

OpenGL10

가상현실론

2021/03/29

목차

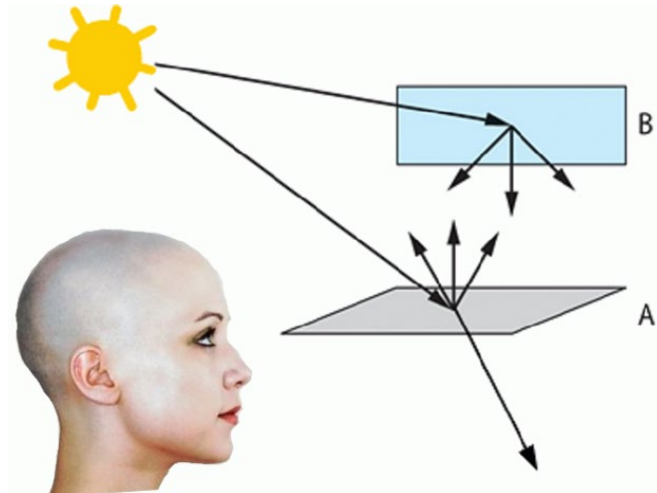
- 빛의 진행
- 광원
- 지역 조명 모델
- 음영

조명과 음영



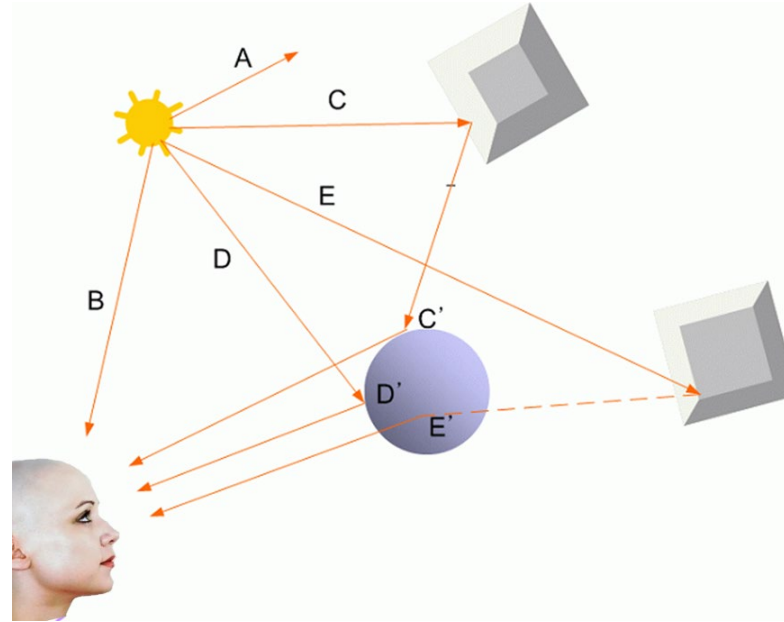
- 조명 (Lighting, Illumination): 물체 정점의 색상을 부여, 물체공간(Object Space)
- 음영 (Shading, Surface Rendering): 조명 결과를 이용하여 물체 면의 색상을 부여: 영상공간(Image Space)

빛의 진행



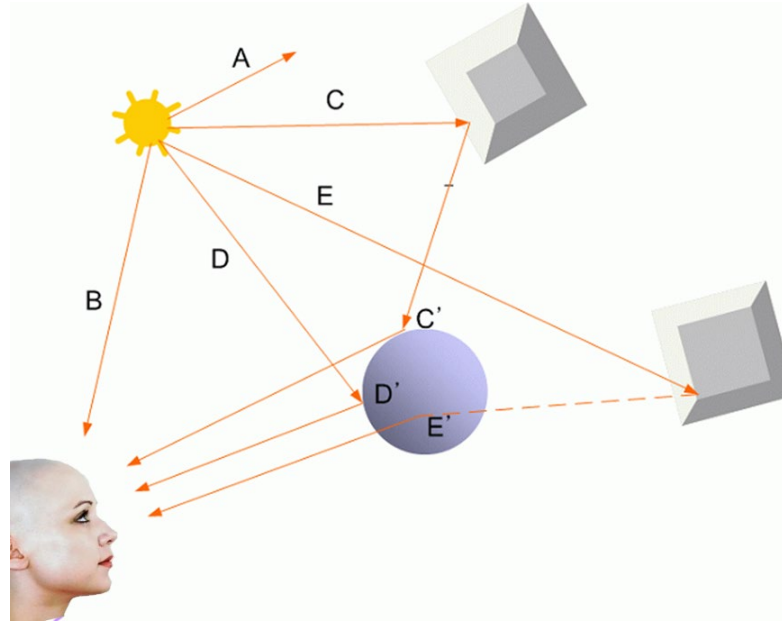
- 광원(Light source)에서 출발한 빛은 물체면에서 일부 흡수되고, 나머지는 반사 또는 투과됨.
- 물체면 B로부터 반사된 빛이 어떤 방향으로, 얼마나 진행하는지는 표면의 방향(Orientation)이나 요철(Smoothness)에 따라 다름.
- 만약 물체가 투명하다면 A처럼 입사된 빛 일부는 물체를 투과하여 진행.

빛의 진행



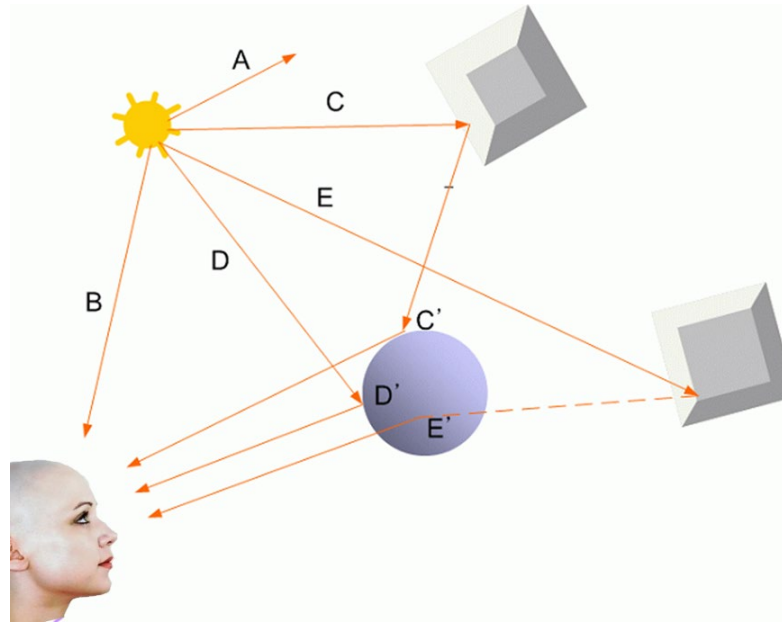
- 어떤 물체가 보인다는 것은 물체에서 반사된 빛이 눈에 들어오는 것을 의미
- 물체의 색은 빛과 물체 사이의 상호 작용에 의해 정해짐. 이를 계산하기 위해서는 광원, 물체, 관찰자 간의 위치 관계는 물론 광원과 물체의 특성도 고려해야 함.
- 관찰자가 인지하는 구체의 색은 D방향으로 진행하다 물체에서 반사되어 관찰자의 눈에 도달하는 D'에 세기에 의해서 결정된다.
- C방향으로 진행하던 빛이 다른 물체에서 반사되어 C'에 입사되고 반사되어 관찰자 눈에 들어올 수도 있다. E'도 유사

빛의 진행



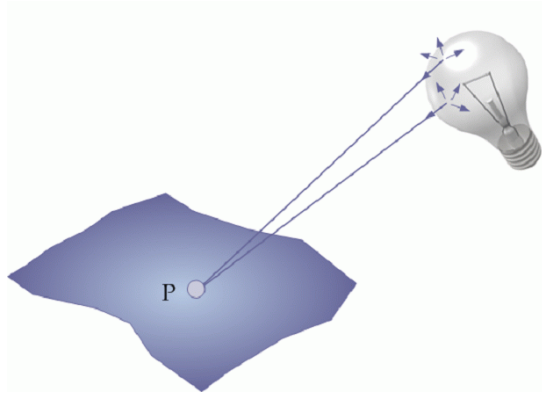
- 전역 조명 모델(Global Illumination Model, Global Lighting Model): 다른 물체면에서 반사되어 입사되는 빛까지 고려한 조명모델. 장면 내의 물체 상호간의 반사까지 고려한 모델.
- 지역 조명 모델(Local Illumination Model, Local Lighting Model): e다른 물체에서 반사된 빛은 일체 감안하지 않고 광원으로부터 물체에 직접 부딪쳐 관찰자 눈에 들어오는 빛만 고려한 모델. c'의 색을 결정하는 데 있어서 광원으로부터 직접 c'으로 입사된 빛만 고려.

빛의 진행

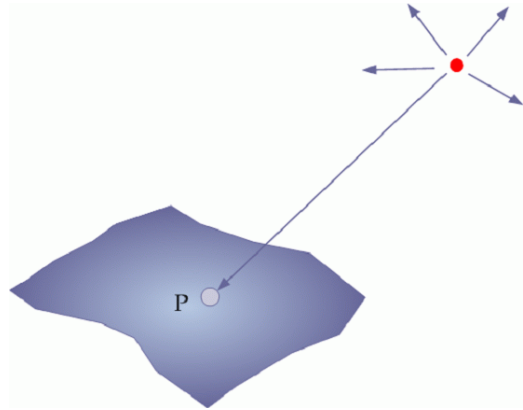


- GL은 지역 조명 모델을 사용. GL 자체가 고정된 파이프라인을 통해 구현되고, 다각형 단위로 파이프라인을 통과하기 때문. 다각형마다 별도의 파이프라인을 통해 처리되기 때문에 다각형 사이의 상호 관계는 반영될 수 없음.
- 지역 조명 모델을 사용함으로써 사실성은 떨어지는 대신 처리 속도가 빨라짐.
- 지역 조명 모델에서도 그림자나 주변광을 활용하여 근사적으로 전역 모델적인 요소를 반영할 수 있음.

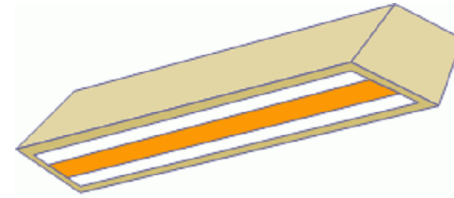
광원 (Light Source)



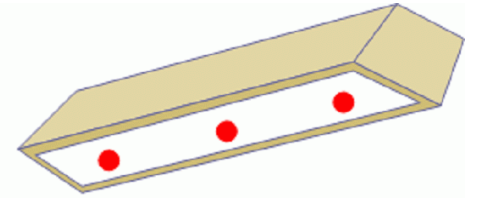
면적광원



점광원



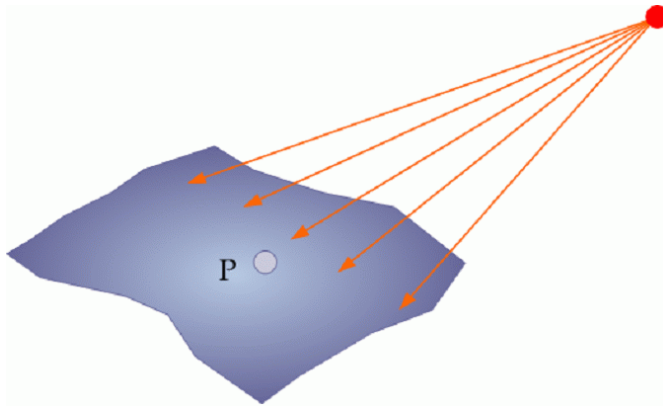
(a)



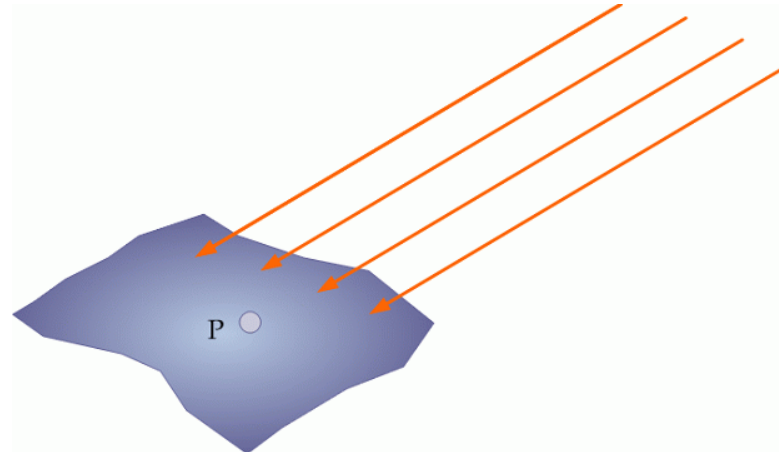
(b)

- 면적광원 (Area Light Source): 조명 표면 위의 모든 점을 광원으로 보고 조명을 계산. 사실상 불가능
- 점 광원 (Point Light Source): 조명의 빛이 한 점에 나온다고 간주.
- 광원의 크기가 다른 물체에 비해 상대적으로 크다면 여러 개의 점 광원으로 원래의 광원을 보다 정확하게 근사.
- (a)의 형광등 표면은 (b)와 같이 표면 위 몇 개의 점 광원을 설정하여 근사.
- 분산광원(Distributed Light Source): 근사화에 사용된 각각의 점광원.

광원 (Light Source)



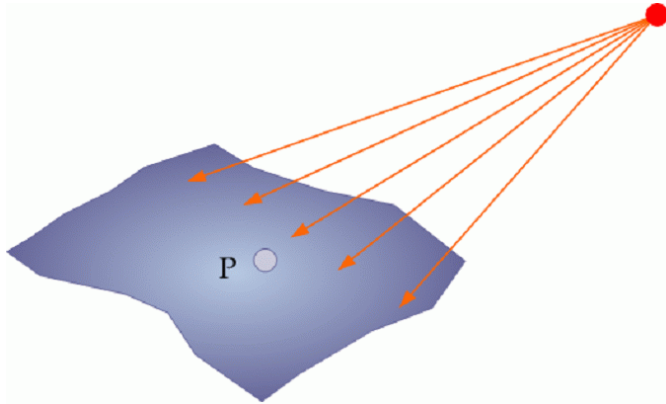
위치성 광원



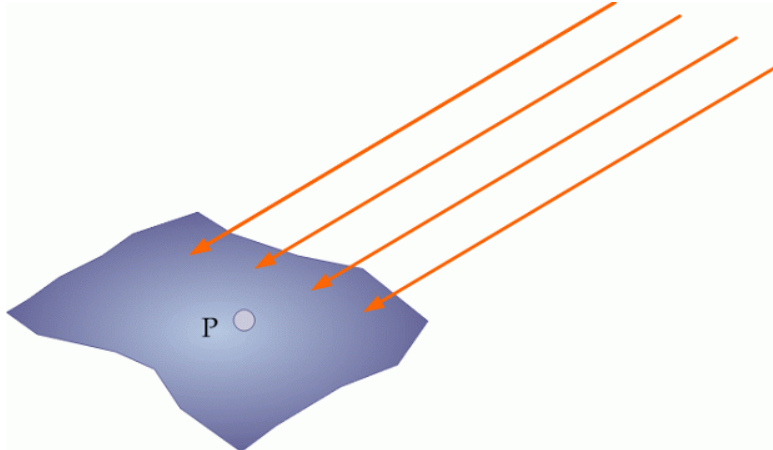
방향성 광원

- 위치성 광원 (Positional Light Source): 옴니라이트(Omni Light)라고도 하며 광원으로부터 나가는 빛이 모든 방향으로 방사형으로 퍼져나가는 광원.
- 주로 물체로부터 가까운 곳에 위치한 광원을 근사화시키는 데 사용.
- 물체에 광원을 가깝게 놓으면 표면에 밝은 하이라이트가 형성
- 물체의 뒤쪽이나 아래쪽에 놓으면 지면에서 튀어나온 것 같은 조명 형성.

광원 (Light Source)



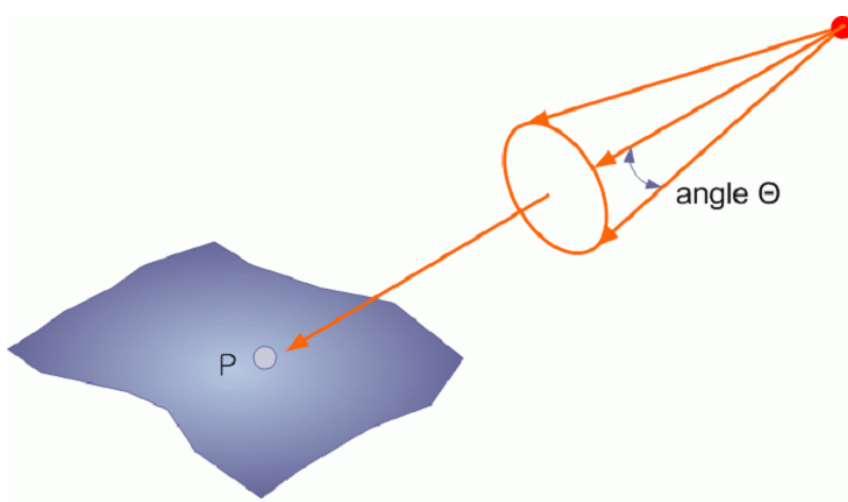
위치성 광원



방향성 광원

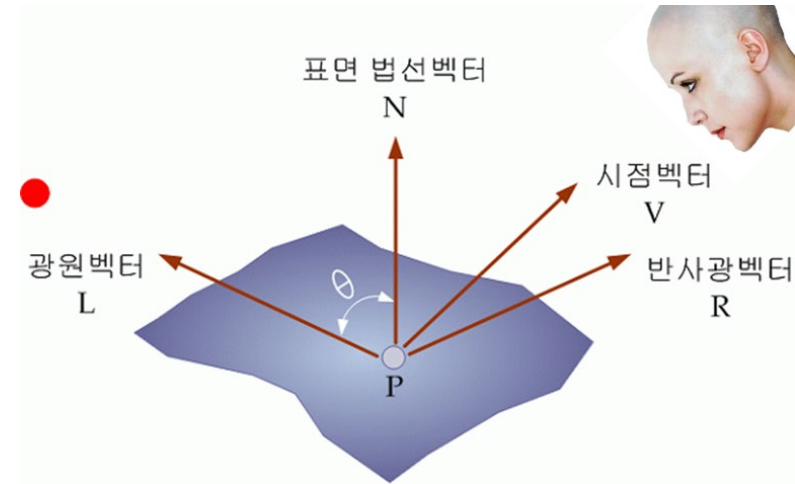
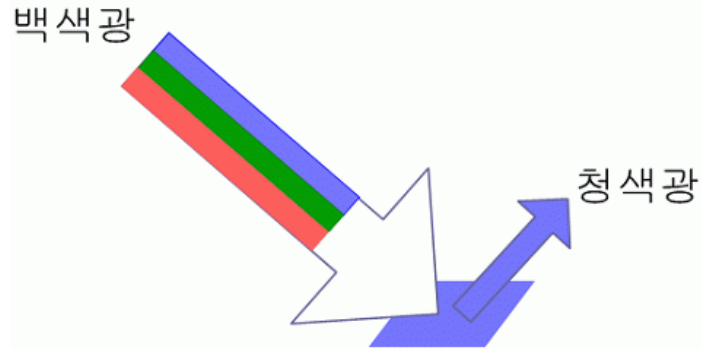
- 방향 광원 (Positional Light Source): 지향성 광원이라고도 하며 광원으로부터 나온 빛이 물체 면을 향하여 일정한 방향으로 진행되는 광원.
- 물체로부터 먼 거리에 있는 광원을 근사화시키기 위한 것.
- 물체와 광원과의 거리는 고려되지 않고, 빛이 비치는 방향과 물체면이 이루는 각만이 고려.

광원 (Light Source)



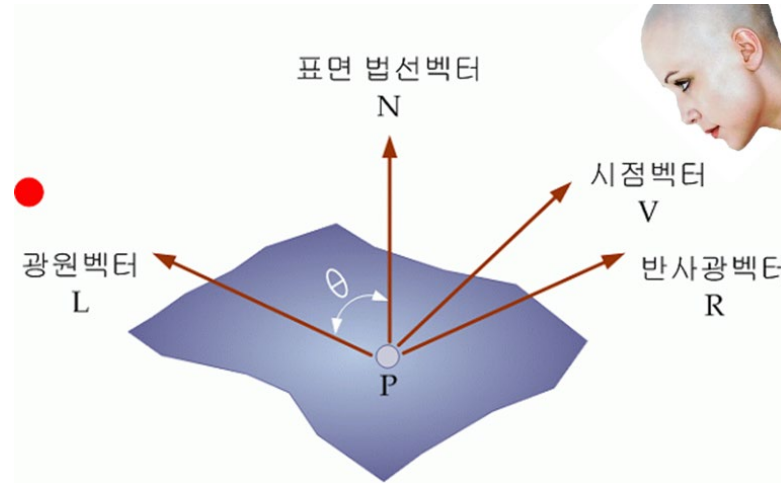
- 스포트라이트(Spot Light): 빛이 한 방향에서 비치면서 광원이 유한 거리에 존재하며 빛이 방사형으로 진행.
- 일정한 각 범위에서만 빛이 진행 방향이 제한.
- 무대 조명 효과를 표면하는 데 사용

지역조명모델



- 물체의 색: 광원에서 나온 빛이 물체면과 상호 작용한 결과가 반사되어 눈에 와 닿는 세기(Intensity) 또는 밝기(Brightness)에 의해 결정.
- 청색으로 보이는 물체는 청색만 반사되고 적색, 녹색 성분은 흡수되기 때문.
- 법선벡터(Surface Normal Vector): 어떤 점에서 표면에 수직인 벡터
- 광원벡터(Light Vector): 광원을 향한 벡터
- 시점 벡터(View Vector): 시점을 향한 벡터
- 입사각 (Incident Angle) θ : 광원벡터와 법선벡터가 이루는 각

지역조명 모델

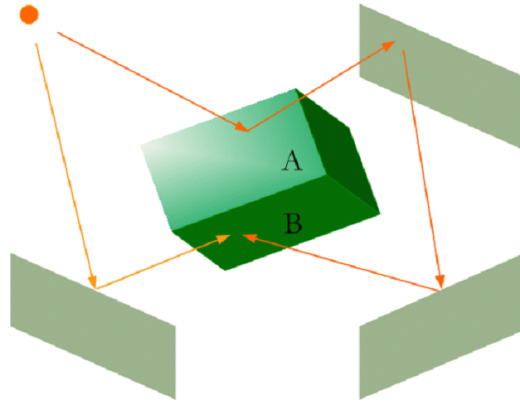


- 광원벡터 L과 법선벡터 N의 관계

$$N \cdot L = |N| |L| \cos\theta = (1)(1)\cos\theta = \cos\theta$$

- 조명 모델(Illumination Model): 광원, 물체면, 시점 등을 기준으로 어떤 빛의 성분들이 어느 정도 세기로 우리 눈에 도달할 것인지에 대한 방법론. 주변광, 확산광, 경면광을 통한 모델링이 일반적

주변반사



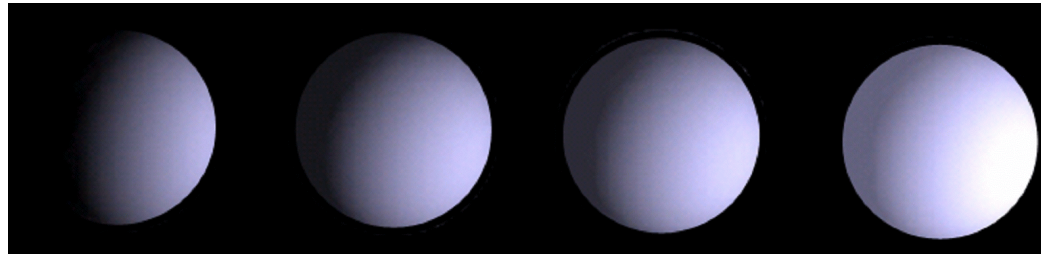
- 주변반사 (Ambient Reflection): 광원에 직접 노출되지 않는 면에 밝기를 부여하기 위한 반사 모델. 물체면 B는 광원에 직접 노출되지 않지만 주변의 다른 물체면으로부터 빛이 반사되어 B로 입사되어 약간의 밝기를 지님.
- 주변광 (Ambient Light): 주변반사에 의해 우리 눈으로 반사되는 빛. 주변광의 세기를 모델링하는 것이 복잡하기 때문에 모든 물체면에 대해 일정 크기로 밝기를 증가시키는 것으로 모델링함. 즉 입사되는 다양한 빛의 경로도 추저하지 않고 모든 면을 상수 크기로 밝힘. 이 상수의 크기는 광원의 밝기에 정비례한다고 간주.
- Ambient Reflection

$$\text{Ambient Reflection} = K_a I_a / D^2$$

주변반사

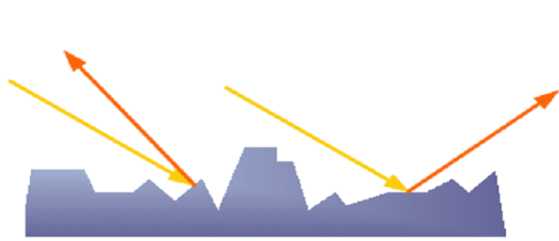


주변광만 부여. k_a 증가에 따라 폴리곤
의 모든 다각형이 동일한 크기로 증가.



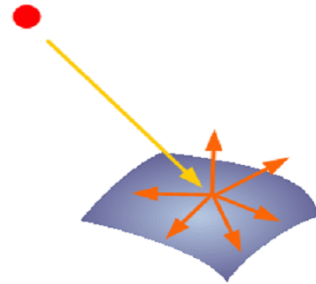
주변광+ 여타 반사광

확산반사

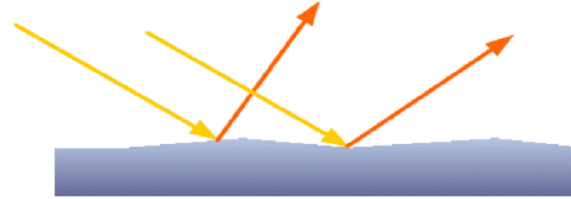


(a)

완벽 확산체

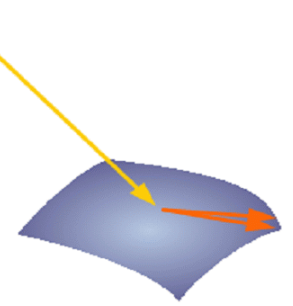


(b)



(a)

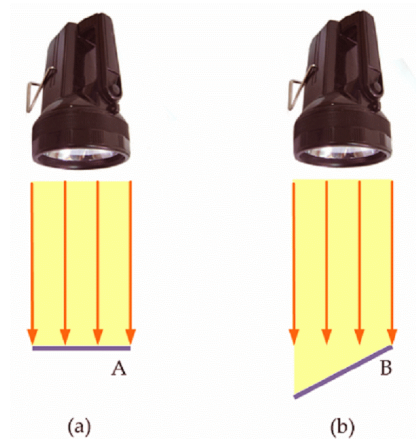
방향성 확산체



(b)

- 확산 반사 (Diffuse Reflection, Diffusive Reflection): 물체면과 광원과의 공간적인 관계에 따라 명암을 부여하기 위한 반사 모델.
- 확산 반사는 기본적으로 광원에서 나온 빛이 직접 물체면에 부딪쳐 여러 방향으로 확산되는 난반사에 해당.
- 완벽확산체(Perfect Diffuser, Ideal Diffuser) : (a)와 같이 매우 거친 면으로부터 반사되는 빛을 가정하며 (b)처럼 거의 모든 방향으로 확산
- 방향성 확산체(Directional Diffuser): 부드러운 표면을 가정하여 거의 일정한 방향으로 반사광이 향하는 것을 가정함.
- 일반적으로 지역 조명 모델에서는 그래픽 처리 단순화를 위해 완벽 확산체 가정.

확산 반사



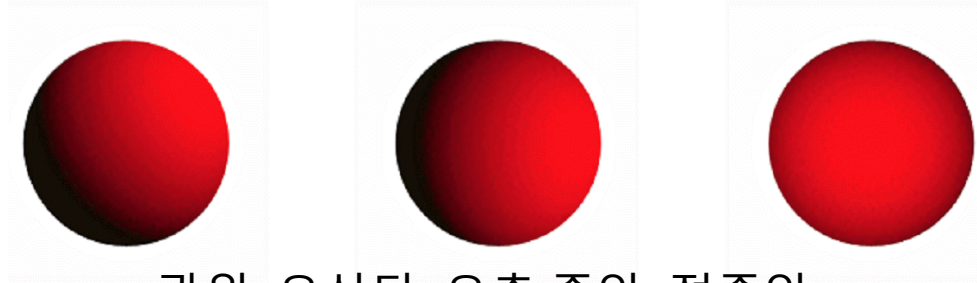
- 확산광의 세기는 물체면이 서 있는 방향에 따라 달라짐. (a)와 같이 높이 물체면 A는 빛에 수직이기 때문에 비스듬한 B보다 많은 빛을 반사.
- 람베르트 법칙(Lambertian Law): 면의 밝기는 광원 벡터와 법선 벡터가 이루는 각, 즉 입사각의 코사인에 정비례

$$\text{Diffusive Reflection} \propto \cos \theta$$

- 확산광의 세기는 광원의 세기에도 비례

$$\begin{aligned} \text{Diffusive Reflection} &= K_d I_d \cos \theta / D^2 \\ &= K_d I_d (N \cdot L) / D^2 \end{aligned}$$

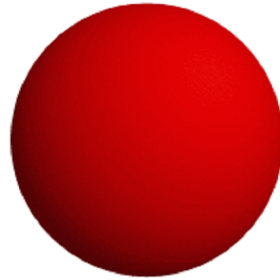
확산 반사



광원: 이상단, 우측 중앙, 정중앙

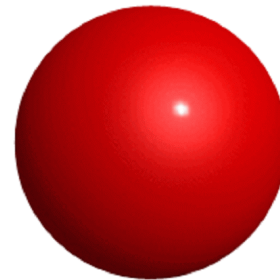
- 면이 서 있는 방향에 따라 차등적 밝기
 - 입체감 부여
 - cf. 주변광

경면 반사



(a)

확산 반사

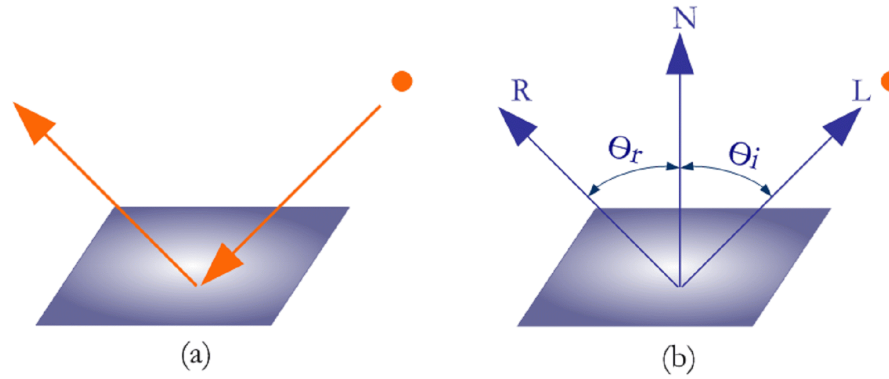


(b)

확산 반사+경면 반사

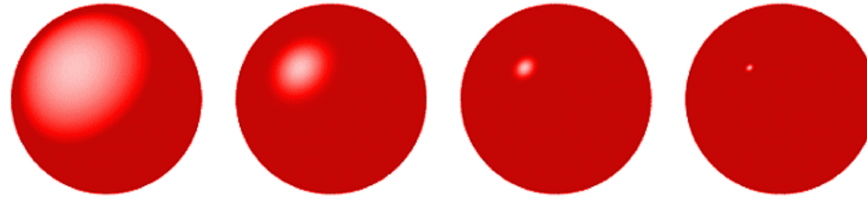
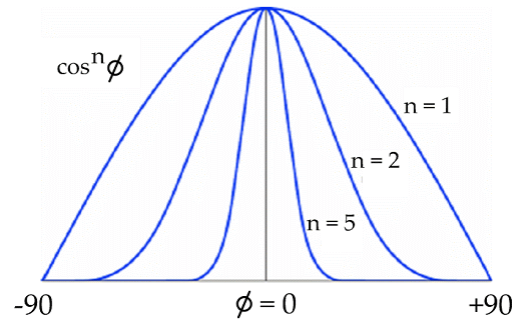
- 경면반사 (Specular Reflection): 특정한 방향에서 바라볼 때 거울면처럼 반사되는 반사모델. 경면광에 의해 물체면에 형성된 반짝이는 이미지를 하이라이트(highlight)라고 함.
- 경면광에 의한 물체면의 색은 물체 자체의 색이 아니라 광원에서 나오는 빛의 색
- (b)의 하이라이트 색이 물체색인 적색이 아니라 광원의 색인 백색

경면 반사



- 경면반사는 빛의 정반사에 의한 것.
- (a)와 같이 법선 벡터를 중심으로 입사광과 반사광이 정확히 대칭으로 진행.
- 법선 벡터 N 이 광원 벡터 L 과 이루는 각을 입사각(Incident Angle) θ_i 라 하고, N 이 경면 반사광 R 과 이루는 각을 반사각(Reflection Angle) θ_r 이라 하면 $\theta_i = \theta_r$.
- 완벽한 경면에서 반사광 R 은 광원 벡터 L , 수직벡터 N 과 동일한 평면에 존재.

경면 반사



- Phong 반사 모델 (Phong Reflection Model): 반사광 R 과 시점벡터 V 가 이루는 각을 ϕ 라고 할 때 시점으로 들어오는 경면 반사의 양을 $\cos \phi$ 으로 간주.
- Phong 반사 모델에서는 $\cos \phi$ 에 가해지는 승수 n 에 의해 물체면의 매끄러운 정도를 반영. n 을 광택 계수(Shininess Coefficient)
- 경면광의 세기

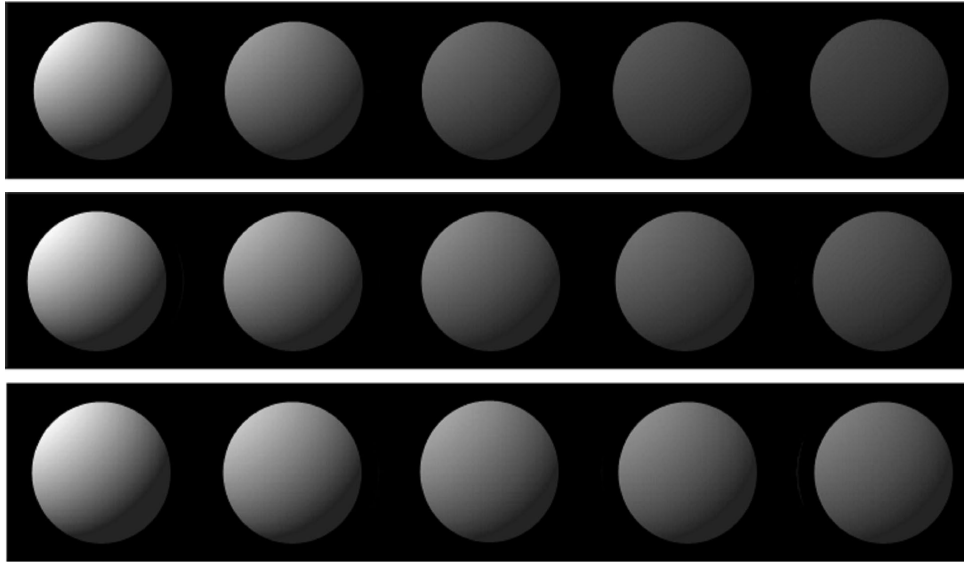
$$\text{Specular Reflection} = K_S I_S (\cos \phi)^n / D^2$$

$$= K_S I_S (R \cdot V)^n / D^2$$

K_S : 경면 계수 (Reflective Coefficient)

I_S : 광원의 경면광 세기

반사광의 합성



$a=b=0, c=1$

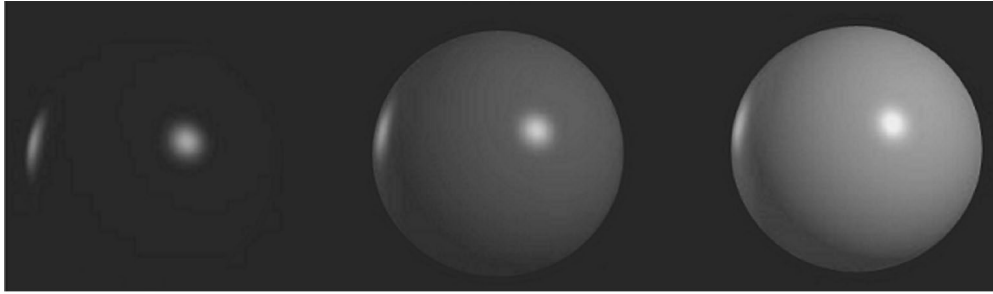
$a=b=.25, c=.5$

$a=c=0, b=1$

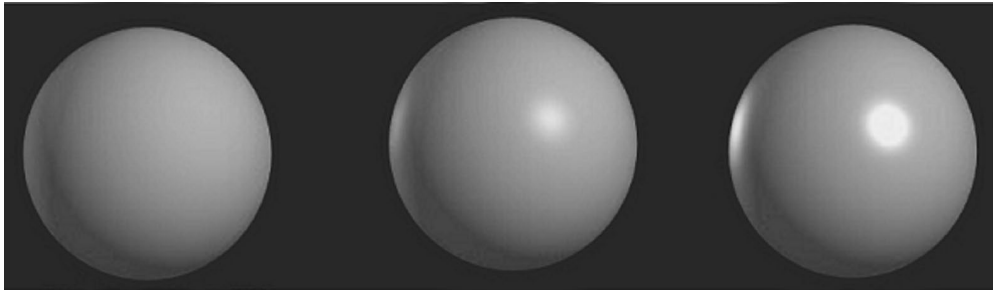
- GL에서 거리에 따른 빛의 세기

$$f_{attenuation} = \frac{1}{a + bD + cD^2}$$

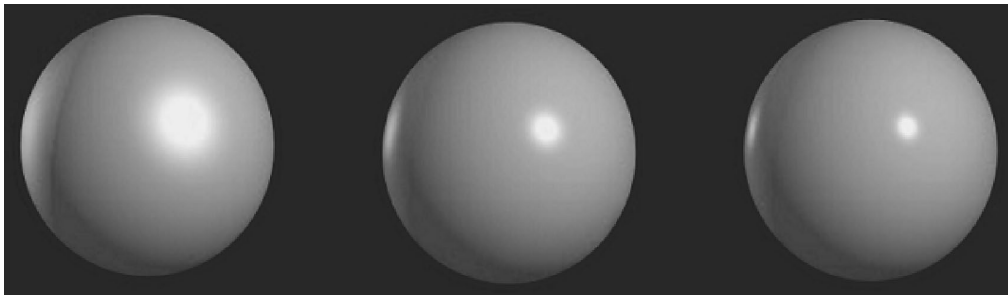
반사광의 합성



확산계수 0.01, 0.3, 0.7

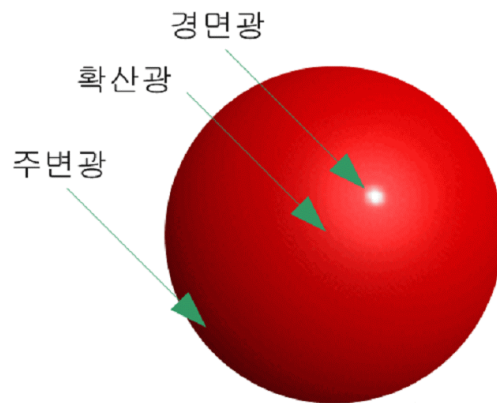


경면계수 0.0, 0.4, 0.8



광택 계수 5, 40, 100

반사광의 합성



- 지역반사모델: 주변 반사+ 확산 반사+경면 반사

$$I = \text{Ambient Reflection} + \text{Diffuse Reflection} + \text{Specular Reflection}$$

$$= \frac{1}{a + bD + cD^2} (K_a I_a + K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (R \cdot V)^n)$$

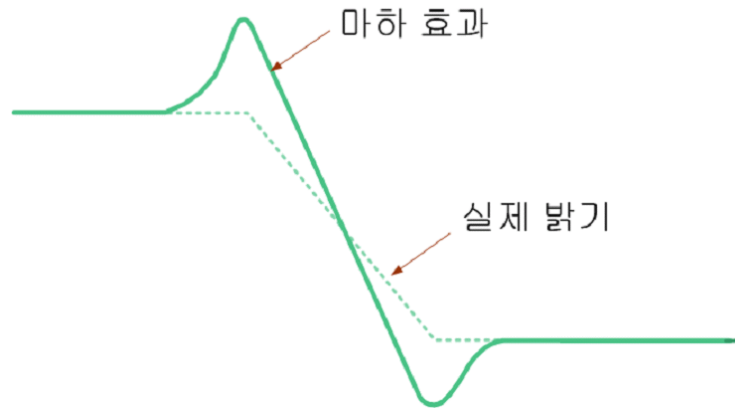
음영

- 음영(Shading): 계산된 정점의 색상으로부터 다각형 내부의 색을 칠하는 작업. 표면 렌더링(Surface Rendering)이라고도 함.
- 플랫 셰이딩(Flat Shading)
 - 주어진 하나의 다각형 전체를 동일한 색으로 칠함. 빠르고 간단
 - 상수 셰이딩(Constant Shading), 깎은 면 셰이딩(Facet Shading)
 - 다각형을 구성하는 다각형 정점의 위치를 평균하여 중심점(Centroid)를 구함. 중심점에서의 법선벡터, 광원벡터, 시점벡터를 기준으로 조명모델이 가해지며 그 결과 색이 면 내부를 모두 채움.

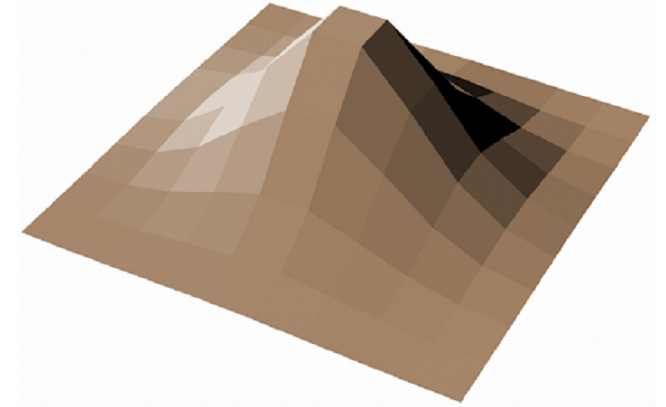
플랫 셰이딩



마하밴드 효과



인식된 밝기

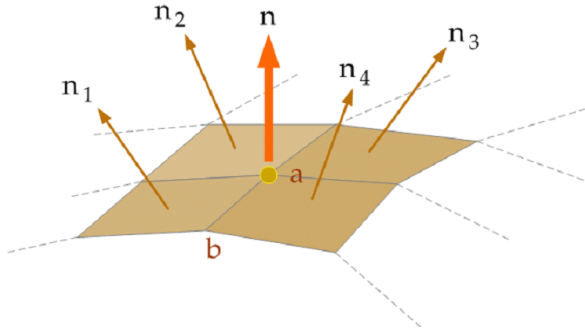


마하밴드

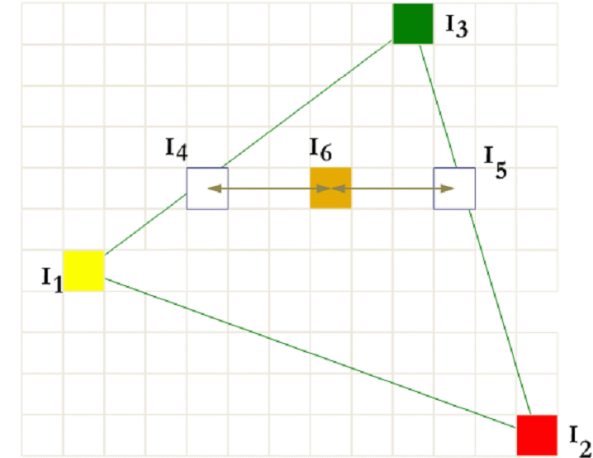
- 플랫셰이딩의 문제점

- 다각형 사이의 경계면이 필요 이상으로 뚜렷하게 보임-> 마하밴드 효과 (Mach Band Effect)
- 두 개의 면이 만나는 경계선 부근에서 어두운 면은 더욱 어두워지고 밝은 면은 더욱 밝게 보이는 착시효과

구로(Gouraud Shading) 셰이딩



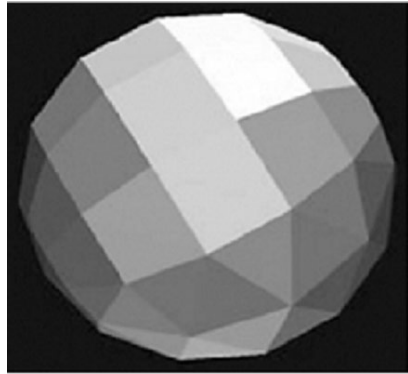
$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{|n_1 + n_2 + n_3 + n_4|}$$



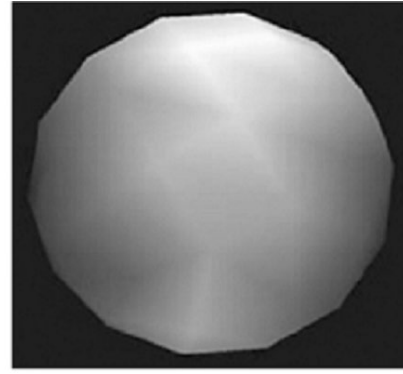
- 다각형 내부를 서로 다른 색으로 채우는 방법
- 정점의 색을 보간
 - 정점의 법선벡터를 요함. 인접면의 법선벡터를 평균하여 구함
 - 정점의 색으로부터 내부면의 색을 선형보간
- 경면광을 감안하지 않음: 실제적인 정점의 법선벡터와 근사적으로 계산된 법선벡터가 완전히 일치하지 않기 때문

구로(Gouraud Shading) 셰이딩

- 플랫 셰이딩보다는 부드러움
 - 마하 밴드 효과는 그대로 남아있음.

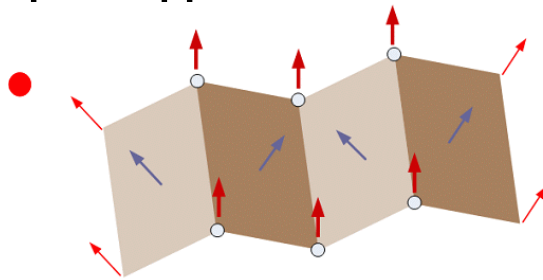


(a)

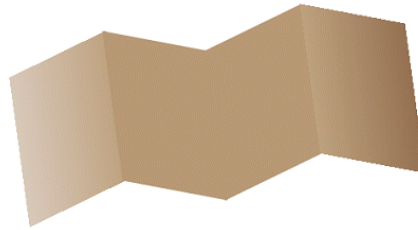


(b)

- 경우에 따라서 오류

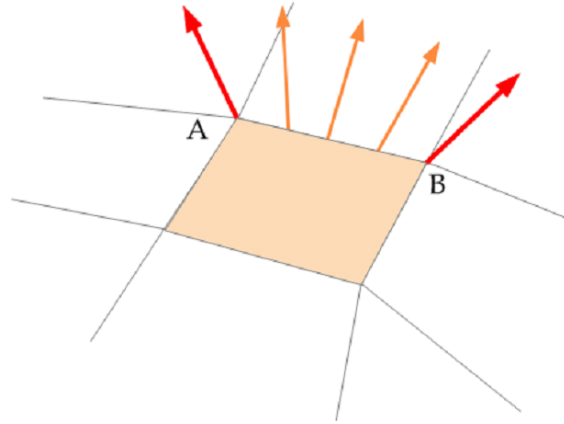
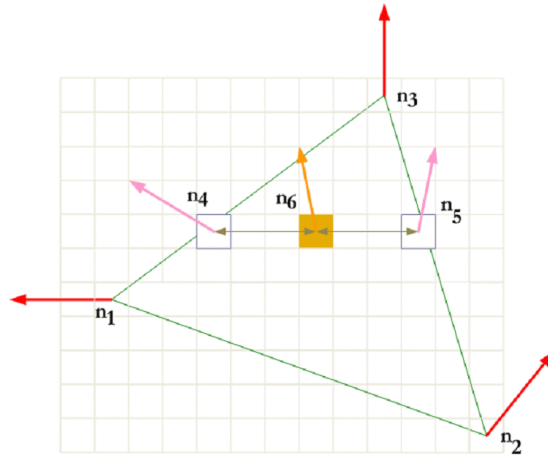


(a)



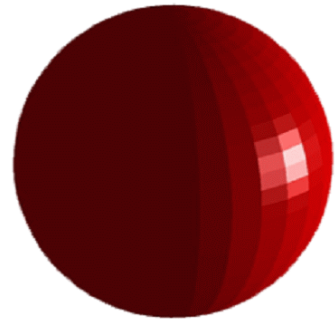
(b)

푹(Phong) 셰이딩

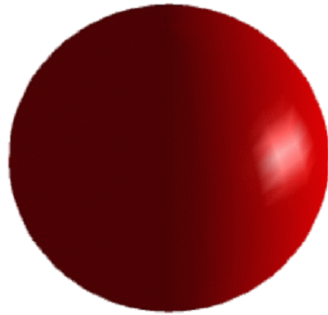


- 정점의 반사광 세기를 보간하는 구로 셰이딩과 달리 푹(Bui-Tong Phong)에 의해 제안된 푹 셰이딩(Phong Shading)은 정점의 법선 벡터를 보간.
- 일반적으로 구로셰이딩보다 사실적
- 경면광을 부여할 수 있음

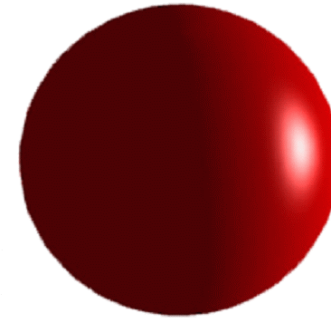
퐁 셰이딩



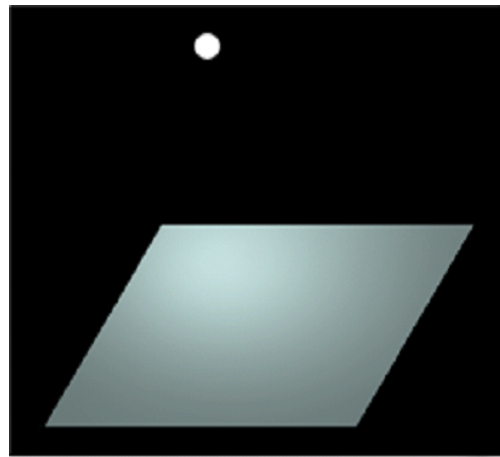
Flat



Gouraud

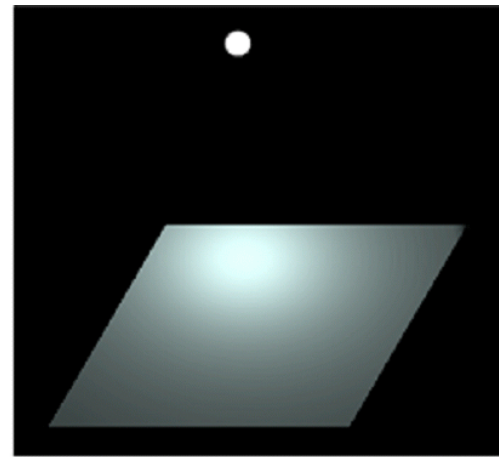


Phong



(a)

Gouraud



(b)

Phong