# Input and Interaction

514780
2016년 봄학기
9/29/2016
박경신

## Overview

- 입력장치 (Input device)
  - 물리적 입력 장치(Physical input devices)
    - Mouse, Keyboard, Trackball
  - 논리적 장치
    - String, Locator, Pick, Choice, Valuators, Stroke device
- 입력 모드
  - Request mode, Sample mode, Event mode
- GLUT Devices & Event-driven programming
  - 마우스, 키보드, 메뉴, 조이스틱, 테블렛, ..

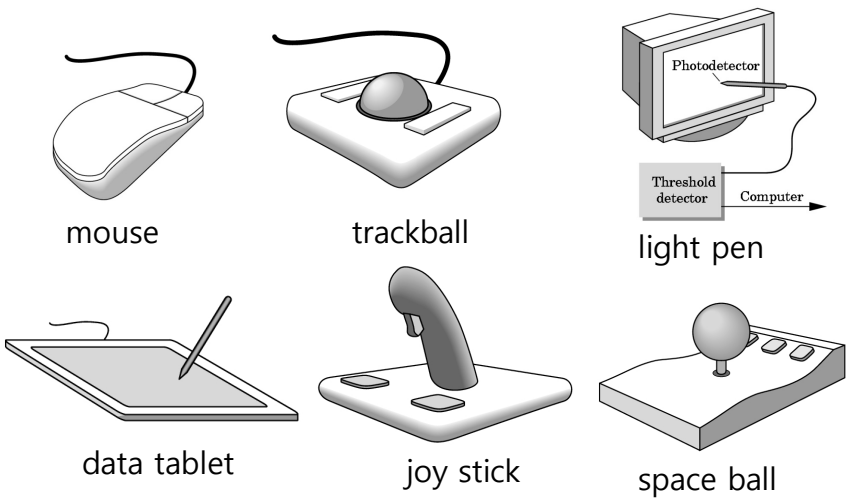
## Interaction

- 컴퓨터 기술의 중요한 발전 가운데 하나는 사용자가 컴퓨터 화면을 이용하여 상호작용을 할 수 있다는 것이다.
- 상호작용 (Interaction)
  - 사용자는 마우스와 같은 대화식 장치를 통하여 행동을 취한다.
  - 컴퓨터가 사용자의 입력을 감지한다.
  - 프로그램은 이 입력에 반응하여 상태를 바꾼다.
  - 프로그램은 이 새로운 상태를 디스플레이한다.
  - 사용자는 바뀐 디스플레이를 본다.
  - 사용자가 이 변화에 다시 반응하는 과정들이 반복된다.

## Graphical Input

- 입력장치를 두 가지 다른 방법으로 생각할 수 있다
  - 물리적 장치
    - Mouse, Keyboard, Trackball
  - 논리적 장치
    - 물리적 특성이 아닌 사용자 프로그램과의 상위 인터페이스에 의하여 특징지어짐
- 입력 모드
  - 입력장치가 응용프로그램에게 입력을 제공하는 방식은 측정과정(Measure)과 장치 트리거(Trigger)로 설명될 수 있다
    - 요구 모드 (Request mode)
    - 샘플 모드 (Sample mode)
    - 이벤트 모드 (Event mode)

## Physical Input Devices




## Physical Input Devices

- 물리적 입력장치 (Physical input devices)
  - 지시 장치 (Pointing devices)
    - 사용자가 화면상의 한 위치를 지시할 수 있게 함
    - 대부분의 경우 사용자가 컴퓨터에 신호 즉, 인터럽트를 보내기 위해 1 이상의 버튼을 가지고 있다.
    - Mouse, trackball, tablet, lightpen, joystick, spaceball
  - 키보드 장치 (Keyboard devices)
    - 프로그램에 문자 코드를 반환하는 장치
    - Keyboard

## Relative Positioning Device

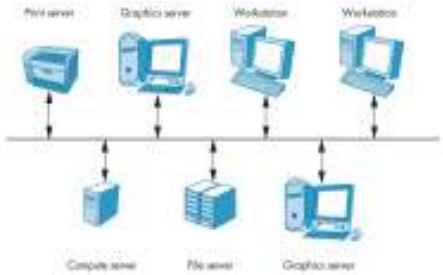
- 데이터 테블렛 (data tablet) 같은 장치는 절대위치를 제공한다.
- 마우스, 트랙볼, 조이스틱 같은 장치는 변화하는 속도를 적분하여 위치정보가 계산된다.
  - Rotation of cylinders in mouse
  - Roll of trackball
  - 정확한 절대위치를 구하기 어려움
  - 장치를 가변-감도 입력으로 사용할 수 있음

## Logical Input Devices

- 문자열 장치 (String device) - keyboard
  - 사용자 프로그램에 ASCII문자열(strings of characters)을 제공
- 위치 장치 (Locator device) – mouse, trackball
  - 사용자 프로그램에 실세계 좌표의 위치(position)를 제공
- 지적 장치 (Pick device) – mouse button, gun
  - 사용자 프로그램에 객체의 식별자(ID)를 반환
- 선택 장치 (Choice device) – widgets, function keys, mouse button
  - 사용자가 선택사항들 (menu)중 하나를 선택하도록 함
- 벨류에이터 장치 (Valuators) – slide bars, joystick, dial
  - 사용자 프로그램에 아날로그 입력(range of value)을 제공
- 획 장치 (Stroke) – mouse drag
  - 위치들의 배열(array of positions)을 반환

## X Window Input

- X Window System 모델은 클라이언트와 서버 모델 (client-server model) 네트워크로 구성.
  - 그래픽스 서버(Graphics Server)는 래스터 디스플레이, 키보드, 마우스를 가진 워크스테이션이다. 이 서버는 디스플레이에 출력 서비스를 키보드와 마우스를 통한 입력 서비스를 제공한다.
  - 클라이언트 (Client) - OpenGL 프로그램은 그래픽스 서버를 사용하는 클라이언트이다.

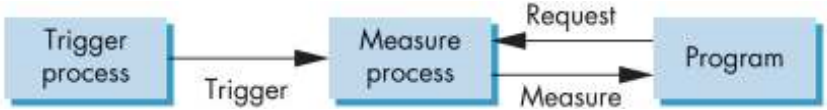


## Input Modes

- 입력장치는 OS에 신호를 보내는 트리거(trigger)를 가지고 있다.
  - 마우스 "버튼"
  - 키보드에서 "리턴/엔터"키
- 입력장치는 트리거 시 컴퓨터에게 측정치(measure)를 넘겨준다. 신호를 주는데 사용할 수 있는 장치의 물리적 입력이다.
  - 마우스는 "위치정보"를 준다.
  - 키보드는 "ASCII code"를 준다.

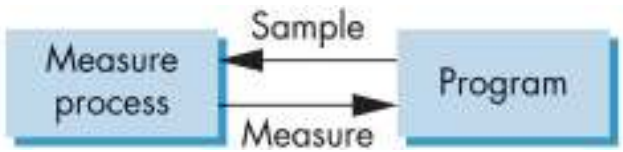
## Request Mode

- 요구모드 (Request mode)에서는 장치가 트리거 될 때까지 측정치가 프로그램으로 반환되지 않는다.
- 문자입력을 요구하는 전형적인 비그래픽스적인 응용 프로그램의 표준
  - 예를 들어 C 프로그램의scanf 함수가 사용될 때 프로그램이 단말기에서 문자를 칠 때까지 기다리면서 정지한다. 그리고 엔터키(trigger)를 누르기까지 타이핑과 교정이 가능하다.




## Sample Mode

- 샘플모드 (Sample mode)에서는 즉각적인 입력을 제공한다. 사용자 프로그램에서 함수의 호출을 만나는 즉시 측정치가 반환된다. 따라서 트리거가 필요하지 않다.
- 예: C 프로그램의 getc



## Event Mode

- 대부분의 시스템은 여러 개의 입력 장치가 있으며 각 장치마다 자신의 트리거로 측정과정을 실행하는 환경으로 구성된다
- 입력 장치가 트리거(trigger)될 때마다 이벤트(event)가 생성되고, 장치의 측정치가 장치 식별자(ID)와 더불어 이벤트 큐(event queue)에 들어간다.
- 답신(callback) 함수를 특정 이벤트와 연결하여 사용한다.


## Event Types

- Window – 윈도우 resize, expose, iconify
- Keyboard – 키를 누름(press)와 키에서 뗌(release)
- Mouse – 마우스 버튼을 누름
- Motion – 마우스 움직임
- Idle – 이벤트가 없음

## Programming Event-Driven Input

- 이벤트-구동(Event-drive) 입력 프로그래밍을 위해 이벤트에 대응하는 답신 함수(callback function)을 정의한다.
- 이벤트가 발생시 해당 답신 함수(callback function)이 동작한다.
- 예를 들어, GLUT에서 마우스 이벤트의 답신 함수는 main 함수 내에서 glutMouseFunc(mouse)를 통해서 지정한다. 그리고 mouse 답신 함수의 형태는 다음과 같다.

```
void mouse(int button, int state, int x, int y)
```

## GLUT Devices

- Keyboard
  - "normal" keys
  - "special" keys
- Mouse
  - Position
  - buttons
- Joystick
- Tablet
- Dial/button box
- Spaceball

## GLUT *Keyboard* Functions

- glutKeyboardFunc(func)
  - ACII 'character' 키가 눌려졌을 때 불려짐
- glutSpecialFunc(func)
  - 특수 'special' 키가 눌려졌을 때 불려짐
- glutKeyboardUpFunc(func)
  - ACII 'character' 키가 떼어졌을 때 불려짐
- glutSpecialUpFunc(func)
  - 특수 'special' 키가 떼어졌을 때 불려짐
- glutGetModifiers()
  - 이벤트 발생시 Shift, Control, Alt keys의 상태를 줌
- glutIgnoreKeyRepeat(val)
  - GLUT에게 자동 키보드 반복을 무시하라고 알려줌

## GLUT *Keyboard* Event Callback

- void keyboard(unsigned char key, int x, int y)
  - 키보드 인터랙션에 대한 처리를 지정.
  - *key* 인자는 ACII character code로 지정
  - *x, y*인자는 키를 눌렀을 때의 마우스의 위치

```
void keyboard(unsigned char key, int x, int y)
{
  switch (key): /* q-key exits the program */
  {
     case 'q':
        exit(0);
  }
}
```

## GLUT *Special* Key

- GLUT 특수키(special key) 지정
  - GLUT_KEY_{F1,F2..,F12}
  - GLUT_KEY_{UP,DOWN,LEFT,RIGHT} – 방향키
  - GLUT_KEY_{PAGE_UP,PAGE_DOWN,HOME,END,INSERT}

```
void specialkey(int key, int x, int y)
   {
   switch(key) {
     case GLUT_KEY_F1:
              red = 1.0; green = 0.0; blue = 0.0; break;
     case GLUT_KEY_F2:
              …
   }
```

## GLUT *Modifier* Key

- CTRL, ALT, SHIFT modifier key가 눌려졌는지 확인하려면 int glutGetModifiers(void)사용.
  - GLUT_ACTIVE_SHIFT – SHIFT 키 (혹은 Caps Lock인 상태)
  - GLUT_ACTIVE_CTRL
  - GLUT_ACTIVE_ALT

```
void keyboard(unsigned char key, int x, int y)
   {
     if (key == 27) /* ESC-key exits the program */
       exit(0);
     else if (key =='r') {
       int mod = glutGetModifier();
       if (mod == GLUT_ACTIVE_CTRL)
         red = 0.0;
       else
         red = 1.0;
     }
   }
```

## GLUT *Mouse* Functions

- glutMouseFunc(void(*func)(int button, int state, int x, int y))
  - 마우스 버튼이 눌려졌을 때 불려짐
- glutMotionFunc(void(*func)(int x, int y))
  - 마우스가 버튼이 눌려진 상태에서 움직일 때 불려짐
- glutPassiveMotionFunc(void (*func)(int x, int y))
  - 마우스 버튼이 눌려지지 않은 상태에서 움직일 때 불려짐

## GLUT *Mouse* Event Callback

- void mouse(int button, int state, int x, int y)
  - *button* 인자에는 GLUT_LEFT_BUTTON, GLUT_MIDDLE_BUTTON, GLUT_RIGHT_BUTTON
  - *state* 인자에는 GLUT_DOWN (마우스 버튼이 눌려졌을 때) GLUT_UP (마우스 버튼이 떼어졌을 때)
  - *x, y* 인자는 마우스 버튼이 눌렸거나 떼어졌을 때 마우스의 위치 (in GLUT window coordinates)

```
void mouse(int button, int state, int x, int y)
  {
  ...
  }
```

## GLUT *Motion* Event Callback

- void motion(int x, int y)
  - *x, y* 인자는 마우스의 새로운 위치 (in GLUT window coordinates)

```
void motion(int x, int y)
 {
    ...
 }
```

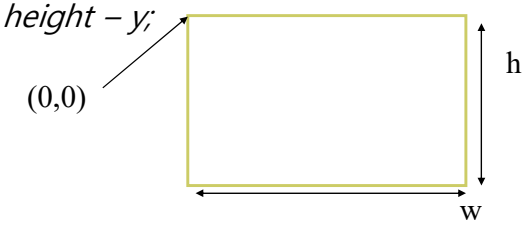
## GLUT *Mouse Enter/Leave* the Window

- void glutEntryFunc(void(*func)(int state));
- void entry(int state)
  - *state* 인자는 GLUT_LEFT, GLUT_ENTERED
- X-window에서는 정확히 윈도우에 마우스가 들어오고 나갈 때의 이벤트를 발생시킴. Windows OS에서는 마우스를 현재 윈도우에 클릭해야 window focus가 바뀌게 되므로 이 함수가 정확히 작동되지 않음.

```
void entry(int state)
 {
    ...
 }
```

## Mouse Positioning

- GLUT screen coordinate은 원점을 왼쪽 위쪽(top-left corner)으로 하고 x+는 오른쪽, y+는 아래쪽으로 1 pixel 단위로 증가한다.
- OpenGL은 2D drawing coordinate은 원점이 왼쪽 아래쪽 (bottom-left corner)으로 하고, x+는 오른쪽, y+는 위쪽으로 증가한다.
- 따라서, 마우스로 입력된 *y* 값을 윈도우의 높이 (height)에서 빼주어야 OpenGL의 화면에 그림을 그릴 수 있다. *y = height – y;*




## Drawing squares at cursor location

```
void mouse(int button, int state, int x, int y)
{
    if(button==GLUT_RIGHT_BUTTON && state==GLUT_DOWN)
        exit(0);
    if(button==GLUT_LEFT_BUTTON && state==GLUT_DOWN)
        drawSquare(x, y);
}

void drawSquare(int x, int y)
{
    y = window_height - y;  /* convert y position to screen drawing
    coordinates */
    glColor3ub( (char) rand()%256, (char) rand ()%256,      (char)
    rand()%256); glBegin(GL_POLYGON);
        glVertex2f(x+size, y+size);
        glVertex2f(x-size, y+size);
        glVertex2f(x-size, y-size);
        glVertex2f(x+size, y-size);
     glEnd();
}
```

## If both a mouse button and ALT key are pressed

```
void mouse(int button, int state, int x, int y)
{
    specialKey = glutGetModifiers();
    if((state==GLUT_DOWN)&&(specialKey == GLUT_ACTIVE_ALT))
        {
        if (button == GLUT_LEFT_BUTTON) {
                red = 1.0; green = 0.0, blue = 0.0;
        }
        else if (button = GLUT_MIDDLE_BUTTON){
                red = 0.0; green = 1.0, blue = 0.0;
        }
        ...
}
```

## GLUT *Device* Functions

- glutJoystickFunc(func)
  - 조이스틱의 상태를 매 t milliseconds 단위로 호출
- glutTabletMotionFunc(func)
  - 테블렛 puck이 움직였을 때 호출
- glutTabletButtonFunc(func)
  - 테블렛 버튼이 눌렸거나 떼어졌을 때 호출
- glutDialsFunc(func)
  - 다이얼이 돌려졌을 때 호출
- glutButtonBoxFunc(func)
  - 다이얼/버튼박스의 버튼이 눌렸거나 떼어졌을 때 호출

## Widgets

- 대부분의 윈도우 시스템은 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphical User Interface) 위제트 (widgets)을 제공
- 그래픽 디스플레이에 입력기능을 제공하는 고수준 인터페이스 (Higher-level interface)
- 물리적 입력장치가 제공하는 대부분의 기능을 제공한다.
- 위제트의 예
  - Menus
  - Push Buttons
  - Radio buttons
  - Sliders
  - Scroll bars
  - Dials

## GLUT *Menus* Functions

- GLUT는 간단한 팝업메뉴 (pop-up menus) 기능을 제공한다.
- 먼저 메뉴 안에 항목들을 정의한 후, 이 팝업메뉴를 특정 마우스 버튼과 연결해야 한다 (이 마우스 버튼을 눌렀을 때 나타날 수 있도록).
- 각 메뉴 항목에 해당하는 답신 함수를 정의해야 함.
- 주 menus 아래 sub-menus를 만들 수 있다.

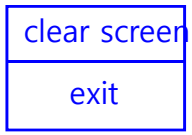
```
id = glutCreateMenu(func);          /* starts defining a new menu */
glutAddMenuEntry(label, value);    /* adds an entry to the menu */
glutAddSubMenu(label, id);          /* adds a submenu to the menu */
glutAttachMenu(button);  /* defines mouse buttons to pop-up the menu
   */
```

- Menus는 실행 중에 아래와 같은 함수를 써서 바꿀 수도 있다.
  - glutSetMenu, glutRemoveMenuItem, glutChangeToMenuEntry, glutChangeToSubMenu
- Menus는 실행 중에 아래와 같은 함수를 써서 버튼에 attach 혹은 detach가 가능하다.
  - glutDetachMenu

## Defining a simple menu

- int glutCreateMenu(void (*func)(int value));
- void glutAddMenuEntry(char *name, int value);
  - name인자는 메뉴에 나타나는 이름
  - value인자는 메뉴 엔트리가 선택됐을 때 답신함수에 보내지는 값
- void glutAttachMenu(int button);
  - button인자에는 GLUT_LEFT_BUTTON, GLUT_MIDDLE_BUTTON, GLUT_RIGHT_BUTTON

```
menu_id = glutCreateMenu(menu);
glutAddmenuEntry("clear screen", 1);
gluAddMenuEntry("exit", 2);
glutAttachMenu(GLUT_RIGHT_BUTTON);
```




## Menu actions

- Menu callback

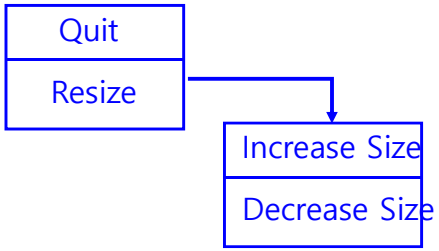
```
void menu(int id)
{
        if(id == 1) glClear();
        if(id == 2) exit(0);
}
```

- 각각의 메뉴는 생성시 ID를 갖는다.
- glutAddSubMenu(char *submenu_name, submenu id)를 사용하여 sub-menus 추가

## Hierarchical Menus

```
sub_menu = glutCreateMenu(size_menu);
glutAddMenuEntry("Increase Size", 2);
glutAddMenuEntry("Decrease Size", 3);

glutCreateMenu(top_menu);
glutAddMenuEntry("Quit", 1);
glutAddSubMenu("Resize", sub_menu);
glutAttachMenu(GLUT_RIGHT_BUTTON);
```




## Idle Callback

- glutIdleFunc(void (*func)(void))의 답신함수는 다른 이벤트가 없을 때 실행됨.
- Idle은 애니메이션 움직임에 사용함, *e.g. rotating square*

```
void idle() {
/* change something */
   t += dt
   glutPostRedisplay();
}

void display() {
   glClear();
/* draw something that depends on t */
   glutSwapBuffers();
}
```

- Idle의 default 답신함수(callback function)는 NULL.

## The display callback

- 디스플레이 답신함수는 GLUT에서 윈도우가 새로 그리기(window refresh)를 요할 때 불려진다.
  - 윈도우가 처음으로 열렸을 때
  - 윈도우가 재구성이 필요할 때
  - 윈도우가 expose됐을 때
  - 사용자 프로그램에서 디스플레이가 바뀌길 원할 때
- glutDisplayFunc(display)는 모든 GLUT 프로그램에서 반드시 불리는 display callback이다.

## glutPostRedisplay

- void glutPostRedisplay() 함수는 윈도우가 새로 그려져야 할 필요가 있는 경우를 표시하는 일을 한다.
- 일반적으로 display callback 함수를 직접 호출하는 것 보다, 이 함수를 사용하면 디스플레이가 다시 그리기 지시 플래그를 GLUT 메인루프 내에 설치해서, 과다하거나 불필요한 화면 그리기를 방지한다.
- glutPostRedisplay를 사용하면 이 프로그램이 이벤트 루프를 처리 할 때마다 디스플레이가 한 번 실행되도록 한다.

## Animating a Display

- Display callback함수 내에서 디스플레이를 새로 그릴 때 glClear()를 사용하여 먼저 윈도우를 clear한다.
- 그러나, 프레임 버퍼에서의 그림 정보는 그림 내용의 디스플레이와 분리되어 있다.
- 따라서 반쪽만 그리게 되는 디스플레이를 보게 됨.
- single_double_buffer.cpp 참고 – rotating cube 예제

## Double Buffering

- 2개의 color buffer를 사용
  - Front Buffer – 화면에 출력
  - Back Buffer – 그래픽스 랜더링으로 래스터 이미지 생성
- Double Buffer
  - 더블 버퍼를 초기화
    - glutInitDisplayMode(**GLUT_DOUBLE**| GLUT_RGB)
  - display callback에서 버퍼를 지움
    - glClear(**GL_COLOR_BUFFER_BIT** | ...)
  - display callback에서 마지막으로 스왑 버퍼를 부름
    - **glutSwapBuffers()**

## The *Reshape* callback

- glutReshapeFunc(reshape)는 재구성 이벤트 답신함수를 호출한다.
- void reshape(int w, int h)
  - 윈도우의 넓이 (width)와 높이(height)를 반환한다.
  - 이 답신함수는 자동적으로 redisplay를 부른다.
- Reshape callback 함수는 윈도우가 처음 열렸을 때 호출되므로 관측함수를 넣기에 좋은 곳이다.

## Example Reshape

```
void reshape(int w, int h)
{
    g_aspectRatio = (float) (w/h);
    g_Projection = glm::perspective(g_fovy, g_aspect, g_near, g_far);

    glViewport(0, 0, w, h);
    glutPostRedisplay();
}
```