

一种利用附加纹理信息进行三维喷绘的方法

陶午沙 蔡宣平 颜飞翔

(国防科技大学电子技术系信息工程教研室,长沙 410073)

摘要 针对三维透视投影视图中对三维物体表面纹理直接进行喷绘,以获得复杂纹理图这一计算机图形交互技术这一新问题,研究了一种将纹理图的象素位置信息转换成彩色信息,然后利用纹理映射将纹理坐标连同该点上的颜色值一起传递到与屏幕象素对应的可见点上的方法,其中颜色值依该点处的入射光线方向和表面法向被进一步转换为光强值,而纹理坐标则被解码后还原成与该可见点对应的纹理坐标,被存入信息缓冲器中,供以后使用,通过解码,可根据屏幕点直接得到对应纹理象素点的坐标,经过算法优化,实现了对三维物体表面纹理的实时喷绘,同时阐述了在三维图象生成技术中使用附加纹理信息的应用实例以及相关定义。

关键词 三维喷绘 纹理映射 信息纹理图 信息缓冲器

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)03-0239-04

A 3D Painting Method by Using Additional Information of Texture Map

TAO Wu-sha ,CAI Xuan-ping ,YAN Fei-xiang

(Department of Elec. Tech. ,Information Engineering Staff room ,NUDT Changsha 410073)

Abstract Directly painting textures on top of 3D objects in 3D perspective viewport is a new issue of Human-Computer Interface (HCI). This paper presents a method to solve this issue. It converts the position information of the texture pixels of texture map into color information and then transfers both the coordinates and the color of texture pixels into screen through texture mapping at the same time. Only is the color information of texture pixels converted into illumination by calculating the normal and the angle of ray incidence of the screen pixel in the method. The texture coordinates are firstly converted into the color information by generating another texture map which is called information Map whose pixels' color represents the coordinates information. And then the corresponding texture coordinates are mapped into screen reference frame by texture mapping and stored into information buffer for later use. So we can obtain the texture coordinates of screen pixels correspondingly by decoding from information buffer. After optimizing, we can paint textures on top of 3D objects in 3D perspective viewport in real time. The paper also gives some examples and related definitions of using additional information of 2D texture map for 3D graph generating.

Keywords 3D painting ,Texture mapping ,Information map ,Information buffer

0 引言

在三维透视投影视图中,直接对三维物体的表面纹理进行实时喷绘是计算机图形交互技术中的新问题.该技术使用户能够按照自己的意愿实时地对三维场景中物体表面的纹理进行修改,象油漆匠一样对三维物体进行喷刷.

解决三维喷绘问题的关键在于找出屏幕坐标系

中的屏幕象素点与纹理坐标系中纹理象素点位置的对应关系.目前已有的方法是,首先读取屏幕象素点 $S(x, y)$ 的 Z_buffer 值,然后利用反投影变换矩阵来计算该点对应于世界坐标系中的位置 $W(x, y, z)$,或通过从视点发一条穿过屏幕象素点的射线来计算该射线同物体的交点,然后通过修改该点光照参数,再利用三维物体表面参数化的逆过程找出三维点 $W(x, y, z)$ 对应的纹理象素点 $T(u, v)$ ^[1],来对纹理图进行喷绘.

现考虑利用纹理图中,除灰度信息以外的其他附加纹理信息来解决该问题,如果能够将纹理坐标信息传递到屏幕上,则可简化该过程.另外,在显示图象中的不同信息方面,Bergeron和Grinstein等已成功地将同时显示出5种信息场^[21],而本文所述的方法则是把纹理象素点的位置信息(u, v 坐标值)编码,并转换成能够利用现有纹理映射算法进行处理的信息(如彩色R、G、B信息、Alpha信息等),其具体做法是,首先生成信息纹理图,然后通过纹理映射中的几何映射关系,将纹理坐标连同该点上的颜色值一起传递到与屏幕象素点对应的可见点上,只不过颜色值将依该点处的入射光线方向和表面法向被进一步转换为光强值,而纹理坐标则被解码后,还原成与该可见点对应的纹理坐标,而被存入信息缓冲器中,以便供以后使用,之后,再从信息缓冲器中读取与屏幕象素点对应的纹理象素的位置信息,这样即可根据屏幕坐标系来精确定位纹理.

这样做将使得纹理图中其他抽象信息均参与了映射.由于不同信息流向的变化,故增加了部分图象的生成时间,但利用现有算法,则可避免修改现有纹理算法,并且在确定用户需要修改纹理象素灰度信息的具体位置时,无需再考虑参数化过程,这样便提高了喷绘的实际交互速度,之后,再在纹理空间中的指定区域对纹理图进行喷绘,并将之映射回透视图,即可达到三维喷绘的效果.

1 利用二维纹理图附加纹理信息的三维喷绘方法

在显示多种信息场技术方面,Bergeron和Grinstein采用扩展的图象显示技术来显示一个区域上的多种信息,对于每个图象单元,是采用图符,而不仅仅是采用颜色进行编码,因为这些图符具有颜色、形状、甚至声音等属性.这种技术已成功地将5种不同形式的信息^[21].

1.1 相关定义

定义1 在一幅数字图象中,把除色度、灰度、透明度等视觉信息以外的其他任何形式的信息元均称为抽象非视觉信息元.

定义2 把存储抽象非视觉信息元的一块存储域的集合称为信息图.

定义3 将信息图中抽象非视觉信息元转换为

色度、灰度、透明度等视觉信息后生成的图象称为信息纹理图.

定义4 在图象生成过程中,将参与映射变换的由抽象非视觉信息元产生的数据缓冲区称为信息缓冲器.

Z_Buffer 即为存储深度抽象信息元的信息缓冲器.

1.2 建立信息纹理图

设原始纹理位图象素数据为象素彩色属性红(R)绿(G)蓝(B)值,被存储在一个24bit的存储器中,但在该问题中需建立纹理象素位置信息数据.设纹理象素在纹理空间的坐标为(u, v).一种做法是将每一纹理象素的坐标值(u, v)信息,编码后存储在一个24bit的存储器中,以建立一个信息图,而显示这些数据则可使用以下两种方法.

(1)直接法 将信息图存储成位图形式,每一象素存储的内容为:

```
Struct InforElement{
    TextureCoordinate U, V
}
```

为在数据映射中使用现有纹理映射算法,可将该数据结构中的数据进行彩色编码,再转换成可被映射算法利用的彩色信息,并将其作为信息纹理图.

```
B = U & 0X00FF;
// B为蓝色分量, U为纹理坐标u分量
G = V & 0X00FF;
// G为绿色分量, V为纹理坐标v分量
R = (U & 0X0300) >> 8 + (V & 0X0300) >> 6;
// R为红色分量, 存储U, V剩余位.
```

其中, U, V 为12bit有效位的整数, R, G, B 为8bit整数.

这相当于将纹理空间划分为等间距网格,但由于三维透视变换使得这些等间距网格不再保持原有的拓扑关系,因而使之产生非线性扭曲^[34].为在三维透视投影视图中,能对纹理象素进行更为精确的定位,信息纹理图的分辨率可大于原始纹理图,即可将纹理空间划分为更小的区域,以减小三维非线性变换带来的误差;或者根据三维物体表面参数化过程以及视点的位置和朝向,将纹理空间做非线性划分,以减小透视投影变换带来的误差^[1].这时,InforElement即为对应的纹理区域:

```
Struct InforElement{
    TextureRegion InforRegion //标识区域的特征值
}
```

(2) Bergeron ,Grinstein 方法 即采用扩展的图象显示技术来显示一个区域上的多个标量场,以使每一象素能同时存储原始纹理图与信息图的信息,如:

```
Struct PixelStruct{
    Byte R ,G ,B ,A //象素的彩色信息
    InforElement InformationData //其他抽象信息元
}
```

1.3 映射数据

本文采用纹理映射进行数据映射,而且原始和信息纹理图需使用不同的绘制参数,这主要是因为受整体光照明模型的影响.以 Whitted 光照明模型^[7]为例,其显示到屏幕上的象素总光亮强度为

$$I = I_c + k_s I_s + k_t I_t$$

其中, k_s 和 k_t 为反射系数和透射系数.

由于原始纹理图象素的彩色信息可通过调制漫反射、镜面反射和规则透射系数,以及表面法向量来产生特殊效果,因此,最终显示在屏幕上的象素颜色相当于将原始纹理图上的彩色信息通过一个非线性滤波器后所得到的结果,或者只是充当一调制量,如凹凸纹理,而同屏幕象素的颜色无直接联系,但由于必须获得纹理象素的原始位置信息(即原始彩色值),以便精确确定与屏幕象素点对应的纹理象素位置.因此映射信息纹理图时,不能把该彩色信息用于参与任何光强以及可能改变纹理原始彩色属性的纹理滤波计算,如线形插值滤波.

如果将纹理映射分为坐标映射和彩色信息滤波两部分,则用映射直接法建立信息纹理图时,只采用坐标映射,保持原始彩色值,即物体表面的颜色属性全部被纹理所取代,不接受光照.由于原始纹理位图将影响三维物体的表面材质,并将影响最终的图象质量,因此对原始纹理图象使用纹理映射时,纹理彩色信息需参与光照与纹理滤波计算,以获得较好的图象质量.

对于 Bergeron ,Grinstein 建立的数据场,需修改现有纹理映射算法,对扩展图象信息元的存储结构也需作修改,并加入如下运算判决标志:

```
Struct PixelStruct{
    Byte R ,G ,B ,A //象素的彩色信息
    InforElement InformationData //其他抽象信息元
    DWORD InforOperateFlag //标志抽象信息元参与何种操作
}
```

修改后的映射算法是通过从 InfoOperateFlag 中

读取标志位,来判断和确定抽象信息元将采用何种运算.

最终,信息纹理图中的抽象信息元将被映射到信息缓冲器,同样,信息缓冲器可采用彩色信息或扩展的图象图元的形式来存储被映射的抽象信息.

1.4 通过屏幕象素点直接获取对应纹理区域

在信息缓冲器中存储了与屏幕象素点对应的纹理区域后,通过简单解码操作即可解决从屏幕象素点直接获取对应纹理区域的问题.

对应上述编码方式,可采用以下解码方式:

$$U = (R \& 0X000C) \ll 6 + G$$

$$V = (R \& 0X0003) \ll 8 + B$$

1.5 定位及喷绘纹理,显示定位结果

在获取到要修改的纹理象素点的坐标值(u, v)或者纹理区域后,即可在相应位置对原始纹理图进行喷绘.这样喷绘的纹理图能满足视觉需要,因为它根据用户对最终映射结果的要求,对纹理图进行修改,因而消除了纹理参数化过程所造成的不便于预测映射结果的情况(如图版 I 图 1).该方法的一部分计算量用在信息纹理图到信息缓冲器的映射上,但对一个指定的视角,则只需做一次,若将这部分处理作为数据准备阶段,则一次喷绘操作就是从信息缓冲器中恢复抽象信息和修改纹理图,以再将结果反馈给用户.

2 结果

本文选用复杂曲面来进行测试,数据为 128×128 DTM 地形数据生成的地面,以及人脸数据(见图版 I 图 2、图 3)来进行喷绘,而纹理映射采用 Planar 参数化方式.试验首先在透视场景图中确定待修改的纹理区域,再沿该区域的边界,从信息缓冲器中读取对应的纹理象素坐标值,并在原始纹理图中的多边形区域(图版 I 图 2(a))进行填充或修改,然后即可看到,被修改区域通过三维变换映射回透视场景图时,正好填充在用户定义的区域(图版 I 图 2(b)).由此可见,用户可通过透视投影视图来确定纹理属性,即以映射结果来确定和修改纹理图,这样即避免了被修改的原始纹理图由于参数化过程所导致的映射结果的不确定性.

实验使用的主机为 Digital Alpha 600A Personal-WorkStation,显示系统支持 24bit 真彩色,并支持

OpenGL 加速,软件平台为 NT4.0,同时采用 OpenGL 库函数进行纹理映射,其一次完整实验操作平均需 0.029s.结果见图版 I 图 1、图 2 所示.

实验是采用位图的方式来储存信息纹理图和信息缓冲器中的象素彩色信息,其程序流程如图 1 所示,计算量集中在映射信息纹理图与重绘场景图上,但映射信息纹理图到信息缓冲器一步,不对每帧画面使用,只对用户进行三维喷绘交互的某一帧使用.

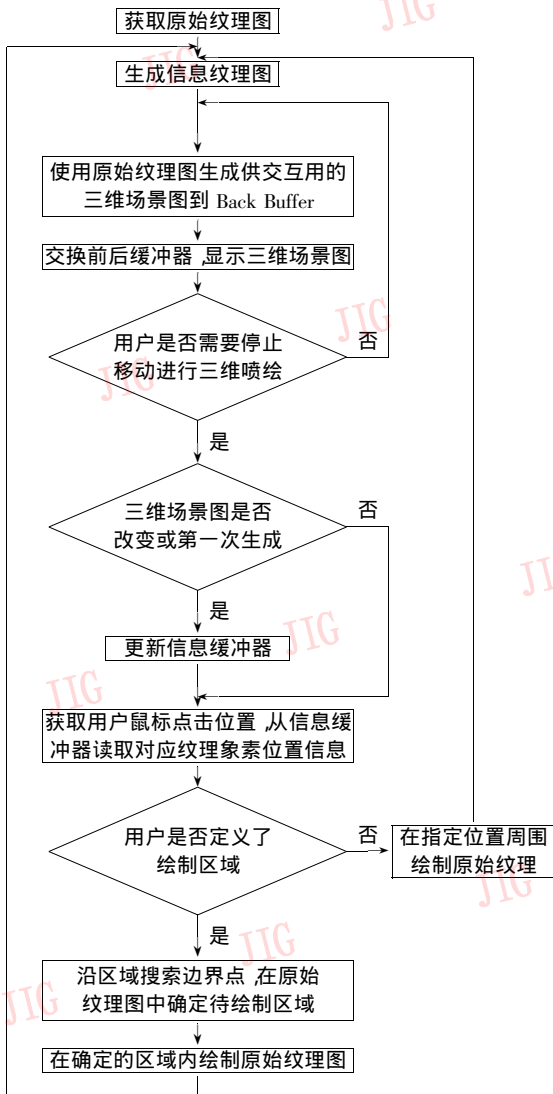


图 1

3 结 论

由于信息纹理图不仅可表示文中所述的纹理坐

标信息,还可表示纹理图视觉特性以外的其他抽象信息(如温度、触觉信号、声音信号,甚至于网络接点信息以及地理信息等),并能赋予三维物体表面更多的不可见信息,而且这类应用多出现在虚拟现实与多媒体技术中,从而使虚拟物体内涵更趋于实际,因此便于一些问题的解决.

同时,由于信息缓冲器也可看作是扩充了的 Z-Buffer,且在程序中可使用同一块内存区域来存储 Z-Buffer 以及信息值,因此有助于更为广泛的应用.

本文提出一种利用附加纹理信息进行三维喷绘的方法,以及信息纹理图与信息缓冲器的相关定义;避免了求解该问题中使用复杂的数学逆运算和建立复杂数据结构的算法重建,并利用成熟算法和技术,提高了交互反应的速度,实现了对三维物体表面纹理的实时喷绘.

参 考 文 献

- 1 Leon Shirman, Yakov Kamen. Fast and accurate texture placement. IEEE Computer Graphics and Applications, 1997, 17(1):60-66.
- 2 李晓梅,黄朝晖等.科学计算可视化导论.长沙:国防科技大学出版社.
- 3 Michel Gangnet, Didier Pemy, Philippe Coueignoux. Perspective mapping of planar textures. Computers and Graphics, 1984, 8(2):115123.
- 4 Bennis C, Vezien J, Iglesias G. Piecewise flattening for nondistorted texture mapping. Computer Graphics, 1991, 25(4):237246.

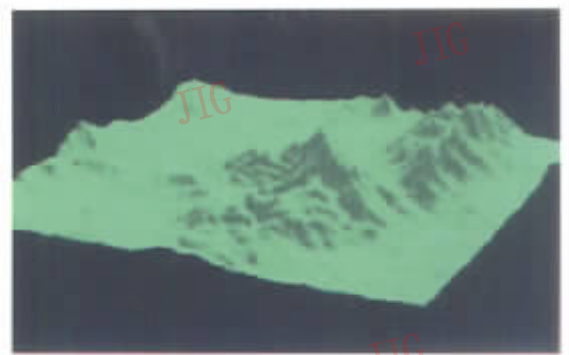
陶午沙 1997 年获国防科学技术大学电子技术系学士学位,现为国防科学技术大学电子科学与工程学院硕士研究生.主要研究方向为计算机图形学、科学可视化、地理信息库等.

蔡宣平 1985 年获国防科学技术大学硕士学位,现为国防科学技术大学电子科学与工程学院教授.主要从事计算机图形学、科学可视化、虚拟现实等计算机应用方面的研究工作.发表论文 30 多篇,专著 2 部.

颜飞翔 1997 年博士毕业于国防科学技术大学.主要研究方向为计算机图形学、科学可视化、图形图象编码等.发表论文 10 多篇.

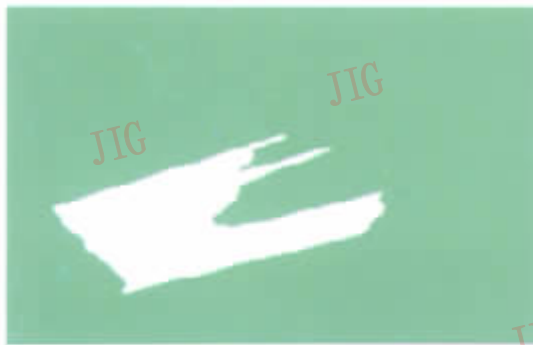


(a) 信息缓冲器中的彩色信息

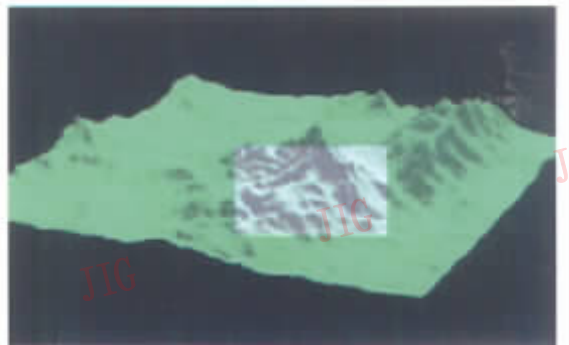


(b) 供用户交互的三维视图

图1 128 × 128 DTM地形数据三维视图及信息缓冲器中的彩色信息



(a) 喷绘后的原始纹理图



(b) 喷绘后的三维视图

图2 (a)中的不规则区域(白色)为用户在(b)中确定的修改区域



(a)



(b)



(c)



(d)

图3 三维视图中确定喷绘区域的人脸纹理喷绘结果图(a)(b)(c)及信息缓冲器中的彩色信息(d)