

## [CSE4170] 기초 컴퓨터 그래픽스

### (숙제 4)

### OpenGL Lighting Equation 요약 설명

담당교수: 서강대학교 컴퓨터공학과 임 인 성

2019년 5월 14일

**제출 마감:** 5월 23일 (목) 수업 시작 직전 조교가 수거 (LATE 없음)

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)

$$c = e_{cm} + a_{cm} * a_{cs} +$$

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

우선  $a_{cm} * a_{cli} + (n \odot \overrightarrow{VP}_{pli})d_{cm} * d_{cli} + (f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{s_{rm}}s_{cm} * s_{cli}$  이 부분은 기본적인 쉐더의 조명 모델과 비교하면 매우 유사하다. 일반적으로 보통 물체들은 순수하게 한 가지 종류의 반사가 아닌 두 가지 모두를 적절히 혼합하여 빛의 반사 형태를 시뮬레이션하게 된다. 따라서 간접 조명의 효과를 위한 앰비언트 반사와, 광원에서 빛이 직접 들어오며 입사 광선을 사방으로 고르게 동일한 밝기로 반사하는 형태의 난반사, 광원에서 빛이 직접 들어오지만 특정 방향을 중심으로 집중적으로 반사하는 정반사를 포함한 결과이다.

여기서  $a_{cm}, d_{cm}, s_{cm}$ 는 각각 물질의 앰비언트 색, 물질의 난반사 색, 물질의 정반사 색으로 물체의 표면으로 들어온 빛이 어떻게 반사가 될 것인가를 결정하는 물질의 고유 성질이다.  $s_{rm}$ 은 물질의 정반사 지수로 정반사 방향에서 벗어날수록 반사되는 빛의 세기가 약해지는 속도를 조절하는 값이다.

앰비언트 반사에 대해서 모든 광원이 종합적으로 영향을 미치는 앰비언트 광원 색을  $a_{cs}$  인자로, 각 광원이 물체에 직접적으로 영향을 미치는 앰비언트 광원의 색을  $a_{cli}$  인자로 정하였다. 난반사와 정반사에 대해서도  $d_{cli}, s_{cli}$ 를 통해서 필요할 경우 서로 다른 색을 설정할 수 있도록 한다.

$P_{pli}$ 는 광원의 위치를 나타내는 변수이다. 만약 이 변수의 w 좌표가 0일 경우 광원은 무한대 점에 존재하므로 평행 광원으로 정의가 되며, 0이 아닌 경우 유한하므로 점 광원으로 정의된다. 난반사 계산 과정에서  $n \odot \overrightarrow{VP}_{pli}$ 는 물체의 표면에 수직인 법선 벡터와 광원에서 출발한 빛이 직접 물체로 들어오는 방향의 반대방향을 내적하여 0보다 작을 때는 0을, 0보다 클 때는 계산 값을 사용한다. 정반사 계산 과정에서  $(f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{srm}$  중  $\hat{h}_i$ 는 하프웨이 벡터로, 만약 관찰자가 지역 관찰자라면 하프웨이 벡터는  $\overrightarrow{VP}_{pli} + \overrightarrow{VP}_e$ 가 되고 무한 관찰자라면  $\overrightarrow{VP}_{pli} + (0 \ 0 \ 1 \ 0)^t$  값을 사용하여 계산을 한다. 이는 무한 관찰자의 경우 이  $\overrightarrow{VP}_e$ 가 상수벡터가 되어 계산량을 상당히 줄일 수 있기 때문이다.  $f_i$ 는  $n \odot \overrightarrow{VP}_{pli}$  값이  $\neq 0$ 이 아닐 때 1의 값을, 0일 때는 0값을 정반사 과정에 곱함으로 정반사가 없기에 더할 필요를 없음을 나타낸다.

광원이 한 개가 아닌 여러 개가 있을 때 즉 다중 광원에 대한 상황을 처리하기 위해 각 광원의 직접 조명 효과와 전체 앰비언트 조명 효과를 모두 더하고 시그마를 통해 첨자  $i$ 가 붙은 모든 변수는  $i$  광원에 대한 값들로 나타내어 결과 값을 더한다. 이때  $(att_i)(spot_i)$  값이 곱해진 것을 볼 수 있다.  $att_i$ 는 빛의 감쇠 효과를 나타내기 위한 변수이다. 광원과 현재 웨이딩을 하려는 물체까지의 거리를  $d(V)$ 라고 한다면  $\frac{1}{k_{0i} + k_{1i} * d(V) + k_{2i} * d(V)^2}$ 의 이차식을 사용한다. 광원이 점 광원이라면 이 값을 곱하고, 평행 광원이라면 빛의 감쇠 효과가 의미가 없으므로 이 값 대신 1을 곱한다.  $spot_i$ 는 스폿 광원 효과를 위한 변수이다. 만약  $c_{ril}$ 가 180도라면 광원이 사방으로 빛을 비추는 즉 스폿 광원이 아닌 점 광원으로 취급이 된다. 0과 90 사이의 값일 때, 만약 물체의 점이 스폿 조명의 범위에 들어온다면  $\cos^{Srl_i} \psi$ 에 비례해서 어두워진다. 즉 각도가 커질수록 어두워지는 것이다.

OpenGL에서는 물체가 스스로 빛을 발하는 것처럼 보이도록 물질의 성질을 설정할 수 있는데 이때 사용하는 성질이  $e_{cm}$ 으로 볼 수 있다. 따라서  $e_{cm} + a_{cm} * a_{cs}$ 로 물체의 방사와 전역 앰비언트 반사를 더한다.