

一种新的地物与地形的网格融合方法

李 强, 姜昱明

LI Qiang, JIANG Yu-ming

西安电子科技大学 计算机学院, 西安 710071

School of Computer Science, Xidian University, Xi'an 710071, China

LI Qiang, JIANG Yu-ming. Novel method of mesh fusion between 3D object and terrain. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(12): 207-209.

Abstract: Important 3D object models often used the model data which is created by CAD softwares (3D Studio MAX/AutoCAD (3D)/MultiGen) in 3D terrain visualization. These data are widely available in fine structure, material feature and inner shape. It should be matched perfectly in the process of integration between the 3D object model grid and terrain grid. In this paper, a novel method of mesh fusion between 3D object model and terrain grid is put forward. Terrain grid is generated by reading the terrain height map data. 3D object model data is read into terrain grid and layed in an appropriate position. Then we could get a boundary and point aggregate by projection of 3D object, after dividing of the terrain grid of the boundary, the another boundary and another point aggregate are found. The Delauney triangle grid is generated by above two point aggregates and the Delauney condition. At last, the mesh fusion was realized. The method was demonstrated through grid fusion between terrain grid built by quadtree-lod technology and 3D object model grid. In the end of essay, the advantages and purpose of method are discussed.

Key words: mesh fusion; 3D object model; terrain matching

摘 要: 三维地形可视化中重要的地物模型需要使用 CAD 软件(3D Studio MAX/AutoCAD(3D)/MultiGen)构建的模型数据, 来逼真表示城市的精细结构、材质特征及地物的内部形态, 在将其和地形网格集成的过程中, 必须让地物和地形之间实现无缝融合。提出了一种新的地物和地形的融合方法: 首先读取地形高度图, 利用基于四叉树的 LOD 技术生成地形网格, 其次导入三维地物模型并放置于地形网格某位置, 对三维地物模型投影得到地物模型的底面网格边界框及点集, 地物边界框对应的地形网格分裂, 产生融合位置的地形网格边界及对应点集, 根据地物网格边界和地形网格边界的这两个点集以及 Delauney 三角形限定条件生成三角网, 实现网格融合。利用该方法实现了四叉树 LOD 技术生成的地形和地物的融合, 最后讨论了该方法的特点及应用。

关键词: 网格融合; 三维地物模型; 地形匹配

文章编号: 1002-8331(2008)12-0207-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391.4

1 引言

近年来数字城市逐渐成为计算机信息数字化领域的研究热点, 作为数字城市的一个重要组成部分, 数字虚拟城市是一个综合利用 GIS、RS、GPS、多媒体、网络、虚拟仿真技术, 对城市内的基础设施、功能机制进行自动采集、动态监测管理和辅助决策服务的技术系统。数字虚拟城市的基础工作是地形三维可视化以及地物虚拟视景数据库的建立, 然后组建三维地理信息平台使人们对城市有全面系统的了解, 对城市内房屋、桥梁等物体也有一个准确、清晰的认识。随着计算机硬件和软件水平不断提高, 人们对地形地物的真实感要求越来越高。真实感城市三维可视化比较成熟的一种方法是以量化的数据为基础来实现立体化景观, 与城市的三维地形集成, 从而真实地再现城市全貌。在这个过程中, 地物作为地形模型重要组成部分, 它的构造和表现如何, 直接影响地形显示的真实感程度。因此, 三维地物模型与地形必须无缝隙融合在合适位置, 否则, 会造成物体悬浮在空中或陷入地面以下等不真实情景。实际中地形

和地物往往是通过不同的网格构造, 它们之间的融合较为复杂。此方面的相关工作有: 刘春雨^[1]等提出根据地物模型与地形网格关系, 将种类繁多的物模型划分为两大类, 依赖于地形网格的地物和独立于地形网格的地物。在首先构造地形 Delauney 三角网的基础上, 采取了对三角片纹理实施单独控制的方法实现地物与地形匹配。宋汉辰等^[2]提出并详细论述了四点匹配的方法并对该方法中的悬空点计算、姿态突变等问题, 给出了相应的解决方案, 针对点、线、面匹配方法中存在的问题, 给出了虚拟环境中实现模型与地形匹配的方法的基本原则和实施步骤。本文提出一种新的针对矢量化的三维地物模型与四叉树 LOD 算法生成的地形间融合的方法, 阐述了该方法的原理及实现步骤, 最后通过仿真实验检验了网格融合的效果。

2 地形网格生成

2.1 细节层次模型(Level of Detail)

细节层次模型基于人的视觉在同一个场景中的特性: 远离

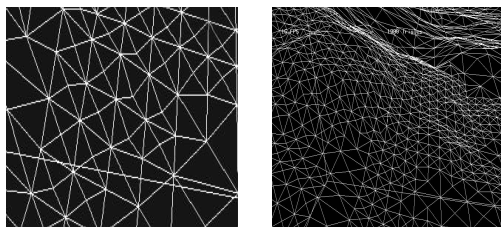
作者简介: 李强(1980-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为图形图像处理与计算机仿真技术; 姜昱明(1949-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为图形图像处理与计算机仿真。

收稿日期: 2007-08-28 **修回日期:** 2007-11-26

视点的物体只需较粗的细节而离视点很近的物体需要详细的细节。通过具有不同细节的描述得到一组模型供渲染时使用,即在地形可视化浏览过程中,根据当前地形和浏览者的状态信息,使用不同的地形表示进行可视化。从细节层次技术的发展来看,目前该领域研究最多的还是基于树的地形 LOD 模型,而 Lindstrom 和 Duchaineau 的方法分别代表了两大主流:基于四叉树的 LOD 地形和基于二叉树的地形分割算法。采用 LOD 技术生成的连续多分辨率地形模型,可以进行地形实时多分辨率绘制,同时可缓解全分辨率表示对图形系统的压力。实际应用中某区域的地形数据均为海量的数据,而且要实现场景漫游,普通计算机处理能力很难达到这些要求,因此一般采用 LOD 技术处理地形网格来缓解计算机处理压力以满足地形实时显示的要求,文章中的地形网格即采用 LOD 技术生成。

2.2 基于四叉树的 LOD 算法

基于四叉树的 LOD 算法是细节层次模型算法中比较常用的一种,该算法的基本思想极为简单,即利用一个距离的阈值来控制四叉树递归运算的深度,当这个阈值比较大时,得到较少的三角面片数量,反之则得到较多的三角面片。本文使用该算法实现地形的绘制,具体实现见参考文献[3]。该算法构成的地形如图 1 所示,划分区域与三维地物的分布特征无关,所以地形数据和三维地物的标记数据分开存储。另外,在本文提出的网格融合方法中采用这种结构可以方便地通过网格分裂找到融合边界。



(a)基于四叉树 LOD 地形局部图 (b)基于四叉树 LOD 算法生成某区域地形图

图 1 基于四叉树的 LOD 算法生成地形

3 三维地物模型的导入

3.1 三维地物模型

三维地物模型也就是一些文章中所称的三维对象模型,一般把现实世界的地物分为点、线、面、体四种。点包括:路灯、树木、信号灯、电线杆等占地面积较小的三维地物;线包括:桥梁、道路、铁路、河流等产生交错连接的狭长面;面包括:广场、草坪、水池等表面较平、面积宽广的需要渲染的地形表面;体主要包括房屋、工厂等大型建筑物,也即我们通常所说的三维地物模型。文章中的地物模型指房屋、桥梁、车辆等具有三维特征的物体。为了描述城市的精细结构、材质特征及物体的内部形态,这类地物模型通常是从三维建模软件中读取,然后和地形网格进行整合从而匹配进数字虚拟城市系统之中。

3.2 地物模型的存储

地物对象需要存储的信息包括:标识、名称、颜色、对象的位置、方向及对象的几何属性。为了提高空间数据存取与管理的效率,采用三维地物模型的几何信息单独存储,即只需存储其几何属性的编号,做相应调用即可。设置有限种类的三维地物,为每种三维地物分类编号,相同属性编号的三维地物具有相同的几何数据。为每类三维地物建立数据信息,这样在相应

地理位置做标记,即可在程序运行过程中调用该三维地物的数据生成该地物的三维网格模型。本文采用分块显示地形网格的方法,在一个场景中调用相应的地形块进行绘制,所以三维地物的标记也按地理位置顺序存贮。在实时绘制过程中,根据调用的地形块的位置,调用相应的三维地物,其他块内的三维地物不处理,提高运算速度。

3.3 地物模型的导入

将 CAD 软件构造的具有真实感的三维地物模型导入到前面生成的虚拟地形中,最重要的一点是 CAD 数据和地形数据的坐标系转换问题,CAD 模型数据在 CAD 系统中建模生成,使用的是 CAD 系统的坐标系统,这同地形的坐标系统是不同的,因此将 CAD 数据导入地形中,经过一系列的转换流程例如坐标平移、左手系和右手系的转换、坐标单位的转换等,才能正确地将 CAD 模型的网格数据和数字城市系统集成。

4 网格融合

网格融合是生成三维虚拟城市中的一个关键技术。把三维地物模型网格融合到一个开放边界的网格(例如本文的地形网格)中的步骤为:

- (1)获得需要融合的网格的边界以及它们之间通讯的点;
- (2)根据网格的边界计算或按惯例设计合适的融合位置;
- (3)选择一个网格的点或者根据和两个网格关联的点插值得到的点,在融合位置构成媒介边界;
- (4)根据媒介边界调整两个网格边界的连通性;
- (5)根据融合位置和媒介边界确定一组点集,融合位置和两个网格边界确定一组点集;
- (6)沿两网格边界中间的方向繁殖两组点集中的点;
- (7)选择合适算法产生三角网格。

网格相融合的点不能自动生成,需要相关算法实现,这里需要融合的对象是基于四叉树的 LOD 方法生成的地形网格和由建模工具生成的三维地物模型网格,基于这个特定融合对象提出新的算法如下:

- (1)把三维地物网格边界投影到地形网格,获得与其最相邻的地形网格的边界点,在此需要根据实际情况对地形网格分裂,迫使外接框所在的地形块分裂,从而保证在融合过程中不会产生裂缝;

- (2)画出地形外接框和三维地物网格模型边界;

- (3)采用 Delaunay 三角网生成算法生成边界点间的三角形,实现三维地物和地形之间的网格无缝融合。

4.1 地形网格分裂

尽管地物和地形通过不同的网格构造,但考虑到地物与地形网格相连接的部分只是三维地物的底面,因此将地物的底面边界网格投影在地形网格上来选定和地形网格相融合的外接框。这里,外接框的选定必须考虑地形的细分程度是否满足要求,若地形平坦,生成的网格稀疏和三维地物没有合适的融合点,需迫使网格进一步分裂,生成满足要求的网格(如图 2)。图 2(a)中,地形网格为四叉树 LOD 算法生成的网格,左下角矩形框为此处所选取三维地物的投影边界,因为地形平坦,地形网格较大,没有合适的点作为地形网格的外接框。因此,此处设置三维地物所在位置的地形网格节点为 VS_ACTIVE,进行分裂,结果见图 2(b)。另外,若三维地物所在的位置跨越 2~4 个节点(图 2(c)),则这些节点均需要加入待分裂队列,进行分裂后生成满意的地形网格(图 2(d))。

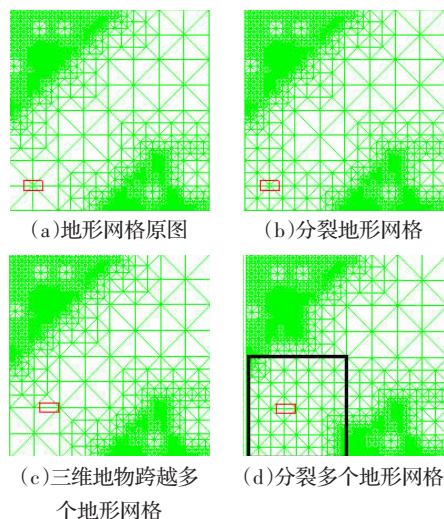


图2 网格分裂

4.2 空间定位并绘制边框

三维地物的数据包括:坐标、方向以及几何数据,三维地物的模型底面设置为平面,坐标中 z 值为高程值,根据这些数据在相应位置绘制三维地物网格模型;同时绘制地形网格和三维地物相融合的边框,因为地形网格为规则的三角网,经过上面介绍的网格分裂后,只需连接和三维地物相邻的地形网格的点,形成外接框,外接框大小为地形网格的倍数,于是形成两个网格的边界(图3(a))。

4.3 实现网格融合

空间位置确定而且绘制好外接框后,就可以进行最后一步来实现网格融合了。一般网格合并的方法有:(1)网格A的边界在网格B上投影得到与网格B融合后的边界,用户只需要定义网格的矢量方向,扩展A边界的点到B边界最相近点的位置;(2)先获得网格A的边界曲线的参数,在网格B上画出网格A二维边界曲线,再把网格A和网格B融合;(3)用户在两边界面定义些过渡点,过渡点的密度根据实际情况内插确定。

前面通过地形网格分裂找到地形网格外接框,地形网格外接框的点为离三维地物最近的地形点,所以此处采用 Delaunay 三角网生成算法在两网格间直接生成连接三角形实现网格的融合。对该算法做相应调整,加入约束条件,生成符合条件的三角网格。生长法生成网格是根据给定的离散点,先找出点集中相距最短的两点连成一条 Delaunay 边,然后按三角网的判别找出包含此边的 Delaunay 三角形的另一端点,依次处理所有新生成的边,直至最终完成。其中离散的点集为地形的网格外接框点集和三维地物的边界点集的合集。这里需要加入约束条件:两个点集内部不能生成三角形,这样三角形只生长在两边界面,满足这个约束条件生成的三角形符合本文要求(图3(b))。

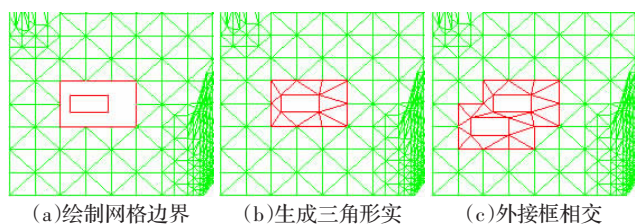


图3 网格融合

4.4 地物模型的外接框相交

在虚拟城市建模过程中,可能会出现两个或者多个三维地物距离很近以至出现了部分重叠,根据本算法生成的外接框将产生相交的情况,需要做相应处理。相交的两个外接框合并,只取外接框外部的点形成外接框点集,而两外接框内部相交的点不处理,并根据外接框内的三维地物个数 N ,形成 N 个三维地物点集,每个三维地物内部不能生成三角网格,这样生成的三角网实现多个三维地物与地形的无缝连接,参见图3(c)。

4.5 三维场景下表示

可以在三维视景中进行漫游,从不同的视点、视角对环境进行观察(如图3)。图3表明该算法可以有效地实现地形和地物两种不同的网格之间的融合。

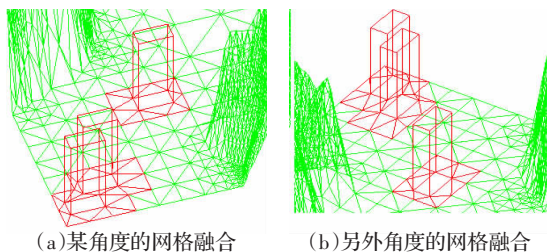


图4 不同视角的三维网格融合图

5 实验结果及结论

在基于 OpenGL 的 VC6.0 开发平台下,读取地形高度图文件,利用四叉树 LOD 技术生成三维地形(图5(a)),读取模型(预先用 3dmax 软件制作的拖拉机模型),将三维地物模型先指定位置经过坐标系转换放入地形网格,再按照上述方法进行边界分裂找到两个边界框,两个边界框之间生成 Delaunay 三角网格,融合结果如图5(b)所示,可以看出,利用上述算法后,三维地物模型网格较好地与地形网格实现了无缝融合。结果表明该方法较好地实现了地形和地物两种不同的网格之间的融合,且具有以下特点:(1)根据三维地物的几何特点找到合适的地形网格的外接框,允许两个网格的边界具有不同的形状、大小;(2)对地形网格的调整使其产生的外接框与三维地物的边界更加兼容,使两个网格边界的融合过程的计算简化;(3)这种方法不仅可以用在数字虚拟城市环境中,对于地形环境复杂但地物较为规则的虚拟战场环境仿真也有一定意义;(4)目前,该方法仅考虑了基于四叉树结构构造的特殊地形网格,下一步对其他地形网格和地物模型网格之间的匹配进行研究。

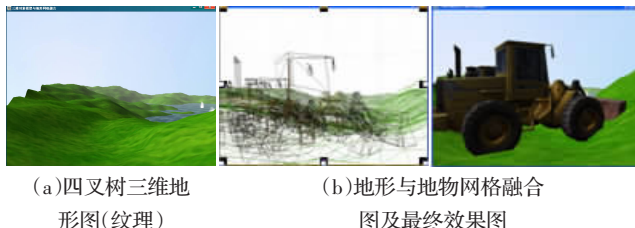


图5 三维地形和地物融合图

参考文献:

- [1] 刘春雨,白玉琪,常歌.三维地形中地物模型构造方法[J].计算机应用,2001,21(5):29-30.
- [2] 宋汉辰,魏迎梅,吴玲达.三维地物模型与地形的匹配方法研究[J].计算机辅助设计与图形学报,2003,15(9):1168-1171.
- [3] 李偲,张松海,刘强.一种基于四叉树结构的动态多分辨率地形模型[J].计算机工程与应用,2006,42(7):202-204.