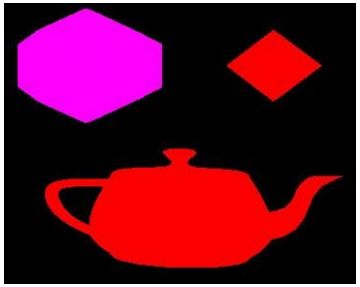
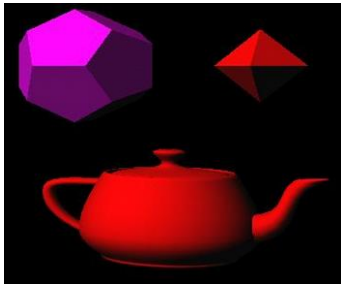
Lighting

321190
2008년 봄학기
5/26/2007
박경신

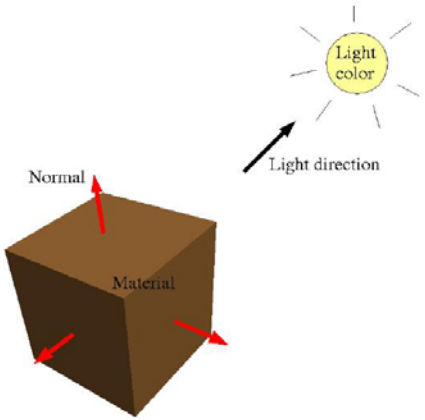
OpenGL Lighting

- OpenGL의 조명에는 3가지 요소가 필요
  - 광원 (Lights)
  - 재질 (Materials)
  - 면의 법선벡터 (Normals)





OpenGL Lighting



OpenGL Lighting

- OpenGL에서 제공하는 조명모델
  - 환경광/주변광 (ambient lights)
  - 점광원 (point lights)
  - 방향성광원/평행광원/원거리광원 (directional lights)
  - 점적광 (spot lights)
- 거리에 따른 빛의 세기 감쇠 (attenuation)
  - Physical attenuation: $I(P) = \frac{I(P_0)}{\|P - P_0\|^2}$
  - OpenGL attenuation:
    - Default a = 1, b = 0, c = 0

$$I(P) = \frac{I(P_0)}{a + bd + cd^2}$$

OpenGL Lighting

- OpenGL에서 lighting을 사용하려면 GL_LIGHTING을 활성화해야 한다.

```
glEnable(GL_LIGHTING);
```

- 또한, 적어도 하나의 광원을 활성화해야 한다.

```
glEnable(GL_LIGHT0);
```

- OpenGL에서는 최대 8개의 광원을 지정할 수 있다

```
GL_LIGHT0, .., GL_LIGHT7
```

- 최대 광원수 얻기:

```
glGetIntegerv(GL_MAX_LIGHTS, GLint *num_lights);
```

- OpenGL에서 lighting 비활성화

```
glDisable(GL_LIGHTING);
```

OpenGL Light Sources

- 광원의 속성은 glLight(..) 함수에 의해 지정된다.
- 광원은 위치(position)와 색(color)을 갖는다.
- 광원의 강도 (intensity)는 색의 강도에 의해 결정된다.

```
GLfloat position[] = {0, 1, 0, 0};          // directional light
GLfloat white_color[] = {1, 1, 1, 1};
glEnable(GL_LIGHT0);
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_POSITION, position); // light position
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE, white_color); // light color
```

OpenGL Light Source Position

- 광원은 infinite light (혹은 directional light)이거나 local light (혹은 positional light)이다.
  - Infinite light source의 모든 빛은 같은 방향을 갖는다.
  - Local light source는 공간의 특정지점에서 오는 빛이다.
  - 광원의 위치의 4번째 값이 0이면 infinite light (directional light)이고, 1이면 local light (point light)이다.
- 예제:

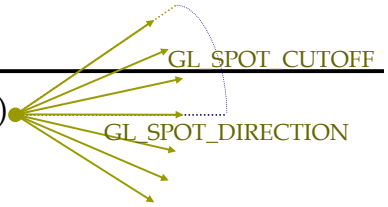
```
// directional light comes from above
GLfloat position0[] = {0, 1, 0, 0};
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_POSITION, position0);
// point light comes from point (0, 1, 0)
GLfloat position1[] = {0, 1, 0, 1};
glLightfv(GL_LIGHT1, GL_POSITION, position1);
```

OpenGL Light Source Position

- 광원의 위치는 현재 변환 (transformation)에 영향을 받는다.
- Light은 세계 좌표계 (world coordinates system)에서 정의될 수 있도록 카메라 변환 후에 지정하는 것이 좋다.
- Light은 또한 객체와 같이 변환 행렬에 의해 움직일 수 있다.
- 예제:

```
// make a point light comes from position (5, 0, 7)
GLfloat position[] = {0, 0, 0, 1};
glPushMatrix();
glTranslatef(5, 0, 7);
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_POSITION, position);
glPopMatrix();
```

OpenGL Light Sources



- 점적/집중 광원 (spot light source)
  - 방향지정 벡터 (spot light direction)
  - 절단 각도 (spot light cutoff)
  - 높은 계수 (spot light exponent) 를 사용하면 보다 많은 spot light 생김

```
GLfloat direction[] = {0.0, -1.0, 0.0};
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_SPOT_DIRECTION, direction);
glLightf(GL_LIGHT0, GL_SPOT_CUTOFF, 15.0f);
glLightf(GL_LIGHT0, GL_SPOT_EXPONENT, 10.0f)
```

- 빛의 감쇠 (attenuation): $1/(a + bd + cd^2)$
  - Default a = 1, b=0, c=0

```
glLightf(GL_LIGHT0, GL_CONSTANT_ATTENUATION, 2.0f);
glLightf(GL_LIGHT0, GL_LINEAR_ATTENUATION, 1.0f);
glLightf(GL_LIGHT0, GL_QUADRATIC_ATTENUATION, 0);
```

OpenGL Multiple Lights

- OpenGL에서는 GL_LIGHT0, GL_LIGHT1, .. 등으로 지정함으로써 여러 개의 광원을 동시에 활성화할 수 있다.
- 최대 8개까지의 광원을 사용할 수 있다.

```
GLfloat position[] = {-1, 1, 2, 0};
glEnable(GL_LIGHT1);
glLightfv(GL_LIGHT1, GL_POSITION, position);
```

- 너무 많은 light을 사용하면 계산량이 늘어나게 되고 따라서 렌더링 속도를 늦출 수 있다.

OpenGL Materials

- 재질 속성은 표면이 빛을 어떻게 반사하는지를 나타내준다.
- 재질은 기본적으로 표면의 색을 말한다.
- 조명이 활성화되면, glColor는 무시되고 재질(material)이 대신 사용된다.
- 재질 속성은 glMaterial 함수를 사용하여 지정한다.

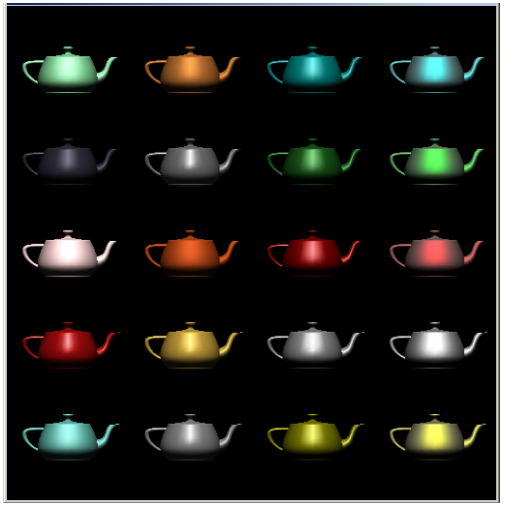
```
glMaterialfv(face, property, value)
```

  - Face: e.g. GL_FRONT, GL_BACK, GL_FRONT_AND_BACK
  - Property: e.g. GL_AMBIENT, GL_DIFFUSE, GL_SPECULAR, GL_SHININESS, GL_EMISSION, etc
  - Value: the reflection coefficients
  - Nonzero GL_EMISSION makes an object appear to be giving off light of that color

Example

- Teapot의 재질예제

Only differences in these teapots are the parameters in the modified Phong model



OpenGL Light Color

- OpenGL에서 광원은 색(color)과 강도(intensity)를 가지고 있으며, 기본값은 백색이다.
- 우리가 보는 객체의 색은 빛의 색 (light color)과 재질의 색 (material color) 둘 간의 합성으로 결정된다.
  - 빛의 색은 얼마나 RGB 빛이 객체에서 빛나는지를 말한다.
  - 재질의 색은 얼마나 RGB 빛이 객체에서 반사되는지를 말한다.
  - White light * red material = red
  - Red light * white material = red
  - Red light * blue material = black
  - Yellow light * cyan material = green

OpenGL Ambient/Diffuse/Specular Light

- OpenGL 조명 모델에서는 3가지 형태의 반사광을 고려함.
- Ambient light (환경광): 다른 일반 표면에서 반사되어 나오는 빛. 장면을 전반적으로 밝게 함.
- Diffuse light (난반사광): 특정 방향으로 진행하다가 표면에 닿으면 모든 방향으로 동일하게 반사됨. 관찰자의 위치와 무관함. 가장 일반적인 형태임.
- Specular light (정반사광): 특정 방향으로 진행하다가 표면에 닿으면 한 방향으로 강하게 반사됨. 반짝이는 표면을 모델링할 때 이용됨.

OpenGL Ambient Light

- 환경광은 간접적으로 들어오는 빛을 시뮬레이션함.
- 표면의 방향과는 상관없이 사방에 일정한 밝기의 빛이 고르게 퍼져있다고 가정함.
- 환경광효과는 광원의 환경광색과 재질의 환경광색으로 지정됨.

```
GLfloat gray[] = {0.1, 0.1, 0.1, 1};
GLfloat white[] = {1, 1, 1, 1};
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, gray);
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_AMBIENT, white);
```

- 또한 glLightModel 함수를 사용하여 전역적 환경광을 지정할 수 있음.

```
glLightModelfv(GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT, gray);
```

OpenGL Specular Light

- 정반사광은 표면에 반짝이는 highlights를 생성함.
- 정반사광의 3가지 속성:
  - 재질의 정반사 색
  - 재질의 반짝임 (shininess)
  - 광원의 정반사 색

```
GLfloat white[] = {1, 1, 1, 1};
glLightfv(GL_LIGHT0, GL_SPECULAR, white);
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR, white);
glMaterialf(GL_FRONT, GL_SHININESS, 50);
```

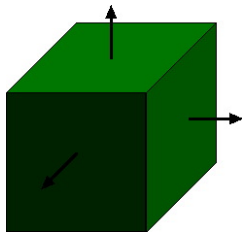
- GL_SHININESS값이 높으면 작은 면적의 highlight이 생성
- 정반사광을 비활성화하고자 하면, 정반사광색을 검정색 (0, 0, 0)으로 지정함.

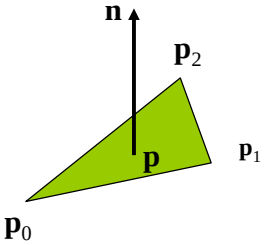
Surface Orientation

- Lighting에서 빛이 표면에서 얼마나 반사되는지 계산하기 위해서 OpenGL은 표면이 어느 방향을 향하고 있는지 알아야 한다.
- 표면의 방향 (surface orientation)과 빛의 방향은 빛의 난반사광 (diffuse light)의 밝기를 결정짓는다.
- 표면의 방향 (surface orientation), 빛의 방향 (light direction), 관찰자를 향하는 방향벡터 (direction to the viewer)는 정반사광 (specular light)의 밝기를 결정짓는다.

Surface Normal

- 표면의 방향 (orientation)은 표면에 수직을 이루는 법선벡터에 의해 정의된다.
- 면의 법선 벡터는 (벡터의 길이가 1인) 단위벡터 (unit vector) 이어야 한다.





$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{p} - \mathbf{p}_0) = 0$

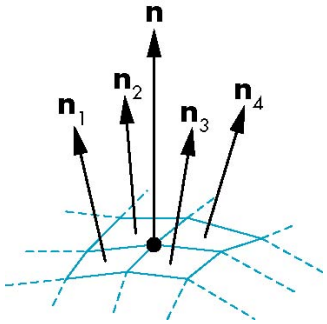
$\mathbf{n} = (\mathbf{p}2 - \mathbf{p}0) \times (\mathbf{p}1 - \mathbf{p}0)$

normalize $\mathbf{n} \leftarrow \mathbf{n} / |\mathbf{n}|$

Vertex Normal

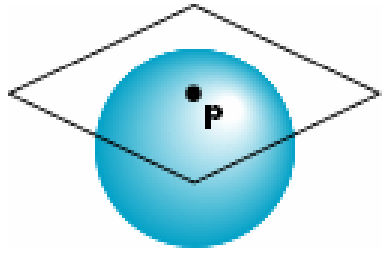
- 정점의 법선벡터
  - 그 정점을 공유하는 근접한 면의 법선벡터의 평균치를 계산하여 사용함.

$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{|n_1 + n_2 + n_3 + n_4|}$$



Normal to Sphere

- Implicit function of Sphere:
  - $f(x,y.z)=0$
- Unit Sphere:
  - $f(\mathbf{p})=\mathbf{p}\cdot\mathbf{p}-1 = 0$
- 구의 법선벡터
  - $n = [\partial f/\partial x, \partial f/\partial y, \partial f/\partial z]^T = \mathbf{p}$



OpenGL Normal

- OpenGL에서 면의 법선벡터는 glNormal 함수로 지정
- OpenGL의 조명 계산에서는 각 정점의 법선벡터를 사용함
- 예제:

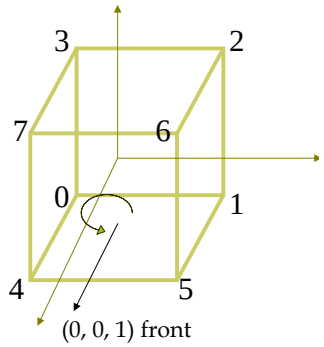
```
glBegin(GL_TRIANGLES);
glNormal3f(0, 1, 0);
glVertex3f(-1, 0, 0);
glNormal3f(0, 1, 0);
glVertex3f(1, 0, 0);
glNormal3f(0, 1, 0);
glVertex3f(0, 0, 2);
glEnd();
```

OpenGL Normal

- Shaded Cube를 그린다.

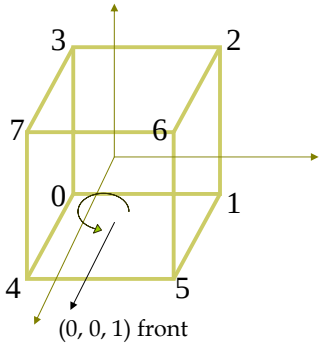
```
GLfloat vertex[][3] = {
        {-1.0,-1.0,-1.0},    { 1.0,-1.0,-1.0},
        { 1.0, 1.0,-1.0},    {-1.0, 1.0,-1.0},
        {-1.0,-1.0, 1.0},    { 1.0,-1.0, 1.0},
        { 1.0, 1.0, 1.0},    {-1.0, 1.0, 1.0}
};

GLfloat normal[][3] = {
        { 1.0,  0.0,  0.0},  // right
        { 0.0,  1.0,  0.0},  // top
        { 0.0,  0.0,  1.0},  // front
        {-1.0,  0.0,  0.0},  // left
        { 0.0, -1.0,  0.0},  // bottom
        { 0.0,  0.0, -1.0},  // back
};
```



OpenGL Normal

```
void polygon(int n, int b, int c , int d)
{
  glBegin(GL_POLYGON);
    glNormalfv(normal[n]);
    glVertex3fv(vertex[a]);
    glVertex3fv(vertex[b]);
    glVertex3fv(vertex[c]);
    glVertex3fv(vertex[d]);
  glEnd();
 }
void cube( )
{
   polygon(0, 5, 1, 2, 6);     // right
   polygon(1, 6, 2, 3, 7);     // top
   polygon(2, 6, 7, 4, 5);     // front
   polygon(3, 4, 7, 3, 0);     // left
   polygon(4, 4, 0, 1, 5);     // bottom
   polygon(5, 0, 3, 2, 1);     // back
}
```



Advanced OpenGL Lighting

- OpenGL에서 제공하는 lighting관련 기능들
  - Spotlights
  - Attenuation
  - Emissive materials
  - Two-sided lighting model
  - Color-material mode
  - Secondary specular color
  - Automatic rescaling of normals