

OpenGL lighthing Equation 요약 설명

20171665학번 이선호

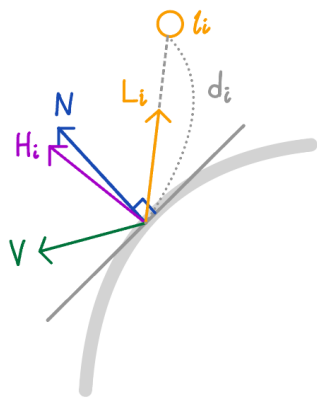
변수 정리

$$\mathbf{c} = \mathbf{e}_{cm} + \mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cs} + \sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spot_i)[\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli} + (\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli})\mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli} + (f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{s_{rm}}\mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}]$$

변수	종류	의미
\mathbf{c}	vector	n 개의 광원에 관하여 물체 표면의 어떤 한 지점 V 에서 보이는 색깔
\mathbf{e}_{cm}	vector	물질의 전역적인 방사 색깔
\mathbf{a}_{cm}	vector	물질의 ambient 반사에 관한 전역적인 색 ($k_{a\lambda}$)
\mathbf{a}_{cs}	vector	전역적인 광원에 관한 ambient 색 (공간에 퍼져 있다고 가정하는 광원의 색, $I_{a\lambda}$)
att_i	scalar	빛의 감쇠 효과를 주기 위한 factor (i 번째 광원과 V 지점 사이의 거리인 $\ \mathbf{VP}_{pli}\ $ 가 커질수록 광원의 난반사와 정반사의 세기를 줄이는 모델링 가능)
$spot_i$	scalar	spot 광원처럼 특정 각도만큼의 범위만을 비추는 광원을 표현하기 위한 factor
\mathbf{a}_{cli}	vector	i 번째 광원에 대한 지역 ambient 반사 색깔

\mathbf{n}	vector	shading 하려는 물체의 표면의 어떤 한 지점 V 에서의 normal vector
$\overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}$	vector	V 에서 i 번째 광원의 위치(점 광원일 경우) 또는 방향(평행 광원일 경우)으로 향하는 unit vector
\odot	operation	OpenGL에서의 내적 연산(내적 결과가 양수인 경우에만 값을 취하고 이외에는 모두 0)
\mathbf{d}_{cm}	vector	난반사(diffusion reflection)에 관하여 물체의 물질이 띠는 성질에 대응되는 색 ($k_{d\lambda}$)
\mathbf{d}_{cli}	vector	i 번째 광원의 난반사에 관한 색 ($I_{i\lambda}^D$)
$\hat{\mathbf{h}}_i$	vector	i 번째 광원에 관한 half vector 방향으로의 unit vector
f_i	scalar	$\mathbf{n} \odot \mathbf{h}_i$ 의 내적 결과가 0보다 크면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 취하는 요소
\mathbf{s}_{cm}	vector	정반사(specular reflection)에 관해 물체의 물질이 얼마나 highlight 크기를 생성하는 데 끼치는 영향을 모델링 하는 factor
\mathbf{s}_{rm}	vector	정반사에 관하여 물체의 물질이 띠는 성질에 대응되는 색 ($k_{s\lambda}$)
\mathbf{s}_{cli}	vector	i 번째 광원의 정반사에 관한 색 ($I_{i\lambda}^S$)

수식의 의미 정리



$$H_i = \frac{L_i + V}{|L_i + V|}$$

$$I_\lambda = \underbrace{I_{a\lambda} \cdot k_{a\lambda}}_{\text{ambient}} + \sum_{i=0}^{m-1} f_{att}(d_i) \cdot I_{l_i\lambda} \cdot \left\{ \underbrace{k_{d\lambda} \cdot (N \cdot L_i)}_{\text{diffusion}} + \underbrace{k_{s\lambda} \cdot (N \cdot H_i)^n}_{\text{specular}} \right\}$$

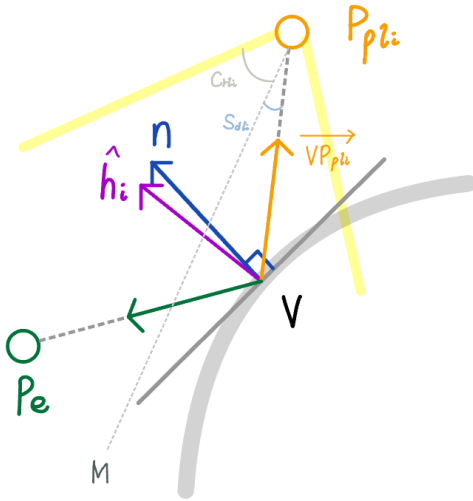
수업 시간에 Phong의 조명 모델을 설명하면서 우리는 위와 같은 식을 공부했고, 크게 ambient reflection, diffusion reflection 그리고 specular reflection의 항으로 나뉘서 공부했다. 난반사(Diffusion reflection)에 해당하는 항은 물체 표면의 어떤 한 지점에 관하여 i 번째 광원에서 오는 빛인 L 의 반대 방향으로 빛이 들어왔을 때 물체가 모든 방향으로 반사하는 빛이 어떠한 색을 띠는지를 모델링한 것이다. 그래서 물체 표면의 normal vector 인 N 과 L_i 의 내적에다가 난반사에 관한 물체의 성질인 $k_{d\lambda}$ 를 곱하여 난반사의 색을 구한다. 정반사(Specular reflection)에 해당하는 항은 halfway vector를 사용할 수 있는데, 이때 halfway vector는 광원이 들어오는 방향의 반대 방향 벡터와 viewing direction의 반대 방향 벡터를 보간한 것이다. 이를 normal vector인 N 과 내적함으로써 물체를 바라보는 방향에 따라 highlight가 어떻게 생기는지 구하고, 물체의 성질에 따라 highlight의 크기가 다양하므로 이를 물질에 따라 다르게 주기 위해 n 이 주어진다. 마찬가지로 $k_{s\lambda}$ 는 정반사에 관한 물체의 성질을 의미한다. Ambient reflection에 대응되는 항은 특정 광원에 구애받지 않고 물체가 위치한 공간에 전반적으로 깔려 있는 색을 모델링한 것이며, ambient reflection에 관한 물체의 성질에 대응되는 $k_{a\lambda}$ 와 전반적으로 퍼져 있다고 가정한 빛의 색인 $I_{a\lambda}$ 를 곱한다.

$$I_\lambda = I_{a\lambda} \cdot k_{a\lambda} + \sum_{i=0}^{m-1} f_{att}(d_i) \cdot I_{l_i\lambda} \cdot \{ k_{d\lambda} \cdot (N \cdot L_i) + k_{s\lambda} \cdot (N \cdot H_i)^n \}$$

$$\mathbf{c} = \mathbf{e}_{cm} + \mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cs} + \sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spot_i) [\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli} + (\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}) \mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli} + (f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{s_{rm}} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}]$$

그러나 본 과제의 reference에서 나온 수식에서의 표기는 수업 시간에서 배운 내용과 차이가 있다. 수업 시간에서의 Phong's shading 수식에서의 변수를 OpenGL의 기본 조명 공식에 대응시키면 위와 같다.

차이점 크게 다섯 가지가 존재한다. e_{cm} 을 통해 물체의 기본적인 색이 표현되고, $spot_i$ 를 통해 점 광원 뿐만이 아니라 spot 광원에 의한 조명 효과를 보일 수도 있다. 또한 광원이 물체의 뒤에서 와서 normal vector n 과 i 번째 광원에 관한 half vector h_i 의 내적이 0보다 작으면 이를 0으로 처리하기 위한 f_i 이 사용되었고, i 번째 광원에 관한 난반사와 정반사의 색상을 d_{cli} 와 s_{cli} 로 구분하여 모델링 되었다. 마지막으로 각 광원에 관한 ambient의 지역적인 색상인 a_{cli} 를 사용한 것도 확인할 수 있다.



점 광원

$$V = \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \\ 1 \end{bmatrix} \quad P_{pli} = \begin{bmatrix} x_{pli} \\ y_{pli} \\ z_{pli} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$h_i = \frac{\overrightarrow{VP_{pli}} + \overrightarrow{VP_e}}{|\overrightarrow{VP_{pli}} + \overrightarrow{VP_e}|}$$

$$P_e = [0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

유한한 거리에 위치한 관찰자

평행 광원

$$V = \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \\ 1 \end{bmatrix} \quad P_{pli} = \begin{bmatrix} x_{pli} \\ y_{pli} \\ z_{pli} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$h_i = \overrightarrow{VP_{pli}} + [0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$$

무한한 거리에 위치한 관찰자

$$c = e_{cm} + a_{cm} * a_{cs} + \sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spot_i)[a_{cm} * a_{cli} + (n \odot \overrightarrow{VP_{pli}})d_{cm} * d_{cli} + (f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{s_{rm}} s_{cm} * s_{cli}]$$

지금까지의 내용을 그림으로 요약하면 위와 같다. 특히, 광원이 점 광원인지 또는 평행 광원인지, 관찰자가 유한한 거리에 있는 경우(지역 관찰자)인지 또는 무한한 거리에 있는 경우(무한 관찰자)인지에 따라서도 같은 식으로 모델링 된다. att_i 는 빛의 감쇠 효과를 모델링한 것인데, 일반적으로 광원에서 거리가 멀어질수록 빛의 세기가 약해지는 현상을 반영하여 모델링 하는 물체의 지점인 V 에서 i 번째 광원을 가리키는 방향 벡터인 $\overrightarrow{VP_{pli}}$ 의 거리의 반비례에 가까운 식을 모델링한다. 또한 $spot_i$ 는 특정한 각도 c_{pli} 만큼의 방향에 들어오는 공간을 비추는 spot 광원을 모델링하는 요소이다. 구체적으로, spot 광원에서 나오는 빛의 범위인 호 안에서 중앙을 지나는 가상의 선 M 이 존재한다고 가정할 때, 광원과 M 을 지나는 직선과 광원과 V 를 지나는 직선이 이루는 각도를 s_{pli} 가 커지면 커질수록 spot light의 전반적인 세기는 약해지고, s_{pli} 가 c_{pli} 보다 클 경우 아예 보이지 않도록 0으로 처리하는 효과를 줄 수 있다. 만약 spot 광원이 아닌 평행 광원이면 $spot_i$ 의 값은 1.0이 된다.