

# 一个表现风吹树动的计算机动画模型

孙建发 王钺旋 庞云阶

(吉林大学计算机科学系, 长春 130023)

**摘要** 提出一个可用于计算机动画中以自然为背景生成的表现风吹树动的模型, 该模型将矢量合成处理结合到三维树木的递归生成过程中, 能简便地得到有较好效果的动画系列画面。

**关键词** 树, 矢量合成, 分形造型, 计算机动画

## 1 引言

在以自然景物为背景的动画画面中经常要表现出风吹树动的效果, 应用手工方法绘制或用计算机辅助方法生成这类画面时, 通常使用插补方法生成, 该方法生成动画的速度较快, 但有时给人感觉比较生硬; Morphing 是一种二维动画的生成方法, 该方法需要选择两幅结构相似的画面, 然后根据其对应关系对各象素的位置与颜色作相应的变换, 但其不适用于三维动画制作; FFD 方法<sup>[1]</sup>是一种自由变形方法, 每一帧画面的生成都由参数控制, 这些参数可以控制物体的平移、旋转和比例缩放, 将之称为因子。该方法将因子曲线作为可变参数来控制动画的生成。

应用分形方法能够较好地表现静止的三维树木的形态<sup>[2,3]</sup>, 分形造型方法应用于三维树木造型是使用了一个递归细分的过程。如果在此过程中结合一个矢量合成的处理, 便能够简便的表现出风吹树动的效果。本文给出了模型的建立和实现的方法。

## 2 三维树木的递归生成算法

Tree\_generate( $V, P_i, D_i, M_i, \theta_i, i$ )

(1) if ( $i = 0$ ) {画出树叶, return;}

(2) 相对观察位置  $V$ , 从分枝点  $P_i$ , 沿分支方向  $d_i$ , 绘制第  $i$  层的一根树枝;

(3) 按照本层分枝数  $M_i$  和分枝角  $\theta_i$  计算出下一个分枝点  $P_{i-1}$  和  $M_{i-1}$  个分枝方向;

(4) 对每一个分枝方向进行一次矢量合成处理, 得到新的分枝方向  $e_1, e_2, \dots, e_{m_{i-1}}$ ;

(5) for ( $i = 1; i \leq m_{i-1}; i++$ )

Tree\_generate( $V, P_{i-1}, d_{i-1}, m_{i-1}, \theta_{i-1}, i-1$ )

算法中  $V, P_i, M_i, \theta_i$  和  $i$  应按照希望生成树木的形状事先确定并作为输入。

本文所要讨论的问题是算法中的第 4 步, 即如何在树的分枝方向上附加一个表现风的矢量来表现风吹树动的效果。

## 3 风吹树动的模型

### 3.1 分枝方向的基本矢量合成计算

设没有风吹作用时原分枝方向单位矢量为  $N_1$ , 风吹方向为单位矢量  $N_2$ ,  $N_3$  为经风吹后分枝方向的单位矢量, 则:

$$N_3 = N_1 + N_2 \quad (1)$$

这里没有考虑风的大小。

### 3.2 一根树枝上每小段分枝方向的矢量合成计算

设树干是由圆台来造型的。下面所要提到的枝干粗细是指圆台的底面半径。在不考虑风的作用和树枝本身的自然弯曲时, 同一根树枝上的每小段的

分枝方向应当是相同的,但在引入风的作用时,不同小段的分枝方向就互不相同了,这最主要是因为每个小段离分枝点的远近不同和倔强系数不同而对风所起的反应不同。于是根据式(1)计算每段的分枝方向矢量的合成公式为:

$$N_3 = N_1 + a * width\_per * N_2 \quad (2)$$

式中,  $a$  是控制系数,用于表现风的大小;  $width\_per$  是每小段的粗度系数,它的值是当前小段的粗度与该树枝上最粗小段的粗度之比。该参数描述了各小段之间的倔强系数之比。

### 3.3 一簇树枝及树的分枝方向矢量合成计算

由于树中各枝干的分枝点不同,倔强系数的不同以及枝叶之间的相互遮挡,所以不同树枝对于风的反应也互不相同。

设树枝的原分枝方向单位矢量为  $N_1$ ,风的方向单位矢量为  $N_2$ ,表现风的大小的控制系数为  $\alpha$ ,根据式(1),分枝方向的矢量合成公式为:

$$N_3 = N_1 + \alpha * Rand() * shade * level\_per * N_2 \quad (3)$$

式中,  $Rand()$  是一个取值在  $[0, 1]$  上的随机数,用于表现树枝由于各种因素而对风的反应所起的微小变化;  $shade$  是遮挡系数,即由于当前树枝受到其它树枝和树叶的遮挡而使其对风的反应的变化。该值是按如下计算到的,首先按风的方向对树上的所有树枝进行排序,如果该树枝没有受到其它枝叶的遮挡,则  $shade$  取值为 1;如果该树枝受到了除该枝以外其它所有树枝的遮挡,则  $shade$  取值为  $Con\_Sha$ ,  $Con\_Sha$  是一个小于 1 的正常数,该值可根据不同的实际情况作不同的选择。对于非上述的两种情况,  $shade$  是以遮挡该树枝的树枝数和树枝总数在  $[Con\_Sha, 1]$  上插值获得的。  $level\_per$  是层数系数,其可以描述不同层之间树枝的倔强系数之比,该值是当前树枝所处的层数与树的总层数的比值。

将式(2)与式(3)联合就得到了绘制树枝上每一小段的分枝方向的矢量合成公式。

$$N_3 = N_1 + \alpha * (width\_per + Rand() * shade * level\_per) * N_2 \quad (4)$$

### 3.4 树叶上应用矢量合成计算

由于树叶受到风的影响时所表现出的反应比树枝敏感,所以在式(4)的基础上加一个调整系数  $\beta$ ,便可得树叶的矢量合成公式:

$$N_3 = N_1 + \alpha * (max\_width\_per + Rand() * shade * max\_level\_per + \beta) * N_2 \quad (5)$$

式中  $max\_width\_per$  和  $max\_level\_per$  是诸  $width\_per$  和  $level\_per$  值中最大的;  $shade$  可以取值 1;  $\beta$  的取值可以根据实际的画面效果作些调整,但最好位于  $[0, 0.1]$  上。

### 3.5 风吹树动模型应用于动画制作

本文中所提出的风吹树动模型是用控制系数  $\alpha$  来模拟风的大小,这样可以将  $\alpha$  作为因子来生成动画的系列画面。

#### 3.5.1 空间因子曲线

实际中,风在同一时间对同一空间中的不同物体或同一物体的不同部分的影响不完全一样,本文用空间因子曲线来模拟这一现象。具体作法是构造以空间位置为自变量,  $\alpha$  为值变量的函数,即  $\alpha = f(x, y, z)$ ,从而可由树中各枝干,树叶的空间位置得到其  $\alpha$  的值。

#### 3.5.2 时间因子曲线

实际中,风在不同时间上对处于空间同一位置的物体的影响不完全相同,本文用时间因子曲线模拟这一现象,即构造以时间  $t$  为自变量,  $\alpha$  为值变量的函数  $\alpha = f(t)$ ,从而可以生成树在风中运动的动画系列画面。  $f(t)$  可以根据实际画面背景的要求选取。图 1 中的各图是由正弦形的时间因子曲线生成的。

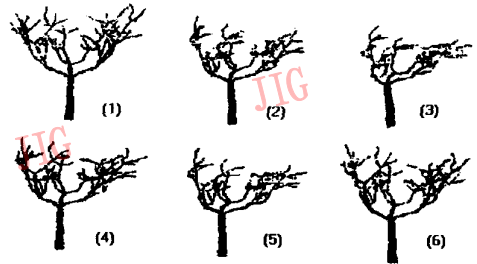


图 1  
Fig. 1

## 4 结 论

本文提出了一个表现风吹树动的动画模型,该方法应用于三维动画制作中既有计算的简单快捷性又比一般插补方法更具有真实感,而且用户也易于控制,事实上用户只需要将表现风的大小的参数  $\alpha$  作改变,就可以生成逼真的动画,因此非常适于动画系统。这一工作已在 SUN 上实现。

## 参考文献

- 1 Sederberg T W, Parry S R. Free-form deformation of solid geometric models C. G. 1986, 20(4):151~160.
- 2 黄希研, 李锦涛, 刘园香. 园林植物三维造型计算机工程. 中国计

- 算机学会 CAD/CG'94 学术年会论文专刊 1994, 632~638.
- 3 Przemyslaw Prusinkiewicz, Arisittid Lindenmayer. Developmental Models of Herbaceous Plants for Computer Imagery Purposes C. G. 1988, 22(4):141~149.



孙建发, 吉林大学计算机图形学研究室硕士研究生。主要研究领域包括计算机图形学、图形图象处理、CAD 等。

## A Computer Animation Model Represents Waving Trees In Winds

Sun Jianfa, Wang Zhengxuan, Pang Yunjie

(The Computer Department of Jilin University, Changchun 130023)

**Abstract** This paper presents a model applying for the background in computer animation, which represents waving trees in winds. The model combines vector composition technology with the recursive growing process of the 3D trees and achieves easily animation pictures of better effect.

**Keywords** Tree, Vector composition, Fractal model, Computer animation

### 新书推荐

## 《OpenGL 编程指南》

孙绍麟 费月娥 编译

全书共十二章,三个附录,16开,300页。全面、深入、详细地讨论了 OpenGL 编程中的实际问题,对 OpenGL 编程人员极具参考价值。

内容包括:绪论,绘几何对象,坐标变换,显示表,颜色,光照,混合、反走样和雾,绘象素、位图、字体和图象,纹理映射,帧缓存,鉴别器和 NURBS,选择和反馈,附录 1,2,3。定价:48 元

邮购:《中国图象图形学报》读者服务部(100088,北京海淀区花园路 6 号,  
电话:62378784,联系人:李如珍)