

이번 과제의 목표는 다음과 같은 식이 어떻게 나오는지, 그리고 각 변수가 무엇을 의미하는지를 요약하는 것이 목표이다.

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

먼저 괄호안쪽의 식을 먼저 설명하자면

$$\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli} + (\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}) \mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli} + (f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{s_{rm}} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}$$

이 식은 풍의 조명모델 기본 공식으로서, 엠비언트 반사, 난반사, 정반사를 각각 더한 것의 결과이다. (i는 시그마용 인덱스이다. I가 붙어있는 것은 광원의 정보, 그 외 a,d,s는 material parameter, 그리고 그 외엔 기하의 정보라 먼저 생각하자.)

먼저 엠비언트 반사 공식인  $\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cli}$  는, 엠비언트 반사 공식에서 사용되는, 광원색과,

material parameter인데, 원래 엠비언트 반사 공식은  $I_{a\lambda} \cdot k_{a\lambda}$  이 것으로, 어디에서 오는지 모르는 희미한 빛을 표현하는 엠비언트 반사 공식 즉 시그마로 합을 하지 않는다. 다만, 여기서, 각 광원에 기인하는 지역 엠비언트 반사를 구현하기 위해 인덱스 I를 붙여 시그마에 함께 합쳐지게 되었다. 두 번째는 난반사에 대한 공식인데, 이 부분이다.

$(\mathbf{n} \odot \overrightarrow{\mathbf{VP}}_{pli}) \mathbf{d}_{cm} * \mathbf{d}_{cli}$  앞서 설명했듯이 I가 있는 dcli는 광원, 그리고 dcm은 물체 파라미터고, 그 외엔 기하학의 정보이다. 이때 n는 물체의 법선 벡터 그리고 VP는 L 즉, 빛의 반대 방향 벡터이다. VP가 이렇게 되는 이유를 뜯어보면, 먼저 P는 광원의 위치이고, V는 현재 물체의 위치이다. 그것의 벡터는 당연히, 물체에서 빛까지의 방향, 즉 빛이 향하는 반대방향이 된다. 즉, 법선 벡터와, 빛방향 벡터를 내적하고, 그 후에 빛, 물체의 parameter를 내적하면 난반사가 되는데, 그냥 내적이 아닌,  $\odot$ 를 쓴 이유는 만약 내적시, 음수면, 그냥 0을 취해서 뒤에서 들어오는 빛을 고려하지 않겠음을 의미한다.

마지막으로 정반사 공식인  $(f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{s_{rm}} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}$ 의 뒷부분은 광원과 물체, n은 법선벡터 그리고 h는 해프웨이 벡터로 다음과 같은 식을 통해 계산된다.

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

대한 방향이고, Pe는 눈의 방향으로, VPe는 물체에서 눈까지 즉, 시점 반대방향 벡터를 의미하는 V(뷰)벡터이다. 위의 식은 지역관찰자를 사용한 것으로, 관찰자가 눈좌표계의 원점에 있는 것이고, 아래의 식은 무한 관찰자를 사용해, 그냥 관찰자의 방향이 0 0 1 0에 있게 된 것이다. 위의 식을 사용해, 광원과 관찰자 방향의 중간방향 벡터인 해프웨이 벡터를 계산하게 된다. 이제 일반적인 공식과 다른 것은 f밖에 없는데 이는 nh의 내적값이 0보다 작다면, 즉

사잇각이 90도 이상이라면, 뒤에서 빛을 비추는 것이기에 그냥 0을 곱하는 상수로서, 0보다 크면 그냥 1을 곱해준다. 다시말해 정반사도 난반사처럼 음수일시 무시하려는 계산을 하는 것이다.

이 모든 것을 더해주면, 이제 기본 조명공식은 끝난 것이다. 이제 앞부분을

$$\sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spot_i)$$

설명하겠다.

먼저 att란, 빛의 감쇠효과를 위한 값으로, 거리에 따라 약해지는 빛을 연출하기 위한 것이다.

$$att_i = \begin{cases} \frac{1}{k_{0i} + k_{1i} \|\mathbf{VP}_{pti}\| + k_{2i} \|\mathbf{VP}_{pti}\|^2}, & \mathbf{P}_{pti} \cdot \mathbf{s} \neq 0, \\ 1.0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

식은 다음과 같고,

k는 (설정가능)상수, VP는 물체에서 빛까지의 거리이기에 쉽게 att는 거리의 제곱에 비례하며 적어진다(k가 0이면 아니다.). 이때 만약 평행광원이면 1이된다.

spot이란 I번째 광원이 스포트 광원인 경우에 처리하기 위한 변수인데, 식은 다음과 같다.

$$spot_i = \begin{cases} (\overline{\mathbf{P}_{pli} \mathbf{V}} \odot \hat{\mathbf{s}}_{dli})^{c_{rli}}, & c_{rli} \neq 180.0 \text{ \& } \overline{\mathbf{P}_{pli} \mathbf{V}} \odot \hat{\mathbf{s}}_{dli} \geq \cos c_{rli}, \\ 0.0, & c_{rli} \neq 180.0 \text{ \& } \overline{\mathbf{P}_{pli} \mathbf{V}} \odot \hat{\mathbf{s}}_{dli} < \cos c_{rli}, \\ 1.0, & c_{rli} = 180.0 \end{cases}$$

Crli는 절단각도를 의미하고 설정하는 상수이다., 점 광원을 사용하지 않을시 절단각도는 180즉, 1이 되며 그외엔 빛에서 물체 벡터인 PV와 점광원 중심축 단위벡터 s와의 내적이 절단 각도보다 작을시, 조명의 범위 밖에 있는 것을 의미, 즉 0 이되고, 그 외엔 조명 범위 안에 있되, 가장자리는 어두워지는 것을 표현하기 위해 즉 어두운 효과를 내기 위해 가장 위의 식을 선택해 점 광원 효과를 내어준다.

시그마는 단순히 여태까지 계산한 모든 식이, 하나의 광원에서만 나오는 것이 아니기에, 여러 가지 광원의 모든 효과를 더해주기 위한 것이다.

마지막으로 물질의 방사 색깔 Ecm과, 전역 엠비언트(풍의 조명모델 식에서는 지역

엠비언트를 활용했다.)반사 식인  $\mathbf{a}_{cm} * \mathbf{a}_{cs}$ 을 더해주면,

opengl의 기본 조명 공식을 얻게 된다.