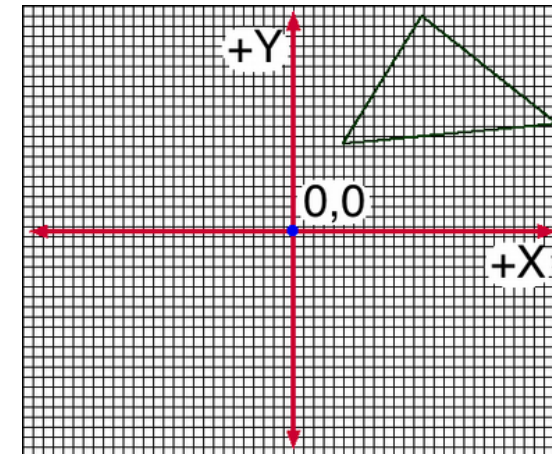


Graphics Programming

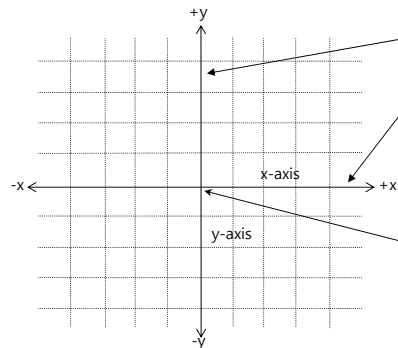
527970-1
2019년 가을학기
9/9/2019
단국대학교 박경신

Coordinate Systems



2D Cartesian Coordinate Systems

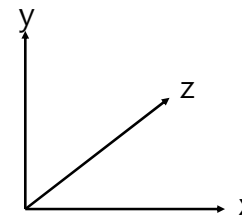
□ Cartesian Coordination Systems



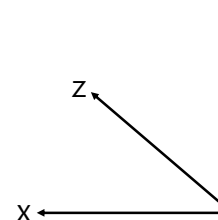
Two axes: **x-axis** and **y-axis**, two straight lines perpendicular to each other, both pass through origin and extends infinitely in two opposite directions

원점 (Origin)은 좌표계의 중심에 위치하고 있고 값은 (0, 0)이다.

3D Cartesian Coordinate Systems

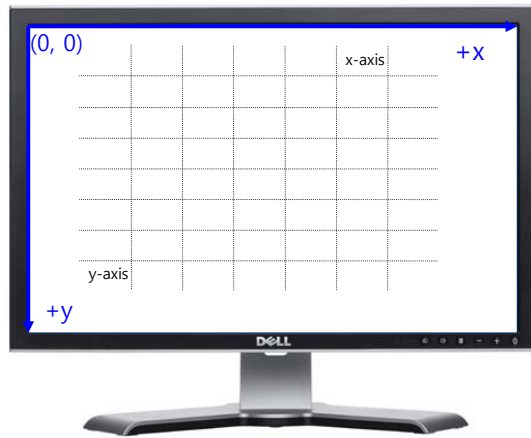


□ 왼손 좌표계 (Left-handed coordinate system)는 x+는 오른쪽, y+는 위쪽, z+는 화면안쪽.



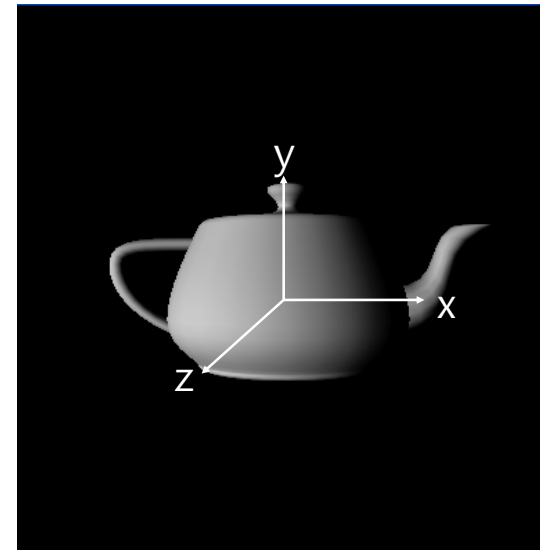
□ 오른손 좌표계 (Right-handed coordinate system)는 x+는 왼쪽, y+는 위쪽, z+는 화면안쪽.

Screen Coordinate System



- Screen coordinate system은 원점 (Origin)이 화면의 좌측상단에 위치하고 값은 (0, 0)이다. x+ 오른쪽. y+ 아래쪽.
- 1 unit = 1 pixel

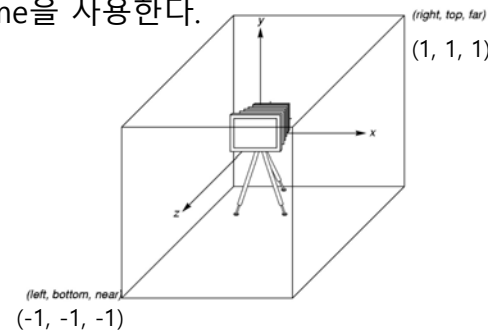
3D Coordinate Systems



- OpenGL은 오른손 좌표계 (Right-handed coordinate system)
- x+ 오른쪽. y+ 위쪽. z+ 화면 밖으로 나오는 방향.

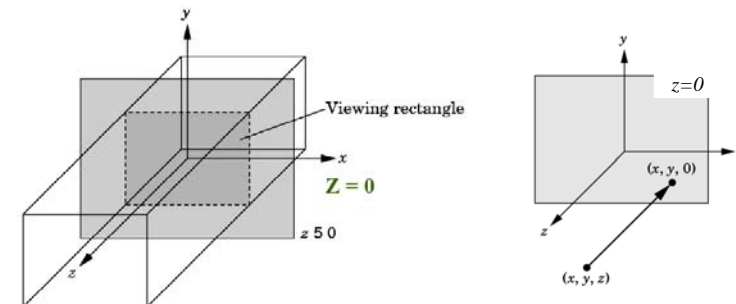
OpenGL Camera

- OpenGL에서는 카메라가 물체의 공간(drawing coordinates)의 원점(origin)에 위치하며 z- 방향으로 향하고 있다.
- 관측공간을 지정하지 않는다면, 디폴트로 2x2x2 입방체의 viewing volume을 사용한다.



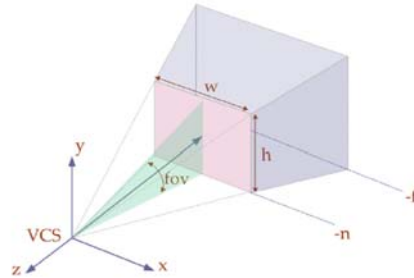
Orthographic Viewing

- 직교 투영 (Orthographic parallel projection)
 - Ortho(left, right, bottom, top, zNear, zFar);
 - 기본 직교 투영에서는 점들은 z-축을 향해 z=0 평면에 투영



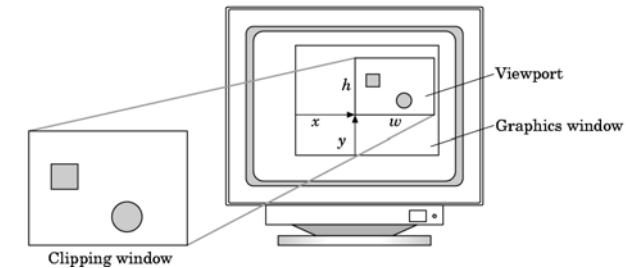
Perspective Viewing

- 원근 투영 (Perspective projection)
 - Frustum(left, right, bottom, top, zNear, zFar);
 - Perspective(fovy, aspect, zNear, zFar); - 상하좌우값을 설정하는 대신 y방향의 시선각도 (FOV)와 종횡비(가까운 쪽 클리핑 평면의 너비를 높이로 나눈 값)를 사용



Viewport Functions

- 뷰포트 (Viewport)
 - 윈도우 내부에 설정한 공간. 그리기가 뷰포트 내부로 제한됨.
- glViewport(x, y, width, 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.
 - GLUT Reshape function이 있을 경우, glViewport()가 반드시 포함되어야 함.

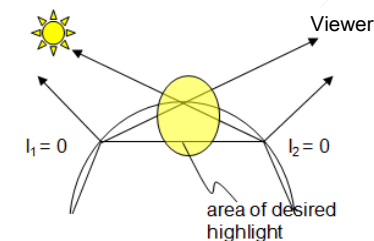


Transformations and Viewing

- OpenGL에서 projection matrix (transformation)를 사용하여 projection을 수행함
- Transformation 함수는 좌표계 변환을 위해 사용하였음
- 그러나 OpenGL 3.0 이전 transformation 함수들은 deprecated (더 이상 사용하지 않길 권고함)
- 3가지 선택
 - Application code
 - GLSL functions
 - GLM (OpenGL Mathematics) vector, matrix

Conventional OpenGL Rendering Pipeline

- OpenGL에서 지원하는 옵션과 상태 변수를 검사해서 적용여부를 판단하므로 저사양 HW에서는 비효율적
- Modified Phong Illumination Model만 지원하는 고정된 조명 계산
- Gouraud Shading만 지원하는 고정된 음영처리
 - 정점 색을 계산한 후 정점 색을 보간하여 픽셀 색을 결정
 - Mach Band가 나타나거나 픽셀 값이 잘못 계산될 수 있음

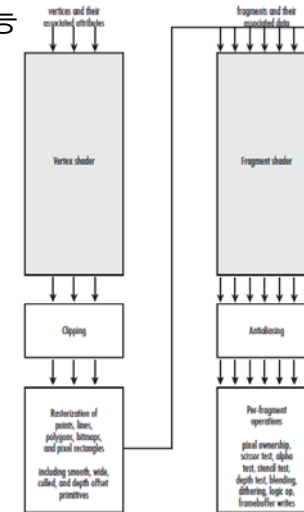


Extending OpenGL

- 그래픽 하드웨어의 발전에 따라 복잡한 그래픽 기법을 적용하기 위한 기능의 지원 필요
- OpenGL은 새로운 버전에 추가된 기능을 확장 기능으로 지원
 - 이전 버전의 API를 수정하지 않음으로써 이전 버전과의 호환성 유지
 - 함수나 매크로 상수 이름에 확장 기능을 식별할 수 있도록 접미어를 붙여 명명
 - `_ARB`, `_EXT`, `_NV`, `_ATI` 등등
- 프로그래머블 하드웨어를 지원하기 위한 API를 확장 기능으로 제공
 - 고정 파이프라인을 이용하는 대신 사용자가 작성한 코드대로 음영 처리를 할 수 있는 프로그래머블 파이프라인의 이용이 가능

Programmable Pipeline

- Vertex Shader, Fragment Shader를 작성하여 다양한 렌더링 기법을 적용 가능



OpenGL Shader

- 기본 Shaders
 - Vertex shader
 - Fragment shader

Vertex Shader Applications

- Moving vertices
 - Morphing
 - Wave motion
 - Fractals
- Lighting
 - More realistic models
 - Cartoon shaders

Fragment Shader Applications

- Per-fragment lighting calculations



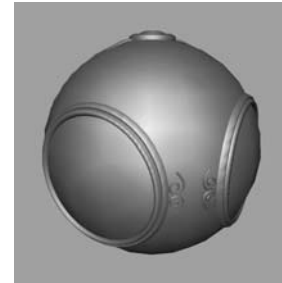
per vertex lighting



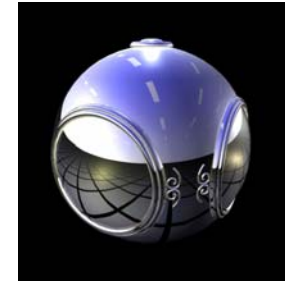
per fragment lighting

Fragment Shader Applications

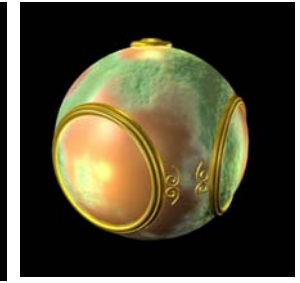
- Texture mapping



Smooth shading



Environment mapping

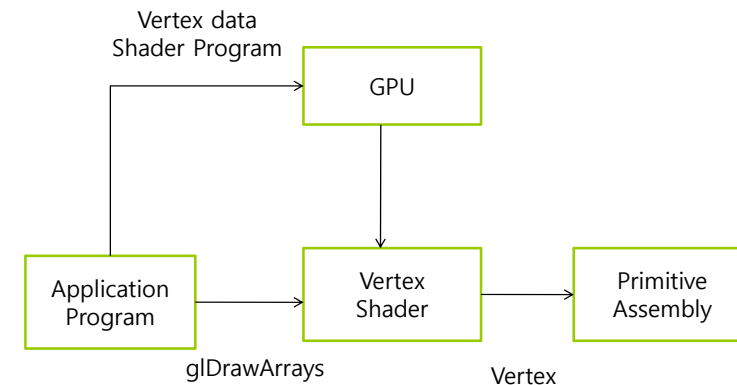


Bump mapping

Simple Vertex Shader

```
Input from application
in vec4 vPosition; ← Must link to variable in application
void main(void)
{
    gl_Position = vPosition;
}
Built-in variable
```

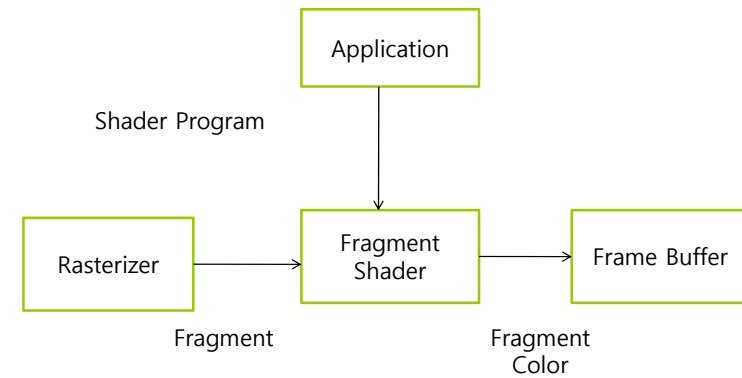
Execution Model



Simple Fragment Program

```
void main(void)
{
    gl_FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
}
```

Execution Model



GLSL Data Types

- C types: int, float, bool
- Vectors: 벡터
 - float vec2, vec3, vec4
 - 또한 int (ivec)와 boolean (bvec)
- Matrices: mat2, mat3, mat4 행렬
 - 열 (columns) 우선으로 구성
 - 일반적인 참조방식은 m[row][column]
- Texture Sampler: 텍스처 접근이 가능한 샘플러 타입
 - sampler1D, sampler2D, sampler3D, samplerCube
 - sampler1DShadow, sampler2DShadow
- C++ style constructors
 - vec3 a = vec3(1.0, 2.0, 3.0)
 - vec2 b = vec2(a)

GLSL Pointers

- GLSL에는 pointer 개념이 없음
- C 언어의 구조체 (struct)을 이용해서 함수로 복사해서 사용가능
- Matrices나 Vectors 는 기본 형 (basic types)으로 GLSL 함수에 파라미터 입력이나 반환 형 출력으로 사용 가능
`mat3 func(mat3 a)`

GLSL Qualifiers

□ 변수 평가자 (Variable Qualifiers)

- **const** – 상수
- **attribute** – 전역 변수이며, **정점**마다 바뀔 수 있고, **OpenGL 프로그램**에서 Vertex Shader로 값을 변경함. 이 평가자는 Vertex Shader에서만 사용됨. 셰이더에서는 읽기 전용.
 - Built-in vertex attribute: **gl_Position**
 - User-defined vertex attribute: **in vec3 velocity**
- **uniform** – 전역 변수이며, **Primitive**마다 바뀔 수 있고, **OpenGL 프로그램**에서 셰이더로 값을 변경함. 이 평가자는 Vertex Shader와 Fragment Shader모두에서 사용가능. 셰이더에서 이 변수는 상수.
- **varying** – Vertex Shader에서 Fragment Shader로 전달되는 변수. Vertex Shader에서는 쓰기가 허용되지만, Fragment Shader에서는 읽기 전용.
 - 최신버전에서는 Vertex Shader에서 out으로 쓰고, Fragment Shader에서 in으로 사용
 - User-defined varying variable: **out vec4 color;**

Example: Vertex Shader

```
const vec4 red = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
out vec3 color_out;
void main(void)
{
    gl_Position = vPosition;
    color_out = red;
}
```

Required Fragment Shader

```
in vec3 color_out;
void main(void)
{
    gl_FragColor = color_out;
}
// in latest version use form
// out vec4 fragcolor;
// fragcolor = color_out;
```

GLSL Operators and Functions

- 일반적인 C 함수
 - Trigonometric
 - Arithmetic
 - Normalize, reflect, length
- Overloading of vector and matrix types

```
mat4 a;
vec4 b, c, d;
c = b*a; // a column vector stored as a 1d array
d = a*b; // a row vector stored as a 1d array
```

GLSL Constructor

- 생성자 (Constructor)
 - 변수의 초기화는 C++ 생성자 방식을 이용
 - `vec3 n = vec3(0.0, 1.0, 0.0);`
 - 생성자는 초기화 외에 식에서도 사용가능
 - `greenColor = myColor + vec3(0.0, 1.0, 0.0);`
 - 벡터에 하나의 스칼라값을 지정하면 벡터의 모든 요소에 할당
 - `ivec4 whiteColor = ivec4(255);`
 - 스칼라와 벡터, 행렬을 생성자 내에서 혼합해 사용할 수 있고, 여분의 요소가 있는 경우 버려짐
 - `vec4 v = vec4(x, vec2(y, z), w);`
 - 행렬은 열 우선으로 구성되고, 단일 스칼라 값을 지정하는 경우 대각 행렬이 됨 (대각 이외의 요소는 0으로 채워짐)
 - `mat2 m = mat2(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);`
 - `mat2 m = mat2(1.0);`
 - 형변환은 생성자를 통해서만 가능
 - `float j = 4.7; int i = int(j);`

GLSL Swizzling and Selection

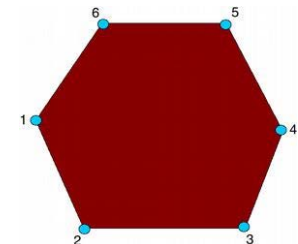
- [] 또는 (.) operator를 사용하여 벡터 및 행렬 요소에 접근
 - x, y, z, w
 - r, g, b, a
 - s, t, p, q
 - `vec3 a = vec3(0.0, 0.0, 1.0); a[2], a.b, a.z, a.p`는 모두 다 같음
 - `mat3 m = mat3(1.0); float element21 = m[2][1]; // 0.0`
 - `mat3 m = mat3(1.0); vec3 column1 = m[0]; // (1, 0, 0)`
- 요소 선택자를 이용하여 재배치 및 복제 가능
 - `vec3 myZYX = s.zyx;`
- 요소 선택자를 사용하여 벡터 일부 요소만 수정 가능
 - `vec4 a; a.yz = vec2(1.0, 2.0);`

GLSL Passing Values

- 함수의 반환형으로 배열을 제외한 모든 타입이 사용 가능
- 함수의 인자로 배열 및 구조체를 포함한 모든 타입이 사용 가능
- **Call by value**로만 호출되므로 다음 한정자를 사용하여 함수 내의 인자 값이 변경될 수 있는 여부를 지정할 수 있음
 - **in** (default)
 - **const in**
 - **out**
 - **inout** (deprecated)

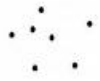
OpenGL Geometry

- 가상의 공간을 구성하는 각 물체를 표현하는데 있어 가장 기본이 되는 요소
- 실시간 그래픽스에서는 주로 가장 단순한 형태의 표현 방법인 linear primitives를 사용
 - Point, vertex
 - Line segments
 - Polygon
 - Polyhedron



OpenGL Geometry Primitives

GL_POINTS



GL_LINES



GL_LINE_STRIP



GL_LINE_LOOP



GL_TRIANGLES



GL_TRIANGLE_STRIP



GL_TRIANGLE_FAN



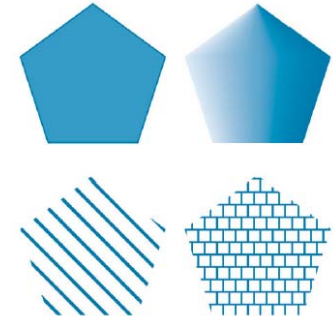
OpenGL Attributes

□ 각 기하학적 기본요소 (geometry primitive)는 속성을 갖고 있다. 속성은 기본 요소가 화면상에 나타날 수 있는 방법을 제어한다.

- Color
- Line thickness
- Line styles
- Polygon patterns



선의 두께나 스타일

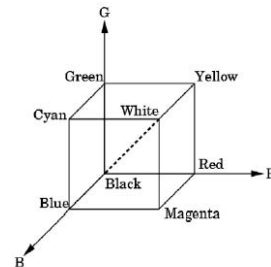
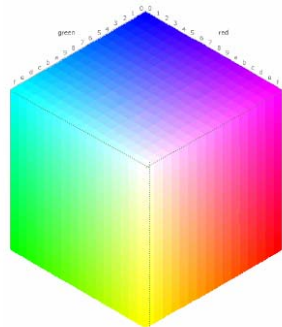


다각형 표시방법

OpenGL Attributes

□ OpenGL Color Model

- RGB (Red Green Blue) or RGBA (Red Green Blue Alpha)
- RGB 색이 따로 분리돼서 framebuffer에 저장되어 있음.



Color Triangle

```
const float vertexColor[] = { 1.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f, 0.0f,
                             1.0f, 0.0f, 1.0f, 0.0f,
                             0.0f, 1.0f, 1.0f };
const float vertexPositions[] = { -0.75f, -0.75f, 0.0f, 1.0f,
                                   0.75f, -0.75f, 0.0f, 1.0f };
void SetData() {
    glGenVertexArrays(1, &vao);           // vao
    glBindVertexArray(vao);
    glGenBuffers(2, &vbos);              // vbos
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbos[0]); // vertex position
    glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, 12*sizeof(GLfloat), vertexPositions, GL_STATIC_DRAW);
    glVertexAttribPointer(0, 4, GL_FLOAT, GL_FALSE, 0, 0);
    glEnableVertexAttribArray(0);
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbos[1]); // vertex color
    glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, 12*sizeof(GLfloat), vertexColor, GL_STATIC_DRAW);
    glVertexAttribPointer(1, 4, GL_FLOAT, GL_FALSE, 0, 0);
    glEnableVertexAttribArray(1);
    glBindVertexArray(0);
}
```

