A cinematic screenshot from the video game The Last of Us Part II. A character, Ellie, is seen from behind, standing on a dark, rocky, and desolate landscape. She is looking towards a distant, ruined industrial facility with tall smokestacks and scaffolding. The sky is filled with dark, heavy clouds, and a low sun or moon creates a dramatic, orange and purple glow on the horizon. The overall atmosphere is somber and post-apocalyptic.

게임 엔진

# LEC 17 머티리얼



한국공학대학교  
TECH UNIVERSITY OF KOREA

이대현 교수

# LEC 15,16 복습

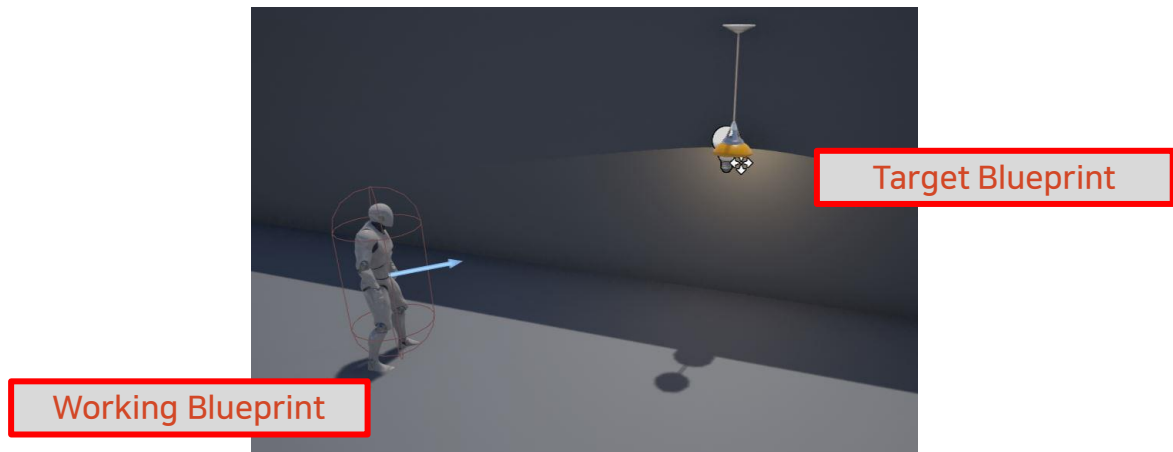
# Blueprint Communication

---

- 여러 액터 들 사이에 작업을 시키거나, 정보를 전달하고 공유하는 것.
  - 다른 액터로 하여금 어떤 일을 하게 함 - 예) 방안의 불을 켜.
  - 다른 액터에게 정보를 전달함 - 예) 데미지 전달
  - 다른 액터의 상태, 속성, 변수값, 결과 등을 파악함.
  - 다른 액터들(Listener)에게 공통적인 내용을 전달함(Broadcasting).

# 직접 통신

- 메시지를 주고받으려 하는 액터가 두 개 있을 때
  - Working Blueprint → Target Blueprint
  - One-to-One 통신
- Target Blueprint 를 쉽게 찾을 수 있을 때 유리
  - 액터가 맵 상에 이미 존재할 때, 또는 함수를 통해 쉽게 reference를 알 수 있을 때.



# 블루프린트 인터페이스

- 객체들에게 어떤 기능을 공통적으로 부여할 때 사용.
- 대상 객체와의 블루프린트 통신이 가능하게 해줌.



# Event Dispatcher

---

- 이벤트의 발생 여부를 대기 중인 다른 블루 프린트에게 알리기에 적합.
- 이벤트 발송에 따른 처리 여부를 실시간으로 변경할 수 있음.
- Event Dispatcher 가 필요한 경우.
  - 캐릭터 BP에서 Level Blueprint와 통신을 하고 싶어함.
    - 레벨 업함으로써, 레벨 안에 있는 기존의 잠긴 영역을 오픈.
    - 캐릭터가 레벨 전체의 객체들에게 동시다발적으로 어떤 액션을 지시함.
  - 스폰된 액터에서 상태 변화가 일어나면, 이벤트가 발동.
    - 보스를 스폰하고, 보스가 죽으면 월드에 보상이 스폰되는 이벤트가 발동.
    - 레벨에 아이템을 스폰하고, 픽업시 아이템과 캐릭터에게 알림.

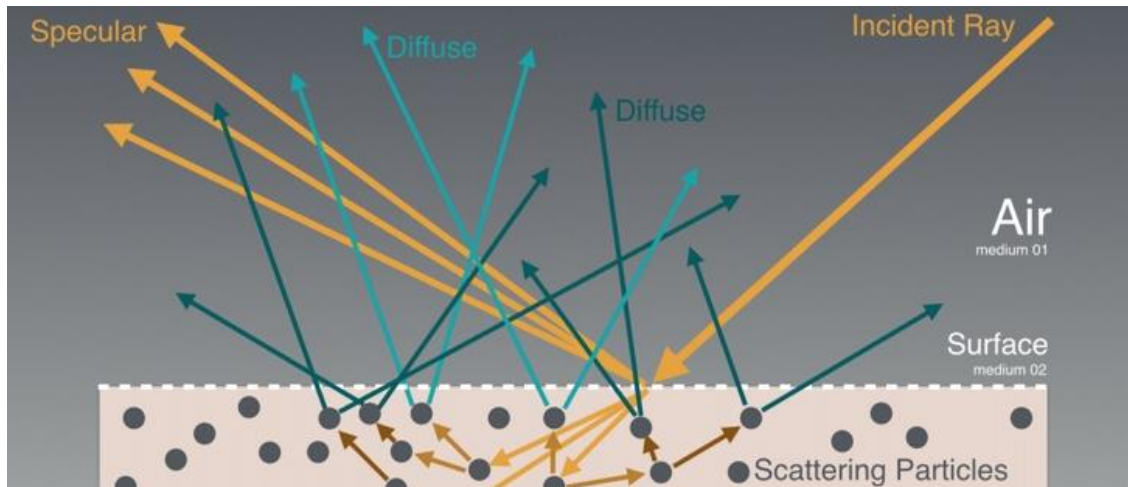
# 학습 내용

---

- 물리 기반 렌더링(PBR: Physically Based Rendering)
- 머티리얼(Material)

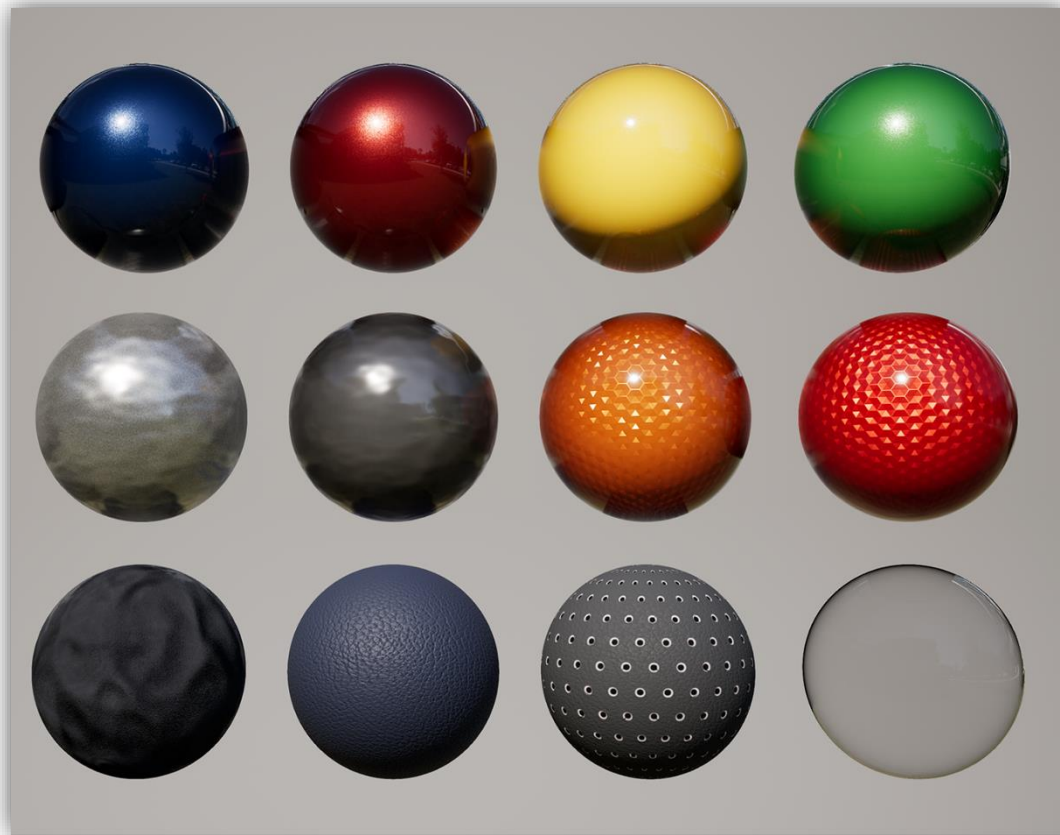
# 머티리얼(Material: 재질)

- 물체의 재질을 정의하는 애셋 - 재질은 표면의 시각적 모양을 결정.
- 물체를 색칠할 수 있는 " 페인트 " 라 보면 됨.
- 색상, 광택, 투과성 등을 정의할 수 있음.
- 수학적 관점
  - 광원들과 물체 표면과의 상호 작용을 모델링한 계산식 == 머티리얼
  - 계산 결과는 물체 표면 위의 점들의 색상





# 다양한 머티리얼



# 퐁 모델 - 전통적인 조명 모델


PBR. 가

빛의 난반사에 의한 성분.

자체 발광 성분.

주변광원에 따른 성분.

빛의 전반사에 의한 성분.

$$I = I_e + I_a + I_d + I_s$$


The diagram illustrates the four components of the Phong shading model using four spheres. From left to right: 1. A sphere with a bright yellow highlight, representing emission (I\_e). 2. A solid orange sphere, representing ambient lighting (I\_a). 3. A sphere with a smooth gray gradient, representing diffuse reflection (I\_d). 4. A black sphere with a sharp white highlight, representing specular reflection (I\_s). Red arrows point from the text labels above to their respective terms in the equation.

# 풍 모델 계산식

$$I = K_a \otimes L_a + (K_d \otimes L_d) \cos \theta + (K_s \otimes L_s) (\cos \alpha)^n$$

입사각 → 법선에 따라 바뀜.      시야각과 반사각의 차이

# PBR(Physically-Based Rendering)

- 빛의 작용을 경험적으로 추정하지 않고, 실제로 어떠한 작용을 하는지 추정함.
- 좀 더 정확하고 자연스러운 결과를 얻을 수 있음.
- 다양한 라이팅 환경에서 똑같이 작동.
- 사용되는 값들이 덜 복잡함.
- 직관적인 인터페이스 가능.
- 비실사 렌더링에도 적용 가능.

가 PBR



# PBR(Physically-Based Rendering)

---

## ■ 기존 푹 조명 모델의 한계

- 디퓨즈, 스펙큘러 파워 등의 속성 들이 직관적으로 이해하기 어려움.
- 사실적인 표현을 위해 복잡한 추가적인 모델링 수식을 만들어 주어야 함.
- 결과적으로, 원하는 색을 얻기 위한 시간과 비용이 과다함.

가

가

가

## ■ 물리 기반 렌더링의 장점

- 쉽게 파악할 수 있는 속성을 사용.
- 물리 상황을 그대로 직접적으로 모델링하여 사용.
- 빠르게 원하는 색상과 질감을 얻을 수 있음.

<https://docs.unrealengine.com/latest/KOR/Engine/Rendering/Materials/PhysicallyBased/index.html>

# PBR(Physically-Based Rendering)

---

- **Material의 핵심 속성은 딱 네가지!!!**

- Base Color – 바탕색
- Roughness – 거칠기
- Metallic – 금속성
- Specular – 반사성

# Base Color

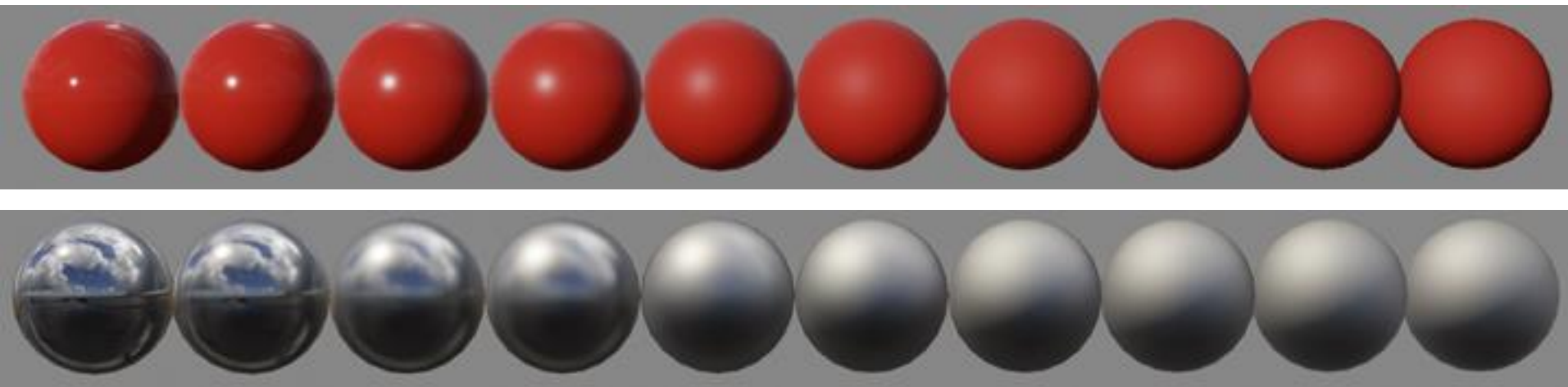
- 물체의 기본 색상, 전체적인 색상을 정의
- Vector3 – RGB 세개의 채널
- 각 채널은 0과 1사이의 실수값
- 편광 필터로 사진을 찍었을 때의 색(편광필터는 경반사 성분을 제거)

재질	베이스 컬러 (R, G, B)
철	(0.560, 0.570, 0.580)
은	(0.972, 0.960, 0.915)
알루미늄	(0.913, 0.921, 0.925)
금	(1.000, 0.766, 0.336)
구리	(0.955, 0.637, 0.538)
크롬	(0.550, 0.556, 0.554)
니켈	(0.660, 0.609, 0.526)
티타늄	(0.542, 0.497, 0.449)
코발트	(0.662, 0.655, 0.634)
백금	(0.672, 0.637, 0.585)

재질	베이스 컬러 강도
숫	0.02
새 아스팔트	0.02
현 아스팔트	0.08
맨땅	0.13
풀밭	0.21
모래사막	0.36
새 콘크리트	0.51
빙하	0.56
갓 내린 눈	0.81

# Roughness - 거칠기

- PBR에서 가장 중요한 속성
- 거친 재질은 빛을 좀 더 여러 방향으로 반사 산란시킴.
- 반사가 희미한지 선명한지? 하이라이트가 얼마나 퍼져있는지?
- 0 (완전부드러움, 거울 반사), 1(완전거침. 무광 또는 확산)





# Metallic

- 표면의 "금속성" 을 제어
- 비금속은 메탈릭 값이 0 이며, 금속은 1
- 부식되었거나 먼지 또는 녹이 낀 메탈같은 혼합 표면을 만들 때는, 0 과 1 사이 값이 필요할 수도 있음.. → 하지만, 거의 대부분의 경우 0 또는 1임. 중간은 일단 없다고 생각하는 것이 좋음.



- 비금속의 반사량을 세부 조정하는 데 사용됨. 금속에는 효과가 없음.
- 대부분의 경우 기본값 0.5, 연결하지 않아도 OK
- 고급 사용의 경우 굴절률 제어에 사용됨.

## 스페큘러 측정값:

재질	스페큘러
유리	0.5
플라스틱	0.5
석영	0.570
얼음	0.224
물	0.255
우유	0.277
피부	0.35

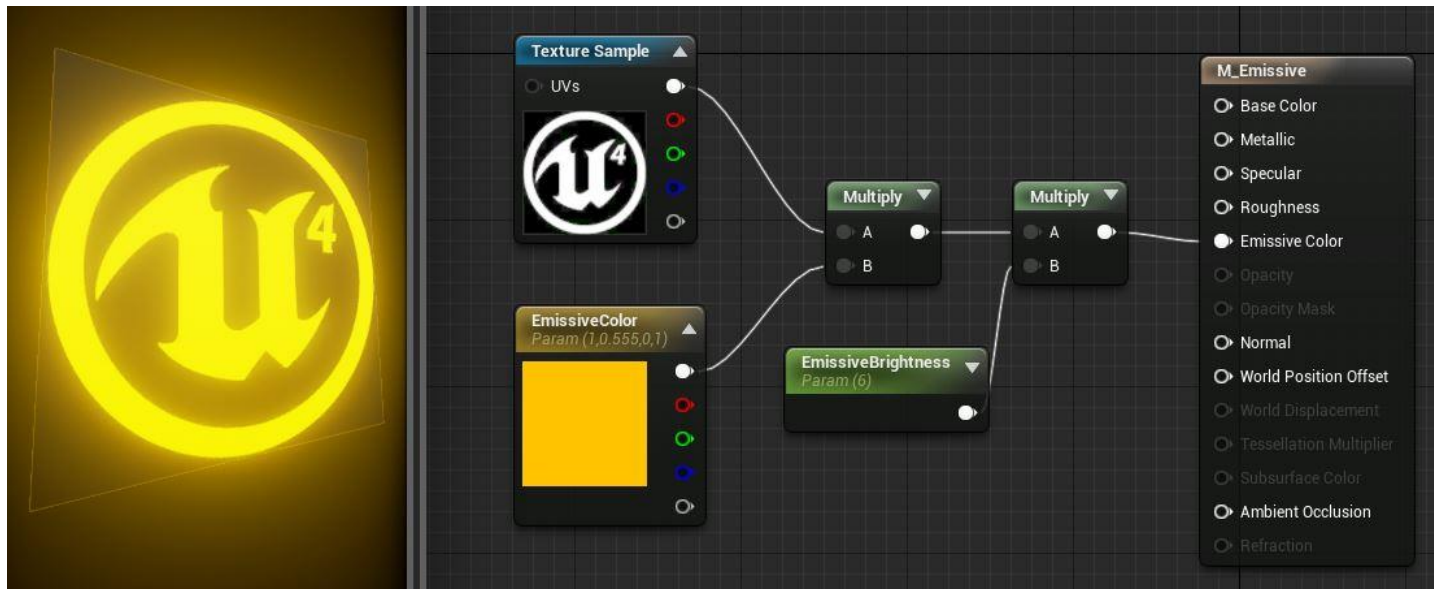
# 노멀 - 법선

- 개별 픽셀의 법선 정보.
- 표면의 미세한 물리적 디테일을 더함.



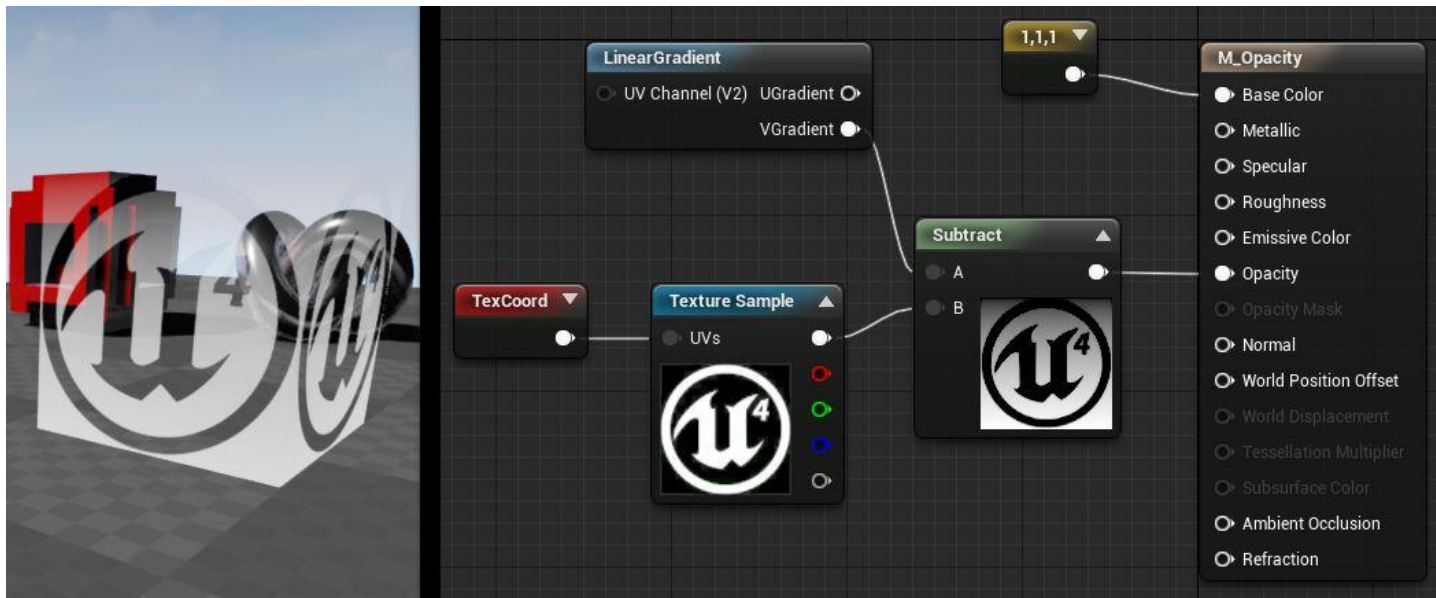
# Emissive Color - 발광색

- 글로우 효과
- 1보다 큰 값이 허용



# Opacity - 불투명도

- 투명 0  $\leftrightarrow$  1 불투명



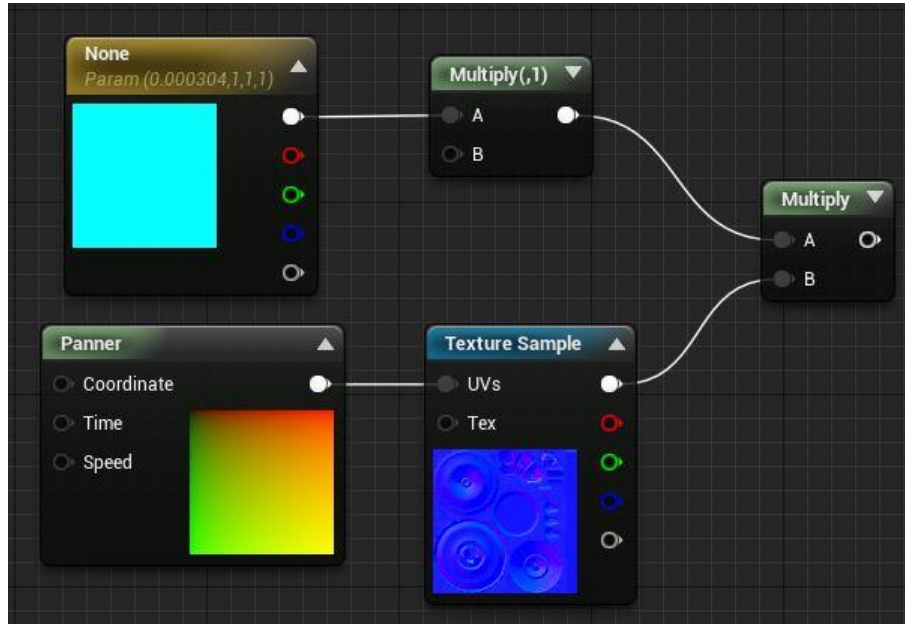


실습

## 간단한 머티리얼 제작

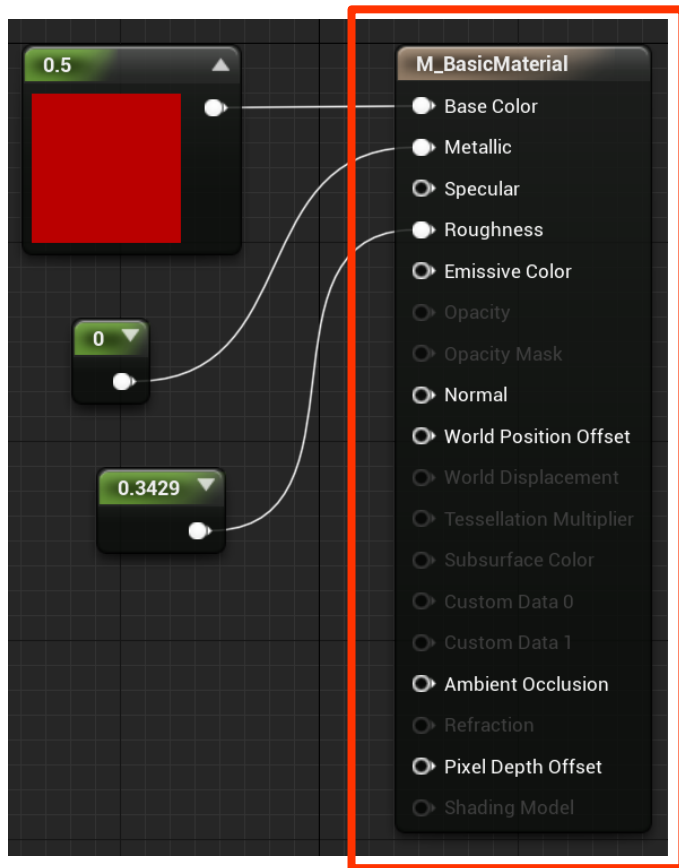
# 머티리얼 편집

- 블루프린트와 유사한 스타일로 노드와 와이어를 이용하여 표현식 망을 제작함.



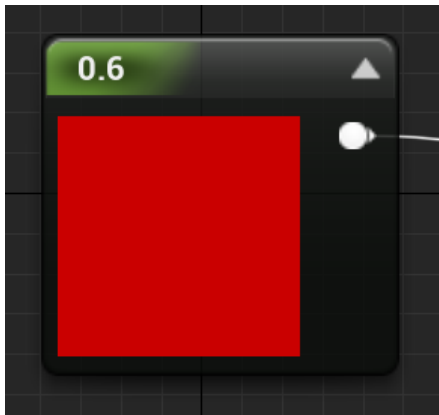
# 메인 머티리얼 노드

## ■ 머티리얼 속성들을 최종적으로 연결하는 결과 노드

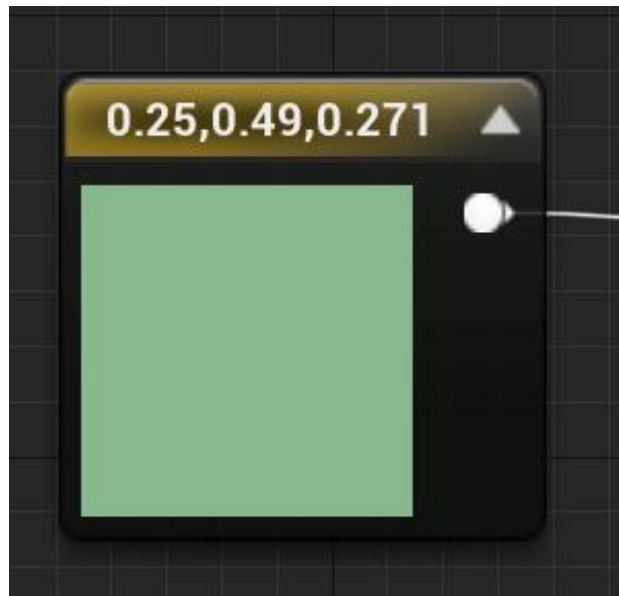




# Constant 노드

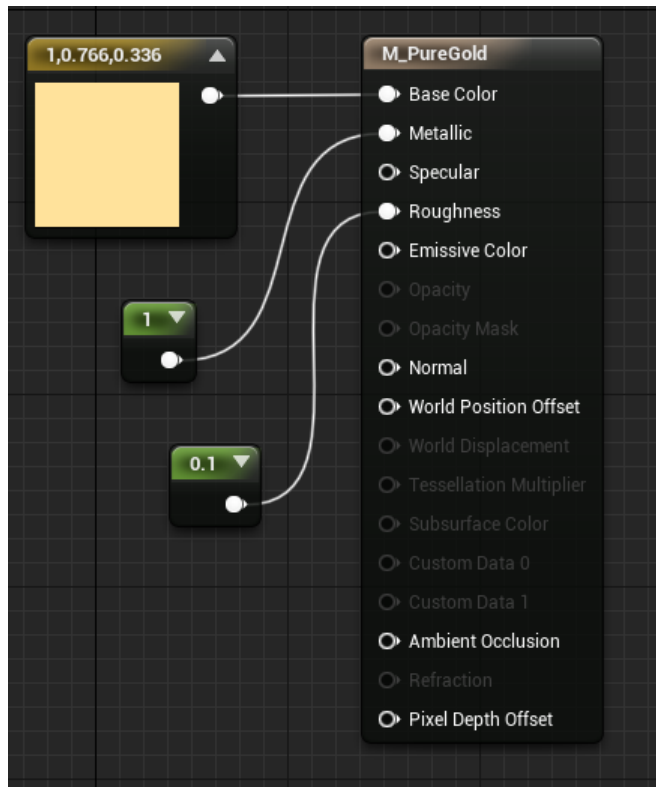


0-1 사이의 값을 정의



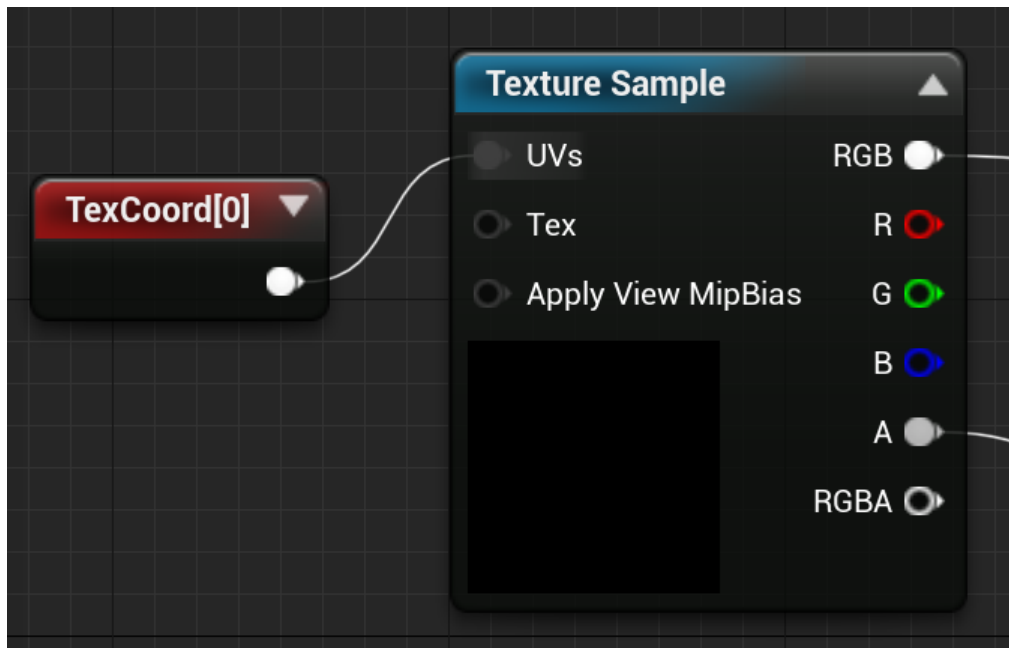
3차원 벡터값을 정의  
주로 (R,G,B)의 색상값을 정의

# 금 - M\_PureGold



# Texture Sample 노드

- 이미지로부터 (R,G,B) 값을 가져옴.
- TexCoord 로 텍스처 UV 좌표 지정 및 변경.

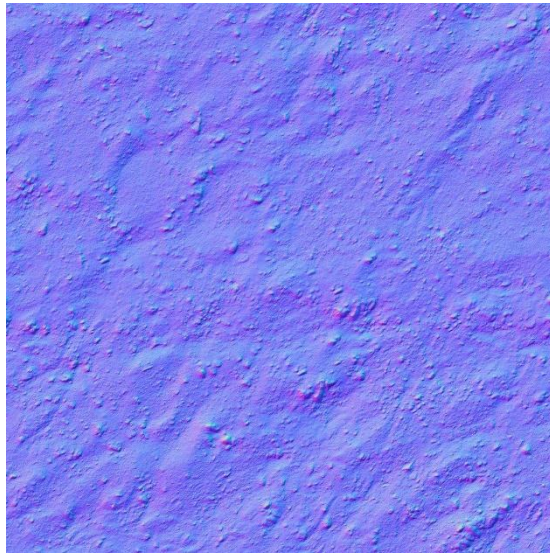
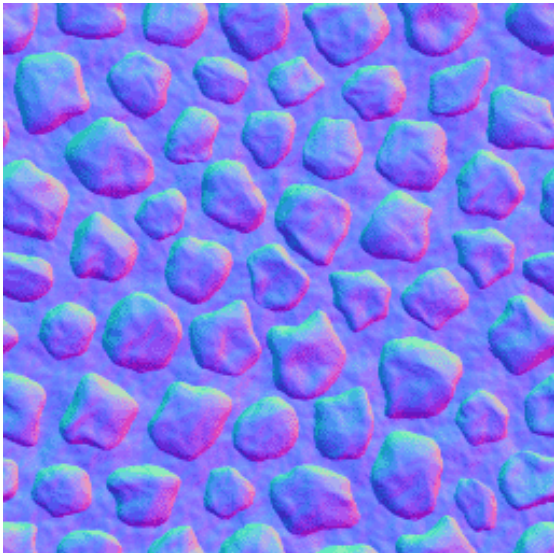


# Base Color Texture



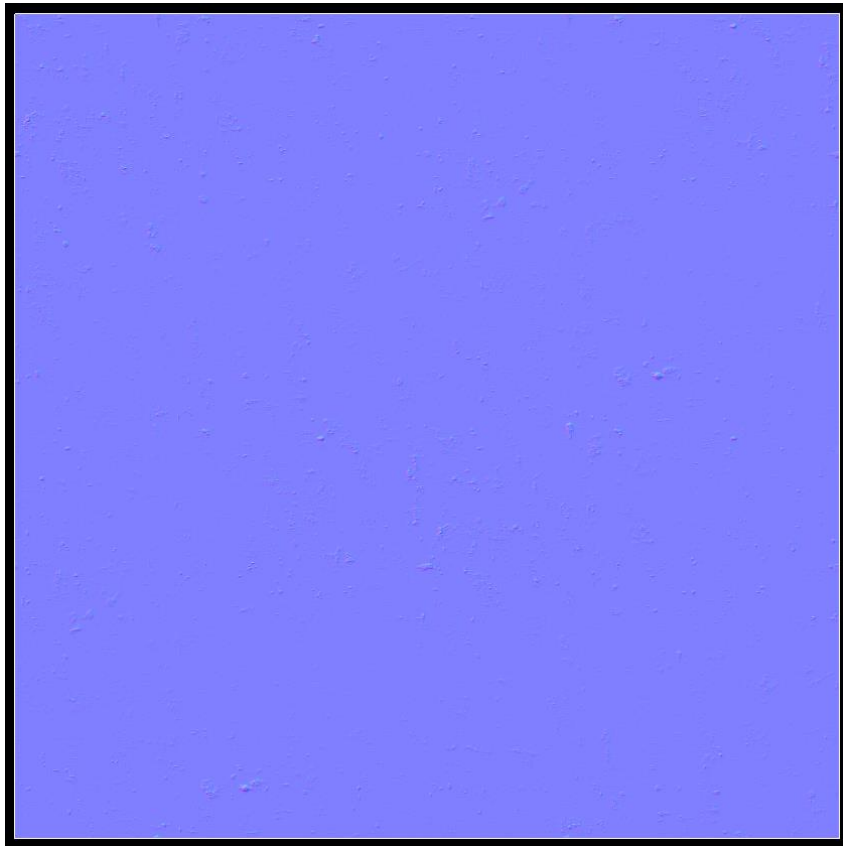
# Normal Texture

- 개별 픽셀의 법선 정보를 나타내기 위해 Texture를 이용함.
  - RGB 를 xyz 성분으로 해석 - 평면은 모두 Blue 임.



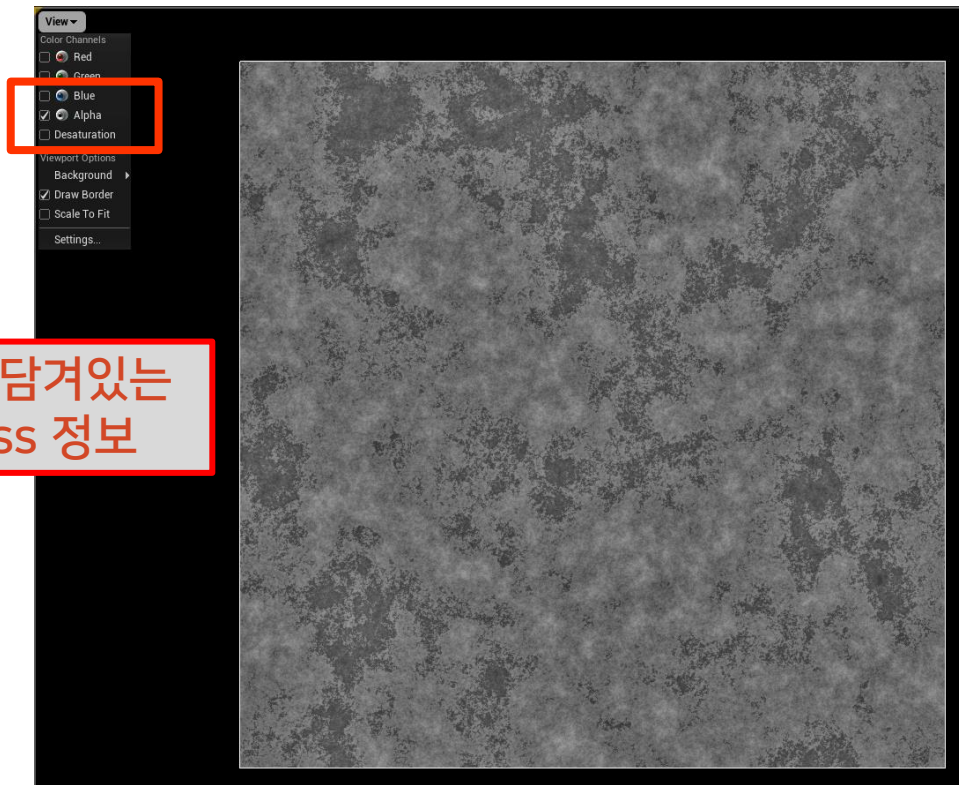
# Normal Texture

---



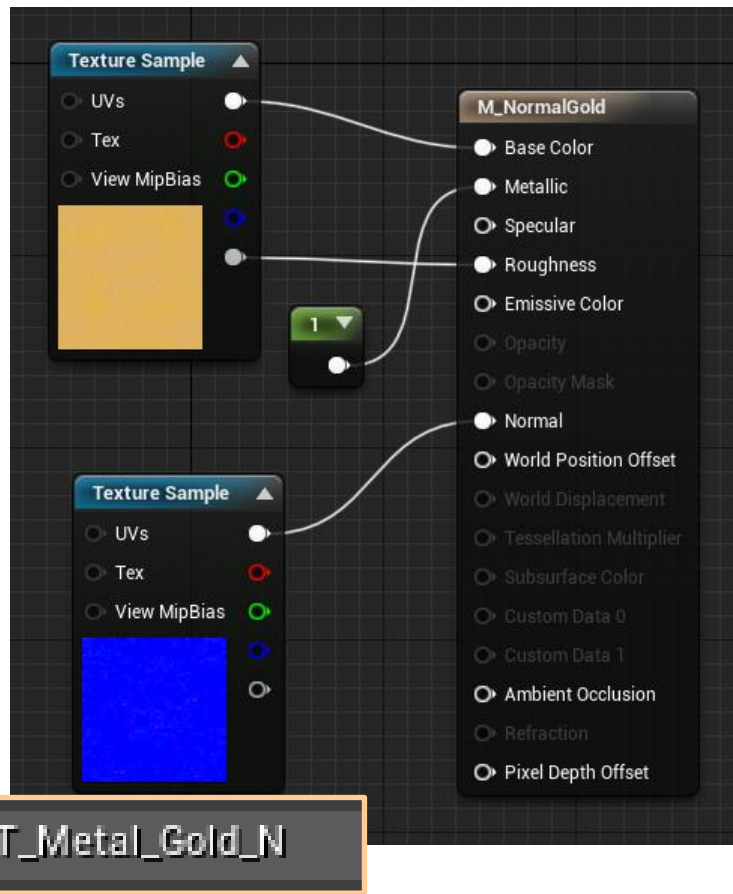
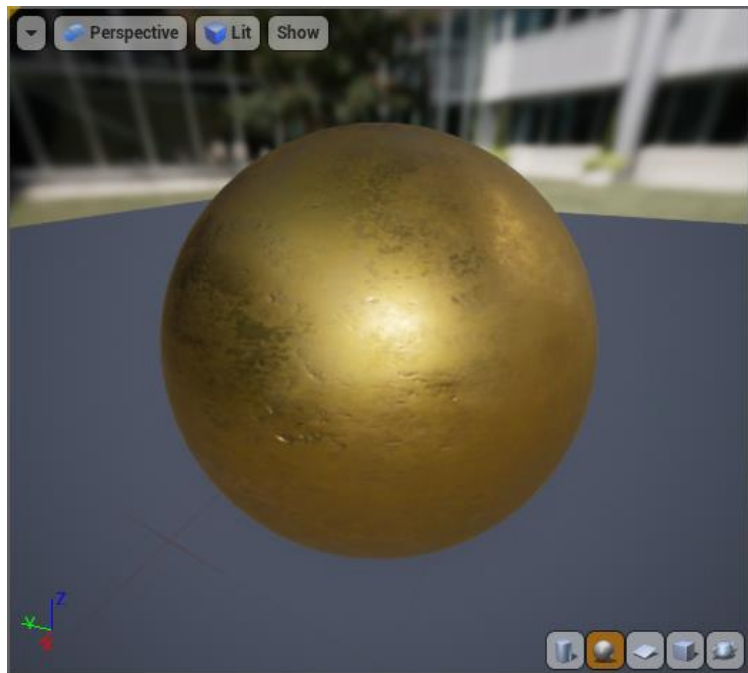
# 텍스처의 알파 채널 활용

- 알파 채널은 일반적으로 투명도를 나타내기 위해서 사용됨.
- Roughness 정보 등을 담기 위한 채널로도 빈번히 사용됨.



알파 채널에 담겨있는  
Roughness 정보

# 금 - M\_NormalGold



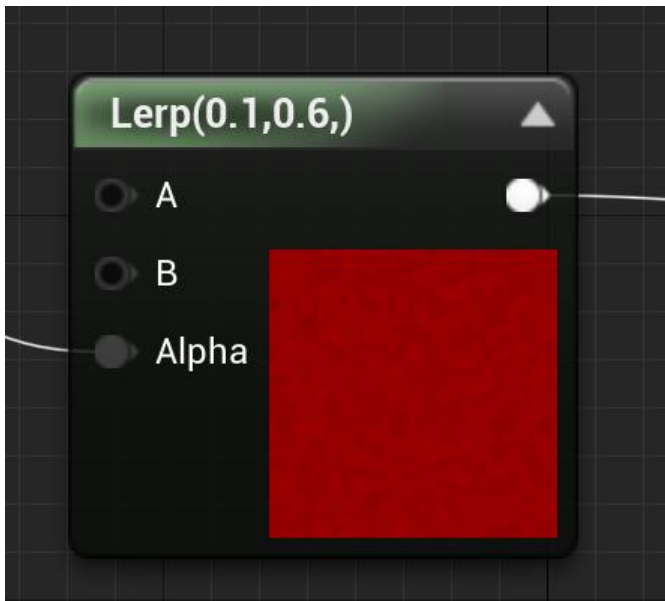
T\_Metal\_Gold\_N

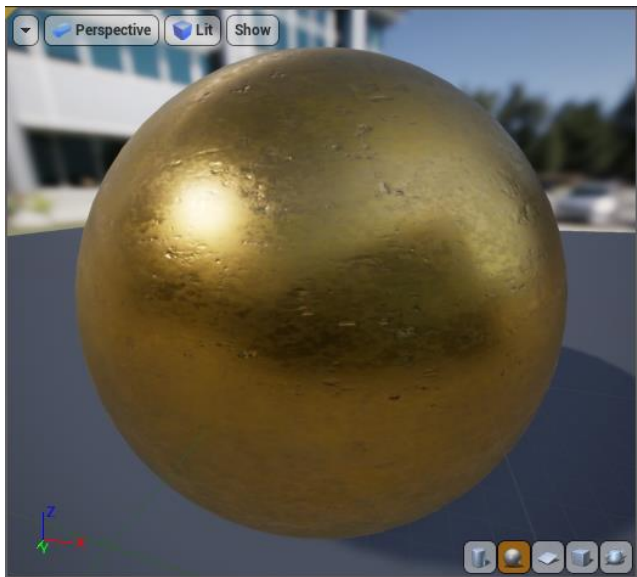


# Lerp 노드

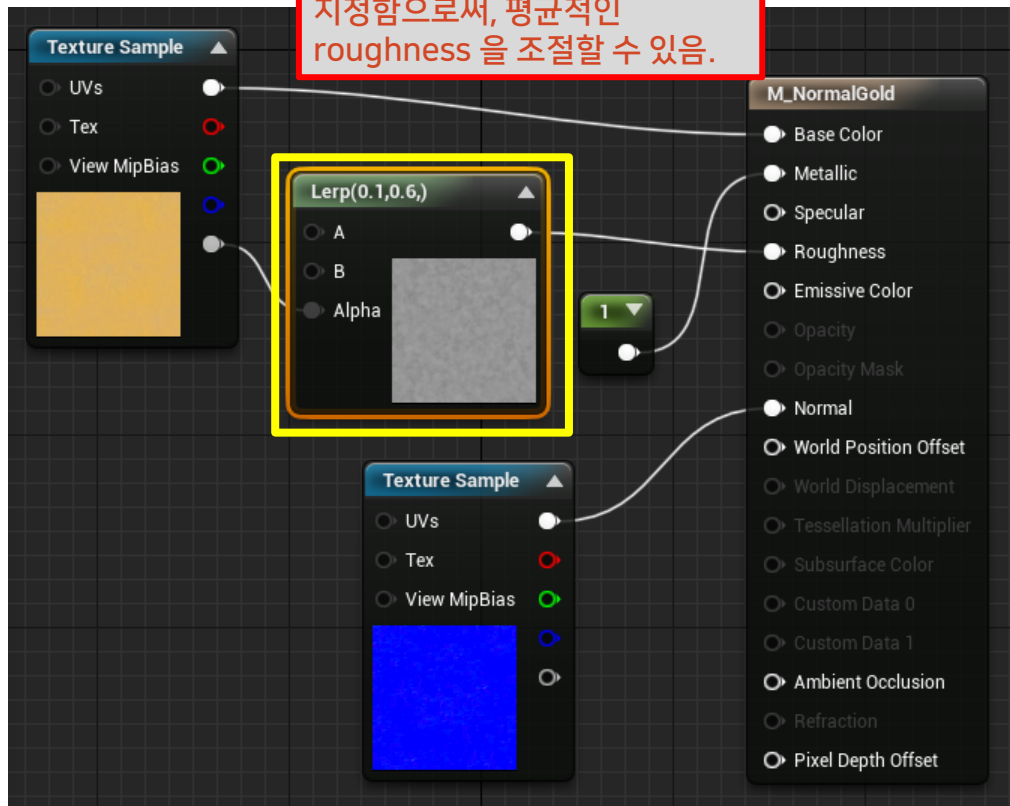
- A와 B사이를 Alpha(섞는 비율) 만큼 선형 보간.
- A와 B 두개의 정보를 섞어서, 두 개의 내용을 비율대로 반영하는 의미.
- A와 B를 단순히 더하면, 결과값이 1을 넘어갈 수 있기 때문임.

0.5  
1.5      1      1.5가  
가



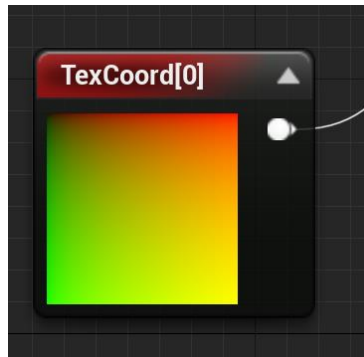
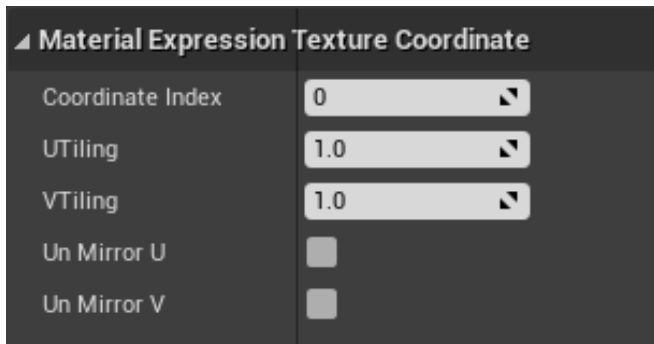


Roughness 정보를 그대로 쓰지 않고, Lerp를 활용하여 범위를 지정함으로써, 평균적인 roughness 을 조절할 수 있음.

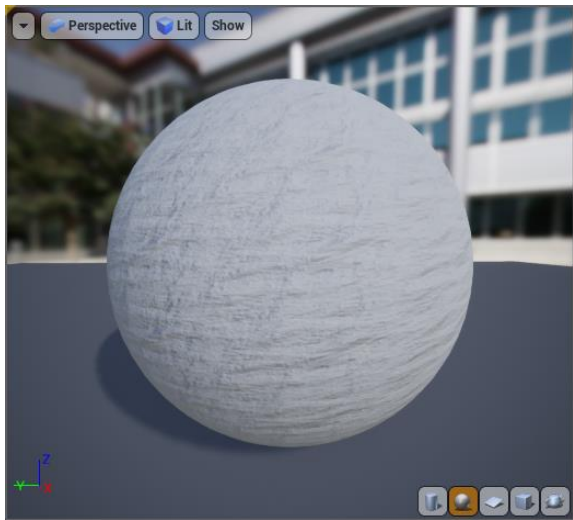


# TexCoord 노드

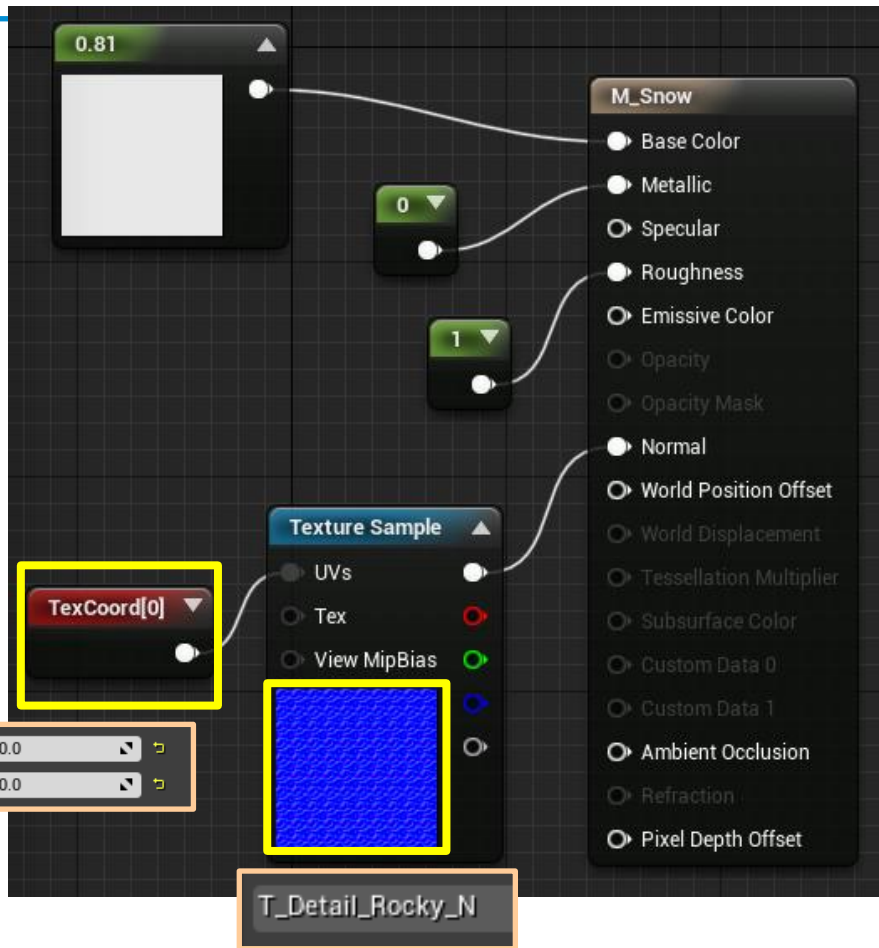
- 텍스처에 제공되는 UV 좌표값. U,V 모두 0과 1사이의 범위.
- Tiling 값을 클수록 단위 면적당 텍스처 이미지의 반복이 많아지는 효과.



# 눈 - M\_Snow

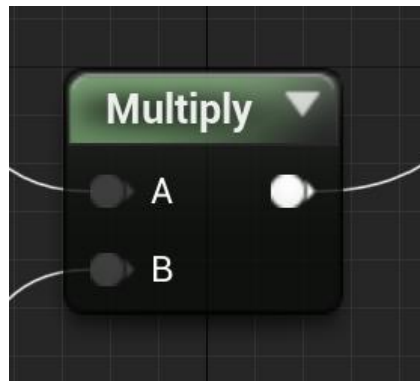
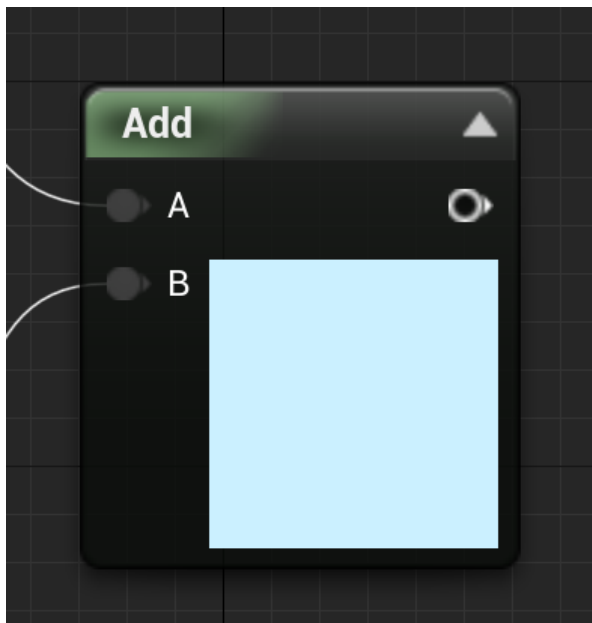


UTiling 10.0  
VTiling 10.0

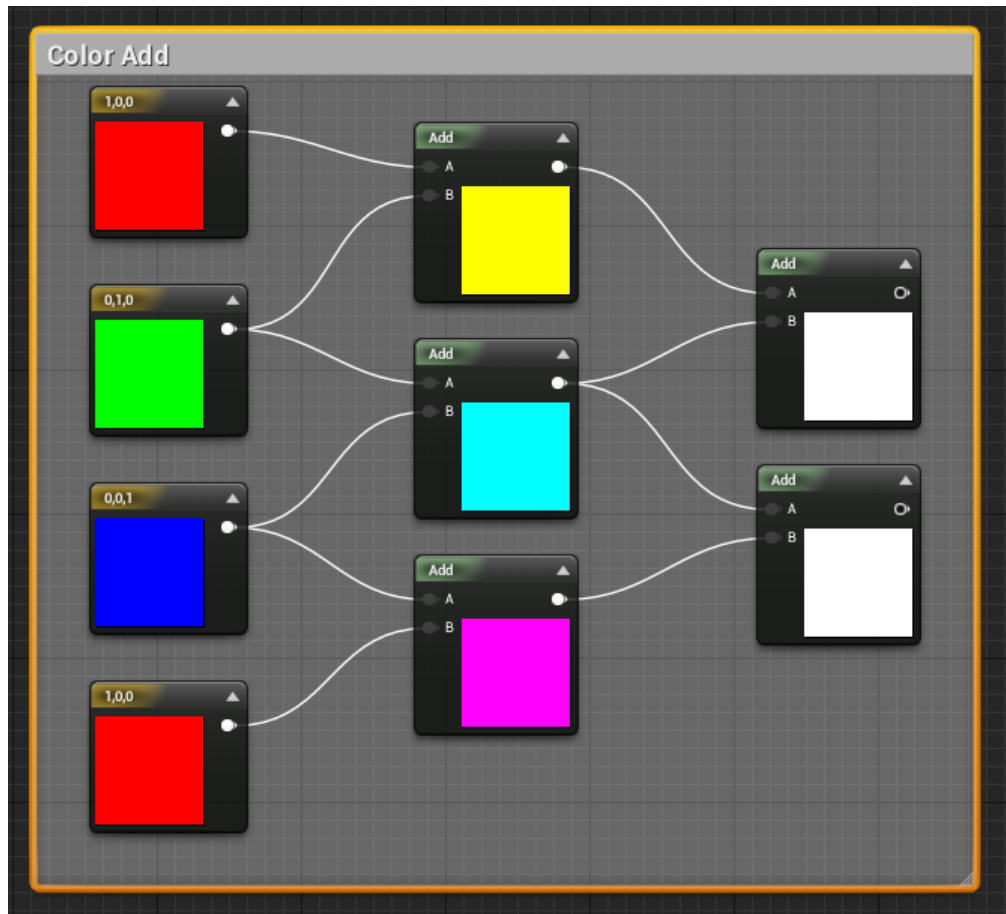


# Add 와 Multiply 노드

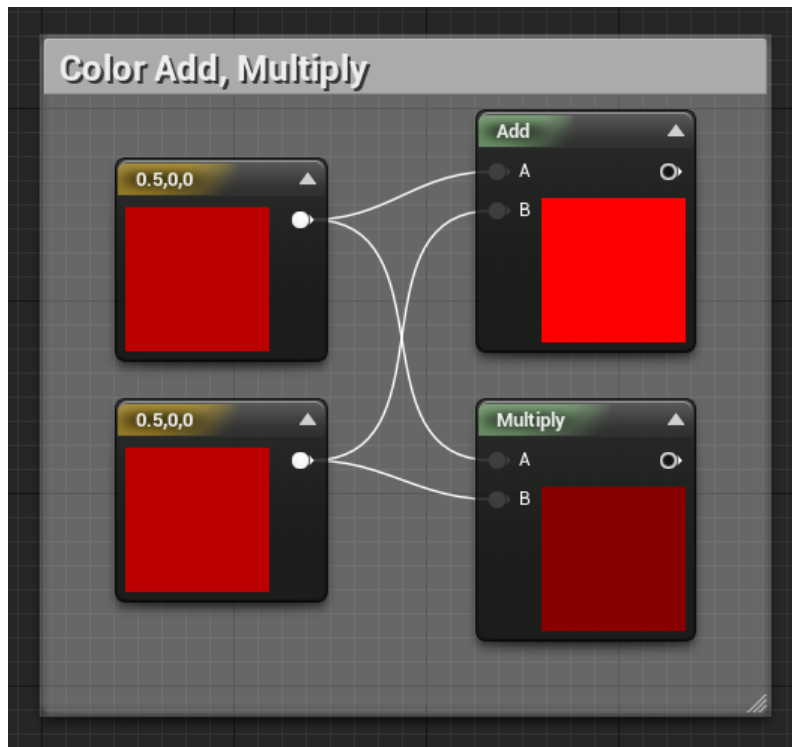
- 두개의 입력 벡터를 더함.
- 채널 단위로 연산이 이루어짐.



# Color Add

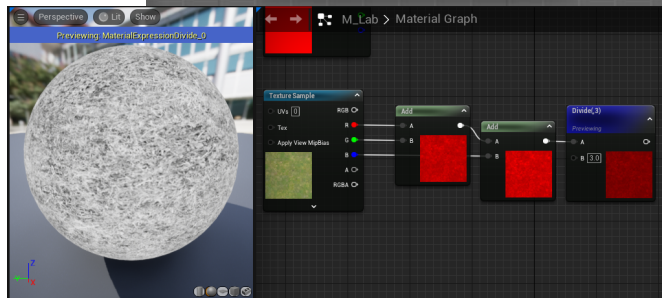
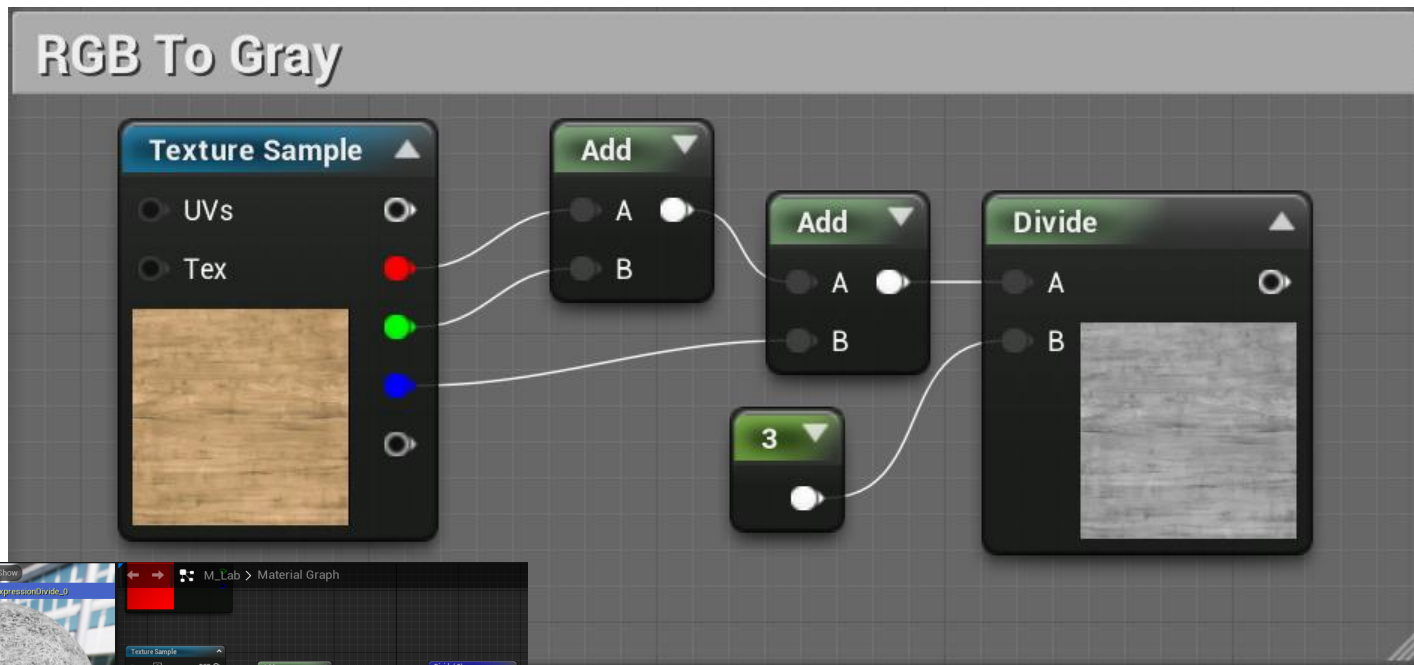


# Color Add와 Multiply의 효과



add 1 가  
Multiply 0~1  
0 가

# RGB를 Gray로 바꾸기

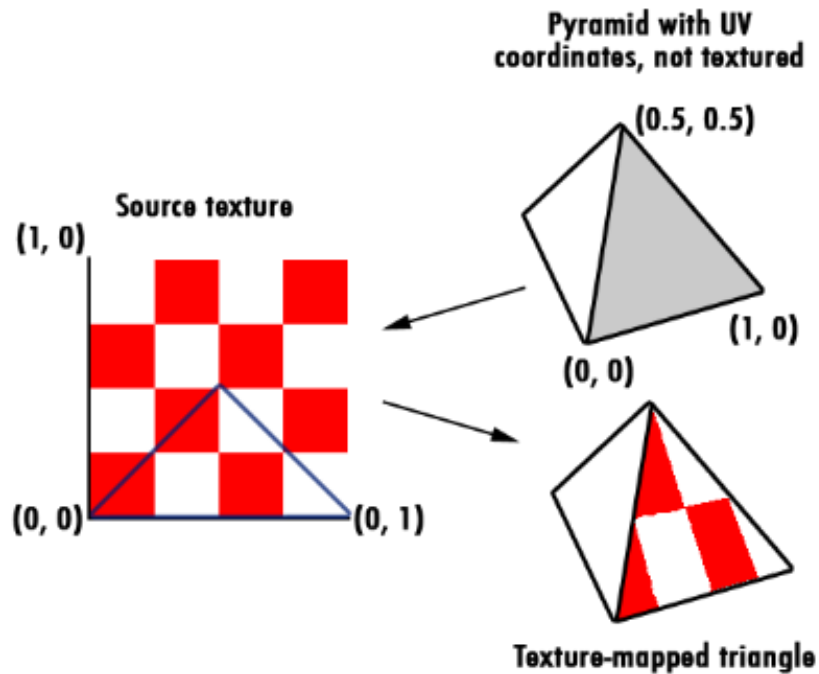


가

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$



# UV Mapping



# Material 창에서 'L'을 누른 채, 회전하면, Light를 회전시킬 수 있음





실습

다양한 머티리얼 제작

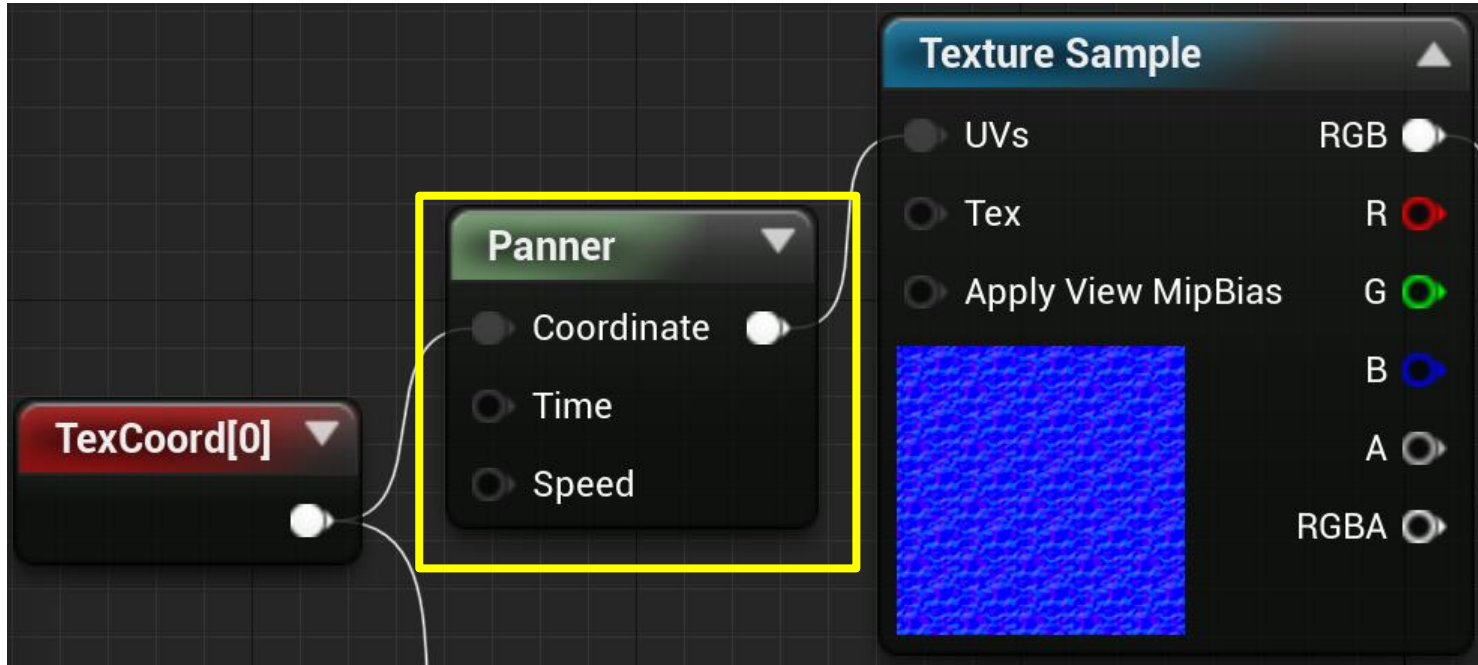
# 실습 내용

---

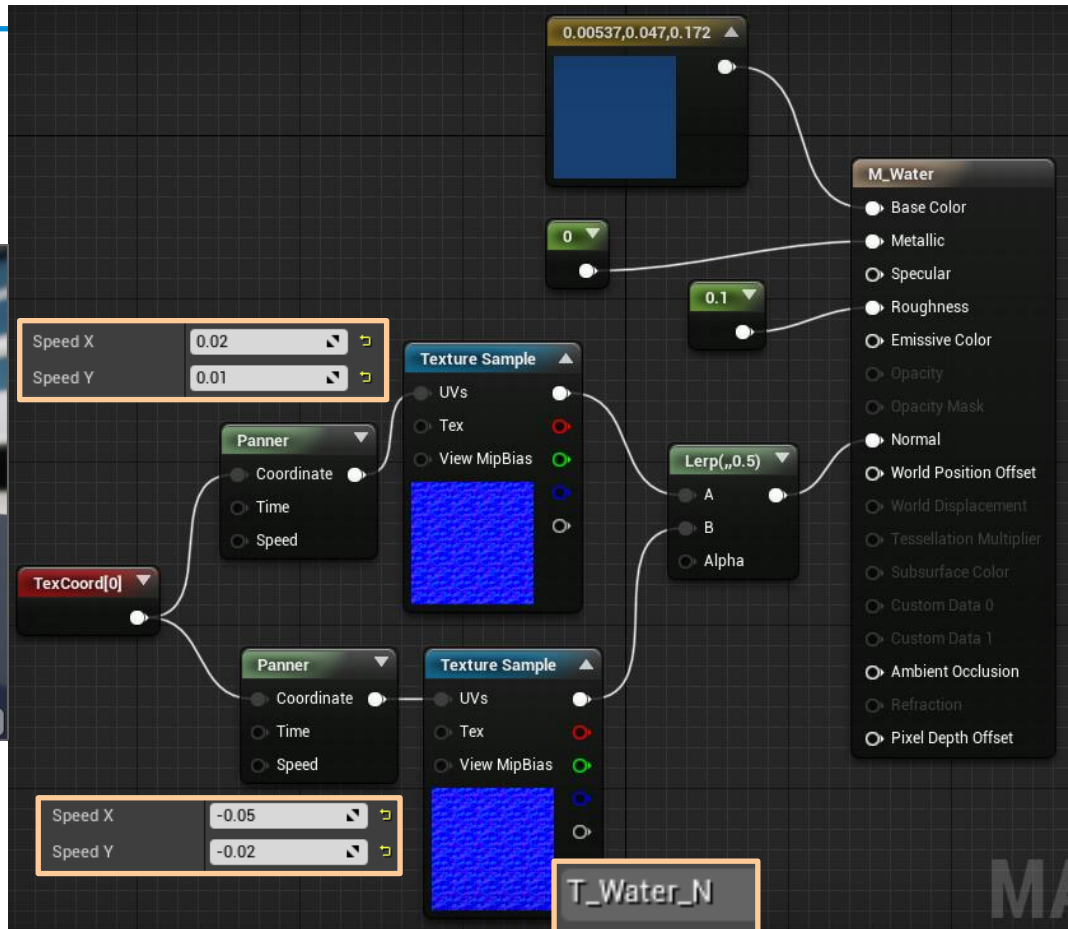
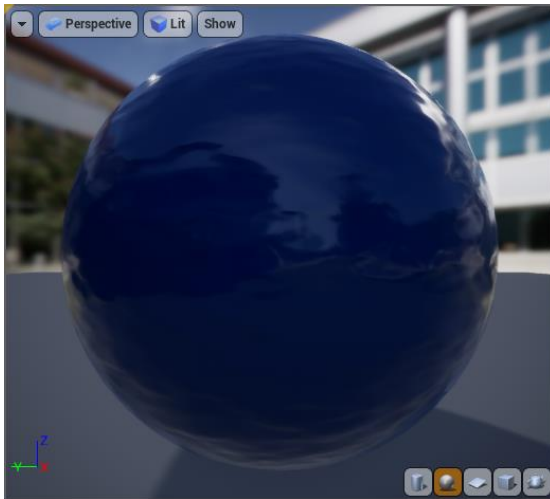
- Panner, Fresnel 노드를 활용한 머티리얼 제작
- 출렁이는 바다 구현
- 스타일리스틱 렌더링 구현

# Panner 노드

- UV 좌표를 이동시켜서 텍스처의 애니메이션을 구현.

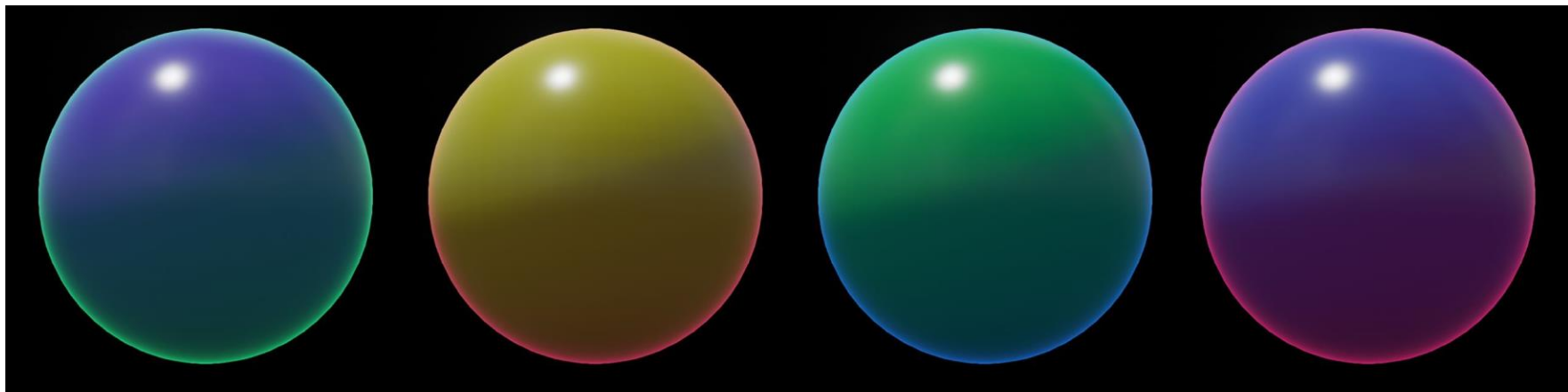


# 물 - M\_Water



# 테두리 라이팅

- 캐릭터의 실루엣을 강조 시키는 효과 - "오버워치" 등에서 사용
- "스타일리스틱 " 렌더링



# Fresnel 효과

- 관찰자가 바라보는 각도에 따라서 빛의 세기가 달라지는 현상
- 물을 위에서 수직으로 바라볼 때는 빛이 반사되는 곳이 많지 않으나, 물과 시선이 평행에 가까워질 수록 반사면이 많이 보임.

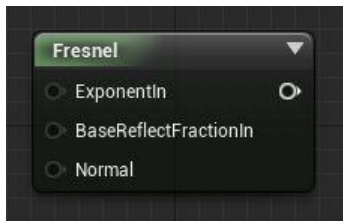
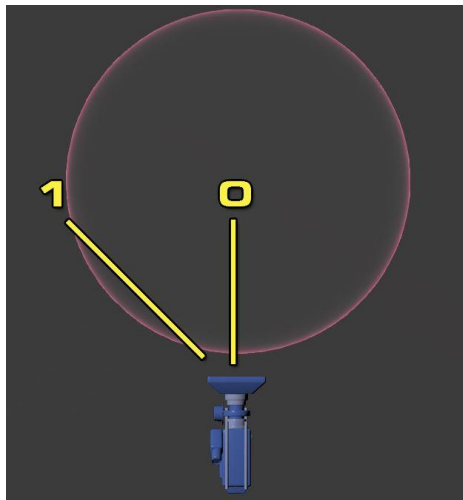


[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sea\\_and\\_Sun\\_\(cropped\)\\_2.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sea_and_Sun_(cropped)_2.jpg)



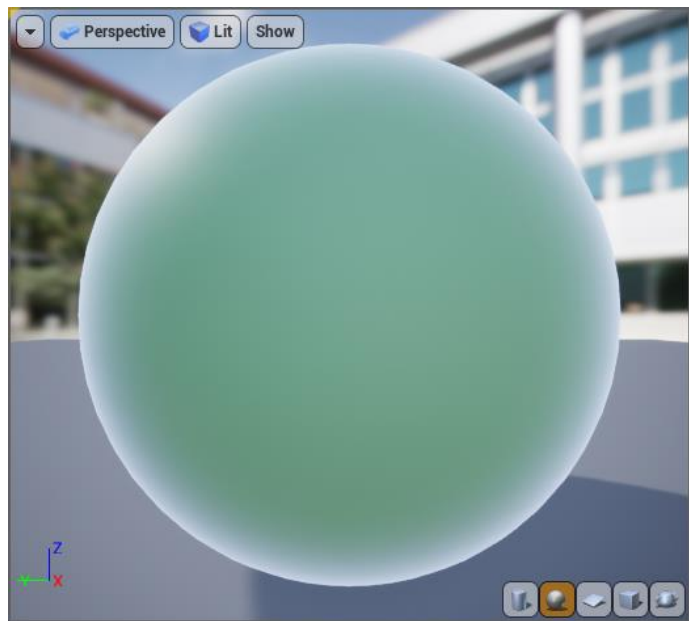
# Fresnel 효과

- 관찰자가 바라보는 각도에 따라서 반사되는 빛의 세기가 달라지는 현상
- 물을 위에서 수직으로 바라볼 때는 반사되는 수면이 많지 않으나, 물과 시선이 평행에 가까워질 수록 반사면이 많이 보임.
- 법선과 카메라방향벡터의 내적을 이용하여 계산.



프로퍼티	설명
ExponentIn	지수 입력 - 프레넬 이펙트 감쇠를 제어합니다.
BaseReflectFrctionIn	기본 리플렉션 굴절 입력 - 표면을 직접 봤을 때의 스페큘러 리플렉션의 굴절율을 나타냅니다. 이 값을 1 로 설정하면 사실상 프레넬이 꺼집니다.
Normal	노멀 - 여기에 노멀을 입력시켜 프레넬 이펙트의 렌더링 방식에 영향을 끼칠 수 있습니다. 이 프로퍼티는 노멀 맵이나 벡터 3 입력 중 하나를 제공하는 것으로는 설정할 수 없습니다.

# 테두리 라이팅 M\_StylisticWall



Exponent	5.0
Base Reflect Fraction	0.001

