



과제 4: OpenGL Lighting Equation 요약 설명

⌚ 작성일시	@2025년 6월 11일 오후 5:34
📄 강의 번호	기초컴퓨터그래픽스
📁 유형	과제
📁 복습	<input type="checkbox"/>

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

다음 식을 이해하기 위해서는 아래의 식을 이해해야 한다.

한 개의 광원이 물체 표면에 직접적으로 미치는 영향

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

👉 변수 설명

- **acm * acli**: i번 광원에 대한 지역 앰비언트 반사 색깔
- **acm**: 물질의 앰비언트 색깔
- **acli**: i번 광원의 앰비언트 색깔
- **(n ∘ VPli) dcm * dcli**: 다중 광원에 대한 풍의 조명 모델을 나타내는 아래 식에서 난반사 색깔에 대응

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

$$I_{i\lambda} \cdot k_{d\lambda} \cdot (N \cdot L_i)$$

난반사 색깔을 나타내는 부분

- **VPli = L**: 광원에서 빛이 들어오는 방향의 반대 방향에 대한 벡터
- **dcm**: 물질의 난반사 색깔
- **dcli**: i번 광원의 난반사 색깔

$$(f_i)(\mathbf{n} \odot \hat{\mathbf{h}}_i)^{srm} \mathbf{s}_{cm} * \mathbf{s}_{cli}$$

- 정반사 방향 **R = 2(N*L)N-L**
- 다중 광원에 대한 풍의 조명 모델을 나타내는 아래 식에서 아래의 정반사 색깔에 대응

$$I_{i\lambda} \cdot k_{s\lambda} \cdot (N \cdot H_i)^n$$

- i번째 광원의 해프웨이 벡터 정의

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

- **vbs**: 눈 좌표계에서의 관찰자 시점, true일 경우 지역 관찰자 사용
- **scli**: i 번 광원의 정반사 색깔
- **srm**: 물질의 정반사 지수
- **scm**: 물질의 정반사 색깔
- **fi**: 0또는 1의 값을 가지는 변수, **(n ∘ VPli)**가 0보다 크면 1, 아니면 0
위 내적 값이 0보다 크다는 것은 법선벡터가 물체 표면 바깥쪽을 향함
즉, 물체 표면에 대해 앞쪽에서 빛을 비추는 의미

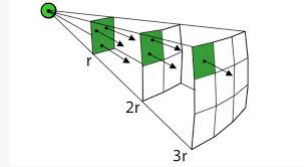
위 식은 물체에 대한 광원의 직접적인 효과라 하기에는 불충분한 상태.

따라서 두 개의 값을 추가로 곱해 이를 i 번째 광원이 물체에 직접적으로 영향을 미치는 반사 색깔로 사용한다.

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

👉 변수 설명

- **atti**: 빛의 감쇠 효과를 위한 값

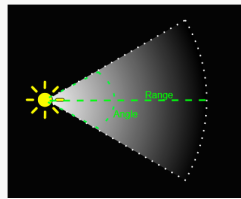


빛의 감쇠

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

- **Ppli**: i번 광원의 위치
- **Ppli**의 w좌표가 0이라는 것은 이 광원이 평행 광원임을 의미, 이 경우 att가 1이 되어 아무런 영향 없음
- **|| VPpli ||**: 셰이딩 지점에서 광원까지의 거리
- 거리에 대한 이차식의 역수를 사용하여 점 광원에 대한 감쇠 효과 나타냄

- **spoti**: i 번째 광원이 스폿 광원인 경우를 처리하기 위한



스폿 광원

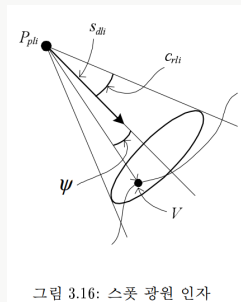


그림 3.16: 스폿 광원 인자

$$spot_i = \begin{cases} (\overrightarrow{P_{pli}} \odot \hat{s}_{dli})^{s_{rli}}, & c_{rli} \neq 180.0 \ \& \ \overrightarrow{P_{pli}} \odot \hat{s}_{dli} \geq \cos c_{rli}, \\ 0.0, & c_{rli} \neq 180.0 \ \& \ \overrightarrow{P_{pli}} \odot \hat{s}_{dli} < \cos c_{rli}, \\ 1.0, & c_{rli} = 180.0 \end{cases}$$

- **crl**: 스폿 광원의 절단 각도
- **Ppli V**: 조명에서 꼭지점을 향한 방향 단위벡터
- **scli**: i번 광원의 스폿 조명 방향, 스폿 조명의 중심축 방향
- **PpliV ∘ scli < cos ccli**: 점 V가 스폿 조명 범위 밖에 있는 상황

스폿 조명 범위에 들어온 경우, 주변으로 갈 수록 어두운 효과를 내기 위해

→ cos 취한 값에 스폿 광원 지수를 취함

위 식을 통해 한 개의 광원이 물체 표면에 직접적으로 미치는 영향을 표현하였다.

이제 이 식을 통해 처음 보았던 식, 즉 n개의 광원이 존재하는 경우를 표현한다.

n 개의 광원이 존재하는 경우

$$c = e_{cm} + a_{cm} * a_{cd} + \sum_{i=0}^{n-1} (att_i)(spec_i)[a_{cm} * a_{cdi} + (n \odot \vec{P}_{pt})d_{cm} * d_{cdi} + (f_i)(n \odot \hat{h}_i)^{p_{cm}} s_{cm} * s_{cdi}]$$

- 각 광원에 대한 반사 색깔을 다 더한 후,
- 전역 앰비언트 반사 (**acm*acs**)와 물질의 반사 색깔(**ecm**)을 더함



결론

위 OpenGL의 기본 조명 공식은 이론적으로 배운 쉐더의 조명 모델을 아래와 같은 방식으로 확장한다.

- 다중 광원 지원 - 최대 8개 광원
- 광원 타입 다양화 - 평행 광원, 점 광원, **스팟 광원** 등
- 양면 조명
- **빛의 감쇠 효과**