

三维地形中多分辨率影像模型建模方法^①

欧阳锋 (重庆市交通监理咨询有限责任公司 重庆 400060)

周小平 (石家庄铁道学院交通工程分院 河北 石家庄 050043)

摘要: 使用高分辨率纹理是增强地形真实性最常用的有效方法,但由于其数据量的庞大需要对纹理影像进行分块处理。为了解决常规手工纹理分块的不足,给出了影像纹理的自动分块原则和方法,提出了一种基于视点的动态多分辨率纹理模型和确定纹理分辨率的算法,设计了管理纹理数据的数据结构和数据库存储方案。试验表明,该方法在不降低显示质量的同时,能有效减少纹理的渲染量和较好的可视化效果。

关键词: 多分辨率; 纹理层次细节; 地形可视化; 纹理模型; 分块处理

Construction and Realization of Multi-Resolution Texture Model in 3D Terrain Visualization

OU YANG Feng¹, ZHOU Xiao-Ping²

(1. Chongqing Transportation Management and Consulting Co., Ltd of China, Chongqing 400060, China;

2. School of Traffic & Transportation, Shijiazhuang Railway Institute of China, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: High resolution texture is the most commonly used method to strengthen terrain authenticity. The huge higher data of solution texture have surpassed the limits of the computer graph render equipment. Therefore, it needs the piecemeal texture. In order to address the insufficiency of the conventional manual texture piecemeal, this paper has produced the image texture automatic piecemeal principle and method, and proposed a dynamic multi-resolutions texture model. It gets texture resolution method based on the viewpoint, and designs the data construction to management texture and the database memory program. The experiment proves that this method does not only reduce the demonstration quality, but is also able to effectively reduce the texture quantity and obtain a better visible effect.

Keywords: multi-resolution; level of detail texture; Terrain Visualization; texture mode; piecemeal dispose

地形的真实性是地形可视化的重要组成部分,使用高分辨率的纹理是增强地形真实性最常用的有效方法。高分辨率的纹理,固然具有更高的真实感,但在某些情况下,如缩小操作时,模型的表面在屏幕上的投影区很小,此时为其贴上高分辨率的纹理反而会产生失真,因此,实现多分辨率纹理是解决这一问题的很好途径。

1 引言

目前纹理映射更多采用对纹理影像高和宽无限制

的 Clip-Map 技术^[1-3],从而实现任意大小影像的纹理映射。在实际中,大规模地形的高分辨率纹理影像远远大于该限制,为满足计算机图形渲染设备的要求,必须减小纹理的尺寸,即要对大尺寸的影像进行分块处理,使原始的大纹理影像变为一系列相连的影像子块,并对每个纹理子块建立多级不同分辨率的纹理,形成纹理金字塔。在三维显示时,根据视点的位置确定不同区域内纹理的合适分辨率,从而形成了不同区域具有不同的分辨率纹理。如图 1 所示。

目前常用方法是手工对大影像纹理进行分块,当

① 收稿时间:2009-10-13;收到修改稿时间:2009-11-14

需要不同的分块大小时,则需要重新进行手工分块,严重影响三维地形可视化快速、高效实现。而当具有多个不同大影像纹理时,大量手工操作则更是效率低下。因此,本文给出了影像纹理的自动分块原则和方法,来实现对大影像纹理的自动分块。进行修改,那么,如果完全把标志位定值翻译出来,而这些定值并没有被使用,那么浪费就显而易见。

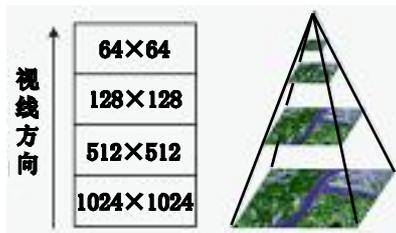


图1 多分辨率纹理金字塔示意

2 多分辨纹理模型的建立

2.1 纹理影像自动分块原则和方法

对纹理影像进行分块,应满足如下要求:

1) 分块不能过大,以避免纹理数据冗余;

2) 在纹理映射时,纹理影像块检索简单,能够快速调入地形块所对应的纹理块;纹理坐标计算方便,能够直接计算纹理坐标,以保证渲染速度。纹理影像分块这里定义两类三种,如表1所示。

表1 纹理影像分块类型

分块类型	说明
规则分块	一个影像块对应一个DEM子块(1→1)
不规则分块	一个影像块对应多个DEM子块(1→n)
不规则分块	一个影像块不对应整数个DEM子块(1≠n)

在实际应用效率上,不规则分块将造成数据冗余,而且在纹理影像块调度时也增加了计算复杂度。对于一个影像块对应多个DEM子块,在当所显示是DEM子块的一小部分,也需要调入对应的较大影像纹理块,纹理调入很耗费时间,影响渲染速度。因此,这里采用规则分块中的一个影像块对应一个DEM子块,在纹理调度时,根据DEM子块的ID号直接调入相同ID号的纹理影像块即可,不需要计算,具有高效的空间索引优势。

通常情况下,大规模地形的纹理,多采用航空或卫星影像经几何校正过的正射影像,影像覆盖范围与地形很多时候并不完全重合,因此,在影像分块时,

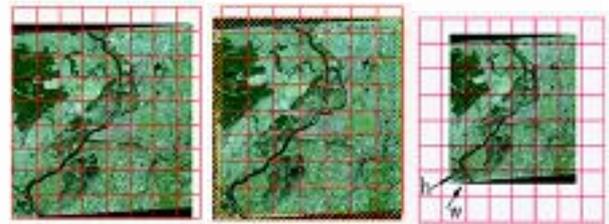
进行如下判断:

设影像纹理的左下角坐标为 $T(x,y)$,地形的左下角坐标为 $D(x,y)$ 。

1) $T = D$,根据二者的范围坐标和影像分辨率和DEM子块大小,计算DEM子块对应的影像块大小,根据计算出的影像块大小对影像进行分块处理,如图2(a)所示。

2) $T < D$,先对原始影像进行剪裁处理。根据二者的范围坐标和影像分辨率,计算应剪裁掉的影像范围,然后对原始影像剪裁,使 $T = D$,然后按照 $T = D$ 时进行影像分块。如图2(b)所示。

3) $T > D$,根据影像左下角坐标,计算出影像起始分块对应的DEM子块号,并计算影像纹理起始行所对应的影像块高度 h 和宽度 w ,每一行第一列宽度为 w ,第一行影像块高度为 h ,其余则按照 $T = D$ 时进行分块。此时存在部分DEM子块没有影像纹理。如图2(c)所示。



(a) $T = D$ (b) $T < D$ (c) $T > D$

图2 纹理分块示意图

2.2 影像模型的数据结构

对于分块后的影像纹理,为了便于以后纹理映射和保证三维交互显示时纹理数据调度的高效性,设计如下数据结构用于管理纹理数据,如表2所示。

表2 多分辨率纹理模型的数据结构

序号	行号	列号	影像大小 宽×高	LOD 级别	空间 位置	影像 数据
1	R1	C1	$w_1 \times h_1$	1	x_1, y_1, x_2, y_2	0101...
2	R2	C2	$w_2 \times h_2$	2	x_1, y_1, x_2, y_2	0101...
...
n	Rn	Cn	$w_n \times h_n$	5	x_1, y_1, x_2, y_2	0101...

行号和列号用于确定当前分辨率影像块的唯一标识,空间位置表示该影像被映射的区域范围,影像的分辨率级别表示该纹理子块对应的分辨率级别,影像数

据用于存储该子块影像数据,以 BLOB(Large Object Binary 大二进制)数据类型存储在 Oracle 数据库中^[4]。空间位置上所对应的 (x_1, y_1) 是纹理块几何空间区域的左下角空间坐标; (x_2, y_2) 是右上角的空间坐标,在纹理映射,计算纹理坐标时将使用。

2.3 纹理影像金子塔的建立

建立纹理影像金子塔是多分辨率影像模型的基础,需要对每个纹理子块建立多级不同分辨率的纹理子块。本文利用数字摄影测量系统,在提取 DEM 同时,直接建立各级纹理影像,然后对各级原始影像进行等量分块,即可建立每一纹理影像块的影像金子塔,即影像纹理的 LOD 层次模型。如图 3 所示。



图 3 由各级纹理影像分块直接建立每个影像块的金字塔

2.4 多分辨率纹理模型的生成算法

根据本文纹理影像金子塔的建立方法,对各级原始影像纹理直接分块就可以建立每个子块区域的多级分辨率纹理模型,其步骤如下:

1) 读入各级原始影像,并判断原始影像的大小(宽度和高度),然后根据地形范围,按照纹理影像分块方法对各级原始影像进行预处理;

2) 根据各级原始影像的分辨率,计算的各自的分块大小和将要被分割的块数,假定最后分割的结果为 $m \times n$ 块;

3) 根据各级原始影像及其所对应的 DEM 子块的表面范围来确定每一子块区域的映射范围;

4) 依次对各级原始影像进行分块处理,建立每一个图像子块的金字塔模型,直到所有图像子块建立完毕为止;

5) 逐个把建立完毕的图像子块按照设计的数据结构存储在数据库中,直到所有的图像子块处理完毕为止;

6) 结束。

这里采用 Helava 数字摄影测量系统直接生成各分辨率级别的纹理影像,系统在调入影像纹理时直接

读取各级原始影像,如图 4 所示。



图 4 各级纹理影像分块入库处理

其中 L_1, \dots, L_5 分别 1~5 级原始纹理影像,根据上述影像分块算法,分别对各级影像进行分块处理,图 5 为纹理影像分块存储到 Oracle 数据库中的结果。



图 5 纹理影像分块存储到 Oracle 数据库中

3 多分辨率纹理级别的确定

对于同一 DEM 子块区域,如果使用同一影像的两个不同分辨率的影像作为该区域表面的纹理,根据纹理映射的原理可知,该区域所对应的影像空间上存在一定的变化^[5,6]。该变化在投影面上会产生一定大小的投影值。在观察条件一定的情况下,如果该投影值没有引起视觉效果的变化,则可以使用其中较低分辨率的影像作为该表面的纹理属性,从而能够减少影像数据的装载量,提高纹理映射的速度。因此,在这里考虑基于视点与模型位置之间的关系建立影像分辨率与观察位置之间的相互关系。

图 6 透视变换原理示意图,描述了一定观察条件下几何空间上某一大小的变化值在投影面上投影值的大小。根据透视投影原理可以知道:当变化值的方向与投影面方向平行时,该变化值经过投影变换后在投影面上的大小最大。

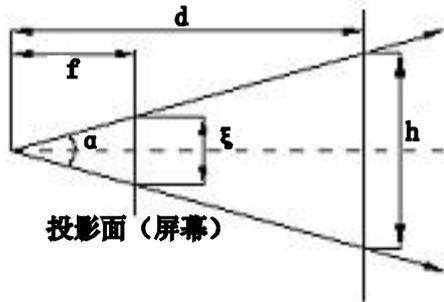


图6 透视变换原理示意图

由三角形相似性, 可得:

$$\xi / h = f / d \quad (1)$$

$$\xi = f \cdot h / d \quad (2)$$

公式(2)中, f 为观察者与投影面的距离, 对于一定的观察条件, f 为常量, d 为观察者与距离变化位置处的距离, α 为视点的张角, h 为被投影线段的长度, ξ 为在该观察条件下在投影面上投影平面上的长度。

根据纹理映射原理, 当采用一定分辨率的影像对一区域大小确定的表面进行映射时, 其单位像素所对应的几何区域上的长度值是不一样的。设 1 级影像纹理其单位像素所对应的几何区域上的长度为 λ , 则在同样映射条件下, 2、3、4、5 级影像纹理其单位像素所对应的几何区域上的长度分别为 2λ 、 4λ 、 8λ 、 16λ , 不同级别影像之间存在差值。因此, 在观察条件一定的情况下, 可以利用公式(2)计算不同级别影像在投影面上的投影值, 根据投影值与设定的阈值进行比较就可以确定该 DEM 子块使用哪一级影像纹理。

为了实现上述机制的纹理分辨率的选择, 设计如下算法用于确定纹理分辨率, 主要步骤如下:

设共有 n 级纹理影像, 分别为 1, 2, ..., n 级, 允许像素变化的限定阈值为。

步骤 1: 由纹理映射原理, 根据映射区域的几何大小和纹理影像之间的映射关系, 可以计算各级纹理影像单位像素所对应的几何区域上的长度为 λ_1 , λ_2 , ..., λ_n , 计算公式如下:

设映射区域的宽度为 W , 高度为 H , i 级 ($1 \leq i \leq n$) 影像的宽度为 w_i , 高度为 h_i , 则

$$\lambda_i = \frac{w_i}{W} = \frac{h_i}{H} \quad (3)$$

步骤 2: 根据公式(2)计算不同级别影像在投影面上的投影值 ξ_i (像素的数目) ($1 \leq i \leq n$), 公式(2)中的参数 d 取观察者与对应的 DEM 子块中心点距离。

步骤 3: 根据限定阈值 τ , 计算 ξ_i 与 τ 的差值 δ_i ,

$$\delta_i = \xi_i - \tau \quad (1 \leq i \leq n) \quad (4)$$

存在以下情况:

① δ_i 全部为非负值 (≥ 0), 则影像级别取第 1 级, $i = 1$ (最高级), 转到③

② δ_i 存在负值 (≤ 0), 则取 $\max\{\delta_k\} (\delta_k < 0, 1 \leq k \leq n)$, $i = k$;

③ 根据返回的 i 值, 即为应使用的纹理影像级别, 计算结束。

4 结论

为了提高三维大规模地形实时绘制速度和能有效减少纹理的渲染量, 提高可视化效果, 本文提出了基于视点的多分辨率纹理模型及其数据结构和构造算法, 给出了不同于常规手工纹理分块方法的自动分块原则和方法, 解决任意大小影像纹理映射问题, 实现了基于 Oracle 数据库的影像存储和调度。开发了基于视点确定纹理分辨率的算法, 实现了与视点位置相关的多分辨率纹理映射机制实验结果证明, 在质量没有明显改变的情况下, 多分辨纹理映射机制不仅能够取得较好的三维显示效果和较快的纹理映射速度, 而且能够对大尺寸影像进行纹理映射, 实现效果如图 7 所示。



(a) 统一分辨率纹理模型映射结果



(b) 多分辨率纹理模型映射结果

图7 实验效果图

(下转第 194 页)

参考文献

- 1 Stauffer C, Crimsom W. Adaptive background mixture models for real-time tracking. Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999,2(6):248 – 252.
- 2 Cucchiara R, Orana C, Piccard M, et al. Improving shadow suppression in moving object detection with HSV color information. Proc. of IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems. Oakland IEEE, 2001. 334 – 339.
- 3 Trivedi MM, KOGUT Mikic G Distributed video networks for incident detection and management. Proc. of IEEE Conference on Intelligent Transportation System, 2000. 155 – 160.
- 4 Oracle9i:SQL 与 PL/SQL 开发指南, mofeiL. L.; Morris-Murphy, L. L.北京:清华大学出版社, 2005.
- 5 李清泉,杨必胜,史文中.三维空间数据的实时获取、建模与可视化.武汉:武汉大学出版社. 2003.
- 6 张雯,王守尊,万强.基于视点的多分辨率纹理选择方法.计算机应用, 2006,26(11):2719 – 2721.