

그래픽스 강의노트 08 - Texture

강영민

동명대학교

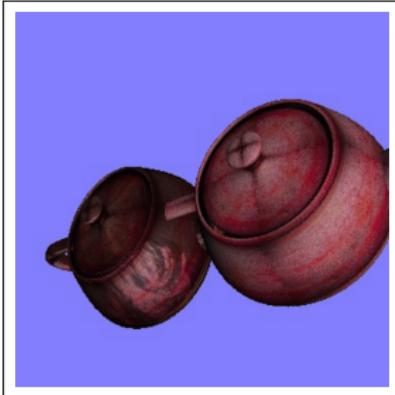
2015년 2학기

텍스처 매핑

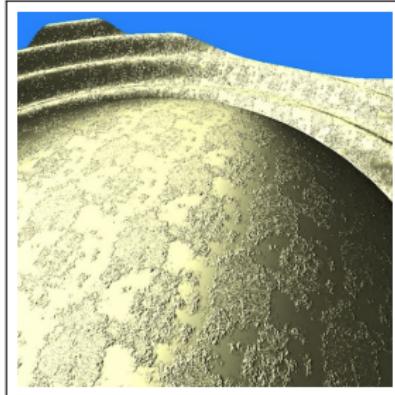
텍스처 매핑은 컴퓨터 그래픽스에서 어떤 물체의 표면에 추가적인 재질감이나, 색상 등을 입히는 작업이다. 자주 사용되는 매핑 몇 가지는 다음과 같다.

- 컬러 매핑: 이미지의 컬러를 표면에 입히는 텍스처 매핑
- 범프 매핑: 이미지를 활용하여 표면에 굴곡이 있는 것처럼 느끼게 만드는 매핑
- 환경매핑: 주변의 환경이 객체에 반사되는 형태로 입혀지는 텍스처 매핑

텍스처 매핑 결과 예시



(a) 컬러 매핑



(b) 범프 매핑



(c) 환경 매핑

텍스처 매핑의 방법 - 전방 매핑(forward mapping)

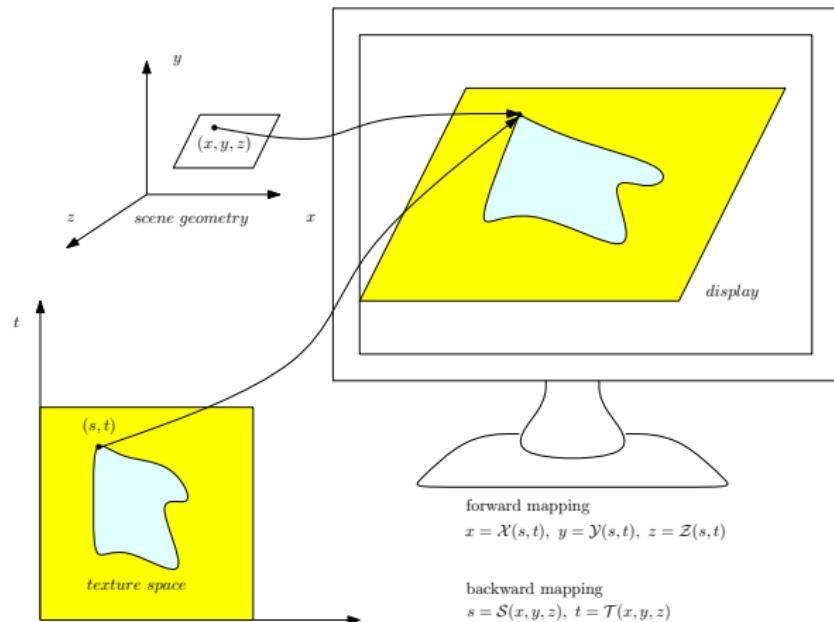
- 텍스처 매핑의 아이디어는 매우 간단
- 텍스처 공간에서의 좌표 (s, t) 를 텍스처 좌표, 물체 표면의 좌표 (x, y, z) 를 전역공간 좌표라 함
- 장면을 표현하는 기하공간의 좌표 (x, y, z) 는 실수 원소를 가지는 데에 반해 텍스처 공간의 좌표 (s, t) 는 정수 원소
- 하나의 정수 좌표에 의해 얻어지는 텍스처 이미지 상의 한 점을 텍셀(texel)
- 화면에 그려질 때 화면 좌표계의 한 점을 화소 혹은 픽셀(pixel)

매핑이라는 것은 텍스처가 표현하는 정보를 장면을 표현하는 기하 공간의 물체로 옮기면 되므로, 이것을 이런 매핑 함수로 구현할 수 있다.

$$x = \mathcal{X}(s, t), \quad y = \mathcal{Y}(s, t), \quad z = \mathcal{Z}(s, t)$$

후방 매핑(backward mapping)

- 전방 매핑: 텍스처 이미지는 정수개의 픽셀로 구성된 텍셀을 객체에 옮겨 놓게 되면 빈 공간이 생길 수 있음
- 실제 텍스처 매핑은 역방향 매핑(backward mapping)을 수행
- $s = \mathcal{S}(x, y, z), t = \mathcal{T}(x, y, z)$



OpenGL을 이용한 텍스처 매핑 구현

OpenGL에서 텍스처를 적용하는 과정은 다음과 같은 3 개의 단계를 거친다.

- 텍스처 지정 - 이미지 읽기 혹은 생성, 텍스처 지정, 텍스처 사용 가능하게 하기
- 각 정점에 텍스처 좌표 지정 - 매핑 함수는 응용 프로그램의 몫
- 텍스처 파라미터 설정 - 래핑(wrapping), 필터링(filtering) 방법 설정

텍스처 이미지 데이터 만들기

```
\begin{lstlisting}
GLubyte myTex[TEXSIZE][TEXSIZE][3];    // TEXSIZE는 16으로 정의된 것으로 가정하자
void CreateTexture(void) {
    for(int i=0;i<TEXSIZE; i++) {
        for(int j=0;j<TEXSIZE; j++) {
            for(int k=0;k<3;k++) {
                myTex[i][j][k] = (GLubyte) (255*float(rand()%1000)/999.0);
            } // end k
        } // end j
    } // end i
}
```

OpenGL 텍스처 데이터 생성

- 앞의 배열은 이미지를 담고 있을뿐 오픈지엘이 사용할 수 있는 텍스처가 아님
- 오픈지엘에서 활용할 수 있는 텍스처로 만드는 방법은 glTexImage2D 같은 함수를 사용하는 것
- 다음의 코드는 glTexImage2D를 이용하여 앞서 준비한 배열(이미지)를 오픈지엘 텍스처로 만드는 작업을 수행

```
\begin{lstlisting}
void SetupTexture(void)
{
    glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGB,
                 TEXSIZE, TEXSIZE, 0, GL_RGB,
                 GL_UNSIGNED_BYTE, &myTex[0][0][0]) ;

    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_CLAMP);
    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
}
```

glTexImage2D의 파라미터

- glTexImage2D는 2차원 텍스처 (GL_TEXTURE_2D)를 생성하는 것
- 크기가 TEXSIZE × TEXSIZE
- 각각의 원소가 GL_UNSIGNED_BYTE임
- 이미지의 각 원소는 GL_RGB 모드로 저장되어 있음을 알려줌

텍스처 파라미터 설정

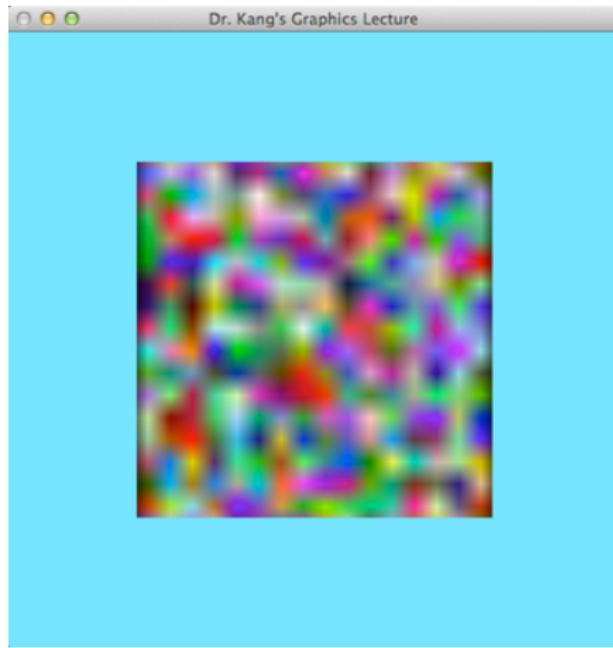
- 이어지는 코드는 텍스처 좌표 s 와 t 가 [0,1]의 범위를 넘어설 때에 어떻게 할 것인지를 지정
- GL_CLAMP는 0보다 작거나, 1보다 큰 경우, 각각 0와 1로 취급
- 1을 넘을 경우 다시 0에서 시작하게 하는 방식은 GL_WRAP
- MAG/MIN 필터는 텍스처가 원래의 크기보다 더 큰 공간으로 가거나, 더 작은 공간으로 갈 때, 보간을 수행하거나(GL_LINEAR), 가장 가까운 텍셀을 사용하는(GL_NEAREST) 방식을 결정
- 마지막으로 GL_TEXTURE_2D를 사용할 수 있도록 glEnable 함수를 이용하여 상태 변경

객체 그리기

그림을 그리는 것은 다음과 같이 각각의 정점에 텍스처 좌표 (s, t) 를 지정한다. 이렇게 정점별로 텍스처 좌표가 지정되면, 폴리곤 내부의 점들의 텍스처 좌표는 선형보간을 통해 결정된다.

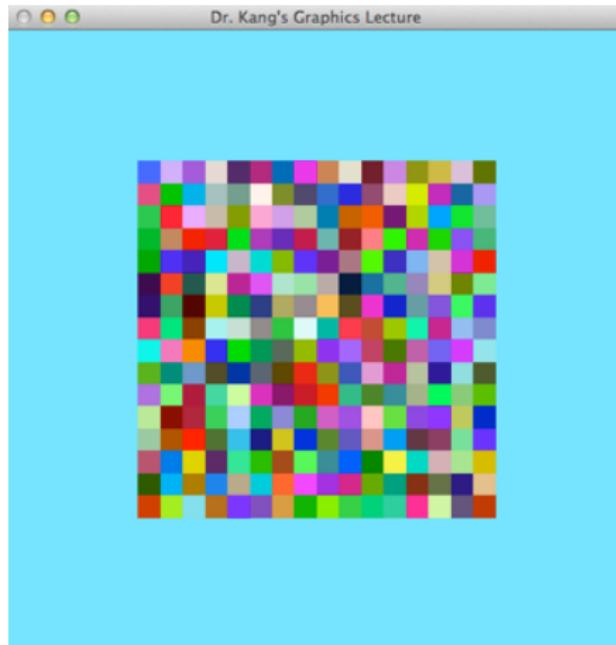
```
void drawAPlane( void ) {  
    float m=-1;  
    float p= 1;  
    glBegin(GL_QUADS);  
        glTexCoord2f(0 , 1);  
        glVertex3f(m,p,0);  
        glTexCoord2f(0 , 0);  
        glVertex3f(m,m,0);  
        glTexCoord2f(1 , 0);  
        glVertex3f(p,m,0);  
        glTexCoord2f(1 , 1);  
        glVertex3f(p,p,0);  
    glEnd();  
}
```

결과 1



이때 이 이미지가 흐리게 나타나는 이유는 `GL_TEXTURE_MAG_FILTER`를 `GL_LINEAR`로 설정했기 때문.

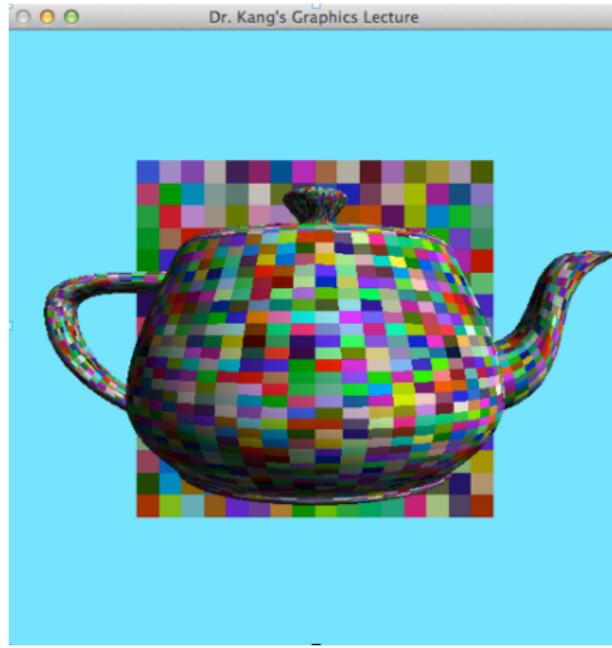
결과 2



GL_TEXTURE_MAG_FILTER를 GL_NEAREST로 바꾸면 텍셀 값을 보간하지 않고 가장 가까운 값을 그대로 가지고 오기 때문에 원래의 이미지를 또렷하게 확대한 장면을 얻는다.

결과 3

텍스처를 사용한 상태에서 `glutSolidTeapot(...)`을 호출하면 다음과 같이 그려진다. 이때 앞서 다룬 조명을 제대로 설정해야 주전자가 음영을 갖고 그려진다.



이미지 읽어 텍스처로 사용하기

- 이미지 파일을 직접 절차적으로 생성하는 방식은 다양한 텍스처를 손쉽게 만들 수 있는 방법은 아님
- 효율적인 방법은 이미지 편집 도구를 이용하여 텍스처 이미지를 만들고, 이를 불러서 사용하는 것
- 이미지 파일을 다루는 코드를 작성해야 함
- 우리는 이를 직접 작성하지 않고, 이미 만들어져 공개된 소스를 활용
- 이미지를 읽어들이는 방법은 STB Image 라이브러리를 사용할 것이며, 이 라이브러리는 다음 URL에서 구할 수 있음

http://www.nothings.org/stb_image.c

STB Image 라이브러리로 이미지 읽기

```
int width, height, bitsPerPixel;
unsigned char *data = stbi_load("cosmos.jpg", &width, &height,
                                &bitsPerPixel, 0);
glGenTextures(1, &texture);
 glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
 glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGB, width, height, 0,
              GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, data);
```

이미지를 활용한 텍스처 생성

```
texture.h
...
GLuint setTexture(char *filename);
...

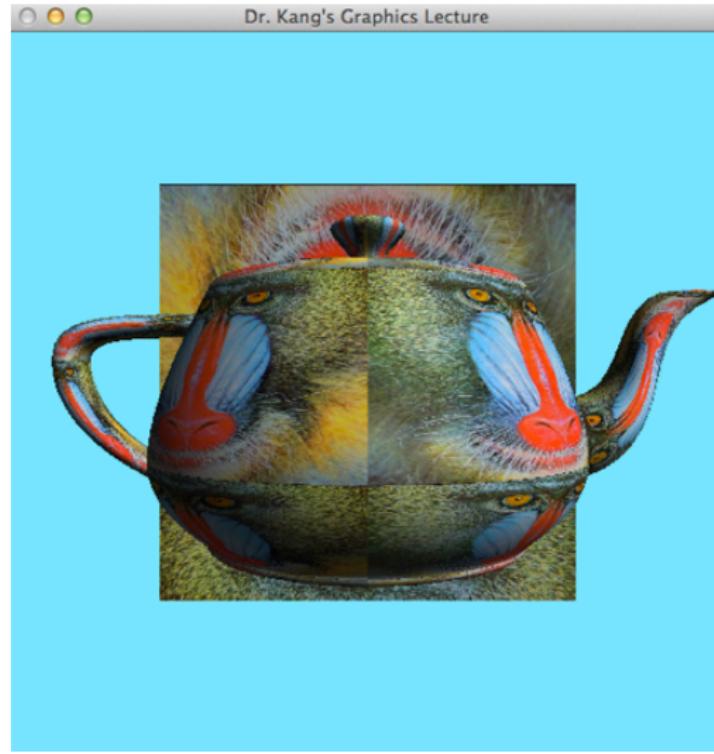
texture.cpp
...
#include "STBImage.h"
GLuint setTexture(char *filename) {
    GLuint texture;
    int width, height, bitsPerPixel;
    unsigned char *data = stbi_load(filename, &width, &height, &bitsPerPixel, 0);
    glGenTextures(1, &texture);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
    glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGB,
    width, height, 0, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, data);

    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);
    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    return texture;
}
```

텍스처 적용하기

```
void display() {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
    gluLookAt(0, 0, 3, 0, 0, 0, 0, 1, 0);
    LightPositioning();
    drawAPlane();
    glutSolidTeapot(1.0);
    glutSwapBuffers();
}
```

텍스처 적용 결과



복수의 텍스처 사용 - 텍스처 바인딩(binding)

- 두 개의 텍스처를 다룰 수 있도록 텍스처를 가리키는 번호를 저장할 두 개의 변수 사용
- 각각의 텍스처를 사용해야 할 때마다, 원하는 텍스처를 지정
- 텍스처 바인딩(texture binding)

```
GLuint tex1, tex2;  
tex1 = setTexture("baboon.jpg");  
tex2 = setTexture("cartoon.jpg");  
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex1);  
drawAPlane();  
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex2);  
glutSolidTeapot(0.75);
```

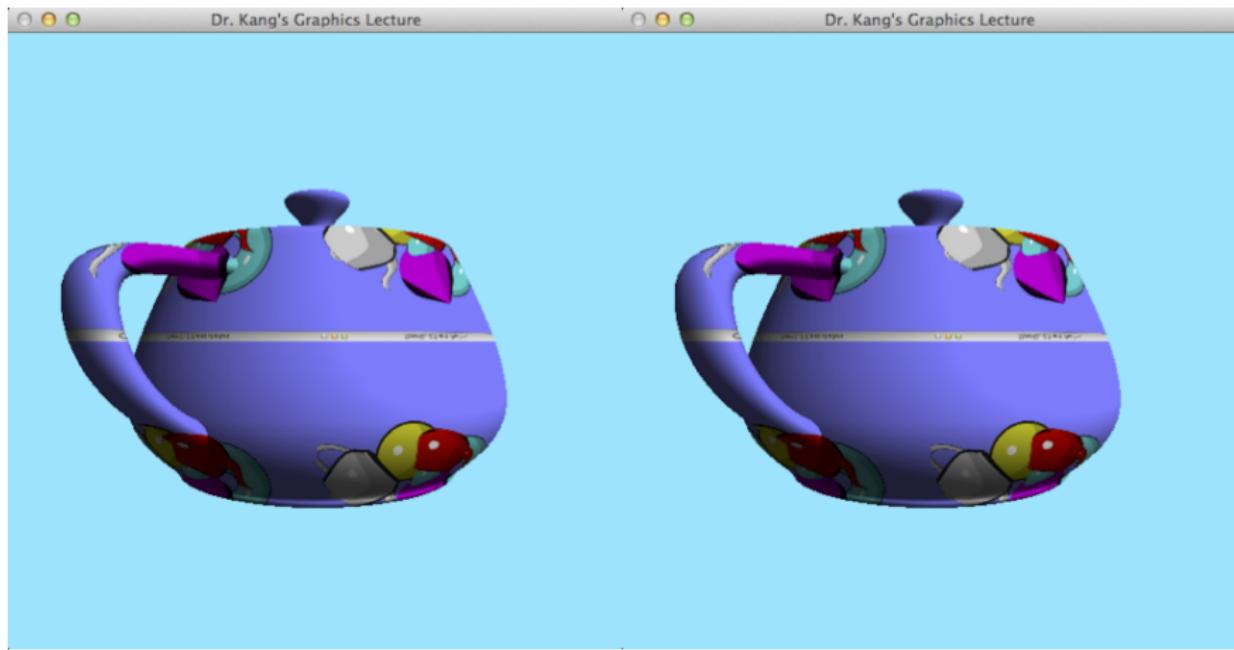
텍스처 좌표 자동생성

- 텍스처 좌표를 자동으로 생성할 수 있다면, 일일히 텍스처 좌표를 지정하지 않아도 됨
- 환경 매핑과 같은 경우에 이 기법이 유용하게 사용
- OpenGL이 자동으로 각 정점의 텍스처 좌표를 결정하는 방법이 있음
- 이를 위해서는 아래와 같이 자동 생성이 가능하도록 해야 함

```
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S);  
glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
```

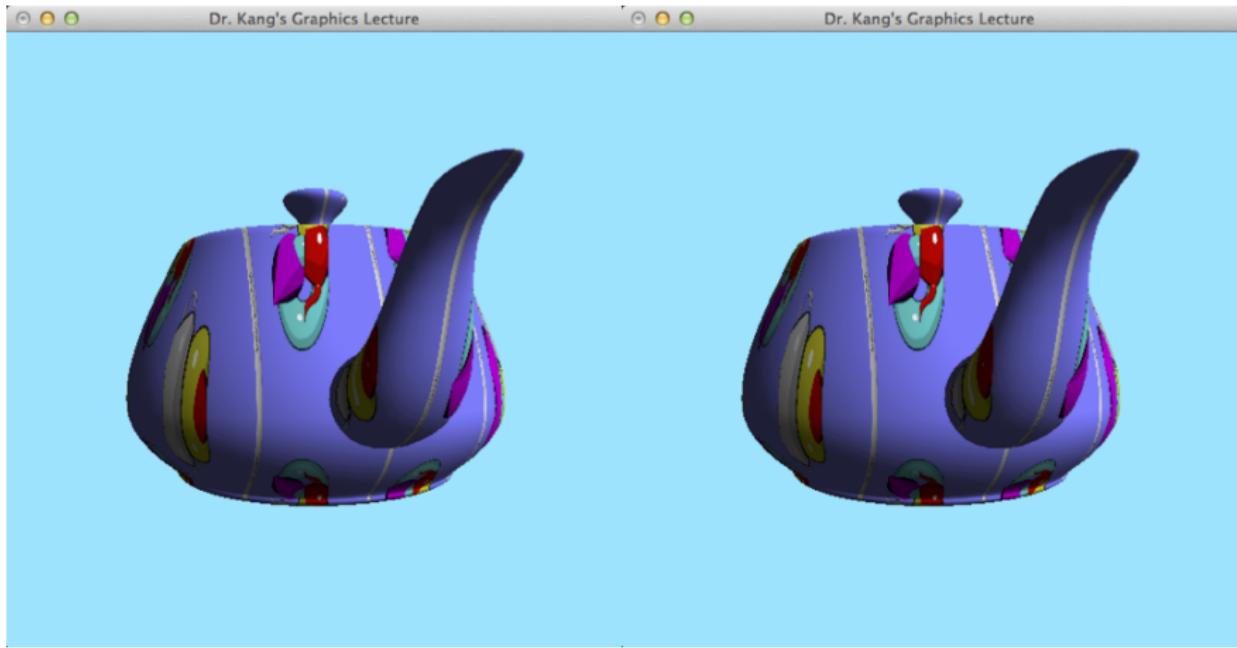
GL_EYE_LINEAR

```
glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_EYE_LINEAR);  
glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_EYE_LINEAR);
```



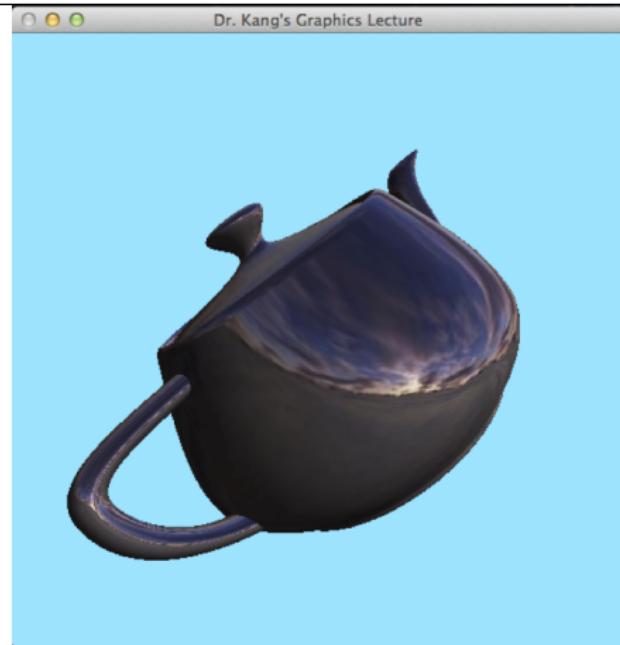
GL_OBJECT_LINEAR

```
glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);  
glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
```



GL_SPHEREMAP

```
glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_SPHERE_MAP);  
glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_SPHERE_MAP);
```



텍스처 좌표 자동생성 비교

```
glTranslated(-0.5, 0.0, 0.0);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex1);
 glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S); glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
 glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_EYE_LINEAR);
 glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_EYE_LINEAR);
 glutSolidTeapot(0.6);
glTranslated(0.5, 0.0, 0.0);
 glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S); glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
 glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
 glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
 glutSolidTeapot(0.6);
glTranslated(0.5, 0.0, 0.0);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex2);
 glEnable(GL_TEXTURE_GEN_S); glEnable(GL_TEXTURE_GEN_T);
 glTexGenf(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_SPHERE_MAP);
 glTexGenf(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_SPHERE_MAP);
 glutSolidTeapot(0.6);
```

텍스처 좌표 자동생성 비교

