**Bloom**

**什么是Bloom效果？**

让画面中较亮的区域扩散到周围区域中，造成一种朦胧的效果。

**Bloom的实现原理是什么？**

根据一个设定阈值提取图像中较亮区域，把它们存储到一张RT中，然后利用高斯模糊对这张纹理进行模糊处理，模糊图像会将明亮的像素渗入到较暗的像素，使其看起来会发光，以此模拟光线扩散的效果，然后将它和原图像进行混合得到最终效果。

**什么是卷积操作？**

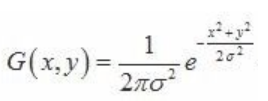
卷积操作一般是指使用一个卷积核（Kernel）对一张图像中的每个像素进行一系列操作。卷积核通常是一个四方形结构（例如2\*2、3\*3的方形区域），该区域内每个方格都有一个权重值。当对图像中某个像素进行卷积时，我们会把卷积核的中心位置放置于该像素上，翻转核之后再依次计算核中每个元素和其覆盖的图像像素值的乘积并求和，得到的结果就是该位置新的像素值。

**什么是降(下)采样和上采样？**

降（下）采样（DownSampling）意为缩小图像（以下统称下采样），生成图像的小尺寸缩略图。若图像尺寸为M\*N，对其进行x倍的下采样时，则最终得到一个M/x、N/x尺寸的缩略图，将原图像x\*x窗口内的图像编成一个像素，这个像素点的值就是窗口内所有像素的平均值或者最大值。与之对应的还有上采样（UpSampling），意为放大图像，一般采用内插值的方法，即在原有图像像素的基础上在像素点之间采用合适的插值算法插入新的元素。

**高斯滤波**

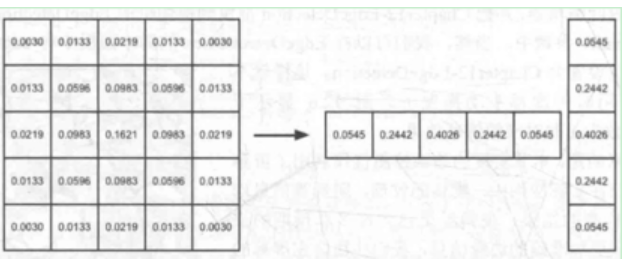
高斯方程：

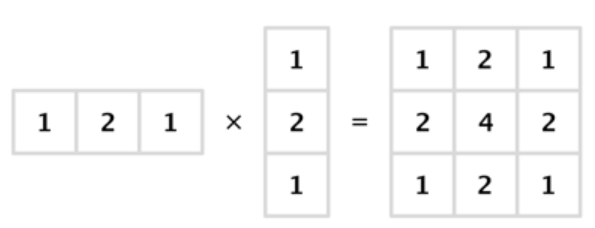


​ 其中δ是标准方差（一般取值为1），x和y分别对应了当前位置到卷积核中心的整数距离。通俗来说高斯滤波就是对整幅图像进行加权平均的过程，每一个像素点的值，都由其本身和邻域内的其它像素值经过加权平均后得到。高斯方程很好地模拟了邻域内每个像素对当前处理像素的影响程度：距离越近，影响越大，高斯核维度越高，模糊程度越大。

**高斯方程计算优化**

使用一个N\*N的高斯核对图形进行卷积滤波，就需要N\*N\*W\*H次纹理采样，当N的大小不断增加时，采样次数会变多，好在我们可以把这个二维高斯函数拆分成两个一维函数。也就是说可以使用两个一维的高斯核先后进行滤波，它们得到的结果和直接使用二维高斯核是一样的。采样次数只需2\*N\*W\*H次，且两个一维高斯核中包含了很多重复的权重，对于一个大小为5的一维高斯核，实际只需要记录3个权重值即可。





使用高斯核对图像进行高斯模糊需要使用两个Pass，一个Pass使用竖直方向的一维高斯核对图像进行滤波，另一个Pass则使用水平方向的一维高斯核。

**叠加模糊**

使用Bloom金字塔的顶部作为最终图像产生统一的混合，但它看起来不像什么发光的东西。我们可以通过逐步向上采样回到金字塔底部，在一张图像中累积所有的级别来得到想要的结果。

**双三次滤波上采样**

虽然高斯滤波会产生平滑的结果，但我们在上采样时仍执行双线性滤波，这可能会使辉光显得像块状。这在原始图像中收缩较高的地方（尤其是在运动时）中最为明显。

我们可以通过切换到双三次滤波来平滑结果。对此虽然没有硬件支持，但我们可以使用源码库中Filtering.hlsl文件中定义的SampleTexture2DBicubic方法来解决。我们定义一个GetSourceBicubic方法，在里面调用SampleTexture2DBicubic方法，需要传递源纹理和采样器、屏幕UV坐标以及纹素尺寸\_PostFXSource\_TexelSize通过ZWXY排序的矢量。除此之外还有一个最大纹理坐标的参数，该参数为1，以及另一个未使用的参数，该参数可以为零。然后在BloomCombinePassFragment方法中采样第一个源纹理时使用双三次滤波进行上采样。

**一半的分辨率**

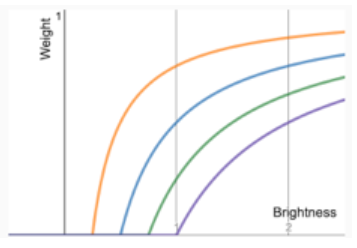
由于所有的纹理采样和绘制，Bloom可能需要大量时间才能生成。一种简单的降低成本的方式是以一半的分辨率生成它，这将更改效果的外观，因为实际上相当于跳过了第一次迭代。

**阈值**

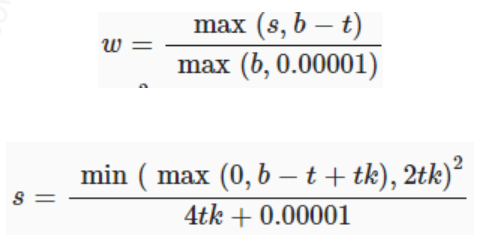
现在我们的Bloom效果适用于所有对象，让它们发光。通常我们需要设定一个阈值来提取图像中较亮的区域，对其进行模糊处理后模拟光线扩散的效果。但我们不能突然消除效果中的颜色，因为这会在逐渐过渡的地方引入尖锐的边界，相反应该将颜色乘以一个权重：



​ 其中b为亮度，t是配置的阈值，我们使用最大的颜色RGB通道为b，阈值为0时结果总是为1，这将保持颜色不变，随着阈值增加，权重曲线会向下弯曲，在b<=t处为0。由于曲线的形状很像膝盖，它也被称为膝盖曲线。下面是阈值分别为0.25、0.5、0.75和1时的曲线。



​该曲线在某个角度达到0，意味着虽然过渡比Clamp更平滑，但仍然有一个突然的终止点。我们可以通过改变权重来改变膝盖的形状。



其中k是膝盖，为0-1的滑动区间。下图是阈值为1，膝盖分别为0、0.25、0.5、0.15和1时的曲线。

