단국대학교 멀티미디어공학 그래픽스 프로그래밍 기말고사 (2008년 봄학기) 2008년 6월 19일

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

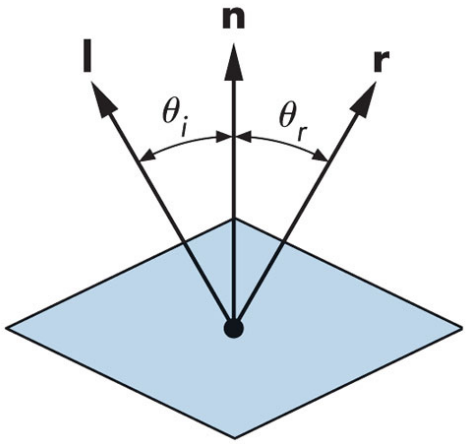
기말고사

담당교수: 단국대학교 멀티미디어공학전공 박경신

- 답은 반드시 답안지에 기술할 것. 공간이 부족할 경우 반드시 답안지 몇 쪽의 뒤에 있다고 명기한 후 기술할 것. 그 외의 경우의 답안지 뒤쪽이나 연습지에 기술한 내용은 답안으로 인정 안 함. 답에는 반드시 네모를 쳐서 확실히 표시할 것.
- 성적공고시 중간고사때 제출한 암호를 사용할 것임.

1. 다음 문제에 답하시오. (50점)

1) 표면의 법선 벡터 (normal vector) N과 표면에서 광원으로 향하는 광원 벡터 (light vector) L이 주어졌을 때, 반사 벡터 (reflection vector) R을 유도하라.



$$\theta_i = \theta_r$$

$$R = (N \cdot L)N + S$$

$$L = (N \cdot L)N - S$$

$$\Rightarrow S = (N \cdot L)N - L$$

$$\Rightarrow R = 2(L \cdot N)N - L$$

2) OpenGL의 glMatrixMode(GLenum mode)는 현재 행렬의 모드를 설정하는 함수이다. mode 인자 3가지를 간단히 설명하시오.

- glMatrixMode(GL_MODELVIEW)

연속되는 행렬 연산을 기하 변환 행렬(geometric transformation matrix) 스택에 적용한다. 3 차원 공간에 물체의 배치를 지정할 수 있다.

- glMatrixMode(GL_PROJECTION)

연속되는 행렬 연산을 투영행렬 (projection matrix) 스택에 적용한다. 3 차원 공간에 투영함수를 적용하는 행렬을 지정한다.

- glMatrixMode(GL_TEXTURE)

연속되는 행렬 연산을 텍스쳐 변환행렬 (texture transformation matrix) 스택에 적용한다. 텍스쳐의 변환을 적용하는 행렬을 지정한다.

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

3) 다음 관측함수 glOrtho(left, right, bottom, top, near, far), glFrustum(left, right, bottom, top, near, far), gluPerspective(fovy, aspect, near, far) 함수를 간단히 설명하고 관측공간을 그림으로 표시하라.

- glOrtho(left, right, bottom, top, near, far)

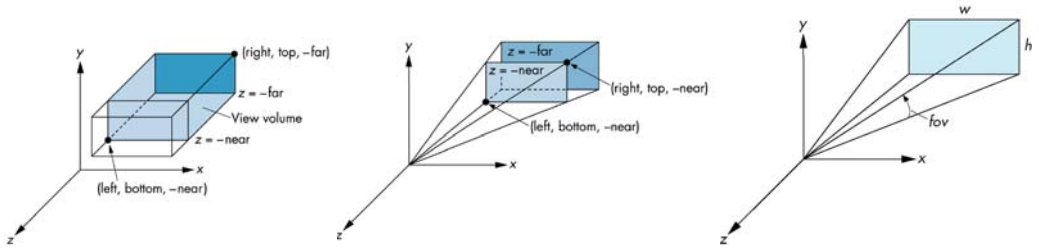
직교 투영 (orthogonal projection) 함수로 관측공간(viewing volume)은 직육면체이다.

- glFrustum(left, right, bottom, top, near, far)

투시 투영 (perspective projection)함수로 관측공간(viewing volume)은 절두체 (frustum – 잘려진 피라미드형태)이다.

- gluPerspective(fovy, aspect, near, far)

투시 투영 (perspective projection)함수로 fovy 는 y-축 방향에서의 시야(field of view) 각도, 종횡비 (aspect ratio), near, far 클리핑면으로 이루어져있다.



4) OpenGL에서 제공하는 광원 (light source)의 종류 4가지를 간단히 설명하시오.

- 환경 광원 (ambient light source) – 장면의 모든 점에 균일한 광도를 제공하는 광원
- 점 광원 (point light source) – 한 점을 중심으로 주변으로 퍼져나가는 광원
- 방향성 광원 (directional light source) – 빛이 물체면을 향하여 일정한 방향으로 진행하는 광원으로 원거리광원 또는 평행광원이라고 불림
- 점적 광원 (spot light source) – 점 광원의 특수한 형태로 원뿔과 같이 일정한 범위로 빛을 발하는 광원

5) 객체 공간 기법의 은면 제거 알고리즘을 2가지를 간단히 설명하라.

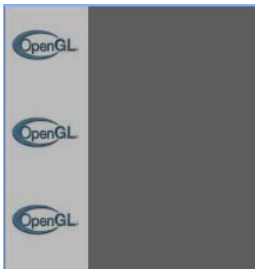
깊이 정렬 알고리즘 (Depth-sorting algorithm) – 폴리곤의 각 면을 깊이에 따라 정렬한 뒤, 먼 것부터 투영하여 그린다. Painter's algorithm라고도 불린다.

Binary Space Partitioning (BSP) tree – BSP tree를 사용하여 관측 방향에 따라 front, back을 구분하여 공간을 계속적으로 분할한다.

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

6) OpenGL 함수 glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, mode)는 텍스쳐 좌표값이 (0,1) 범위를 넘어선 값에 대해, mode가 GL_CLAMP는 s,t가 1보다 크면 1을 s,t가 0보다 작으면 1으로 값을 강제 조정하고, GL_REPEAT는 s,t%1을 사용하여 텍스쳐를 반복한다. 화면 출력결과를 참고하여 빈 칸을 채우시오.

glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, ___GL_CLAMP___);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, ___GL_REPEAT___);



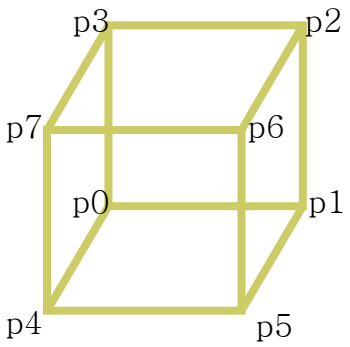
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, ___GL_REPEAT___);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, ___GL_REPEAT___);

7) 다음은 실습예제로 제공한 텍스쳐 환경변수 OpenGL 프로그램의 일부를 보여주고 있다. OpenGL 함수 glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, mode)는 텍스쳐와 음영간의 상호작용을 지정할 수 있게 한다. GL_MODULATE, GL_DECAL, GL_BLEND, GL_REPLACE 모드를 사용했을 때 텍스쳐 값이 어떻게 나타나는지 빈 칸에 간단히 설명하시오. C_t: 텍스쳐 색, C_f: 프레임버퍼의 색, C_b: 블렌딩 색

```
void draw()
{
// .. 중간 생략
    initLight();

    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    glColor3f(1.0, 1.0, 1.0);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texID);

    // 1. _GL_MODULATE 텍스쳐 색성분과 음영 색성분이 곱함_C = Ct*Cf_____________________
    glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE);
    glPushMatrix();
    glTranslatef(-1.1, 1.0, 0.0);
    glRotatef(-90.0, 1.0, 0.0, 0.0);
    gluSphere(quadric, 1.0, 16, 8);
    glPopMatrix();
```

```
    // 2. _GL_DECAL 텍스쳐 색성분이 객체의 색을 완전히 결정함_C = Ct _____
    glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_DECAL);
    glPushMatrix();
    glTranslatef(1.1, 1.0, 0.0);
    glRotatef(-90.0, 1.0, 0.0, 0.0);
    gluSphere(quadric, 1.0, 16, 8);
    glPopMatrix();

    // 3. _GL_BLEND 텍스쳐 색성분과 블렌딩 색과 합성함_C = (1 - Ct )Cf + Ct*Cb _____
    GLfloat blendcolor[] = {0.0, 1.0, 0.0, 0.5};
    glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_BLEND);
    glTexEnvfv(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_COLOR, blendcolor);
    glPushMatrix();
    glTranslatef(-1.1, -1.0, 0.0);
    glRotatef(-90.0, 1.0, 0.0, 0.0);
    gluSphere(quadric, 1.0, 16, 8);
    glPopMatrix();

    // 4. _GL_REPLACE 텍스쳐 색성분이 객체의 색을 완전히 결정함_ C = Ct _____
    glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_REPLACE);
    glPushMatrix();
    glTranslatef(1.1, -1.0, 0.0);
    glRotatef(-90.0, 1.0, 0.0, 0.0);
    gluSphere(quadric, 1.0, 16, 8);
    glPopMatrix();

    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, 0);
    glDisable(GL_TEXTURE_2D);
// .. 중간 생략
}
```

8) 다음은 입방체 (cube)를 그리는 OpenGL 프로그램의 일부이다. 빈 칸을 채우시오.




```
void drawCube()
{
    float vertex[8][3];
    vertex[0][0] = -1; vertex[0][1] = -1; vertex[0][2] = -1;
    vertex[1][0] = 1; vertex[1][1] = -1; vertex[1][2] = -1;
    vertex[2][0] = 1; vertex[2][1] = 1; vertex[2][2] = -1;
    vertex[3][0] = -1; vertex[3][1] = 1; vertex[3][2] = -1;
    vertex[4][0] = -1; vertex[4][1] = -1; vertex[4][2] = 1;
    vertex[5][0] = 1; vertex[5][1] = -1; vertex[5][2] = 1;
    vertex[6][0] = 1; vertex[6][1] = 1; vertex[6][2] = 1;
    vertex[7][0] = -1; vertex[7][1] = 1; vertex[7][2] = 1;

    float normal[6][3];
    normal[0][0] = 1.0; normal[0][1] = 0.0; normal[0][2] = 0.0;
    normal[1][0] = 0.0; normal[1][1] = 1.0; normal[1][2] = 0.0;
    normal[2][0] = 0.0; normal[2][1] = 0.0; normal[2][2] = 1.0;
    normal[3][0] = -1.0; normal[3][1] = 0.0; normal[3][2] = 0.0;
    normal[4][0] = 0.0; normal[4][1] = -1.0; normal[4][2] = 0.0;
    normal[5][0] = 0.0; normal[5][1] = 0.0; normal[5][2] = -1.0;
```

```
        glBegin( GL_QUADS );
        glNormal3fv( normal[0] ); // right (오른쪽)
        glVertex3fv( vertex[5] );
        glVertex3fv( vertex[1] );
        glVertex3fv( vertex[2] );
        glVertex3fv( vertex[6] );

        glNormal3fv( ___normal[1]___ ); // top (윗쪽)
        glVertex3fv( vertex[6] );
        glVertex3fv( ___vertex[2]___ );
        glVertex3fv( ___vertex[3]___ );
        glVertex3fv( ___vertex[7]___ );

..... // 중간 생략

        glNormal3fv( ___normal[5]__ ); //back (뒤쪽)
        glVertex3fv( vertex[0] );
        glVertex3fv( ___vertex[3]___ );
        glVertex3fv( ___vertex[2]___ );
        glVertex3fv( ___vertex[1] ___ );
        glEnd();
    }
```

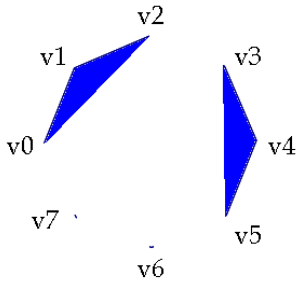
9) 다음은 구체(sphere)를 그리는 OpenGL 프로그램의 일부이다. 빈 칸을 채우시오.

```
void drawSphere(float radius, int stacks, int slices)
{
    float lon, lat, v[3], n[3];
    float lonstep = M_PI/stacks;
    float latstep = M_PI/slices;

    for (lon = 0.0; lon <= 2*M_PI; lon += (lonstep)) {
        glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);
        for (lat = 0.0; lat <= M_PI + latstep; lat += (latstep)) {
            n[0] = _____ cosf(lon)*sinf(lat);_____
            n[1] = _____sinf(lon)*sinf(lat);_____
            n[2] = _____cosf(lat);_____
            v[0] = radius * cosf(lon)*sinf(lat);
            v[1] = radius * sinf(lon)*sinf(lat);
            v[2] = radius * cosf(lat);
            glNormal3fv(n);
            glVertex3fv(v);

            n[0] = _____ cosf(lon + lonstep)*sinf(lat);_____
            n[1] = _____sinf(lon + lonstep)*sinf(lat);_____
            n[2] = _____cosf(lat);_____
            v[0] = radius * cosf(lon + lonstep)*sinf(lat);
            v[1] = radius * sinf(lon + lonstep)*sinf(lat);
            v[2] = radius * cosf(lat);
            glNormal3fv(n);
            glVertex3fv(v);
        }
        glEnd();
    }
}
```

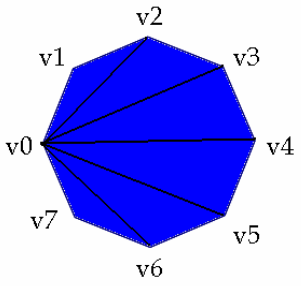
학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

10) 다음은 간단한 OpenGL 프로그램의 일부이다. 오른쪽 화면 출력결과를 참고하여 빈 칸을 채우시오.

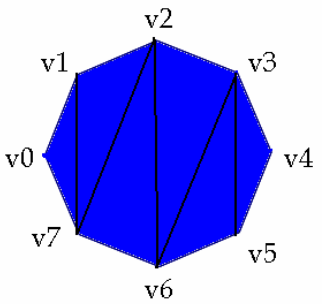
```
glPolygonMode(GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);
glBegin(_____GL_TRIANGLES_____);
for (int i = 0; i<8; i++)
    glVertex2fv(v[i]);
glEnd();
```




```
glPolygonMode(GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);
glBegin(___GL_TRIANGLE_FAN___);
for (int i = 0; i<8; i++)
    glVertex2fv(v[i]);
glEnd();
```



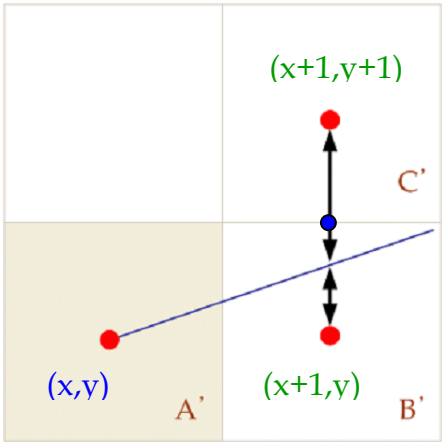

```
glPolygonMode(GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);
glBegin(___GL_TRIANGLE_STRIP___);
glVertex2fv(v[0]);
glVertex2fv(v[1]);
glVertex2fv(v[7]);
glVertex2fv(v[2]);
glVertex2fv(v[6]);
glVertex2fv(v[3]);
glVertex2fv(v[5]);
glVertex2fv(v[4]);
glEnd();
```



2. 래스터화 과정에서 선분을 그리는 Bresenham's Line Drawing 알고리즘을 간단히 설명하라. 그리고 DDA (Digital Differential Analyzer) 알고리즘과의 차이점을 비교하라. (10점)

DDA: y += (float) dy/dx 로 계산하고 round(y)를 이용하여 선분의 점을 그린다. 선분을 그리는데 일반 직선의 공식(y = mx + h)을 사용했을 때보다 부동 소수 곱셈을 부동소수 덧셈으로 변환하여 계산을 향상시켰으나 정수연산에 비해 느린 단점이 있다. 또한 round 함수를 실행하는 시간이 더 걸린다.

Bresenham's algorithm: 일명 Midpoint line drawing algorithm 으로 불린다. 모든 부동소수점(float) 계산을 피하고 정수(int) 계산 만을 이용한다.
화소 A(x,y)에서 중점 M(x+1, y+½)이 선분의 아래에 있으면 동쪽 화소 B (x+1, y)를 선택하고 아니면 동북쪽 화소 C(x+1, y+1)을 선택하는 방식이다.



Puedo code 는 아래와 같다.

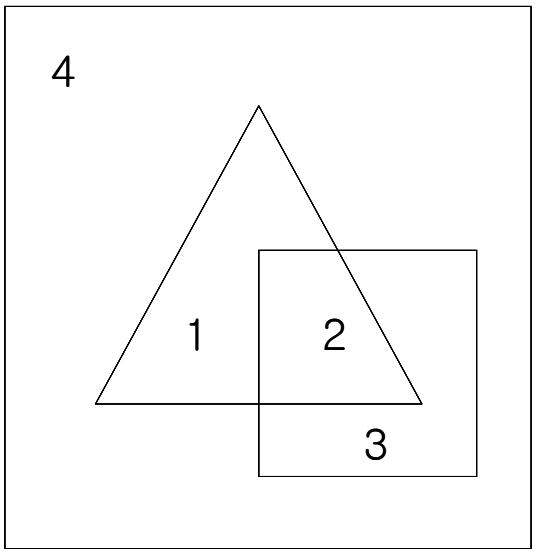
```
결정변수 D = 2dy – dx
if (D < 0)
        D += 2dy
else
        D += 2dy – 2dx
        y++
```

3. 다음은 초록색 배경에 빨간색 삼각형과 그 위에 파란색 사각형을 블렌딩하여 그리는 간단한 OPENGL 프로그램의 일부를 보여주고 있다. 아래와 같이 여러 가지 방법으로 블렌딩 함수를 사용했을 때 그림에서 1(삼각형 부분만), 2(삼각형과 사각형이 겹치는 부분), 3(사각형 부분만), 4(나머지 배경만)의 화면에 출력되는 최종 RGBA 색을 계산하여 표의 빈칸에 넣으시오. (20점)

블렌딩 공식: C = SourceFactor*C_s + DestinationFactor*C_d

```
void drawObject()
{
    glColor4f(1, 0, 0, 1);
    glBegin(GL_TRIANGLES);
    glVertex3f(0.0, 1.0, -3.0);
    glVertex3f(-1.0, -1.0, -3.0);
    glVertex3f(1.0, -1.0, -3.0);
    glEnd();

    glColor4f(0, 0, 1, 0.5);
    glBegin(GL_QUADS);
    glVertex3f(0.0, -1.0, -2.0);
    glVertex3f(1.0, -1.0, -2.0);
    glVertex3f(1.0, 0.0, -2.0);
    glVertex3f(0.0, 0.0, -2.0);
    glEnd();
}
```

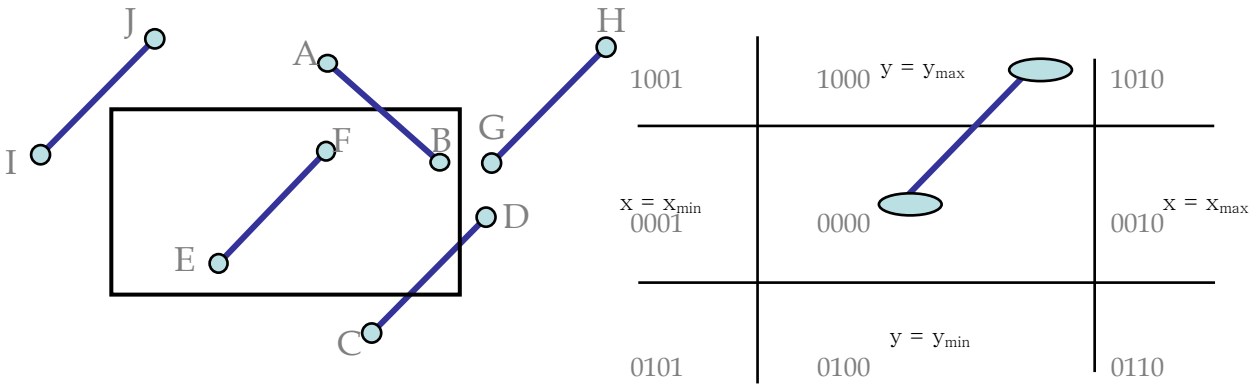
```
void draw()
{
   glClearColor(0, 1, 0, 1);
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
   glEnable(GL_BLEND);
   if (filter == 0)
         glBlendFunc(GL_ONE, GL_ZERO);
   else if (filter == 1)
         glBlendFunc(GL_ZERO, GL_ONE);
   else if (filter == 2)
         glBlendFunc(GL_ONE, GL_ONE);
   else if (filter == 3)
         glBlendFunc(GL_SRC_ALPHA, GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA);
   else if (filter == 4)
         glBlendFunc(GL_SRC_ALPHA, GL_ONE);
   else if (filter == 5)
         glBlendFunc(GL_ZERO, GL_SRC_COLOR);
   else if (filter == 6)
         glBlendFunc(GL_ONE_MINUS_DST_COLOR, GL_ZERO);
   drawObject();
   glDisable(GL_BLEND);
}
```



Blending Func	1	2	3	4
GL_ONE GL_ZERO	(1,0,0,1)	(0,0,1,1)	(0,0,1,1)	(0,1,0,1)
GL_ZERO GL_ONE	(0,1,0,1)	(0,1,0,1)	(0,1,0,1)	(0,1,0,1)
GL_ONE GL_ONE	(1,1,0,1)	(1,1,1,1)	(0,1,1,1)	(0,1,0,1)
GL_SRC_ALPHA GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA	(1,0,0,1)	(0.5,0,0.5,0.75)	(0,0.5,0.5,0.75)	(0,1,0,1)

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

4. 다음은 Cohen-Sutherland 알고리즘으로 2차원 선분을 클리핑 하려고 한다. 아래 오른쪽 그림은 Cohen-Sutherland 알고리즘의 각 영역에 대한 4-비트 외곽부호 (outcode)를 보여주고 있다. 아래 빈 칸을 채우시오. (10점).



선분의 각 끝점의 4 비트 외곽부호 (outcode)를 구하시오.

- A: _____1000_____ B: _____0000_____
- C: _____0100_____ D: _____0010_____
- E: _____0000_____ F: _____0000_____
- G: _____0010_____ H: _____1010_____
- I: _____0001_____ J: _____1000_____

선분 클리핑을 위해 4 비트 외곽부호를 이용하여 다음 4 가지 경우로 분류하는 판정 기준을 적으시오.

- 선분의 양 끝점이 클리핑 윈도우 내부에 있는 경우 (accept):
_____E's outcode = F's outcode = 0_____

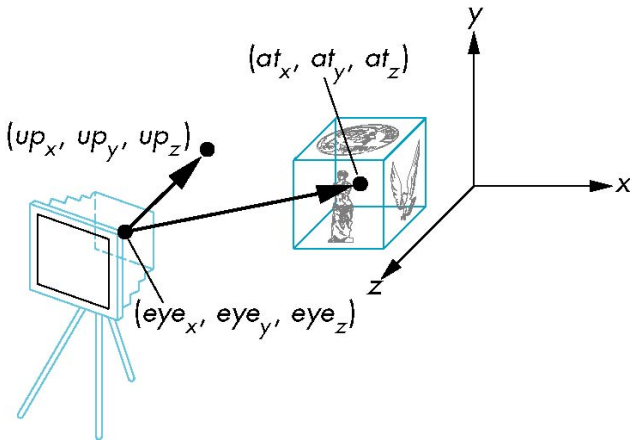
- 선분의 양 끝점이 클리핑 윈도우의 같은 변의 외부에 있는 경우 (reject):
_____G's outcode AND H's outcode ≠ 0_____

- 선분의 한 끝점은 클리핑 윈도우 내부에 있고, 다른 하나는 외부에 있는 경우 (1 개 교차점을 찾는다 subdivision):
_____A's outcode ≠ 0, B's outcode = 0_____

- 선분의 양 끝점이 모두 외부에 있고 선분의 일부가 클리핑 윈도우 내부에 있는 경우 (subdivision):
_____C's outcode AND D's outcode = 0_____
_____I's outcode AND J's outcode = 0_____

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

5. 아래 그림을 참고하여 gluLookAt(1,1,0, 0,0,0, 0,1,0) 함수에서 뷰잉 행렬 (Viewing Matrix) M 을 도출하는 계산과정을 보여라. 아래 빈 칸을 채우시오. (10점)



- Eye position (eye): _____(1, 1, 0)_____
- Look-at position (at): _____ (0, 0, 0) _____
- Up-vector (up): _____ (0, 1, 0) _____
- n (camera frame Z) : _____n = eye – at => n = (0.707107, 0.707107, 0) _____
- u (camera frame X): _____u = n x up => u = (0, 0, -1) _____
- v (camera frame Y): _____v = n x u => v = (-0.707107, 0.707107, 0) _____
- M (viewing matrix):

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} u[0] & v[0] & n[0] & 0 \\ u[1] & v[1] & n[1] & 0 \\ u[2] & v[2] & n[2] & 0 \\ -u \cdot eye & -v \cdot eye & -n \cdot eye & 1 \end{pmatrix}$$

- M (viewing matrix):

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 & -0.70717 & 0.707107 & 0 \\ 0 & 0.707107 & 0.707107 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1.414214 & 1 \end{pmatrix}$$