UE4 Landscape 修改

Landscape主要由 高度、Layer(混合比)、材质等数据组成。此文我们重点讨论如何快速修改高度与混合比。

一.地形创建

1.创建地形与创建普通Actor并没有区别，通过SpawnActor方法实现,创建时可以指定 Transform.

```
LandscapeMaskActor = World->SpawnActor<ALandscape>(NewLandscapeLocation, NewLandscapeRo
```

2.设置材质

```
FString NewLandscapeMaterialName = TEXT("/Game/Materials/PCG_LandscapeMask.PCG_Landscape
LandscapeMaterial = LoadObject<UMaterialInterface>(NULL, *NewLandscapeMaterialName, NULL
LandscapeMaskActor->LandscapeMaterial = LandscapeMaterial.Get();
```

3.导入高度、Layer数据, 指定地形范围及Sections设置。

```
LandscapeMaskActor->Import(FGuid::NewGuid(), MinX, MinY, MaxX, MaxY, NumSubsections, Sub
```

4.设置LayerObject
只有设置了 ULandscapeLayerInfoObject 后，地形的Layer数据才可以被修改，地形才能正常显示。
ULandscapeLayerInfoObject可以提前创建保存为资源，被多个地形重复使用。

```
void AssignLayerInfoObjects(ALandscapeProxy* Landscape, int32 LayerIndex)
{
        FSoftObjectPath AssetPath(FString::Printf(TEXT("/Game/PCGPipeline/Mask/SpeedGame
        FAssetData AssetData;
        UAssetManager::Get().GetAssetDataForPath(AssetPath, AssetData);
        UObject* Object = AssetData.GetAsset();
        if (Object)
        {
                ULandscapeInfo* LandscapeInfo = Landscape->GetLandscapeInfo();
                ULandscapeLayerInfoObject* LandscapeInfoObject = const_cast<ULandscapeLa

                FLandscapeInfoLayerSettings& LayerSettings = LandscapeInfo->Layers[Layer
                LayerSettings.LayerInfoObj = LandscapeInfoObject;
                LandscapeInfo->CreateLayerEditorSettingsFor(LandscapeInfoObject);
        }
}
```

二.地形高度修改

1.格式与高度转换

地形高度数据一般又称高度图，每个顶点的高度由一个uint16来表示，UE4高度转换算法把uint16映射到 [-256, 256]. 然后再和 DrawScale 一起决定了地形的最终渲染效果。
代码实现可以参考
LandscapeDataAccess.h 中 GetLocalHeight 函数的实现

```
#define LANDSCAPE_ZSCALE        (1.0f/128.0f)
const int32 MaxValue = 65535;
const float MidValue = 32768.f;
FORCEINLINE float GetLocalHeight(uint16 Height)
{
        return ((float)Height - MidValue) * LANDSCAPE_ZSCALE;
}
```

2.获取高度法线数据

个人一般通过 FLandscapeEditDataInterface 类的 GetHeightDataFast 方法来获取高度及法线数据。其中法线数据是可选项，可以不获取。

```
TArray<uint16> HeightData;

FLandscapeEditDataInterface LandscapeEdit(InLandscape->GetLandscapeInfo());
LandscapeEdit.GetHeightDataFast(MinX, MinY, MaxX, MaxY, HeightData.GetData(), 0);
```

MinX, MinY, MaxX, MaxY 定义下获取高度的范围。以 MinX = 0, MinY = 0, MaxX =16, MaxY = 16] 为例, 要获取的范围为 16x16, 共有17x17个顶点，自然最终返回的数据也是17x17共289个高度值。

对于多Level的World, 场景中会存在多个 ALandscapeProxy*， 所有的这些ALandscapeProxy会共用同一个ULandscapeInfo, 如果我们只想获取某一个ALandscapeProxy的高度数据，可以通过其LandscapeComponents变量获取范围,然后再通过范围获取高度数据。

```
bool GetLandscapeExtent(int32& MinX, int32& MinY, int32& MaxX, int32& MaxY, ALandscapeP
{
        MinX = MAX_int32;
        MinY = MAX_int32;
        MaxX = MIN_int32;
        MaxY = MIN_int32;

        // Find range of entire landscape
        for (const ULandscapeComponent* Comp : InLandscape->LandscapeComponents)
        {
                Comp->GetComponentExtent(MinX, MinY, MaxX, MaxY);
        }

        return (MinX != MAX_int32);
}
```

3.设置高度数据

相对应的，我们通过 FPCGTerrainEditInterface 的 SetHeightData方法来设置高度数据。

FLandscapeEditDataInterface::SetHeightData 方法主要操作有：

1. 查找位于范围内的的所有LandscapeComponents
2. 根据传入的高度数据计算法线，或者通过传入的法线数据更新法线。其中顶点法线计算方法为：所有顶点相关的面法线求和取平均:
   $Vn = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} Fn(i)$
   i ：面索引
   n ：顶点相关面数量
   Vn : 顶点法线
   Fn : 面法线函数
3. 更新高度数据与法线数据，UE4只用一个象素就存储了高度及法线数据，高度因为精度要求为uint16分别占用了RG通道，法线因为是单位向量，所以用BA通道分别存储了法线的X,Y值, Z值由sqrtf(1-XX-YY)求出。，（推测：因为高度数据与地形位置的X,Z数据是分开保存的， 则用于地形绘制的索引及顶点位置的XZ数据应该是所有地形Component共用的，只有一份）。

```
// Update the texture
TexData.R = Height >> 8;
TexData.G = Height & 255;

// Update normals if we're not on an edge vertex
FVector Normal = VertexNormals[NormalDataIndex].GetSafeNormal();
TexData.B = FMath::RoundToInt(127.5f * (Normal.X + 1.0f));
TexData.A = FMath::RoundToInt(127.5f * (Normal.Y + 1.0f));
```

3. 更新包围盒
4. 所有组件创建高度MipMaps(LOD)
5. 更新碰撞数据(物理)，如果碰撞数据修改影响寻路，则更新寻路数据

警告

SetHeightData 函数只修改了非边缘顶点的法线，如果要更新当前范围内所有顶点的法线，必须扩大传入的范围。

地形Layer数据修改

获取Layer数据

Layer数据的获取与高度数据的获取类似，区别主要有几点

1. Layer数据格式为 uint8, 高度数据格式为 uint16
2. 每个地形拥有多层Layer, 所以GetWeightDataFast 函数需要 ULandscapeLayerInfoObject* 对像做为输入。

```
// Get LayerData
bool GetLandscapeLayerData(int32& MinX, int32& MinY, int32& MaxX, int32& MaxY, TArray<u
{
        ULandscapeInfo* LandscapeInfo = InLandscape->GetLandscapeInfo();
        ULandscapeLayerInfoObject* InfoObject = LandscapeInfo->GetLayerInfoByName(*Laye
        if (InfoObject)
        {
                MinX = MAX_int32;
                MinY = MAX_int32;
                MaxX = -MAX_int32;
                MaxY = -MAX_int32;
                if (GetLandscapeExtent(MinX, MinY, MaxX, MaxY, InLandscape->LandscapeCo
                {
                        FLandscapeEditDataInterface LandscapeEdit(InLandscape->GetLands
                        LayerData.AddZeroed((MaxX - MinX + 1) * (MaxY - MinY + 1));
                        LandscapeEdit.GetWeightDataFast(InfoObject, MinX, MinY, MaxX, Ma

                        return true;
                }
        }

        return false;
}
```

3. 对于WeightBlendLayer，每个顶点相关的所有Layer值相加为1， 各Layer间行成一种此消彼长的关系。当某Layer数据增加是，其它Layer数据会根据当前值按比例缩小。

```
Weight = FMath::Clamp<uint8>(FMath::RoundToInt((float)(255 - NewWeight) * (float)Weight
```

设置Layer数据

Layer数据的修改通过 FLandscapeEditDataInterface 的方法 SetAlphaData来实现。

```
void OverrideLandscapeWeightData(int32 MinX, int32 MinY, int32 MaxX, int32 MaxY, const
{
        if (InLandscapeInfo && InLandscapeInfoObject)
        {
                FLandscapeEditDataInterface LandscapeEdit(InLandscapeInfo);
                LandscapeEdit.SetAlphaData(InLandscapeInfoObject, MinX, MinY, MaxX, Max
        }
}
```

FLandscapeEditDataInterface::SetHeightData 方法主要操作有：

1. 若对应LyaerIdx的贴图不存在，则创建新的WeightTexture。
2. 调整其它层Weight, 保证所有层数值相加为255。着色器中会映射[0-255]为[0-1]

3. 更新WeightmapMips(推测为地形LOD 渲染时，提高纹理采样效率，降低带宽占用)
4. 更新Layer相关的物理数据; 物理材质是与Layer绑定的，如摩擦力等。
5. 清空Layer, 若某Layer所有数据全为0, 则删除WeightTexture.

更新植被显示

除了FoliageSystem 外， UE4中还以通过材质配置草的渲染，其中草的生成依赖于地形Layer数据。在地形Layer数据修改后，需要调用以下代码更新草的显示。

```
// Invalid Component Data
TSet<ULandscapeComponent*> ComponentsSet(LandscapeActor->LandscapeComponents);
ALandscapeProxy::InvalidateGeneratedComponentData(ComponentsSet);
```

四.性能优化

UE4中地形修改，其性能瓶颈主要有两点

1. HeightmapTexture的创建
2. WeightmapTexture的创建与删除

1. 分块修改

对于地形的修改，大部分情况下，我们只修改了一部分地形的数据。以1009x1009地形为例，以16x16块大小进行分块，则可以得到63 X 63 共 3969 个Tiles.
如果一条河只影响了其中的63个Tile, 那么只有 1.6% 左右的地形顶点需要通过调用 SetHeightData 与SetAlphaData进行数据修改。

性能数据

```
TimeProfiler FPCGCookLinker::ApplyLayers+PCGCookLinker.cpp"+108 ,38.537473s, 99.999939%
TimeProfiler     FPCGTerrainSyncHelper::ImportLayers+PCGTerrainSyncHelper.cpp"+300 ,30.530284s, 79.2222
TimeProfiler     FPCGTerrainSyncHelper::AddLayerWeight+PCGTerrainSyncHelper.cpp"+345 ,0.017465s, 0.0453
TimeProfiler     FPCGTerrainSyncHelper::AddLayerWeight+PCGTerrainSyncHelper.cpp"+352 ,7.927910s, 20.571
TimeProfiler     FPCGTerrainSyncHelper::AddLayerWeight+PCGTerrainSyncHelper.cpp"+359 ,0.000265s, 0.0006
```

单Level应用一层纹理耗时约等于 8秒,

纹理加载、数据计算、InvalidComponentData 对性能影响较低; 主要的耗时函数为FLandscapeEditDataInterface::SetAlphaData, 耗时占比超过98%。

分块后 应用River_Layer， 耗时在1秒以内。

Tile大小对效率的影响：

单Level，Layer修改总耗时
8x8 7.996s
16x16 4.373s
32x32 4.634s
64x64 6.828s

其中 16x16是比较好的选择

2. 避免使用 FillLayer

FillLayer会把当前Layer置1， 导致其它Layer的所有WeightmapTexture被删除，严重影响编辑效率。

3. 并行计算

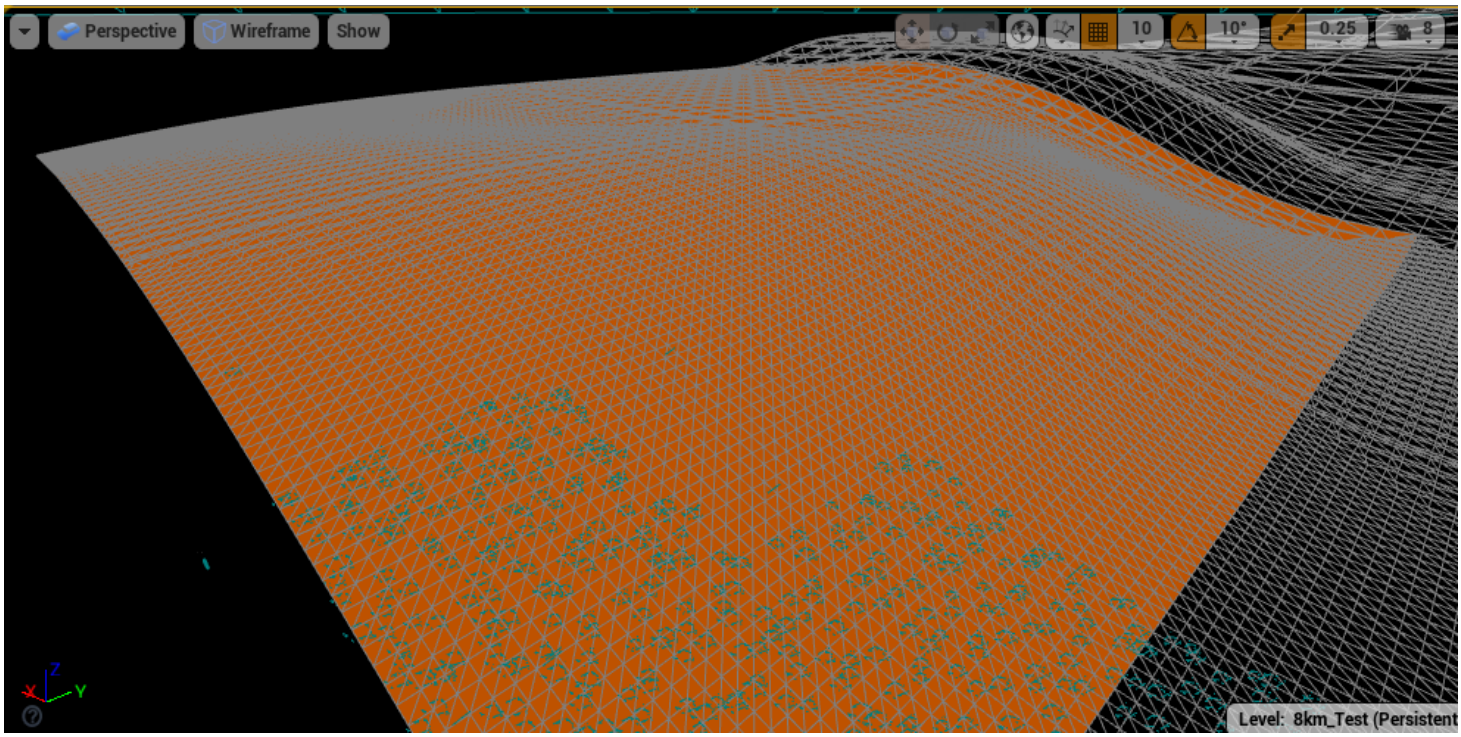
对数据的分块操作以及各种计算，其数据都是只读的，且不相互影响。可以使用ParallelFor 进行多线程并行处理，提升效率。

4. 异步创建 Actor（未实现）

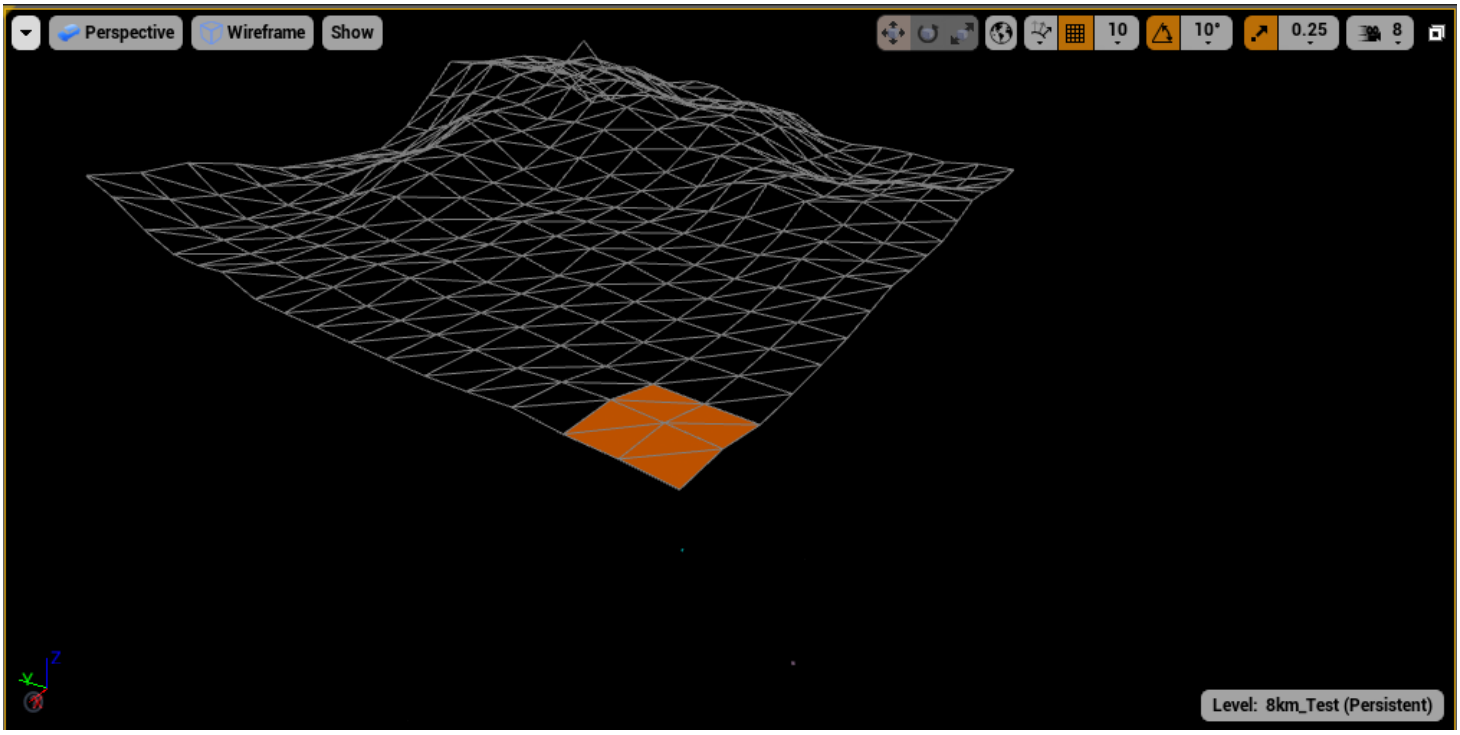
目前用于Mask编辑的地形创建耗时较长，可以尝试异步方式创建Actor,避免阻塞主线程。

待续

1. 地形LOD的实现细节, 最低级LOD面数为最高级高LOD面数的 1/ 3969.



每个Component有4个SubSection组成，在最高LOD下，每个SubSection由63x63x2个三角形面(黄色区域是一个Compont).



每个Component有4个SubSection组成，在最低LOD下，每个SubSection由1x1x2个三角形面 (黄色区域是一个Compont)

2. 高度数据(HeightmapTexture)与Layer数据(WeightmapTextures)在渲染中的使用细节

参考

1. Epic Games (1998-2019) . Landscape Outdoor Terrain