4장. 오픈지엘 API

- 학습목표
  - 표준화의 개념과 필요성을 이해한다.
  - API의 정의와 필요성을 이해한다.
  - 고수준 API의 장면묘사 방식을 이해한다.
  - 오픈지엘의 설계원리에 반영된 개념을 이해한다.
  - 파이프라인 개념, 상태변수 개념을 이해한다.
  - 오픈지엘 프로그램 작성을 위한 유틸리티 프로그램 설치방법을 이해한다.

4.1 그래픽스 기초-표준화

- "표준화"의 정의
  - "주어진 여건에서 최적의 질서를 유지하기 위해, 현존하거나 잠재하는 문제들에 대해, 공유성과 재 사용성을 높이기 위한 기반을 확립하는 행위"
- ISO/IEC JTC1/SC24, Working Group
  - "하드웨어 구조(Architecture)"
  - "응용프로그램 인터페이스(API, Application Program Interface)"
  - "메타파일 및 인터페이스(Metafile and Interface)"
  - "언어 수용(Language Binding)"
  - "표준안의 타당성검증 및 등록(Validation Testing and Registration)"

그래픽 분야 표준의 목표

- 주전산기 독립성(Host Machine Independence)
  - 동일한 프로그램을 가지고서 다양한 모든 하드웨어에서 사용할 수 있어야 한다.
- 장비 독립성(Device Independence)
  - 동일 기능을 수행하는 입출력 장비의 종류가 달라도 프로그램 명령은 동일해야 한다.
- 프로그램 언어 독립성(Programming Language Independence)
  - 프로그램 작성에 어떠한 프로그램 언어를 사용해도 된다.
- 운영자 이식성(Operator Portability)
  - 새로운 프로그램 사용법을 누구라도 쉽게 터득할 수 있어야 한다.

3

그래픽 기본요소

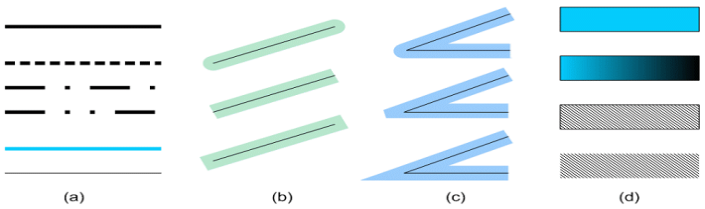
- 기본요소(Primitives)
  - 점(Point)
  - 선(Line)
  - 채움 영역(Fill Area)
  - 꺾은 선(Poly Line)
  - 표시 꺾은선(Poly Marker)
  - 문자(Character)

[그림 4-1] 그래픽 기본요소

4

그래픽 기본요소의 속성

- 기본요소 속성 (**Attributes**)
  - 패턴, 색상, 두께
  - 원형 캡(Round Cap), 버트 캡(Butt Cap), 확장 캡(Projection Cap)
  - 원형 연결(Round Join), 베벨 연결(Bevel Join), 마이터 연결(Miter Join)
  - 채움 다각형(Filled Polygon), 점층적 변화(Gradation), 사선 , 윤곽선 제거



[그림 4-2] 기본요소 속성

ISO 그래픽 표준-GKS

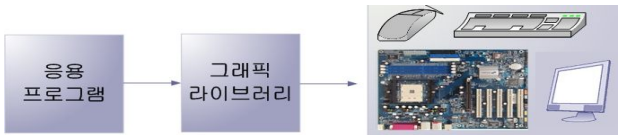
- **GKS (Graphical Kernel System)**
  - 유럽에 의해 주도
  - 2차원 위주
  - 이후 GKS-3D로 발전
  - 파일출력
    - 기본요소 수준에서 서술한 가상 레벨(Virtual Level) 저장
    - 기본요소의 위치 좌표, 속성, 가시성, 변환 정보를 저장

ISO 그래픽 표준 – PHIGS

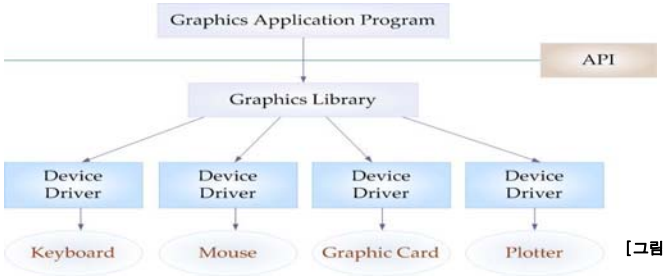
- **PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)**
  - 미국에 의해 주도
  - CAD 개념 반영
  - 3차원 모델링(Modeling), 가시화(Viewing) 등에 주안점
  - 상관관계를 포함한 물체의 집합 = 구조체(Structure)
    - 구조체 관통(Traversal)에 의한 드로잉
    - 현 변환 행렬(現, CTM, Current Transformation Matrix) 개념
  - 파일출력
    - 기본요소에 관한 정보 + 응용 프로그램 레벨에서 기본요소 사이의 관계
    - CSG의 불리언 연산, 로봇 팔의 객체 계층구조 저장

4. 2 API–그래픽 API

- 응용프로그램 인터페이스
  - PHIGS, GKS = 추상적 수준의 API
  - API: 라이브러리 함수 (고수준 API / 저수준 API)



[그림 4-3] 그래픽 라이브러리



[그림 4-4] API

고수준 그래픽 API

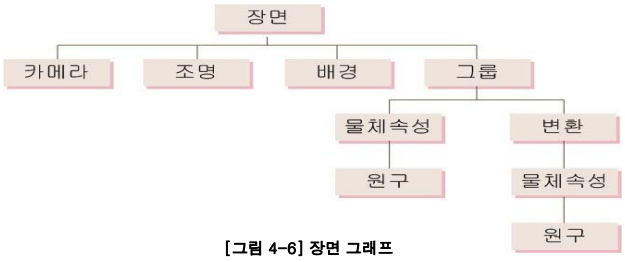
- 장면묘사 언어(Scene Description Language)

```
Camera {
   center {0.0 0.0 5.0}          카메라 중심을 (0.0 0.0 5.0)에 위치시키되
   direction {0.0 0.0 -1.0}      카메라가 (0.0 0.0 -1.0)을 바라보게
}
Lights {
   numLights 1                   광원의 숫자는 1개
   DirectionalLight {            방향성 광원으로 하여
   direction {0.5 0.5 0.5}       (0.5, 0.5, 0.5) 방향으로 빛을 비추되
   color {1.0 1.0 1.0}           백색 빛을 발하는 광원
    }
}
Background {
  color {1.0 1.0 1.0}            배경색은 백색
}
Group {
    numObject 2                  물체 2개로 이뤄진 그룹
   Material {0.0, 0.0, 1.0}      첫 물체를 청색으로 하여
   Sphere {2.0}                  반지름 2인 원구를 그림
   Transform {
      Translate {1.0, 0.0, 0.0}  x축 방향으로 1.0만큼 이동하여
      Scale {0.3, 0.3, 0.3}      크기를 x, y, z 방향으로 0.3배로 줄여서
     Material {1.0, 0.0, 0.0}    둘째 물체를 적색으로 하여
      Sphere {2.0}               반지름 2인 원구를 그림
   }
}
```

[그림 4-5] 코드 4-1의 장면

고수준 그래픽 API

- 장면 그래프(Scene Graph)
  - 그룹 노드는 nested structure
  - 관통(traversal)에 의해 장면을 그려냄



[그림 4-6] 장면 그래프

- 고수준 그래픽 API
  - 오픈 인벤터(open Inventor)
  - VRML
  - Java3D

- OpenGL ➔ 저수준 그래픽 API

VRML

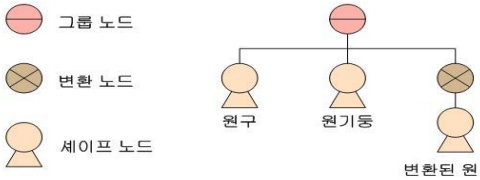
```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
    appearance Appearance {
            material Material { }
    }
    geometry Sphere {
            radius 1.2
    }
}
Shape {
    appearance Appearance {
            material Material { }
    }
    geometry Cylinder {
            radius 0.3   height 5.0   top FALSE
    }
}
Transform {
  translation -6.0 2.0 0.0
  children {
     Shape {
        appearance Appearance {
                material Material { }
        }
        geometry Cylinder {
                radius 0.3   height 5.0    top FALSE ]
```

[그림 4-8] 코드 4-2 출력
(Cosmo Player)

Cosmo Player Plugin 다운로드 및 설치

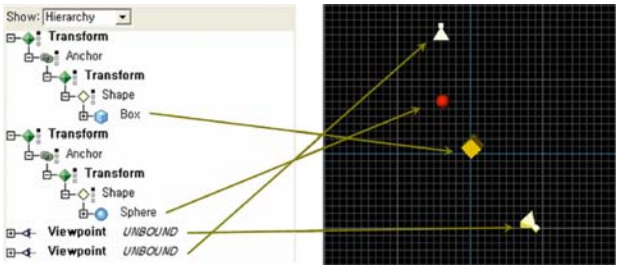
VRML

장면 그래프



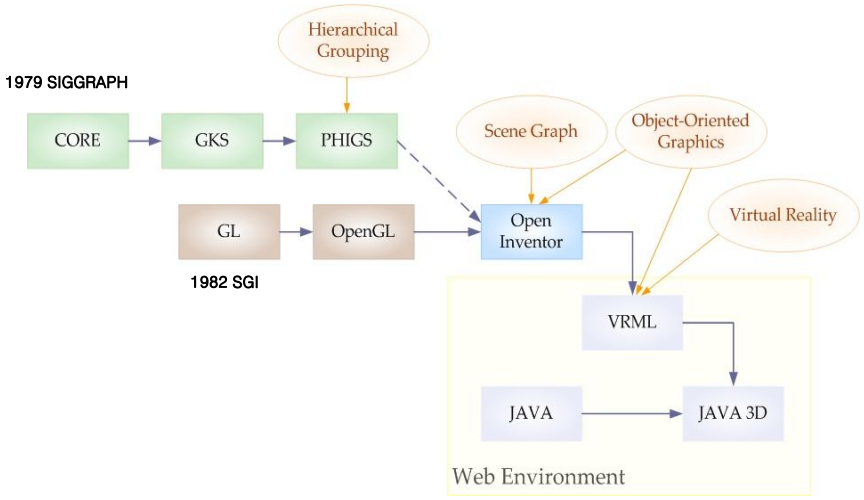
[그림 4-9] VRML 장면 그래프 II

VRML 저작도구: Cosmo World



[그림 4-12] 코스모월드

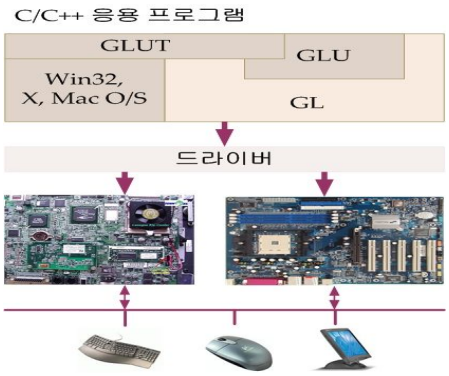
4.3 OpenGL 기초 –그래픽 API 발전과정



[그림 4-13] API 발전 과정

OpenGL

- 저 수준 API
  - 장면을 묘사하는 것이 아니라 구체적 프러시져를 호출
  - cf. DirectX from Microsoft: 호환성 결여
  - 하드웨어와 거의 직접 연관 (하드웨어 성능을 최대한 발휘)
  - Inventor, VRML, Java3D 등 고수준 API의 기반
  - 드라이버 소프트웨어에 비해서는 상대적으로 고수준 함수



[그림 4-14] 인벤터와 지엘의 관계

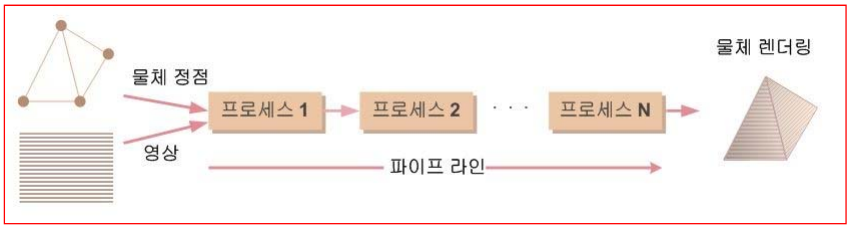
오픈지엘 설계원리

- **범용성(Generality)**
  - 워크스테이션, 수퍼 컴퓨터, 개인용 컴퓨터. 운영체제에 무관
- **효율성(Performance)**
  - 그래픽 하드웨어의 가속 기능을 최대한 발휘.
  - 회사마다 서로 다른 기능. 공통적인 부분을 찾아내어 그 성능을 극대화
  - 공통부분이 아닌 것에 대해서는 활성화 또는 비활성화 등 기능 모드를 제공.
- **독립성(Orthogonality)**
  - 기능 간의 독립성을 최대한 보장.
  - 기능끼리 서로 얽혀 발생하는 오류를 방지.
- **완전성(Completeness)**
  - 특정 하드웨어 기능에 대해서는 ARB 확장 형태로 명령어를 제공
  - 다수의 하드웨어가 확장 기능을 지원하면 표준기능으로 변경.
  - 소프트웨어적으로라도 실행할 수 있도록 배려
- **상호 작업성(Interoperability)**
  - 그래픽 명령은 A 컴퓨터에서 내리되 실행은 B 컴퓨터에서
  - 클라이언트-서버 모델(Client-Server Model)지원.
  - 성능이 낮은 클라이언트 컴퓨터가 고성능 서버를 이용.

[그림 4-16]
네트워크를 사용한 그래픽

파이프라인

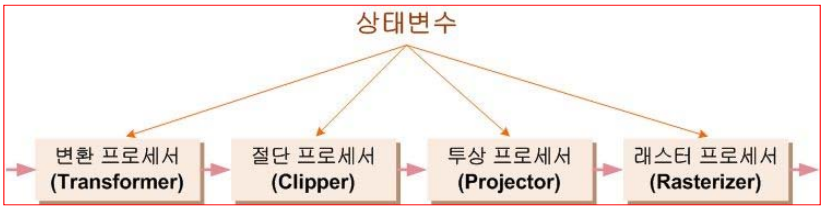
- **GPU 설계원리**
  - CPU 파이프라인과 유사
  - 분업에 의한 동시처리로 처리속도를 극대화. Ex. 컨베이어 시스템
  - 파이프라인 서브 프로세스는 모두 하드웨어화



[그림 4-17] 지엘 입출력과 파이프라인

상태변수

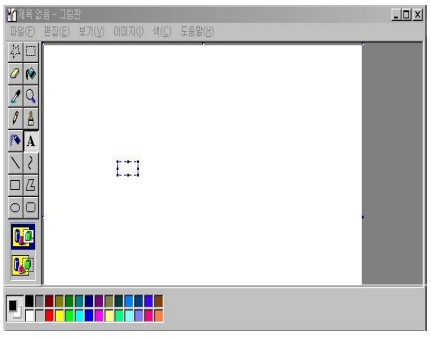
- OpenGL: 거대한 State Variable Machine
- OpenGL의 역할 ➔ 상태변수 설정
- 파이프라인은 상태변수를 참조해서 자동으로 실행됨



[그림 4-18] 지엘 파이프라인의 서브 프로세서

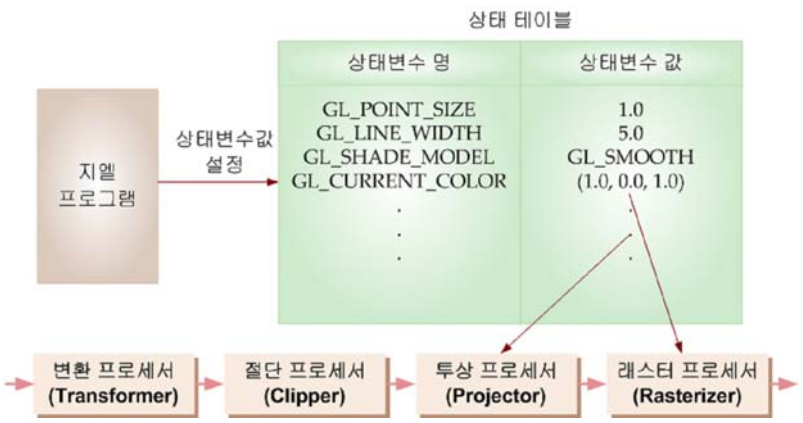
속성할당 방법

- 파라미터 리스트
  - drawLine((1, 0), (3, 0), 3, 4, (255, 0, 0));
  - drawLine((3, 0), (2, 5), 3, 4, (255, 0, 0));
  - drawLine((2, 5), (1, 0), 3, 4, (255, 0, 0));
- 시스템 테이블
  - setLineStyle(2);
  - setLineWidth(4);
  - setLineColor(255, 0, 0);
  - drawLine((1, 0), (3, 0));
  - drawLine((3, 0), (2, 5));
  - drawLine((2, 5), (1, 0));
- ISO ➔ System Table 권장
- "현 상태" 라는 개념
  - Current State



[그림 4-20] 그림판 편집화면

지엘 프로그램, 상태변수, 파이프라인



[그림 4-21] 지엘 프로그램, 상태변수, 파이프라인의 관계

상태변수 예

- 상태변수 설정
  - glColor3f(1.0, 1.0, 1.0);
  - GL_CURRENT_COLOR 상태변수 값을 (1.0, 1.0, 1.0)으로 설정
  - 다른 명령에 의해 값이 바뀔 때까지 모든 물체를 그릴 때 유효함.
- 상태변수 설정
  - glPointSize(0.5);
  - glLineWidth(5);
  - glShadeModel(GL_SMOOTH);
- 상태변수 검색
  - float MyColor[3]; 임의 배열
  - glGetFloatv(GL_CURRENT_COLOR, MyColor); 검색 함수
- 기능관련 상태변수
  - glEnable(GL_LIGHTING); 조명 모드를 활성화
  - glDisable(GL_LIGHTING); 조명 모드를 비활성화

4.4 OpenGL 프로그래밍 – 지엘 명령어 구조

- 정점정의

[그림 4-22] 지엘 명령어 구조 I

접미사	데이터 타입	C/C++ 타입명	지엘 타입명
f	32-bit floating point	float	GLfloat
d	64-bit floating point	double	GLdouble
b	8-bit integer	signed char	GLbyte
ub	8-bit unsigned integer	unsigned char	GLubyte, GLboolean
i	32-bit integer	int or long	GLint
ui	32-bit unsigned integer	unsigned long	GLuint, GLenum, GLbitfield
s	16-bit integer	short	GLshort

[표 4-1] 지엘 데이터 타입

- **float: C/C++ 타입, GLfloat: GL 타입**

지엘 명령어 구조

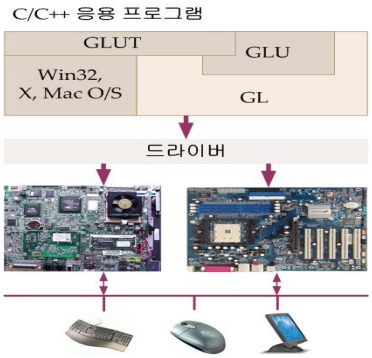
- 벡터 타입

[그림 4-23] 지엘 명령어 구조 II

- 지엘은 **API**
  - 명령어가 아니라 함수명. 그러나 혼용
- 지엘은 비 객체지향적
  - 처리속도를 향상
  - 함수 오버로딩이 불가능
  - **3차원 정점이라면 glVertex3f( ), 2차원 정점이라면 glVertex2f( )**

지엘 프로그램 구성요소

- **GL : OpenGL Core Library**
  - 렌더링 기능을 제공하는 함수 라이브러리
- **GLU : OpenGL Utility Library**
  - 50여개의 함수. GL 라이브러리의 도우미
  - 다각형 분할, 투상, 2차원 곡면, 너브스등 고급기능을 제공하는 함수
  - GL 함수로 작성
- **GLUT : OpenGL Utility Toolkit)**
  - 사용자 입력을 받아들이거나 화면 윈도우를 제어하기 위한 함수
  - 윈도우 운영체제 기능과의 인터페이스



[그림 4-24] GLUT, GL, GLU

GLUT

- 윈도우 기능: 프로그램 실행에 필요한 창(Window)을 관리
- 콜백 기능: 프로그램 실행 중 발생하는 사용자 입력을 처리

[그림 4-25] GLUT 기능

함수명		기능 설명
윈도우 초기화	glutInit( )	윈도우 운영체제와 세션 연결
	glutInitWindowPosition( )	윈도우 위치 설정
	glutInitWndowSize( )	윈도우 크기 설정
	glutInitDisplayMode( )	디스플레이 모드 설정
윈도우 관리	glutSetWindowTitle( )	윈도우 타이틀 설정
	glutCreateWindow( )	새로운 윈도우 생성
	glutReshapeWindow( )	크기 변경에 따른 윈도우 조정
	glutPostRedisplay( )	현 윈도우가 재생되어야 함을 표시
	glutSwapBuffers( )	현 프레임 버퍼 변경

[표 4-2] GLUT의 윈도우 기능

실습 문제 2 : OpenGL 맛보기

- OpenGL공식 홈페이지: http://www.opengl.org/
- GLUT: http://www.opengl.org/resources/libraries/glut/

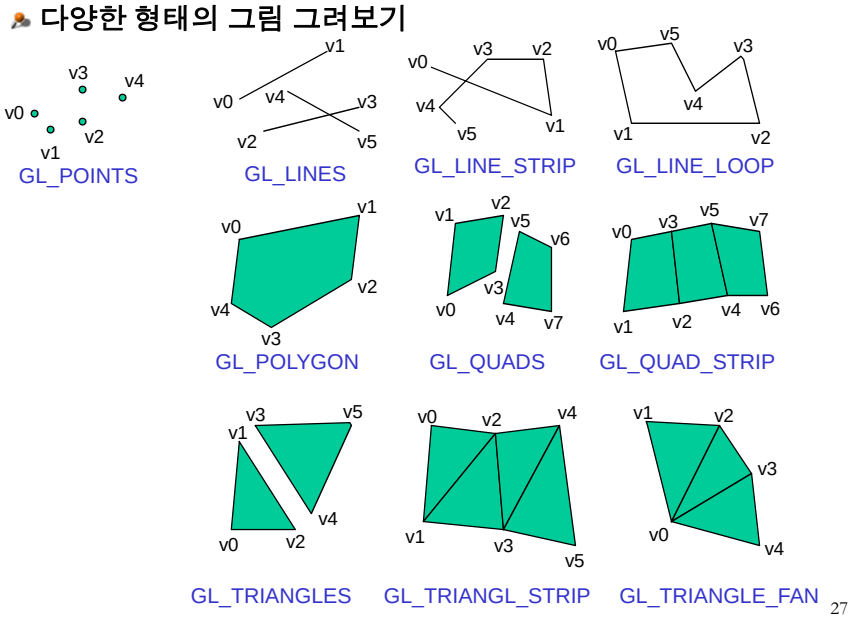
- GLUT설치: glut-3.7.6-bin.zip
  - 헤더파일, 라이브러리, dll파일 복사
  - Include path, library path 추가: Visual Studio

- GLUT Source File 설치: glut-3.7.6-src.zip
  - 여러 가지 test / sample / demo 프로그램들 테스트

- 간단한 OpenGL프로그램 작성해 보기

```
#include <gl/glut.h>
#include <gl/gl.h>
#include <gl/glu.h>
void MyDisplay( ){
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
   glBegin(GL_POLYGON);
     glVertex3f(-0.5, -0.5, 0.0);
    glVertex3f(0.5, -0.5, 0.0);
    glVertex3f(0.5, 0.5, 0.0);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, 0.0);
   glEnd( );
   glFlush( );
}
int main( ){
   glutCreateWindow("OpenGL Drawing Example");
   glutDisplayFunc(MyDisplay);
   glutMainLoop( );
   return 0;
}
```

다양한 형태의 그림 그려보기



키보드의 space키를 치면 다음 형태의 그림이 그려지도록 함

- 키보드 이벤트 처리방법➔ 교재 198쪽의 코드 5-6 참조

```
void MyKeyboard(unsigned char KeyPressed, int X, int Y){
   switch (KeyPressed){
      case 'Q': case 'q':  case 27:  exit(0); break;
    }
}
int main(int argc, char** argv)  {
   ….
   glMatrixMode(GL_PROJECTION);
   glLoadIdentity();
   glOrtho(-1.0, 1.0, -1.0, 1.0, -1.0, 1.0);

   glutDisplayFunc(MyDisplay);
   glutKeyboardFunc(MyKeyboard);
   glutMainLoop();

   return 0;
}
```