

Diamond – Square 细分算法的三维地形交互生成系统的实现^①

Realization of The System of Interactive Producing of 3D – Terrain Based on Diamond – Square Subdivision Algorithm

吴凤娟 (商丘师范学院计科系 河南商丘 476000)

刁永锋 (西华师范大学计算机应用研究所 四川南充 637002)

摘要: 本文在分形理论的基础上,结合 Diamond – square 正方形细分算法,设计并实现了三维地形交互生成系统;结果表明本算法生成速度快,且只需输入几个简单的地形参数即可生成不同的地形。

关键词: 分形理论 正方形细分算法 三维地形

基于分形三维地形的交互生成与渲染,是在交互反馈式控制下,通过用户的交互定制,从分形计算的方法出发,随机生成各高程点数据,并通过领域平滑、边缘缝合等手段,获得需要的各种地形地貌,研究一种可交互生成多种高程范围和地表特征的地形生成方法。采用分形技术来生成地形,是目前地景生成的主要方法^[1-3],也是本文主要讨论的三维地形生成方法。

分形地景建模方法有多种,大致可分为泊松阶跃法(Poisson faulting)、傅里叶滤波法(Fourier filtering)、中点位移法(Midpoint displacement)、逐次随机增加法(Successive random additions)和带限噪声累积法(Summing band limited noises)、小波变换等^[4]。在上述几种三维地形建模方法中,又以用于快速地形生成的中点位移法应用最为广泛,它的特点是简洁而快速。本文将重点探讨用正方形 – 正方形细分法来生成三维地形图。

1 正方形 – 正方形细分法

正方形 – 正方形细分法也叫 Diamond – square 细分法,这种算法是将随机中点位移程序用于正方形地平面而生成地面特征。如图 1 所示,取四个点的正方

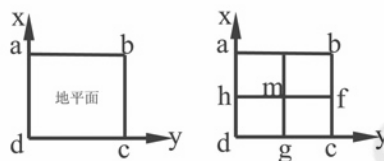


图 1 正方形中点细分法

形,并对四个角指定一个高度。然后在每边的中点分割地平面得 5 个新网格点位置。地面边上的点 e、f、g、h 上的高度可以按最近两个顶点的平均高度加上一随机偏移来计算。如中点 e 处的高度可用顶点 a 和 b 来计算^[5,6]。

$$y_e = (z_a + z_b) / 2 + r_e$$

其中 r_e 为一随机值。 r_e 从 0 到正比于网格间距 $2H$ 次幂的均方差高斯分布中得到。

地面中点 m 的高度可以用由 e 和 g 或 f 和 h 来计算,也可由四个角的平均高度来计算:

$$y_m = (y_e + y_f + y_g + y_h) / 4 + r_m$$

其中 r_m 也为一随机值。

这一过程每次对四个新网格部分重复,直到网格间距小于一个指定值。生成高度后就形成了三角形面

① 基金项目 四川省科技厅应用基础重点项目(05JY029 – 093)

片。在每一次递归时,三角形连续地分成更小的平面片。分割完成后,根据光源位置、其它照明参数、选定的颜色等来绘制面片。

Diamond-square 是一种较为常用的中点随机位移算法。这种算法最初是由 Fourniew, Fussell 和 Carpenter 提出的。如前所述,这种算法是从由种子点组成的正方形开始,通过采用若干次随机中点位移方法,不断细分,最后获得逼真的三维地形仿真图。具体描述如下。

假设用 5×5 的数组表示正方形(见图 2)。图 2 (a) 的四个角种上了初始高度值,表示为 \blacklozenge 点。

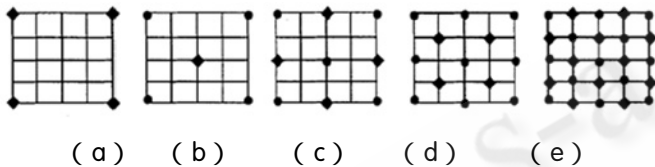


图 2 两次 Diamond-square 迭代示意图

Diamond 步:在正方形中点生成一个随机值(中点为两对角线交点),中点的值是平均四个顶点的值再加上一个随机量计算得到的。在插图 2 (b) 中,新值显示成 \blacklozenge 点,已经存在的点显示为 \bullet 点。这样就形成了一个棱锥。当网格上有多个正方形时有点像钻石。

Square 步:取相邻的四点的棱锥,在棱锥的中心生成一个随机值。平均顶点值加上与 Diamond 步相似的随机量,计算每条边中点值(图 2 (c))。这样又得到一个正方形。正方形的个数是 $2^{(2+i)}$,其中 i 是迭代的次数。

图 2 (d),图 2 (e) 分别为第二次执行 Diamond 和 Square 步的示意图。Diamond square 可以用迭代或递归的方法来实现,迭代法的伪代码为:

当 Square 边长大于 0 时{

遍历数组,对每个正方形表达执行 Diamond 步
遍历数组,对每个棱锥表达执行 Square 步
减少随机数范围
}

由 Diamond-square 算法拼嵌一个浮点数网格,填充二维分形高度图。再将数组绘制成网格,即用一系列带有相应法向的三角形绘制高度图。这种插值方法构成了一个双二次曲面的效果,它的一个重要优点是地景表面的法线是连续的,所以消除了三角细分法中的折痕现象。此外由于双二次曲面的效果影响,用这个算法的地景轮廓比较柔和。但如果需要,也可以使地形表面更粗糙,还可以使山峰更突出。Diamond

-square 算法效率较高,若将正方形的四个角点的高度值设为相同,可以简化求平均值,而且还可以实现无缝拼接,是一种较为简单的中点位移算法。但它要求采样点构成正方形,这是这种方法的局限性。不过,一般情况下,地形生成在给定条件下总是存在一定程度调整,因此这种方法也是合理可行的。

2 三维地形交互生成的实现

利用上面的 Diamond-square 正方形细分算法,在 PC 机上 Window2000 环境下采用 VisualC++ 6.0 结合 OpenGL 编制了应用程序,该程序首先实现了地形的分形模拟,然后调用 OPENGL 库函数进行地形的三维显示、透视变换、光照处理、纹理贴图和模拟背景(蓝天白云)。程序流程如图 3。

利用本系统,通过用户交互指定不同参数的组合,可以生成多种高程分布和地表形态的随机地形。在不同的应用需求中,要求的地表状态千差万别,地形的复杂性要求地形生成算法具有更高的可塑性和易交互性。试验证明,本系统在交互操作下地形生成中可以获得令人较满意的结果。为提高地形数据的表现效率,即降低地形数据量与地形范围的比值,提高地形逼真程度和渲染效率,在地形交互生成中,还需在交互操作的反馈,以及基于已知点插值的分形算法等方面进行进一步研究。

该程序运行结果的二个抓图,如图 4。

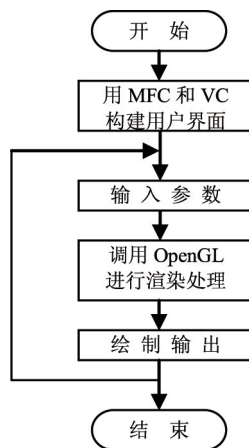


图 3 程序流程图



图 4 Diamond-square 算法生成的地形及背景

3 模型的平滑处理

Diamond-square 正方形细分算法得到的地形网格数据,通过 Square 和 Diamond 步骤的计算,在地形的总体趋势上,已经具有一定程度的平滑,但是在网格细节上,地表相当崎岖,为更好地模拟地形的实际状态,而非仅仅停留在视觉上可以接受的地步,还需要进一步进行平滑。

由 Diamond-square 正方形细分算法得到的高程数据分析可知,网格数据有以下特点:

- 1) 地形总体具有崎岖地貌;
- 2) 细分网格上,高程变化大;
- 3) 场景漫游过程中,边界无缝拼接问题未解决。

针对这些特点,这里设计了以下平滑计算:

1) 定义平坦区域:遍历所有高程点,对属于预定义高程范围内的高程点,进行两极化处理,基本保持预定义高程范围上界附近的点,以保证和预定义范围外地形的平滑过渡,同时其他点向下界平滑逼近。定义平坦区域的目标是在保证整体地势高低起伏的状态下,根据地表形态的实际情况和用户的具体要求,在特定的高程范围内,获得相对比较平坦的区域。

2) 细节平坦化:对细分得到的所有最小正方形,从坐标原点向对角方向,取正方形四顶点的平均值作为最小正方形原点高程,依次类推,对除边界点以外的所有点进行平滑。如果必要,可另从其他方向出发,方法类似。

3) 边界缝合: Diamond-square 正方形细分算法通过指定最大正方形的顶点值相同,即可保证边界的无缝拼接,但这样得到的地形显得过于平坦。论文中

采取的方法是根据需要,任意指定最大正方形的顶点值,边界缝合在最大正方形的两对平行边之间进行,在绘制前,对地形网格的边界数据进行平滑处理保证无缝拼接。

4 模型生成与渲染的交互处理

地形数据的分形计算和着色过程中,预定义的生成参数和梯度划分决定了虚拟地形环境的表面状态和着色。在论文所描述的地形生成与着色的过程中,采用实时交互的方式,通过定义一系列地形生成参数和着色参数,生成满足应用需求的地形环境。在地形生成和平滑过程中,本系统给出了绘制类型、反走样、颜色反置、表面粗糙度、随机种子、片数和迭代系数等影响地形的因子,如图 5。



图 5 Diamond-square 算法生成地形的交互参数

这些因子分别决定了地形的表面起伏状态、相对海平面的高程、地表细节程度等,并通过生成的地形模型影响观察和着色的效果。

这里通过将上述参数设计为动态反馈方式来实现对地形生成和着色计算的交互控制。通过提供与地形生成与渲染进行交互的接口,在地形生成和渲染过程中,使用户实时地调整生成参数和渲染参数,并可视化地获得渲染结果的反馈,定制最佳的地形生成与渲染参数。

(下转第 76 页)

5 小结

三维地形交互生成系统,不但在虚拟心理康复辅助治疗系统中应用效果较好,而且也适用于别的系统进行建模。

参考文献

- 1 教力布,林鸿溢.分形学导论[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,1996.402-410.
- 2 陈禹页,陈凌.分形几何学[M].北京:地震出版社,1998.90-95.
- 3 张山山.分形方法在地形数据内插中的应用[J].西南交通大学学报,2000,35(2):141-142.
- 4 齐敏,郝重阳,佟明安.三维地形生成及实时显示技术研究进展[J].中国图象图形学报,2000,5A(4):269-274.
- 5 尚游,陈岩涛.OpenGL图形程序设计指南[M].北京:中国水利水电出版社,2000,372-382.
- 6 丁玮,齐东旭.分形生成的递归细化算法[J].中国图象图形学报,1998,3(2):123-127.