和不规则三角网模型。本文介绍的算法研究是基于规则格网模型的,规则网格将区域空间切分为规则的格网单

元,每个格网单元对应一个数值。数学上可以表示为一个矩阵,在计算机实现中则是一个二维数组,每个格网单元或数组的一个元素对应一个高程值。

### 2.2 DEM 数据结构

DEM 数据并没有统一的标准格式,常用的标准有美国地理 DEM 数据标准和日本 DEM 数据标准等多种。这类 DEM 数据定义的信息较多,而这里只使用了高程数据。如果使用上述格式标准,则信息利用率太低。因此,这里将简化 DEM 数据格式,并以此来存储某一区域的地景特征数据。

```
typedef struct tagDEMFILEHEADER{  
    // 定义 DEM 数据的头文件格式  
    int map[6]; // 保留  
    int iDemY; // DEM 格网 Y 方向上的点数  
    int iDemX; // DEM 格网 X 方向上的点数  
    float sx; // X 方向缩放系数  
    float sy; // Y 方向缩放系数  
    float interval; // DEM 格网节点的采样间隔  
} DEMFILEHEADER;
```

## 3 多分辨率地形

所谓多分辨率地形模型简化技术(也称 LOD 技术),是

<sup>\*</sup> 收稿日期:2007-09-17;修订日期:2007-11-02

作者简介:迟贤书(1982-),男,辽宁大连人,硕士生,研究方向为图形图像与多媒体。

通讯地址:125105 辽宁省葫芦岛市龙湾南大街 188 号 032 信箱;Tel:13274254076;E-mail:cxsvip@yeah.net

Address:Mail Box 032, 188 Longwan Avenue South, Huludao, Liaoning 125105, P. R. China

通过软件和算法技术对地形表面和纹理等进行多分辨率的分析和造型,根据人眼观察景物的特点和地形复杂程度选择视野范围内相应的分辨率地形区域,从而尽量减少三角形的数量,降低内存空间消耗,使得在给定视点下获得的图像效果与最精确的模型画出的效果完全相同或者差距在给定范围内,从而大大提高绘制效率,实现地形的动态显示和交互式可视化。其算法流程如图 1 所示。

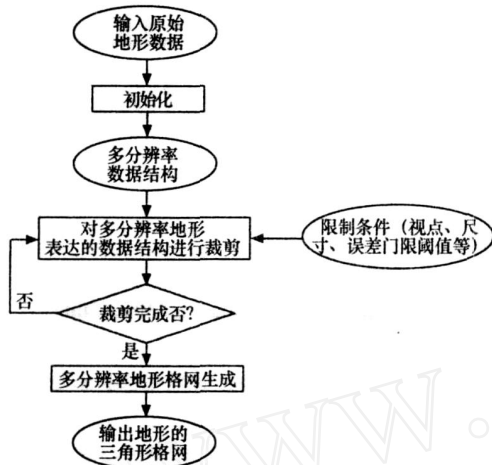


图 1 多分辨率地形表示的算法流程图

4 OpenGL ES

在传统的 PC 机上,通常采用 OpenGL 来构造三维图形引擎,但嵌入式设备中并不支持 OpenGL,所以这里采用 OpenGL 在嵌入式设备上的子集 OpenGL ES 来构建图形引擎。OpenGL ES 是特别针对 3D 手持周边应用而开发的绘图 API,由 Khronos 集团所制定。它在嵌入式设备中所扮演的角色和 OpenGL 在 PC 上扮演的一样,提供底层的显示函数以供调用。但是,OpenGL ES 也必须考虑到移动平台新层面的一些问题,其中最重要的可算是内存应用和功耗问题。这使得该 API 需要尽可能小地占用磁盘和内存空间;同时,数据总量的交换也必须保持最小化,以此来保证功耗越低越好。

OpenGL 标准是不依赖于窗口系统的,这提供了很强的平台无关性,但也使得我们在 Windows 下要用 wgl 初始化,在 X-Window 下就得学会用 xgl,而 Mac OS X 上则是 agl。手持及嵌入式市场的平台种类不计其数,单是学习各家手机操作系统的接口就是很大的负担了,更不用说总有一些有志于支持各种尺寸平台的软件开发者。所以,OpenGL ES 提供了 Window Surface 的抽象,使得移植工作可以基本局限在重新实现一下建立窗口的过程。

5 管线优化

尽管 OpenGL ES 在设计时已经做到了较低的能耗、较高的图形效果,但毕竟手机等嵌入式设备是资源限制型设备,适当的优化是非常必要的。

由于优化过程非常耗时,因此要对图形管线中的每个

阶段进行最优化处理。这在实际操作中是不可行的。本文主要针对绘制过程中的几何阶段进行优化。几何阶段主要负责几何数据的存储、变换、光照、裁减、投影、屏幕映射。绘制过程如图 2 所示。

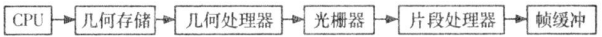


图 2 OpenGL ES 3D 图形管线绘制过程

(1) 由于 OpenGL ES 中去除了 glBegin/ glEnd 绘制函数,取而代之的是通过 glDrawElements()、glDrawArray() 利用已发送数据来绘制实际图形。前者通过额外的顶点索引数组来定义面,后者直接利用已经发送的模型数据数组绘制。虽然这两个函数都可以作为图形绘制函数,但考虑到绘制过程的优化,这里采用 glDrawElements()。因为 glDrawElements() 采用的是索引顶点数组,更加灵活,速度更快。例如,一个三角形需要传送三个顶点,由两个三角形组成的四边形在索引顶点数组中只需要传送四个顶点而在非索引顶点数组中需要传送六个顶点。

(2) 采用 VBO(顶点缓存对象)减少顶点重复发送到系统 RAM 中,但并非所有设备都支持 VBO,所以在使用前要查询 OpenGL ES 驱动程序。

(3) 对看不到的背面进行剪裁,这样可以减少近 50% 的三角形。

(4) 采用纹理压缩技术,减少内存损耗,提高缓存利用率。OpenGL ES 中可以调用 glCompressedTexImage2D() 函数和 glCompressedTexSubImage2D() 函数来压缩纹理。

6 结束语

实现嵌入式三维 GIS 系统是一个庞大的工程,所以本文只是结合以上技术和算法在 EVC++ 环境下完成了地形的仿真,有利于嵌入式三维 GIS 系统的进一步开发。

参考文献:

[1] 潘李亮. 基于 LOD 的大规模真实感室外场景实时渲染技术的初步研究[EB/OL]. [2007-06-03]. <http://www.gamego.cn/download/kaifajishu/largLOD.pdf>.  
[2] Rodriguez J. TyphoonLabs OpenGL ES Tutorial[Z]. 2003.  
[3] 赵友兵,石教英,周骥,等. 一种大规模地形的快速漫游算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2002,14(7):624-628.  
[4] 王纲,岳春生,李建新. 嵌入式系统地形三维显示技术研究[J]. 信息工程大学学报,2006,7(1):82-84.  
[5] Nurminen A, Helin V. Technical Challenges in Mobile Real-time 3D City Maps with Dynamic Contents[C]. Proc of IAESTED Software Engineering, 2005:455.  
[6] 莫军,陈雷霆. 基于 OpenGL ES 的 3D 图形绘制管线优化问题. 计算机应用研究[J]. 计算机应用研究,2007,24(1):215-217.  
[7] 彭仪普. 地形三维可视化及其实时绘制技术研究:[博士学位论文][D]. 成都:西南交通大学,2002.