

컴퓨터 그래픽스

8. 조명 모델

2020년 2학기

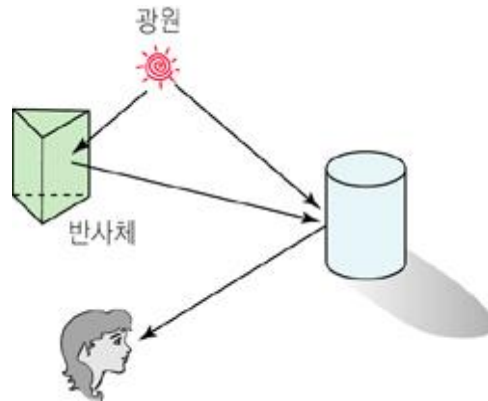
학습 내용

- 조명 모델
 - Phong 조명 모델
- 다각형 셰이딩
 - 균일 셰이딩
 - Gouraud 셰이딩
 - Phong 셰이딩
 - 레이 트레이싱

조명 모델

• 조명 모델, 밝기 모델 (Lighting Model)

- 조명 모델: 한 점에서의 명암과 색상을 정하는 광학적 모델
- 실 세계에서 물체를 보려면
 - 광원(조명의 원천): 주변 조명, 점광원
 - 반사체: 빛을 반사하는 물체
- 물체 표면에서는
 - 흡수 (Absorption)
 - 반사 (Reflection): 객체 표면이 성질의 재질에 따라 산란반사, 거울반사 현상
 - 굴절(Refraction) 또는 투과 (Transmission) 투명한 물체
- 물체의 색: 광원, 물체, 관찰자 위치에 의해 결정된다.



조명 모델

- 조명의 종류

- 주변 조명, 배경 조명 (Ambient light, Background light)

- 물체가 놓인 위치에 상관 없이 모든 물체에 균일하게 비추어지는 조명

- 점 광원 (Point Light Source)

- 위치와 방향을 가진 광원, 산란반사와 거울반사를 동시에 발생
 - 점광원에 노출되어 있는 객체 → 어떤 면은 밝게 보이고 어떤 면은 어둡게 보인다. → 입체감을 준다.
 - 빛이 반사될 표면과의 거리의 제곱에 비례하여 밝기 감소
 - 점광원 종류: 태양, 전구, 플래시 라이트, 형광등 등...
 - 점광원에 의해 발생하는 반사
 - 산란반사 (Diffuse Reflection)
 - » 반사된 빛을 모든 방향으로 고르게 산란
 - » 관측자의 위치에 무관
 - » 물체의 표면이 점광원을 향하고 있는 방향과 점광원까지의 거리에 의해서만 영향을 받는다.
 - 거울반사 (Specular Reflection)
 - » 한 방향으로 많은 빛을 반사
 - » 관찰자의 눈이 반사 방향과 일치하게 되면 빛이 많이 반사된 부분은 매우 밝게 보인다. (하이라이트)
 - 그림자 (Shadow)

조명 모델

- **표면의 성질**

- 물체 표면의 반사량:

- 광원의 밝기와 위치, 물체 표면이 놓인 방향에 영향을 받는다.
 - 표면의 고유 색상과 재질, 광택의 정도(Shining or Dull) 에 따라서도 결정된다.
 - 물체 표면의 투명도 및 빛의 반사도 같은 표면의 성질도 반사되는 빛에 영향을 준다.

- **따라서 3차원 객체의 밝기나 색상은**

- 광원에 대한 정보, 객체 표면의 재질과 특성으로 결정

- 광원에 대한 데이터:

- 주변조명의 밝기, 산란반사와 거울반사를 만드는 점광원의 밝기

- 객체 표면의 재질과 특성:

- 주변조명과 산란반사의 반사계수, 거울반사를 일으키는 표면 물질의 특성 및 광택의 정도

산란 반사 (Diffuse Reflection)

- 산란반사

- 산란반사의 특징:

- 물체가 놓인 위치에 상관없이 모든 물체에 균일하게 비추어지는 조명

- 산란 반사는

- 주변 조명: 물체가 놓인 위치에 관계없이 적용
 - 점광원: 표면에서 점광원까지의 거리와 빛의 투사각에 의해 결정

- 총 산란 반사량 = (주변조명에 의한 산란반사량) + (점광원에 의한 산란반사량)

산란 반사 (Diffuse Reflection)

- 주변 조명에 의한 산란 반사

- 물체가 놓인 위치에 상관없이 모든 물체에 균일하게 비추어지는 조명

- $I = K_a I_a$, $0 < K_a < 1$

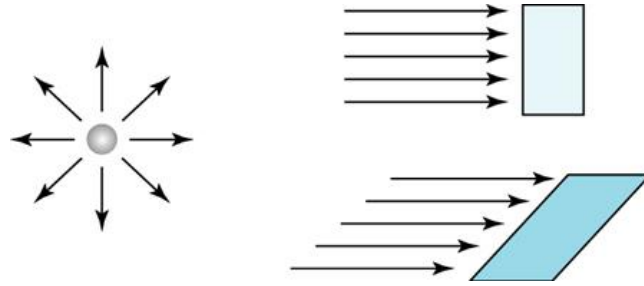
- I_a : 주변 조명의 밝기

- K_a : 주변조명 반사계수, 물체의 표면이 입사된 빛을 반사하는 정도, 표면을 이루는 고유 물질에 따라 다르다

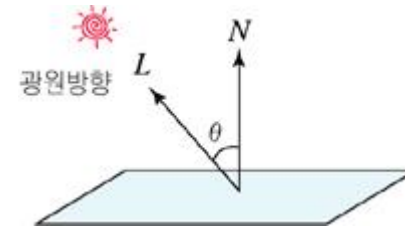
산란 반사 (Diffuse Reflection)

• 점광원에 의한 산란반사

- 표면에서 점광원까지의 거리와 빛의 투사각에 영향을 받는다



- 물체의 표면이 광원을 향하여 정면으로 향하고 있을 때 가장 많은 빛을 받게 되고, 비스듬하게 놓인 경우에는 상대적으로 적은 양의 빛을 받게 된다.
- 램버트의 코사인 법칙:
 - 표면이 받는 빛의 양은 $\cos\theta$ 에 비례한다.
 - $\cos\theta = \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}$
 - » N: 표면의 법선벡터 (단위벡터)
 - » L: 광원의 방향벡터 (단위벡터)



산란 반사 (Diffuse Reflection)

– 점광원에 의한 산란반사량: I

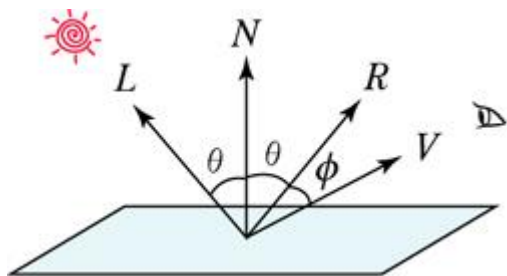
$$\bullet I = \frac{K_d I_p}{d+d_0} \cos\theta = \frac{K_d I_p}{d+d_0} (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L})$$

- I_p : 광원의 밝기
- K_d : 표면의 산란반사 계수
- d : 표면에서 광원까지의 거리
- d_0 : 일정값을 가지는 상수
- \mathbf{N} : 표면의 법선 벡터
- \mathbf{L} : 광원의 방향 벡터
- θ : \mathbf{N} 가 \mathbf{L} 사이의 각도

거울 반사 (Specular Reflection)

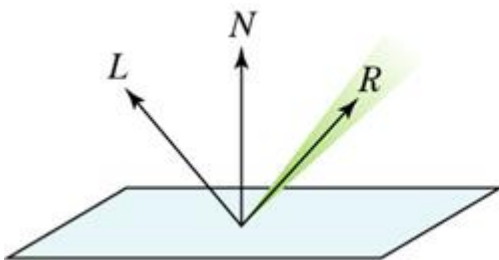
• 거울반사

- 점광원에 의해 발생하는 현상
- 빛이 광택이 나는 표면에 입사될 때 관찰자가 빛의 입사각과 거의 같은 반사각 부근에 위치할 경우, 입사된 빛의 전부를 인식

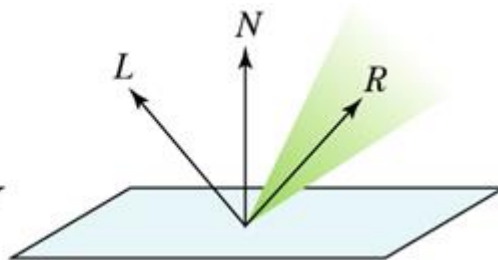


- L : 빛의 입사 방향
- R : 빛의 반사 방향
- V : 관찰자 위치
- ϕ : V 와 R 사이의 각도, ϕ 가 0도에 가까울수록 거울반사량이 증가,

- 반짝이는 표면일수록 거울반사가 일어날 수 있는 반사의 범위가 좁다



반짝거리는 표면의 반사 범위



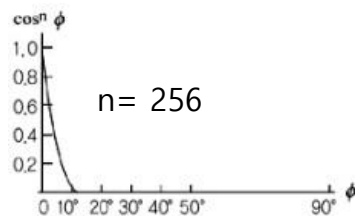
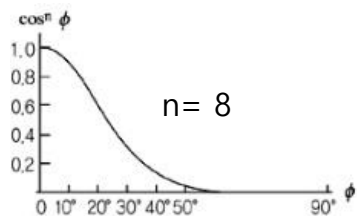
반짝거리지 않는 표면의 반사 범위

거울 반사 (Specular Reflection)

- 점광원에 의한 거울 반사 (Phong의 거울 반사)

- $$I = \frac{I_p}{d+d_0} K_s \cos^n \Phi = \frac{I_p}{d+d_0} K_s (V \cdot R)^n$$

- I_p : 광원의 밝기
 - d : 광원에서 표면까지의 거리
 - K_s : 거울반사 계수
 - 반짝이는 물질일수록 거울반사 계수의 값이 크다
 - V : 관찰자의 위치
 - R : 빛의 반사 방향
 - Φ : V 와 R 사이의 각도
 - n : 표면의 광택 정도에 따라 정해지는 값
 - 광택이 많이 있는 표면: n 의 값이 크다
 - 광택이 전혀 없는 표면: n 의 값이 적다
 - $\cos^n \Phi$ 은 0과 1 사이의 값을 가지므로 n 의 값이 클 경우 $\cos^n \Phi$ 의 값은 급격히 줄어들게 된다.

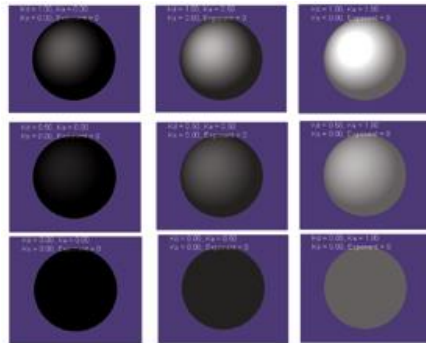


거울 반사 (Specular Reflection)

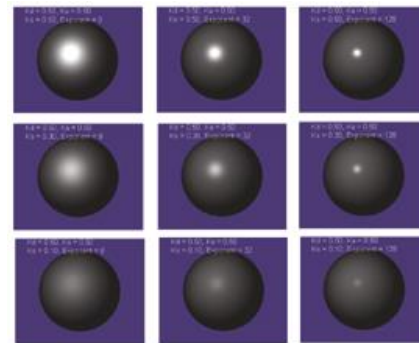
- Phong의 조명 모델

- 주변 조명과 점광원에 의한 산란반사와 거울 반사를 모두 합하면, 표면의 한 점에서의 총 밝기는

- $$I = K_a I_a + \frac{I_p}{d+d_0} [K_d (N \cdot L) + K_s (V \cdot R)^n]$$



산란반사



산란반사 + 거울반사

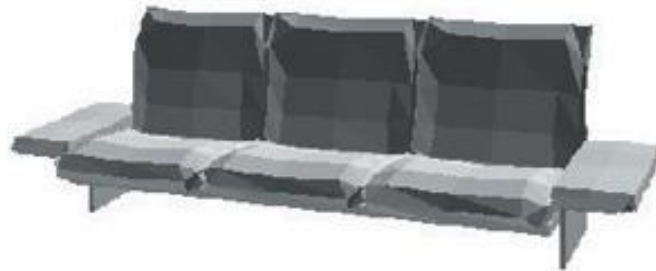
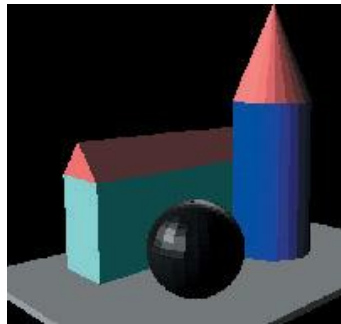
다각형 셰이딩 기법

- **다각형 셰이딩**

- 3차원 객체의 표면을 처리할 때 조명의 위치와 물체의 방향, 색 밝기에 따라 객체에 음영을 주는 것

- **균일 셰이딩 (Constant Shading, Flat Shading)**

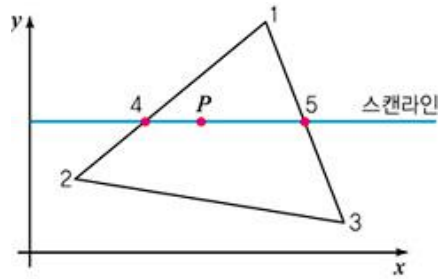
- 3차원 객체의 한 면을 일정한 색상이나 명암으로 표현
- 객체 자체가 다면체인 경우는 대체적으로 비교적 양호함
- 계산이 간단하지만 현실감이 떨어짐
 - 폴리곤의 경계에서 계단 효과



다각형 셰이딩 기법

- Gouraud 셰이딩

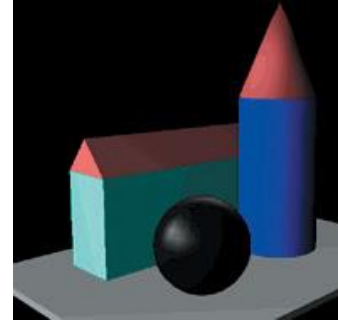
- 각 꼭지점의 밝기 값의 선형 보간
- Flat shading에서의 intensity discontinuity를 제거함
- 다각형의 정점에서의 명암/밝기 계산 → Linear interpolation



$$I_4 = ((y_4 - y_2) / (y_1 - y_2)) * I_1 + ((y_1 - y_4) / (y_1 - y_2)) * I_2$$

$$I_p = ((x_5 - x_p) / (x_5 - x_4)) * I_4 + ((x_p - x_4) / (x_5 - x_4)) * I_5$$

x: 각 점의 x 좌표, y: 각 점의 y 좌표



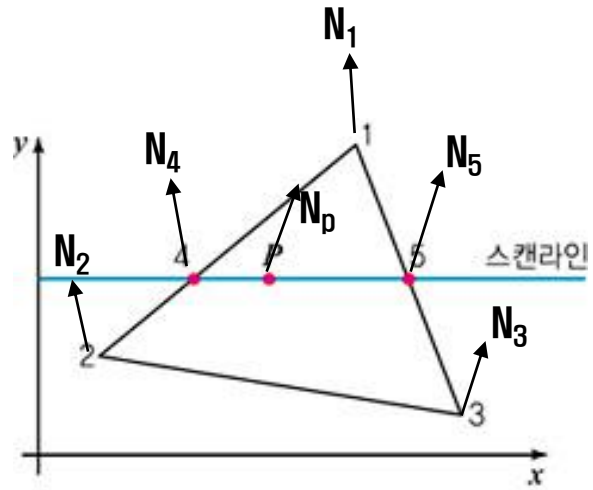
- 어떤 경우 Highlight가 변칙적인 모양으로 나타나는 경우가 있다.
 - Mach Band 효과



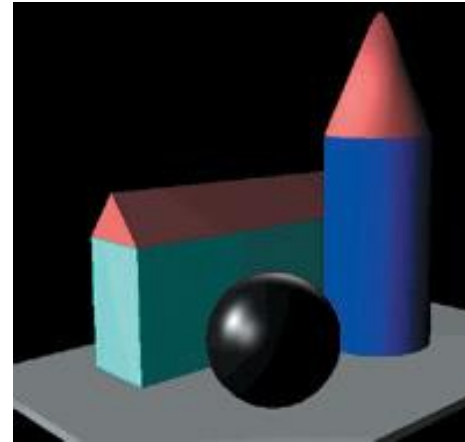
다각형 셰이딩 기법

- Phong Shading

- 법선 벡터의 선형 보간
- 거울반사(Highlight)가 실감나게 보인다 (Mach Band 효과를 크게 줄임).
- 계산시간이 오래 걸림(각 점에서 법선 벡터의 근사치를 이용하여 명암/밝기를 계산)

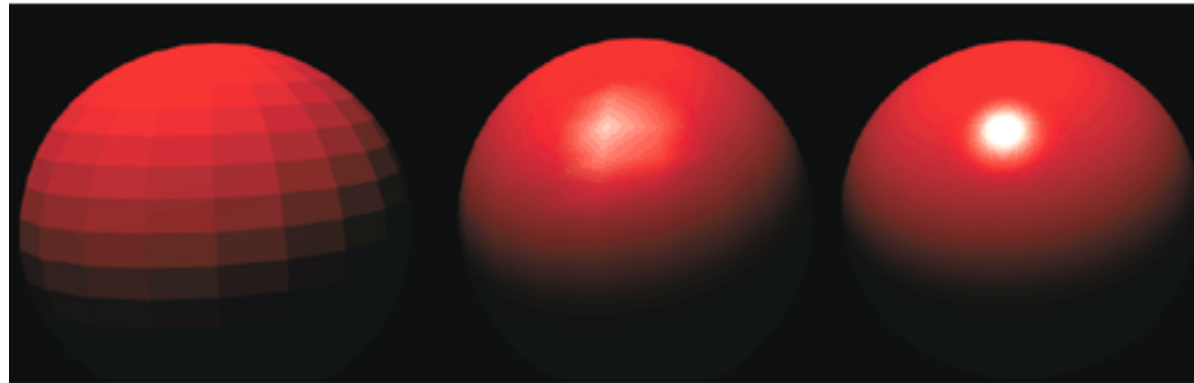


$$N_4 = \{(y_4 - y_2) / (y_1 - y_2)\} * N_1 + \{(y_1 - y_4) / (y_1 - y_2)\} * N_2$$
$$N_p = \{(x_5 - x_p) / (x_5 - x_4)\} * N_4 + \{(x_p - x_4) / (x_5 - x_4)\} * N_5$$



쉐이딩 예제

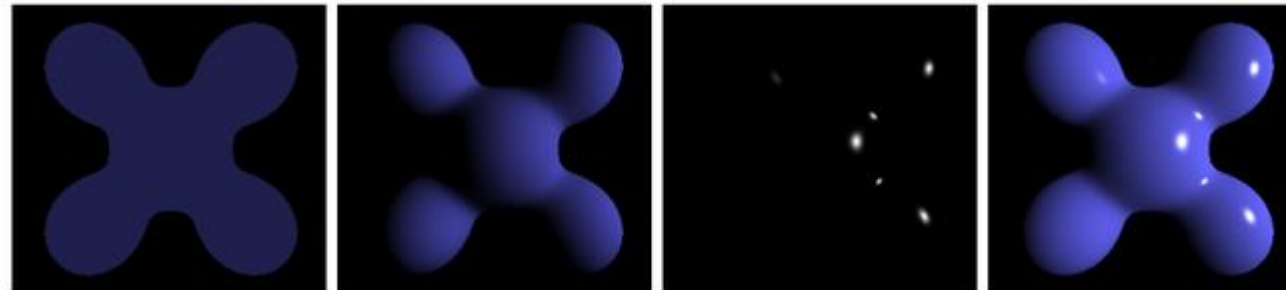
From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 2001 Intergraph Computer Systems



Flat

Gouraud

Phong



Ambient

+

Diffuse

+

Specular

=

Phong Reflection

광선 추적법

• 광선 추적법 (Ray Tracing)

- 광원에서 나온 빛이 물체에 투사되면 일부는 반사되고 일부는 굴절된다.
- 반사된 빛은 다시 물체를 만나 반사, 굴절 과정을 거친다.
- 이러한 과정을 통해 투영면의 각 픽셀 위치에 도달하는 모든 빛이 합해져서 최종적인 빛의 밝기를 결정한다.
 - 주변 조명, 산란반사, 거울반사, 반사광, 굴절광 등을 합해서 결정
 - $I = I_{\text{amb}} + I_{\text{diff}} + I_{\text{spec}} + I_{\text{refl}} + I_{\text{refr}}$
- 은면 제거와 그림자 생성 등을 동시에 처리
- 광선추적법은 매우 우수하고 현실감 있는 결과를 얻지만 많은 계산 시간이 요구된다.

