

基于聚类方法的对象阴影识别方法研究

张晓丹¹ 李春来¹ 金兆岩²

(吉首大学信息科学与工程学院 吉首 416000)¹ (国防科学技术大学计算机学院 长沙 410073)²

摘要 图像处理中的对象阴影计算影响着图像的渲染速度,是图像处理领域的重要研究内容。为了进一步提高对象阴影的渲染速度,提出了一种基于聚类方法的对象阴影识别方法。按照光线的衰减半径将光线表示为一个个球体,当球体之间的距离大于预定义的最小距离时,将其划分到两个不同的类中,采用自上而下的层次方法对光线进行聚类。在聚类过程中,光线的衰减半径随着与光源的距离呈线性增长。对光线进行聚类分析后,对同一聚类内的光线采用相同的渲染方式,因而提高了阴影的渲染效率。最后通过实验验证了提出的方法的有效性。

关键词 对象渲染,阴影计算,聚类,图像处理

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.9.061

Clustering Based Object Shadow Recognition Algorithm

ZHANG Xiao-dan¹ LI Chun-lai¹ JIN Zhao-yan²

(College of Information Science and Engineering, Jishou University, Jishou 416000, China)¹

(College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)²

Abstract Object shadow computation is a critical issue for object rendering in image processing, and thus it is an important research issue in image processing field. In order to further improve the efficiency of shadow rendering, this paper proposed a clustering based object shadow recognition algorithm. We represented each light as a sphere according to its attenuation range, classified lights into different classes while the distance between them extended the predefined minimum distance, and applied a top-down hierarchical clustering method for lights. During the process of clustering, the attenuation range of light increases linearly with the distance between light and the light source. After clustering the lights into different classes, we rendered lights of a class by the same texture, and thus, the efficiency of rendering shadow in an image is improved largely. Finally, we validated the efficiency of our algorithm according to some experiments.

Keywords Object rendering, Shadow computation, Clustering, Image processing

1 引言

对计算机产生的场景进行实时的渲染需要大量的计算资源。在对象的渲染过程中,阴影是一个重要的组成部分,它给观察者提供了对象表面的额外细节。在实时渲染中,阴影映射^[1]是最常用的阴影计算方法,然而该方法需要对每束光线计算一次阴影,因此算法所消耗的内存和运行时间都随着光线数量的增加而线性增长。

图像阴影的渲染是一个非常活跃的研究领域。从图像的产生来源划分,其可以分为基于遥感卫星产生的图像^[2,3]和基于传感器网络产生的图像^[4,5]。在遥感图像处理中,通过对阴影的计算,可以有效地识别道路、桥梁房屋等对象。在传感器网络中,可以通过识别不同图像中的相同对象来实现对象的跟踪和导航。

在图像阴影的处理方法上,常用的阴影渲染方法可以分为实时软阴影^[6]和多光线^[7]两种。阴影映射^[1]是最常用的阴影实时计算方法,该方法从光线和观察者的角度出发,用点光

源的深度值来替代对象的可见性。为了计算全方向光线, Gerasimov^[8]提出一种立方阴影映射方法。Reeves 等人^[9]和 Fernando^[10]分别应用百分比闭合过滤和百分比闭合软过滤方法进行了多个阴影的对比。在多光线阴影计算中, Walter 等人^[11]将多个光源表示成二叉树结构。在每一帧图像中,对光源的二叉树进行遍历并进行分割计算。在地理特征等可视化标准下,该光线的分割可以确定相关的光线。为了提高阴影的计算效率, Dong 等人^[12]采用 k-means 方法进行反向阴影的加速计算。此外,研究人员还广泛采用神经网络^[13]、遗传算法^[14]等方法来加速阴影的计算。

文献^[12]采用 k-means 聚类方法加速图像阴影的计算,该方法通过反向阴影映射来计算反向阴影,将每一组光线视为一个光线区域,其目的是加速对象的可视性测试。由于光线的实际分布并不符合反向阴影映射,因此通过 k-means 方法计算会产生误差。有别于文献^[12]的可视性测试,本文重点关注正向光线的高频阴影。本文应用已有的光线源作为聚类中心,通过最小化距离误差将其它光线聚类到相应的光线源。

到稿日期:2014-10-10 返修日期:2014-11-14 本文受湖南省自然科学基金资助项目(11JJ6065)资助。

张晓丹(1980-),男,硕士,讲师,主要研究方向为图像处理与网络技术;李春来(1976-),男,硕士,讲师,主要研究方向为图像处理;金兆岩(1982-),男,博士,主要研究方向为社会网络、大数据等。

2 基于聚类的对象阴影识别

为了减少阴影映射的数量,从而降低点光线正向阴影的计算量,提出一种基于聚类的对象阴影识别方法。该方法分为两步:首先,选取若干点光线作为聚类的中心点,并将光线进行聚类;然后,对每一个聚类进行阴影映射的渲染,计算软阴影,并将结果存储在可视性颜色集合中。在阴影计算中,对每一个点光线选择一个可视性颜色,并用来确定可视性因子。如图1所示,首先选取5个不同的点作为聚类中心,用不同的颜色来表示,并通过最小化距离将所有点进行聚类。

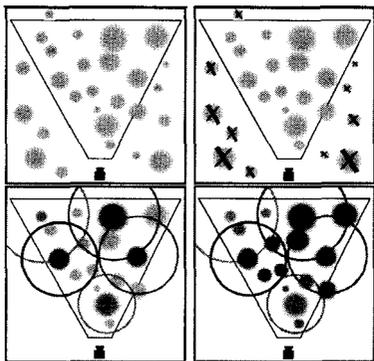


图1 光线中心选择及聚类示意图

2.1 聚类算法

为了减小阴影的误差,采用了包含两个阶段的聚类算法,并且每一阶段采用不同的评价指标。在第一阶段,应用光线区域和最小距离指标选取聚类的中心点。该方法可以得到较小的聚类,并在光源附近生成较多的阴影映射。在第二阶段,将剩余的点光线聚集在聚类中心的周围。该方法减少了阴影映射,进而减小了阴影的误差。

本文采用基于最小距离的方法进行光线的聚类。该方法是一种层次方法,通过自上而下的方式进行。初次采集时,假设所有的点都在一个类中。在每次迭代中,如果两个点之间的距离超过了预定义的最小距离,那么将其分为两个类。算法迭代运行,直到所有的类不能再分割为止。

为了选择聚类的中心点,首先搜索那些在锥台中可能产生阴影的点光源。对于每一个点光源,按照其衰减半径建立一个球,并移除那些在锥台外部的球体。然后根据衰减半径对球体进行排序,并将衰减半径大的球体作为聚类的中心点。接下来,将所有的点视为一个聚类,并将衰减半径最大的球体视为第一个聚类的中心。对于每一个点光源,计算其与聚类中心的距离,并将该距离与预先定义的最小距离 d_{\min} 进行比较。为了在镜头处产生较小的聚类,最小距离 d_{\min} 与光源的距离有如下线性关系:

$$d_{\min} = d_{init} \cdot \left(1 - \frac{|C_{pos}|}{z_{far}}\right) \quad (1)$$

其中, d_{init} 为聚类间的初始距离, C_{pos} 为聚类中心的位置, z_{far} 为最大的可视距离。

如果光线与聚类中心之间的距离大于 d_{\min} ,那么该光线成为新的聚类中心;如果光线与聚类中心之间的距离小于 d_{\min} ,那么该光线不自动分配给聚类,而是待后续阶段进一步处理。

在选取了所有的聚类中心后,将其余的光线分配到这些聚类中。在上述产生的未分配聚类的光线中,迭代所有的光

线,计算每条光线与所有聚类中心的距离,并将每条光线分配给最近的聚类。此外,将聚类中心的最大衰减距离调整为

$$C_{att} = \max(C_{att}, d_C + L_{att}) \quad (2)$$

其中, d_C 为光线到聚类中心的距离, L_{att} 为光源的衰减。本文在应用聚类方法计算阴影时采用光源的最大衰减范围 C_{att} 。

2.2 计算阴影

为了减小对象渲染时的阴影计算量,本文并没有对场景中的所有点光线进行阴影的渲染,而是对点光线构成的聚类的聚类中心产生的阴影进行渲染。为了减小阴影渲染的误差,将每个聚类中心看作一个区域点光源,应用软阴影算法计算相应的可视性因子。

Eisemann 等人^[15]指出, n 个点光线的直接照明方程如式(3)所示:

$$L_o(p, w) = \sum_{i=0}^n f_r(p, w, p \rightarrow l_i) \cdot G(p, l_i) \cdot L_{C_i} \cdot V(p, l_i) \quad (3)$$

其中, p 为表面上的一个点, w 为方向, f_r 为双向反射分布函数, V 为可视性函数, L_{C_i} 为第 i 个光线的颜色, l_i 为第 i 个点光线的位置, 记号 $p \rightarrow l_i = \frac{l_i - p}{\|l_i - p\|}$ 。

在式(3)中, $G(p, l_i)$ 的定义如下:

$$G(p, l_i) = \frac{\cos(n_p, p \rightarrow q) \cdot \cos(n_q, q \rightarrow p)}{\|p - l_i\|} \quad (4)$$

基于上述聚类方法,用相对于聚类 c 的点光源区域 A 来表示多个点光线的二值可视性,于是可以得到如下的方程:

$$L_o(p, w) \approx \sum_{i=0}^n L_d(p, w, l_i) \cdot L_{C_i} \cdot \frac{1}{A_C} \int_{A_C} V(p, l) dl \quad (5)$$

2.3 阴影的渲染

在阴影的渲染中,将每个聚类渲染成一个立方体阴影映射,并将该聚类解释为一个扁圆形区域的光源,区域光源的半径为该聚类的最小距离 d_{\min} 。本文应用该半径进行过滤窗口的缩放^[9,10]。聚类的最大衰减区域为 C_{att} ,当图像的像素位置与聚类中心的距离大于衰减区域 C_{att} 时,放弃像素的渲染。将每个聚类的可视性因子用一种颜色值来表示,并且在遮挡时进行访问。当从一个立方阴影映射到屏幕大小的区域进行材质映射时,该方法可以迭代性地计算阴影,减小存储可视性因子所需的内存。采用上述方法后,每个聚类仅仅进行了一次立方阴影映射的采样,避免了每个光源在被遮挡时进行额外的百分比闭合过滤和百分比闭合软过滤。

当计算出所有的聚类阴影后,对于遮挡的部分应用可视性材质设置相应的颜色。应用一个个点光源对场景进行遮挡,根据每个聚类中存储的材质颜色值设置可视性值,并用可视性值调节结果的颜色。

3 实验结果与分析

实验采用的渲染平台为 2.4GHz 的英特尔至强处理器 E5620, 8GB 内存,以及带有 2GB 存储容量的 NVIDIA GeForce GTX 680 显卡。所有图像的分辨率为 1920×1080。

首先,对本文提出的方法进行参数调整,观察不同参数下图像的渲染结果。当 $L_{att} = 7$ 时,具有 80 个光线的分布如图 2 所示。当 $d_{init} = 0.5$ 时,将光线聚合成 25 个类的结果如图 3 所示。当 $d_{init} = 1.6$ 时,将光线聚合成 10 个类的结果如图 4 所示。



图2 $L_{out}=7$ 时,80 个光线的分布



图3 $d_{min}=0.5$ 时,25 个聚类效果图



图4 $d_{min}=1.6$ 时,10 个聚类效果图

其次,通过调整光线的数量,观察本文提出的算法的执行效率,实验结果如图5所示。图中横轴表示光线的数量,纵轴表示对相应数量的图像进行渲染所用的时间。图5表明,当光线数量不断增加时,图像渲染所用的时间近似呈线性增长。

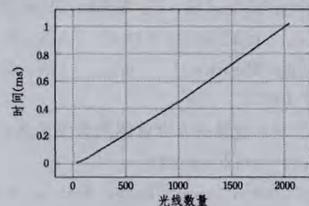


图5 算法的执行效率随着光线数量的变化

接下来,通过实验对本文算法的误差进行分析。图6为算法的误差随着聚类距离的变化图,其中横轴为聚类距离(上文中的 d_{min}),纵轴为均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)。从图6可以看出,随着聚类距离的增加,算法的误差也不断增大,这表明渲染效率的提高必然会带来准确性的降低。

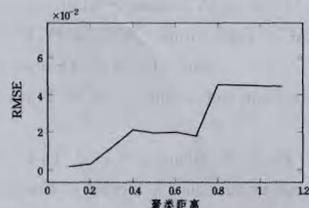


图6 算法的误差随着聚类距离的变化

最后,将本文提出的算法与常规的图像渲染方法进行了对比,结果如图7所示。图7中左上角的图像为采用本文提出的聚类方法得到的渲染结果,右上角的图像为采用常规算法进行渲染得到的渲染结果,图7的下部分为上面两幅图像的对比差异。从对比差异的结果中可以看出,两种渲染方法的差异主要集中在阴影的边缘区域;而在其它区域,渲染结果几乎是相同的。在阴影区域,由于本文采用了光线聚类方法

将阴影聚合成区域进行渲染,因此产生了差异,但是这种差异并不明显。然而用户浏览图像时,往往更关注图像的渲染速度,而不会关注阴影区域的细微差异(几乎觉察不到)。

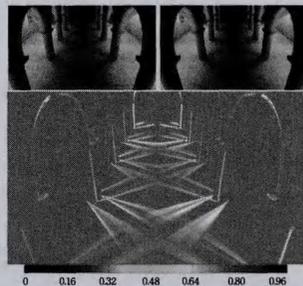


图7 渲染结果对比

结束语 随着遥感技术以及传感器网络技术的迅速发展,图像处理进入了越来越多的应用领域。在图像处理中,对象阴影的计算影响着图像的渲染效率。为了进一步提高对象阴影的渲染速度,本文提出了一种基于聚类方法的对象阴影识别方法。首先,按照光线的衰减半径将光线表示为一个球体,当球体之间的距离大于预定义的最小距离时,将其划分到两个不同的类中,并采用自上而下的层次方法对光线进行聚类。其次,在聚类过程中,将光线的衰减半径表示为与光源的距离之间的线性关系,在将光线进行聚类后,对同一聚类内的光线采用相同的渲染方式,从而提高了阴影的渲染效率。最后,通过实验验证了本文提出的方法的有效性。

参考文献

- [1] Williams L. Casting curved shadows on curved surfaces [J]. ACM Siggraph Computer Graphics, 1978, 12(3): 270-274
- [2] 赵显富,胡晓雯. 基于彩色模型的遥感影像阴影检测[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(18): 5101-5107
Zhao Xian-fu, Hu Xiao-wen. Remote Sensing Images Shadow Detection Based on Color Models [J]. Science Technology and Engineering, 2013, 13(18): 5101-5107
- [3] 许妙忠,余志惠. 高分辨率卫星影像中阴影的自动提取与处理[J]. 测绘信息与工程, 2003, 28(1): 20-22
Xu Miao-zhong, Yu Zhi-hui. Automated Extraction of Shadows in very-high Resolution Spatial Satellite Image [J]. Journal of Geomatics, 2003, 28(1): 20-22
- [4] Jiang H, Drew M S. Tracking objects with shadows [C] // Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering. 2003: 512-521
- [5] 仇大海,冯涛,高晖,等. 基于波谱角和掩膜的卫星影像阴影去除研究[J]. 遥感信息, 2010(5): 12-15
Qiu Da-hai, Feng Tao, Gao Hui, et al. The Study on Removal of Satellite Image Shadow Based on SAM and MASK [J]. Remote Sensing Information, 2010(5): 12-15
- [6] Hasenfratz J M, Lapiere M, Holzschuch N, et al. A Survey of Real-time Soft Shadows Algorithms [J]. Computer Graphics Forum, Inc, 2003, 22(4): 753-774
- [7] Hasan M, Pellacini F, Bala K. Matrix row-column sampling for the many-light problem [J]. ACM Transactions on Graphics, 2007, 26(3): 1-10
- [8] Gerasimov P. Omnidirectional shadow mapping [J]. GPU Gems, Programming Techniques, Tips, and Tricks for Real-Time Graphics, 2004, 20: 193-204

- [9] Reeves W T, Salesin D H, Cook R L. Rendering antialiased shadows with depth maps [J]. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 1987, 21(4):283-291
- [10] Fernando R. Percentage-closer soft shadows [C]// ACM SIGGRAPH 2005 Sketches. ACM, 2005
- [11] Walter B, Fernandez S, Arbre A, et al. Lightcuts: a scalable approach to illumination [J]. ACM Transactions on Graphics, 2005, 24(3):1098-1107
- [12] Dong Z, Grosch T, Ritschel T, et al. Real-time indirect illumination with clustered visibility [C]// Proc. VMV 2009. 2009: 187-196
- [13] 顾晓东, 郭仕德, 余道衡. 基于 PCNN 的图像阴影处理新方法 [J]. 电子与信息学报, 2004, 26(3): 479-483
- Gu Xiao-dong, Guo Shi-de, Yu Dao-heng. A New Approach for

Image Shadow Processing Based on PCNN [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2004, 26(3): 479-483

- [14] 赵亚凤, 任洪娥. 遗传算法和同态滤波在原木端面图像处理中的应用 [J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(2): 129-132
- Zhao Ya-feng, Reng Hong-e. Genetic Algorithm and Homomorphic Filter in Image Processing of Log Surface [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2014, 42(2): 129-132
- [15] Eismann E, Schwarz M, Assarsson U, et al. Real-time shadows [M]. CRC Press, 2011
- [16] 杨漫, 苏亚坤. 采用模糊 C-均值聚类的自适应图像分割算法 [J]. 重庆理工大学学报 (自然科学版), 2015, 29(6): 94-99
- Yang Man, Su Ya-kun. Adaptive Algorithm Based on Fuzzy C-Means for Image Segmentation [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2015, 29(6): 94-99

(上接第 292 页)

对于一些特殊的图像, 本文方法目前也不能很好地进行解决, 如图 7 所示的具有复杂纹理的图像, 本文的方法不能很好地保持复杂纹理的结构不变形。对于布局分布整幅图像的情况, 如图 8 所示, 本文方法将退化为基于变形的图像缩放方法, 在缩放长宽比不一致时会明显地破坏图像的结构比例。由于存在一些特殊图像, 未来将考虑特殊图像自身的一些属性来进行一些特殊处理, 比如对于纹理复杂的图片, 拟考虑纹理本身的一些结构关系, 根据纹理结构采取一些特殊的方法进行缩放。对于图 8 所示的布局分布分散的图像, 充分考虑图像中的结构信息, 改进已有的变形方法以取得更好的缩放结果。

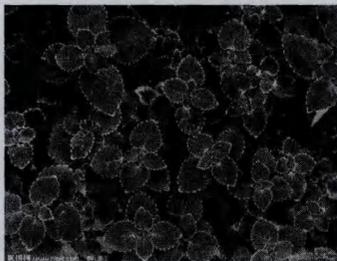


图 7 复杂纹理图像



图 8 布局分布整幅图像的图像

当前, 网络视觉媒体迅速发展, 拟考虑网络媒体的流体属性, 将图像缩放扩展到网络媒体的处理中, 胡事民在文献 [16] 中提出的网络媒体给目前传统方法带来的一些挑战给本文作者很大启发, 未来将考虑缩放技术在网络视觉媒体中的扩展应用。

参 考 文 献

- [1] Avidan S, Shamir A. Seam carving for content-aware image resizing [J]. ACM Trans Graph, 2007, 26(3): 1-9
- [2] Rubinstein M, Shamir A, Avidan S. Improved seam carving for

video retargeting [J]. ACM Trans Graph, 2008, 27(3): 1-9

- [3] Noh H, Han B. Seam carving with forward gradient difference maps [C]// The 20th ACM International Conference on Multimedia. Nara, Japan, 2012: 709-712
- [4] Lin X, Sheng B, Ma L Z, et al. Seamlet Carving for Shape-Aware Image Resizing [J]. Science China (Information Sciences), 2012, 55(5): 1073-1081
- [5] Liu Z, Yan H B, Shen L Q, et al. Adaptive image retargeting using saliency-based continuous seam carving [J]. Optical Engineering, 2010, 49(1): 1-10
- [6] Cao L C, Wu L F, Wang J Q. Fast seam carving with strip constraints [C]// The 4th International Conference on Internet Multimedia Computing and Service. Wuhan, China, 2012: 148-152
- [7] Zhang G X, Cheng M M, Hu S M, et al. A Shape-Preserving Approach to Image Resizing [J]. Computer Graphics Forum, 2009, 28(7): 1897-1906
- [8] 雷励星. 基于混合能量的内容敏感图像缩放新方法 [J]. 计算机学报, 2010, 33(10): 2015-2021
- Lei Li-xing. Content-Aware Image Resizing Based on Hybrid Energy [J]. Chinese Journal of Computers, 2010, 33(10): 2015-2021
- [9] Niu Y Z, Liu F, Li X Q, et al. Image resizing via non-homogeneous warping [J]. Multimedia Tools and Applications, 2012, 56(3): 485-508
- [10] Jin Y, Liu L G, Wu Q B. Nonhomogeneous scaling optimization for realtime image resizing [J]. The Visual Computer, 2010, 26(6-8): 769-778
- [11] Rubinstein M, Shamir A, Avidan S. Multi-operator media retargeting [J]. ACM Trans Graph, 2009, 28(3): 1-11
- [12] Dong W M, Zhou N, Paul J C, et al. Optimized image resizing using seam carving and scaling [J]. ACM Trans Graph, 2009, 28(5): 1-10
- [13] Dong W M, Bao G B, Zhang X P, et al. Fast multi-operator image resizing and evaluation [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2012, 27(1): 121-134
- [14] Dong W M, Zhou N, Lee T Y, et al. Summarization-based image resizing by intelligent object carving [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014, 20(1): 111-124
- [15] Yang C, Zhang L H, Lu H C, et al. Saliency Detection via Graph-Based Manifold Ranking [C]// 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2013: 3166-3173
- [16] Hu S M, Chen T, Xu K, et al. Internet visual media processing: a survey with graphics and vision applications [J]. The Visual Computer, 2013, 29(5): 393-405