

虚拟相机镜头景深效果模拟改进算法

王丽莎, 万 璞, 孔 浩  
( 昭通师范高等专科学校, 云南 昭通 657000)

**摘 要:** 在透镜成像模型产生模糊圈计算的基础上, 利用镜头景深效果模拟改进算法实时地模拟出景深效果。本算法利用 GPU 的可编程性和高效计算性质, 根据镜头的光圈、聚焦等计算出的模糊因子来决定像素的扩散程度, 建立扩散模型。这个扩散模型是根据镜头光圈特性确定的, 获得扩散模型后计算出扩散算子, 利用此算子去遍历计算整个图像, 并在模糊因子的判断值下进行融合, 最终模拟出真实的镜头景深效果。

**关键词:** 景深; 虚拟相机; 镜头; 真实性

**中图分类号:** TH744      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-3873-( 2012) 02-0100-03

0 引言

景深是相机镜头系统中成像的重要特征。特别是对于虚拟照相机实验平台, 实时模拟和体现出镜头的景深效果是虚拟照相机实验平台开发的一个难点和重点, 虽然在传统计算中利用模糊圈决定的模糊因子与相应的像素进行模糊模拟取得了一定的仿真效果, 但是真实程度还不够, 本文将通过更加接近真实效果的改进算法获得更好的景深模糊效果。

1 景深( DOF depth of field)

一般来说只有聚焦处的被摄体才能在焦点平面上成像清晰, 随着物体距离聚焦位置的变大在聚焦平面上成像的模糊程度超越某一个范围, 我们就认为这个成像不清晰。这个临界模糊的圆形称为弥散圆。如图 1, 在镜头聚焦位置前后各有一个容许模糊圈, 这两个模糊圈之间的距离就称为焦深, 景物的远点和近点之间距离称为景深。在景深模拟算法中, 后处理滤波处理的代表是 Michael Potmesil<sup>[1]</sup>, 他是最早描述 DOF 算法的学者。应用针孔相机模型成像后, 根据所保存的每个象素点的 z 通道信息值, 结合透镜焦距、光圈参得到一个模糊因子, 最后每个像素的最终值由覆盖它的所有模糊圈的加权平均值确定。周强<sup>[2]</sup>等人采用了均值滤波得到模糊图像, 采用模糊图像和清晰图像融合方式, 实时地模拟了景深效果。黄蓝泉<sup>[3]</sup>等人采用了在求解中深度信息作为模糊参考, 把位于前景中的像素从模糊计算中过滤掉, 但是这些 DOF 算法中没有考虑高光像素在模糊计算中的特殊性质, 得到的效果还是不够真实。

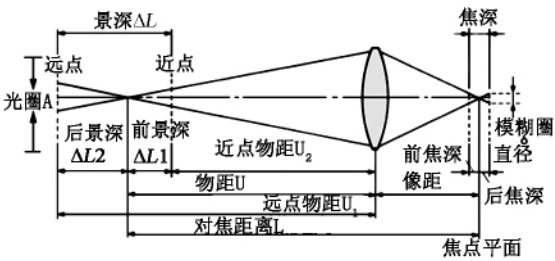


图 1

2 真实的镜头 DOF 模糊效果模拟算法分析

观察真实相机镜头浅景深的模糊效果可以看到, 这种模糊不仅是简单的滤波计算, 尤其是高光部分会有某种程度四周扩散的效果, 而且这种扩散的模糊形状与相机的光圈形状有关。我们将用几个步骤来获得更加真实的景深模糊模拟: (1) 采用镜头成像原理推导出镜头 DOF 模糊因子 Q。(2) 建立摄像机镜头模糊扩散形状模型, 计算扩散算子。(3) 利用扩散算子计算扩散像素值, 依据模糊因子, 从最大值到最小

收稿日期: 2012-03-26  
第一作者简介: 王丽莎( 1979- ) , 女, 云南红河人, 现为昭通师范高等专科学校高级讲师, 硕士, 研究方向: 现代教育技术。

值像素顺序计算扩散像素,依据叠加算法,将扩散像素与图像混合。(4)利用带有DOF模糊因子Q的混合计算公式混合模糊和清晰图像获得具有镜头真实模糊效果的景深模糊图像。

### 3 真实镜头景深效果模拟算法

#### 3.1 模糊因子Q计算

如图1  $\delta$  模糊圈直径、 $f$  为镜头焦距、 $A$  为镜头的光圈值、 $L$  为对焦距离  $\Delta L_1 = A\delta L^2/f^2 + A\delta L$ 、 $\Delta L_2 = A\delta L^2/f^2 - A\delta L$  那么有任何拍摄位置  $X$ 、 $X < L$  就有  $(L-X) = A\delta L^2/f^2 + A\delta L$ 、 $X > L$  就有  $(X-L) = A\delta L^2/f^2 - A\delta L$  这样容易得出当  $X < L$  有  $\delta = \Delta L_1 f^2 / (AL^2 - \Delta L_1 AL)$  其中  $\Delta L_1 = L - X$ 、当  $(X > L)$  有  $\delta = \Delta L_2 f^2 / (AL^2 + \Delta L_2 AL)$  其中  $\Delta L_2 = X - L$  将  $\delta$  归一化处理就得到模糊因子  $Q$

#### 3.2 扩散算子矩阵

受到相机镜头光圈形状的影响,镜头模糊呈现的模糊效果会呈现出类似多边形逐渐趋向圆形的形状,当然可以根据图形学算法,用方形、三角形、扇形、甚至心形等形状作为模糊像素的扩散模型。我以五边形为例子进行,为了提高计算效率,我们将扩散模型固定在一个  $M \times N$  矩阵中进行计算。如图2,填充的中部中心坐标为  $P_0(x, y)$ ,容易得到五边形的方程  $NGON(r)$ ,其中  $r$  为五边形半径,且  $r$  是模糊因子  $Q$  的函数。如果  $r$  取值为  $0 - R_K$ ,中心像素强度取值  $O$ ,得到扩散后填充强度  $N = (R_K - r) / R_K * O$ ,用填充强度  $N$  根据多边形填充算法[4]填充图形,在利用方程  $NGON(r)$  将轮廓直线扫描转换,比如采用经典的中点线算法。轮廓线填充强度为  $N * \lambda * r$  ( $\lambda$  作为边缘加权系数),因为在实际的景深模糊中发现,随着模糊值的提高,也就是扩散度和  $r$  的增大,模糊的多边形呈现出强化轮廓边缘的情况。将边缘计算后与填充图像混合计算得到了一个没有经过反走样的填充图像,可以利用均值滤波或采用高斯滤波算法,本文采用2D高斯滤波方法:

$$N' = (\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n p_{ij} \times C_{ij}) / S \quad (1)$$

式(1)中  $N'$  表示目标像素滤波后的值、 $S$  是高斯矩阵中所有系数的和、 $P_{ij}$  是2D高斯矩阵中的像素、 $C$  是像素  $P_{ij}$  对应计算的高斯系数,在高斯滤波的规模确定时,可采用标准卷积的计算方法来计算,先从  $x$  方向的计算卷积,然后再沿  $y$  方向计算卷积。高斯滤波后填充的图像经过归一化处理,这样就得到了一个扩散算子数值矩阵。

#### 3.3 混合计算算法

得到了扩散算子矩阵后,我们就可以开始对图像进行扩散化模糊处理了。依据模糊因子从  $Q$  最大值开始遍历计算整个图像,所以对于一个  $Q$  值下只需要计算一次扩散算子矩阵,然后对图像的像素进行扩散化计算,每一个被计算的像素都需要从原图像中取值,防止叠加计算效应。需要叠加的混合的  $A, B$  两个像素混合后得到像素  $C$ ,叠加算法如下:

每个通道分别计算,令  $\text{MIN}(A_1, B_2) / \text{MAX}(A_1, B_2) = F$  (从像素中选取最大值和最小值),计算混合比例  $K$  是一个经验常数,经过试验取值0.7效果很好。

$$A_1 * K + B_2 * K = C \quad F > K \quad (2)$$

$$\text{MAX}(A_1, B_2) + \text{MIN}(A_1, B_2) * F = C \quad F < K \quad (3)$$

对整个图像所有像素做遍历计算后获得一个具有模糊深度变化的图像,由于采用的叠加算法会把少数亮度信息引入到前景中来,为了获得更好的效果,最后采用一次混合计算。

#### 3.4 混合计算图像

利用扩散算子对原图像像素进行了一次扩散化处理计算,经前两个处理过程后,将原来未处理的图像与扩散化处理的图像进行混合,考虑到计算的效率,可以利用GPU的计算速度快的特点,应用OpenGL提供的blend功能对两幅图进行融合计算<sup>[7]</sup>,从而得到一幅更加真实的DOF效果的图像,很好的模拟出照相机镜头模糊效果,计算方法如下:

$$\text{COLOR}_{\text{融合}} = \text{COLOR}_{\text{扩散}} * Q + (1-Q) \text{COLOR}_{\text{原图}} \quad (4)$$

设  $x$  点距离聚焦平面处最远,即  $Q = 1$  则融合后  $\text{COLOR}_{\text{融合}} = \text{COLOR}_{\text{扩散}}$ ,当  $Q = 0$  融合后  $\text{COLOR}_{\text{融合}} = \text{COLOR}_{\text{原图}}$  成像不变,在实际的计算中,由于扩散计算已经处理过距离聚焦处远的图像,所以这里只需要对聚焦点附近的像素进行修正融合即可。建立判断条件,仅对  $Q < w$  图像进行融合计算( $w$  是一个处理阈值),这样可以很好的防止远处扩散的高光再次模糊。结果如图3所示,左图为本文算法计算效果,可

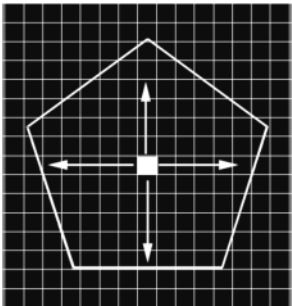


图2

以在模糊中看到镜头光圈特性 右边为普通算法获得的景深效果 ,背景只是简单的模糊处理。

3.5 计算实例

假设一个像素  $m$  深度信息处于远离聚焦点位置  $X$  ,此时将具体的光圈值和聚焦位置带入 3.1 节中的计算公式容易计算得到模糊因子 ,设  $Q=0.6$ 、 $R=10$  ,五边形半径值  $r=R*Q=6$  ,以原点为中心根据半径值可求得五边形的五个顶点坐标。再根据具体镜头模型光圈变化范围确定半径  $r$  ,设  $r$  取值范围是 0-36。像素  $m$  亮度为 0.5 ,得到扩散后填充强度  $N=(36-30)/36*0.5=0.41$  ,用填充强度  $N$  根据五边形顶点坐标利用直线算法 绘制轮廓线条和填充五边形 ,获得如图 4a 效果 ,进行高斯滤波后得到图 4b。获得像素扩散图像后 ,按照 3.3 节的混合公式进行混合叠加 ,遍历计算所有像素 ,获得模糊扩散图像。最后根据 3.4 节中的混合公式 混合所有像素 例如  $m$  像素的计算为:

$$m_{融合} = m_{扩散} * 0.6 + (1-0.6) m_{原图}。$$



图 3

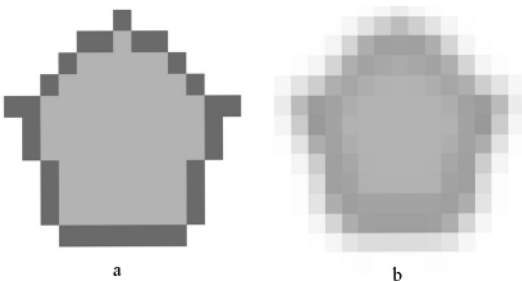


图 4

4 总结

由于采用模拟真实照相机镜头光圈模糊效果的计算方法 ,使得模拟出的景深效果真实程度得到了很大的提高 ,在实际操作中分辨率在 1024X768 一般配置的计算中可以达到 15 帧/秒左右的刷新速度 ,如果在扩散算子的计算方面有更加高效的算法 相信会获得更加高速的效果 ,当然还可以考虑利用原有的常规景深模糊计算方式 通过采用一个亮度阈值方式选取部分亮度像素进行扩散计算 ,这样可以获得更加快速的计算 ,获得更加真实的模拟效果 ,也是今后继续完善的一个方面。

参 考 文 献

[1]Michael Potmesil ,Indranil Chakra arty. A lens and aperture camera model for synthetic image generation [C]//In: Computer Graphics Proceed-ings ,Annual Conference Series ,ACM SIGGRAPH ,Dallas ,1981 297 ~ 305.  
[2]周 强 彭俊毅 戴树岭. 基于可编程图形处理器的实时景深模拟[J]. 系统仿真学报 2006 18( 8) : 2219 ~ 2221 2238.  
[3]黄蓝泉 卢光辉 何明耘 蔡洪斌. 基于 GPU 的实时景深模拟[J]. 计算机应用研究 2008 25. 10 ~ 13.  
[4]James D. Foley ,Andres van Dam ,Steven K. Feiner ,John F. Hughes. Computer Graphics: Principles and Practice in C ( 2nd Edition) [M]. 1995-08-14: 98 268 300.  
[5]Rokita. Fast generation of depth of field effects in computer graphics [J]. Computers & Graphics ( S0097-8493) . 1993 17( 5) : 593-595.

Improved Algorithm of the Virtual Camera Lens Depth of Field Simulation

WANG Li-sha ,WAN Pu ,KONG Hao  
( Zhaotong Teacher's College ,Zhaotong 657000 ,China)

**Abstract:** Based on the calculation of confusion circle generated by the lens imaging model ,this paper utilizes the improved algorithm about depth of field simulation to simulate the real-time depth of field effect. This algo-rithm utilizes the programmability and high efficiency of GPU to carry out the computation. While the fuzzy factors are calculated according to the lens aperture ,focus ,and etc ,by which the diffusion degree can be determined and the diffusion model can be established. Then calculate the operator and utilize it to traverse the entire image and carry out the fusion according to the judgment value of the fuzzy factor ,ultimately simulating the real depth of field effect of lens.

**Key words:** depth of field ; virtual camera; lens; authenticity