3DGP

과제 2

Rollercoaster Application

후안
2016180046

구현한 기능

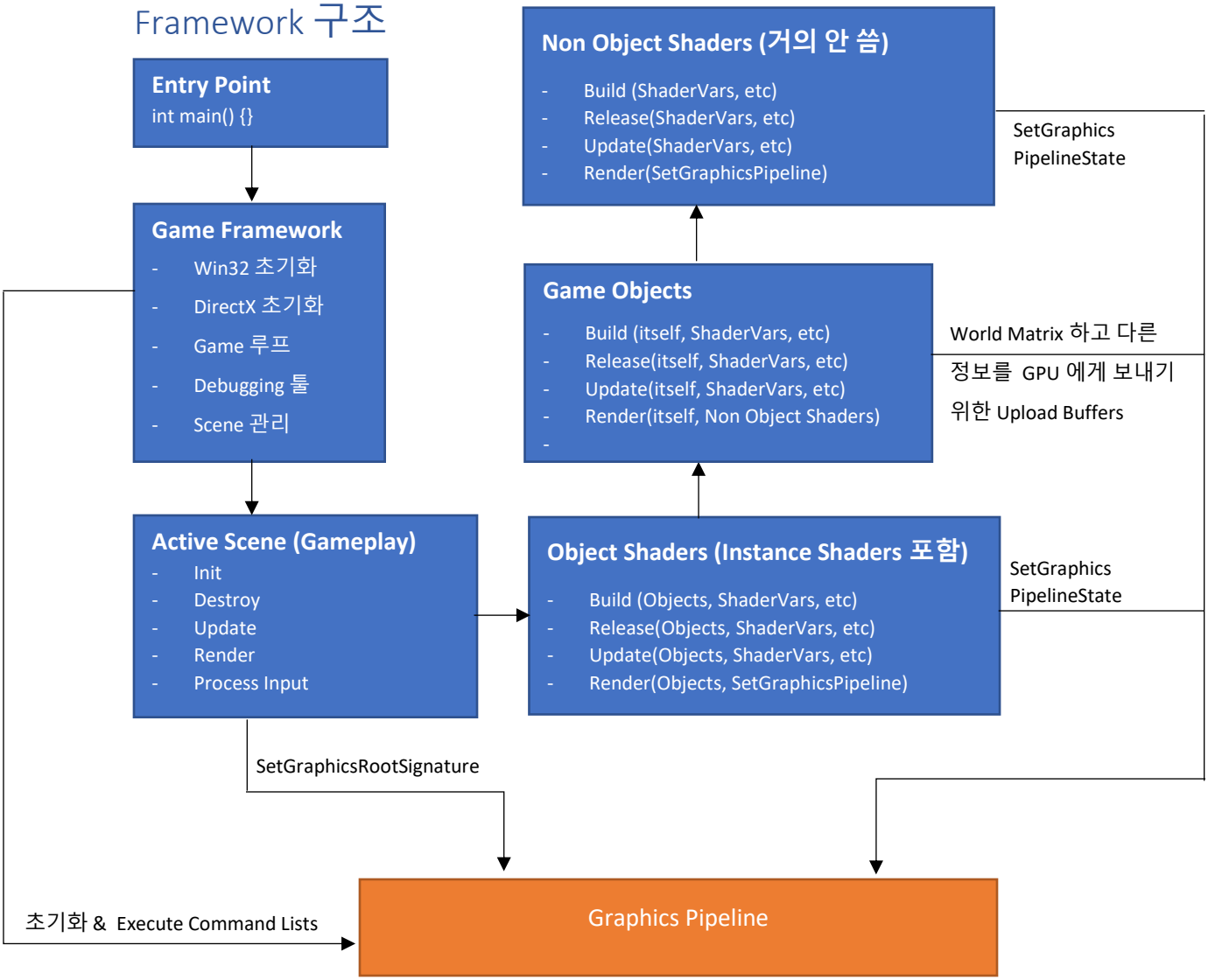
Category	Feature	Details
Direct 3D	업그레이드 이동	모든 기본 기능 다 Direct 3D 으로 이동해서 업그레이드 했습니다. (초기화, Mesh Loading, Rollercoaster 로직, 등)
	성능을 위한 기능등	Direct 3D Instancing , Frustum Culling, Index Buffer 기능들 다 적용해서 Rollercoaster 프로그램에 쓰고 있습니다.
Camera	여러 카메라 모드	F1) 1 인칭 카메라. Rollercoaster 안 그리고, Rail 만 맨 앞에 자리에 앉을 정도로 가까이에서 보일 수 있습니다. Rollercoaster 렌더링을 안 합니다. F2) Orbital 카메라. 마우스를 Capture 해서 이동하면서 카메라는 옵젝트 주위를 회전합니다. F3) 3 인칭 카메라. 맨 앞에 있는 Wagon 좌석에 앉아 있는 사람처럼 월세상을 보여주는 카메라. F4) 고정 카메라. 마지막 이동된 카메라의 위치를 고정되고 Player 계속 바라보는 카메라.
Time	Slow Time	TimeDilation 변수를 통해서 fElapsedTime 바로 쓰지 않고 ElapsedTime 쓰기 전에 TimeDilation 와 곱합니다. 이런식으로 TimeDilation 변수만 바꾸면 게임 진행 속도가 달라집니다. 예를 들면 TimeDilation 0.1 로 되면 게임속도가 10 배로 더 늘여집니다.
Mesh	Mesh Loader	Wagon mesh 는 Vertex 하고 Polygon 이 많아서 직접 찍는 게 힘들어서 OBJMesh 이라는 클래스를 만들어서 이 클래스를 통해서 OBJ File 읽어서 Vertex Buffer 와 Index Buffer 만들 수 있습니다. 예를 들면 OBJMesh 통해서 Wagon mesh, Rail mesh 하고 나무 Mesh 를 GameplayScene 에 그립니다.
Terrain	PNG/Image Loader	PNG 를 로딩하기 위해서 CImage 를 통해서 PNG 로드하고 Heightmap 는 Grayscale (Red 값 = Green 값 = Blue 값)이라 Red 색깔 값만 저장합니다.
	Ocean/Land (Landscape)	높이가 0 이면 바닥 (파란색) 그리고, 아니면 법선벡터로 계산한 색깔로 된다. 이런식으로 해서 Terrain 이 섬 Terrain 느낌이 납니다.
Instancing (1/2)	Tree (Landscape)	섬 Terrain 에 나무들을 추가했습니다. 나무들이 바다(Blue Terrain)에생성 안 하게 했고 나무의 Up vector 는 Map Terrain(x, z) 의 계산한 법선벡터와 맞게 했습니다. 이런식으로 해서 산이나 기울기가 높은 곳에 나무를 실제와 같이 제데로 생성하게 했습니다. 나무들이 똑같은 Mesh 들을 써서 Instancing 합니다.
Instancing (2/2)	Rail	Rail 도 계속 생성하고, World 변환만 다르니까 Instancing 을 하게 했습니다.
	Cube	시작하는 위치에다가 Instancing 된 큐브를 생성하고 계속 회전을 합니다. (따라하기 실습)
Frustum Culling	OBJ Mesh	Frustum Culling 기능을 제데로 쓰기 위해서 BoundingBox 설정해야 합니다. OBJ Mesh 를 Bounding Box 설정하기 위해서 최대 좌표들 (Min 하고 Max) 찾아서 Range(Extents)와 가운데 점을 계산합니다.

Controls

(Rollercoaster Scene 의 Process Input 함수에서 처리)

Key	Action
'W'	생성할 Rail 들이 Pitch 양수 회전을 해서 생성합니다.
'S'	생성할 Rail 들이 Pitch 음수 회전을 해서 생성합니다
'D'	생성할 Rail 들이 Yaw 양수 회전을 해서 생성합니다
'A'	생성할 Rail 들이 Yaw 음수 회전을 해서 생성합니다
'Q'	생성할 Rail 들이 Roll 양수 회전을 해서 생성합니다
'E'	생성할 Rail 들이 Roll 음수 회전을 해서 생성합니다
Spacebar	Spacebar 계속 누르고 있으면 게임 시간이 10 배로 더 느리게 됩니다. Spacebar release 하면 게임 시간 다시 원래 속도로 됩니다. 이 기능은 Camera 회전, Camera Walking 에 효과가 없습니다.
F1	1 인칭 카메라. 이 카메라는 Player 회전에 따라서 회전을 합니다.
F2	3 인칭 카메라. 이 카메라는 Player 의 위치를 따라하지만 Player 의 회전 정보 상관없고 Player 위치만 바라보는 겁니다.
F3	3 인칭 카메라. 이 카메라는 Player 회전에 따라서 회전을 합니다.
F4	위치를 고정되어 있는 카메라. 이 카메라로 계속 Wagon 을 보이지만 위치를 안 바꿔서 Rollercoaster 를 멀리 모습을 보일 수 있습니다.

Framework 구조



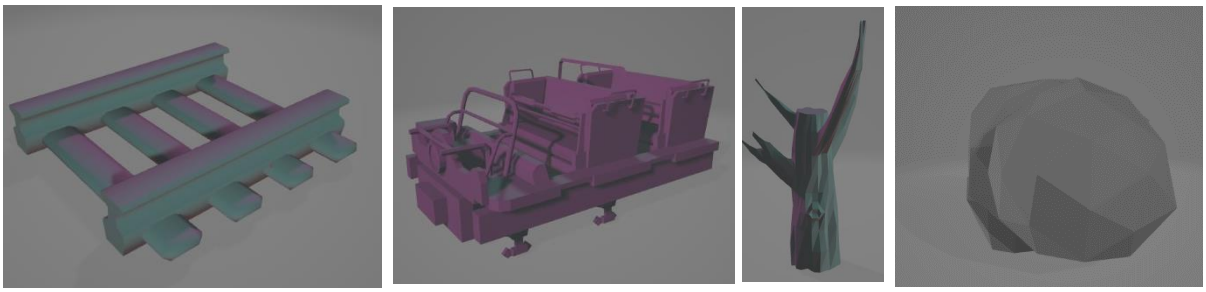
Framework 구조 설명

Scene 에는 Shader 만 있는 이유는 Shader 순서 없이 각 Object 에 설정하면 SetGraphicsPipeline 많이 호출할 거라 성능 떨어질 수가 있어서 Shader 으로 하면 SetGraphicsPipeline 몇번만 호출하기 때문입니다. 따라서, Instancing 할 거와 Instancing 안 할 옵젝트들을 따로 Shader 들에 분리했습니다. 예를 들면 Tree Instance 는 Tree Shader, Rail Instance 들이 Rail Shader, Cube Instance 들 Cube Instance 있습니다. 이런 Shader 들이 하나로 합칠 수가 있었지만 Rail 이 특별한 변수와 함수들이 있어서 따로 분리했습니다.

Mesh

이 과제가 쓰는 Mesh 들은 총 3 개 종류가 있습니다:

1) Rail Mesh 2) Wagon Mesh 3) Other Scene Meshes



1) Rail Mesh, Wagon Mesh 들하고 나무 Mesh 를 인터넷에서 무료 3D Mesh 사이트에서 다운로드했습니다. 이런 Mesh 들이 OBJ 파일 형식으로 다운로드해서 OBJMesh 클래스를 통해서 읽어와서 Vertex Buffer 와 Index Buffer 를 만들었습니다.

2) Cube Mesh 는 직접 OBJ loader 없이 Vertex 와 Index buffer 를 만들었습니다.

3) OBJMesh 클래스에서 다음 Constructor 안에서 OBJ 파일들을 읽어올 수 있습니다

OBJMesh.h (69 줄) 하고 Mesh.cpp (258 줄부터 310 줄까지)

```
OBJMesh(ID3D12Device * pDevice, ID3D12GraphicsCommandList * pCommandList,
        const STD string & filepath
        , const DX XMFLOAT4& DominantColor
        , const DX XMFLOAT3& Scale = DX XMFLOAT3(1.f, 1.f, 1.f)
        , const DX XMFLOAT3& Offset = DX XMFLOAT3(0.f, 0.f, 0.f));
```

Filepath: 읽을 파일 이름 및 경로

Dominant Color: RANDOM_COLOR Macro와 같이 Interpolate할 색깔

Scale: Mesh의 각 Vertex를 Scaling함

Offset: Mesh의 각 Vertex를 Offset 추가함

이런 함수를 통해서 복잡한 Mesh 를 만들 수 있습니다. Rollercoaster Wagon Mesh 를 3DS Max 에서 만들어서 OBJ 파일로 저장했습니다. Normal, Material 정보 필요가 없어서 삭제했습니다. X

```
const DX XMFLOAT3& Offset
const DX XMFLOAT3& Scale
```

를 통해서 Mesh 정보를 로드하기 전에 Scaling 을 먼저 하고 Translate 할 수 있습니다. Mesh 의 Vertex Buffer 하고 Index Buffer 필요하는 정보를 다음과 같이 찾습니다:

OBJMesh.cpp (62~66 줄)

```
DX XMFLOAT3 Pos = DX XMFLOAT3(
        (x * Scale.x) + Offset.x,
        (y * Scale.y) + Offset.y,
        (z * Scale.z) + Offset.z);
pVertices.emplace_back(Pos, InterpolateColor(RANDOM_COLOR, DominantColor));
```

Index 정보를 저장할 때:

OBJMesh.cpp (81 줄부터 110 줄까지)

```
STD vector<UINT> pPolygon;
while (lineparser >> vertex_index)
{
        --vertex_index;
        pPolygon.emplace_back(vertex_index); //Index in OBJ file start with 1 not 0

        . . . (UV + 법선 벡터를 처리하는 부분) . . .

        for(UINT& i : pPolygon)
        {
                pIndices.emplace_back(i);
        }
```

모든 Vertex 하고 Index 정보를 다 모인다음에 Buffer View 들을 만듭니다.

OBJMesh.cpp(127 줄부터 134 줄까지)

```
m_VertexCount = static_cast<UINT>(pVertices.size());
UINT Stride = sizeof(DiffusedVertex);
m_VertexBuffer = CreateBufferResource(pDevice, pCommandList, pVertices.data(),
                m_VertexCount * Stride, D3D12_HEAP_TYPE_DEFAULT,
                D3D12_RESOURCE_STATE_VERTEX_AND_CONSTANT_BUFFER,
                &m_VertexUploadBuffer);

m_VertexBufferView.BufferLocation = m_VertexBuffer->GetGPUVirtualAddress();
m_VertexBufferView.SizeInBytes = m_VertexCount * Stride;
m_VertexBufferView.StrideInBytes = Stride;
```

OBJMesh.cpp(127 줄부터 134 줄까지)

```
m_IndexCount = static_cast<UINT>(pIndices.size());
```

```
m_IndexBuffer = CreateBufferResource(pDevice, pCommandList, pIndices.data(),
                m_IndexCount * sizeof(UINT), D3D12_HEAP_TYPE_DEFAULT,
                D3D12_RESOURCE_STATE_INDEX_BUFFER, &m_IndexUploadBuffer);

m_IndexBufferView.BufferLocation = m_IndexBuffer->GetGPUVirtualAddress();
m_IndexBufferView.SizeInBytes = m_IndexCount * sizeof(UINT);
m_IndexBufferView.Format = DXGI_FORMAT_R32_UINT;
```

따라서 SceneShader에서 WagonPlayer을 위한 Main Wagon Mesh을 다음과 같이 만들었습니다:

SceneShader.cpp (42 & 43 줄)

```
Mesh* MainWagon = new OBJMesh(pDevice, pCommandList, "Wagon1.obj", DX
XMFLOAT4(0.75f, 0.f, 1.f, 1.f), XMFLOAT3(75.f, 75.f, -75.f));
```

Camera

Camera Update 함수

카메라의 선택된 Option (Camera 모드)에 따라서 카메라 업데이트하는 정보가 다릅니다.

Camera Mode:

F1) 1 인칭 카메라. 카메라의 회전 정보 (Right, Up, Look)는 Player 의 회전 정보로 설정합니다. Player 의 회전 변환만 Matrix 으로 바꿔서 이 Matrix 를 통해서 Camera 의 Offset 을 변환하고 1 인칭 위치 Offset 계산 할 수 있습니다. 회전할때, 이 카메라가 회전 하는 축 다음과 같다:

Pitch: 자기 로컬 X 축 (Camera Right Vector)

Yaw: 해당하는 Player 의 로컬 Y 축 (Player Up Vector)

Roll: 해당하는 Player 의 로컬 Z 축 (Player Look Vector)

카메라 위치도 Player 를 계속 따라하기 위해서 설정합니다. Rollercoaster 렌더링을 안 합니다.

F2) Orbit 카메라. 마우스를 이동하면서 카메라가 Player 주위를 회전합니다. 이런 것 구현하기 위해서 카메라 Offset 을 회전 변환해서 Target (Player 의 위치)와 더해서 결과가 Camera 위치로 됩니다.

F3) 3 인칭 카메라. 1 인칭과 같이 Update 함수를 비슷하지만 Player 위치로 바라봐야 되기 때문에 XMMatrixLookToLH 함수를 쓰지 않고 XMMatrixLookAtLH 함수를 씁니다.

F4) 위치가 고정되어 있는 카메라. 업데이트를 안 합니다. LookAt Matrix 를 계산하기 위해서 다음 함수와 Parameter 를 씁니다:

```
DX XMMatrixLookAtLH(Camera 위치, Player 위치, Camera 의 Up)
```

Input 로직 (GameplayScene.cpp)

Process Input

입력을 처리하고 카메라 모드 바꿀 수 있고, 다음 생성할 레일의 회전을 다르게 할 수 있고, 게임 시간도 10 배로 늘여질 수도 있습니다. 입력 처리 다음과 같습니다:

```
KEY_PRESSED(pKeyBuffer, 'W')
        Rotation.x = 1.f * RotationScale;
```

PRESSED는 입력 처리 체크하는 Macro입니다: (stdafx.h에 있습니다)

```
#define KEY_PRESSED(pKeyBuffer, VirtualKey) if(pKeyBuffer[VirtualKey] & 0xF0)
```

Heightmap Image Loading (HeightMapImage.cpp)

CImage

CImage 를 통해서 여러 형태의 이미지 파일들을 읽어와서 Heightmap 만들어 줄 수 있습니다. 다음과 알고리즘은 CImage 는 Pixel 배열 형태로 바꾸는 알고리즘입니다:

HeightMapImage.cpp (10~42 줄)

```
CImage image;
image.Load(filename.c_str());
int PixelStride = image.GetBPP() / 8;

m_Width = image.GetWidth();
m_Depth = image.GetHeight();

m_HeightMapPixels.clear();

BITMAP bmp;
GetObject(image, sizeof(BITMAP), &bmp);
BITMAPINFOHEADER bmih{ 0 };
bmih.biSize = sizeof(BITMAPINFOHEADER);
bmih.biWidth = bmp.bmWidth;
bmih.biHeight = bmp.bmHeight;
```

```
bmih.biPlanes = 1;
bmih.biBitCount = image.GetBPP();
bmih.biCompression = (BI_RGB);

HDC hdc = GetDC(NULL);
GetDIBits(hdc, image, 0, bmp.bmHeight, NULL, (LPBITMAPINFO)&bmih, DIB_RGB_COLORS);
m_HeightMapPixels.resize(bmih.biSizeImage);
GetDIBits(hdc, image, 0, bmp.bmHeight, &(m_HeightMapPixels[0]),
                        (LPBITMAPINFO)&bmih, DIB_RGB_COLORS);
ReleaseDC(NULL, hdc);

for (int y = 0; y < m_Depth; y++)
       for (int x = 0; x < m_Width; x++)
       {
              int IndexDst = x + y * m_Width;
              int IndexSrc = (x + (y*m_Width)) * PixelStride;
              m_HeightMapPixels[IndexDst] = m_HeightMapPixels[IndexSrc];

       }
```

(PixelStride 이라는 변수는 Image Pixel 사이즈를 알려 주는 변수입니다. 예: R8G8B8 Format 경우에는 Pixel Stride 는 3 입니다 – 3 byte)

나무 생성 로직

나무들을 Spawning 하기 위해서 다음 줄들을 실행합니다:

TreeObjectShader.cpp (20~70 줄)

```
// 나무 쓰는 Mesh들을 생성
       Mesh* pLeavesMesh = new OBJMesh(pDevice, pCommandList, "tree_leaves.obj",
              XMFLOAT4(0.f, 0.5f, 0.f, 1.f));
       Mesh* pTrunkMesh = new OBJMesh(pDevice, pCommandList, "tree_trunk.obj",
              XMFLOAT4(0.8f, 0.4f, 0.1f, 1.f));

       //나무 사이 거리 (거리 커지면, 나무 갯수가 적어집니다)
       float DistanceBetweenTrees = 50.f;

       //맵에 존재하는 Terrain의 정보 읽어오기
       float TerrainWidth = static_cast<float>((*m_Terrain)->GetHeightMapWidth());
       float TerrainDepth = static_cast<float>((*m_Terrain)->GetHeightMapDepth());

       UINT ObjectRow = (int)((TerrainWidth / DistanceBetweenTrees) + 1);
       DX XMFLOAT3 Scale = (*m_Terrain)->GetScale();
       DX XMFLOAT3 Offset = (*m_Terrain)->GetOffset();

       //나무 최대 갯수 계산해서 Memory Allocation 하기
       m_ObjectCount = ObjectRow  * (UINT)((TerrainDepth / DistanceBetweenTrees) + 1);
       m_Objects.reserve(m_ObjectCount);

       //Terrain따라서 나무 Terrain의 Offset 더하기 전의 위치를 계산하기
```

```
auto GetNewTreePosition = [&](int r)->DX XMFLOAT3
{
	float X = (r % (int)ObjectRow) * DistanceBetweenTrees * Scale.x;
	float Z = (r / (int)ObjectRow) * DistanceBetweenTrees * Scale.z;
	return DX XMFLOAT3(X , (*m_Terrain)->GetHeight(X, Z), Z);
};


GameObject *pObject = NULL;
for (UINT i = 0; i < m_ObjectCount; ++i)
{
	pObject = new GameObject;
	DX XMFLOAT3 Pos = GetNewTreePosition(i);

	if (Equal(Pos.y, 0.f))
		delete pObject;
	else
	{
		//Terrain의 법선 벡터 따라서 Quaternion Rotation 다릅니다.
		XMFLOAT4 Quat = GetLookRotationQuaternion(gWorldUp,
				XMLoadFloat3(&(*m_Terrain)->GetNormal(Pos.x, Pos.z)));
		pObject->Rotate(Quat);

		//나무 렌덤 Yaw(로컬 Y축) 회전. 이런씩으로 Tree중복성 느낌이 안 납니다.
		pObject->Rotate(0.f, 180.f* ((float)rand() / (float)(RAND_MAX)),
				0.f);

		//Position + Offset = 월드 좌표
		pObject->SetPosition(DX XMFLOAT3(Pos.x + Offset.x, Pos.y + Offset.y,
			Pos.z + Offset.z));
		m_Objects.emplace_back(pObject);
	}

}
m_Objects[0]->AddMesh(pTrunkMesh);
m_Objects[0]->AddMesh(pLeavesMesh);
```

GetLookRotationQuaternion 이라는 함수는 다음과 같이 선언합니다:

```
inline DX XMFLOAT4 XM_CALLCONV GetLookRotationQuaternion(DX XMVECTOR_P0 Source, DX
XMVECTOR_P1 Target);
```

이 함수를 통해서 'Source'라는 벡터가 'Target'라는 Normalized 벡터로 방향으로 바라보기 위해서 Rotation 정보를 계산해서 Quaternion 으로 리턴하는 함수입니다. 이 함수를 통해서 나무의 로칼 Y 축은 Terrain 의 법선 벡터와 맞게 할 수 있습니다.

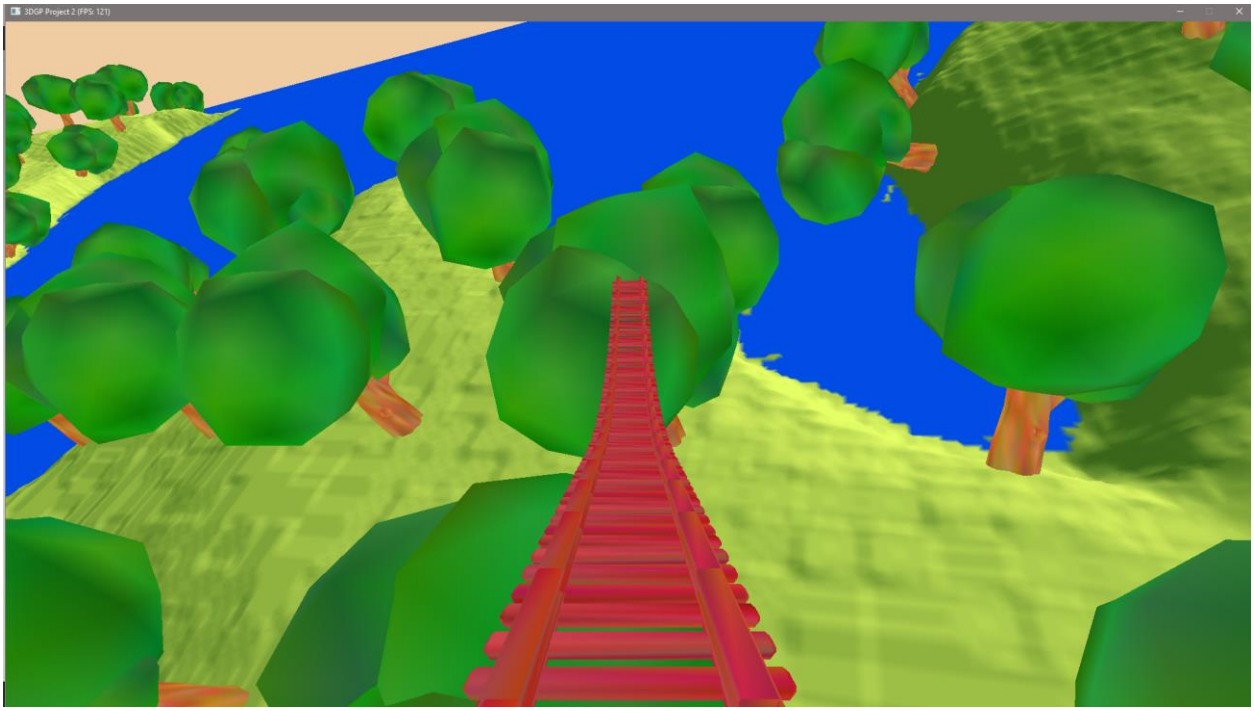
소감

Win32 를 Direct 3D 로 업그레이드하면서 힘든게 많았습니다. 첫째, Direct 3D 초기화 했을때 생성해야 되는 Interface 가 많아서 세팅 하나만 틀리면 결과가 많이 달라질수 있습니다. 또한, 이 프레임워크안에서 IUnknown Interface 들이 썼을 때 AddRef 하고 Release 쓰는 것보다 ComPtr 써 보고 싶어서 썼는데 처음에 문제가 많이 생겼습니다. AddRef, Release 자동으로 해서 Buffer 리소스를 생성했을때 그 리소스를 해당하는 ComPtr 자동으로 Release 했습니다. 그래서 ComPtr Detach 와 다른 ComPtr 에 대한 함수 알게 됐습니다. 앞으로 이런 문제 생기면 어떻게 해결할지 알고 있습니다.

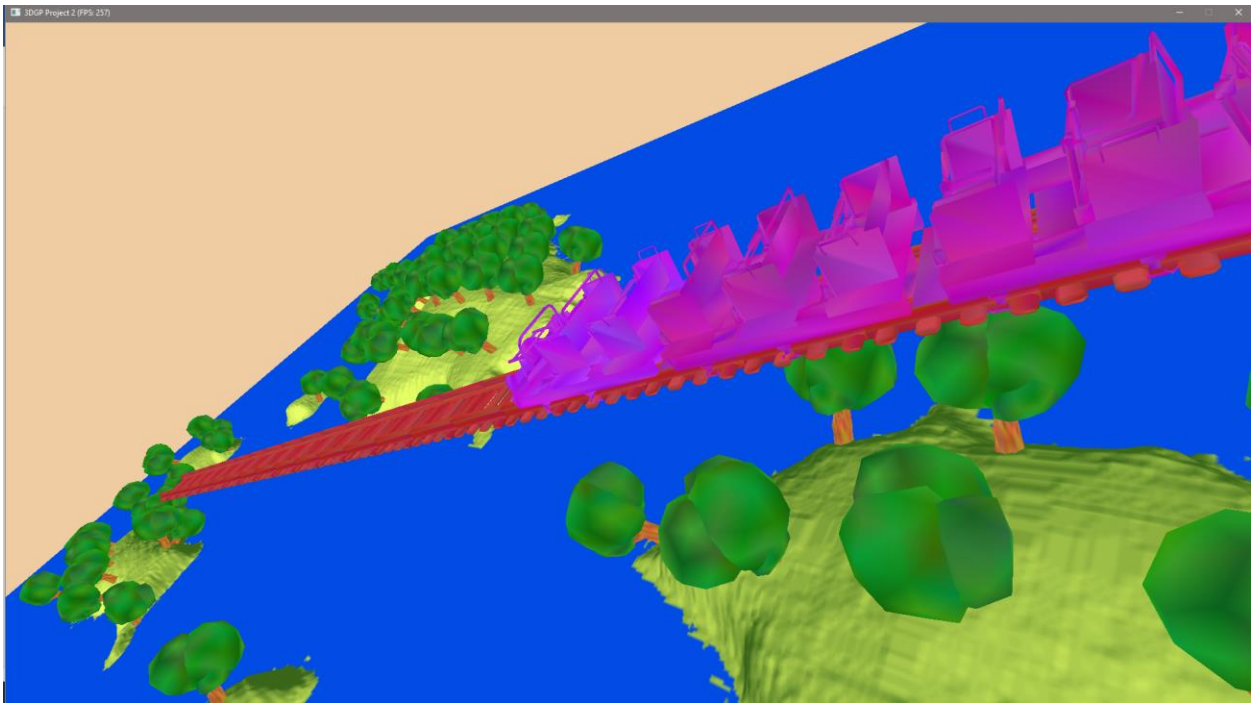
초기화 한 다음에, 따라하기 제데로 하면서 문제가 거의 없었습니다.

Gameplay Screenshots

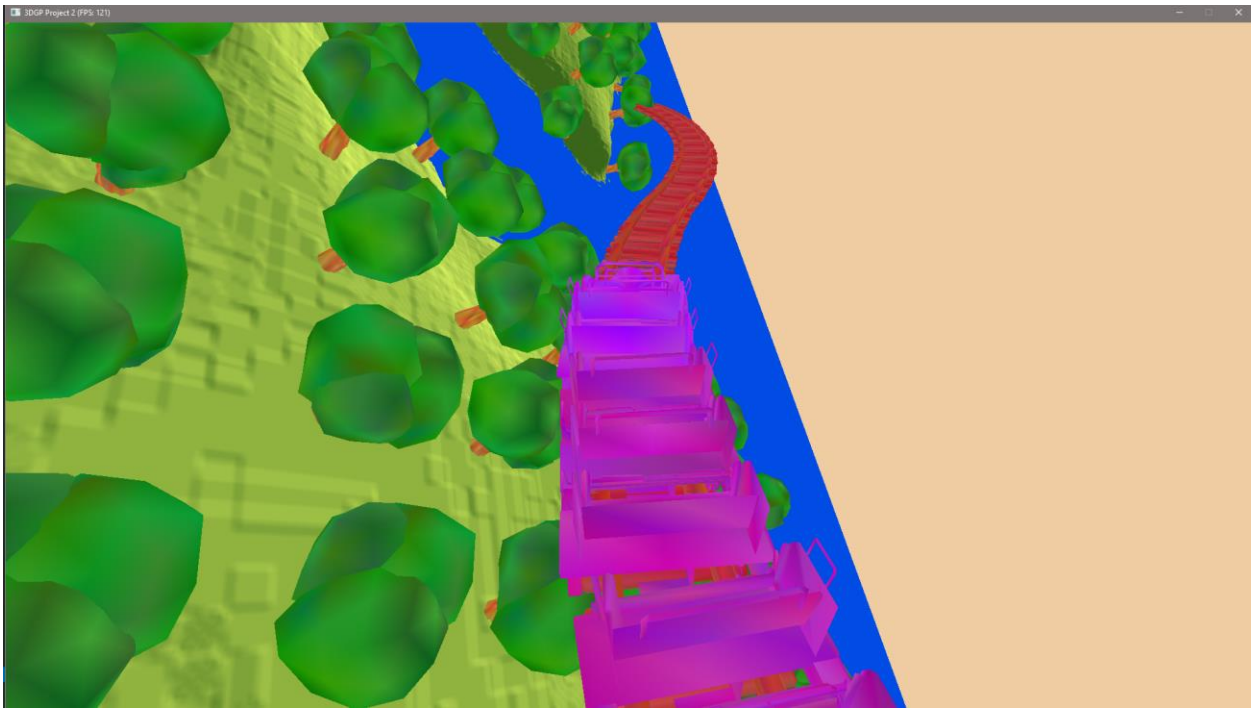
Camera Mode F1 (1 인칭 카메라, 플레이어 회전 의존성이 있습니다)



Camera Mode F2 (Orbital Camera)



Camera Mode 3 (3 인칭 카메라)



Camera Mode 4 (위치 고정된 카메라)