컴퓨터 그래픽스
OpenGL 곡선 곡면

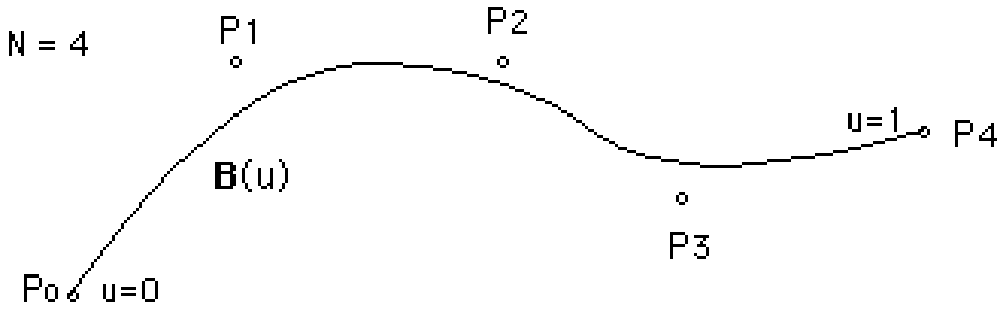
2017년 2학기

3. OpenGL 곡선 곡면 내용

- **곡선 곡면**
  - 베지에 곡선
  - 베지에 곡면

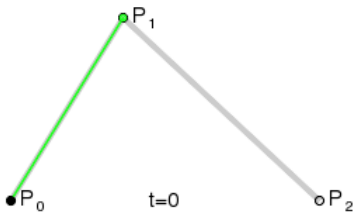
베지에 곡선

- **다항식으로 표현되는 근사곡선**
  - CAD에서 많이 사용되는 커브
  - 주어진 제어점의 위치에 의해 곡선의 형태가 결정되는 근사곡선
  - 어떤 숫자의 제어점에도 베지에 커브는 적용될 수 있다.
  - 제어점의 수는 베지어 다항식의 차수를 결정
    - 2개의 제어점: 두 점 사이의 선분
    - 3개의 제어점: 2차원 곡선
    - 4개의 제어점: 3차원 곡선

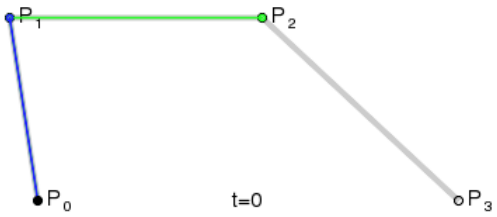


베지에 곡선

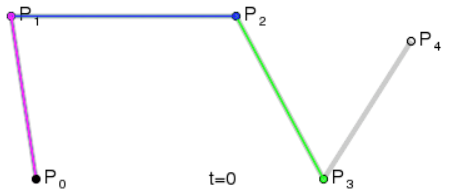
– 제어점 중 처음과 끝 점을 빼고는 보통 어느 조절점과도 만나지 않는다.



2차원 커브



3차원 커브



4차원 커브

– 곡선은, 항상 제어점으로 이루어진 다각형 안에 들어가고, 곡선이 조절점들 사이에서 크게 벗어나지 않는다.

– 배합함수(Blending Function)
  - 어느 한 점에서 각 제어점이 미치는 영향
  - 제어점의 차수보다 하나 작은 다항식

베지에 곡선

- 베지에 곡선
  - 매개변수 u를 사용하여 곡선이나 곡면을 그린다.
    - 제어점을 지정
    - 매개변수인 u의 범위를 결정
    - 좌표값 계산 함수를 실행
  - 제어점 설정
    - void **glMap1f** (**GLenum target, GLfloat u1, GLfloat u2, GLint stride, GLint order, const GLfloat *points**);
      - target: GL_MAP1_VERTEX_3
      - u1, u2: 각각 매개변수 u의 하한값과 상한값
      - stride: *포인트 데이터 구조내에 있는 제어점 배열 내에서 제어점 간의 데이터 개수
      - order: 전체 제어점의 수
      - points: 제어점 배열을 가리키는 포인터
  - 곡선 그리기 상태 활성화
    - glEnable (GL_MAP1_VERTEX_3);

베지에 곡선

- 1차원 혹은 2차원 상에서 해당되는 점의 좌표 값을 계산
  - void **glEvalCoord1f** (GLfloat u);
  - void **glEvalCoord1d** (GLdouble u);
  - void **glEvalCoord2f** (GLfloat u, GLfloat v);
  - void **glEvalCoord2d** (GLdouble u, GLdouble v);
    - 곡선 상에서 해당되는 점의 좌표값을 계산한다.
    - 내부적으로 glVertex3f 함수를 호출한다.
      - u: 2차원 맵의 점의 좌표값 계산
      - v: 3차원 맵의 점의 좌표값 계산

베지에 곡선

- 사용 예)

```
// 컨트롤 포인트 설정
GLfloat ctrlpoints[4][3] = {
        {-40.0, -40.0, 0.0}, {-20.0, 40.0, 0.0}, {20.0, 20.0, 0.0} , {40.0, 0.0, 0.0}};

// 곡선 제어점 설정:  매개변수 u의 최소값은 0, 최대값은 1,
//                    제어점간의 데이터 개수는 3, 제어점은 4개를 사용
glMap1f (GL_MAP1_VERTEX_3, 0.0, 1.0, 3, 4, &ctrlpoints[0][0]);

glEnable (GL_MAP1_VERTEX_3);

// 제어점 사이의 곡선위의 점들을 계산한다.  제어점 사이를 10개로 나누어 그 점들을 연결한다. ➔ 곡선위의 점 계산
glBegin (GL_LINE_STRIP);
    for (i = 0; i <= 10; i++ )
        glEvalCoord1f ((GLfloat)i / 10.0);
glEnd ();

glDisable (GL_MAP1_VERTEX_3);

// 제어점에 점을 그린다.
glPointSize (5.0);
glColor3f (0.0, 0.0, 1.0);
glBegin(GL_POINTS);
    for ( i = 0; i < 4; i++ )
        glVertex3fv (&ctrlpoints[i][0]);
glEnd ();
```

베지에 곡선

- 곡선위의 점 계산을 아래의 방법으로도 할 수 있다.
  - 맵핑 격자 정의
    - glMapGrid1f (GLint un, GLfloat u1, GLfloat u2);
      - un: u 방향의 격자 분할 수 지정
      - u1, u2: u 방향의 격자 영역 최소치와 최고치 지정
  - 선으로 구성된 격자 계산
    - glEvalMesh1 (GLenum mode, GLint i1, GLint i2);
      - mode: 매쉬 모드 설정 (GL_POINT / GL_LINE / GL_FILL)
      - i1, i2: u 값의 최소치와 최고치 지정
  - 앞 페이지의 예제에서 곡선 위의 점 계산 부분을 아래의 코드로 전환 가능

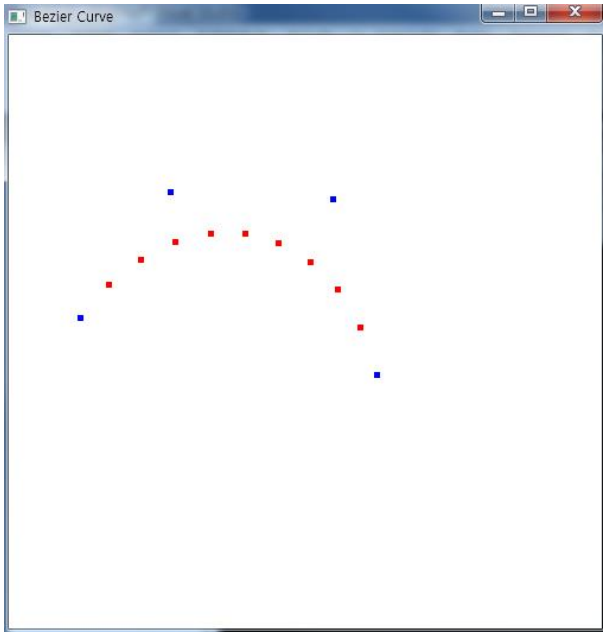
```
glMapGrid1f (100.0, 0, 1.0);          // 매개변수 0~1 사이를 100개로 나눔
glEvalMesh1 (GL_LINE, 0, 100);   // 선분으로 나눈 부분 0~100까지 선으로 그림
```

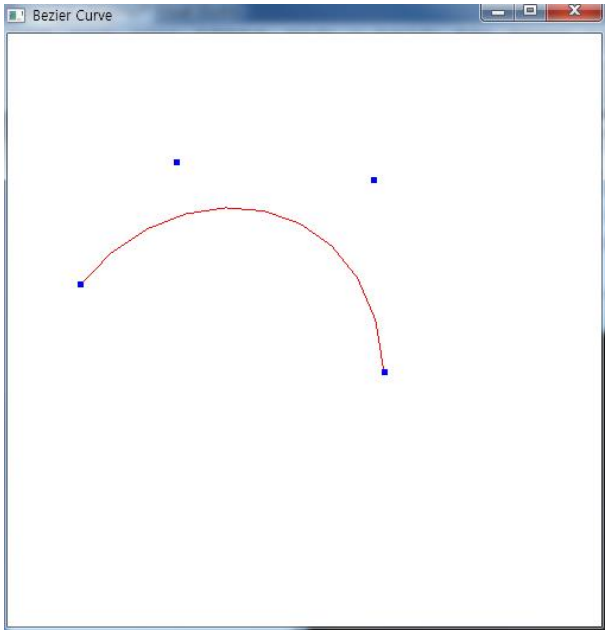
베지에 곡선

– 사용 예)

```
// 컨트롤 포인트 설정
GLfloat ctrlpoints[4][3] = {
        {-40.0, -40.0, 0.0}, {-20.0, 40.0, 0.0}, {20.0, 20.0, 0.0} , {40.0, 0.0, 0.0}};

// 곡선 제어점 설정:  매개변수 u의 최소값은 0, 최대값은 1,
//                    제어점간의 데이터 개수는 3, 제어점은 4개를 사용
glMap1f (GL_MAP1_VERTEX_3, 0.0, 1.0, 3, 4, &ctrlpoints[0][0]);

glEnable (GL_MAP1_VERTEX_3);

// 제어점 사이의 곡선위의 점들을 계산한다.  제어점 사이를 10개로 나누어 그 점들을 연결한다. ➔ 곡선위의 점 계산
glMapGrid1f (10.0, 0.0, 1.0);                  // 매개변수 0~1 사이를 10개로 나눔
glEvalMesh1 (GL_LINE, 0, 10);                  // 선분으로 나눈 부분 0~10까지 선으로 그림

glDisable (GL_MAP1_VERTEX_3);

// 제어점에 점을 그린다.
glPointSize (5.0);
glColor3f (0.0, 0.0, 1.0);
glBegin(GL_POINTS);
    for ( i = 0; i < 4; i++ )
        glVertex3fv (&ctrlpoints[i][0]);
glEnd ();
```

베지에 곡선





베지에 곡면

- **베지에 곡선에 매개변수 하나 (v) 더 추가한다.**
  - 제어점 설정 함수
    - **glMap2f** (GLenum target,
      GLfloat u1, GLfloat u2, GLint uStride, GLint uOrder,
      GLfloat v1, GLfloat v2, GLint vStride, GLint vOrder,
      GLfloat *points);

      - target: GL_MAP2_VERTEX_3

      - u1, u2: 매개변수 u의 하한값과 상한값
      - uStride: *포인터 데이터 구조 내에 있는 제어점 배열 내에서 제어점 간의 데이터 개수
      - uOrder: u 방향의 전체 제어점의 수

      - v1, v2: 매개변수 v의 하한값과 상한값
      - vStride: 제어점 배열 내에서 제어점 간의 데이터 개수
      - vOrder: v 방향의 전체 제어점의 수

      - points: 제어점 배열을 가리키는 포인터

베지에 곡면

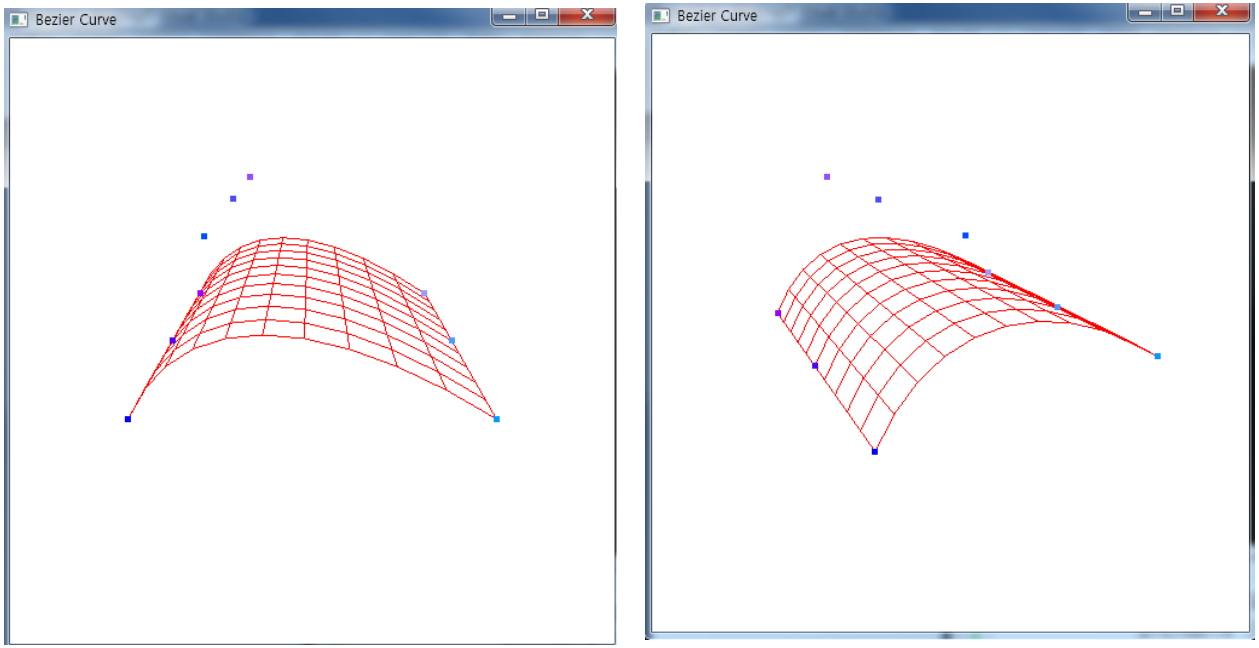
- 곡면 그리기 활성화
  - glEnable (GL_MAP2_VERTEX_3);
- 2D 맵핑 격자 정의
  - glMapGrid2f (GLint un, GLfloat u1, GLfloat u2,
    GLint vn, GLfloat v1, GLfloat v2);
    - un, vn: u나 v 방향의 격자 분할 수 지정
    - u1, u2: u 방향의 격자 영역 최소치와 최고치 지정
    - v1, v2: v 방향의 격자 영역 최소치와 최고치 지정
- 선으로 구성된 2D 격자 계산
  - glEvalMesh2 (GLenum mode, GLint i1, GLint i2, GLint j1, GLint j2);
    - mode: 매쉬 모드 설정 (GL_LINE)
    - i1, i2: u 값의 최소치와 최고치 지정
    - j1, j2: v 값의 최소치와 최고치 지정

베지에 곡면

- 사용 예)

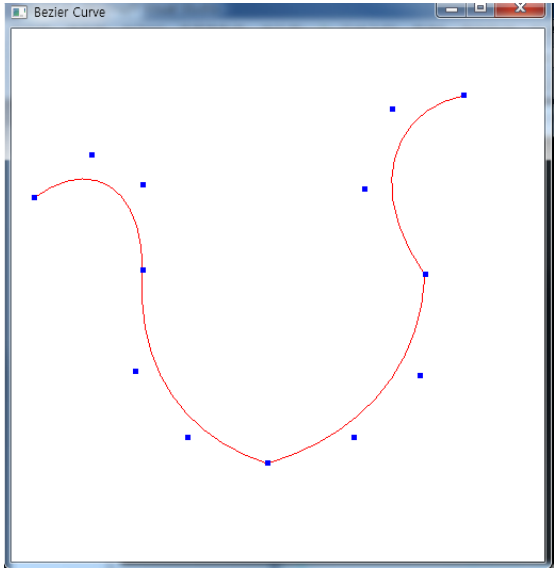
```
// 3차원 상의 제어점 설정
GLfloat ctrlpoints[3][3][3] = {{{-4.0, 0.0, 4.0},{-2.0, 4.0, 4.0},{4.0, 0.0, 4.0}},
                {{-4.0, 0.0, 0.0}, {-2.0, 4.0, 0.0}, {4.0, 0.0, 0.0}},
                {{-4.0, 0.0, -4.0}, {-2.0, 4.0, -4.0}, {4.0, 0.0, -4.0}}};

// 곡면 제어점 설정
glMap2f (GL_MAP2_VERTEX_3, 0.0, 1.0, 3, 3, 0.0, 1.0, 9, 3, &ctrlpoints[0][0][0]);
glEnable (GL_MAP2_VERTEX_3);

// 그리드를 이용한 곡면 드로잉
glMapGrid2f (10, 0.0, 1.0, 10, 0.0, 1.0);

// 선을 이용하여 그리드 연결
glEvalMesh2 (GL_LINE, 0, 10, 0, 10);

glPointSize (2.0); glColor3f (0.0, 0.0, 1.0);
glBegin(GL_POINTS);
      for ( i = 0; i < 3; i++ )
            for ( j = 0; j < 3; j++ )
                  glVertex3fv (ctrlpoints[i][j]);
glEnd ();
```

베지에 곡면



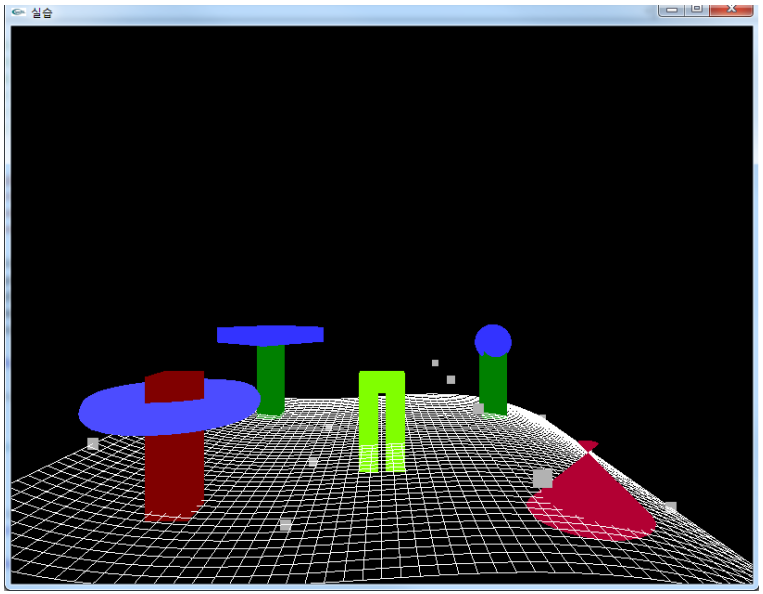
실습 27

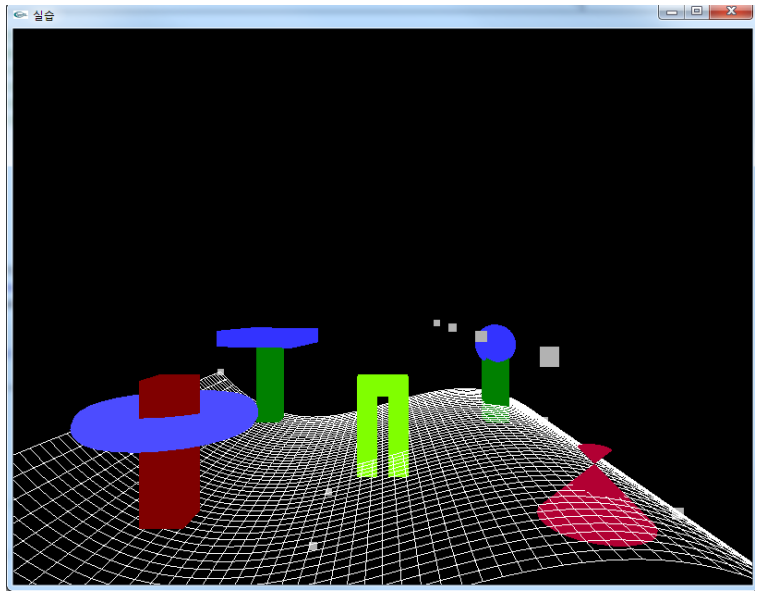
- **마우스를 찍어서 2차원 화면에 곡선을 그린다.**
  - 3차 곡선을 그리도록 한다. (제어점 4개를 한 구간으로 사용)
    - 마우스를 찍은 곳에 제어점을 표시한다.
  - **화면은 glOrtho 를 사용하여 2차원 평면으로 설정**
  - r/R: 그린 곡선을 지우고 새로운 곡선을 그릴 수 있도록 한다.



실습 28

- **실습 21 (또는 22) 에 바닥 곡면 넣기**
  - 실습 21에서 바닥을 평면 대신 곡면을 사용 해 본다.
  - 꼭지점을 명시하여 곡면을 그린다.
    - 부분으로 나누어 그린다.
  - 키보드 명령어 (또는 마우스 명령)로 곡면의 제어점을 움직인다.
    - 곡면이 물결처럼 위, 아래로 움직이도록 제어점을 움직인다.





실습 29