

Graphics Programming

321190
2008년 봄학기¹
3/17/2007
박경신

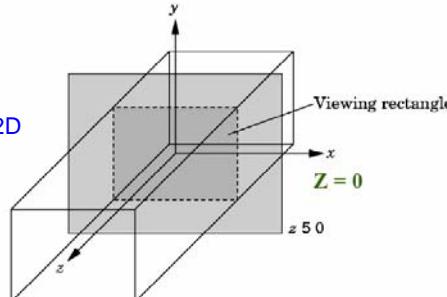
Viewing functions

▣ 직교 투영 (Orthographic parallel projection)

- void glOrtho(GLdouble left, GLdouble right, GLdouble bottom, GLdouble top, GLdouble zNear, GLdouble zFar);
- void gluOrtho2D(GLdouble left, GLdouble right, GLdouble bottom, GLdouble top); - 2차원 그래픽스에 사용

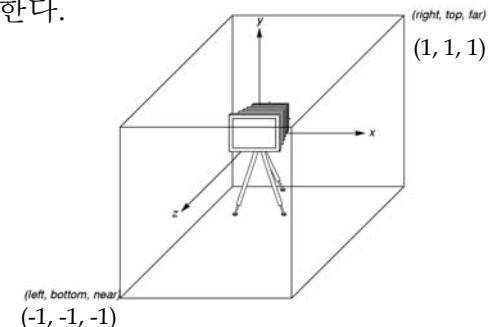
```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glOrtho2D(0.0, 50.0, 0.0, 50.0); //2D
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
```

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glOrtho(-10, 10, -10, 10, -10, 10);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
```



OpenGL Camera

- ▣ OpenGL에서는 카메라가 물체의 공간(drawing coordinates)의 원점(origin)에 위치하며 z- 방향으로 향하고 있다.
- ▣ 관측공간을 지정하지 않는다면, 디폴트로 $2 \times 2 \times 2$ 입방체의 viewing volume을 사용한다.

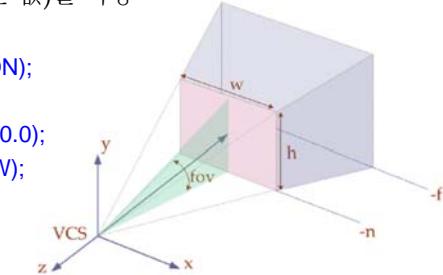


Viewing functions

▣ 원근 투영 (Perspective projection)

- void glFrustum(GLdouble left, GLdouble right, GLdouble bottom, GLdouble top, GLdouble zNear, GLdouble zFar);
- void gluPerspective(GLdouble fovy, GLdouble aspect, GLdouble zNear, GLdouble zFar); - 상하좌우값을 설정하는 대신 y방향의 시선각도 (FOV)와 종횡비(가까운 쪽 클리핑 평면의 너비를 높이로 나눈 값)를 사용

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
gluPerspective(60.0, 1.0, 1.0, 10.0);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
```



Viewport functions

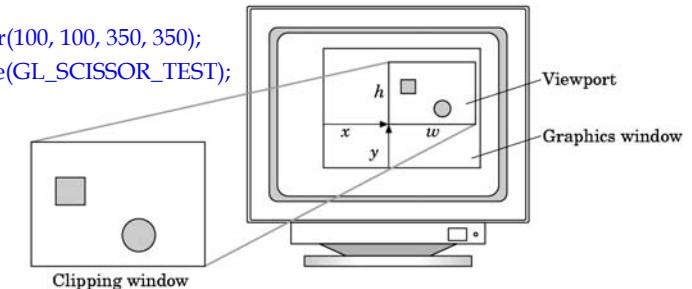
- ▣ 뷰포트 (Viewport)
 - 윈도우 내부에 설정한 공간. 그리기가 뷰포트 내부로 제한됨.
- ▣ void glViewport(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height)
 - 윈도우를 처음 생성할 때 전체 윈도우에 해당하는 픽셀 영역을 뷰포트로 설정; 이보다 작은 영역을 뷰포트로 설정할 때는 glViewport() 사용. 일반적으로 윈도우 전체를 뷰포트로 사용.
 - Reshape function이 있을 경우, glViewport()가 반드시 포함되어야 함.

```
glViewport(0, 0, glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH),  
          glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT));
```

Viewport functions

- ▣ void glScissor(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height)
 - 윈도우의 직사각형 분할 및 그 분할 내에서의 그릴 때의 제한 사항 등을 정의
 - 일반적으로 glViewport()와 동일하게 정의함

```
glScissor(100, 100, 350, 350);  
glEnable(GL_SCISSOR_TEST);
```

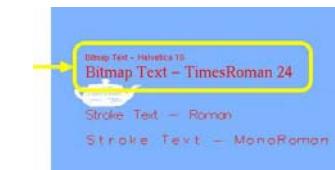


Text Functions

- ▣ GLUT에 정의된 문자 집합 제공. 문자열에는 획(stroke)과 래스터 (raster) 두 종류가 있다.
- ▣ Bitmap font (raster font) text
 - void glutBitmapCharacter(void *font, int character);
 - font 인자
 - ▣ 고정폭 폰트 - E.g. GLUT_BITMAP_8_BY_13, GLUT_BITMAP_9_BY_15
 - ▣ 10, 12, 18 포인트 비례 간격 폰트 - e.g. GLUT_BITMAP_TIMES_ROMAN_10
 - character 인자는 ASCII
- ▣ Stroke font text
 - void glutStrokeCharacter(void *font, int character);
 - font 인자
 - ▣ GLUT_STROKE_ROMAN, GLUT_STROKE_MONO_ROMAN

Bitmap Text

- ▣ glutBitmapCharacter()는 비트맵 (bitmap = arrays of pixel data) 폰트를 사용하여 문자를 그린다.
- ▣ 비트맵 문자의 위치는 glRasterPos*를 사용하여 지정한다.
 - glRasterPos2f(x, y)
 - glRasterPos3f(x, y, z)
- ▣ 비트맵의 문자는 크기가 변하지 않는다. (unaffected by scaling or perspective)
- ▣ 화면에 일정한 곳에 위치하고 있다. 만약 래스터 위치가 뷰포트 밖에 위치하고 있다면 비트맵 문자는 그려지지 않는다.



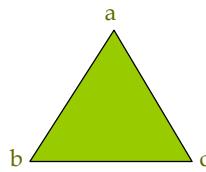
Stroke Text

- glutStrokeCharacter() 는 3차원 선으로 문자를 그린다.
- 따라서, GL의 변환 (즉, position, size, and orientation)에 의해 영향을 받는다.
- glutStrokeCharacter()는 다음 글자(character)를 그리기 위해 자체적으로 transformation을 한다.

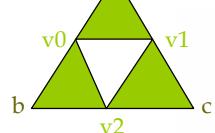


Sierpinski Gasket (2D)

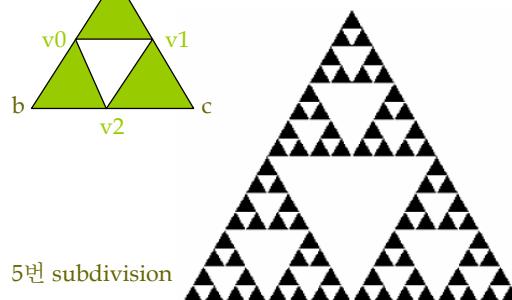
- 삼각형에서 시작한다.



- 삼각형 각 변의 이등분선(bisector)을 연결하고, 중앙의 작은 삼각형을 지운다.



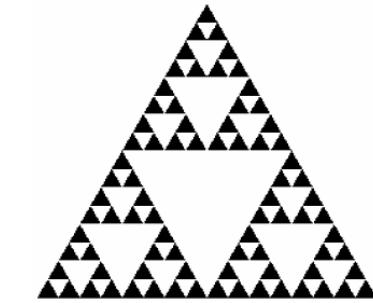
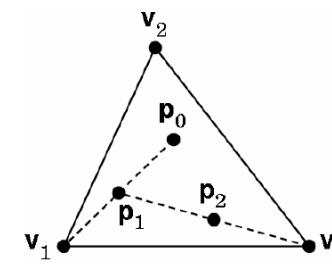
- 반복(Repeat)



Sierpinski Gasket

- A sample problem of drawing of the Sierpinski gasket

- Pick an initial point at random inside the triangle, P_0
- Select one of the 3 vertices at random, v_1
- Find the point halfway, P_1
- Display this new point
- Replace the initial point with this new point
- Return to step 2



Sierpinski Gasket (2D)

```
/* recursive subdivision of triangle to form Sierpinski gasket */
#include <GL/glut.h>

/* initial triangle */
GLfloat v[3][2]={{-1.0, -0.58}, {1.0, -0.58}, {0.0, 1.15}};
int n;

void triangle( GLfloat *a, GLfloat *b, GLfloat *c)
{
    /* specify one triangle */
    glVertex2fv(a);
    glVertex2fv(b);
    glVertex2fv(c);
}

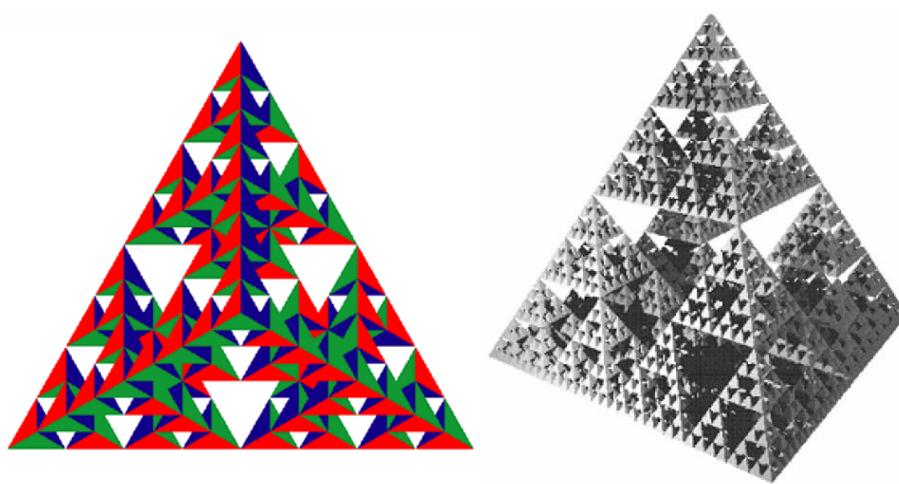
void divide_triangle(GLfloat *a, GLfloat *b, GLfloat *c, int m)
{
    /* triangle subdivision using vertex numbers */
    GLfloat v0[2], v1[2], v2[2];
    int j;
    if(m>0)
    {
        for(j=0; j<2; j++) v0[j]=(a[j]+b[j])/2;
        for(j=0; j<2; j++) v1[j]=(a[j]+c[j])/2;
        for(j=0; j<2; j++) v2[j]=(b[j]+c[j])/2;
        divide_triangle(a, v0, v1, m-1);
        divide_triangle(c, v1, v2, m-1);
        divide_triangle(b, v2, v0, m-1);
    }
    else triangle(a,b,c); /* draw triangle at end of recursion */
}

void display()
{
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glBegin(GL_TRIANGLES);
    divide_triangle(v[0], v[1], v[2], n);
    glEnd();
    glFlush();
}

void myinit()
{
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluOrtho2D(-2.0, 2.0, -2.0, 2.0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);
    glColor3f(0.0,0.0,0.0);
}

int main(int argc, char **argv)
{
    n=atoi(argv[1]); /* or set number of subdivision steps here */
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(500, 500);
    glutCreateWindow("Sierpinski Gasket");
    glutDisplayFunc(display);
    myinit();
    glutMainLoop();
}
```

3D Gasket



3D Gasket

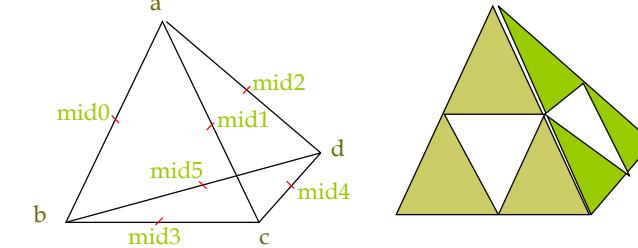
```
/* recursive subdivision of a tetrahedron to form 3D Sierpinski
gasket */
#include <stdlib.h>
#include <GL/glut.h>

/* initial tetrahedron */
GLfloat v[4][3]={{0.0, 0.0, 1.0}, {0.0, 0.942809, -0.33333},
{-0.816497, -0.471405, -0.333333},
{0.816497, -0.471405, -0.333333}};
GLfloat colors[4][3] = {{1.0, 0.0, 0.0}, {0.0, 1.0, 0.0},
{0.0, 0.0, 1.0}, {0.0, 0.0, 0.0}};
int n;
void triangle(GLfloat *va, GLfloat *vb, GLfloat *vc)
{
    glVertex3fv(va);
    glVertex3fv(vb);
    glVertex3fv(vc);
}

void tetra(GLfloat *a, GLfloat *b, GLfloat *c, GLfloat *d)
{
    glColor3fv(colors[0]);
    triangle(a, b, c);
    glColor3fv(colors[1]);
    triangle(a, c, d);
    glColor3fv(colors[2]);
    triangle(a, d, b);
    glColor3fv(colors[3]);
    triangle(b, d, c);
}
```

3D Gasket

- 3D Gasket은 각각의 4면에서 subdivision을 한다.



- 사면체 (solid tetrahedron) 내부의 작은 사면체를 지운다.

```
void display()
{
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glBegin(GL_TRIANGLES);
    divide_tetra(v[0], v[1], v[2], v[3], n);
    glEnd();
    glFlush();
}

void myReshape(int w, int h)
{
    glViewport(0, 0, w, h);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    if (w <= h)
        glOrtho(-2.0, 2.0, -2.0 * (GLfloat) h / (GLfloat) w, 2.0 * (GLfloat) h / (GLfloat) w, -10.0, 10.0);
    else
        glOrtho(-2.0 * (GLfloat) w / (GLfloat) h, 2.0 * (GLfloat) w / (GLfloat) h, -2.0, 2.0, -10.0, 10.0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glutPostRedisplay();
}

int main(int argc, char **argv)
{
    n=atoi(argv[1]); /* or enter number of subdivision steps here */
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH); Z-buffer algorithm 사용
    glutInitWindowSize(500, 500);
    glutCreateWindow("3D Gasket");
    glutReshapeFunc(myReshape);
    glutDisplayFunc(display);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);
    glutMainLoop();
}
```

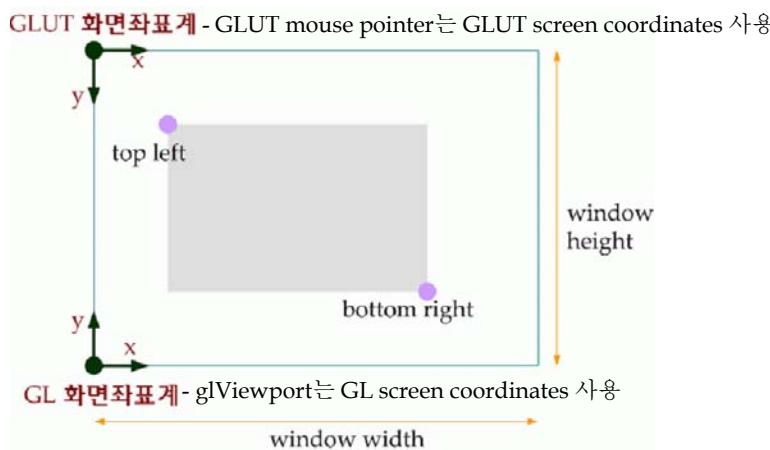
Using the Z-buffer

- ▣ 은면 제거 (Hidden surface removal)
 - 깊이 버퍼 (Z-buffer, depth buffer) 알고리즘
 - ▣ 픽셀 단위로 기하 객체(geometry)의 z(깊이) 값이 가장 작은 평면의 값을 그린다. 픽셀당 깊이 정보(depth value)를 저장하는 깊이 버퍼가 필요함
- ▣ Z-buffer 알고리즘
 - 깊이 버퍼를 초기화
 - ▣ glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH)
 - 깊이 정보 테스트 활성화
 - ▣ glEnable(GL_DEPTH_TEST);
 - display callback에서 깊이 버퍼를 지움
 - ▣ glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT)

RECAP - GLUT Coordinate Systems

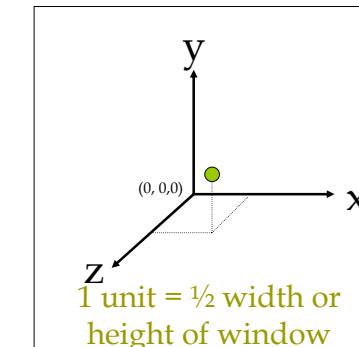
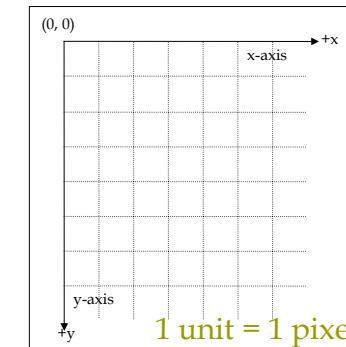
- ▣ Drawing commands that specify locations:
 - ▣ glutInitWindowPosition
 - Position to open a new window at, given in "desktop screen pixel coordinates"
 - ▣ glWindowPos
 - Position for glDrawPixels, given in "window pixel coordinates"
 - ▣ glRasterPos
 - Position for glDrawPixels, given in "drawing coordinates"
 - ▣ glVertex
 - Position of a shape's vertex, given in "drawing coordinates"

RECAP - GL/GLUT Coordinate Systems



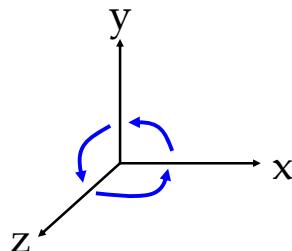
RECAP - Coordinate Systems

- ▣ Screen coordinate systems = GLUT mouse pointer coordinate systems
- ▣ OpenGL drawing coordinate systems



RECAP - RHS Coordinate Systems

- Right Hand Coordinate System (RHS) - z+가 화면 앞으로 튀어나오는 방향.
- Counter clockwise 방향으로 rotation을 함.
- X-축으로 rotation을 하면,
Y->Z 방향의 회전이 positive
- Y-축으로 rotation을 하면,
Z->X 방향의 회전이 positive
- Z-축으로 rotation을 하면,
X->Y 방향의 회전이 positive



RECAP - LHS Coordinate Systems

- Left Hand Coordinate System (LHS) - z+가 화면안으로 들어가는 방향.
- Clockwise 방향으로 rotation을 함.
- X-축으로 rotation을 하면,
Y->Z 방향의 회전이 positive
- Y-축으로 rotation을 하면,
Z->X 방향의 회전이 positive
- Z-축으로 rotation을 하면,
X->Y 방향의 회전이 positive

