PBR / Theory

Theory

-PBR : Physically Based Rendering

-현실 세계랑 더 비슷하게 물리적인 기본 이론에 기반을 둔 렌더기술의 집합

-PBR은 물리적으로 그럴듯하게 보이는 방법으로 하는 것을 목표로 하기 때문에, Phong, Blinn-Phong과 같은 조명 알고리즘과 비교했을 때, 일반적으로 더 현실적으로 보임

-물리적인 매개 변수를 기반으로 표면 재질을 제작할 수 있음

-조명 조건에 관계없이 texture가 올바르게 표시가 됨

-Physical Shading이 아니라 Physical Based Shading이라고 하는 이유는 결국에는 현실과는 다른 현실의 근사치이기 때문임

-PBR 조명 모델

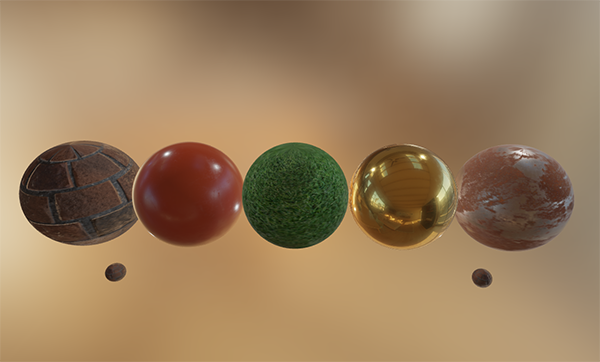
-충족해야하는 3가지 조건

-1. Microfacet 표면 모델으로 기반을함

-2. 에너지 보존이 있어야함

-3. 물리적 기반 BRDF를 사용함

-이번 챕터에서 공부를 마치면 최종적으로 나올 결과물

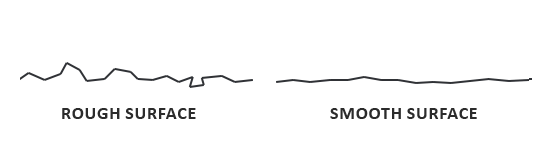


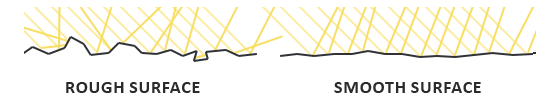
The microfacet model

-모든 PBR기술은 microfacets 이론을 기반으로 함

-이 이론은 microscopic scale이라는 어떤 표면이라도 microfacets라고 불리는 작고 완벽하게 반사되는 거울에 의해 묘사가 되어 질 수 있음

-이 작은 거울은 표면의 거칠기에 따라서 정렬이 다를 수 있음

-표면을 아주 작고 완벽하게 반사되는 거울의 정렬이라고 생각하면 됨

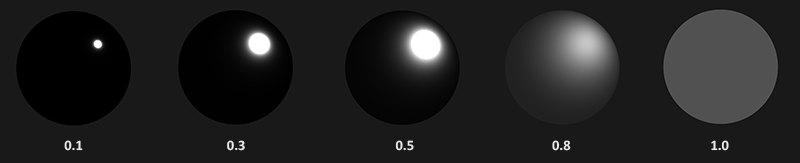
-거친 표면은 난반사가 일어나지만, 매끄러운 표면은 거의 동일한 방향으로 반사가 일어남

-실제 표면은 현미경 수준으로 보면 완전히 매끄러운 표면은 없음, 그러나 픽셀 단위로 구분할 수 없을 정도의 작은 거울을 사용하기 때문에, 표면의 거친 정도를 통계적으로 근사화 할 수 있음

-표면의 거친 정도를 기반으로 벡터h에 정렬된 microfacet의 비율을 계산할 수 있음

-벡터h는 빛의 방향 벡터l , view 벡터v 사이의 중간에 위치하는 중간 벡터임, 이전에 배운 halfway vector임

-microfacet이 halfway vector에 정렬될수록 specular 반사가 더욱 선명해지고 강해짐

-0.1은 매끄러운 표면일 것이고, 1.0은 매우 거친 표면임

Energy conservation

-microfacet은 일종의 에너지 보존 방식을 사용하는 것과 같음

-들어오는 빛의 양은 나가는 빛의 양을 초과하면 안 됨

-위의 이미지를 보면 반사 영역은 증가하지만, 영역이 커질수록 밝기가 어두워짐

-에너지 보존을 위해서 확산광과 반사광을 확실하게 구분해야함

-빛이 표면에 닿는 순간, 굴절하는 것과 반사되는 것으로 갈라짐

-반사되는 것은 표면으로 ㄴ들어가지 않고 직접 반사되어 나가는 빛

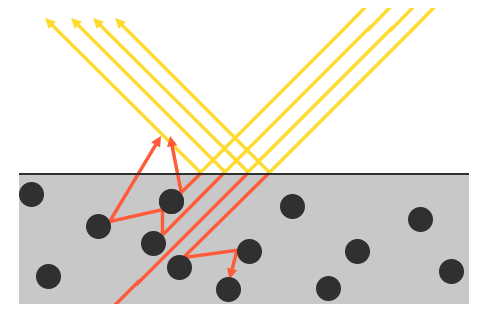
-굴절되는 것은 표면으로 들어가 흡수되는 빛임

-흡수되는 빛이 diffuse lighting임

-빛이 물체에 닿으면 즉지 흡수되지 않고, 에너지를 잃어버릴 때 까지 물질을 이루는 입자

(원자)와 계속 충돌하게 될 것임

-입자랑 충돌할 때 마다 에너지의 일부, 또는 전부를 흡수해서 열로 변환이 됨

-모든 에너지가 흡수되는 것은 아니고 충돌하다가 빛이 에너지가 고갈되기 전, 밖으로 빠져나올 때 까지 다른 입자와 임의의 방향으로 계속 산란되어짐

-표면 밖으로 나온 빛은 표면을 보았을 때의 색상(diffuse)에 기여함

-그러나 PBR에서는 모든 굴절된 빛이 매우 작은 충격 영역에서 흡수되어 산란되었다고 가정을 하고, 먼 거리에서 표면을 빠져나간 산란된 광선을 무시함

-이 산란된 광선을 고려한 쉐이더 기술은 Subsurface scattering이라고 불리는 기술로 알려져 있음

-이 기술은 피부나 대리석 또는 일부 재료의 시각적인 품질을 크게 향상시키지만, 엄청난 자원의 소모를 가져옴

-반사 및 굴절에 대해서 생각해야할 표면이 하나 더 있는데, 이는 금속성 표면임

-금속성 표면은 비금속 표면에 비해서 다르게 반응하기 때문임

-금속 표면은 굴절된 빛은 산란 없이 직접적으로 흡수 됨

-따라서 금속의 표면은 reflected or specular light만 남게 됨

-따라서 PBR 파이프라인에서는 금속과 비금속을 다르게 취급함

-반사, 굴절된 빛의 차이는 에너지 보존과 관련해 생각해볼 수 있음

-어떤 빛 에너지가 반사되면 더 이상 물질에 흡수되지 않음

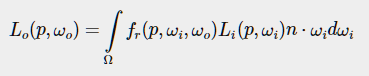
-따라서 굴절된 빛인 표면으로 들어간 에너지는 반사를 고려한 나머지의 에너지임

|  |
| --- |
| float kS = calculateSpecularComponent(...); // 반사광  float kD = 1.0 – kS; // 굴절광 |

-이렇게 사용하면 에너지 보존 원칙을 지키면서 반사, 굴절의 양을 알 수 있음

-이 접근법을 감안해 반사와 확산 기여가 모두 1.0을 초과하는 것은 불가능함

The reflectance equation 반사율 방정식

-방정식을 이해하기 앞서서 방사선 측정(radiometry)을 알아야함

-Radiometry는 가시광선을 포함한 전자기복사를 측정하는 것임

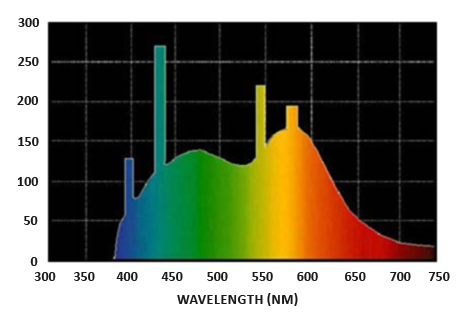
-표면과 방향에 대해 빛을 측정하는 여러 방사선 양이 있지만, L이라는 반사 방정식과 관련된 단일 방사형만 생각해 보겠음

-Radiance는 단일 방향에서 오는 빛의 크기, 강도를 정량화 하는데 사용함

-Radiance(빛의 밝기)는 여러 물리량의 조합임

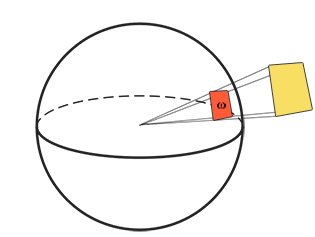
-Radiant flux 복사광량 Φ

-와트 단위로 측정된 광원의 전달 에너지, 빛은 여러 파장의 집합체이며, 각각의 파장은 특정 색상과 관련이 있음, 390~700nm 사이의 파장이 가시광선이라는 영역

 -복사광량은 다양한 파장의 기능의 총 면적을 측정함, 이러한 파장의 측정을 입력으로 넣는 것은 비현실적이기 때문에 RGB로 인코딩된 밝은 색상으로 복사광량을 단순하게 표현함, 이는 정보의 손실을 가져오지만 시각적인 측면에서 무시가 가능할 정도임

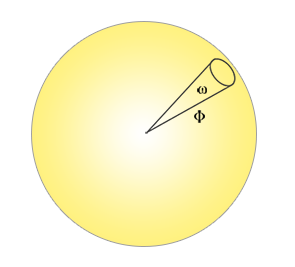
-Solid angle 입체각 ω

-단위 구상에 투영된 모양의 크기, 면적 / 단위 구상에 투영된 모양의 영역을 입체각

 -이 단위 구의 중심에 관찰자가 있음, 관찰자의 입장에서 도형의 방향을 바라보면 실루엣의 크기가 입체각임

-물체가 멀리있으면 이 입체각은 작아질 것이고, 가까이 있으면 입체각은 커질 것임

-Radiant Intensity 복사 강도

 -입체각ω당 복사 광량 또는 투영된 영역에 대한 광원의 강도를 단위 구에 대해 측정

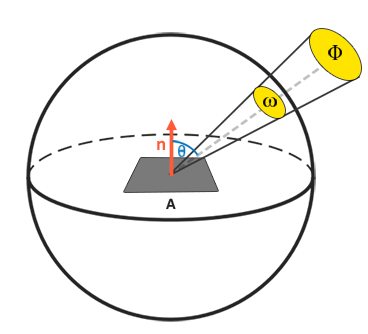
-복사 강도를 나타내는 방정식



-I는 입체각ω당 복사 광량Φ

-복사 광량, 입체각에 대한 지식으로 영역 A에 대한 총 관측 에너지로 설명되는 복사 강도 방정식을 나타낼 수 있음





-Radiance(빛의 밝기)는 표면의 법선에 대한 빛의 입사각 θ에 의해 스케일된 영역의 빛의 양을 방사 측정함

-입사각이 클수록 빛의 양은 약해지고, 입사각이 작을수록 수직이기 때문에 빛의 세기는 강함

-이는 입사각이 광원의 방향벡터와 법선 사이의 내적과 직접적으로 일치

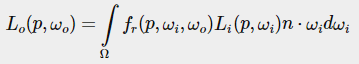
|  |
| --- |
| float cosTheta = dot(lightDir, N); |

-입체각ω이랑 A가 무한히 작다고 가정하면 공간의 단일 지점에 대한 단일 광선의 Radiance를 측정하기 위해 빛을 사용할 수 있음

-입체각ω를 방향벡터ω로, A를 점p로 변환해 쉐이더에 직접 사용해 단일 광선의 fragment당 기여도를 계산할 수 있음

-일반적으로 점 p에 들어오는 모든 빛이 일반적으로 Irradiance, 방사 조도라고 불리는 광도의 합임

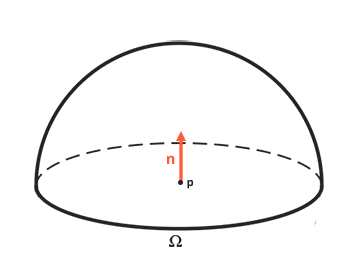
-Radiance와 Irradiance를 알고 있으면 반사율 방정식으로 돌아갈 수 있음

-L은 어떤 점 p의 광도와 들어오는 방향벡터 ωi 로 생각할 수 있는 무한히 작은 입체각ωi 의 일부를 나타냄

-cosθ는 반사율 방정식에서 n⋅ωi로 나타내는 표면에 대한 빛의 입사각에 기초해 에너지를 스케일링 했었음

-반사율 방정식은 관측자로 나가는 방향 ωo에서 점p의 반사휘도 Lo (p, ωo)의 합을 계산함

-반사율 방정식은 모든 입사 빛이 합계인 조사량을 기반으로 하기 때문에 들어오는 빛의 방향뿐 아니라 점 p를 중심으로 하는 반구 Ω내의 모든 들어오는 빛의 방향의 빛을 측정함

-영역 내부의 값 합계를 계산하기 위해 반구내의 모든 들어오는 방향 dωi에 대해 반사율 방정식에 적분을 사용함

-적분은 영역을 계산할 수 있음

-Riemann sum으로 알려져 있는 방식으로 코드를 만듬

-pesudoCode

|  |
| --- |
| int steps = 100;  float sum = 0.0f;  vec3 P = ...;  vec3 Wo = ...;  vec3 N = ...;  float dW = 1.0f / steps;  for(int i = 0; i < steps; ++i)  {  vec3 Wi = getNextIncomingLightDir(i);  sum += Fr(P, Wi, Wo) \* L(P, Wi) \* dot(N, Wi) \* dW;  } |

-dω로 단계를 스케일링하면 합계는 적분 함수의 총 면적, 부피와 같음

-각각의 이산 단계를 측정하기 위한 dω는 반사 방정식에서 dωi와 같음

-반사율 방정식은 반경 ρ에 의해 스케일링된 반경 ρ에 대한 모든 입사광 방향 ωi의 모든 방사율을 합산해서 뷰어의 방향으로 반사광의 총합을 반환함

-이제 모르는 것은 r 기호인데, 이것은 BRDF, 양방향 반사 분포 함수 임



-BRDF는 표면의 재료 특성을 기반으로 들어오는 방사를 조절하거나 무게를 측정함