

基于 Opengl 的 3D 果实造型研究

王景波, 陆 玲

(东华理工大学信息工程学院, 抚州 344000)

摘 要:以 Opengl 为基础的开发环境,对多种水果果实进行 3D 造型研究,并实现动态仿真。以一种典型的几何纹理算法 Blinn 算法对不同果实进行 3D 造型,针对果实生长不同阶段的特性建立数学模型,基于数学模型在 Opengl 环境下实现了静态造型和动态仿真。结果表明,该造型算法效率高,具有良好的造型效果。

关键词:Blinn 算法;几何纹理;扰动;数学模型;动态仿真

Research on 3D Modeling of Fruits Based on Opengl

WANG Jing-bo, LU Ling

(College of Information Engineering, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000)

【Abstract】This paper researches on the 3D model of fruits and achieves real-time dynamic emulation based on Opengl development environment. It depends on the a typical geometric texture algorithm called the Blinn algorithm to design the different mathematical model and achieve the statical model and dynamical emulation in the different growth stage of the fruits. Result shows that the modeling algorithm is efficient and has good effect.

【Key words】Blinn algorithm; geometric texture; perturbation; mathematical model; dynamic simulation

1 概述

随着仿真、虚拟实现、虚拟制造等应用的日益增多,对真实感图形的需求也大大增加。在计算机中真实地模拟实物的三维造型已经成为各个领域的需要。本文利用 Blinn 算法对植物果实进行三维造型,并在 Opengl 开发环境中实现动态仿真,重点对核桃、苹果、桃子等 3 种水果果实进行了模拟造型研究。

2 Blinn 算法的原理

Blinn 纹理映射技术^[1]主要是模拟表面凹凸不平的效果,其原理通过对物体表面各采样点的位置做微小扰动来改变表面的微观几何形状,引起物体表面的法向量的扰动,从而产生表面凹凸不平的真实感效果,下面对 Blinn 算法进行分析。

(1)设物体表面由下述参数方程来定义:

$$Q=Q(u, v)$$

其中, Q_u, Q_v 分别为 Q 沿 u, v 方向的偏导数,则表面在任一点 (u, v) 处的单位法向量为

$$N=N(u, v)=Q_u \times Q_v / |Q_u \times Q_v|$$

(2)在景物表面每一点处沿其单位法向量增加一个小的扰动函数:

$$Q(u, v)=Q(u, v)+P(u, v)N$$

其中, $P(u, v)$ 为扰动函数,假设它是一个连续可微函数,则上述表达式可写为

$$Q^{\prime}u=Q_u+P_uN+PN_u$$

$$Q^{\prime}v=Q_v+P_vN+PN_v$$

由于扰动函数 $P(u, v)$ 非常小,因此上述 2 式的最后一项可略去。这样扰动后的表面法向量可近似表示为

$$N^{\prime}=Q^{\prime}u \times Q^{\prime}v=Q_u \times Q_v+P_u(N \times Q_v)+P_v(Q_u \times N)$$

此即 Blinn 的法向扰动公式。

3 生长造型建模

3.1 果实生长初期造型

核桃、苹果、桃子 3 种水果在生长初期^[2](也叫幼果期),

果实形状均呈偏球形。这个阶段的果实数学模型如下:

$$\begin{aligned}x &=k_1 \times R \times \sin(u) \times \cos(v) \\y &=k_2 \times R \times \cos(u) \\z &=k_3 \times R \times \sin(u) \times \sin(v)\end{aligned}\quad (1)$$

本模型以球为基本模型^[3],对其三维进行比例控制。其中, k_1, k_2, k_3 为果实生长初期的三维方向的比例系数 $k_1:k_2:k_3=1:1.7:1$; $u \in [0, \pi]$; $v \in [0, 2\pi]$ 为纬向和经向的角度; R 为全局变量在该阶段同时控制果实半径的增长。在时间函数下定义 $R=R+\Delta R_1$, ΔR_1 为该阶段果实半径的增长量。

3.2 果实生长中期造型

核桃、苹果、桃子 3 种水果除核桃外在生长中期(也叫膨大期^[2]),果实迅速成长,形状发生变化,3 种水果在形状上面表现出来的不同也越来越明显。在这个过程中进行数学建模,除了要选取合适的三维比例系数外,还需要选取合适的扰动函数。

(1)核桃这个时期的形状基本呈球形,无需进行扰动。其数学模型如下:

$$\begin{aligned}x &=k_1 \times R \times \sin(u) \times \cos(v) \\y &=k_2 \times R \times \cos(u) \\z &=k_3 \times R \times \sin(u) \times \sin(v)\end{aligned}\quad (2)$$

其中, k_1, k_2, k_3 为果实生长初期的三维方向的比例系数 $k_1:k_2:k_3=1:1.1:1$; $u \in [0, \pi]$, $v \in [0, 2\pi]$ 为纬向和经向的角度; R 为全局变量在该阶段同时控制果实半径的增长。在时间函数下定义 $R=R+\Delta R_2$, ΔR_2 为该阶段果实半径的增长量。

(2)苹果的横向切面基本呈圆形,无需干扰。苹果两端向里凹陷,且干扰幅值较小,采用以 e 为底的指数函数在 w 方

基金项目:江西省自然科学基金资助项目(2007GZS0472)

作者简介:王景波(1981-),男,硕士研究生,主研方向:计算机图形学,三维造型;陆玲,教授

收稿日期:2009-11-13 **E-mail:** flyingleo1981@sohu.com

向进行干扰, 并对该函数取负值。扰动函数^[4]如下:

$$\text{dist}(u,v)=-R/100 \times e^{2u}$$

其数学模型如下:

$$\begin{aligned} x &= k_1 \times R \times \sin(u) \times \cos(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_1) \\ y &= k_2 \times R \times \cos(u) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_2) \\ z &= k_3 \times R \times \sin(u) \times \sin(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_3) \end{aligned} \quad (3)$$

其中, k_1, k_2, k_3 为果实生长初期的三维方向的比例系数 $k_1:k_2:k_3=1.2:1.1:1$; $u \in [0, \pi]$, $v \in [0, 2\pi]$ 为纬向和经向角度; $\cos(s_1), \cos(s_2), \cos(s_3)$ 为该点的方向余弦函数; R 为全局变量在该阶段同时控制果实半径的增长。在时间函数下定义 $R=R+\Delta R_2$, ΔR_2 为该阶段果实半径的增长量。

(3) 桃子的下端凹进, 上端凸出, 外型沿 w 方向有一个凹进效果。根据桃子的下端凹进特征, 对球面沿 u 参数向物体内部方向进行负指数扰动:

$$\text{dist}_1(u)=-R/100 \times e^{-2u}$$

根据桃子的上端凸出特征, 对球面沿 u 参数向物体外部方向进行正指数扰动, 扰动函数为

$$\text{dist}_2(u)=R/100 \times e^{2u}$$

另外根据桃子外型沿 w 方向的凹进效果, 对球面沿 w 参数的扰动函数为:

$$\text{dist}_3(u,v)=R/100 \times \sin(v/2) |\cos(u)| e^{|\sin \pi|/20}$$

因此, 桃子的总凹凸扰动函数为

$$\text{dist}(u,v)=\text{dist}_1(u)+\text{dist}_2(u)+\text{dist}_3(u,v)$$

其数学模型如下:

$$\begin{aligned} x &= k_1 \times R \times \sin(u) \times \cos(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_1) \\ y &= k_2 \times R \times \cos(u) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_2) \\ z &= k_3 \times R \times \sin(u) \times \sin(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_3) \end{aligned} \quad (4)$$

其中, k_1, k_2, k_3 为果实生长初期的三维方向的比例系数 $k_1:k_2:k_3=1.6:1.2:1$; $u \in [0, \pi]$, $v \in [0, 2\pi]$ 为纬向和经向角度; $\cos(s_1), \cos(s_2), \cos(s_3)$ 为该点的方向余弦函数; R 为全局变量在该阶段同时控制果实半径的增长。在时间函数下定义 $R=R+\Delta R_2$, ΔR_2 为该阶段果实半径的增长量。

3.3 果实成长后期造型

核桃、苹果、桃子 3 种水果除核桃外在生长后期(也叫成熟期), 果实因已经成型没有太大变化。在这个过程中进行数学建模, 核桃的建模需要选取合适的扰动函数, 而苹果和桃子均采用中期的数学模型。

核桃在后期特别是外层软皮褪去之后, 在经向和纬向都呈现明显的凹凸状, 可以沿经向和纬向同时做扰动^[4]。

沿经向的扰动函数如下:

$$\text{dist}_1=R/100 \times (\cos(3.5 \times v) + \sin(7.5 \times v))$$

沿纬向的扰动函数如下:

$$\text{dist}_2=R/100 \times \sin(7.5 \times u)$$

因此, 总的扰动函数如下:

$$\text{dist}(u,v)=\text{dist}_1(v)+\text{dist}_2(u);$$

其数学模型如下:

$$\begin{aligned} x &= k_1 \times R \times \sin(u) \times \cos(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_1) \\ y &= k_2 \times R \times \cos(u) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_2) \\ z &= k_3 \times R \times \sin(u) \times \sin(v) + \text{dist}(u,v) \times \cos(s_3) \end{aligned} \quad (5)$$

其中, k_1, k_2, k_3 为果实生长初期的三维方向的比例系数 $k_1:k_2:k_3=1:1:0.9$; $u \in [0, \pi]$, $v \in [0, 2\pi]$ 为纬向和经向的角度; $\cos(s_1), \cos(s_2), \cos(s_3)$ 为该点的方向余弦函数; R 为全局变量在该阶段同时控制果实半径的增长。在时间函数下定义 $R=R+\Delta R_3$, ΔR_3 为该阶段果实半径的增长量。

4 基于 Opengl 的果实造型实现

在 Opengl 环境中, 首先建立球模型, 在球模型的建模过程中, 采用了分片的方式。这里绘制的球, 其实是个球面。

把球面看成是由很多个小的四边形平面构成的, 这样就可以通过绘制这些小的四边形平面来构成整个球面。而对于两极部分, 需要用三角形将球面两端封起来, 如果把这些三角形看作是有 2 个顶点重合的四边形, 问题就得到进一步的简化。因此, 只需知道球面上一系列点的空间坐标, 就可以利用这些点来绘制四边形从而得到整个球面。

然后对球面进行扰动, 逐步形成需要的模型, 在扰动完成后通过 Opengl 纹理^[5]实现果实的绘制。在绘制过程中, 设置纹理坐标^[5]和点的三维坐标, 结果如图 1~图 4 所示。



图 1 核桃模型



图 2 苹果模型



图 3 桃子模型



图 4 苹果点阵图

图 1~图 4 中核桃模型相关的主要参数(以 Opengl 中的单位为标准): 半径 R 为 26.0 mm, 比例系数 $k_1:k_2:k_3$ 为 1:1:0.9, 干扰函数 $\text{dist}(u,v)$ 为 $(R/100) \times (\cos(3.5 \times u - 0.3) + \sin(7.5 \times u - 0.3) + \sin(3.5 \times v - 0.3) + (R/200) \times \sin(15 \times v) \times \cos(15 \times u))$; 苹果模型相关主要参数(以 Opengl 中的单位为标准): 半径 R 为 49.0 mm, 比例系数 $k_1:k_2:k_3$ 为 1.2:1.1:1, 干扰函数 $\text{dist}(u,v)$ 为 $(R/150) \times (\text{pow}(0.3, v) + \text{pow}(0.3, u)) - (R/10) \times \sin(u/2) \times \text{fabs}(\cos(v) \times \text{pow}(0.3, \text{fabs}(u - \pi)))$; 桃子模型相关的主要参数(以 Opengl 中的单位为标准): 半径 R 为 43.0 mm, 比例系数 $k_1:k_2:k_3$ 为 1.6:1.2:1, 干扰函数 $\text{dist}(u,v)$ 为 $-(R/10) \times \text{pow}(0.3, u)$ 。

5 结束语

本文在 Opengl 的环境中实现了对几种果实的造型, 在 Opengl 环境中可以比较方便地对物体进行造型, 大大节约了时间, 提高了效率。本方法中引用了 Blinn 算法思想, 利用它对原模型进行大幅度的适当扰动, 生成新的模型。该方法的关键点在于找到合适的干扰函数并确定其相关参数。可惜的是现在还没有具体的方法可以快速地找到合适的函数, 大都采用实验的方法寻找扰动函数。这种造型算法效率高, 具有良好的造型效果; 特别是针对瓜果模型及其生长模拟, 实现简单且对虚拟果实造型提供了具有实际应用价值的研究方法, 同时在流行的游戏领域也有参考价值。

参考文献

- [1] 吴家铸, 党 岗, 刘华峰, 等. 视景仿真技术及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [2] 郭 炎, 李保国. 虚拟植物的研究进展[J]. 科学通报, 2001, 46(4): 273-280.
- [3] 刘晓东, 楚丽平. 一个虚拟农作物实验平台的构架和实现[C]//中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会论文集. 北京: 中国农业出版社, 2003: 198-205.
- [4] 刘 威, 陈宝雯. 具有植物真实性的植物几何造型与图像生成[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 405-452.
- [5] 和平鸽工作室. OpenGL 三维图形系统开发与实用技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

编辑 索书志