# UE4渲染机制概述

## 涉及类型及其含义

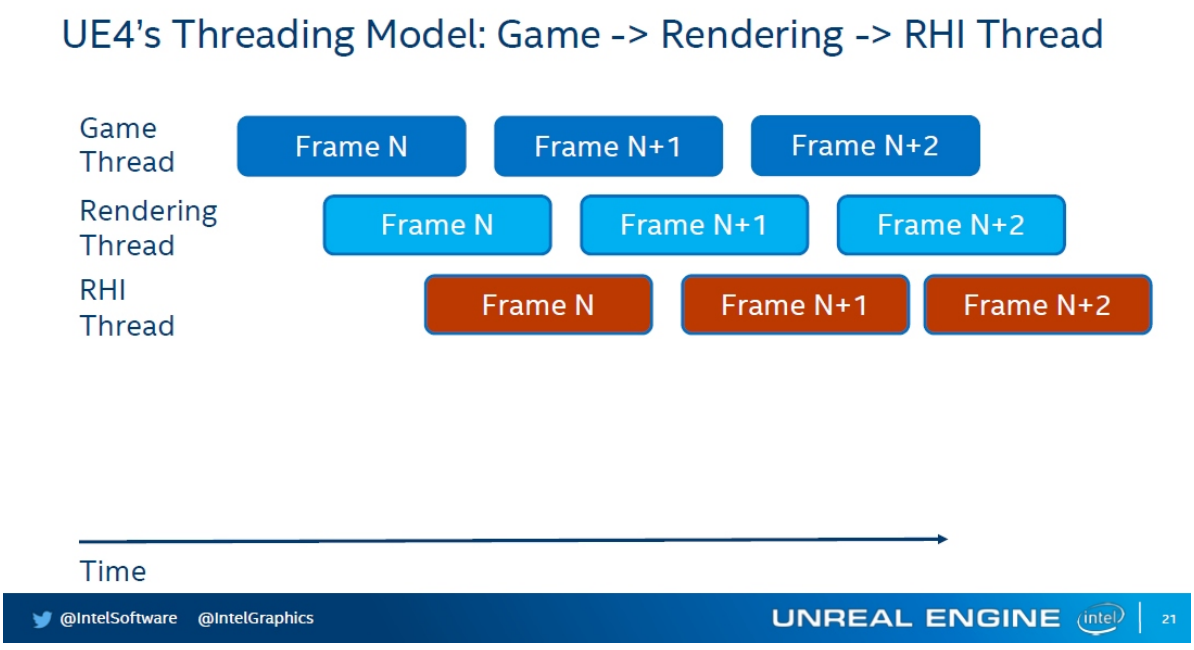
| 类型 | 解析 |
| --- | --- |
| **UWorld** | 包含了一组可以相互交互的Actor和组件的集合，多个关卡（Level）可以被加载进UWorld或从UWorld卸载。可以同时存在多个UWorld实例。 |
| **ULevel** | 关卡，存储着一组Actor和组件，并且存储在同一个文件。 |
| **USceneComponent** | 场景组件，是所有可以被加入到场景的物体的父类，比如灯光、模型、雾等。 |
| **UPrimitiveComponent** | 图元组件，是所有可渲染或拥有物理模拟的物体父类。是CPU层裁剪的最小粒度单位， |
| **ULightComponent** | 光源组件，是所有光源类型的父类。 |
| **FScene** | 是UWorld在渲染模块的代表。只有加入到FScene的物体才会被渲染器感知到。渲染线程拥有FScene的所有状态（游戏线程不可直接修改）。 |
| **FPrimitiveSceneProxy** | 图元场景代理，是UPrimitiveComponent在渲染器的代表，镜像了UPrimitiveComponent在渲染线程的状态。 |
| **FPrimitiveSceneInfo** | 渲染器内部状态（描述了FRendererModule的实现），相当于融合了UPrimitiveComponent and FPrimitiveSceneProxy。只存在渲染器模块，所以引擎模块无法感知到它的存在。 |
| **FSceneView** | 描述了FScene内的单个视图（view），同个FScene允许有多个view，换言之，一个场景可以被多个view绘制，或者多个view同时被绘制。每一帧都会创建新的view实例。 |
| **FViewInfo** | view在渲染器的内部代表，只存在渲染器模块，引擎模块不可见。 |
| **FSceneViewState** | 存储了有关view的渲染器私有信息，这些信息需要被跨帧访问。在Game实例，每个ULocalPlayer拥有一个FSceneViewState实例。 |
| **FSceneRenderer** | 每帧都会被创建，封装帧间临时数据。下派生FDeferredShadingSceneRenderer（延迟着色场景渲染器）和FMobileSceneRenderer（移动端场景渲染器），分别代表PC和移动端的默认渲染器。 |
| **FMeshBatchElement** | 单个网格模型的数据，包含网格渲染中所需的部分数据，如顶点、索引、UniformBuffer及各种标识等。 |
| **FMeshBatch** | 存着一组FMeshBatchElement的数据，这组FMeshBatchElement的数据拥有相同的材质和顶点缓冲。 |
| **FMeshElementCollector** | FMeshElementCollector和FSceneRenderer是一一对应关系，每个FSceneRenderer拥有一个收集器。收集器收集完对应view的可见图元列表后，通常拥有一组需要渲染的FMeshBatch列表，以及它们的管理数据和状态，为后续的流程收集和准备足够的准备。 |
| **FMeshDrawCommand** | 完整地描述了一个Pass Draw Call的所有状态和数据，如shader绑定、顶点数据、索引数据、PSO缓存等。 |
| **FMeshPassProcessor** | 网格渲染Pass处理器，负责将场景中感兴趣的网格对象执行处理，将其由FMeshBatch对象转成一个或多个FMeshDrawCommand。 |

## 对应关系

| Engine Module | Renderer Module |
| --- | --- |
| UWorld | FScene |
| UPrimitiveComponent / FPrimitiveSceneProxy | FPrimitiveSceneInfo |
| FSceneView | FViewInfo |
| ULocalPlayer | FSceneViewState |
| ULightComponent / FLightSceneProxy | FLightSceneInfo |

| Game Thread | Rendering Thread |
| --- | --- |
| UWorld | FScene |
| UPrimitiveComponent | FPrimitiveSceneProxy / FPrimitiveSceneInfo |
| - | FSceneView / FViewInfo |
| ULocalPlayer | FSceneViewState |
| ULightComponent | FLightSceneProxy / FLightSceneInfo |

## 多线程渲染




默认情况下，UE存在游戏线程（Game Thread）、渲染线程（Render Thread）、RHI线程（RHI Thread）。游戏线程通过某些接口向渲染线程的Queue入队回调接口，以便渲染线程稍后运行时，从渲染线程的Queue获取回调，一个个地执行，从而生成了Command List。渲染线程作为前端（frontend）产生的Command List是平台无关的，是抽象的图形API调用；而RHI线程作为后端（backtend）会执行和转换渲染线程的Command List成为指定图形API的调用（称为Graphical Command），并提交到GPU执行

## 线程间的交互

这部分说明资源从GameThread到RendererThread再到RHIThread的流程。

以画一个骨骼模型为例：

**加载时**

**GameThread**

...

USkinnedMeshComponent::CreateRenderState_Concurrent

→UPrimitiveComponent::CreateRenderState_Concurrent

→FScene::AddPrimitive

→USkinnedMeshComponent::CreateSceneProxy(创建FSkeletalMeshSceneProxy)

→创建FPrimitiveSceneInfo，与FSkeletalMeshSceneProxy互相引用

→AddPrimitiveCommand往Render线程中如队一个命令，作用是将FPrimitiveSceneInfo添加到FScene的更新列表中

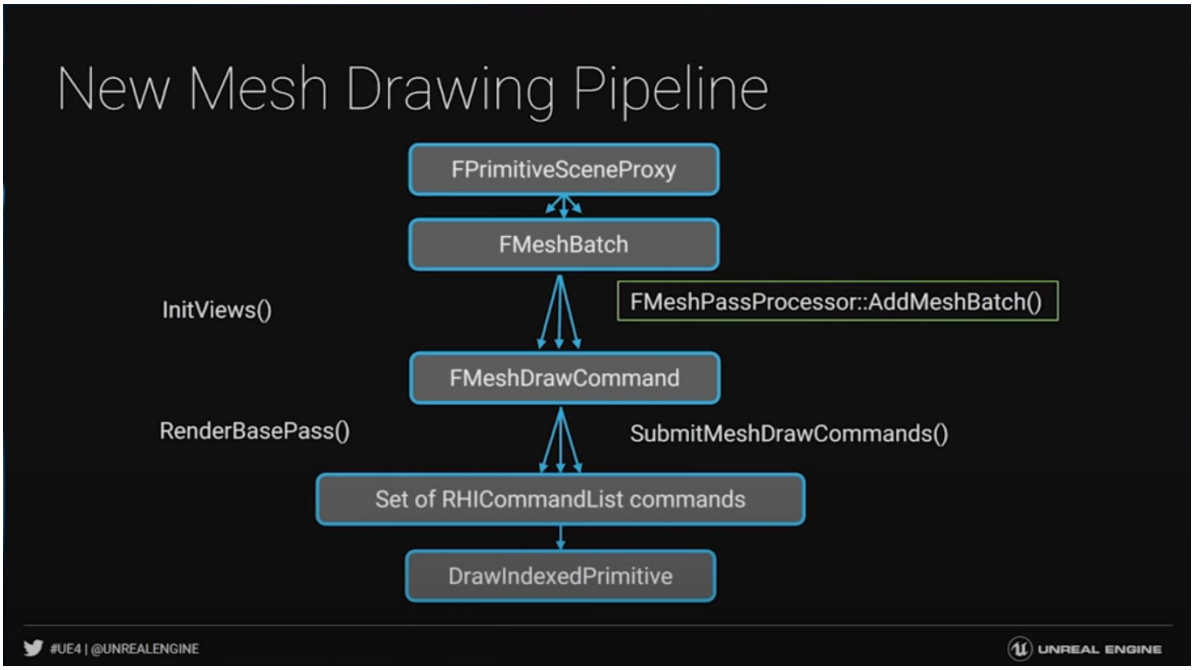
**RendererThread**

FScene::AddPrimitiveSceneInfo_RenderThread将FPrimitiveSceneInfo添加到FScene的更新列表中

---

加载时GameThread会生成UPrimitiveComponent对应的FSceneProxy和FPrimitiveSceneInfo，并将其交给渲染线程中的FScene管理，以便渲染。

## 渲染线程处理阶段（从FMeshBatch到FMeshDrawCommand）




**添加可见图元**

FDeferredShadingSceneRenderer::Render

→FDeferredShadingSceneRenderer::InitViews

→FSceneRenderer::ComputeViewVisibility

→FSceneRenderer::GatherDynamicMeshElements

→FSkeletalMeshSceneProxy::GetDynamicMeshElements

→FSkeletalMeshSceneProxy::GetMeshElementsConditionallySelectable

判断可见性，并生成FMeshBatch，将其添加到FMeshElementCollector

**创建PassProcessor,用来将FMeshBatch生成**

FDeferredShadingSceneRenderer::Render

→FDeferredShadingSceneRenderer::InitViews

→FSceneRenderer::ComputeViewVisibility

→SetupMeshPass()

并行地处理可见Pass的处理任务，创建各个Pass的所有绘制命令。

**FBasePassMeshProcessor对不同的光照图类型进行处理（shader绑定，渲染状态，排序键值，顶点数据等等），最后调用BuildMeshDrawCommands将FMeshBatch转换成FMeshDrawCommands。**

GenerateDynamicMeshDrawCommands

→FBasePassMeshProcessor::AddMeshBatch

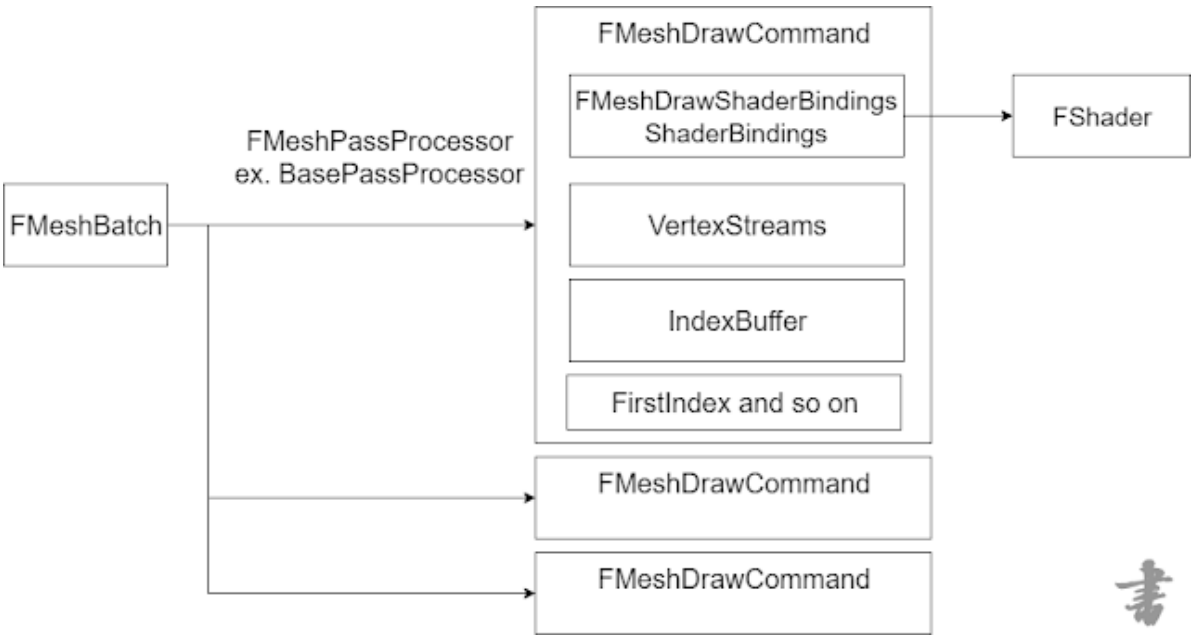
→FBasePassMeshProcessor::TryAddMeshBatch

→FBasePassMeshProcessor::Process

→FMeshPassProcessor::BuildMeshDrawCommands

生成FMeshDrawCommands，并将其存储在FMeshPassDrawListContext

流程图




## 从FMeshDrawCommand到RHICommandList

待补充