

PIR 센서: 인체 감지

김 동 훈

시작

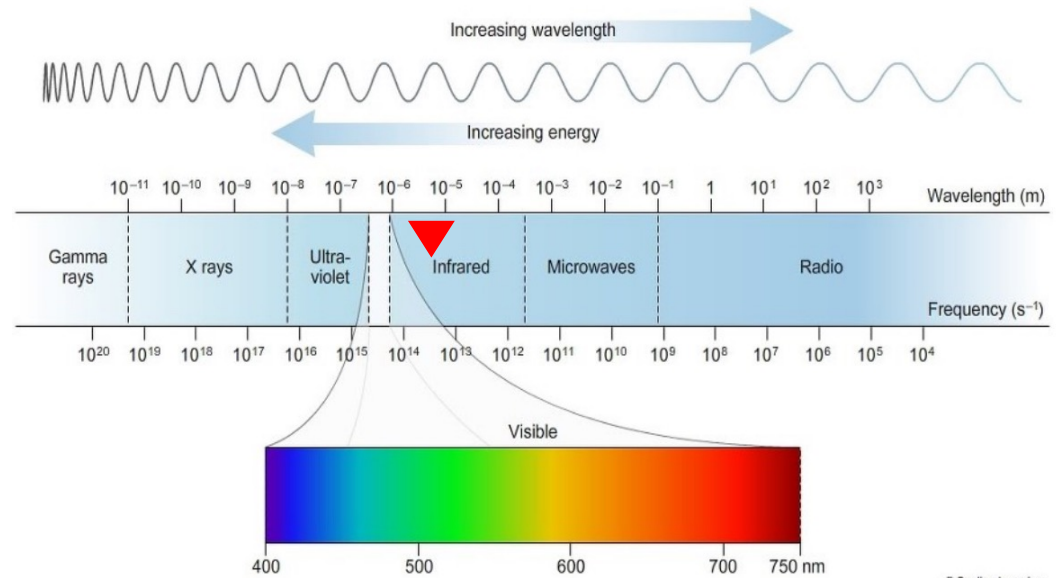
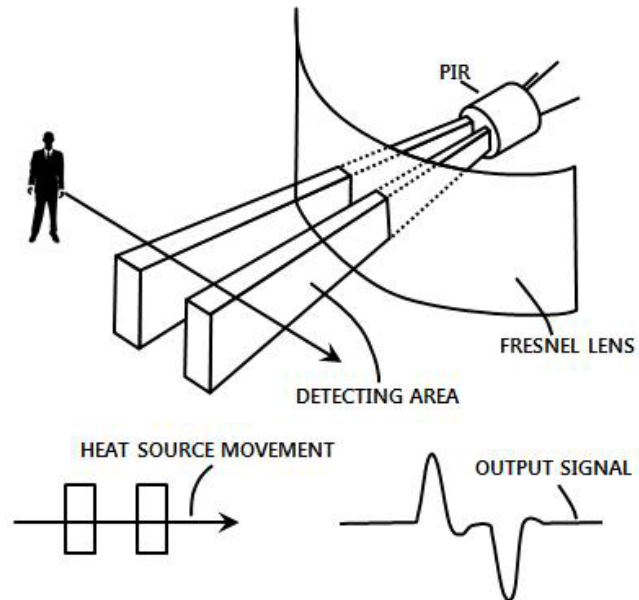
• 강의 소개

- 이번 원격 강의에서는 인체의 움직임을 감지하기 위한 적외선 센서의 이론 및 동작원리를 강의합니다.
- PIR 센서는 산업현장에서 광범위하게 사용되는 수동형 적외선 센서로 이의 원리와 동작 방법을 익히는 것이 중요합니다.
- 실습 프로그램은 코드 리딩을 통해 프로그램의 흐름과 동작을 이해 할 수 있습니다.
- 실습 프로그램은 다음과 같이 진행하기 바랍니다.
 - 먼저 실습에서 주어진 문제를 읽고 이해하시기 바랍니다.
 - 실습코드를 공개 했으니 코드 리딩을 통해 프로그램의 흐름을 파악하시기 바랍니다.
 - 실습 코드의 흐름이 파악되면 그 동작을 이해 할 수 있습니다.
 - 이러한 과정은 프로그램 개발과정의 일부분이니 익숙해 지시는 것이 필요합니다.
 - 실습이 가능해지면 실습을 통해서 동작을 확인할 예정이니 큰 부담 갖지 말고 진행하시기 바랍니다.
 - 코드 리딩에 필요한 주석은 프로그램에 달려 있으니 꼼꼼히 확인하시기 바랍니다.

PIR 센서

• PIR (Passive InfraRed) 센서 란?

- 수동형 적외선 센서
- 인체에서 방출하는 온도 에너지의 변화를 검출하여 인체를 감지
 - 인체의 표면온도는 일반적으로 20~35 °C 정도 유지
 - 10um정도의 파장대를 갖는 적외선 방출
 - Pyroelectric원리를 사용 적외선의 변화량을 감지



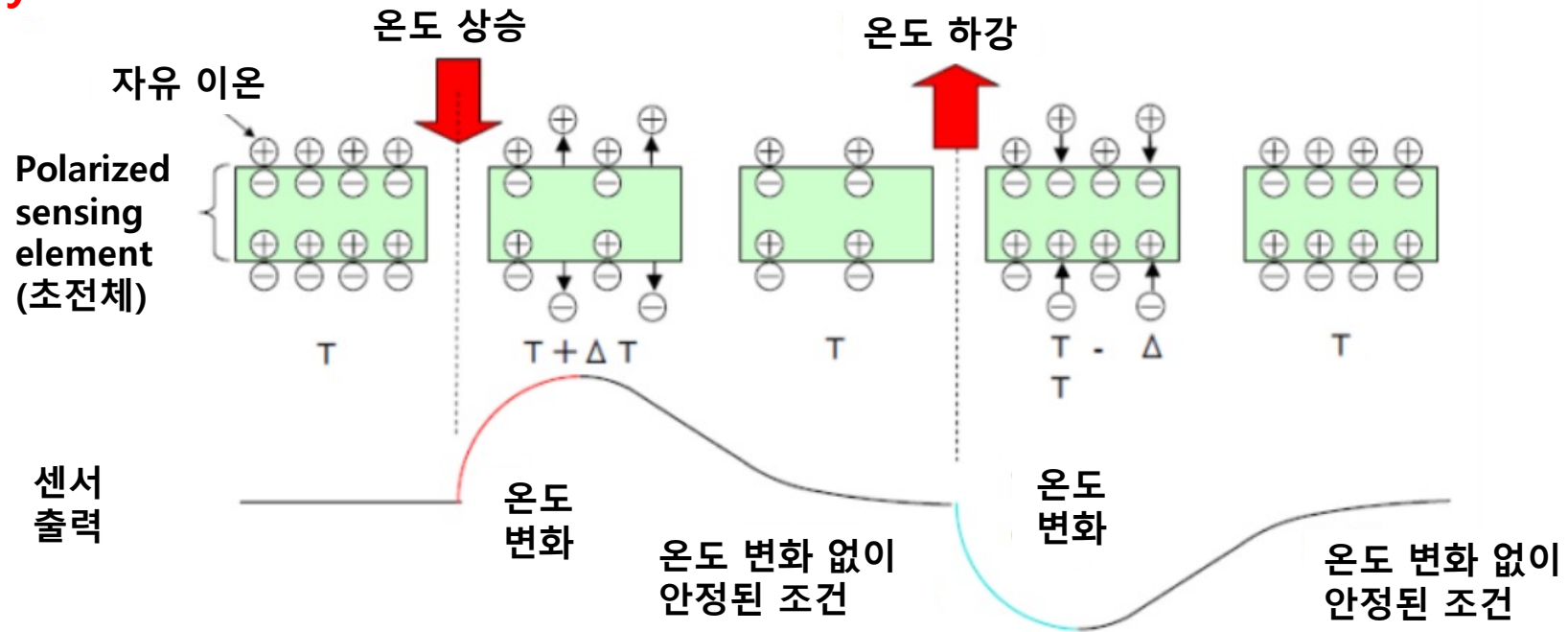
PIR 센서

- **Pyroelectric 효과**

- 초전 효과를 의미
- 열을 의미하는 pyro와 전기를 의미하는 electricity가 합성된 것
- 강유전체 전기현상 중 하나
 - 물질의 온도가 변하면 유전체의 표면전하가 변화는 현상
 - 표면전하가 변화하면 전기적 신호 (전류) 생성

Pyro + **Electricity** = **pyroelectric 효과**
열 **전기**

- **Pyroelectric 효과**

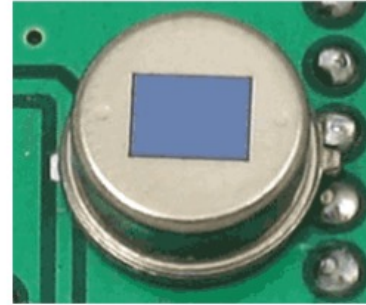


PIR 센서

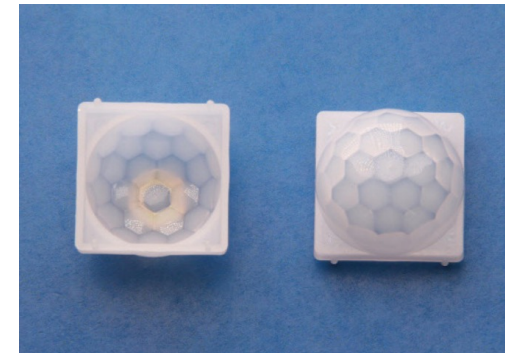
- PIR 센서 구조



PIR 센서 조립체



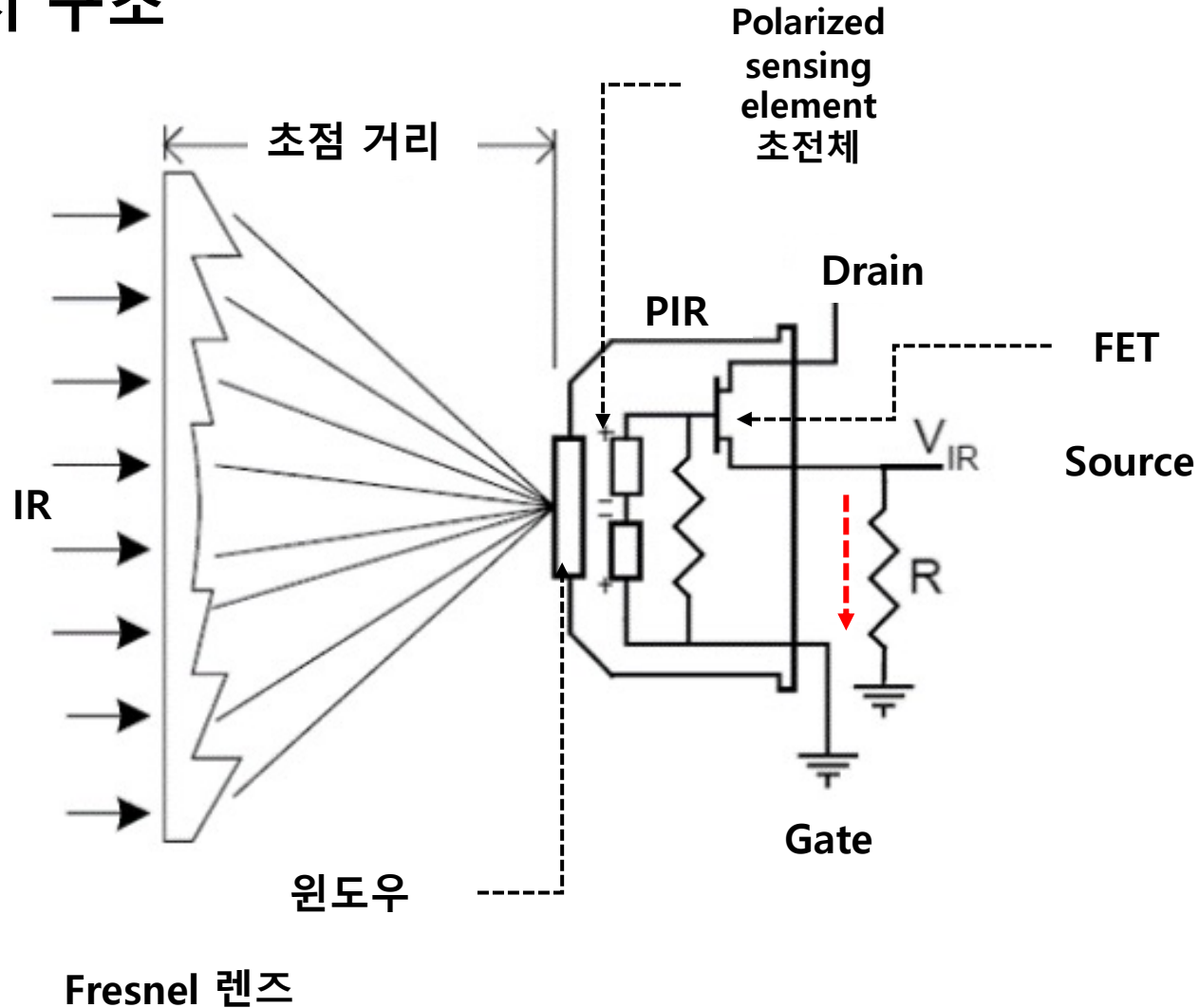
PIR 센서



Fresnel 렌즈

PIR 센서

• PIR 센서 구조



- Fresnel 렌즈: 적외선을 집광하여 센서의 감도를 상승 시킴
- 원도우: 필요 없는 파장대의 빛을 제거하는 IR 필터의 역할을 수행
- FET: 초전체의 전압변화 (V_{gs})에 따라 Drain과 Source 사이의 전류 제어
→ 센싱 저항 R에 의해 전류 → 전압 변환

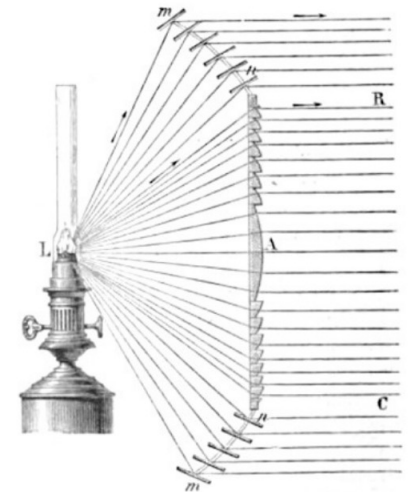
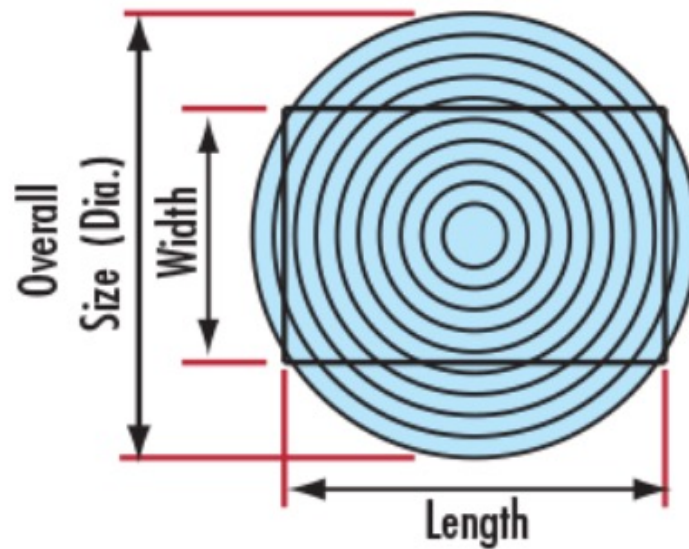
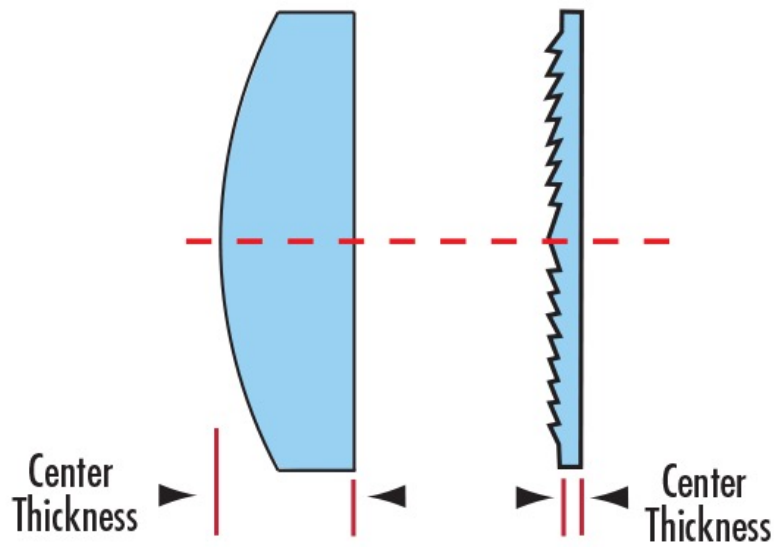
PIR 센서

• Fresnel 렌즈

- 프랑스 과학자인 Augustin-Jean Fresnel 고안
- 등대에 사용되는 대형 볼록 렌즈를 저렴하게 만들기 위해서 제안
 - 크기가 커지더라도 두께가 두꺼워 지지 않아 얇고 가벼운 장점
 - 작은 볼록렌즈들을 원심 축을 따라 평면에 배치한 것과 같은 효과



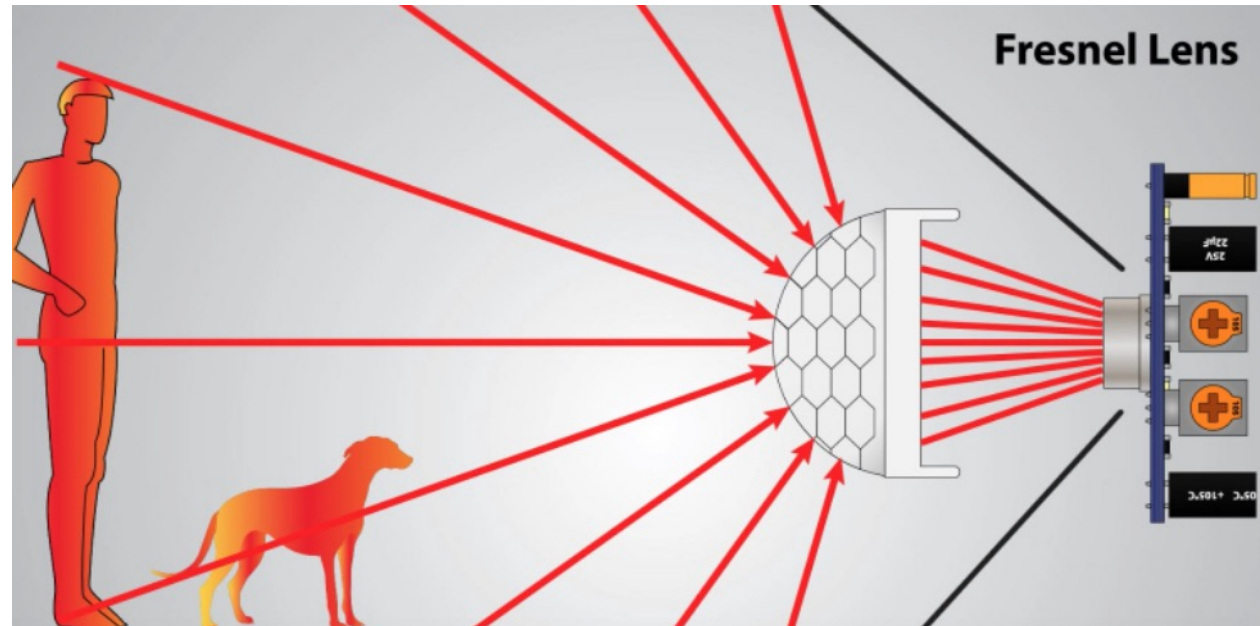
Augustin-Jean Fresnel



PIR 센서

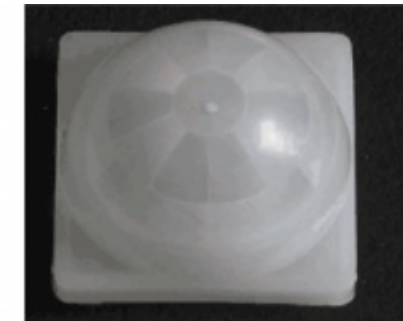
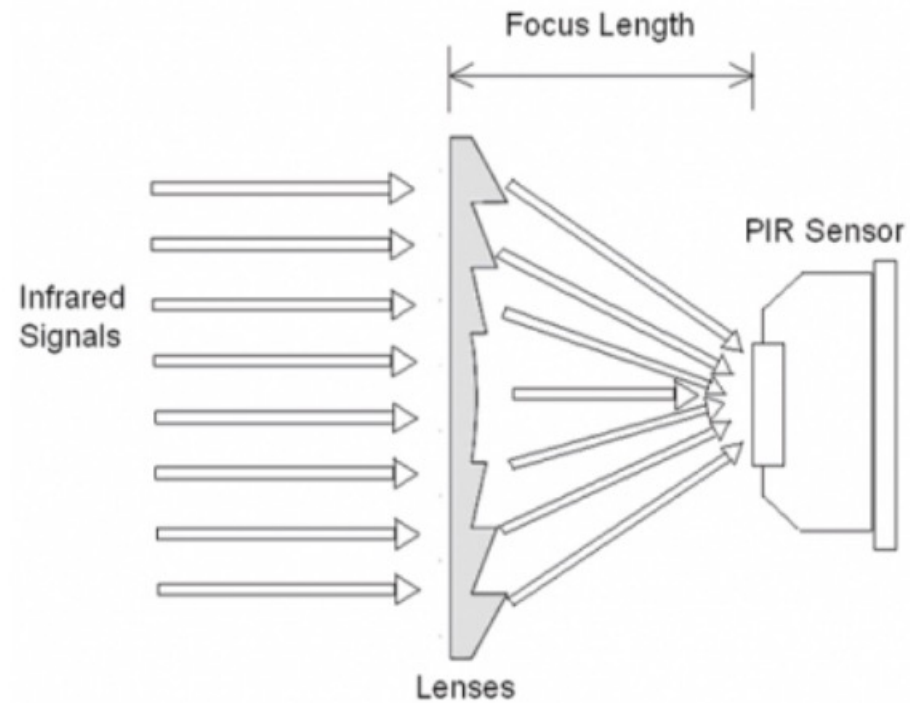
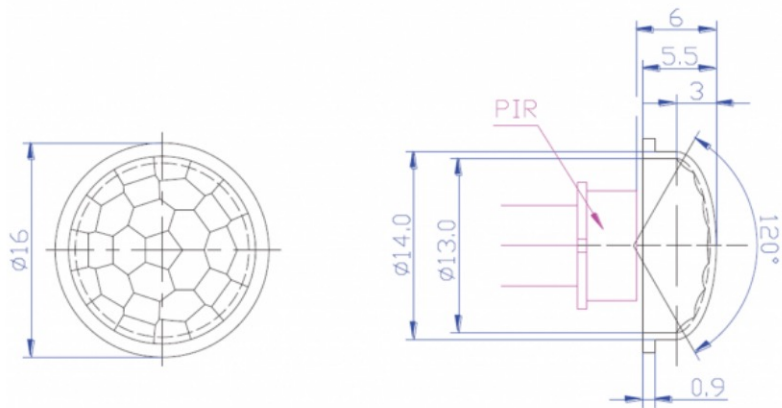
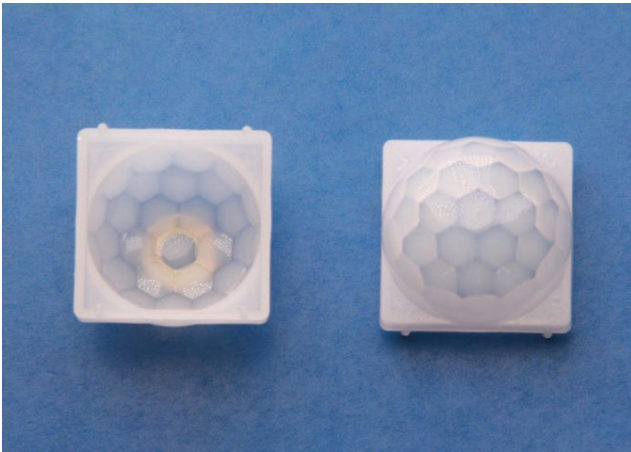
- **Fresnel 렌즈**

- 인체에서 방출되는 적외선 파장의 빛을 효과적으로 모으기 위해 사용
 - 감지 거리 확대와 감지 감도의 증대를 위해서 사용
 - 여러 방향에서 들어오는 적외선을 한곳으로 모으는 기능을 수행



PIR 센서

- Fresnel 렌즈



Top View



Bottom View

PIR 센서

- PIR 센서 의 종류

- 초전체의 구성으로 분류

- Single element

- 초전체가 하나로 구성
 - 비 접촉 온도계 또는 Gas 분석기에 응용

- Dual element

- 초전체가 두개로 구성되고 일반적인 PIR 센서를 의미
 - 인체 감지 센서

- Multi element

- 초전체가 여러 개로 구성
 - 특수한 용도의 화학 검출 경보기 및 화재 감시 센서로 사용

PIR 센서

- PIR 센서
 - 인체 감지용 센서



소형 PIR 센서

다양한 PIR 센서

PIR 센서

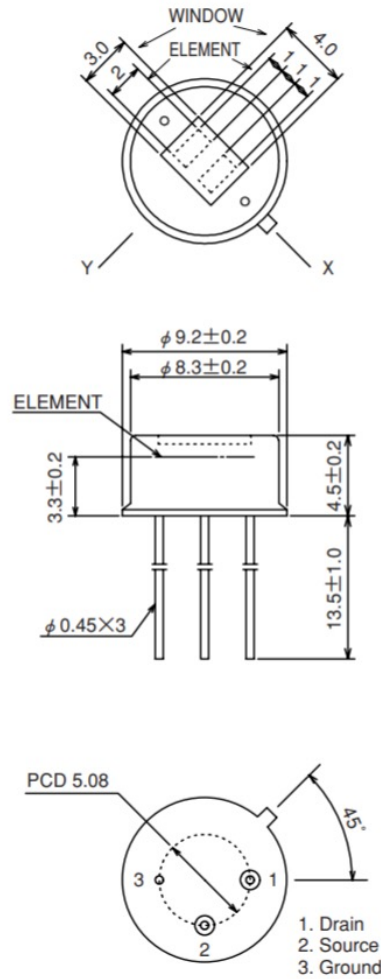
- PIR 센서

- RE200B 센서

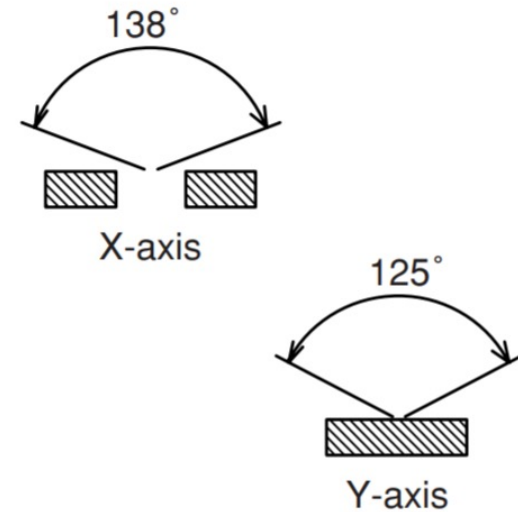
- 실습에서 사용할 PIR 센서



RE200B 외형



Dual 센서



시야 각

PIR センサ

■ 定 格 Ratings (25℃)

項目 Parameters	素子タイプ Element Type	補償型シングル Compensated Single	デュアル Dual	クワッド Quad	無方向性 デュアル Omni-Directional quad	汎用型 デュアル General Purpose Dual	高感度4エレメント デュアル High Sensitivity 4 element Dual
		SSAC10-11	SDA02-54	REP05B	RE46B	RE200B	RE431B
1 受光面積(mm) Sensitive Area		φ 1.75	2 × 1 2 elements	1.375 × 1 4 elements	1 × 1 4 elements	2 × 1 2 elements	1 × 1 4 elements
2 応答波長範囲(μm) Spectral Response		7 ~ 14	7 ~ 14	5 ~ 14	5 ~ 14	5 ~ 14	5 ~ 14
3 信号出力(mVp-p) Signal Output		2900	3200	3600	5500	3900	7300
感 度(V/W) Sensitivity 420K, 1Hz		2400	3400	3900	4860	3300	6450
比検出率(D*) (cmHz ^{1/2} /W) Detectivity (420K, 1Hz, 1Hz)		1.7 × 10 ⁸	1.4 × 10 ⁸	1.2 × 10 ⁸	1.7 × 10 ⁸	1.5 × 10 ⁸	1.7 × 10 ⁸
等価雑音入力(W) NEP (420K, 1Hz, 1Hz)		8.9 × 10 ⁻¹⁰	1.0 × 10 ⁻⁹	1.0 × 10 ⁻⁹	8.5 × 10 ⁻¹⁰	9.6 × 10 ⁻¹⁰	7.9 × 10 ⁻¹⁰
4 雑音出力 (mVp-p) Noise		60	70	90	90	80	130
オフセット電圧 (V) Offset Voltage		0.6	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8
5 供給電圧 (V) Supply Voltage		2.2 ~ 15	2.2 ~ 15	2.2 ~ 15	2.2 ~ 15	2.2 ~ 15	2.2 ~ 15
使用温度範囲 (℃) Operating Temp.		-30 ~ 70	-30 ~ 70	-30 ~ 70	-30 ~ 70	-30 ~ 70	-30 ~ 70
保存温度範囲 (℃) Storage Temp.		-40 ~ 80	-40 ~ 80	-40 ~ 80	-40 ~ 80	-40 ~ 80	-40 ~ 80

PIR 센서

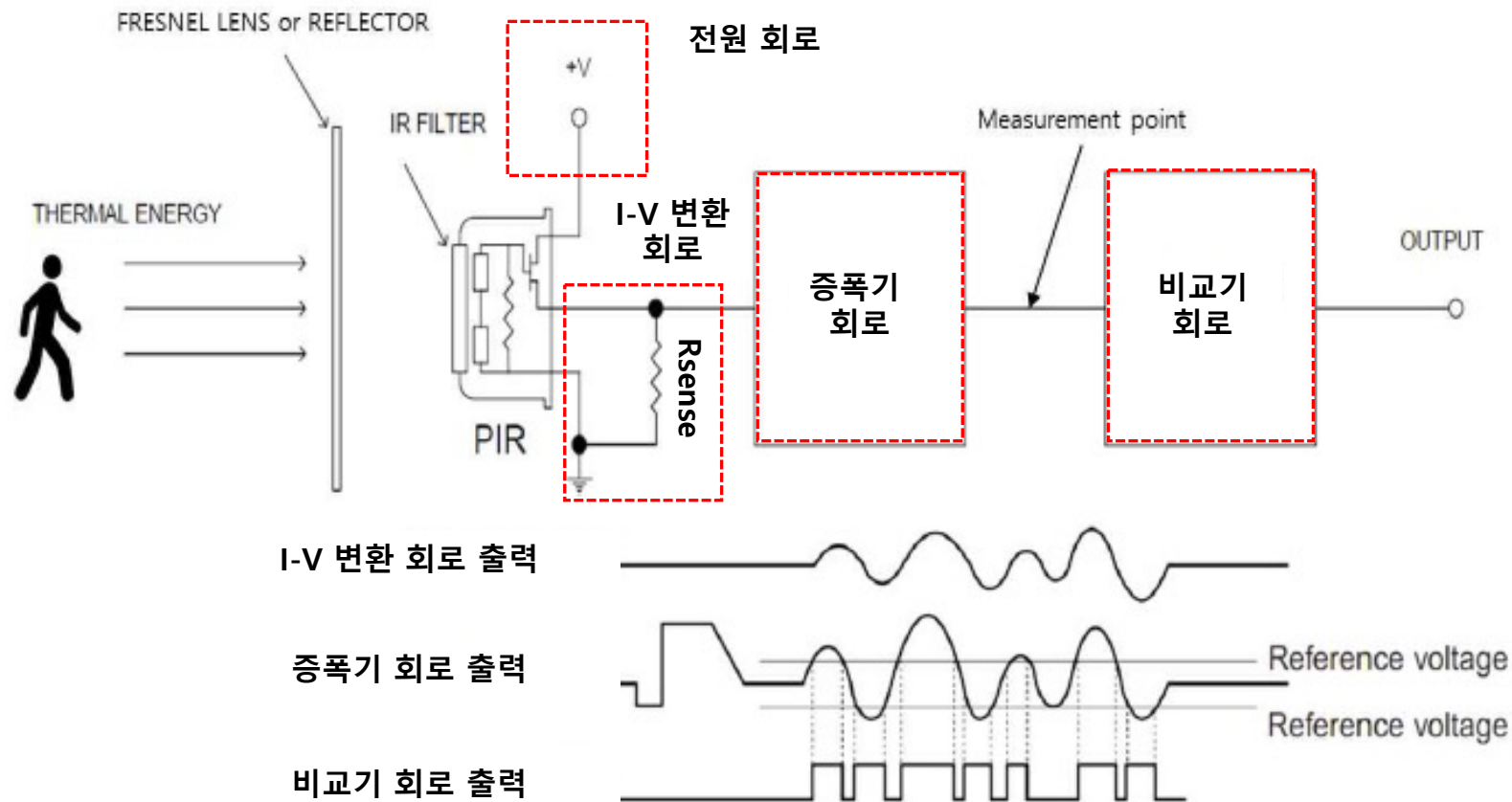
• PIR 검출 회로

- PIR 센서의 출력전류를 전기적 신호로 변환하기 위한 회로
 - 전원 회로
 - PIR 센서에 전원을 공급하기 위한 회로
 - Bypass capacitor: 전원 노이즈 저감
 - 직렬 저항: 사용 전류 제한
 - 전류-전압 변환 회로 (I-V converting circuit)
 - PIR 센서의 전류 출력을 전압으로 변환하는 회로
 - 센서 출력 단자인 Source와 접지사이에 R_{sense} 저항을 연결하여 전류를 전압으로 변환
 - 증폭기 회로 (amplifier circuit)
 - 전압으로 변환된 PIR 센서 신호를 증폭 시키고 필터링하는 기능 수행
 - OP-amp low pass filter로 구성
 - 비교기 회로 (comparator circuit)
 - 증폭기 회로의 아날로그 출력 신호를 디지털 신호로 변환
 - +3.3V 디지털 신호로 변환

PIR 센서

• PIR 검출 회로

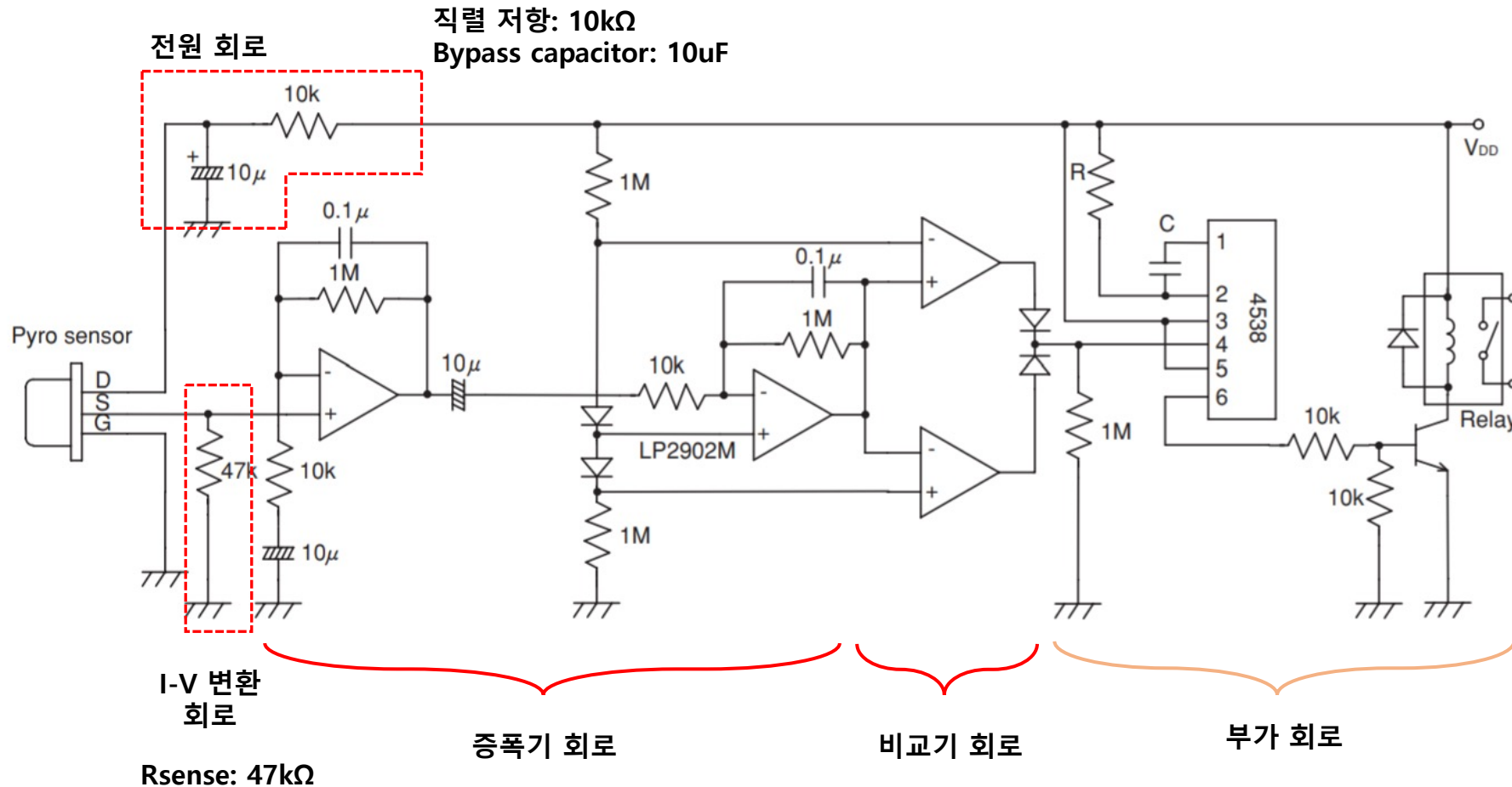
- PIR 센서의 신호를 검출하기 위한 회로가 필요



PIR 센서

• PIR 검출 회로

- Datasheet상의 응용 회로



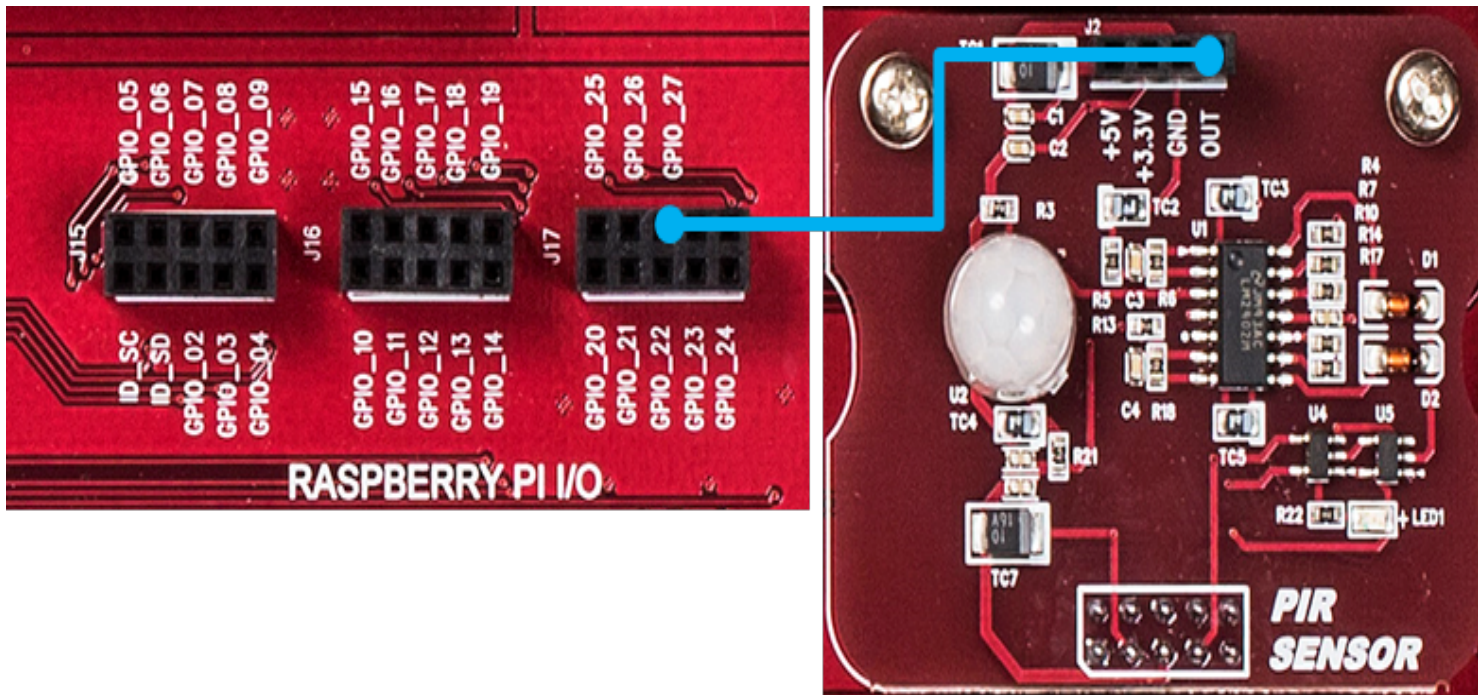
• PIR 센서 실습 회로



PIR 센서

- Raspberry Pi GPIO 연결

BCM (Raspberry Pi)	wPi (Wiring Pi)	PIR 모듈 핀 번호
GPIO_27	2	OUT



PIR 센서

• 실습 1

- PIR 센서 신호로 부터 사람의 움직임을 감지하여 상태 메시지 출력
 - PIR 모듈의 OUT 신호는 PIR 센서 실습 회로의 PIR_OUT 신호와 동일
 - 이 신호는 신체 움직임에 의해 센서에 온도변화가 감지 될 때 HIGH 상태가 됨
 - PIR_OUT 신호에 따라 상태 메시지를 PC 모니터에 출력하는 프로그램 작성
 - 상태 메시지의 표시 간격은 0.5초로 설정
 - 상태 메시지는 아래의 표를 참고
 - PIR_OUT 신호를 Raspberry Pi가 읽어 오기 위해서는
 - GPIO_27 번 핀을 pinMode()함수를 사용 하여 INPUT으로 설정
pinMode(2, INPUT);
 - 데이터를 읽을 때는 digitalWrite()함수를 사용하여 읽어 옴
pir_val = digitalRead(2);

PIR_OUT 신호	상태 메시지
HIGH	신체 움직임 감지!!
LOW	신체 움직임 없음!!

PIR 센서

• 실습 1

- 출력 확인

<출력>

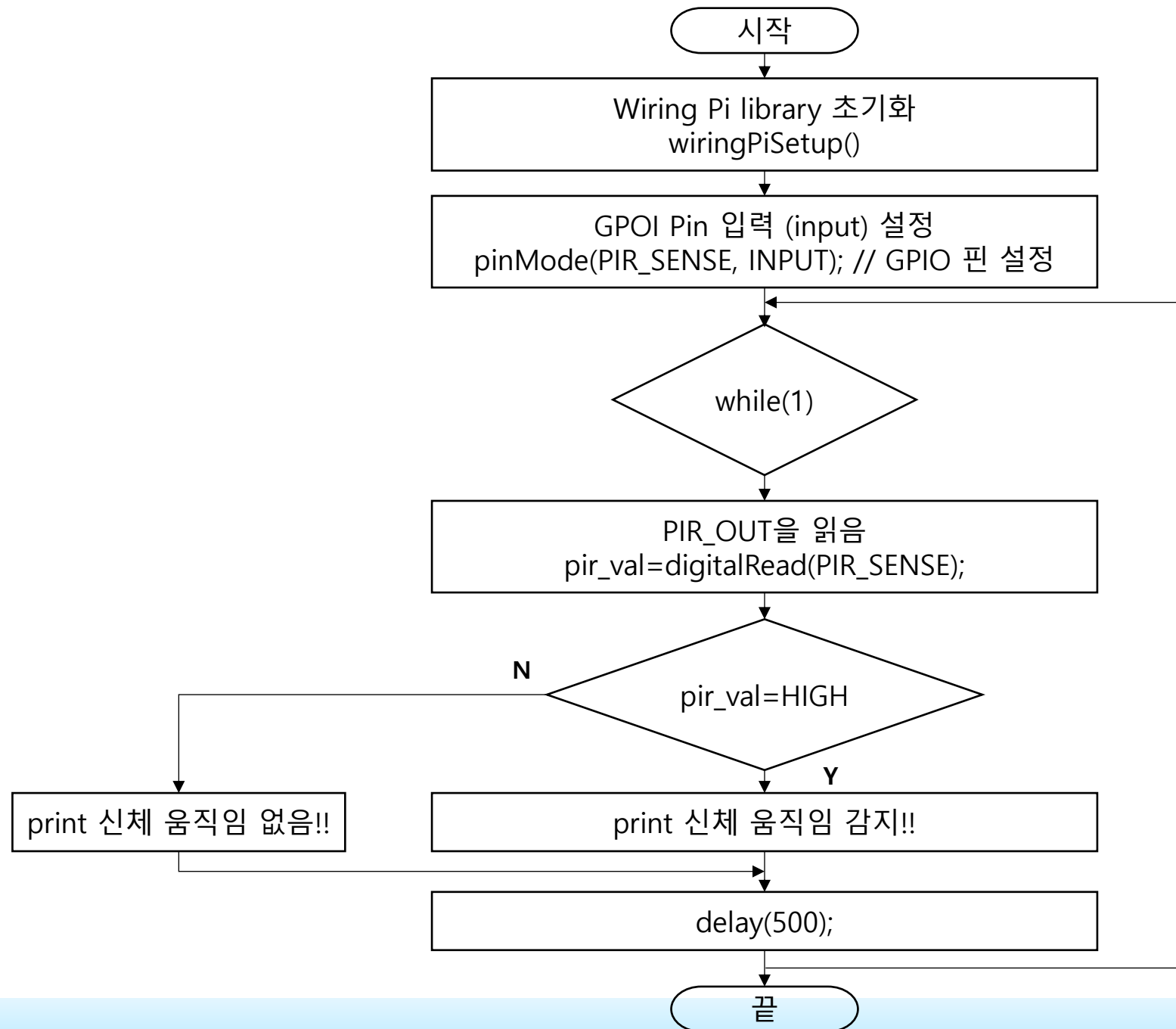
[illegible]

PIR 센서 출력= HIGH

PIR 센서 출력 = LOW

PIR 센서

• 실습 1



PIR 센서

• 실습 1

<파일명>

PIR_sensor.c

<Compile 명령>

gcc PIR_sensor.c -o PIR_sensor -lwiringPi

<실행>

./PIR_sensor

```
#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>
#include <unistd.h>
#include <time.h>

#define PIR_SENSE 2

int main(void)
{
    int pir_val,i;
    if(wiringPiSetup()==-1)
        return -1;

    pinMode(PIR_SENSE,INPUT);

    while(1)
    {
        pir_val = digitalRead(PIR_SENSE);

        if(pir_val == HIGH)
            printf("신체 움직임 감지!!\n");
        else
            printf("신체 움직임 없음!!\n");

        delay(500);
    }

    return 0;
}
```

PIR 센서

• 실습 1

- 출력 확인

<출력>

[illegible]

PIR 센서 출력= HIGH

PIR 센서 출력 = LOW

PIR 센서

• 실습 2

- PIR 센서 신호로 부터 사람의 움직임을 감지
 - PIR 모듈의 OUT 신호는 PIR 센서 실습 회로의 PIR_OUT 신호와 동일
 - 이 신호는 신체 움직임에 의해 센서에 온도변화가 감지 될 때 HIGH 상태가 됨
 - PIR_OUT 신호에 따라 LED_RED를 on/off 하는 프로그램 작성
 - 아래의 LED_RED 상태 표와 같이 PIR_OUT 신호에 따라 반응하는 프로그램 작성
 - PIR_OUT 신호를 Raspberry Pi가 읽어 오기 위해서는
 - GPIO_27 번 핀을 pinMode()함수를 사용 하여 INPUT으로 설정
pinMode(2, INPUT);
 - 데이터를 읽을 때는 digitalWrite()함수를 사용하여 읽어 옴
pir_val = digitalRead(2);

PIR_OUT 신호	LED_RED 상태
HIGH	on 100 msec
LOW	off 100 msec

PIR 센서

• 실습 2

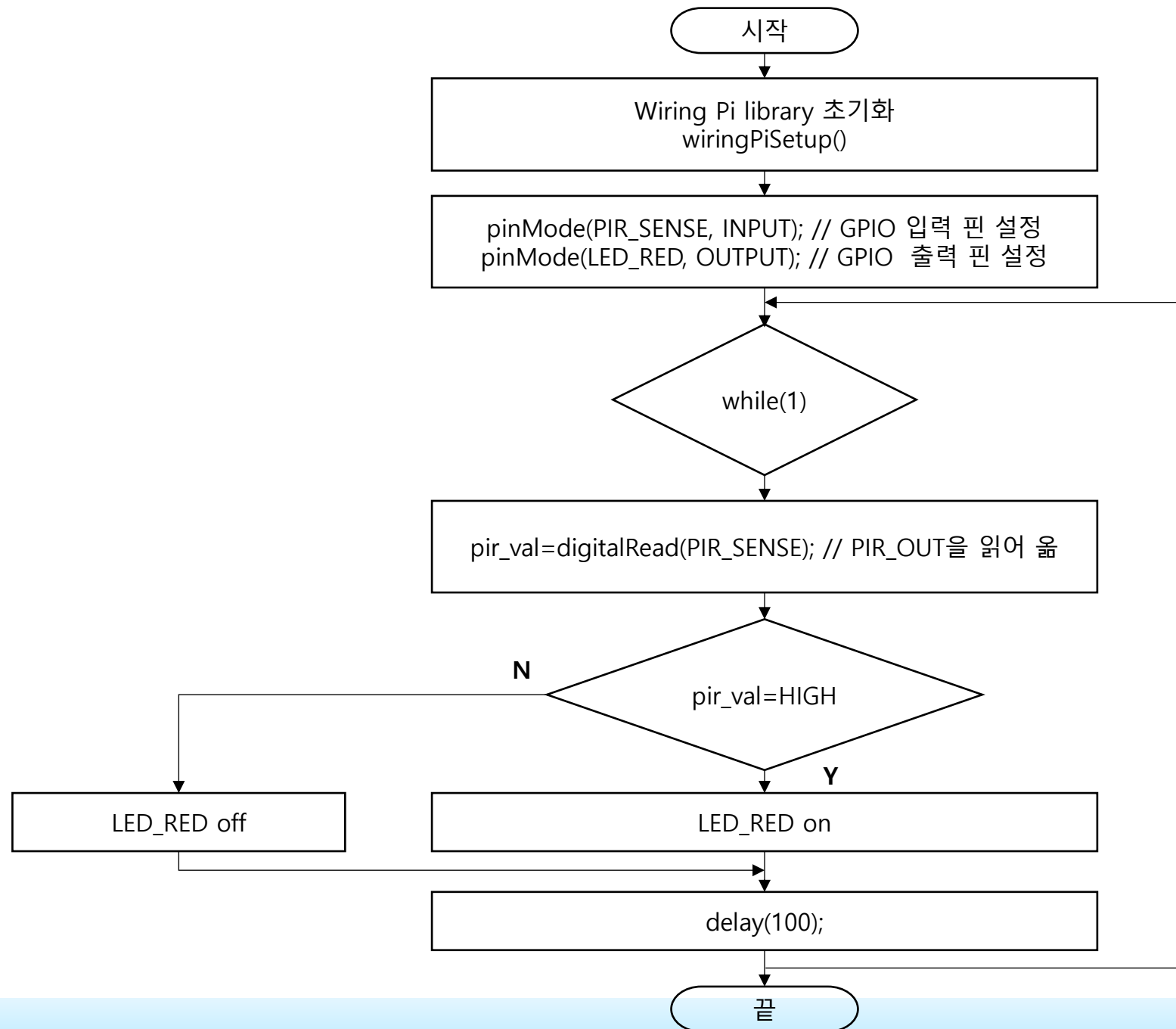
- GPIO를 위한 선 연결은 아래의 표를 참고하여 연결 할 수 있음
 - wPi는 Wiring Pi를 사용하여 해당 GPIO에 접근 할 때 필요한 번호

BCM (Raspberry Pi)	wPi (Wiring Pi)	PIR 모듈 핀 번호
GPIO_27	2	OUT

BCM (Raspberry Pi)	wPi (Wiring Pi)	LED 모듈 핀 정보
GPIO_4	7	LED_RED

PIR 센서

• 실습 2



PIR 센서

• 실습 2

<파일명>
PIR_sensor2.c

<Compile 명령>
gcc PIR_sensor2.c -o PIR_sensor2 -lwiringPi

<실행>
./PIR_sensor2

```
#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>
#include <unistd.h>
#include <time.h>

#define PIR_SENSE 2 //GPIO 27 PIR_OUT
#define LED_RED 7 //GPIO 4 LED_RED

int main(void)
{
    int pir_val,i;
    if(wiringPiSetup()==-1)
        return -1;

    pinMode(LED_RED,OUTPUT); // LED_RED GPIO 핀설정
    pinMode(PIR_SENSE,INPUT); // PIR_OUT GPIO 핀설정
    digitalWrite(LED_RED,LOW); // GPIO LED_RED 핀에 '0'을 씀

    while(1)
    {
        pir_val = digitalRead(PIR_SENSE);

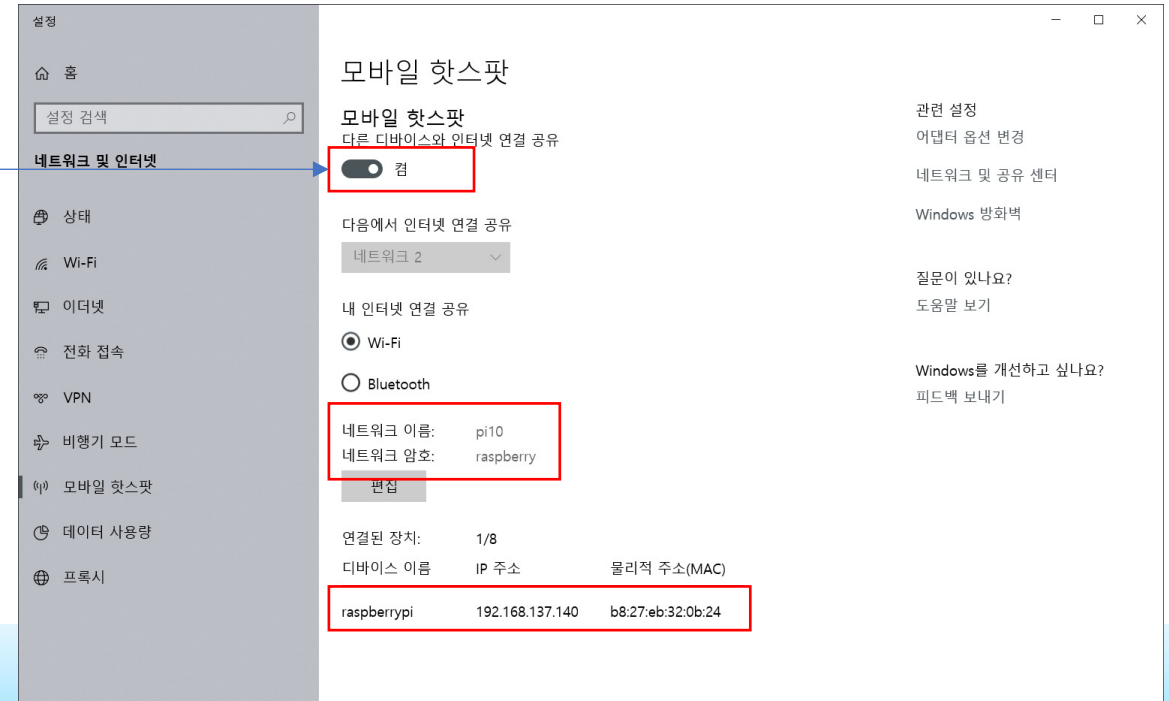
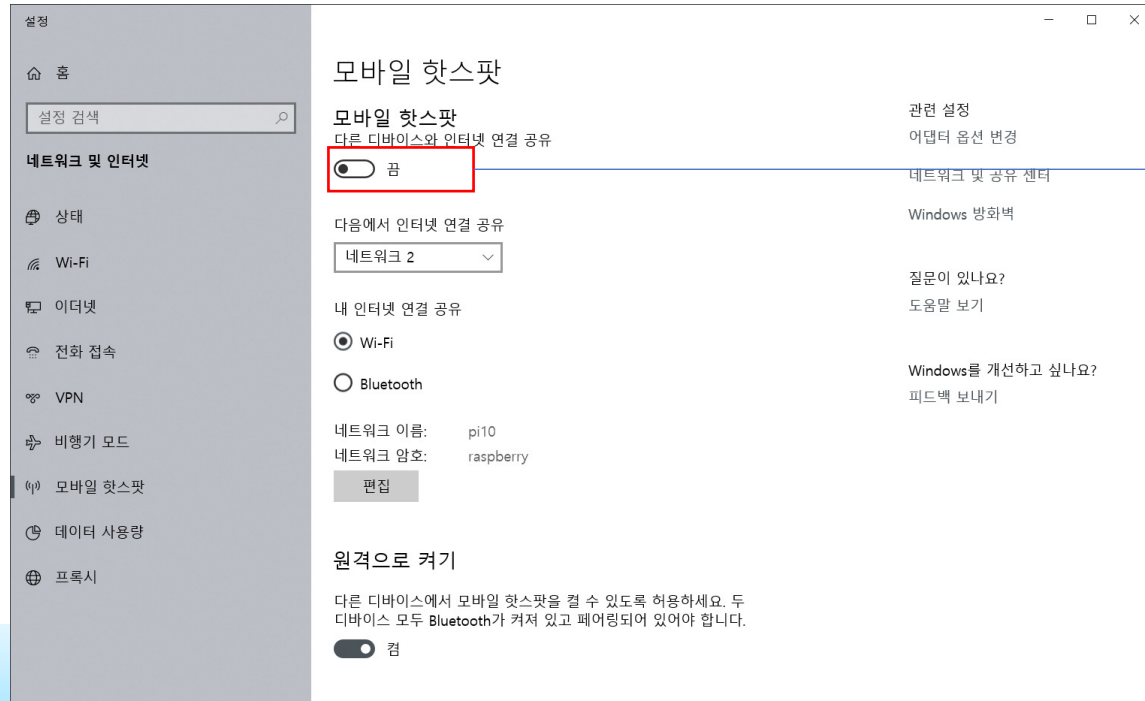
        if(pir_val == HIGH)
        {
            printf("신체 움직임 감지!!\n");
            digitalWrite(LED_RED,HIGH); // GPIO LED_RED 핀에 '1'을
        }
        else
        {
            printf("신체 움직임 없음!!\n");
            digitalWrite(LED_RED,LOW); // GPIO LED_RED 핀에 '0'을 씀
        }

        delay(100);
    }
    return 0;
}
```

참고 사항

• 수업 전 확인사항

- 무선랜 카드를 PC에 설치 및 SD card를 Raspberry Pi에 삽입
- PC의 모바일 핫스팟을 **컴**으로 설정
 - Raspberry Pi의 전원을 켜
- 네트워크 이름 및 네트워크 암호 설정 확인
- 연결된 장치의 IP 주소 확인



참고 사항

- Raspberry Pi 끝 때

sudo shutdown -t now



Superuser 권한으로 명하니 Raspberry Pi를 꺼라 언제? 지금 당장!

References

• 참고 자료

- [1] <https://hackaday.com/2012/09/12/64-raspberry-pis-turned-into-a-supercomputer/>
- [2] https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%9D%BC%EC%A6%88%EB%B2%A0%EB%A6%AC_%ED%8C%8C%EC%9D%B4
- [3] <https://www.raspberrypi.org/>
- [4] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>