

기초 컴퓨터 그래픽스 HW5

OpenGL Lightning Equation 요약 설명

20181617 김채연

보조교재 6.5 절을 읽고 다음의 OpenGL의 기본 조명 공식에 대하여 자신이 이해한 바를 A4용지 두장에 요약하여 제출하라. (제출 내용 중에는 이 공식의 각 변수가 의미하는 바가 분명히 기술되어야 함.)

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

조명 공식은 셰이딩을 하려는 지점의 꼭지점 좌표 \mathbf{v} 와 그 점에서의 법선 벡터 \mathbf{n} 과 조명인자를 사용하여 계산한다.

한 광원이 물체에 직접적인 영향을 미치는 과정은 앰비언트 반사, 난반사, 정반사 세가지로 나눌 수 있다. 만약 i 번째 광원이라면 $\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli} + (\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli})\mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli} + (f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{srm} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}$ 의 식으로 표현할 수 있다.

가장먼저 $\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli}$ 은 i 번째 광원에 대한 지역 앰비언트 반사 색깔이다. 앰비언트 반사란 간접적으로 들어오는 빛이다. \mathbf{a}_{cm} 은 물체의 앰비언트 색깔이고, \mathbf{a}_{cli} 는 앰비언트 광원의 색깔이다.

그다음 $(\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli})\mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli}$ 은 i 번째 광원에 대한 난반사 색깔인 $I_{li\lambda} \cdot k_{d\lambda} \cdot (N \cdot L_i)$ 에 대응되는 것이다. 난반사란 입사광선을 사방으로 고르게 동일한 밝기로 반사시키는 것이다. $\overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}$ 에서 \mathbf{V} 는 현재 조명 계산을 하려는 꼭지점의 좌표이다. 꼭지점의 좌표이므로 w 좌표는 0이라고 가정한다. \mathbf{P}_{pli} 는 i 번째 광원의 위치를 나타낸다. 이때 점 광원이라면 w 좌표가 0이 아니고, 평행 광원이라면 0이다. 이를 통해 위의 주어진 벡터는 빛이 들어오는 방향의 반대방향에 대한 길이가 1인 벡터임을 알 수 있다.

그래서 $(\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli})$ 는 위에서 설명한 벡터와 길이가 1인 normal벡터의 내적이다. 반사되는 빛의 양은 \cos 값에 비례하기 때문이다. 이때 빛이 물체의 뒤에서 들어오면 내적이 0보다 작아지게 되는데 그러면 빼기가 되므로 max계산을 하여 0보다 작아질 때는 0으로 값을 변경된다. \mathbf{d}_{cm} 은 물체의 난반사 색깔이고 \mathbf{d}_{cli} 은 난반사 광원의 색깔이다.

$(f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{srm} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}$ 은 i 번째 광원에 대한 정반사 색깔이다. 이식은 $I_{li\lambda} \cdot k_{s\lambda} \cdot (N \cdot H_i)^n$ 와 대응된다. $\hat{\mathbf{h}}_i$ 는 해프웨이 벡터이다. 해프웨이 벡터는 지역관찰자를 사용한다면 $\overrightarrow{\mathbf{VP}}_e$ 가 관찰자

방향으로 사용되고, 지역관찰자를 사용하지 않으면 눈좌표계에서 Ze축 방향이 관찰자 방향으로 사용된다. 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$\mathbf{h}_i = \begin{cases} \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli} + \overrightarrow{\mathbf{VP}}_e, & v_{bs} = \text{TRUE}, \\ \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli} + (0 \ 0 \ 1 \ 0)^t, & v_{bs} = \text{FALSE} \end{cases}$$

이외에 n 은 길이가 1인 normal 벡터이고 S_{rm} 은 물체의 정반사 지수, S_{cm} 은 물체의 정반사 색깔, S_{cli} 는 i 번째 광원의 정반사 색깔이다. 이들을 계산하면 $(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{S_{rm}} S_{cm} * S_{cli}$ 이런 식이 만들어진다. 그리고 이식에 곱해지는 f_i 는 $\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}$ 에 따라 값이 바뀌는데 저 값이 0이면 0이되고 0이 아니면 1이된다. 이것의 뜻은 광원이 물체의 표면 뒤쪽에서 빛을 비출 경우에는 식의 값이 0이 되므로 정반사가 없어 더할 필요가 없기때문에 0을 곱해준다는 뜻이다.

이렇게 i 번째 광원에 대한 앰비언트 반사, 난반사, 정반사 값을 모두 더해보면

$\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli} + (\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}) \mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli} + (f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{S_{rm}} S_{cm} * S_{cli}$ 이와 같은 식이 나온다. 여기에 마지막으로 $(att_i)(spot_i)$ 두개의 값을 더 곱해 i 번째 광원의 반사 색깔로 사용한다. att_i 는 빛의 감쇠효과의 값이고 $spot_i$ 는 스폿 광원 효과이다. att_i 는 \mathbf{P}_{pli} 의 w값이 0일 때 즉, 평행광원일 때 무한의 거리이므로 아무런 영향을 미치지 않아 1.0이 되고 유한한거리일 때는 $\frac{1}{k_{0i} + k_{1i} \|\overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}\| + k_{2i} \|\overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}\|^2}$ 를 곱해서 감쇠효과를 낸다. $spot_i$ 는 c_{rli} 가 180도이면 원뿔이 중심에서 180도이므로 일반 점 광원이므로 스폿 광원 효과가 없으므로 1.0이다. 180이 아니고 $\overrightarrow{\mathbf{P}_{pli}\mathbf{V}} \odot \hat{\mathbf{s}}_{dli}$ 가 $\cos c_{rli}$ 보다 작으면 결국 범위인 원뿔 밖에 존재하므로 0.0으로 색을 검정색으로 한다. 그것보다 크면 원뿔 안에 존재하므로 $(\overrightarrow{\mathbf{P}_{pli}\mathbf{V}} \odot \hat{\mathbf{s}}_{dli})^{S_{rli}}$ 의 값을 가지게 된다.

각 i 번째 광원에 대한 반사색깔을 다 더하면

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

의 식이 나오고

여기에 $\mathbf{e}_{cm} + \mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cs}$ 을 더해주면 기본조명공식이 된다. \mathbf{e}_{cm} 은 물체의 물질의 방사 색깔이고 $\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cs}$ 은 전역 앰비언트 반사이다.

그래서 결과적으로 아래의 기본조명 공식이 된다.

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