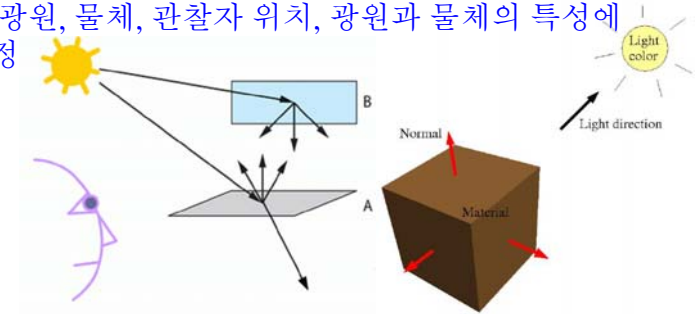


Lighting

321190
2007년 봄학기
5/11/2007
박경신

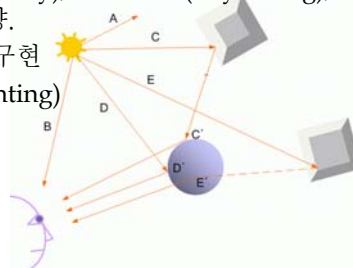
Lighting

- 광원 (Lighting source)에서 출발
- 물체 표면에서
 - 흡수 (Absorption)
 - 반사 (Reflection)
 - 투과 (Transmission) 또는 굴절 (Refraction)
- 물체를 본다는 것은 우리 눈으로 입사하는 빛에 의함
- 물체색: 광원, 물체, 관찰자 위치, 광원과 물체의 특성에 의해 결정



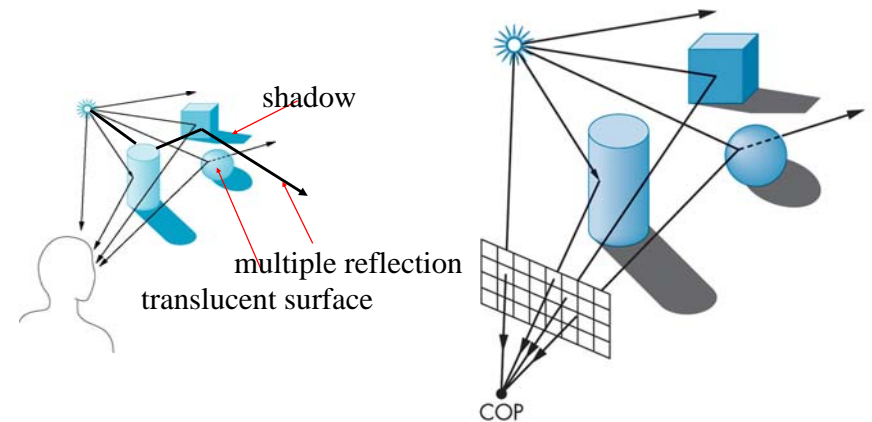
Lighting Model

- 직접 조명 모델 (Direct Illumination Model)
 - 물체 표면의 점들이 장면 내의 모든 광원 들로부터 직접적으로 받는 빛을 다루는 조명모델
 - 계산량이 적기 때문에 주로 전통적인 실시간 렌더링 기법에 사용됨
 - Phong reflection model
- 전역 조명 모델 (Global Illumination Model)
 - 다른 물체에서 반사되어 입사되는 빛까지 고려한 조명모델
 - 전역 조명 기법은 라디오시티 (Radiosity), 광선추적 (Raytracing), 포톤 맵핑 (Photon mapping) 등 다양.
 - 최근 실시간 GPU 프로그래밍으로 구현 가능한 반구 조명 (Hemisphere Lighting)



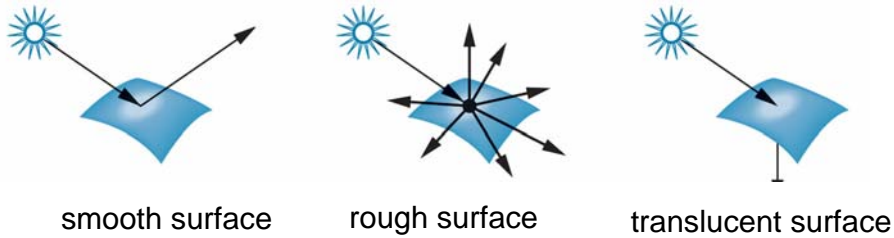
Lighting Model

- 물리학에 기반을 둔 렌더링 방정식 - 매우 복잡함.



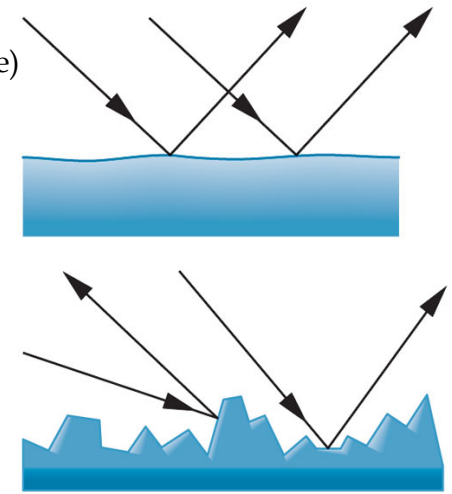
Light-Material Interactions

- 정반사면 (Specular surface)
 - Smooth surface에서는 반사광의 대부분이 반사각에 가까운 좁은 범위로 산란되기 때문에 반짝임. 거울은 완전 정반사면임.
- 난반사면 (Diffuse surface)
 - Rough surface에서는 반사광이 모든 방향으로 산란되는 특징을 가짐
- 반투명면 (Translucent surface)
 - Translucent surface에서는 일부의 빛이 표면을 관통하여 객체의 다른 위치로 나옴. 굴절 (refraction) 과정은 유리나 물과 같은 특성을 가짐.



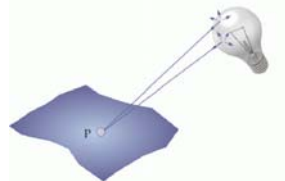
Light-Material Interactions

- 완전 정반사면 (Perfectly Specular surface) = very smooth surface
- 완전 난반사면 (Perfectly Diffuse surface) = very rough surface



Light Source

- 면적광원 (Area Light Source)
 - 옴니라이트 (Omni Light), 빛이 모든 (Omni) 방향으로 방사형 (Radial Direction)으로 진행



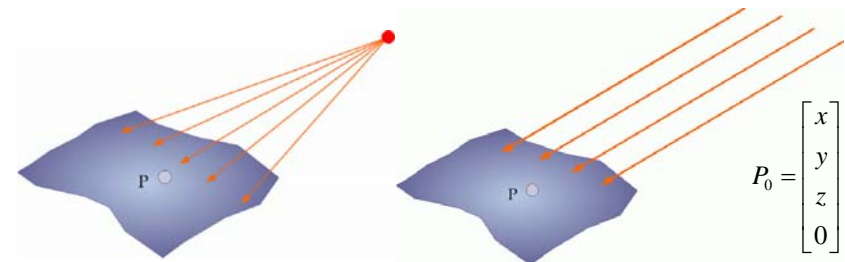
- 점광원 (Point Light Source)
 - 한 점을 중심으로 주변으로 퍼져나가는 빛
 - 빛이 반사될 표면과의 거리의 제곱에 비례하여 밝기가 감쇠

$$I(P) \propto \frac{I(P_0)}{|P - P_0|^2}$$

$$P_0 = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Light Source

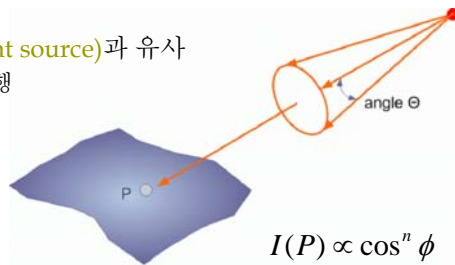
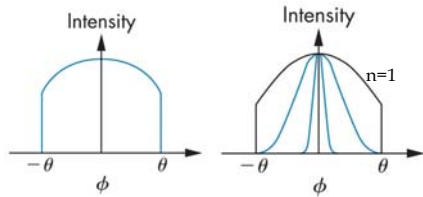
- 위치성 광원 (Positional Light Source)
 - 옴니라이트 (Omni Light), 빛이 모든 (Omni) 방향으로 방사형 (Radial Direction)으로 진행
 - 광원의 위치가 중시됨. 근거리 광원
- 방향성 광원 (Directional Light Source)
 - 빛이 물체면을 향하여 일정한 방향으로 진행
 - 거리에 상관없이 빛의 방향이 중시됨. 원거리 광원. 평행광원.



Light Source

□ 점적광원 (Spot Light Source)

- 점광원의 특수한 형태로 원뿔과 같이 일정한 범위로 빛을 발하는 광원. 집중광원.
- 광원의 위치, 빛을 발하는 중심 방향과 범위의 설정이 필요함
- 만약 $\theta=180$ 도이면 점광원 (Point light source)이 됨
- 위치성 광원 (Positional light source)과 유사
 - 빛이 방사형으로 진행
 - 광원이 유한 거리에 존재
- 방향성 광원 (Directional light source)과 유사
 - 하나의 방향을 향해서만 진행



Lighting Model

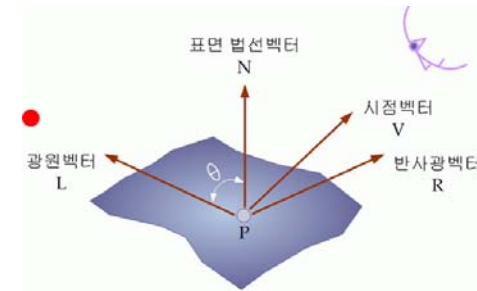
□ Phong Reflection Model

- 주변광반사 (ambient reflection), 난반사 (diffuse reflection), 정반사 (specular reflection) 광-재질 상호작용을 지원함.

□ 조명관련 벡터

- 입사각: 광원벡터(L)와 법선벡터(N)가 이루는 각

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

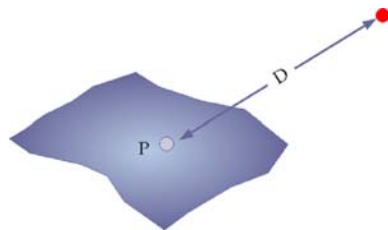


Ambient Reflection

- 광원에 직접 노출되지 않는 면에 밝기를 부여
- 모든 빛의 경로를 추적하기 어려움
 - 면마다 상수 크기의 밝기를 추가
 - 전역 조명모델 효과를 근사적으로 부여

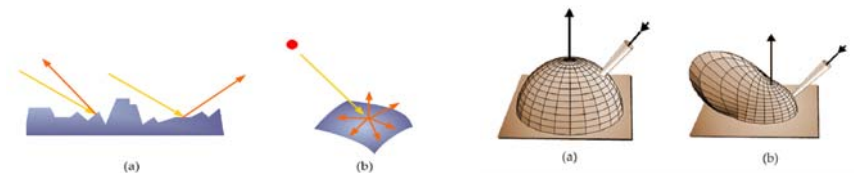
$$\text{Ambient Reflection} = K_a I_a$$

I_a : 광원의 주변광 세기
 K_a : 주변광 계수



Diffuse Reflection

- 난반사에 해당
- 완벽 확산체 (perfect diffuser)와 방향성 확산체 (directional diffuser)
 - 방향성 확산체
 - 확산 방향에 시점이 있다면 물체가 더욱 밝게 보여야 함.
 - 완벽 확산체
 - 지역조명 모델의 그래픽 처리를 단순화하기 위해서 완벽 확산체를 가정



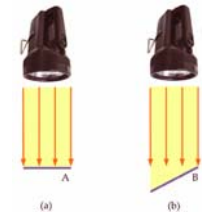
Diffuse Reflection

□ 물체면이 서 있는 방향에 따라 다름

■ 램버트 법칙(Lambertian Law)

□ 입사각: 광원벡터, 법선벡터 사이각

□ 면의 밝기는 입사각의 코사인에 정비례



I_d : 광원의 확산광 세기

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

K_d : 확산광 계수

$$\text{Diffuse Reflection} = K_d I_d \cos \theta = K_d I_d (N \cdot L)$$

Light vector
Surface normal vector

□ 면이 서 있는 방향에 따라 차등적 밝기

■ 입체감 부여

■ 주변광



Specular Reflection

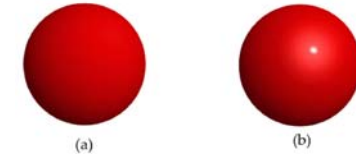
□ 반질반질한 표면에서 반사되는 빛

■ 정반사(specular reflection)에 의함

■ 물체의 색이 아니라 광원의 색

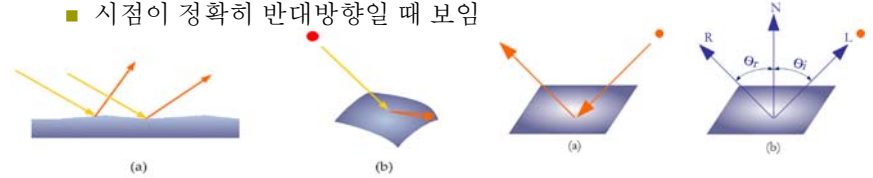
■ 주변광, 확산광: 광원의 색이 물체의 색과 상호작용

□ 예: 확산, 확산+경면



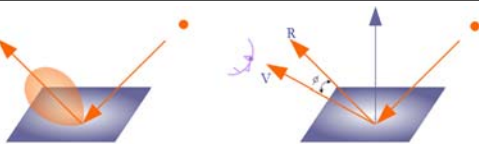
□ 기본적으로 입사각과 반사각이 동일

■ 시점이 정확히 반대방향일 때 보임



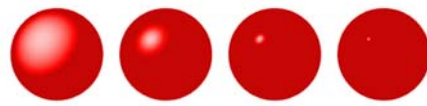
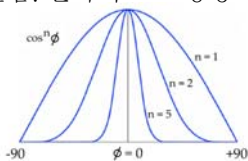
Specular Reflection

□ 실제적으로는 Lobe 모습



□ 풍 반사모델

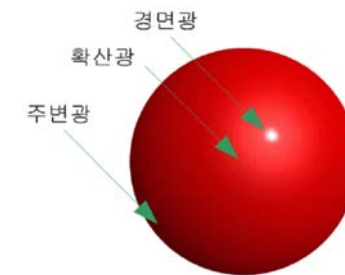
■ 광택계수 (shininess coefficient)를 통하여 시점 방향이 정반사 방향에서 벗어남에 따라 반사되는 빛의 세기가 약해지는 속도를 조절함. 결과적으로 생성되는 하이라이트 크기를 결정.



$$\text{Specular Reflection} = K_s I_s (\cos \phi)^n = K_s I_s (R \cdot V)^n$$

Shininess
View vector
Reflection vector

Direct Illumination Model



$$I = K_a I_a + K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (R \cdot V)^n$$

Ambient reflection Diffuse reflection Specular reflection

Angle of Reflection

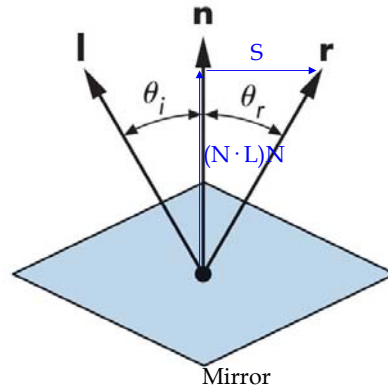
- 입사각 (angle of incidence)은 법선과 광원 사이의 각도
- 반사각 (angle of reflection)은 법선과 빛이 반사되는 방향 사이의 각도

$$\theta_i = \theta_r$$

$$R = (N \cdot L)N + S$$

$$S = (N \cdot L)N - L$$

$$\Rightarrow R = 2(L \cdot N)N - L$$



Projecting L onto $N = (L \cdot N)N$ when $\|N\|=1$

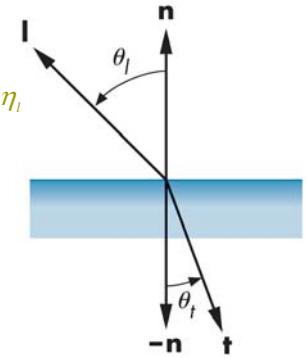
Indices of Refraction

- 빛이 반투명 재질을 통과하는 표면.
- 두 개의 다른 재질에서 빛은 굴절 (refraction) 한다.
- $n_r, n_t =$ the indices of refraction of two materials

Snell's law: $\frac{\sin \theta_t}{\sin \theta_i} = \frac{n_i}{n_t} = \eta$

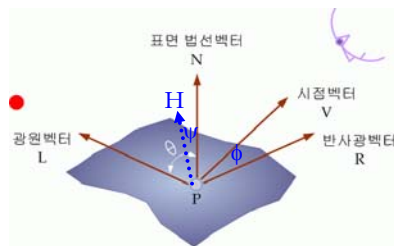
$$\cos \theta_t = \left(1 - \frac{1}{\eta^2} (1 - \cos^2 \theta_i) \right)^{\frac{1}{2}} \quad \eta = n_t / n_i$$

$$T = -\frac{1}{\eta} L - \left(\cos \theta_t - \frac{1}{\eta} \cos \theta_i \right) N$$



Perfect light transmission

Halfway Vector [Blinn]



$$\text{중간각 } H = \frac{L+V}{\|L+V\|}$$

$$\text{Specular Reflection} = K_s I_s (\cos \psi)^n = K_s I_s (N \cdot H)^n$$

where $2\psi = \phi$

When $N \cdot L > 0, H = 1$

When $N \cdot L \leq 0, H = 0$

Shininess
Halfway vector
Normal vector

Light Attenuation

- 광원과 물체간의 거리에 따른 밝기 조절을 원할 경우

$$I = K_a I_a + f_{att}(d) \{ K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (N \cdot H)^n \}$$

$$f_{att}(d) = \frac{1}{d^2}$$

$$f_{att}(d) = \frac{1}{k_0 + k_1 d + k_2 d^2}$$

$$f_{att}(d) = \min \left(\frac{1}{k_0 + k_1 d + k_2 d^2}, 1 \right)$$

Multiple Light Sources

- 광원이 여러 개 있을 경우

$$I = K_a I_a + \sum_{i=0}^{m-1} f_{att}(d) \{ K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (N \cdot H)^n \}$$

- 방출조명 (Emissive illumination) $I_e = E$
 - 특정한 물체들은 빛을 반사할 뿐만 아니라 빛을 뿜기도 하는데 이를 방출 조명이라 한다. 단순히 방출 조명의 색을 더해주면 된다.

$$I = K_a I_a + \sum_{i=0}^{m-1} f_{att}(d) \{ K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (N \cdot H)^n \} + E$$

Shading

- 음영 또는 표면 렌더링(surface rendering) - 물체 면의 색을 부여
- Flat shading
- Gouraud shading
- Phong shading - OpenGL에서 제공하지 않음

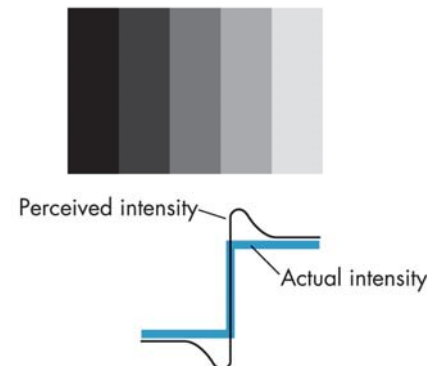
Flat Shading

- 주어진 하나의 다각형 전체를 동일한 색으로 칠함. 빠르고 간단함.
- 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.



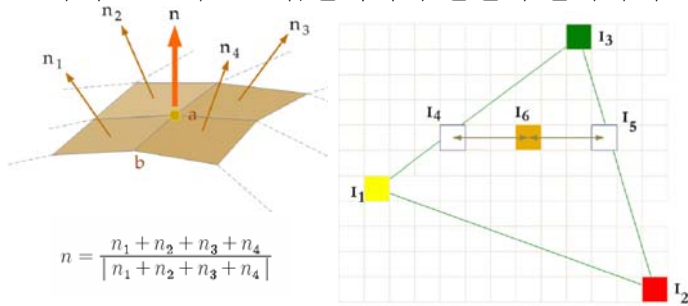
Mach Band Effect in Flat Shading

- 마하 밴드 효과 (Mach Band Effect)
 - 경계선 부근에서 명암이 대조를 이루어 어둡고 밝은 띠(Band)가 형성.
 - 메쉬 사이의 경계선이 필요 이상으로 뚜렷해짐.
 - 일종의 착시현상



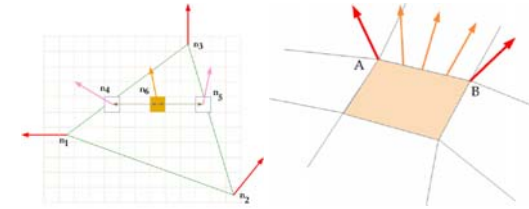
Gouraud Shading

- 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

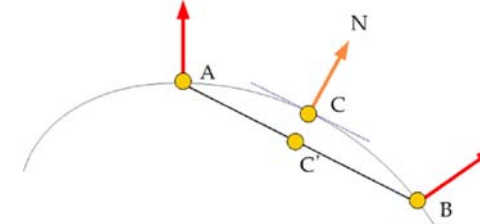


Phong Shading

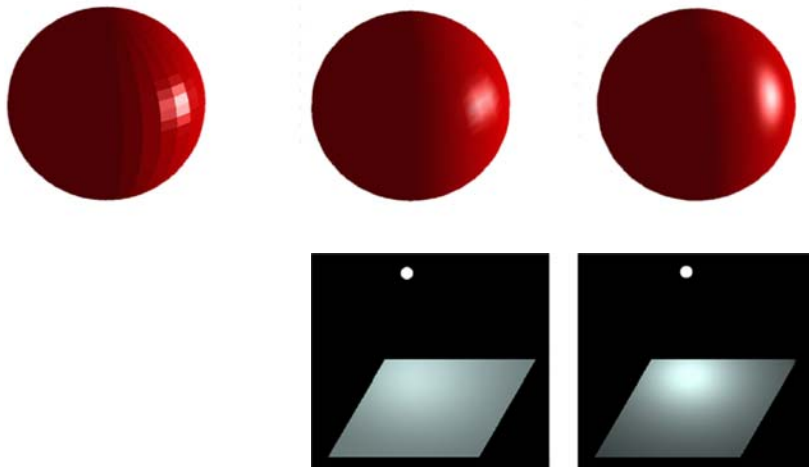
- 정점의 색 대신 정점의 법선벡터를 보간.



- 곡면의 기울기가 복원됨. 경면광을 부여할 수 있음.

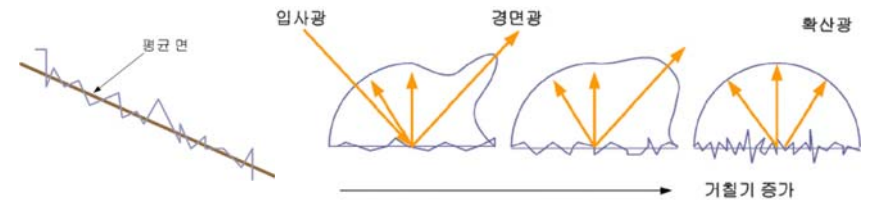


Flat, Gouraud, and Phong Shading



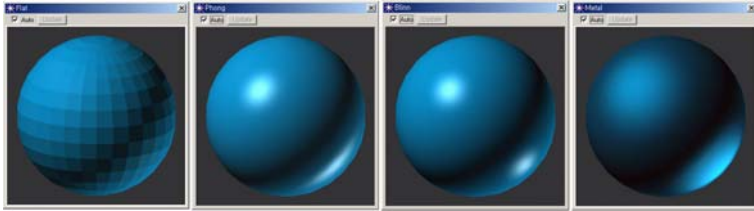
Microfacet Model

- 표면의 거칠기(roughness)를 모델링
 - 평균면의 방향을 기준으로
 - 표면의 거칠기라는 매개변수를 사용해서 미세면의 굴곡이나 모양을 조절



Microfacet Model

□ 플랫, 폰, 블린, 쿡/토렌스



□ 블린 셰이딩

- 폰 셰이딩과 유사. 경면광 성분이 더욱 부드럽게 퍼져나감. 광원이 거의 물체면과 나란히 예각으로 입사한 것과 유사

□ 쿡/토렌스 셰이딩(메탈 셰이딩) $I_{specular} = K_s I_s (\hat{N} \cdot \hat{H})^\beta$

- 금속표면의 은은한 경면광 처리에 유리.
- 폰 모델: 플라스틱 재질 처리에 유리