

ROAM 地形渲染算法的实现

江流长

(中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

摘要: LOD、3D 渲染中几乎处处用到这种思想,ROAM 是 LOD 渲染思想中的一种,ROAM 做为现今最流行的地形渲染技术在国外应用非常广泛,而国内应用非常少。本文主要讲述如何实现这种思想,主要从地形数据的加载存储、评价体系的建立、裂缝的处理这三方面讲解,最后是讲述渲染细节。

关键词: ROAM;LOD;渲染;地形

中图分类号: S126

文献标识码: B

文章编码: 1672-6251(2006)05-0042-03

Implementation of ROAM terrain rendering

Jiang Liu-chang

(College of Information and Electrical Engineering of China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: LOD, applied everywhere in 3D rendering. Among those LOD essential thoughts, ROAM has been widely used overseas as the most popular technology, but rare in our country. This article wants to tell you how to implement this thought. We are going to explain mainly from three aspects which are storage loading of terrain data, building of evaluation system and handle with crevices. At last I will show you the details for rendering methods.

Keywords: ROAM; LOD; Render; Terrain

1 概述

3D 地形渲染是计算机图形学研究的一个方向,作为一个研究领域已经很多年了,今天依然吸引很多人在研究,因为 3D 地形渲染应用领域很广,例如 3D 可视化方面,在城市建设和林业规划中,我们很多需要在计算机中直观的观察地形起伏和地形特征;还有在仿真领域,在计算机中模拟实地的飞行,或者在一些仿真计算机游戏中,都需要 3D 地形的实时渲染;在 GIS 中,我们更需要 3D 地形来作为我们研究的基础,例如坡度分析,城市规划等^[1]。

DEM(数字高程模型),一种简单栅格数据文件,用来存储地形高程值。这种文件格式在 GIS 领域应用非常广泛,本文采用的数据的格式是 USGS DEM^[2]。

3D 地形实时渲染算法很多,主流算法是 LOD(层次细节),它是一种使用多边形的、真正的 3D 渲染技术^[3]。它根据一定的规则来简化物体的细节,我们可以根据需要来选择不同细节程度的物体表达方式。如离观察者近的选择较高的细节程度,反之选择较低的细

节程度。用在地形渲染中,有时我们也称它为多分辨率地形(Multi-resolution terrain)渲染技术^[4]。但这只是一种指导思想,具体实现的算法很多。流行的 LOD 算法有 CLOD(连续 LOD)、ROAM(实时优化自适应网格)、Chunk LOD(分块 LOD)等。每种算法都有自己的优点和缺点,而且每种算法的实现有很多种,实现细节各不相同。这里,我主要利用 Duchaineau 的论文 Roaming Terrain. Real-time, Optimally Adapting Meshes. 中的 ROAM 算法思想,实现 DEM 3D 的实时渲染。由于 Duchaineau 的论文讲述的只是一种思想,所以本论文侧重于实现的细节描述。

2 实施细节

基本思想:ROAM(实时优化自适应网格)描述了一个基于二元三角树结构的法则 ROAM(实时优化自适应网格)。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^[6]。

收稿日期:2005-12-07

作者简介:江流长(1979-),男,硕士研究生,研究方向:3D 图形。

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)。同样的当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,其他三角块也是他们各自树的根节点。图 1 描述了二元三角分割的过程。

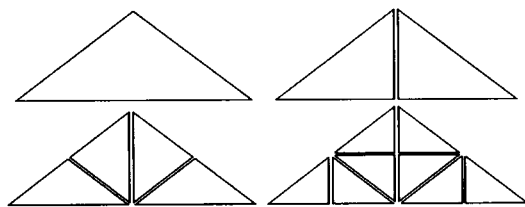


图 1

实现 ROAM 思想,我们先讨论一下 3 个技术关键点:①数据的加载存储;②评价体系的建立;③裂缝的处理。

(1)数据加载,这部分最简单,DEM 数据为栅格数据,首先把数据加载到内存。这里我们规定数据为 $2^n \times 2^n$ 的正方形, $\text{size} \times \text{size} \times \text{sizeof}(\text{datatype})$ 大小的内存,存储整个 DEM 数据文件的高程数据。然后我们把文件中的数据以行为主序写入内存。

数据加载到内存之后,因为数据量较大,这样会造成二元三角树层数较深,我们需要对数据进行分块处理,例如一个 1024×1024 的 DEM,我们把数据分为大小为 64×64 的块,这样地图由 16×16 个这样的 Patch 组成。一个 patch 由左右两个等腰直角三角形构成的。也就是沿 patch 对角线进行切分出来的两个三角形,每个三角形形成一个独立的二元三角树。这样每个 patch 实际由两个二元三角树构成。三角形基于下面这样的结构体。

```
struct TriNode
{
    TriNode *LeftChild;    //左孩子
    TriNode *RightChild;   //右孩子
    TriNode *BaseNeighbor; //与斜边相邻的三角形
    TriNode *LeftNeighbor; //与左直角边相邻的三角形
    TriNode *RightNeighbor; //与右直角边相邻的三角形
};
```

(2)评价体系的建立。评价体系也就是决定你所看到细节的层次的标准。高程点越多,二元三角树就越

深。我们需要知道一个结点何时应该继续进行分割。

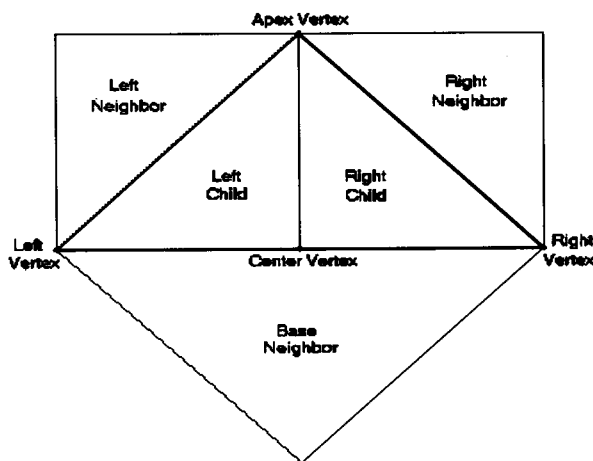


图 2

评价体系与两个因素相关,一个是与视点的距离,一个是地形本身的粗糙程度。我们知道,首先我们在看一个物体时,离的越远,看到的物体越模糊,所以,对远处地形,我们不需要很高的细节来表达;其次,我们在看一处地面时,如果地面很平坦,我们可以用很少的片元就可以描述出地形。如果地形比较粗糙,例如山或沟壑,我们则需要较多的细节来表达才能看清物体。

我们用 d 来表示眼睛与三角形的距离。这里我们简化了距离的计算方法。我们用直角三角形的斜边中点的位置和眼睛的距离代替眼睛与三角形的距离。因为人的眼睛会不断地移动,所以这部分计算是在漫游过程中进行,这样计算方便,大大提高程序渲染帧率。

下面我们讨论一下每个节点的粗糙度的计算,这里我们规定,每个三角形的粗糙度是斜边中点的实际高度与两个定点连线的中点高度差值,我们把该值记做 T 。每个节点的粗糙度,就是它所有子结点中最大的 T 值。看图 3;第一幅图表示两点直接相连的状态;第二幅图表示如果画出中间点;第三幅图箭头表示 T 值。



图 3

因为 T 值是不会随着视点改变的,所以,我们可以提前计算好。因为一个 patch 有二元三角树,所以我们可以每个 patch 建立两个固定大小的 variance 数组,大小一般为 $2^n - 1$, n 是你计算 T 值的层数。我们并没有计算所有结点的 T 值,因为每多计算一层, variance

数组的大小就要增加一倍,这样,计算时间也会加倍。所以我们可以忽略最下面几层的T值。这样,如果我们在渲染时,我们递归到n层时还不能找到需要的细节,我们就会直接递归到最底层,以全分辨率显示。结合地图的大小,我们建立公式 $v=(T*MAP_SIZE*2)/d$; 其中MAP_SIZE为地图的大小。计算出v值与我们一个预设的一个可接受的值进行比较,如果v大于预设值,则我们要继续进行分割。

(3)裂缝的处理。几乎所有的LOD算法都面临裂缝问题,在ROAM算法中也不例外。引起裂缝的主要原因是非连续的分割在patch边界造成的^[67]。

为了解决这个问题,我们可以发现ROAM网格本身关于邻节点有这样一个规律:一个细节节点和它的邻节点只存在两种关系:共直角边关系(如左右邻节点)和共斜边关系(如下邻节点)(可参考图2),我们可以应用这个原理到建立网格上,以保持相邻的树与我们同步。我们来看一下如何使用这个规则:对于一个节点,我们只在它与它的下邻节点呈相互下邻关系时才进行分割(如图4),这个关系可以把它当作一个钻石来看,这样形容是因为在钻石上分割一个节点可以很容易的镜像到其他节点,因此在网格上不会出现裂缝。

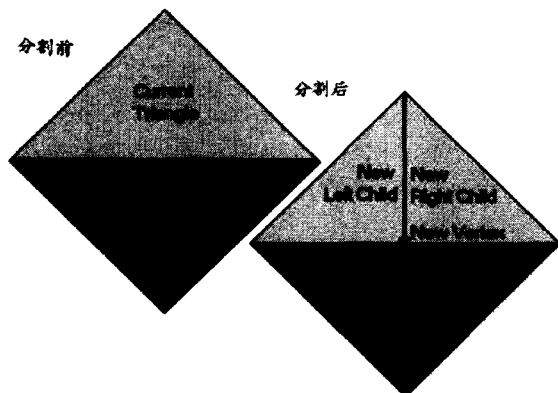


图4

当我们需要分割一个节点时存在三种可能:

①节点是钻石的一部分—分割它和它的下邻节点。

②节点是网格的边—只分割这个节点。

③节点不是钻石的一部分—强制分割下邻节点。

强制分割指的是递归的遍历整个网格直到发现钻石样的节点或网格边。这里是它的工作流程:当分割一个节点时,首先看是不是钻石的一部分,如果不是,然后在下邻节点上调用第二个分割操作建立一个钻石,然后继续最初的分割。第二个分割操作将做同样的工作,重复处理下一个节点,一旦一个节点被发现可以递归的分割,就一直分割下去,看图5。

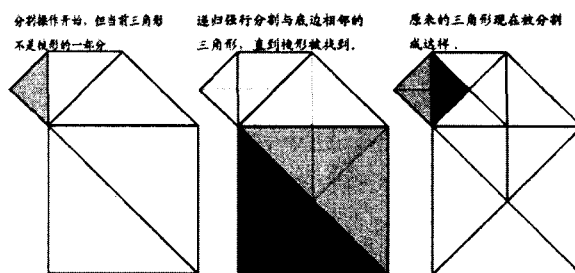


图5

讨论完三个关键问题后,我们最后来讲一下渲染过程的一些细节。任何一次渲染,我们第一步要检查哪些patch可见,因为在模拟人眼时,人在看东西时很多东西是不在视野里的,例如身体背后的东西,我们是看不见的。在这里我们主要是根据patch是否在我们构建的视锥里。看不见的物体我们是不需要进行处理的,我们仅仅处理可见的patch。

在确定了哪些patch需要处理后,我们接下来是要建立每个patch的二元三角树,确定每个节点的邻里关系。当然边界的结点也需要确定邻里关系,从一开始我们就可以确定顶节点的邻里的关系。当然我们是根据公式 $(T*MAP_SIZE*2)/d$,来确定结点继续分割,分割原则前面已经讲述。

每个patch有了合理的二元三角树,我们渲染时只要渲染所有的叶子结点就可以了。因为每个结点就是一个三角形。

3 结束语

综上所述,ROAM的实现方法很多,但主体思想基本都一样,要处理的问题也基本差不多,但解决的方法各不相同,本文算法在WinXP+VC7.0+OpenGL中调试通过,FPS达60以上。

参考文献

- [1] Gaiani, M., Camberini E. and Tonelli, G., VR as work tool for architectural & archaeological restoration: the ancient Appian way 3D web virtual GIS, Virtual Systems and Multimedia, 2001, Proceedings. Seventh International Conference, 25-27 Oct. 2001, pp. 86-95.
- [2] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000. 15-36.
- [3] Coors, V., Flick, S., Integrating Levels of Detail in a Web-based 3D GIS, 7th ACM Workshop on Geographic Information Systems, Washington, USA, Nov. 6-7. 1998.
- [4] 刘运增. Web3d——图形技术革命的中心[J]. 计算机世界报, 2005, (31): B17, B19.
- [5] Lindstrom, Peter et al. Real-Time Continuous Level of Detail Rendering of Height Fields. (下转41页)

可以建立自己的常用短信库,分别针对农户和专家等用户群体设置节日祝福、工作联络、定时提醒等客户关怀问候语,供发送短信时调用。

(4)地址簿和通讯组管理

可建立和维护个人多级地址簿,对用户进行分组管理。具有方便的地址簿导入、导出功能,收到的用户手机号可以方便的存入地址簿。

(5)系统设置

系统相关参数设定。包括短信注册、充值、余额查询,设定短信分机号位数限制,报表统计等。

3.3 应用实例

为加快农业科技成果转化,长沙市从2005年起在全市实施了“科技助农‘直通车’工程”。采用现代信息技术和适合国情的技术推广服务模式,通过信息网络和专家服务网络、间接服务与直接服务的有机结合,实现专家与农民(企业)、成果与市场的有效对接。“工程”的总体目标是:在全市实施智能化农业信息技术应用工程的基础上,充分利用省会丰富的农业科技资源,在2008年以前,建立一套快捷、方便、实用的农业技术、市场信息短信交互平台和网络在线平台,建立一支100名左右的在线农业专家队伍和1000名以上的核心农业科技示范户(对接点),形成一个基本覆盖全市(100个村)的现代高效的农业科技服务网络。

目前已建立了农业专家服务短信平台和网络在线平台,开通了短信特服号码6255700731(移动)、7255700731(联通),设立了粮油作物、蔬菜、花卉、水果、茶叶、植保、畜牧、水产、兽医、农副产品加工等专家分机号。第一批聘请了十多名农业专家,与项目办公室签订聘任合同,明确具体的工作职责,负责每天的技术咨询与解答工作。专家咨询服务方式以手机短信咨询和网络在线指导为主,智能专家系统服务、专家现场指

导、电话语音服务等为辅。农村核心示范户可随时将生产中遇到的技术问题通过手机短信发送到中心短信交互平台,短信平台自动将会员提问信息与专家库中的专家对接后,将农户提问信息发送到专家的手机上,农业专家收到信息后,在24小时内将解答信息通过短信平台以短信方式传递给农户。受聘农业专家还可根据农户的种养殖品种及特点,制定针对性的常年技术指导方案,向农户手机定期发送技术指导短信,如病虫害防治、灾害预报、农业科技成果、市场信息等,指导农民生产。在“长沙科技助农‘直通车’”网站上开设了专家在线会诊室栏目,每星期举行1次专家网上会诊日活动,每次安排2-3名不同专业的农业专家坐诊,示范户通过上网和手机短信方式与农业专家进行实时的在线咨询与交流。

“长沙科技助农‘直通车’工程”是直接服务于“三农”的具体体现,它集人才、技术和信息于一体,以科技为先导、专家为基础、项目为载体、企业为依托、效益为目标,是市场经济条件下促进农业科技转化为现实生产力的综合平台,是农村科技服务体系创新的重要组成部分,是大专院校、科研院所专家直接服务“三农”的有效途径。它将加快农业新技术新成果的推广应用步伐,有效地推动农业技术进步,全面提高广大农民和农村干部的科技文化素质,促进农民增收。

参考文献

- [1] 赵文忠,等.农业信息化的智力核心——农业专家在线[J].农业网络信息,2005,(4):31~33.
- [2] 赵武军.农业专家大院——新型农业科技推广模式的探索与思考[J].陕西农业科学,2004,(4):69~70.
- [3] 周建群,等.中国农业信息网络发展的现状、问题与对策[J].湖南农业科学,2004,(3):54~55,58.

(上接44页) Computer Graphics (SIGGRAPH'96 Conference Proceedings),vol.30,pp.109~118,1996.

- [6] Mark Duchaineau, Murray Wolinski, David E. Sigi, Mark C. Miller, Charles Aldrich and Mark B. Mineev-Weinstein." ROAMing Terrain. Real-time, Optimally Adapting Meshes."

Proceedings of the Conference on Visualization '97,pp. 81~88, Oct 1997.

- [7] Pajarola,R.,Large Scale Terrain Visualization Using The Restricted Quadtree Triangulation,Visualization '98 Proceedings, 1998,pp.19~26,515.