

摘要: 三维地形实时渲染由于数据量大,一般显示时不易全部显示所有模型,而是根据视距和地形情况,动态的改变地形显示的层次细节。本文研究基于层次细节 LOD 的 ROAM 算法及算法的加块改进来实现对地形的实时渲染。

关键词: 层次细节; ROAM; 地形; 实时渲染

中图分类号: TP311

文献标识码: A

Abstract: Because a large number data, three dimensions terrain Real-time rendering will according to the distance of looking and terrain circumstances, to dynamically change the LOD(Level of Detail) in terrain display, not to display all of the models. In this paper, the primary research is ROAM algorithm which based on the LOD and improve accelerated algorithm for the implementation of terrain Real-time rendering.

Key words: LOD(Level of detail); ROAM; terrain; Real-time rendering

引言

层次细节(LOD)技术是一种符合人的视觉特征的技术。众所周知,当场景中的物体离观察者很远的时候,它们经过观察、投影变换后在屏幕上往往只是几个像素甚至是一个像素。这时完全没有必要为这样的物体绘制它的全部细节,而应该在不损失画面视觉效果的前提下,适当地合并一些三角形。对于一般的应用,通常会为同一个物体建立几个不同细节层次的模型。这样的技术应用在地形渲染中,也称之为多分辨率地形(Multi-Resolution Terrain)。

1 算法的选择

当前常用的 LOD 地形算法大致分为以下三类

(1)渐进网格算法:这是一个较为先进、性能出色的算法,它通过对任意网格增加三角形来达到所要求的细节。

(2)四叉树算法:四叉树结构很适合用于表示地形的区块。它通过递归地将地形分割成小的区块来逼近真实地形。四叉树的实施简单、有效。

(3)ROAM 算法:ROAM(实时优化自适应网格)算法基于二叉树结构,其每一个区块都是一个简单的二等边正三角形。从三角形的顶点到其斜边的中点对其进行分解,可生成两个新的二等边正三角形。递归地重复对其子三角形进行分割直到达到所希望的细节层次为止。

其中 ROAM 的简单和可扩展性使其成为目前地形渲染中广泛研究的算法。通过预先定义用来调整三角形网格的多分辨率地形模型,实时最优化自适应网格算法能交互式地实现观察依赖、局部可调整的地形网格化处理。ROAM 包含一个预处理过程和几个实时处理阶段。预处理过程对三角形二叉树从底至

顶进行嵌套的、观察依赖的误差范围的计算。运行时,对每一帧进行四个阶段的计算:

①对视域四棱锥体的裁剪处理进行递归式的逐步更新。

②仅对有可能在第三阶段进行分解/合并的输出三角形进行优先级更新。

③采用双优先队列的分解和合并方法进行三角形网格的更新。

对于规则网格(GRID)表示的多分辨率静态地形生成算法,其典型算法如 Mark Duchaineau 等人提出的 Roaming Terrain, Real Time, Optimally Adapting Meshes 等。对于不规则网格表示多分辨率静态地形生成算法,其典型算法如 Hoppe 提出的渐进网格(PM 算法:Progressive Mesh)等。

现在已有的多分辨率静态地形生成算法,一般都采用一种根据相应的误差控制,提供一系列连续的近似模型的层次树结构。这种结构主要用来标识近似模型间的层次关系。由于动态地形需要频繁地改变地形的几何属性,而现有的很多多分辨率静态地形生成算法都无法完全满足这一要求。因此,需要选择一种合适的多分辨率静态地形生成算法,并对其作出扩充,以使其适合动态地形的实时可视化。

在前期对地形可视化算法总体调研及动态地形可视化方案确定的基础上,考虑基于不规则三角形网格(Triangulated Irregular Networks, TINs)表示的地形生成算法的复杂性,而基于等腰直角三角形规则网格(Right Triangulated Irregular Networks, RTINs)表示的 ROAM(Real-time Optimally Adapting Meshes)算法在构建地形模型的近似序列的层次结构时不用考虑顶点的高程值,并且三角形网格之间无裂缝和 T 连接,该算法的众多优良特性使其最适合于静态地形的动态扩充。

2 ROAM 算法及算法改进

2.1 ROAM 算法

适应网格)算法的主要思想是输入地形的大小以及三角形总数和展示地形所需要的时间无关。ROAM 生成算法产生的都是等边直角三角形。按照需要可以对等边直角三角形进行进一步的分割,形成基于二叉树结构表达不同层次细节信息的地表三角网模型。该算法的特点是可以根据简化算法动态地分割某个三角形,或者合并处于二叉树上同一个层次上的两个三角形。该算法的另一个特点是可以保证不同帧之间的连续性,因为下一个三角形网格的生成总是以上一帧三角形二叉树结构为基础。可以在连续的范围实现从最基本的平面到最高级的最佳化。

ROAM 算法描述了一个基于二元三角树结构的法则。这里每一个小片(PATCH)都是一个单独的正二等边三角形,从它的顶点到对面斜边的中点分割三角形为两个新的正等边三角形,分割是递归进行的,可以被子三角形重复直到达到希望的细节等级。ROAM 使用了二元三角树来保持三角坐标而不是存储一个巨大的三角形坐标数组来描绘地形。这个结构可以看作是一个测量员把地形切断为一个一个小三角块的结果。这些三角块逻辑上看就象一组相连的邻居一样(左右邻居)。同样的一个三角块把土地当作遗产时,他需要平等的分给两个儿子。用这样进行扩展,这个三角块就是二元三角树的根节点,其他三角块是他们各自树的根节点,也是他们各自的根节点。

二元三角树被 TriTreeNode 结构保存,同时他还保存需要的五个最基本的数据。

二元三角树在程序中的具体描述如下:

```
Struct TriTreeNode {
    TriTreeNode *LeftChild;
    // Our Left child
    TriTreeNode *RightChild;
    // Out Right child
    TriTreeNode *BaseNeighbor;
    // Adjacent node, to our left
    TriTreeNode *LeftNeighbor;
    // Adjacent node, to our left
    TriTreeNode *RightNeighbor;
    // Adjacent node, to our right
};
```

2.2 ROAM 算法的改进

对于传统的 ROAM 算法,为了实现每一帧分裂与合并操作,需要在每一帧中计算二叉树中三角形的屏幕空间误差。由于计算屏幕空间误差需要先计算三角形的世界坐标空间误差,将其转换为观察坐标空间误差,最后转换成屏幕空间误差,计算量大,而且计算频繁,因此,如何在保证图像质量的前提下,简化这一频繁的计算,成为进一步提高可视化效率的关键。

一般的解决方法是利用较为简单的计算公式,代替上面传统的屏幕空间误差计算公式,但由于所有简化的替代公式或者缩小了屏幕空间误差,使得分裂不够细致,损失图像质量;或者由于放大了屏幕空间误差,导致过多不必要的分裂,从而影响效率。

本文采用分块的基本思想,利用分块计算出一个几何空间误差区间,当三角形的几何空间误差大于区间上限时,三角形需要被分裂成两个子三角形;当三角形的几何误差空间小于区间误差下限时三角形需要合并,只有对于几何空间误差在区间范围内时,才需要计算三角形的屏幕空间误差,以确定分裂、合并与否。该方法并没有放大或缩小三角形的屏幕空间误差,既

不会损失图像质量,也不会导致不必要分裂。而且省去了许多三角形的屏幕空间误差计算,从而取得较好的效果。具体实现方法是:将地形区域划分成固定大小的正方形块,每一块由两个共享基边并且处于同一层次的直角三角形组成。确定出该区域的平行于 3 个坐标轴的最小包围盒,显然,对于组成该块的两个三角形其误差向量也包含在包围盒之内。对于给定的视点和给定的屏幕空间阈值 t ,利用包围盒投影到屏幕上的误差公式:

$$\delta_r = \frac{\tau}{d\lambda f_{max}}, \delta_s = \begin{cases} 0 & \tau = 0 \\ \frac{\tau}{d\lambda f_{min}} & \tau > 0 \text{ and } f_{min} > 0 \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

反算出其几何空间误差区间(δ_r, δ_s)该块被称作和组成该块的两个共边三角形具有相同的层次。对于那些比块更低层的三角形一定完全包含在块中,从而比较三角形几何空间误差和误差区间,对于那些跨越几个块层次高于该块的三角形,可以和整个地形区域包围盒的误差区间比较判断。图 1 是一个被分成 4 块的地形区域的图示。该算法虽然将地形分成正方形的块,但是由于其核心仍是直角二分三角形,因此不会像四叉树算法那样破坏地形的连续性。

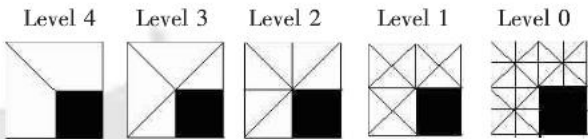


图 1 分块 ROAM 算法中的块

3 算法的实现

笔者使用规则三角网格来表达地形,使用二元三角树来组织这些地形网格。这里使用动态划分和合并运算机制来实现网格和层次细节的动态自适应。对于分割和合并的控制,使用了基于层次细节的方法,判断地块由于优化引起的视张角误差来判断是否进行分割或合并操作。视张角误差大于给定值时进行分割操作,对该地块进行细化,否则进行合并操作,减少该地块的显示细节。

本文开发的系统硬件平台基于 Pentium 4 3.00G,512M 内存,NVIDIA GeForce FX 5200 显卡,软件平台基于 Windows XP, Visual C++ 6.0 和 DirectX9.0c。在该配制下程序调试通过,FPS 达到 65 以上,以下是程序运行时的效果图,分别为远景时显示较低的层次细节的效果图(图 2)和近景或坡度大时显示较高的层次细节的效果图(图 3),实验结果表明该算法进一步提高了 ROAM 算法的效率,对于地形的实时交互具有重要的意义。

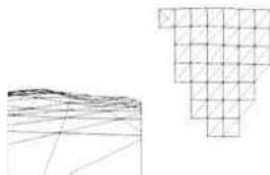


图 2 远景时显示较低的层次细节

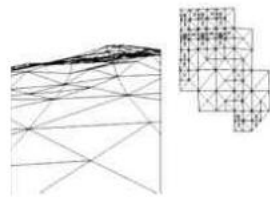


图 3 近景或坡度大时显示较高的层次细节 (下转第 244 页)

了预期的效果,验证了这种方法的可行性和正确性。

(上接第 248 页)

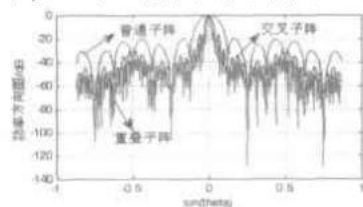


图 4.1 $\theta_s = 0^\circ$ 量化副瓣减弱仿真示意图

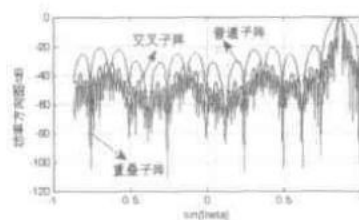


图 4.2 $\theta_s = 60^\circ$ 量化副瓣减弱仿真示意图

5 结束语

通过不同子阵划分方式来消除或抑制量化副瓣的相关研究在各种科技文献中鲜见报端,本文提出了通过改变子阵天线划分方式来消除或抑制量化副瓣的方法,仿真结果表明,通过不同子阵划分方式,能够减弱和抑制量化副瓣,验证了此原理的正确性和方法的可行性。

本文创新点:针对采用移相器的虚位技术将会产生量化副瓣的问题,提出了采用不同子阵划分方式来减弱或消除量化副瓣的方法,有别于寻常的随机馈相方法,并通过计算和仿真验证了此方法的可行性和正确性。

参考文献

- [1]张光义.相控阵雷达天线波束跃度计算.现代雷达,1985,(4):66~72
- [2]Smith M S, Guo Y C. A comparison of methods for randomizing phase quantization errors in phased array. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1983,31(6):821~828
- [3]Allen J L. Phased array radar studies. Lincoln Laboratory, MIT, Technical Report, No.236,1960
- [4]Mailloux R J. antenna handbook. London: Artech House, 1994
- [5]郭燕昌.相控阵和频率扫描天线原理.北京:国防工业出版社,1978.110~124
- [6]李建新.阵列多台阶稀疏技术.电子学报,1999,27(3):78~80
- [7]伍刚.半波振子天线矩量法的研究.微计算机信息,2006,36-57:166~167+253

作者简介:王峰,(1983-),男(汉族),浙江临海人,空军工程大学工程学院,硕士研究生,研究方向为雷达信号与信息处理。王晟达,(1962-),男,(汉族),河北石家庄人,空军工程大学工程学院教授,主要从事雷达信号与信息处理研究。

Biography: WANG Feng (1983-), Male (the Han nationality), Linhai Zhejiang, The Engineer Institute, Air Force Engineering University, Master, Radar signals and information processing.

(710038 陕西西安 空军工程大学工程学院)王 峰 王晟达 马 健 邓有为

(The Engineer Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China) WANG Feng

WANG Sheng-da MA Jian DENG You-wei

通讯地址:(710038 空军工程大学工程学院四系十四队)王 峰

(收稿日期:2008.10.23)(修稿日期:2008.11.18)

4 结束语

大规模地形可视化技术研究是近十几年发展起来的热点问题。ROAM 作为目前一种较为先进地形生成算法,凭借其诸多的优点在众多领域得到广泛的运用。本文对 ROAM 的算法思想进行了较为详尽的论述,并且给出了一种 ROAM 算法的具体实现,为不同领域的开发人员提供了有价值的参考依据和解决方案。

本文作者创新点:根据对现今流行的 ROAM 算法的研究,结合地形渲染技术中出现的可视化算法效率低的实际问题。利用 ROAM 算法优良的可扩展性设计并实现了改进算法。这样在保证图像质量的前提下,简化了传统算法频繁的计算,进而提高了可视化效率。

参考文献

- [1]GROSS M. Fast Multi resolution Surface Meshing [J]. IEEE Visualization, 1995,(8):134~142.
- [2]M. Reddy, Y. Leclerc, C. Lee. TerraVisionII: visualizing massive terrain databases in VRML. IEEE Computer Graphics and Applications, 1999,19(2):30~38.
- [3]徐 青. 地形 3 维可视化技术[M]. 北京:测绘出版社,2000.
- [4]龚建华,林挥. 虚拟地理环境[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [5]谭兵,许青,周扬. 大区域地形可视化技术的研究. 中国图像图形学报, 2003, 8(5).
- [6]H. Bo, C. Christophe. Environmental simulation within a virtual environment. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004, 59:73~84.
- [7]任安民,张雯,陈永强. 一种基于视点的 LOD 生成方法[J]. 微计算机信息, 2007, 8-3: 238~239.

作者简介:马宇博(1981-),男(回族),陕西西安人,西北大学信息科学与技术学院硕士研究生,研究方向为可视化技术。周明全(1954-),男,教授,西北大学计算机学科博士生导师。研究方向为计算机图形学、数字图像处理、科学计算可视化。耿国华(1955-),女,教授,西北大学计算机学科博士生导师。主要研究领域为数据库系统技术、网络智能信息系统、图像处理。

Biography: MA Yu-bo, male, born in 1981, Xi'an, Shaanxi Province. Now he is a graduate student in College of Information Science and Technology of Northwest University. The majors in Visualization Technology.

(710127 陕西西安 西北大学 信息科学与技术学院)马宇博 周明全 耿国华

(College of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an 710127, China) MA Yu-bo

ZHOU Ming-quan GENG Guo-hua

通讯地址:(710127 陕西省西安市西北大学南校区 85 号信箱)马宇博

(收稿日期:2008.10.23)(修稿日期:2008.11.18)

微计算机信息杂志 旬刊

每册定价:10 元 一年订价:360 元

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436 010-62192616(T/F)

专 业 推 荐



精 品 文 档

www.docin.com