

视景仿真中三维地球的建模

李亚臣, 蒋红柳, 熊海林, 罗永锋, 颜 澎

(第二炮兵装备研究院第二研究所, 北京 100085)

摘要:给出了一种基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程数据的三维地球建模方法,可消除地表各分块间的缝隙。地表形状模拟精度高,结合多分辨率纹理和高程,实现了对地球的变视角和缩放操作,在飞行模拟、导弹发射、卫星绕地球飞行等涉及到地球大场景或全球视景的仿真中被广泛采用。该建模方法对类似的建模提供了一种新思路,有较高的通用性和实用性。

关键词:三维地球;建模;视景仿真;纹理

3D Earth Modeling in Visual Simulation

LI Yachen, JIANG Hongliu, XIONG Hailin, LUO Yongfeng, YAN Peng

(Second Institute of the Second Artillery Equipment Academy, Beijing 100085)

【Abstract】This paper presents a new method on 3D earth modeling based on the blue marble texture and GTOPO30 DEM data. The gaps between surface tiles are eliminated and the surface of the earth is simulated accurately. By means of multi-LOD of the texture and the DEM data, the 3D earth can be viewed from any direction and can also be zoomed. Such 3D earth can be adopted in visualizations such as flight simulation, missile launch and satellite orbiting. The modeling method also presents a new idea on other similar modelings, and is of high generality and usability.

【Key words】3D earth; Modeling; Visual simulation; Texture

1 概述

三维地球在诸多领域的可视化中都扮演着重要角色,如导弹攻击系统、航天系统、卫星系统、全球气候与海洋变化等,三维地球的构建质量也成为衡量一个大型可视化系统总体水平的重要因素。

三维地球可视化建模工作主要分两个方面:生成带高程的地球模型和对地球表面进行纹理贴图,建模过程见图 1。

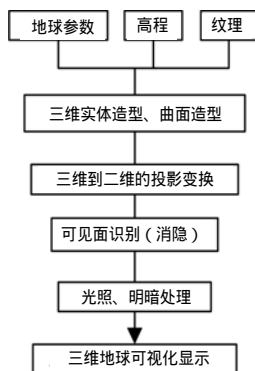


图 1 三维地球可视化过程

(1)根据给定的地球参数和地表高程数据,用数字方法建立三维地球的几何描述,可用三维实体或曲面造型完成。由于其几何描述直接影响了地球视景的准确和绘制的计算耗费,因此,选择合理有效的方法极为重要。

(2)将三维几何描述转换为二维透视图,这可通过对地球的透视变换来完成。

(3)确定地球的可见部分(可见实体或可见面),这需要使用隐藏面消除算法,将视域之外或被其他物体遮挡的不可见面消去。

(4)对可见面计算其光照和明暗,生成最终图形,并显示

给用户。纹理贴图工作可以在步骤(1)后进行,也可以在步骤(4)中进行,使用的纹理多为卫星照片。

目前,国内外对三维地球的建模和表达方法,具有代表性的研究为基于经纬度剖分^[1]、基于地图投影于分块^[2,3]、基于Voronoi剖分^[4]的方法。从视景仿真结果上看,这些方法或多或少地存在一些缺陷,如大区域地形间的跨带裂缝、投影误差、实时性差、数据存储冗余等。

本文给出了基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程数据构建三维地球的方法,阐述了三角条带建模方法、高程数据的采样、多分辨率模型、地理信息查询等。

2 纹理和高程数据

2.1 Blue Marble 纹理

Blue Marble 纹理是美国 NASA 地球瞭望台 (earth observatory)推出的全球卫星照片纹理,采用Geographic投影。目前提供的新纹理可以从NASA网站免费下载^[5],按月份不同共计 12 套,每套分 0~3 共 4 个分辨率(层级),分辨率每增高 1 级,纹理数量变为 4 倍,详见表 1。单块纹理的大小为 512 × 512 像素,赤道附近第 3 层级纹理约为每像素 1km。

表 1 Blue Marble 纹理分块数

层级	行数	列数	单块纹理经纬度范围	总数
0	5	10	36 × 36 °	50
1	10	20	18 × 18 °	200
2	20	40	9 × 9 °	800
3	40	80	4.5 × 4.5 °	3 200

作者简介:李亚臣(1972 -),男,博士、副研究员,主研方向:军用视景仿真;蒋红柳,硕士、高工;熊海林,博士、副研究员;罗永锋,硕士、副研究员;颜 澎,硕士、助理研究员

收稿日期:2006-06-28 **E-mail:** bitmap@163.com

2.2 GTOPO30 高程数据

GTOPO30 是美国地质调查局 (USGS) 的地球资源观测卫星(earthresources observing satellite, EROS) 数据中心合成的全球数字化高程模型(digitizer elevation model, DEM),其采样点的经纬度间隔均为 30s(相应的地表距离约为 1km),高程值为-407m ~ 8 752m,投影方式为 Geographic 投影。

GTOPO30 的高程数据按图 2 分块方法共分为 33 个文件,存储为 2B 的二进制文件。经纬度信息需从文件名获取,如 E060S10.DEM 表示左上角位于东经 60°、南纬 10°的分块(图 2 中的“ A ”),W180N40.DEM 则表示左上角位于西经 180°、北纬 40°的分块(图 2 中的“ B ”)。文件内只含有高程数据,按照图 3 的方式顺序排列。另外,使用数据的过程中还需要特别注意的是:(1)该套数据采用的存储格式为高位在前的网络字节序(big endian);(2)海平面的高程值为-9 999m。

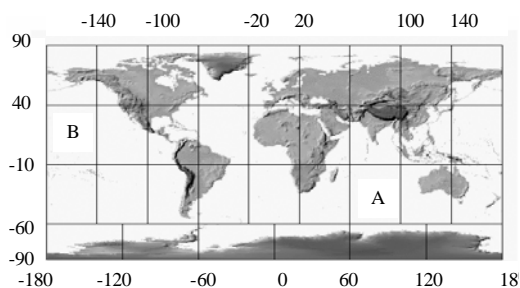


图 2 GTOPO30 高程数据分块

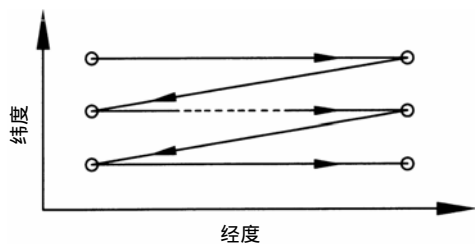


图 3 GTOPO30 数据存储顺序

3 三维地球建模

3.1 单一分辨率模型

首先讨论单一分辨率的情况。根据前述 Blue Marble 特性,将整个地球表面划分为 50 块,每块在经纬方向的跨度都为 36°,再细分为 $N \times N$ 个格网。然后根据各格网点的经纬度插值求得其对应的 GTOPO30 高程数据,将经纬度、地球半径、高程数据转化为三维直角坐标并进行空间三角形网格面的构造,最后贴上对应的地表纹理。对每块循环进行上述建模后,整个三维地球的建模就完成了。整个地球建模所生成的三角形面的数量,由单块分块时的参数 N 决定, N 越大,面数越多,地球表面也就越接近球体。

3.2 多分辨率模型

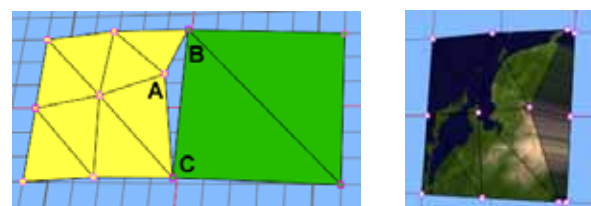
本文采用多分辨率模型,视场中心采用高分辨率纹理,远离视场中心时,分辨率值按一定规律减小。多分辨率模型可减少三角形面的数量,在提高渲染速度的同时却不影响整体显示效果。根据 Blue Marble 纹理的多分辨率特性,每一个分块对应了 4 个更高级分辨率的分块。本文也对应地构造多分辨率的地表分块。

当地球转动时,需要动态地决定某地采用哪个分辨率的分块。为了解决动态加载纹理时硬盘读取速度瓶颈,可在初

始化时一次性将多分辨率的分块模型和纹理全部载入内存,总共占用约 500MB 的空间。再利用二叉树(实际上为二叉树森林)结构来组织多分辨率的分块:以 50 块最低分辨率的分块为第 1 层节点,每个低分辨率分块将包括指向 4 个更高级分辨率分块的指针,依次递归,直到最高分辨率为止。然后采用与单一分辨率同样的方法构造三角形网格面和纹理贴图。

假设一个二叉树的第 1 层节点 I_0 包含 NE_1 、 SE_1 、 SW_1 和 NW_1 4 个更高级分辨率子节点,将 I_0 划分为 NE_0 、 SE_0 、 SW_0 、 NW_0 4 块,其中 NE 代表东北方向 1/4 大小的分块, NE_0 代表与 I_0 相同分辨率下的模型, NE_1 代表更高级分辨率下的模型。系统可根据当前视点和 NE 中心点的距离决定是选择 NE_0 还是 NE_1 ,如果选择 NE_1 ,那么需要以 NE_1 为根节点,再进行上面的判断,依次递归,可完成整个地球表面分辨率动态选择过程。

若相邻的两个分块分辨率不同,则极有可能出现面间缝隙,如图 4(a)所示,浅色分块比深色分块高一个分辨率,在 2 个分块连接处,浅色分块多出一个高程采样点 A,而该点并不一定在 BC 线上,这就造成 A、B、C 3 点构成的面没有实体面,形成缝隙。消除缝隙的方法很多,本文采用分块边缘挂“帷幔”的方法(图 4(b)),即在每个分块的 4 个边缘,分别挂上 4 个宽度为 0 的帷幔,帷幔向下一直延伸到高程为 0 处,帷幔的纹理采用分块边缘线处的纹理。经过对所有分块都进行四周挂帷幔操作后,不同分辨率之间缝隙被消除。由于缝隙多出现在离视点较远的位置,因此,通过这种简单近似的处理方法后,对整体视觉效果没有影响。



(a)不同分辨率分块间的缝隙

(b)挂“帷幔”的情况

图 4 不同分辨率分块间的缝隙问题

多分辨率模型中还要处理好南北两极处的分块。Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程数据采用的都是 GEOGRAPHIC 投影,在南北两极处变形(失真)最大,若在该处地表还要根据距离视点距离采用高分辨率模型,极点处三角形面的数量将非常大,造成不必要的计算资源消耗。设定纬度绝对值高于一定值时,不再进行更高分辨率的细化分块,而是直接采用某一分辨率的网格面和纹理。

3.3 高程数据的采样

GTOPO30 高程数据的原始数据量约为 1.74GB,且为单一分辨率,为了适应多分辨率模型,需要按照与 Blue Marble 纹理对应的分辨率对其进行高度采样。

Blue Marble 纹理在最高分辨率时单块纹理表示的经纬度为 $36/8^\circ$,假设每块上的格网点为 $N \times N$ 个,那么格网点间的实际间隔是 $36/8N=9/2N^\circ$;为了方便对 GTOPO30 高程数据的重新采样,这个间隔应该包含整数个原始 GTOPO30 高程点。由于原始 GTOPO30 高程采样的间隔是 30s,因此,每个新的高程采样点间隔对应了 $9 \times 120/2N=540/N$ 个原始采样点间隔,该间隔必须是整数, N 是 540 的因子。另外,GTOPO30 还分割了多个文件,为了采样方便,需要每个文件

中包括整数个新的高程采样点,假设一个文件是 K 度,那么要求 $K/(9/2N)=2KN/9$ 是整数,由于 K 值不固定,可能是 40 或 50 等,只能限定 N 是 9 的倍数。可见, $N=9 \times \text{factor}(60)$, 其中 $\text{factor}(60)$ 代表 60 的因子,如 4、6、10 等,单个分块的格网点密度 N 的取值最好为 18、36、54、90,本例中取 $N=36$,这样还可以兼顾 $N/2$ 也是整数的情况。

重新采样时从 GTOPO30 文件中读出每个点,然后根据经纬度得到对应属于的采样区,再叠加采样值,即一个采样区中的所有高程点高程的平均值;应用于三角形面造型的高程值需要在 4 个这样的平均值之间插值得到。

4 实验

基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程的三维地球,如图 5 所示。

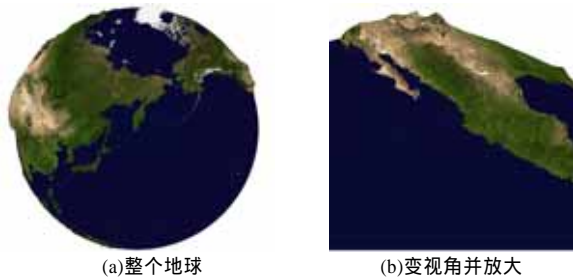


图 5 基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程的三维地球

本文在 Vega Prime 驱动环境下,采用 VC++ 编程,实现了基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程数据的三维地球建模,并用于视景仿真。实验表明,采用该方法所建的三维地球,在视景仿真过程中运行流畅,资源消耗少;地球表面各分块间衔接良好、无缝隙;地球形状和纹理同为 4 个分辨率,

各分辨率之间顺滑过渡。图 5 给出了不同观察角度和缩放比例的可视化表达。由于地表起伏相对于地球半径是小量,因此,处于视觉效果考虑,高程数据都放大了 100 倍。

5 结束语

地球形状的建模和准确表达是很多视景仿真中重要的一个环节。本文给出的基于 Blue Marble 纹理和 GTOPO30 高程的三维地球建模方法,可以很好地消除地表各分块间的缝隙,提高地表形状的精度,结合多分辨率纹理和高程,实现对地球的变视角和缩放操作。经实验验证,该三维地球可以在飞行模拟、导弹发射、卫星绕地球飞行等涉及到地球大场景或全球视景的仿真中运行。本文提出的三维地球建模方法对其它类似的建模也提供了一种新思路,具有一定的指导意义。

参考文献

- 1 孙洪军, 杜道生, 李争航. 关于地球形状的三维可视化研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(2): 158-162.
- 2 Lindstrom P, Koller D, Ribarsky W. An Intergrated Global GIS and Visual Simulation System[R]. Georgia Institute of Technology, Tech. Rep.: GIT-GVU-97-07, 1997.
- 3 Faust N, Ribarsky W, Jiang T Y. Real-time Global Data Model for the Digital Earth[EB/OL]. 2000. <http://www.ncgia.ucsb.edu/globalgrids/papers/faust.pdf>.
- 4 Lukatela H. A Seamless Global Terrain Model in the Hipparchus System[EB/OL]. 2000. <http://www.geodyssy.com/global/papers/>.
- 5 NASA. Blue Marble Next Generation[EB/OL]. 2006. http://www.nasa.gov/vision/earth/features/blue_marble.html.

(上接第 221 页)

2.2 算法总体测试

为测试本算法的有效性,本文选取了不同光照、背景的 40 段色情视频和 60 段正常视频片段进行检测,视频速率都在 30fps 左右,时间在 20s~3min 不等。实验在 P4 2.0GHz、内存 512MB 的 PC 机上进行。将判别准则具体化为如果连续 4 个关键帧为色情图片,则判别视频包含不良信息。对 40 段不良视频的测试耗时共 12min,其中 8 段视频判别有误,10 段视频利用全部关键帧进行识别,另外 21 段视频仅利用部分关键帧判别,有效提高了效率,识别率为 80%。对 60 段正常视频测试耗时 30min,误判率为 17%。结果表明对于不同光照、背景的视频,本算法效果都比较令人满意。

3 结论

本文提出的不良视频检测算法,利用局部光流信息提取关键帧,对关键帧中的前景部分进行伽马矫正及肤色检测,减少了视频信息检测的运算量以及背景及光照的影响,有效地解决了不良视频信息检测中常见的 3 个问题。

实验表明,该算法适用于流媒体视频检测环境,具有较高实用价值,对净化网络环境、提高网络健康性和合法性起

到良好促进作用。

参考文献

- 1 Forsyth D A, Fleck M M. Identifying Nude Pictures[C]//Proc. of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. 1996.
- 2 Jeong C Y, Kim J S, Hong K S. Appearance-based Nude Image Detection[C]//Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition. 2004: 1051-1055.
- 3 段立娟, 崔国勤, 高文, 等. 多层次特定类型图像过滤方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(5): 404-409.
- 4 Wolf W. Key Frame Selection by Motion Analysis[C]//Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 1996: 1228-1231.
- 5 吴思, 张勇东, 林守勋, 等. 动态场景视频序列中的前景区域自动提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(2): 359-363.
- 6 丁海波, 薛质, 李生红. 基于 HIS 空间的肤色检测方法[J]. 计算机应用, 2004, 24(2): 210-211.
- 7 杨金锋, 傅周宇, 谭铁牛, 等. 一种新型的基于内容的图像识别与过滤方法[J]. 通信学报, 2004, 25(7): 93-106.