

# 基于三维纹理场的自然纹理模拟

程 飞

(安徽电子信息职业技术学院电子工程系,安徽 蚌埠 233000)

**摘要:**分析了纹理映射和过程纹理算法在三维形体表面自然纹理绘制的不足,提出了基于真实的纹理照片(样图)构建纹理场,进一步在纹理场中嵌入OBJ形体,通过蚀刻纹理场获得形体表面纹理的方法。该方法具有更好的实时性,更好的适用性,能适合游戏场景的绘图需要。

**关键词:**自然纹理;纹理场;样图;OBJ模型

**中图分类号:**TP391.9    **文献标志码:**A    **文章编号:**1673-1891(2019)01-0070-03

## Natural Texture Simulation Based on 3D Texture Field

CHENG Fei

(Department of Electronic Engineering, Anhui Vocational College of Electronics & Information Technology, Bengbu, Anhui 233000, China)

**Abstract:** The shortcomings of texture mapping and process texture algorithms in rendering natural texture on 3D surface are analyzed. The method of creating a texture field based on real texture pictures (sample), further embedding OBJ objects in the texture field, and obtaining surface texture by etching the texture field is developed. This method is more real-time and applicable and better fit for game picture creations.

**Keywords:** natural texture; texture field; sample pictures; OBJ model

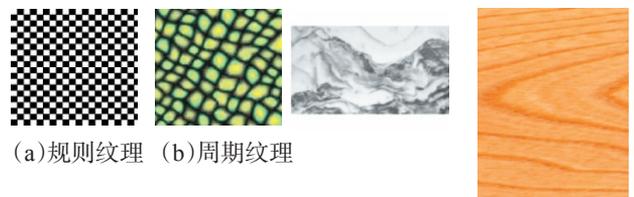
## 0 引言

游戏场景绘制中,三维物体表面的自然纹理的模拟是增加真实感的有效手段,如大理石、木纹等。以目前常用的商业软件为例,一般都采用纹理贴图技术,在三维形体表面贴纹理。本质上,贴图是一种纹理映射技术。而纹理映射技术的应用受限于需要贴图的对象,对于不规则形体的贴图实现较为困难。为此,本文对于不规则形体的表面自然纹理绘制进行研究。

## 1 纹理分类

由于纹理的形式千差万别,对于纹理并无统一的定义。本文将纹理分为:(1)规则纹理,其纹理可以由数学表达式给出,如图1(a)所示的黑白格图片。(2)随机纹理。分为两类,第一类是周期纹理,如图1(b)所示。该纹理表现出一定的周期性和随机性,可以用协方差矩阵计算其横向和纵向周期。第二类为非周期纹理,如图1(c)所示大理石纹理以及木纹,纹理表现出较强的随机性,难以用周期来

表示纹理特征。相当多的自然纹理都属于此类,本文仅对于此类自然纹理进行研究。



(a)规则纹理 (b)周期纹理

(c)非周期纹理

图1 纹理分类

## 2 模型分类

考虑图形学应用的实际,本文将图形学中的形体分为三类:(1)规则形体。包括两类:第一类,由二次曲面描述的形体,如圆柱、圆锥等;第二类,由样条曲面表示的形体,如Nurbs以及Bezier曲面。该形体的表面点坐标可以由数学公式计算得到,可以在绘图框架(本文采用VC++结合OpenGL)下用for语句自动生成。(2)不规则形体。该形体可由造型软件得到,或者由仪器采样得到表面点。其格式可以为OBJ、3ds、dwg等。部分格式的模型的

收稿日期:2018-11-21

基金项目:安徽省教育厅质量工程项目资助(2017zhkt037)。

作者简介:程飞(1970—),男,江苏江都人,副教授,硕士,研究方向:CAD/计算机仿真。

规模有限制(如3ds模型不得大于64k,dwg模型不得超过32767个顶点),一般都将其转化为OBJ格式。其表面点云数据不能用数学形式表达,只能逐点读取。本文仅研究OBJ格式不规则形体。

### 3 自然纹理绘制的常规方法

#### (1)过程纹理方法<sup>[1]</sup>

过程纹理方法通过数学方法建立三维纹理场。三维纹理场本质上是颜色场,三维纹理场以函数 $color(x,y,z)=F(x,y,z)$ 给出,场中每一坐标点对应一个颜色值。然后将形体镶嵌在纹理场中。纹理场应包围三维形体。然后对于纹理场蚀刻,剔除形体外的部分,得到具有表面纹理特征的三维形体。过程纹理方法依赖于纹理场的数学表达,其中的颜色参数需要调整,操作不便。过程纹理方法最大的问题是人工痕迹较重。图2中的Bunny由过程纹理构建,图3由样图构建,图3的真实感明显优于图2。

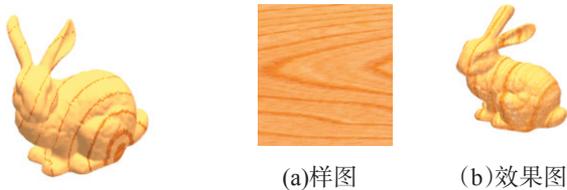


图2 过程纹理效果图

图3 基于样图的纹理效果

#### (2)纹理映射方法<sup>[2][3]</sup>

纹理映射算法为大多数的商业软件所采用的,目前仍是一种主流的绘制方法。纹理映射算法从一幅样图出发,建立样图上各个像素点(纹理坐标(s,t))与三维表面点(空间点坐标(x,y,z))的对应关系。绘制三维形体的时候,其表面点的颜色由对应样图像素点给定。纹理映射方法具有如下特点:(1)纹理映射算法对于规则形体有效。对于圆柱、圆锥等二次曲面,其表面点坐标可以自动计算生成,利用此坐标可以快速计算纹理坐标 $(s,t)=f(x,y,z)$ ,取 $color(s,t)$ 为该点的颜色绘图。映射函数给定,颜色值也可以自动计算生成。对于样条类曲面,以4X4个型值点的bezier曲面为例,可以采用OpenGL应用内置evaluator自动计算插入点的纹理坐标,进一步获得颜色值。(2)纹理映射方法对于特殊格式的不规则形体有效,如3ds模型。3ds本身带有(u,v)纹理坐标,可以直接计算样图的纹理坐标(s,t)。但是纹理的分辨率和纹理的方向难以控制。(3)纹理映射算法对于OBJ格式的形体难以奏效。以本文使用的Bunny模型为例,模型具有34838个顶点,69452个面。由于OBJ形体不具有纹理坐标,且点

云数据没有统一的数学表达式可用于坐标计算,不可能为其中的每个散点都指定对应的样图纹理坐标,也就无法进行贴图操作。

### 4 基于样图和三维纹理场的自然纹理模拟

在分析上述两种纹理算法的基础上,本文提出一种基于样图和三维纹理场的自然纹理模拟方法。具体算法是:首先给出样图,通过样图构建纹理场,在纹理场中嵌入OBJ模型。蚀刻纹理场,得到具有表面纹理的三维图形。下面以大理石的纹理图片和Bunny模型(OBJ格式)为例,说明该算法流程。

#### (1)样图处理

首先读取样图(如图4(a)所示),按行列逐个提取其中像素点,并将其存入数组。关键代码如下:

```
void BuildTexture(char *szPathName)//获取图片, *szPathName为图片地址
{
    HRESULT hr = OleLoadPicturePath(wszPath, 0, 0, 0, IID_IPicture, (void**)&pPicture);//打开图片文件
    .....
    IWidthPixels=MulDiv(IWidth,GetDeviceCaps(hdcTemp, LOGPIXELSX), 2540); //取得IPicture宽度(转换为Pixels格式)
    IHeightPixels =MulDiv(IHeight, GetDeviceCaps(hdcTemp, LOGPIXELSY), 2540); //取得IPicture高度(转换为Pixels格式)
    .....
    for(long i = 0; i < IWidthPixels ; i++)//循环遍历所有的像素
    {
        for(long j = 0; j < IHeightPixels; j++)
        {
            xiangsu[i][j][0]=int(pPixel[0]); //将图片的R值存入xiangsu[i][j][0]
            xiangsu[i][j][1]=int(pPixel[1]); //将图片的G值存入xiangsu[i][j][1]
            xiangsu[i][j][2]=int(pPixel[2]); //将图片的B值存入xiangsu[i][j][2]
        }
    }
}
```

#### (2)构建纹理场

以大理石为例,在某一方向上,大理石的各个切片的纹理基本类似(如图4(b)所示)。因而,可以将纹理场理解为纹理图片在某一方向的拉伸。将像素点理解为正方形,将正方形按某一方向拉伸,得到纹理场。

```
void huiwenlichang()
```

```

for(int i = 1; i < tupianchang-1 ; i++) // 循环遍
历所有的像素
{ for(int j = 1; j < tupiankuan-1; j++)
{ glColor3ub(xiangsu[i] [j] [0], xiangsu[i] [j] [1],
xiangsu[i][j][2]);
DrawCube(0.0002,0.0002,0.15);}}}

```

### (3)导入 OBJ 模型

这里采用文献[4]的方法,不再赘述。导入的 OBJ 模型要进行缩放,以适应纹理场的大小。其表面点三维坐标的取值范围为  $[-0.2 < x < 0, 0 < y < 0.2, -0.2 < z < 0]$ , 将其变换到  $[0 < x < 20, 0 < y < 20, 0 < z < 20]$ 。

```

int cccc=100;
int xx=int(floor((P_Object->P_Verts[vertIndex].
x+0.2)*cccc));//规格化以及缩放
int yy=int(floor( P_Object->P_Verts
[vertIndex].y*cccc));
int zz=int(floor( (P_Object->P_Verts
[vertIndex].z+0.2)*cccc));

```

### (4)纹理蚀刻

需要对于表面点数据进行规格化,并根据实际绘图要求确定缩放比例。这里关键代码如下:

```

glBegin(GL_TRIANGLES); //绘制三角面片
for (int j=0; j<P_Object->Num_Faces; j++)// 遍历所有的面,
{for (int index=0; index<3; index++) // 遍历面上的顶点
{int vertIndex = P_Object->P_Faces[j].vertIndex
[index];//取得面顶点的索引值 x=P_Object->
P_Verts[vertIndex].x;
y=P_Object->P_Verts[vertIndex].y;
z=P_Object->P_Verts[vertIndex].z;
int x0=int(floor((x+0.1)/0.2*tupianchang));
int y0=int(floor((y)/0.2*tupiankuan));
glColor3ub(xiangsu[x0][y0][0], xiangsu[x0][y0]
[1], xiangsu[x0][y0][2]); glVertex3f(P_Object->
P_Verts[vertIndex].x, P_Object->P_Verts[vertIndex].
y, P_Object->P_Verts[vertIndex].z); // 绘制顶点
} } glEnd(); // 结束绘制

```

### 参考文献:

[1] Tomas Akenine-moller. 普建涛译. 实时计算机图形学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004.  
[2] 胡中天, 叶绿. 实时交互式三维模型纹理映射算法[J]. 浙江科技学院学报, 2017, 29(3): 206-213.  
[3] 吴斌, 孙显, 王宏琦, 等. 一种三维建筑物模型自动纹理映射方法[J]. 遥感信息, 2017, 32(2): 66-70.  
[4] 李胜睿. 计算机图形学实验教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

(责任编辑: 曲继鹏)

绘制效果如图 4(c)所示。

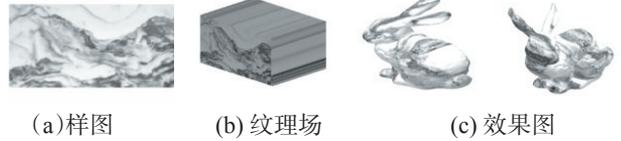


图 4 不规则纹理场绘制效果

### (5)绘制加速

实验表明,在 OpenGL 框架内绘制图形的速度远大于从外部导入数据绘制图形的速度。因而,采用对于给定的样图与 OBJ 模型数据预处理的方法实现加速绘制。即首先在 VC 语言下将样图导入,放在一个四维数组  $point[index][x][y][z]$  中 ( $index$  为点的序号,后三个量为坐标),读出为 txt 文件。进一步转化为头文件  $sample.h$ 。OBJ 模型同样处理为  $Bunny.h$ 。最后将这两个文件 include 进主程序。本文使用的 Bunny 具有 34 838 个顶点,69 452 个面。样图大小  $1\ 024 \times 726$ , 在 Pent T4200 处理器上外部导入方法的绘制时间为 8.7 s; 而采用框架内处理的方法绘制时间为 2.1 s。

## 5 小结和推广

实验表明,基于样图和纹理场的自然纹理绘制方法,绘制效果明显优于纹理贴图和过程纹理算法。能有效克服纹理映射的接缝不连续问题,能够克服过程纹理的人工痕迹问题。该方法不仅对于自然纹理有效,对于特殊的周期性纹理也能发挥作用。如图 5 所示,该图显示了该方法绘制的砖墙纹理 Bunny (纹理映射方法会产生扭曲,过程纹理方法难以生成真实感的墙面纹理)。该方法还可以调整形体在纹理场中的位置,实现形体表面不同方向的纹理。其加速方法具有实时性的特点,与以往算法相比较,具有较为广泛的适用性。在大规模游戏场景绘制中,该方法是刻画自然纹理的有效方法。

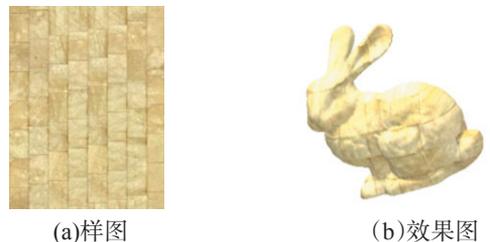


图 5 砖墙纹理 Bunny