

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.03.036

半透明植物花朵可视化造型研究*

陆玲¹ 杨学东² 王蕾¹

(1. 东华理工大学信息与电子工程学院, 抚州 344000; 2. 里贾拿大学计算机科学系, 里贾拿 S4S 0A2, 加拿大)

【摘要】 提出了一种简单易行的半透明植物花朵造型方法。花朵各组成部分几何模型由基本规则形状变形得到, 根据花被的分布特征, 利用花瓣间距计算半透明阴影分布。花瓣的间距基于图像空间实现, 通过多次投影将三维空间的运算转化为二维问题, 使用多缓冲区记录花瓣间的关系, 最终实现半透明花朵的可视化三维图形。本方法的特点是建模速度快, 水仙花朵模拟结果表明效果较好。

关键词: 花朵 可视化 半透明模型

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)03-0173-04

Research on Visualization Model for Translucent Flower

Lu Ling¹ Yang Xuedong² Wang Lei¹

(1. School of Information and Electric Engineering, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China

2. Department of Computer Science, University of Regina, Regina S4S 0A2, Canada)

Abstract

A simple modeling method for translucent flower was presented. The geometric model for flower can be built through change basic shape. According to the distribution feature of floral envelope, the distance between petals to calculate translucent shadow distribution was used. 3-D space question was changed to 2-D space question thought many times mapping and many buffer zone. With this method the modeling can be quickly realized and the experiment results showed the simulation effect is better.

Key words Flower, Visualization, Translucent modeling

引言

花由花瓣、花托、花梗、雌蕊与雄蕊等部分组成, 而每部分又各自具有多种三维形态, 且结构错综复杂。因此研究花的可视化造型是计算机图形学三维造型中的一项艰巨工作之一。目前相对植物树及树叶的三维造型而言, 国内外研究植物花的三维造型相对较少。

Ijiri^[1]使用植物学结构约束设计了一个基于用户交互的花朵建模软件, 该软件中的花瓣生成过程是先由用户输入花瓣的轮廓, 然后通过变形形成最终花朵。秦培煜等^[2]利用 Bezier 曲面与 L 系统对花朵进行造型。Ijiri 等^[3]提出一种生物机制建立动画开花的方法, 根据观察开花主要由细

胞膨胀引起, 使用弹性的三角网格表示花瓣和通过生长每个三角区域模仿其生长。本文利用变形技术^[4], 综合现有阴影生成方法^[5], 实现半透明花的可视化自动造型。

1 植物花朵的几何造型

花朵一般由花梗、花托、花萼、花冠、雄蕊群与雌蕊群等几部分组成。花梗是着生花的长轴状结构, 可以把花展布于一定的空间位置, 可通过圆柱变形得到^[6-7], 如图 1 所示。

花托是花梗顶端着生花萼、花冠、雄蕊群与雌蕊群的部分, 花托在不同的植物中会出现不同的形状, 如棒状、圆锥形、凹陷杯状等, 如图 2 所示。棒状可用长椭球模拟, 圆锥状可以用圆锥参数方

收稿日期: 2009-06-01 修回日期: 2009-07-14

* 江西省自然科学基金资助项目(2007GZS0472)和江西省教育厅 2008 年科技计划项目(GJJ09262)

作者简介: 陆玲, 教授, 主要从事三维物体可视化研究, E-mail: luling@ecit.edu.cn

程表示,杯状花托可通过两次变形得到,第1次是对椭球进行两个不同幅度的半周期正弦函数的变形,第2次是将上部小幅度变形的部分再延伸变形到下部的内部,如图3所示。

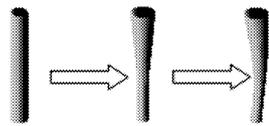


图1 圆柱变形到花梗的过程图

Fig.1 Deformation process from a cylinder to a pedicel

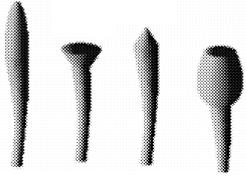


图2 不同形状的花托
Fig.2 Toruses of different shape

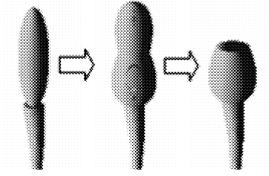


图3 杯状花托生成过程图
Fig.3 Forming process of a cuppy torus

一朵花内的所有雌蕊总称为雌蕊群,雌蕊位于花的中央。雌蕊可分为单雌蕊、复雌蕊以及离生单雌蕊,如图4左边是离生单雌蕊,右边两个是不同程度联合的复雌蕊。雌蕊一般由3部分组成:顶部柱头为承受花粉的部位,可用小椭球模拟;底部是子房,最后发育为果实,可用变形的椭球模拟;中部是花柱,是花粉进入子房的通道,可用变形后的圆柱模拟。图4

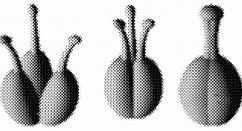


图4 离生单雌蕊与复雌蕊
Fig.4 Apocarpous gynoecium and the compound pistil

4是通过椭球与圆柱变形得到的雌蕊^[7]。

一朵花内的所有雄蕊总称为雄蕊群,雄蕊着生在花冠的内方。每个雄蕊由花丝和花药两部分组成:花丝细长,基部着生在花托或帖生在花冠上,可用稍弯的细圆柱模拟;花药是花丝顶端膨大的部分,可由椭球变形得到。

花萼与花冠的可视化造型在文献[4]中已详细介绍,本文重点介绍半透明花的可视化造型方法。

2 半透明花朵的可视化造型

一个半透明花朵的像片效果图如图5所示,从图中可以看出,花瓣的透明效果通过阴影呈现。对于投影后相同范围的重叠花瓣,阴影强的说明后面的花瓣离前面的花瓣近,如图5中的左下角后面的花瓣,离其前面的两个花瓣比较近;另外,前面花瓣的阴影特征是,边界处的阴影比较清晰,远离边界的阴影逐渐消失,这也说明前面花瓣的边界比花瓣中心离后面的花瓣更近。

2.1 阴影可视化模型设计

从图6中可以看出,一般情况下,对于不同轮的

花瓣,花瓣的边界离后面花瓣的距离比花瓣中心离后面同一个花瓣的距离更近,因此可以用花瓣间的距离控制阴影强弱变化,这个距离可通过沿光线方向的距离来计算。计算假设基于光源在无穷远处,所有光线是平行的。为了避免三维空间计算的耗时,提出多缓存的阴影计算方法。

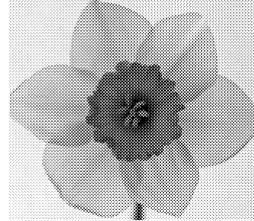


图5 半透明的水仙花图像
Fig.5 Translucent daffodil

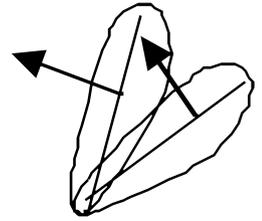


图6 不同轮花瓣的间距状况
Fig.6 Distance situation about different round petals

2.2 阴影的计算方法

半透明效果是在逆光情况下通过阴影产生的,即光源与视点分别在投影面的两侧。因此产生的阴影范围只与光源有关,与视点的关系只是阴影是否可见。如图7所示,某一光线分别经过两个花瓣的A、B点,如果投影线与光线一致,在投影面1处的投影C点会产生半透明阴影。如果投影线与光线方向不一致,则A、B两点投影到投影面2后都可见。A点投影后有阴影,B点投影后无阴影。使用多缓存的方法记录多个投影面的结果具体计算方法如下:

(1)沿视线方向产生深度缓存,此缓冲的每个像素点记录通过该像素与场景中物体相交的最近深度值,即最近交点到视点的距离值,主要用于消除不可见的物体,记录图7中投影面2的可见信息。

(2)沿着光源方向产生两个深度缓存,一个用于存储投影面与最近花瓣的距离。如果有多个花瓣投影到该像素,在另一个深度缓存中记录离投影面最近的两个花瓣的距离。主要用于记录投影面1的信息。这里设花瓣的透明度为0.5,即只能透射一层花瓣的阴影。

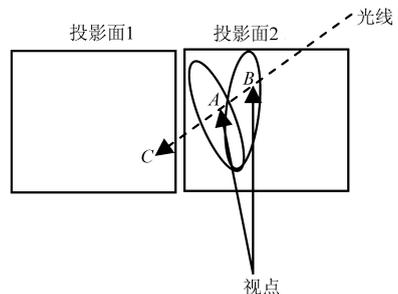


图7 产生半透明阴影示意图

Fig.7 Generation of translucent shadow

(3) 根据 3 个缓存中的值, 可确定物体是否可见以及是否有半透明阴影, 如果可见又有半透明阴影, 根据产生阴影的两个花瓣沿光线方向的距离, 计算出阴影强度。

3 半透明花朵的可视化实例

以水仙花为例说明半透明花瓣产生阴影的具体模拟方法。

3.1 水仙花几何模型

水仙花属石蒜科, 花横向, 花被片 6 枚, 排成 2 轮; 副花喇叭形, 裂端褶皱; 雄蕊 6 枚, 复雌蕊, 如图 5 所示。水仙花的花梗、花托、雄蕊与复雌蕊的几何模型类同前面所述, 这里主要介绍花被与副花几何模型的造型过程。

对于每个花瓣, 其形状类似椭圆, 根据文献[4]的方法, 设计水仙花瓣的过程, 如图 8 所示。

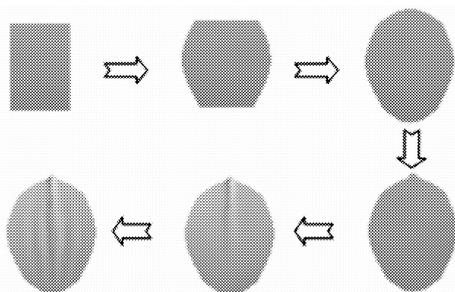


图 8 水仙花瓣设计过程示意图

Fig. 8 Design process of daffodil petal

水仙花瓣的参数函数为^[4]

$$x(u, v) = a_x u + \Delta x + n_x \Delta g$$

$$y(u, v) = b_y v + \Delta y + n_y \Delta g$$

$$z(u, v) = c_z + n_z \Delta g$$

$$(-0.5 \leq u \leq 0.5, 0 \leq v \leq 1)$$

其中

$$\Delta x = 0.5 a_x u \sin(\pi v)$$

$$\Delta y = 0.2 a_x (v - 0.5) \sin(\pi(u + 0.5)) +$$

$$0.1 a_x v \exp(-8 a_x u^2)$$

$$\Delta g = 0.05 a_x v^2 \exp(-10 a_x u^2) +$$

$$0.1 a_x (|u| - 0.5)(1 - |1 - 2v|) \sin(10\pi u)$$

式中 a_x ——花瓣初始矩形形状的宽度(x 方向)

b_y ——花瓣初始矩形形状的高度(y 方向)

c_z ——矩形在 z 方向上的坐标值

(n_x, n_y, n_z) ——点 (x, y, z) 处的法向量

副花可用圆锥进行模拟, 根据其裂端褶皱的特点对圆锥底端进行两次变形。一次是裂端模拟, 沿锥面切向量进行变形; 一次是褶皱模拟, 在锥面底端沿法向量进行变形, 如图 9 所示。

水仙副花的参数函数为

$$x(u, v) = a_x v \cos(2\pi u) + p_x \Delta h + n_x \Delta g$$

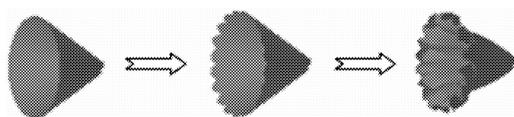


图 9 水仙副花设计过程示意图

Fig. 9 Design process of daffodil sub-petal

$$y(u, v) = b_y v + p_y \Delta h + n_y \Delta g$$

$$z(u, v) = a_x v \sin(2\pi u) + p_z \Delta h + n_z \Delta g$$

式中, (p_x, p_y, p_z) 为点 (x, y, z) 处的切向量, 变形函数为

$$\Delta h = 0.2 a_x v |\sin(20\pi u)|$$

$$\Delta g = 0.2 a_x v^4 |\sin(16\pi u)| + 0.1 a_x \sin(v\pi)$$

3.2 水仙花半透明可视化方法实现

3.2.1 半透明阴影的存储

根据上述的半透明阴影计算方法, 具体实现多缓存半透明花被的伪程序如下:

缓冲区 D1、D2 赋最小值

for(所有花瓣)

{for(花瓣中的离散点 (x, y, z))

{沿光线方向计算 (x, y, z) 到投影面的距离 $d1$ 并投影到 $D1(i, j)$

if($D1(i, j)$ 位置处已有其他花瓣投影)

{if(该花瓣位置比其他花瓣离投影面近 $D1(i, j) > d1$)

{ $d2 = D1(i, j)$

$D1(i, j) = d1$

if($D2(i, j)$ 位置处无其他花瓣投影或者 $d2 < D2(i, j)$)

$D2(i, j) = d2$

else(该花瓣位置比其他花瓣离投影面远 $D1(i, j) < d1$)

{if(该花瓣位置是离投影面第二近)

$D2(i, j) = d1$

else($D1(i, j)$ 位置处没有其他花瓣投影)

$D1(i, j) = d1$

3.2.2 半透明阴影绘制

采用深度缓存法进行真实感绘制, 在绘制花瓣的同时, 根据 $D2$ 与 $D1$ 的大小计算饱和度, 从而产生半透明的阴影效果。具体实现的伪程序如下:

缓冲区 H 赋最小值

for(所有花瓣)

{for(花瓣中的多边形)

{沿视线方向投影多边形

for(扫描线)

{ for (扫描线上多边形中所有像素(x', y'))

{求像素(x', y')对应花瓣位置的z值

if(z > H中相应值)

{计算(x', y')对应花瓣原坐标(x, y, z)

沿光线的投影(i, j)

if(D1(i, j)与D2(i, j)处有两个花瓣投影)

{计算两花瓣的距离,并进行单位化为d

计算饱和度 $S = 1 - 0.4 \times d$

}

else

饱和度 $S = 0.6$

计算色度 $H = 18 \times 3.14 / 180$

用简单光照模型计算光强 I

转换成 RGB 值,并绘制

}

}

}

图 10 显示了平行光线产生的半透明阴影的效果,图 10a 是光线从水仙后面垂直向前照射,后面花瓣的位置与阴影没有偏离,图 10b 是光线从水仙花的后上方向前下方照射,后面花瓣产生的阴影向下偏

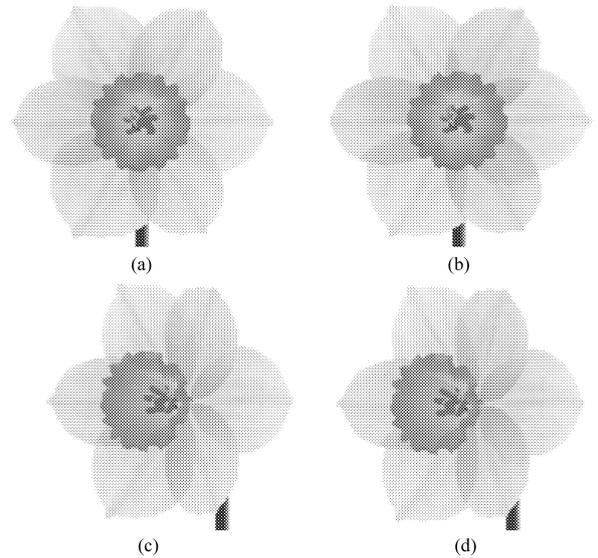


图 10 不同光线方向产生的半透明阴影的效果图

Fig. 10 Different light directions form the different translucent shadows

(a) 光从后向前照射 (b) 光从后上方向前下方照射
(c) 光从右向左照射 (d) 光从右上方向左下方照射

离,图 10c 是光线从右向左照射,图 10d 是光线从右上方向左下方照射,后面花瓣产生的阴影向下偏离。

4 结束语

提出的植物花朵半透明建模方法是基于图像空间算法的思路,采用多缓冲实现,该方法避免了三维空间的运算,计算速度快,同时易于判别半透明阴影的位置。本方法对于虚拟花朵造型及计算机图形学具有一定意义。

参 考 文 献

- Ijiri T, Owada S, Okabe M, et al. Floral diagrams and inflorescences: interactive flower modeling using botanical structural constraints[C]//Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH. Los Angeles, 2005:720~726.
- 秦培煜,陈传波,吕泽华.利用 L-系统及 Bezier 曲面的植物花朵模拟模型[J].计算机工程与应用,2006,42(16):6~8. Qin Peiyu, Chen Chuanbo, Lü Zehua. Simulation model of flower using the interaction of L-systems with Bezier surfaces[J]. Computer Engineering and Application, 2006, 42(16):6~8. (in Chinese)
- Ijiri T, Mihoshi Yokool, Saneyuki Kawabatal, et al. Surface-based growth simulation for opening flowers[C]//Proceedings of the Graphis Interface 2008 Conference, 2008:227~234.
- 陆玲,王蕾.基于平面变形的植物花瓣可视化研究[J].农业机械学报,2008,39(9):87~91. Lu Ling, Wang Lei. Visualization model of plant petal based on plane deformation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9):87~91. (in Chinese)
- Stamminger Marc, Drettakis George. Perspective shadow maps[C]//Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH. San Antonio, 2002:557~562.
- 陆玲,王蕾,杨勇,等.基于椭球变形的植物果实造型[J].农业机械学报,2007,38(4):114~117. Lu Ling, Wang Lei, Yang Yong, et al. Plant fruit modeling based on the distortion to ellipsoid[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(4):114~117. (in Chinese)
- Lu Ling, Wang Lei, Yang Xuedong. A visualization model of flower based on deformation[C]//Computer and Computing Technologies in Agriculture II, 1st IFIP WG12.5 International Conference, 2008:1487~1495.