

增强现实系统光照模型建立研究

周雅

晏磊

赵虎

(北京理工大学光电工程系, 北京 100081)

(北京大学遥感与GIS研究所, 北京 100871)

摘要 增强现实系统真实环境整体光照模型的建立,是增强现实技术研究的重要部分。提出了一种新的方法,根据注册图像中标志物的明暗状况,利用计算机图形学的光照模型计算方法进行逆推,可以较为方便地建立增强现实系统光照模型。算法简单易行,并且适应性较强。

关键词 增强现实 注册 光照模型

中图法分类号:TP391 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2004)08-0968-04

Study on the Lighting Model of the Real World in Augmented Reality

ZHOU Ya

(Department of Opto-electronic Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

YAN Lei, ZHAO Hu

(Institute of Remote Sensing and Geographic Information System, Peking University, Beijing 100871)

Abstract To construct lighting model of the real world is one of the critical technologies in augmented reality. The theory of lighting modeling used in Computer Graphics(CG) is applied in our research. At first, the position of the real light-source is conjectured from the lighting and shade of the registration image elementarily by using ray tracking algorithm. Then the virtual light-source and virtual fiducial are constructed in the CG environment, in which, Phong model is used to draw the light effect. By comparing the CG scene with the real image, we can modify the parameters of lighting model over and over again, until the lighting effect of the CG scene is similar to that of the real image. It is proven that this method works well in the indoor AR system. Our method could be used feasibly in most applications after some improvement.

Keywords augment reality, registration, lighting model

1 引言

增强现实(augment reality, AR)技术是在虚拟现实(virtual reality, VR)技术基础上发展起来,是通过计算机系统提供的信息来增加用户对现实世界感知的技术。增强现实有相当巨大的应用潜力和发展前景,因此正越来越引起人们的关注。

增强现实技术是要将计算机生成的虚拟环境和用户周围的现实环境融为一体,使用户从感官效果上确信虚拟环境是其周围环境的组成部分。要使增强现实中计算机生成的虚拟环境具有真实感,让使用者从感官效果上确信虚拟物体是其周围环境的组

成部分,虚拟物体的光照情况应该与真实环境中的光照情况保持一致,换言之,就是应该用真实环境中的光源,对虚拟物体进行“照明”。因此,对真实环境中的光照情况进行注册,建立真实环境的整体光照模型是增强现实技术研究的重要部分。

目前的增强现实系统研究中,一般采取的方法都是对真实环境中实际存在的光源一一登记注册,确定了真实光源的位置性质等等,从而建立真实环境的光照模型,在虚拟物体绘制中采用这些光源对其进行照明。这样的方法相当复杂,工作量相当大,而且局限性较大,每换一个环境,就要重新进行一次注册,并且在许多增强现实的应用环境中,影响系统环境光照的因素相当多,实际上无法完全进行注册,

尤其是在室外使用的增强现实系统,这种方法基本不适用。这就限制了增强现实的应用,为此提出一种新的方法,利用计算机图形学的光照模型计算方法进行逆推,可以较为方便地建立增强现实系统光照模型,算法简单易行,并且适应性较强。

2 光照模型

光照模型是计算机图形学中生成真实感图形的基础。简言之,即根据材料表面和光源特性,依据光学物理的有关定律,计算景物表面上任一点投向观察者眼中的光亮度的大小和色彩组成。光照模型定义了光源特性、光强在照射表面的几何分布和表面对光照的反射特性等。在三维图形绘制中,需要根据光照模型计算每一个像素上可见的景物表面投向观察者的光亮度^[1]。

2.1 Lambert 漫射模型

自然界的绝大多数景物是理想漫反射体,因此 Lambert 漫射模型广泛应用于计算机图像和视觉系统中。它描述问题简单,适用于较理想的漫射表面,如石灰墙壁,纸张等。其方程形式为

$$I(x, y) = k_a I_a + f(d) k_d I_n L \cdot N \quad (1)$$

式中, $I(x, y)$ 是光照表面点 (x, y) 处的光强; I_a 是入射环境光的光强; I_n 是点光源发出的入射光光强; k_a 为景物表面对环境光的漫反射系数; k_d 为景物表面的漫反射系数; $f(d)$ 为光源强度衰减因子,是光源与物体表面之间距离 d 的函数; L 为光源发射方向单位向量; N 是点 (x, y) 处的表面单位法向量。

Lambert 模型没有考虑表面的镜面反射效果,所以仅能对有限的表面给出较好的近似。

2.2 Phong 光照模型

在图像处理系统中,综合考虑模型与实际的吻合程度和模型处理所需的代价,Phong 模型是一个可接受的“标准”模型,它综合反映了漫射、反射和环境光对表面作用的结合。其方程形式为

$$I = k_a I_a + \sum_{i=1}^M f_i(d) I_{ni} [k_d (N \cdot L_i) + k_s (N \cdot H_i)^n] \quad (2)$$

式中, M 表示对场景有贡献的点光源的总个数; I 是光照表面点 (x, y) 处的光强; I_a 是入射环境光的光强; I_{ni} 、 $f_i(d)$ 是第 i 个点光源发出的入射光光强和光源强度衰减因子; k_a 为景物表面对环境光的漫反射系数; k_d 为景物表面的漫反射系数; k_s 为景物表面的镜面反射系数; n 称为镜面高光指数,被用来模

拟镜面反射光在空间的会聚程度; L_i 为第 i 个点光源发射方向单位向量; N 是点 (x, y) 处的表面单位法向量; H_i 为将入射光反射到观察者方向的理想镜面的单位法向量, $H_i = \frac{L_i + V}{2}$, V 为观察者视线单位向量。

2.3 光线跟踪算法

光线跟踪算法是由原用来消除场景中隐藏面的光线投射算法演变而来。算法采用逆向跟踪技术,从视点出发,通过跟踪图像平面上每一个像素中心向场景发出的光线,确定景物与光源光线的交点,完成景物的绘制。如图 1 所示,反射光线单位向量的确定如下

$$R = L - 2N(N \cdot L) \quad (3)$$

式中, L 为入射光线方向向量, N 是表面单位法向量,且 R 、 L 和 N 共面。

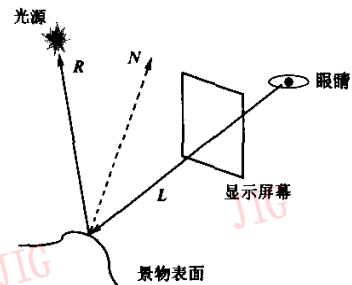


图 1 光线跟踪算法

光线跟踪是一种多功能的技术,它可用同一模型来模拟光源和环境入射光在表面产生的镜面反射和折射,实现场景消隐及生成阴影等。

3 增强现实系统光照模型建立算法

在三色立体基注册的增强现实系统中^[2],使用了一个三色棱的正方体作为三维标志物,利用一个 CCD 摄像机对包含三维标志物的真实环境进行拍摄,采集的图像既包含了使用者的头部注册信息,也包含了真实环境光照情况的信息。充分利用采集到的数字图像数据,可以根据图像中标志物的明暗状况逆推出真实环境中的光照情况。

算法的具体步骤如下:(1)对包含三色棱标志物的景物进行拍摄,得到包含光照情况信息的数字图像;(2)找到标志物上的高亮点,利用光线跟踪算法求出光照情况;(3)建立虚拟正方体标志物,用所求光源位置的点光源对虚拟正方体进行模拟照明;(4)比较模拟照明的标志物与 CCD 图像,明暗对比是否

一致,若一致,结束;不一致,调整模拟照明参数,继续步骤3。

3.1 单个点光源

当环境中只存在单个点光源的时候,照明情况比较简单。一般说来,标志物上只存在一个高亮点,利用光线跟踪算法可以很容易找到主光线的方向向量。假定光源位置在主光线向量方向上拍摄画面以外的某一点 (x,y,z) 上。建立一个虚拟空间,在原点处建立虚拟的正方体标志物,用位于 (x,y,z) 处的虚拟光源对此正方体进行照明,使用 phong 模型计算。

3.2 自然光源

当环境照明是自然光源时,也就是说,光源是某一方向的平行光。一般说来,这时候标志物上没有高

亮点,而是有一个亮度较高的区域。利用光线跟踪算法同样可以找到主光线的方向向量。建立一个虚拟空间,在 origin 处建立虚拟的正方体标志物,用主光线方向的平行光对此正方体进行照明。

3.3 多光源

当环境中存在多个光源的时候,照明情况比较复杂。一般说来,标志物上存在不止一个高亮点,利用光线跟踪算法可以找到几个主光线的方向向量。假定几个光源位置,建立一个虚拟空间,在 origin 处建立虚拟的正方体标志物,用虚拟光源对此正方体进行照明,使用 phong 模型计算。

综合考虑以上几种情况,增强现实光照模型的建立算法流程图如图2所示。

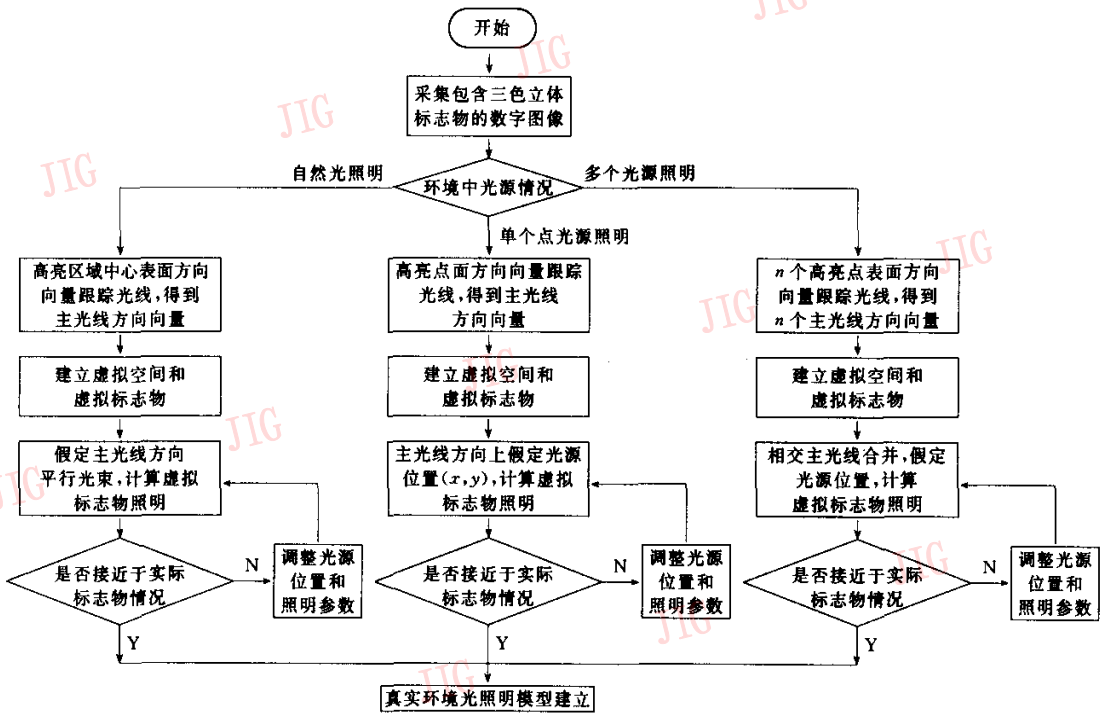


图2 增强现实光照模型的建立算法流程图

4 算法的程序实现

在 Visual C++ 平台上实现算法。软件部分主要由图像采集模块、光线跟踪模块以及虚拟照明模块组成。如图3所示。

图像采集的硬件为 OK_C20 彩色视频采集卡。因此,图像采集模块部分主要是基于 OK_C20 采集

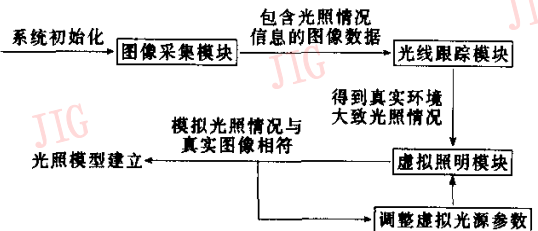


图3 软件的基本流程

卡的编程。用 C 语言调用动态库 OKAPI32.DLL 中库函数的连接方法有两种:一是静态链接,即直接链接输入库 OKAPI32.LIB;二是动态链接,可以通过 DLLENTRY.C 源程序来实现。在程序中使用的是第 2 种方法。

图像采集模块将采集到的包含了真实环境光照情况信息的图像数据传递给光线跟踪模块,光线跟踪模块对图像数据进行处理,得到环境光源的大致状况。

虚拟照明模块完成的工作是建立虚拟正方体标志物,用光线跟踪模块得出的光源对虚拟正方体进行模拟照明。

5 实验结果

增强现实实验系统的实验结果如图版 III 图 1、图 2 所示。

另外,还将 3DS 模型添加到真实场景中。图版 III 图 3 是将不同材质的没有纹理的 3DS 模型添加到真实场景的实验结果。

由上面的实验结果可以看出,实验程序基本能够模拟光源的照明情况。

6 结 论

对真实环境光照明模型研究的目的是要对虚拟物体进行正确的显示,因此,只要让使用者在感官上觉得虚拟物体的光照情况与真实环境相一致就达到目的了。实验证明,这种光照模型的建立方法在桌面增强现实系统中基本可以满足要求,因此上述方法是可行的。

然而,本文的算法是以某一视点的图像为依据来确定真实环境光照情况。在增强现实系统的工作中,视点的变化有可能引起光照情况出现误差。本文方法建立的光照模型,实际情况肯定是不可能对任何位置、任何材质的物体都能满足照明的要求。因此,需要进一步探索解决光照模型建立中视点不独立的方法。

参 考 文 献

- 1 彭群生,鲍虎军,金小刚编著.计算机真实感图形的算法基础[M].北京:科学出版社,1999.
- 2 周雅,同达远,王涌天等.一种增强现实系统的三维注册方法[J].中国图象图形学报(A版),2000,5(5):430~433.

周 雅 1972 年生。教师。2000 年毕业于北京理工大学,获博士学位,2000~2002 年于北京大学遥感与 GIS 研究所作博士后研究。主要研究方向是增强现实注册技术与光照模型建立算法研究。共发表论文 10 余篇。

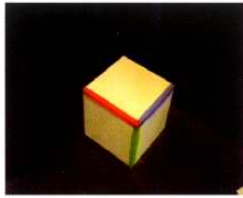
E-mail:zhouya@fm365.com



晏 磊 1956 年生。教授、博士生导师。1994 年于清华大学获导航控制工学博士学位,1994~1995 年于北京航空航天大学航空与宇航技术博士后研究,1996 年~1997 年于北京大学地理学第二站博士后研究。研究方向为遥感摄影测量与数字成像、导航控制与智能交通系统、空间信息集成与网络传输。



赵 虎 1974 年生。现为北京大学遥感与地理信息系统研究所博士研究生。研究方向为地理信息系统与虚拟现实。



(a) 真实场景图像



(b) 对虚拟标志物
模拟照明

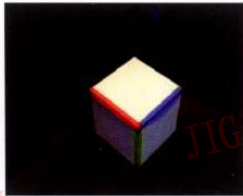


(c) 添加虚拟球体到
虚拟标志物



(d) 添加虚拟球体到
真实场景

图1 单个虚拟光源的模拟照明



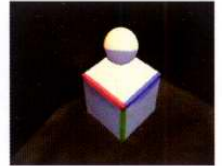
(a) 真实场景图像



(b) 对虚拟标志物
模拟照明



(c) 添加虚拟球体到
虚拟标志物



(d) 添加虚拟球体到
真实场景

图2 双虚拟光源的模拟照明

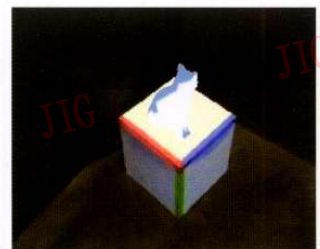
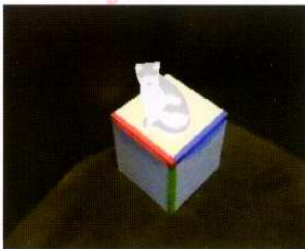
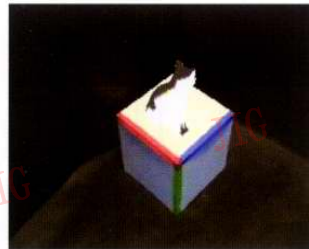


图3 添加3DS模型到真实场景