

文章编号: 2095-2163(2019)03-0244-04

中图分类号: TP311

文献标志码: A

实时光照对景物模拟真实性的影响研究

郑凯东, 冯天星, 王家华

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

摘要: 全局光照是指一种渲染技术,既考虑场景中来自直接光源的照明,又考虑场景中其他物体反射后的照明。而实时全局光照将在毫秒级时间单位内,考虑到光和介质本身的性质来精确计算,保证高质量输出效果。本文主要研究在景物模拟中,实时光照所产生的光影效果对其真实性的影响。

关键词: 场景光照; 全局光照; 实时GI; 渲染管线

The effect of real-time illumination on the authenticity of scene simulation

ZHENG Kaidong, FENG Tianxing, WANG Jiahua

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

[Abstract] Global illumination refers to a rendering technique that considers both the illumination from a direct source in the scene and the reflection from other objects in the scene. The real-time global illumination will be accurately calculated in millisecond time units, taking into account the nature of the light and the medium itself, ensuring high-quality output. This paper mainly studies the influence of light and shadow effects produced by real-time illumination on its authenticity in scene simulation.

[Key words] scene illumination; global illumination; real-time GI; rendering pipeline

1 实时全局光照

Unity 引擎 5.0 中更新了实时全局照明。在旧的版本里灯光渲染烘焙一次成型,无法进行任何更改。但通过实时全局光照技术之后,可以在烘焙场景之后更改场景的灯光、环境光和材质属性,通过这种方式可以随意改变灯光的颜色和亮度,从而达到同一场景中生成不同视效的目的。光照效果如图 1 所示。



(a) 没有照明 (b) 只有‘直接光’ (c) 间接‘全局照明’
(a) Without lighting (b) Only with direct light (c) With indirect global illumination

图 1 不同的照明方式对真实感的影响

Fig. 1 The impact of different lighting methods on realism

由图 1 可以看到,同样的 2 个小球,在不同照明方式下,颜色在光线表面之间“反弹”时传递,从而产生更加逼真的效果。

实时照明是场景中照明对象的最基本方式,用

于照亮角色或其他可移动几何体^[1]。而来自 Unity 实时灯光的光线在使用时不会反射。在单独实时灯光的效果中,只有落在聚光灯锥体内的表面才会受到影响。因为没有反射光与折射光,阴影是完全黑色的。为了使用全局照明等技术创建更逼真的场景,需要启用 Unity 的预计算照明解决方案^[2]。

使用预计算实时 GI 时,就是计算 Unity 编辑器场景中静态几何体周围的反射光并存储此数据以供在运行时使用的过程^[3]。此过程减少了必须在运行时执行的照明计算次数,允许实时反弹照明,同时保持交互式帧速率。传统静态光照贴图不响应场景中光照条件的变化,而是预先计算复杂场景源交互的实时 GI 操作^[4]。使用预计算将会产生更精细的照明细节,与传统光照贴图相比,Unity 的预计算实时 GI 提供了一种用于交互式地更新复杂场景照明的技术。其中所需的实时分辨率值比传统光照贴图纹理密度小几个数量级。这是因为过程中只是捕捉这些光照贴图上的间接照明,而这往往是非常柔和或“低频率”^[5]。使用预计算实时 GI 时,多数情况下会通过实时阴影、而不是高分辨率光照贴图提供

作者简介: 郑凯东(1964-),男,副教授,主要研究方向:图形学与虚拟现实、程序设计、计算机基础教育;冯天星(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:可视化计算、自然景物模拟;王家华(1945-),男,教授,主要研究方向:地质学统计算法、油气藏建模、油气田地质图形可视化。

通讯作者: 冯天星 Email:13484905829@163.com

收稿日期: 2019-03-06

清晰阴影。通过这种方式,用户可以创建具有丰富全局照明和反射光的照明环境,实时响应照明的变化^[6]。实时光照系统采用与否的场景区别见图2。



图2 实时光照系统采用与否的场景区别

Fig. 2 Differences in the use of real-time lighting systems

由图2可以看到,在运用了实时GI后,因为有了反射光、折射光的加入,场景中没有直接光照的地方也不是一片漆黑,更贴近现实世界中的原貌。

2 光线追踪

光线追踪方法的主要思想是一根单一地从一个视点向成像方向平面上的像素发射出的光线,以找到与该光线相交的最近物体的交点^[7]。如果该点处表面是粗糙散射面,则计算光源直接照射该点产生的颜色;如果该点处表面是光滑镜面或折射表面,则继续向反射或折射方向跟踪另一条光线,如此形成了一个递归的光线穿梭,直至光线逃逸出场景或达到设定的最大递归深度。由此,研究通过跟踪与光学表面相互作用的光来获得光线穿过路径的光的模型^[8]。

渲染方程可以理解成全局光照算法的基础,可以描述由光能传输而产生的各种现象。该等式描述了从 x 点看到的光发射总量^[9]。并可将其解读为:在一定方向的物体表面上某点在某个方向上的辐射率与场景中光能传递达到稳定状态后入射辐射亮度之间的关系。渲染方程根据光的物理学原理及能量守恒定律,完美描述了光能在场景中的传播^[7]。很多真实感渲染技术都是对其进行简化的求解,以达到优化性能的目的。渲染方程的数学公式可表示如下:

$$L(\vec{x}, \omega) = L_e + \int_{\Omega} \rho(\vec{x}, \omega, \omega') L_i(\vec{x}, \omega') \cos \theta d\omega' \quad (1)$$

其中, L_i 表示从半球上某一角度 ω' 入射的光。反射项 ρ 表示光线如何被反射到观察点,该项的取值依赖于入射角 ω' 和观察者的角度 ω ^[11]。

由式(1)可知,从某一观察点看到的光是从场景中物体表面点入射的光 (L_e) 与从观察点上方的半球入射的光的叠加。基于实时光线追踪的实时全局光照如图3所示。



图3 基于实时光线追踪的实时全局光照

Fig. 3 Real-time global illumination based on real-time ray tracing

默认情况下,光线跟踪通常是将每条光线视为独立的光线,每条路径在每次更新时都要重新计算^[12]。这意味着该技术可为场景提供直射光,并随时更新每一帧。一旦灯光和游戏物体在场景中移动,灯光将立即更新,这可以在场景和游戏视图中观察到^[13]。由此可知,光线跟踪的严重缺陷之一就是性能,其中涉及的计算量较为可观,以致于当前的硬件难以满足实时光线追踪的需求。

3 路径追踪

路径追踪算法的提出,开创了基于蒙特卡洛的全局光照这一研究领域。路径追踪的原理示意如图4所示。其基本思想是从当前视点发射出一条光线,当光线与物体表面相交时根据表面的材质属性选择继续采样一个方向,发出另一条光线,迭代直到光线照射到光源上(或逃逸出场景),然后使用蒙特卡洛的方法,计算其作为像素的颜色值的贡献^[14]。光照计算时由一个递归的结构,变成一个路径函数的积分,因此蒙特卡洛的每个随机数只要产生一条路径即可。

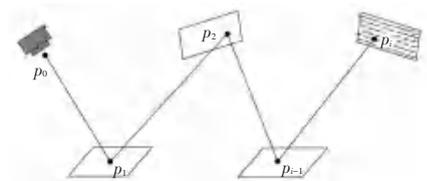


图4 路径追踪示意图

Fig. 4 Path tracking diagram

光线从摄像机或光源出发,执行 ray casting 得到光线与场景的交点,在表面处对 BSDF 进行采样得到一个散射方向,对新的光线执行 ray tracing 得到新的交点^[15],重复上述过程直至得到一条全路径(路径击中光源或摄像机),最后通过公式(2)、(3)计算出贡献值^[16]。对此公式可表示为:

$$f(P_n) = \int_A \int_A \cdots \int_A L_e(P_n \rightarrow P_{n-1}) T(\bar{p}_n) dA(p_2) \cdots dA(p_n), \quad (2)$$

$$T(P_n) = \prod_{i=1}^{n-1} f(p_{i+1} \rightarrow p_i \rightarrow p_{i-1}) G(p_{i+1} \leftrightarrow p_i). \quad (3)$$

通过路径追踪的过程得到一条路径样本,因此称为路径追踪。但路径采样也仍存在不足,如完全依赖随机,有相当部分的路径组合由于表面间可能被遮挡而形成无效的路径。因此,大部分实现都是以增量的形式,在每个有效的反射或折射方向上进行随机采样,以形成更多的有效路径^[17]。

同时,还将考虑到每个路径样本独立,缺乏对整个图像分布函数的了解。为了解决这个问题,可以通过将每一个顶点直接连接光源进行直接光照,从而获得确定性的子路径;或当光源与可见区域比较隔离时,采用双向路径追踪分别从光源和摄像机进行路径采样,再将2条子路径连接起来,以快速产生很多路径^[18]。该方法可以产生一些传统路径追踪难以采样到的光路,因此可以有效地降低噪声。进一步地,还将以对路径积分的形式重写渲染方程,允许多路径采样方法来求解积分。

4 景物模拟仿真效果及分析

本文所做自然景物模拟实验环境为:Windows 10 professional, CPU为Intel(R) Core(TM) I7-6700 CPU @ 3.40 GHz,内存为8 GB DDR4 2400,显卡为GTX765 2GB GDDR5 配置的计算机。采用Unity 2018.3.6和C#编程实现。

在景物模拟中,由于景物的复杂性和不确定性,其真实感一直是人们研究的重点。如层峦叠嶂的群山掩映在云烟中,山脚下是一汪清潭倒映着阳光和云朵,山峰的错落有致和水波荡漾必然带来其颜色光影的不一致,如果只有直接光照,将导致阳光直射的部分较为明亮,其它部分过于昏暗。当下,通常是经过改变天空盒,或者添加遮罩层的方式予以解决。但是如果是在大型游戏或影视作品中,需要动态景物的时候就远远满足不了沉浸感的要求。

在以往的制作中,绘制光影一般选择光栅化,但光栅化在制作中即已完成,也就是说无法满足实时渲染的要求,从而对开发者提出了挑战,无法巨细无遗地对每个细节进行光影处理,这也是光栅化无法拥有更真实效果的原因^[19]。

在Unity2018版本中,已经封装了RealTimeGI算法,即在Inspector面板选择着色器类型,调整SkyBox模拟天空的变化。着色器实际就是一段嵌

入到渲染管线内的程序,可以控制GPU运算图像效果的算法。接下来,在Lighting面板中的Environment Lighting中制定好光源,在Preview面板可以灵活调节太阳高度、灯光类型烘焙属性等参数以模拟自然界中的日升日落^[20]。

运用本文讨论的实时全局光照所模拟的山水景色的对比如图5、图6所示。其中,以光源为视点渲染的纹理和以摄像机为视点渲染的纹理大小均为1048×424,屏幕分辨率为1920×1080。由此可以看出,运用实时光照后,因为有了反射光,一些原本模糊的细节变得较为明亮清晰,岩石上的纹路也一清二楚,更加贴近生活场景。



图5 未用实时光照的山水

Fig. 5 Landscape without real-time lighting



图6 运用实时光照的山水

Fig. 6 Landscape using real-time lighting

5 结束语

本文研究了实时全局光照及其2种追踪方法,分别是光线追踪与路径追踪。虽然实时光照有很多优点,如真实性好,代入感、沉浸感强,减少光栅化的工作量。但其庞大的计算量和对GPU极高的要求却仍不容忽视,亟待获得真正解决。因此,合理选择算法模型,兼顾真实感和计算量即已成为今后该方面的研究重点。

参考文献

- [1] DACHSBACHER C, STAMMINGER M, DRETTAKIS G, et al. Implicit visibility and antiradiance for interactive global illumination[J]. ACM Transactions on Graphics, 2007, 26(3): 61.
- [2] LAINE S, SARANSAARI H, KONTKANEN J, et al. Incremental instant radiosity for real-time indirect illumination [C]// Proceedings of Eurographics Symposium on Rendering Techniques. Grenoble, France: dblp, 2007: 277-286.
- [3] WALTER B, ARBREE A, BALA K, et al. Multidimensional lightcuts [J]. ACM Transaction Graphics (S0730-0301), 2006, 25(3): 1081-1088.