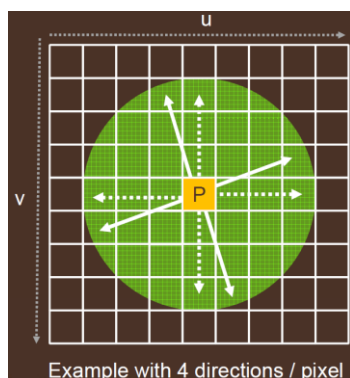


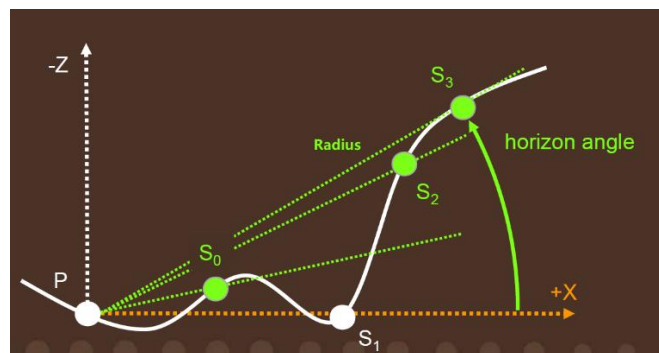
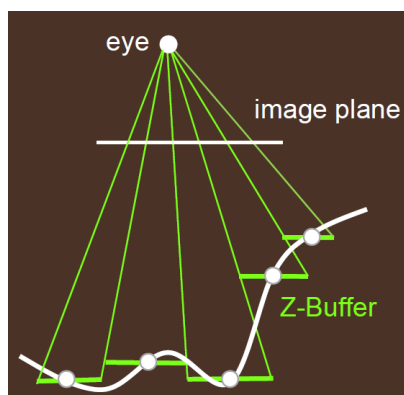
HBAO 说明

原理

完整的 AO 计算公式是一个积分，代表由当前点射出的各个方向的光线被遮挡的概率；显然不可能去求积分，所以采用随机采样的方式，HBAO 除了采样方向（Direction），每个方向（Direction）在水平方向上还会进行步进（Step），每次步进（Step）会得到一个在采样方向（Direction）上的水平角，使用最大的水平角和该点对应的切向角 T 计算 AO；每个方向（Direction）的 AO 求和平均后为该点最终的 AO；



Sample Directions



Sample Steps

采样的随机性

使用 NoiseTex(4X4, 像素 0-1)辅助生成随机的采样方向(Directions)和每次的步进(Steps);
配置参数:

- **Dither:** 采用固定公式生成随机数填充 NoiseTex;
- **SpatialDistribution:** 使用梅森旋转算法生成随机数填充 NoiseTex;
- **InterleavedGradientNoise:** 使用梅森旋转算法生成随机数填充 NoiseTex,

区别为 Direction 的随机数采用了动视的一个算法; 详见链接:

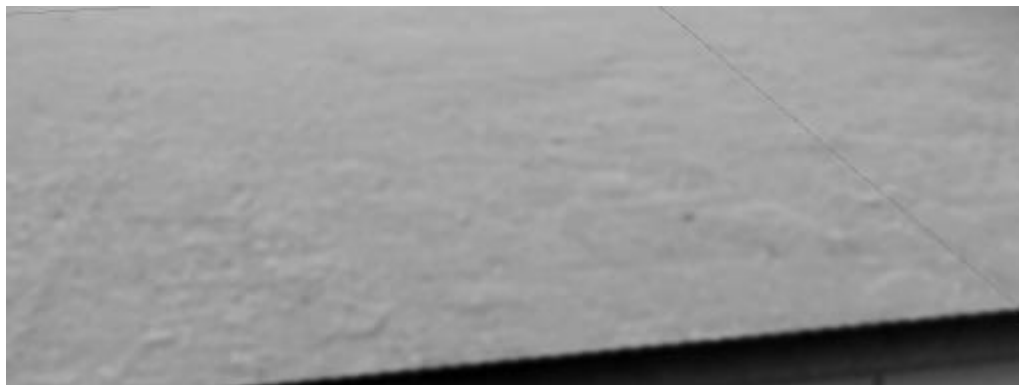
https://blog.selfshadow.com/publications/s2016-shading-course/activision/s2016_pbs_activision_occlusion.pdf

效果优化参数说明

1. 加入 angle bias 修复顶点数较低的平面上的显示问题

配置参数:

- **Bias:** 加入角度偏移防止错误, 如果发现有莫名其妙或多余的细节, 请加大改值;



没有 Bias



Bias = 0.26

2. 加入 **Blur** 以及 **Temporal filter** 解决随机采样产生的噪声
配置参数：

- **Type:** 控制模糊时混合周围像素的数量， $N \times N$

Narrow	2
Medium	3
Wide	4
Extra Wide	5

- **Sharpness:** 控制模糊时边缘的强度，防止边缘信息被模糊过滤掉；



没有 **Blur** 时的噪声



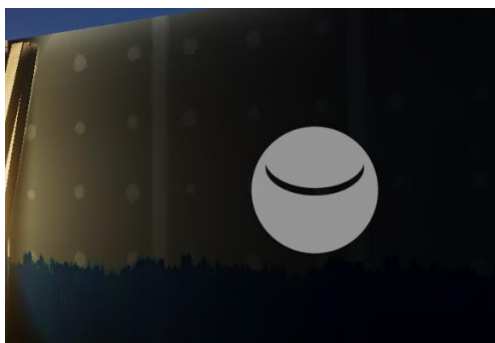
Blur 后的 AO 结果

3. Multi Bounce

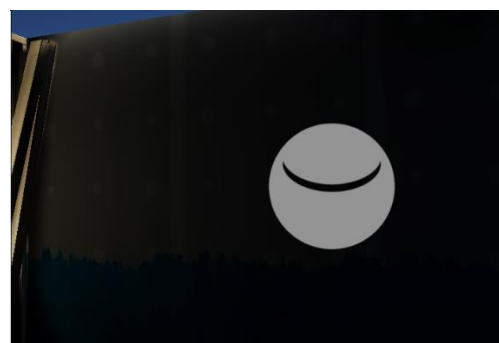
考虑环境光在表面的反射对 AO 效果的影响

采用 GTAO 里的经验公式完成

```
inline half3 MultiBounceAO(float visibility, half3 albedo) {  
    half3 a = 2.0404 * albedo - 0.3324;  
    half3 b = -4.7951 * albedo + 0.6417;  
    half3 c = 2.7552 * albedo + 0.6903;  
  
    float x = visibility;  
    return max(x, ((x * a + b) * x + c) * x);  
}
```



开启 Multi Bounce



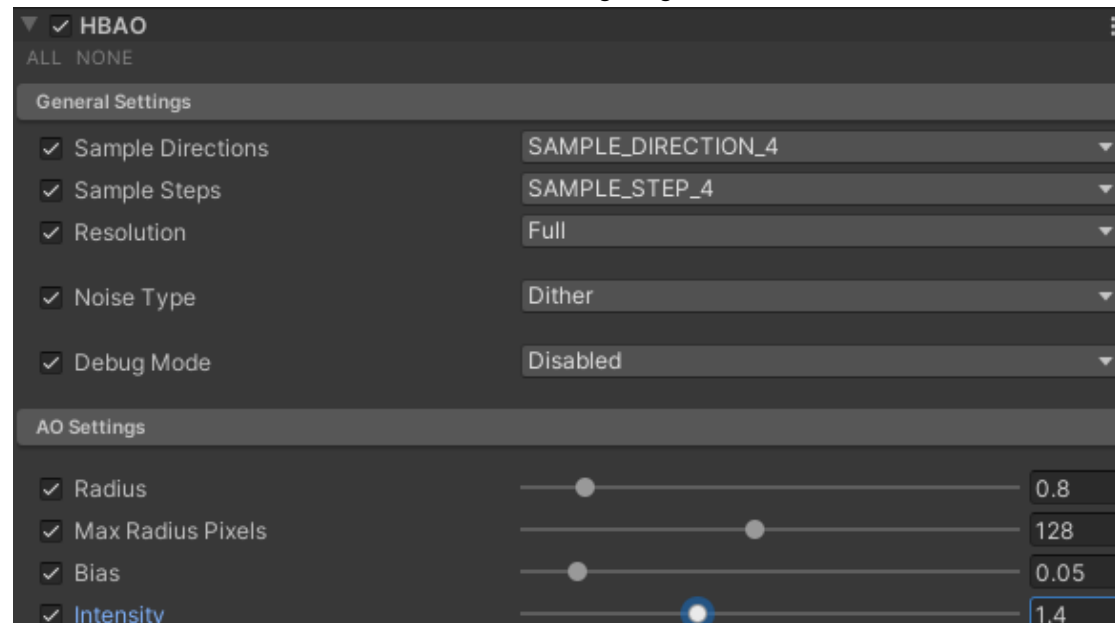
未开启

4. 其他参数

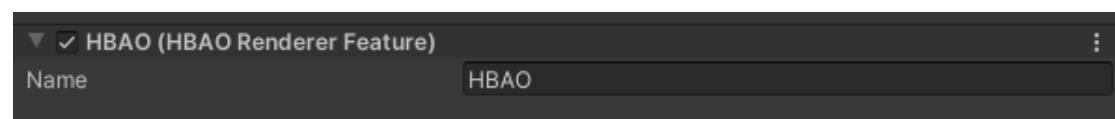
- **Normal Source**: 控制 AO 计算时所使用的像素点法线的来源，分为使用 CameraNormalTexture 和使用 DepthTexture 重构两种，前者在 forward Renderer 时可能会带来额外的开销；
- **Resolution**: 可以控制在计算 AO 时使用四分之一分辨率，可以大幅提高性能，但是会造成 AO 结果在镜头移动时出现闪烁；
- **Sample Direction 和 Steps**: 控制采样方向的数量，和步进的数量；
- **Radius**: 采样半径，控制屏幕空间内采样的范围，越大效果越好；
- **Max Radius Pixels**: 控制采样半径的最大像素值，在靠近镜头的平面上可以有助于防止采样超出视觉范围，越大效果越好；
- **Max Distance**: 控制 AO 覆盖的范围；
- **Distance Falloff**: 可以控制 AO 在 view 空间下根据距离进行衰减，防止相邻两个像素 AO 值差别过大，不能超过 Max Distance；

使用方法

1. Post Process Volume 中 Add Override -> Lighting -> HBAO



2. URP Renderer 中 Add Renderer Feature



3. 加大 Intensity（如 1 中所示）；
4. 修改 Sample 参数，Normal 参数观察效果。

额外注意事项

```
Pass // 4
{
    Name "HBAO - Composite"

    ColorMask RGB

    Stencil
    {
        Ref [_StencilCullingRef]
        Comp NotEqual
        Pass Keep
        Fail Keep
        ZFail Keep
    }
}
```

这个pass是用来屏蔽一些不受AO效果的物件，主要是角色。
如果要用的话，角色需要写入对应的Stencil值。
如果不用的话，可以屏蔽掉这个步骤，这样可以省下一次渲染。