

# 기초 컴퓨터 그래픽스 - 프로그래밍 숙제 4 OpenGL Lighting Equation 요약 설명

서강대학교 국어국문학전공 20120085 엄태경

2019년 5월 23일

## 문제

보조 교재 6.5절을 읽고 다음의 OpenGL의 기본 조명 공식에 대하여 자신이 이해한 바를 A4 용지 두 장에 요약하여 제출하라. (제출 내용 중에는 이 공식의 각 변수가 의미하는 바가 분명히 기술되어야 함)

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

## 답안

이 공식의 전반적인 구조는 다음과 같다.

(어떤 한 점에서의 색) = (이 점에서 물질의 방사 색) + (이 점에서 전역 앰비언트 반사 색) + (이 점에서 각 광원이 만드는 앰비언트 반사, 난반사, 정반사 색의 합)

### 1. 어떤 한 점에서의 색: $c$

어떤 점에 영향을 미치는 모든 빛의 색을 더하여 이 점에서의 색을 구한다.

### 2. 이 지점에서 물질의 방사 색: $e_{cm}$

광원의 영향 없이 물질 자체에서 방사되는 빛의 색(emission color material)이다.

### 3. 이 점에서의 전역 앰비언트 반사 색: $a_{cm} * a_{cs}$

$a_{cm}$ 은 물질의 앰비언트 반사 색(ambient color material)이고,  $a_{cs}$ 는 장면 전역의 앰비언트 광원 색(ambient color scene)이다. 이 두 색을 요소곱하여 이 점에서의 전역 앰비언트 반사를 구한다.

### 4. 이 점에서 각 광원이 만드는 앰비언트 반사 색, 난반사 색, 정반사 색의 합: $\sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spot_i)[a_{cm} * a_{cli} + (n \odot \overrightarrow{VP_{pli}})d_{cm} * d_{cli} + (f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{s_{rm}} s_{cm} * s_{cli}]$

광원의 수를  $n$ 이라 할 때,  $i$ 번째 광원에 대해

$$(att_i)(spot_i)[a_{cm} * a_{cli} + (n \odot \overrightarrow{VP_{pli}})d_{cm} * d_{cli} + (f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{s_{rm}} s_{cm} * s_{cli}]$$

을 구해 모두 더한 값이 이 점에서 각 광원이 만드는 반사의 색의 합이다.

#### 4.1. 각 광원의 감쇠 효과 계수: $attr_i$

광원과 물체 간의 거리에 따른 밝기 조절에 해당한다. 광원이 무한 거리만큼 떨어진 평행 광원일 경우, 모든 점이 광원과의 거리가 일정하다고 볼 수 있으므로 이 계수는 1이다. 점과 점 광원(point light)  $P_{pli}$  간의 거리가  $d = \overrightarrow{VP_{pli}}$  인 경우에는 다음 식을 사용한다.

$$\frac{1}{k_c + k_l d + k_q d^2}$$

디폴트는  $k_c = 1, k_l = k_q = 0$ 으로 설정되어  $attr_i = 1$ 이다.

#### 4.2. 각 광원의 스폿 광원 계수: $spot_i$

스폿 광원은 광원이 한 점에서 발생하여 어떤 각도에 따라 원뿔 형태로 퍼지는 것을 말한다. 광원  $i$ 가 스폿 광원이 아닐 경우가 디폴트인데,  $spot_i = 1$ 이 되어 스폿 효과가 없다. 광원  $i$ 가 스폿 광원인데 현재 점이 스폿 범위 밖에 있으면  $spot_i = 0$ 이 되어 빛이 적용되지 않는다. 스폿 광원이 점에 비치는 경우,

$$spot_i = (\overrightarrow{P_{pli}V} \odot \hat{s}_{dli})^{s_{rli}}$$

이다.  $\overrightarrow{P_{pli}V}$ 는 스폿 광원에서 현재 점을 향하는 단위 벡터이고,  $\hat{s}_{dli}$ 은 스폿 광원의 중심축 방향의 단위 벡터이므로, 이 내적은 현재 점이 스폿 중심과 일치할 때 1이고 중심에서 멀어질 수록 작아진다.  $s_{rli}$ 은 각 스폿 광원의 속성으로,  $[0, 1]$  범위의 내적을 적절히 조절하는 지수이다.

#### 4.3. 각 광원의 지역 앰비언트 반사 색: $a_{cm} * a_{cli}$

$a_{cli}$ 는 광원  $i$ 의 앰비언트 반사 색(ambient color light i)이다. 이를 물질의 앰비언트 반사 색과 요소곱하여 이 점에서 이 광원의 지역 앰비언트 반사 색을 구한다.

#### 4.4. 각 광원의 난반사 색: $(n \odot \overrightarrow{VP_{pli}})d_{cm} * d_{cli}$

$n$ 은 현재 점의 법선 벡터로, 이를 빛이 들어오는 방향의 벡터와 내적하면 빛과 표면이 수직으로 만날 때에 값이 1로 최대가 되고, 수평에 가까워질 수록 작아지다가 수평해지면 0이 된다. 이 계수를 물질의 난반사 색(diffuse color material)  $d_{cm}$ 과 광원  $i$ 의 난반사 색(diffuse color light i)  $d_{cli}$ 를 요소곱하여 얻은 색에 곱하여 이 점에서 이 광원의 난반사 색을 구한다.

#### 4.5. 각 광원의 정반사 색: $(f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{s_{rm}}s_{cm} * s_{cli}$

$f_i$ 는 빛이 물체를 앞쪽에서 비추면 1, 아니면 0으로, 앞쪽에서 비치는 빛만 반영한다는 의미이다.

$\hat{h}_i$ 는 해프웨이 벡터  $h_i$ 를 정규화 한 것이다. 해프웨이 벡터는 광원 방향( $\overrightarrow{VP_{pli}}$ )와 관찰자 방향( $\overrightarrow{VP_e}$ )의 중간 방향이다. 이때 라이팅 계산 시 평행 투영을 가정하면 관찰자 방향이 곧 눈 좌표계의 양의  $z$ 축 방향, 즉  $(0010)^t$ 으로 상수가 된다. 여기에 광원 또한 점 광원이 아니라 평행 광원이라고 가정하면, 광원 방향과 관찰자 방향이 모두 현재 점과 무관한 상수가 되므로, 장면 전체에 대하여 해프웨이 벡터가 상수가 되어 계산량이 대폭 줄어든다. 이를 물체의 법선벡터  $n$ 과 내적하여 빛과 법선벡터 사이의 각도에 따라  $[0, 1]$  사이의 값을 얻는다.  $s_{rm}$ 은 물체의 속성으로  $[0, 1]$  범위의 내적을 적절히 조절하는 지수이다. 이 계수를 물질의 정반사 색(specular color material)  $s_{cm}$ 과 광원  $i$ 의 정반사 색(specular color light i)  $s_{cli}$ 를 요소곱하여 얻은 색에 곱하여 이 점에서 이 광원의 정반사 색을 구한다.