

硕 士 研 究 生 读 书 报 告



题目 《荒野大镖客2》中的大气渲染技术

作者姓名 符展展

作者学号 21951072

指导教师 王锐

学科专业 软件工程

所在学院 软件学院

提交日期 2019 年 12 月

The Atmospheric World of Red Dead Redemption 2

A Dissertation Submitted to

Zhejiang University

in partial fulfillment of the requirements for

the degree of

Master of Engineering

Major Subject: Software Engineering

Advisor: Wang Rui

By

Fu Zhanzhan

Zhejiang University, P.R. China

2019

摘要

本文包括《荒野大镖客2》中的大气云雾技术，包括云雾渲染、体积效应，以及代表天空环境光的光照模型。这些技术的构思和设计均遵循光传输的物理特性和规律。把体积元素、光线步进的方案用于主视口、反射图和天空辐照度探针网格。介绍了方程式和算法，描述了艺术家如何设置参数，以及开发过程中遇到的问题，提出了优化措施。

**关键词**：云雾渲染， 体积效应，光照模型，基于物理

Abstract

The presentation will cover the sky rendering techniques from Rockstar's Red Dead Redemption 2 game, including cloud/fog rendering, volumetric effects and the resulting ambient lighting model that represents indirect lighting from the sky. These techniques were conceived and designed to both obey the physical properties and laws of light transport. The author plan to describe a voxelization and raymarching solution towards scattering and transmittance used for the main viewport, reflection maps and sky irradiance probe grid. The author will provide an overview of equations and algorithms, describe how artists setup and use their system, explain discoveries they made and problems encountered while developing this system, as well as cover some of the optimizations required to make the described system run smoothly on the constrained hardware available in current generation consoles

**Keywords：**cloud/fog rendering, volumetric effects, lighting model, physical properties and laws

1引言

游戏内主要环境为不同气候区域的荒野，因此天空渲染是不可缺少的组成部分。在天空渲染中，主要光源为天空的自然光，主要对象为云和雾，从中分析两者产生的光照效果。天空渲染技术从早期的分析模型，到更精确的光线步进，到最近的视锥体体积方法，作者在此基础上提出完整的解决方案，包括对象建模、渲染算法以及优化措施。

**2 对象建模**

**2.1 云**

云的处理分为三部分，云的分布、云的形状、云的细节。

云的分布，从2D分布图开始，混合天气和时间参数，生成新的2D分布图。分布图定义了云的整体分布，纹理格式为512x512 R16G16，RG两通道代表有两层云，值代表云的密度。

云的形状，通过一个混合时间参数的LUT定义云的厚度，与云的分布结合，形成云的形状。

云的细节，从一张2D纹理中采样两次得到两个偏移向量，从一张3D 噪声纹理中采样一次得到噪声向量，相加即为最后的偏移向量。

**2.2 雾**

雾由全局雾和局部雾组成。全局雾基于海拔高度，通过全局雾分布图来定义。局部雾有两种方法实现，定义局部雾的分布图或定义局部雾体积元素。

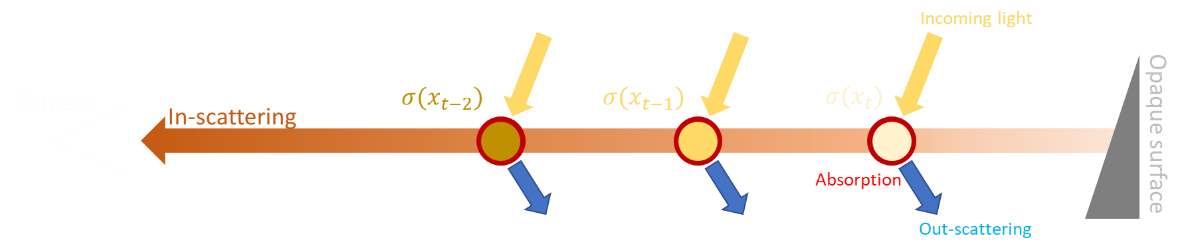
局部雾的分布图由512x512 R11G11B10纹理定义，R表示雾起始高度，G表示高度衰减，B代表密度，最终结果需要混合天气和时间。

雾体积是盒状或球状的对象，可以被添加到载体表面上，可以有Alpha分量，产生光照效果。

**3 渲染算法**

**3.1 散射光计算**

散射光模型是基于物理的体积单次散射，如下图。



计算处的散射光：

表示到的内散射光强，是处的光强乘透射系数与路径上各处散射光强的积分。

表示到的透射系数，其中表示消散系数，跟材质有关。

表示消散系数， 表示吸收系数， 表示散射系数。

表示处的散射光强，为所有光源散射效果的叠加。其中表示光通过介质的散射情况，表示可见性，类型阴影的性质，表示光源。

：第一项是基于Henyey-Greenstein相位方程的（简称），对于前向散射处理的比较好，第二项使用多级模型来模拟多次散射， 表示散射次数，,表示各级比重。

其中表示前向到后向的中间值，为[-1,1]，表示角度。

处理后向散射时使用一个技巧来模拟，取后向散射值为，这里v是由物体材质获得的。

：和直接光照不一样的是，这是一个散射过程，所以正确的结果应该是ray march过程中每一步的可见性情况的叠加。分为三部分，级联局部阴影，地形阴影，云层阴影。

级联局部阴影：是局部光源产生的阴影贴图。

地形阴影：使用ray march生成一张格式为128x128 RG16F的纹理，储存地形与太阳光的阴影贴图，R表示交点高度，确定可见性，G表示光线长度，用于产生软阴影。

云层阴影：使用ray march生成一张格式为768x768 R16F的纹理，产生6 mipmaps，储存云层与太阳光的阴影贴图，使用ESM技术生成软阴影。

：包括三部分，远处环境光，近处环境光，局部光。

远处环境光：使用ray march方法的，获取天空环境光。

近处环境光：使用voxelization方法的，使用辐照度探针，加上天空环境光。

局部光：从light volume中采样。

通过以上计算，我们可以获得场景中某点接收的最终光强。

**3.2 Frustum Voxel Grid**

使用frustum voxel grid存储低精度的场景volume信息，用于低频信息渲染，其中存了三种信息，阴影信息，材质信息，光照信息。

阴影信息：格式为R16F，包括了级联阴影、地形阴影，云层阴影

材质信息：格式为RGBA8UB的两个volume，包括，，，发射强度，环境强度，水滴密度。

光照信息：格式为RGBA16F，结合阴影volume、材质volume和散射光计算方程计算得到。

**3.3 场景计算**

渲染场景时为了兼顾效果和效率，使用了混合方案：视锥体体积算法（Frustum Volumes），光线步进（ray march）。

渲染近处场景时，使用视锥体体积算法，渲染精度高。渲染远处场景时，因为光照volume的分辨率限制，导致高频部分不稳定，所以使用光线步进算法来替代视锥体体积算法，渲染速度快，且更有效地利用内存。

光线步进算法优化：

优化1：因为光线步进算法需要计算多次循环，为了减少计算量，我们从中删除了某些功能，例如雾体积，辐照度探头和局部光，光线计算起点为视锥体的末端，并叠加一个蓝噪声偏移。

优化2：步长优化，一开始使用一个大步长，根据场景深度，地平面，云顶来确定，每次我们碰到云的基本形状时，我们将步长减半，然后将采样位置移回该距离。我们以固定的迭代次数重复此测试，以便最终得到一个非常接近云形状开始的位置，并从此位置以减小的步长继续进行，直到找到交点。

优化3：低分辨率，分辨率使用屏幕分辨率的一半，这足以容纳我们的数据，以及由此产生的高频细节。

优化4：我们不在每个像素上投射光线，而是投射更少的光线然后重建，把计算量分摊到4帧，每次raymarch 2x2像素中的一个。

**4 小结**

通过对大气渲染技术的研究，我对其在大气渲染系统中的地位和作用有了更加明确的认识，归纳起来有以下几点：

（1）volumetric算法的效果是最好的，因此整个场景以此为基础。

（2）近处是frustum align的volume based技术。

（3）远处是raymarch based技术。

（4）这一个统一的，基于物理的，支持多种材质的散射和透射的系统。

参考文献

[1] Creating the Atmospheric World of Red Dead Redemption 2: A Complete and Integrated Solution．Fabian Bauer，siggraph2019.