

\* 본 자료는 서경대학교 아두이노 프로그래밍 수업 수강자를 위해 작성된 강의 교재입니다.

강의교재- 아두이노 프로그래밍

# 7장 적외선 센서

서경대학교 김진현

# 7

---

## 적외선 센서

### 내용

- 7.1 개요✓
- 7.2 PIR 센서✓
- 7.3 PIR 센서 실습 - Ardu-Ez 실습 키트 기반
- 7.4 PIR 센서 실습 - Tinkercad 기반✓
- 7.5 PIR 센서 실습 - Arduino Uno 기반(동영상 관찰)✓
- 7.6 적외선 장애물 회피 센서 실습 - Arduino Uno 기반✓
- 7.7 고찰✓

### Attention!!

- ☺ 본 강의 실습은 프로그램의 골격이 모두 같습니다. 센서가 단순 디지털 데이터를 출력하기 때문에 활용 관점에서는 0 혹은 1을 읽어 들여 이후 동작을 수행하면 되기 때문입니다.
- ☺ 본 강의의 초점은 단순 프로그래밍 구현보다는 PIR를 근간으로 하는 빛의 물리적 개념과 이를 실생활에 응용하는 공학적 원리에 대한 이해를 목표로 하고 있습니다.

## 7.1 개요

1절의 본문은 빛에 관련된 과학적 지식을 정리해 둔 것입니다. 이중 가장 기본적인 사항은 붉은색과 청색으로 표시하였습니다.

### 1) '빛(light)'이란?

과거에는 눈에 보이는 가시광선(visible light)만 빛이라고 생각하였으나 1900년 플랑크의 양자가설<sup>1)</sup> 등에 의해 빛은 그림 7.1.1과 같이 이른바 파동/입자 이중성<sup>2)</sup>을 갖는 전자기파<sup>3)</sup>라는 것이 설득력을 갖게 되었다. 가시광선은 다양한 파장을 갖는 많은 광자(photons, 光子)로 이루어져 있다. 이 광자는 원자가 적은 에너지를 갖는 다른 궤도로 이탈할 때 발생한다.

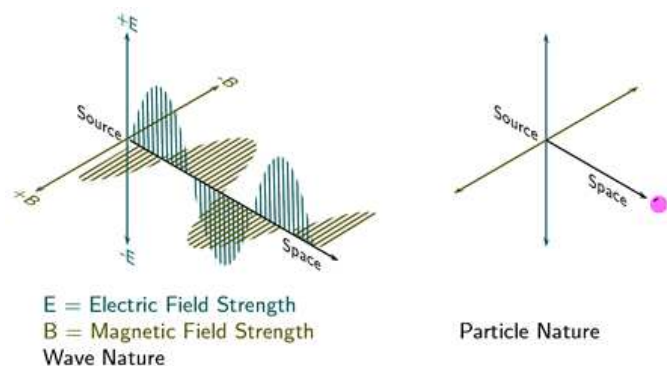


그림 7.1.1 빛의 이중성. 좌-파동성, 우-입자성

1) 진동자의 에너지는 특정의 불연속 값을 갖는다.

2) wave-particle duality. 빛이 파동의 성질과 입자의 성질을 동시에 갖는다는 이중성을 말함. 입자(particle) 특성의 사례: 태양 전지 셀에 빛을 비추면 전자(electron)를 방출한다. 파동(wave) 특성의 사례: 빛을 두 개의 슬릿을 통과시키면 간섭(interference)이 발생. 질량의 이동은 없지만 에너지의 운반은 있음.

3) 넓은 의미에서는 모든 종류의 전자기파를 지칭한다. 좁은 의미에서는 빛이란 가시광선, 즉 일반적으로 사람이 볼 수 있는, 약 400 nm에서 700nm 사이의 파장을 가진 전자기파를 뜻한다. [출처: 위키백과]

## 2) 과학 용어 상식

적외선 센서에 대한 설명에 들어가기 전에 빛에 관련된 몇 가지 용어와 기본적인 개념을 정리해 보기로 하자.

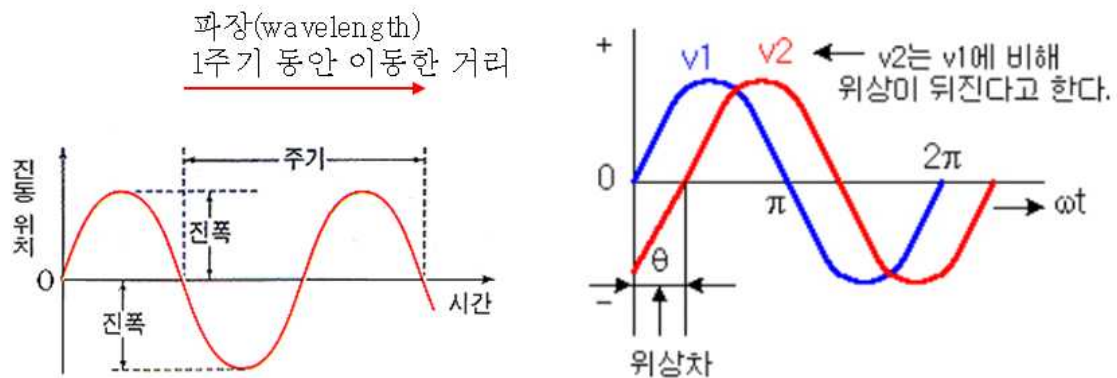


그림 7.1.2 파동 신호의 특징에 관계된 용어

- ☑ **진폭 A : 파형의 크기.**
- ☑ **위상  $\phi$  :** 파형의 시작이 지연되거나 혹은 선행되었는지를 나타내는 시간 차이
- ☑ **주기 T :** 신호가 다시 반복되기까지의 시간[초]
- ☑ **주파수 f :** 단위 시간당의 진동수[Hz].  $f = 1 / T$
- ☑ **파장  $\lambda$  :** 1주기 동안 파동이 공간상에 이동한 거리[m]. 일반적으로 주기(T)는 시간 단위인데 비해 파장(wave length)은 파동의 공간 주기를 말한다.

$$V = \lambda \cdot f$$

$V$ : 파동의 진행 속도[m/sec]

$\lambda$ : 파장[m]

$f$ : 진동수(주파수)[Hz]

$$\boxed{1\text{초간 빛의 진행거리} = \text{파장} \times \text{주파수}}$$

☑ 파수(波數, wave number): 파장의 역수( $\nu = \frac{1}{\lambda}$ ). 단위 길이[cm]를 진행하는 데 소요되는 사이클의 수[ $cm^{-1}$ ]. 에너지의 기본 단위로 쓰이기도 한다. 1 [ $cm^{-1}$ ]는 파장이 1cm인 하나의 광자(photon)가 갖고 있는 에너지라고 할 수 있다.

☑ 일반적으로 주파수가 비슷한 대역의 파동은 진행 속도 역시 비슷하다.

빛의 속도  $c = 3 \cdot 10^8 [m/sec]$

소리의 속도  $= c_{air} = (331.5 + (0.6 \cdot \theta)) [m/sec]$ .  $\theta$ : 섭씨온도

다시 말해, 가청대역의 진동은 진행 속도가 비슷하고, 가시광선의 진행 속도도 비슷하다. 따라서 이 진행 속도가 비슷한 대역에서 주파수가 변하면 파장은 주파수의 역수에 비례하여 변한다.

☑ 광자의 에너지 및 파장과의 관계

플랑크의 양자가설에 따르면 진동자의 에너지는  $E_n = n \cdot h \cdot f$ 과 같이 불연속 값을 갖는다. 여기서  $n$ 은 양자수((量子數, quantum number)이며,  $f$ 는 진동수,  $h$ 는 플랑크 상수이다. 아래에 보인 바와 같이 주파수가 높으면 에너지가 크다. 주파수가 높으면 파장이 짧아지므로 파장이 짧은 광선은 에너지가 크다고 말할 수 있다.

$$E_n = n \cdot h \cdot f = n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$n$  = 양자의 수

$c$  = 빛의 속도

$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ . 플랑크 상수 [ $J \cdot s$ ].

### 3) 전자파의 스펙트럼

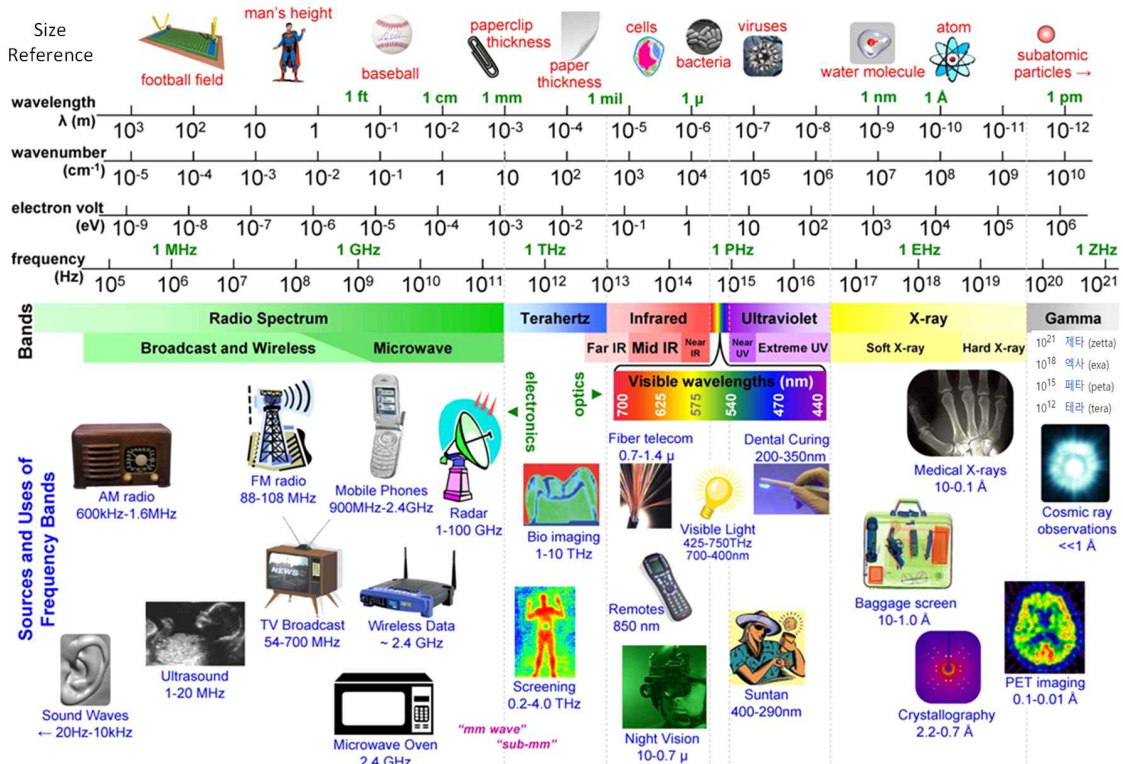


그림 7.1.3 전자파의 스펙트럼

적외선은 가시광선(400nm~700nm)의 적색 바깥 부근의 750nm~1mm 파장 영역을 차지하고 있다. 그림 7.1.3에 다른 전자파와 비교하여 가시광선과 적외선 등이 차지하고 있는 파장의 영역들을 보였다<sup>4)</sup>. 적외선은 표 7.1.1과 같이 상업적인 용도로 나누어 보면 5단계의 영역으로 나누어 분류한다.

4) 위 그림에서 열적외선 영역의 파장 영역이 가시광선보다 더 큰지, 작은지 판단하여 보자. 같은 질문을 에너지, 주파수에 대해서도 답하시오.

표 7.1.1 상용으로 사용되는 적외선의 분류

Division Name	Wavelength	Characteristics	
Near-infrared	730nm	눈부심 현상 있음	도로 차량 번호판 감시카메라: 과속시에 적외선 조명을 발광하여 반사하는 영상을 취득. 비디오폰의 야간 방문자 촬영: 적외선 LED를 30cm 이내의 거리에 조사하여 촬영
	850nm	<u>눈 부심 현상 해소</u>	
	0.75~1.4 μm	SiO2 매체에 대한 감도가 적어서 광통신에 활용.	
Short-wavelength infrared	1.4~3 μm	1,450 nm 파장에서 수중 흡수가 급격히 심해짐. 1530~1560 nm 대역은 장거리 무선 통신에 활용	
Mid-wavelength infrared	3~8 μm	열적외선(thermal infra red) 영역이라 불림. 3~5μm는 열추적 로켓에 활용됨.	PIR 센서의 감지 영역. 5~15 μm. 인체는 9μm 영역에서 가장 많이 방출된다고 함.
Long-wavelength infrared	8~15 μm	역시 열적외선 영역이라 불림. 사람의 몸에서 방사되는 열화상(thermal imaging) 영상을 구성.	
Far-infrared	15~1000 μm	far-infrared laser. 폭약 감지 등에 사용.	

## 4) 적외선의 실생활 응용사례

### (1) 도어폰, 야간 감시 보안 카메라 및 과속차량 촬영 카메라

그림 7.1.4에는 능동 적외선(active infra red)<sup>5)</sup>을 활용하는 사례를 보인 것이다. 그림 (a)의 도어폰에서 야간 방문자를 촬영하려면 조명이 부족하여 애로 사항이 있다. 만약 가시광선 영역을 빛을 조사한다면 방문자는 눈이 부서 불쾌감을 느낄 것이다. 이를 해결하기 위해 그림 (b)와 같이 LED 모듈에서 적외선을 발사한다. 이때 LED에서 조사된 적외선은 730~850nm 이상의 근적외선 영역으로 육안으로는 잘 의식할 수가 없다. 적외선 영역의 광선은 색성분이 없기 때문에 CMOS, CCD 등의 일반 영상 센서에 들어가면 색열화 현상을 일으킨다. 이 때문에 센서 앞단에 IR 차단 필터를 사용한다.

IR 감지용으로 만든 도어폰에 사용된 영상센서는 IR 차단 필터를 사용하지 않는다. 아니면 그림 (c)나 (d)처럼 보안용 혹은 공공용으로 사용하는 카메라는 원격 혹은 자동으로 렌즈 앞에서 상황에 따라 IR 필터의 탈착을 제어한다<sup>6)</sup>.

5) active라 함은 촬영하기 위해 적외선을 조사방식을 의미한다.



그림 7.1.4 Active IR 카메라 응용사례

## (2) 열화상 카메라



동물의 몸에서는 8~15um의 파장의 열적외선이 방출된다. 열화상은 이런 영역의 파장에 반응하는 수십~수천 개의 센서셀(cell)을 이용하여 얻는 온도 값을 영상으로 변환한 것이다. 보통 온도에 따라 색상을 선택하는 의사색상(pseudo color, 혹은 false color)이라 불리는 color map<sup>7)</sup> 영상정보로 표현된다. 최근의 코로나 사태에 사용되는 센서셀의 숫자는 불과 16x12 정도가 보편적이다. QVGA(320x240) 수준의 해상도만 해도 가격이 급격히 상승하여 산업용 혹은 군용으로 활용된다.

6) 낮에는 가시광선이 충분하므로 IR 제거 필터를 렌즈 앞에 장착한다. 밤에는 적외선 램프를 목표물에 조사한다. 감시용으로 사용할 때는 렌즈 앞의 IR 제거 필터를 탈거한다. 자동차 번호판 촬영용의 경우에는 밤에는 적외선만 통과시키는 필터를 렌즈 앞에 장착한다. 자동차의 헤드라이트의 가시광선을 차단하기 위해 반사된 적외선만을 통과시켜 촬영한다.

7) 대표적인 jet color map을 보이면 아래와 같다. 좌측부터 우측에 이르기까지 jet 엔진의 가스 온도를 저온에서 고온을 색상으로 표기한 것에서 유래되었다.





### (3) PIR 센서

인체의 움직임이 감지되었을 때 경보 신호를 출력하는 Passive Infra Red Sensor이다. passive라 함은 적외선을 따로 조사하지 않는다는 것을 의미한다. 전술한 2)번의 응용사례처럼 PIR 센서는 5~15um 영역의 파장을 검출한다. 열영상으로 만드는 것과는 다른 방식으로 단지 1지점에서 발생하는 열적외선의 파장을 검출한다<sup>8)</sup>. 신뢰도를 높이기 위해 2~4개의 센서를 묶어 아날로그 회로를 이용하여 열적외선 방출 물체의 움직임을 판단한다. 전통적으로 무인 감시 등의 보안용으로 널리 사용되어왔으며 가격도 상당히 저렴하지만, 오류로 경보하는 사례가 많아 미래에는 보안 시스템의 보조용으로 적합할 것으로 예상된다.

## 4) 이해도 점검

지금 소개된 내용에 대한 이해도를 점검하는 차원에서 다음의 기초적 질문에 대답해 보도록 하자.

- ① 주파수가 높은 전파는 파장이 (짧다/길다).
- ② tone(음정)이 높은 소리는 낮은 소리에 비해 파장이 (짧다/길다).
- ③ 보라색은 빨간색보다 파장이 (짧다/길다).
- ④ 파장이 짧으면 에너지가 (크다, 적다)
- ⑤ 열적외선은 동물만 방출한다. (맞다, 아니다)
- ⑥ 야간 방문자를 도어폰으로 확인할 수 있는 것은 열적외선 때문이다. (맞다, 아니다)
- ⑦ PIR 센서는 열화상 정보를 출력한다. (맞다, 아니다)
- ⑧ 열적외선 카메라로 입은 옷의 색상을 판별할 수 있다. (맞다, 아니다)
- ⑨ PIR 센서는 적외선을 발사해서 침입 유무를 판단한다. (맞다, 아니다)

---

8) 소자가 다르다. 이후 회로의 복잡도가 다르다. PIR이 비교가 안 될 정도로 훨씬 저렴(100배)하고 단순하다. 기능도 훨씬 제한적이다.

## 7.2 PIR 센서

PIR 센서(Passive Infra Red Sensor)는 열복사(thermal radiation, 熱輻射)<sup>9)</sup>에 의해 방출되는 적외선을 감지하는 센서이다. 그림 7.2.1에 이러한 센서의 사례를 보였다.

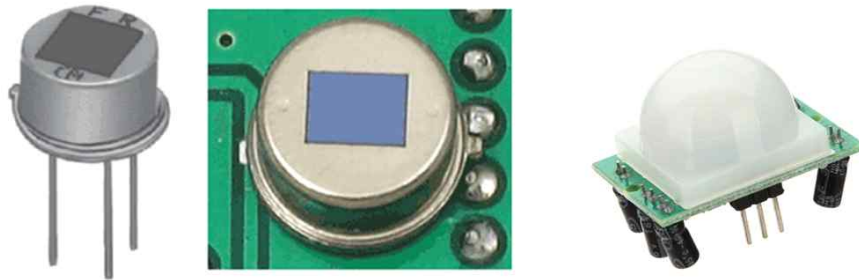


그림 7.2.1 PIR 센서의 외형

위와 같은 적외선 센서는 그림 7.2.2와 같은 구성으로 이루어져 있다.

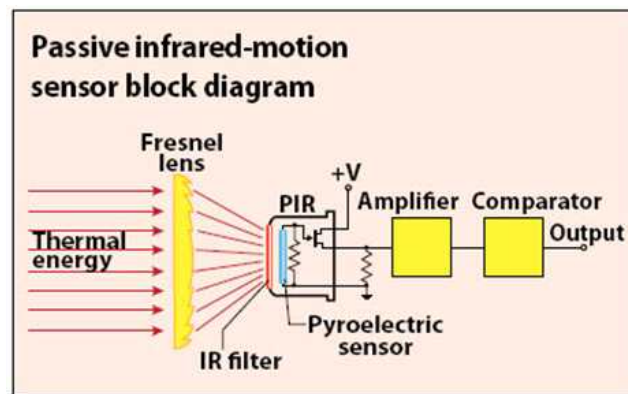


그림 7.2.2 적외선 센서의 구조

9) 열복사 : 물질을 구성하는 원자 집단이 열에 의해서 들뜨게 되어, 그 결과 전자 기파를 복사하는 현상이다. 물체의 종류와 온도에 따라서 결정되는데, 온도가 높을수록 커진다. 복사선을 잘 흡수하는 물체일수록 스스로 복사선을 내는 작용도 강하게 일어난다.

그림에서 프레넬 렌즈(fresnel lens)는 다수의 작은 렌즈를 둥근 고리 모양으로 늘어놓아 초점 거리가 짧아지게 하여 센서의 집광부에 효율적으로 적외선이 입사되도록 빛을 모으는 역할을 한다<sup>10)</sup>.

프레넬 렌즈에 의해 집광된 적외선에 의해 온도상승이 일어나 센서 소자는 Pyroelectricity 효과에 의해 전압의 변화를 유발한다. 이 전압을 증폭시켜 외부에 적외선이 감지되었음을 알리는 신호를 출력한다. 이 효과는 잠시 지속되기 때문에 정지해있는 인체는 감지할 수 없고 움직임을 있을 때만 감지한다. 따라서 인체를 감지했다는 것을 알리는 센서의 출력은 움직임을 멈추면 사라진다.

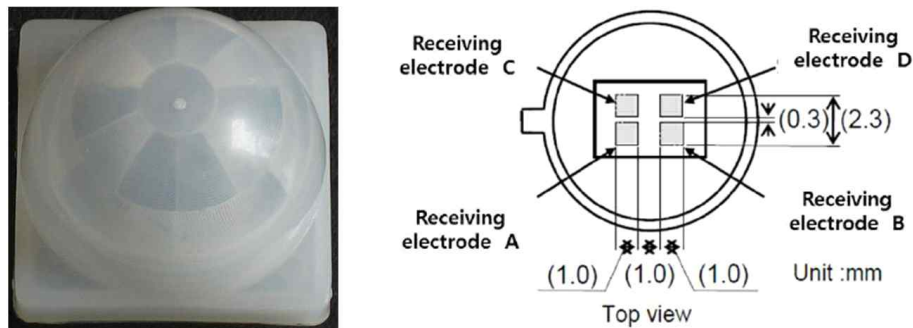


그림 7.2.3 프레넬 렌즈와 내장된 4개의 센서

PIR 센서는 외형으로는 한 모듈로 되어 있으나 그림 7.2.3(우측 그림 센서부)에 보인 바와 같이 보통 내부에 2개 혹은 4개의 독립된 센서부를 가지고 있다. 출력단( $V_{IR}$ )은 그림 7.2.4의 하단과 같은 파형을 출력한다.

10) 프레넬 렌즈는 동심원으로 이루어진 얇은 렌즈이다. 이 렌즈는 얇은 렌즈로도 두꺼운 렌즈로 하는 것만큼 빛의 집속 효과를 높여 주는 장점이 있다.

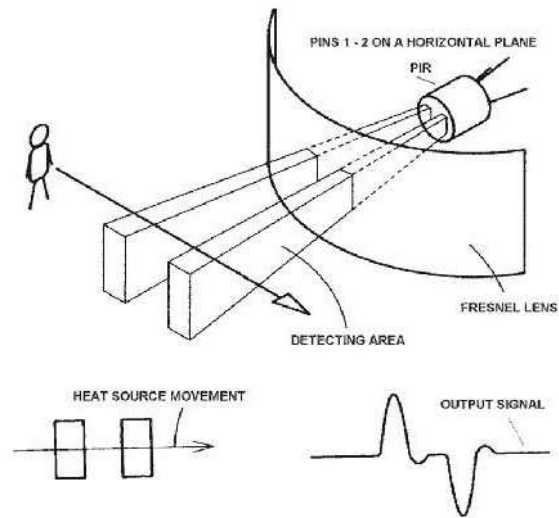


그림 7.2.4 적외선 센서의 동작 원리

적외선 센서의 출력단은 아무 움직임이 없을 때는 LOW 값을 출력한다. 열을 간직한 물체가 센서에 다가올 때는 렌즈에 맺히는 적외선을 감지하여 변화가 발생할 경우 이를 전기적 신호로 전환하고, 일정 기준 이상이 되었을 경우 HIGH 값을 출력한다.

## 7.3 PIR 실습 – Ardu-Ez 실습 키트 기반

본 실험에는 그림 7.3.1과 같은 적외선 센서 모듈을 사용한다. 이 센서 모듈은 2개의 센서부를 가지고 있는 적외선 센서(RE200B)에 프레넬 렌즈를 씌우고 PIR 제어기(BISS0001)를 장착한 것이다.

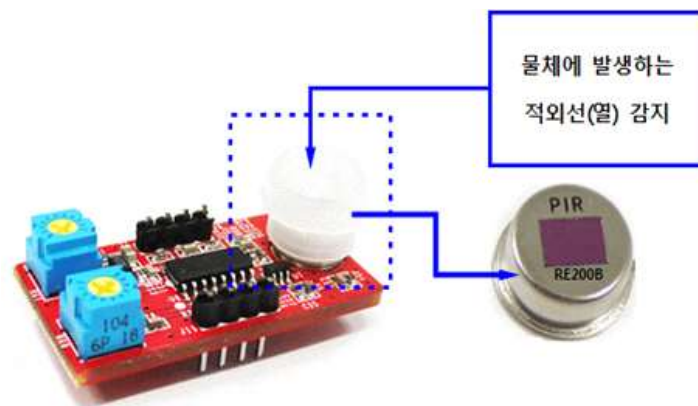
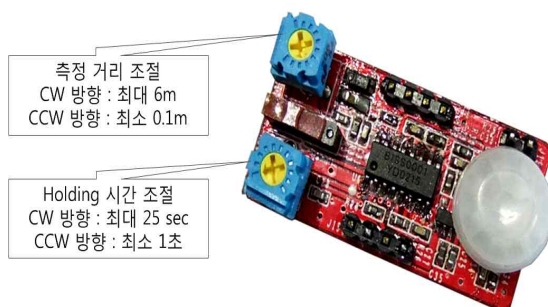


그림 7.3.1 실험에 사용되는 적외선 센서 모듈

본 센서 모듈은 PIR 제어기를 통해 그림 7.3.2에 제시된 대로 센서의 **민감도(측정 거리)** 및 **홀딩 타임**(검출된 값을 계속 출력하는 시간)을 조절할 수 있다; CW:Clock Wise(시계 방향), CCW:Counter Clock Wise(반시계 방향)



Items	Conditions	Min	Norm	Max	Unit
VCC	-	3	-	5	Volts
Measuring Current Supply	VCC=3V	-	-	100	uA
	VCC=5V	-	-	150	uA
Measuring Range	-	0.1	-	6	m
Holding Time	-	1	-	25	S
Operating Temperature	-	-20	-	70	°C
Storage Temperature	-	-35	-	80	°C
Working Wave Length	-	7	-	14	um
Detecting Angle	-	-	120	-	degree

그림 7.3.2 센서 모듈 조절 방법 및 사양

모듈에 사용된 적외선 센서는 표 7.3.1과 같은 사양을 갖고 있는 것으로 조사되었다.

표 7.3.1 적외선 센서(RE200B)의 사양

Model	RE200B
Element Size	2.0×1.0mm <sup>2</sup>
Window Material	Si Filter
Thickness	0.5mm
Pass Band(검출 파장)	5-14μm
Average	> 75%
Signal Sensitivity	> 2.5V
Noise	< 200mV (mVp-p) (25℃)
Balance	< 20%
Operating Voltage	2.2-15V
Operating Current	8.5-24μA (VD=10V, Rs=47kΩ, 25℃)
Source Voltage	0.4-1.1V (VD=10V, Rs=47kΩ, 25℃)
Operating Temperature	-30℃ - +70℃
Storage Temperature	-40℃ - +80℃
Field of View	138°×125°

센서 모듈은 그림 7.3.3에 보인 바와 같이 아두이노에 접속되어 있다.



그림 7.3.3 센서 모듈의 아두이노 연결 및 동작

PIR 센서 모듈의 회로도를 그림 7.3.4에 보였다. 아두이노에는 단자 39번을 통해 감지한 결과를 H 혹은 L의 형태로 전달한다.

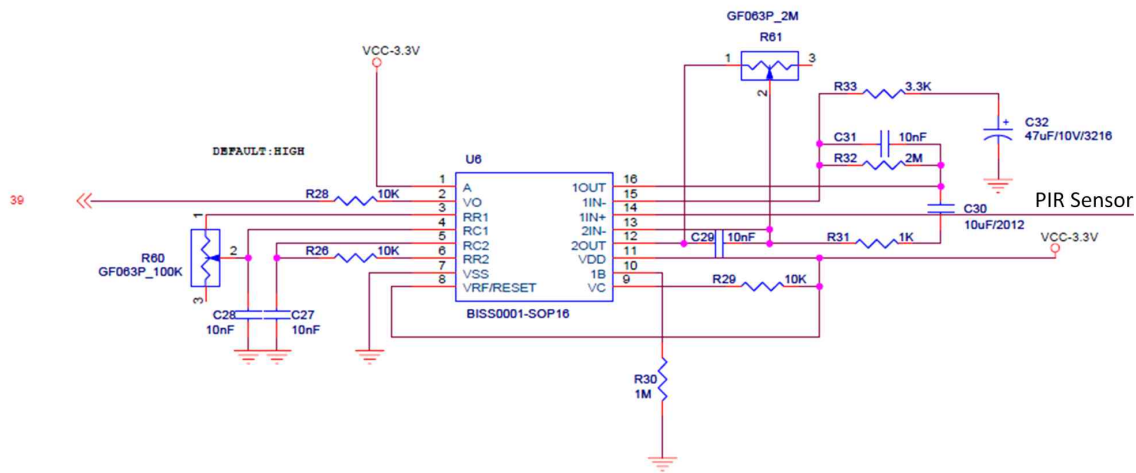


그림 7.3.4 센서 모듈의 회로도

표 7.3.2에는 PIR 제어기의 단자 설명을 보였다<sup>11)</sup>. PIR 제어기(BISS0001)는 14번 단자를 통해 PIR 센서의 결과를 입력 받아서 2번 단자 VO(Voltage Output)를 통해 감지한 결과를 아두이노에 전달한다. H이면 적외선을 이용해 물체를 감지한 것이고 L이면 적외선 발산 물체가 인지되지 않은 것이다.

표와 그림의 회로를 비교하여 분석하여 보면 현재 PIR 센서는 단자 1번(A)이 H에 연결되어 있으므로 re-triggerable 모드를 사용함을 알 수 있다<sup>12)</sup>. 가변저항 R60은 Tx, Ti 시간을 제어해서 VO 단자(2번)의 출력시간을 통제하는 역할을 수행한다. 가변저항 R61은 센서의 감도를 조절하는 역할을 담당한다.

11) 출처 : Silvan Chip Electronics Tech.사의 BISS0001 데이터 시트

12) **re-triggerable** 모드에서는 적외선을 발하고 있는 물체가 사라지지 않는 이상 계속 H 출력을 발생한다. 이와는 반대되는 **non re-triggerable** 모드에서는 센서에서 적외선을 발하는 물체가 사라지면 미리 정해진 holding 시간이 경과하면 센서 출력을 중지한다.

표 7.3.2 BISS0001 PIR 제어기의 단자 설명

Pin Number	Symbol	Description
1	<b>A</b>	Retriggerable & non-retriggerable mode select (A=1 : re-triggerable)
2	<b>VO</b>	Detector output pin (active high)
3	<b>RR1</b>	Output pulse width control (Tx) * See definition below
4	<b>RC1</b>	Output pulse width control (Tx) *
5	<b>RC2</b>	Trigger inhibit control (Ti) *
6	<b>RR2</b>	Trigger inhibit control (Ti) *
7	<b>Vss</b>	Ground
8	<b>VRF</b>	RESET & voltage reference input (Normally high. Low=reset)
9	<b>VC</b>	Trigger disable input (VC > 0.2Vdd=enable; VC < 0.2Vdd =disabled)
10	<b>IB</b>	Op-amp input bias current setting
11	<b>Vdd</b>	Supply voltage
12	<b>2OUT</b>	2 <sup>nd</sup> stage Op-amp output
13	<b>2IN-</b>	2 <sup>nd</sup> stage Op-amp inverting input
14	<b>1IN+</b>	1 st stage Op-amp non-inverting input
15	<b>1IN-</b>	1 st stage Op-amp inverting input
16	<b>1OUT</b>	1 st stage Op-amp output

\*

Tx = The time duration during which the output pin (Vo) remains high after triggering.  
Ti = During this time period, triggering is inhibited. See timing charts for details.

PIR 센서의 동작 설명은 아래 URL에서 참고하기 바란다.

[https://youtu.be/6Fdr\\_1guok](https://youtu.be/6Fdr_1guok)



## □ 프로그래밍

적외선 센서의 출력 값은 아두이지(Ardu-Ez) 보드 39번 단자를 통해 모니터링할 수 있다. 렌즈에 맺히는 상의 적외선을 감지하여 변화가 발생할 경우 이를 전기적 신호로 전환하고, 일정 기준 이상이 되었을 경우 HIGH 값을 출력한다. 아두이노에서는 GPIO 입력 장치를 통해 이 결과를 받아드릴 수 있다. 예제 7.3.1은 열을 가진 물체(예를 들어 사람)가 감지되지 않으면 0을 출력하고 감지되면 1을 시리얼 모니터에 출력하는 프로그램이다. 이 프로그램을 통해 사람의 존재 여부를 판단하는 용도로 활용할 수 있다.

□ 예제 7.3.1 : 적외선 센서의 출력 값을 시리얼 모니터로 출력한다.

pir1.ino : 아두이노 표준 클래스 및 함수 – Serial, println()

```
01 int pirPin = 39;
02 void setup( ) {
03   pinMode(pirPin, INPUT); // INPUT Mode 설정
04   Serial.begin(9600); // 9600 bps로 Serial 초기화
05 }
06
07 void loop( ) {
08   int readVal=0; // 입력 값을 저장할 변수 선언 및 초기화
09   readVal = digitalRead(pirPin); // 디지털 입력 값을 읽어옴
10   Serial.println(readVal); // 읽어 온 값을 Serial 통신으로 송신
11   delay(1000); // 1초(1000ms) 동안 대기
12 }
```

그림 7.3.5에는 그 실행 결과를 보였다.



그림 7.3.5 프로그램 실행 결과

예제 7.3.2에는 적외선 센서의 출력 값을 시리얼 모니터에 출력하면서 동시에 LED 점등을 통해 인식 결과를 출력하도록 수정하였다. 다만 전역변수 (pirState)를 이용하여 같은 결과는 시리얼 모니터에 출력하지 않도록 하였다.

□ 예제 7.3.2 : 적외선 센서의 출력 값을 시리얼 모니터로 출력한다. 센서의 출력이 같은 결과는 시리얼 모니터로 출력하지 않는다.

**pir2.ino : 아두이노 표준 클래스 및 함수 – Serial, println()**

```

01    int ledPin = 13; // choose the pin for the LED
02    int inputPin = 39; // choose the input pin (for PIR sensor)
03    int pirState = LOW; // we start, assuming no motion detected
04    int val = 0; // variable for reading the pin status
05    void setup() {
06        pinMode(ledPin, OUTPUT); // declare LED as output
07        pinMode(inputPin, INPUT); // declare sensor as input
08        Serial.begin(9600);
09    }
10    void loop() {
11        val = digitalRead(inputPin); // read input value
12        if (val == HIGH) { // check if the input is HIGH
13            digitalWrite(ledPin, HIGH); // turn LED ON
14            if (pirState == LOW) {
15                // Notify motion detection.
16                Serial.println("Motion detected!");
17                // Prevent to come here again, if pirState = HIGH.
18                pirState = HIGH;
19            }
20        } else {
21            digitalWrite(ledPin, LOW); // turn LED OFF
22            if (pirState == HIGH){
23                Serial.println("Motion ended!");
24                pirState = LOW;
25            }
26        }
27    }

```

## 7.4 PIR 센서 실습 – Tinkercad 기반

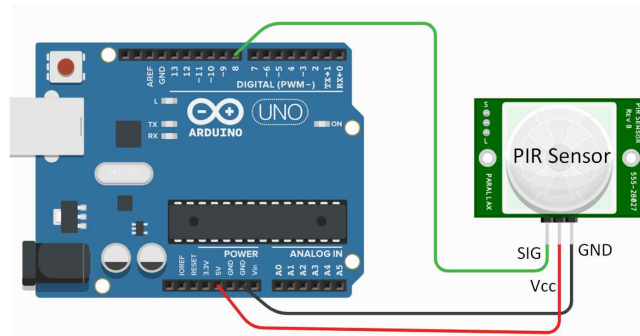


그림 7.4.1 회로 결선도

□ 예제 7.4.1 : 적외선 센서의 출력값을 내장 LED와 시리얼 모니터로 출력한다.

pir\_tk1.ino : 아두이노 표준 클래스 및 함수 – Serial, println()

```

01  #define PIR      8
02  // #define LED_BUILTIN 13
03  void setup() {
04      pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
05      pinMode(PIR, INPUT);
06      Serial.begin(9600);
07  }
08  void loop(){
09      int a;
10      a = digitalRead(PIR);
11      digitalWrite(LED_BUILTIN, a);
12      Serial.println(a);
13      //delay(1000);
14  }
    
```

팅커카드 기반의 PIR 센서와 결선도를 그림 7.4.1과 예제 7.4.1에 보였다. 본 예제는 내장된 LED와 시리얼 모니터를 통해 사람이 접근하였을 때 불을 점등하고, PIR 센서의 상태를 알리는 동작을 취한다.

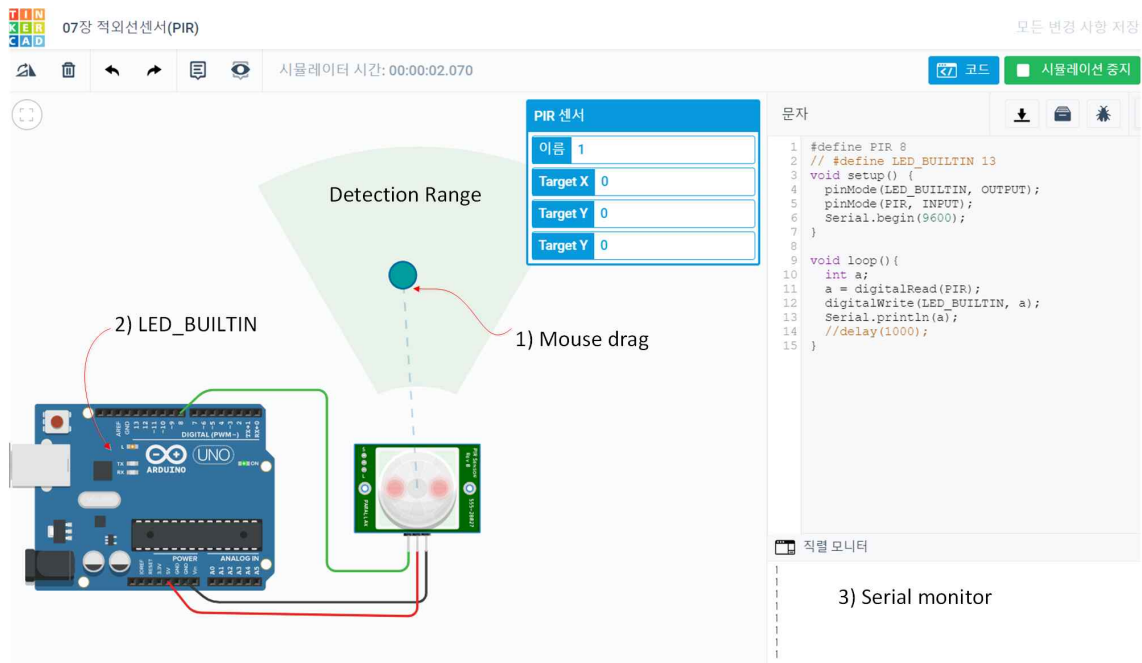


그림 7.4.2 검출 동작 시뮬레이션 수행 결과

그림 7.4.2에 틱커캐드의 수행 결과를 보였다. 시뮬레이션을 시작하기 위해서는 일단 시뮬레이션 버튼을 누르고, PIR 센서를 클릭하면 검출범위와 탐색 점이 표시된다.

1)번에서 탐색점을 마우스로 드래그해서 검출영역에 들어오게 한다. 2)번의 내장 LED가 점등된다. 3)번의 시리얼 모니터 창으로 그 결과가 출력된다.

본 실험을 주의할 몇 가지 사항을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 그림의 검출범위 안에서 탐색점을 오랫동안 움직이고 앓고 두면 LED에 검출 결과가 없어진다. 이는 PIR 센서가 단지 열적외선의 파장만 검출하는 것이 아니라, 그 움직임을 검출하는 동작을 구현한 것으로 이해하면 된다.

(2) PIR 센서를 클릭하면 옵션 데이터를 넣는 부분이 나올 때가 있는데 모두 0으로 입력하면 탐색점이 나타난다. 이를 드래그하여 원하는 위치로 이동시킨다.

## 7.5 PIR 센서 실습 – Arduino Uno 기반

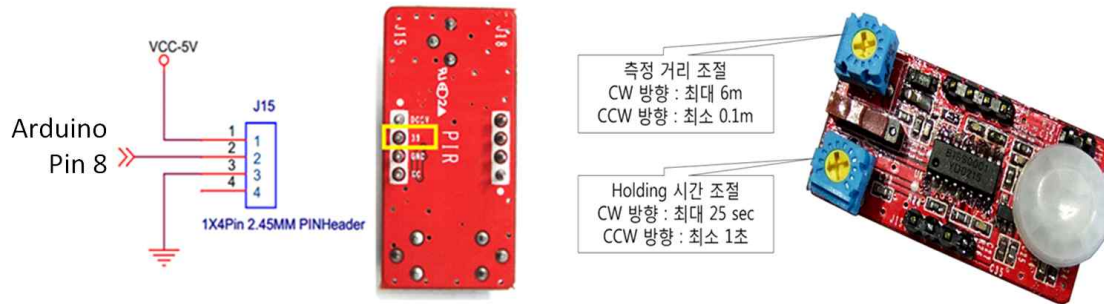
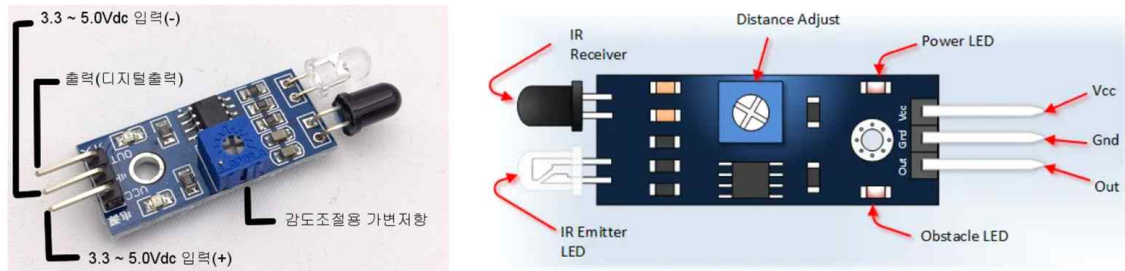


그림 7.5.1 Ardu-Ez 키트의 PIR 센서와 단자 연결도

아두이노 우노에 PIR 센서를 연결하기 위한 단자 연결도를 그림 7.5.1에 보았다. 센서의 단자 2번을 아두이노의 8번에 연결한다. 이러한 결선을 바탕으로 예제 7.4.1의 프로그램을 수정없이 그대로 사용할 수 있다. 따라서 분석은 생략하기로 한다.

## 7.6 장애물 회피센서 실습 – Arduino Uno 기반



(a) 장애물 회피센서의 실물 사진      (b) 장애물 회피센서의 부품 및 신호선 설명도

그림 7.6.1 장애물 회피센서 실물 및 설명도

그림 7.6.1에 본 절에서 다루고자 하는 장애물회피센서(Infrared Obstacle Avoidance Sensor)를 보였다. 이 센서는 내장된 적외선 LED(IR Emitter)로 적외선을 장애물에 발사하고, 부딪혀 반사된 적외선의 광량을 수광센서(IR Receiver)로 받아들여 그 광량이 일정 이상이면 출력단자(out)로 논리 1의 디지털 데이터를 출력한다. 이 장치는 자율주행 로봇이나, 장애물 회피 모형 자동차의 제작 등에 많이 사용된다. 또한, 피사체가 검은 색이면 적외선을 반사하지 않고 흡수하기 때문에 흰 배경의 바닥에 인쇄된 검은 선을 따라 운전하는 라인 트레이서(line tracer)에도 많이 활용된다. 표 7.6.1에는 본 실험에서 사용하는 장애물회피센서의 사양을 보였다.

표 7.6.1 장애물회피센서의 사양

순번	항목	설명
1	감지거리	2~30cm
2	감지각도	35도
3	동작전압	3.3V ~ 5.0V
4	신호출력	평상시 로직 1을 출력. 장애물 검출시 논리 0 출력. 동시에 내장 Obstacle LED가 점등됨

5	거리감도 조절	<p>포텐쇼미터를 회전하여 조절</p> <p>CW: 민감도 상향. 출력에너지 증가. 검출 거리 증가. 에너지가 커서 적외선이 검은 장애물에 부딪혀도 반사되어 돌아옴. 검은색 장애물도 인지함.</p> <p>CCW: 검출 거리 감소. 감도를 떨어뜨림. 에너지가 약해서 검은색 장애물을 만나면 적외선이 다 흡수되어서 반사되지 못해 장애물 인지를 못함. 이 설정을 이용해서 라인트레이서 운전 방향 제어에 활용</p>
---	---------	--

#### □ 예제 7.6.1 : 장애물회피센서의 출력을 내장 LED와 시리얼 모니터로 출력한다.

##### oas.ino : 아두이노 표준 클래스 및 함수 – Serial, println()

```

01  #define OAS 8 // Obstacle Avoidance Sensor
02  // #define LED_BUILTIN 13
03  void setup() {
04      pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
05      pinMode(OAS, INPUT);
06      Serial.begin(9600);
07  }
08  void loop(){
09      if (digitalRead(OAS) == LOW) { // 0이면 장애물 검출.
10          digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
11          Serial.println("Detected..");
12      }
13      else { // 1이면 장애물 없음.
14          digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
15          Serial.println(".....");
16      }
17      //delay(1000);
18  }

```

예제 7.61에 장애물회피센서의 운용 프로그램을 보였다. 이 프로그램은 사실상 전술한 예제 7.4.1과 같다. 외부 센서의 출력 결과를 GPIO를 통해 디지털 데이터로 받아들이기 때문이다. 단지 데이터의 해석이 달라질 뿐이다.

예제 7.6.2에는 검출과 무검출의 메시지를 1번만 송출하도록 개선한 사례



이다. 전역변수 `previous`를 두어 이전에 출력한 메시와 다른 내용일 때만 LED와 시리얼 모니터에 바뀐 결과를 송출하도록 하였다.

**□ 예제 7.6.2 : 장애물회피센서의 출력을 내장 LED와 시리얼 모니터로 출력한다.**

**oas\_warn\_once.ino : 아두이노 표준 클래스 및 함수 – Serial, println()**

```

01  #define OAS 8 // Obstacle Avoidance Sensor
02  // #define LED_BUILTIN 13
03  void setup() {
04      pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
05      pinMode(OAS, INPUT);
06      Serial.begin(9600);
07  }
08  int previous = 0; // 0=detect, 1=none
09  void loop(){
10      int a;
11      if (digitalRead(OAS) == LOW) { // 0이면 장애물 검출.
12          if (previous == 1) {
13              digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
14              Serial.println("Detected..");
15              previous = 0;
16              delay(10);
17          }
18      }
19      else { // 1이면 장애물 없음.
20          if (previous == 0) {
21              digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
22              Serial.println("None found..");
23              previous = 1;
24              delay(10);
25          }
26      }
27  }

```

## 7.7 고찰

### □ 설계 및 실험 미션

다음 문제에 대해서는 ①소스 프로그램(sol1.txt, 1번에만 해당)을 첨부하고, ②PDF 보고서에 구현 내용<sup>13)</sup>을 기술하며, ③ 시연 동영상을 제출한다.

동영상은 각각 1분~3분 이내로 적절히 조정하시오. 보고서와 동영상에서는 실험의 유의사항, 실험과정에서의 경험과 습득 사실 등을 기술하기 바란다. 시연 동영상에서는 제시된 미션을 성공했는지는 보이는 여러 가지 시도를 보여주어야 합니다. 문제에서 제시하지 않은 기타 조건에 대해서는 합리적 기준을 설정하여 수행하기 바랍니다.

1. 적외선 장애물회피센서 실험: 아두이노프로그램을 이용하여 물체가 다가오면 아두이노의 내장 LED를 켜고, 직렬통신으로 "WARNING" 메시지를 출력한 이후 관리자의 응답을 기다리며 대기한다. 터미널로 SPACE 키 입력이 들어오면 LED를 off하고 다시 장애물 검출을 실시한다. 원하는 키 입력이 들어오지 않으면 계속 올바른 입력이 들어올 때까지 그 상태로 대기한다. 이때 키 입력은 엔터(enter)없이 스페이스 한 개의 입력임을 유의하시오.

2. 적외선 장애물회피센서를 이용하여 장애물이 검출되면 만능기판에 설치한 LED가 켜지고, 장애물이 없으면 LED가 꺼지는 회로를 설계하시오<sup>14)</sup>. 구성된 회로에 따라 동작하는 시연 동영상을 제작하시오. 전원은 아두이노에서 받아오는 것으로 가정합니다. 아두이노는 프로그램을 사용하지 않고 전원만 제공하는 역할을 하는 것입니다.

---

13) 2, 3번은 회로도도 PDF 안에 포함되어야 합니다

14) 회피센서 자체에 장애물 감지 LED가 이미 내장되어 있지만 이것을 사용하지 않고 같은 기능을 하는 회로를 센서와 LED를 만능기판을 이용하여 구현하라는 주문입니다.

3. 라인트레이서처럼 흰 종이에 검은색 선을 그어 놓은 후 장애물회피센서가 검은색 선을 지날 때 센서에 내장된 LED가 off되는 모습을 동영상으로 촬영하시오. 적외선이 검은색에서는 흡수되어 장애물이 없는 것처럼 인식한다는 사실을 확인하는 것입니다. 시행착오가 제법 필요할 것으로 예상되므로 특히 어떻게 해야 미션을 성공할 수 있는지를 기술해야 합니다. 이 실험은 회로 구성은 하지 않습니다. 전원이 제공되는 회피센서만으로 시행합니다. 역시 전원은 아두이노에서 받아오는 것으로 합니다. 이것이 불편하다면 자율적으로 해법을 만들어 시행하기 바랍니다.

## □ 암기/사고/분석/조사 문제

다음 주제는 본문에서 이미 기술된 것도 있고 여러분이 새롭게 조사해야 할 내용도 있습니다. 검토해 보면서 그동안 습득한 지식을 정리해 보도록 하겠습니다.

4. PIR 센서가 검출하는 열적외선 파장의 범위에 대하여 기술하시오.
5. 가시광선의 파장의 범위를 기억하여 제시하시오.
6. 빛에서 파장이란? 이것은 주파수, 빛의 속도와 어떤 관계가 있는가?
7. 도어폰 카메라의 적외선 영역은 다음 센서들의 적외선 영역과 어떻게 다른가?
- (1) PIR 센서에서 감지하는 적외선 영역
  - (2) 열화상 카메라의 적외선 영역
8. 다음 중 적외선 차단 필터가 있을 것으로 예상되는 카메라는? 있어야 할 이유와 함께 없어야 할 이유를 각 카메라에 대해 기술하시오.
- ① 도어폰 카메라    ② 휴대폰 카메라    ③ 캠카메라    ④ 야간 감시용 카메라

#### ⑤ 과속차량 단속 카메라

9. PIR 센서가 오동작할 수 있는 사례(이유 포함)에 대해 조사해 보자. 또 PIR을 문제점을 넘어서는 새로운 기술 조류(사람의 움직임을 검출)에 대한 조사를 시행해 보자.
10. 적외선 장애물회피센서가 오동작할 수 있는 사례(이유 포함)에 대해 조사해 보자.
11. 태양광에도 적외선이 내포되어 있다. 그럼에도 불구하고 PIR 센서는 좀처럼 태양광에의 노출만으로는 반응하지 않는다. 그 원리는 무엇인가?
12. 아두이노가 감시 동작을 수행하기 위해 digitalRead() 동작을 무한 반복하는 것은 CPU 연산력의 낭비로 요소로 판단하고 있다. 아두이노가 평상시에는 다른 작업을 수행하다가 사람이 침입할 때만 PIR 센서를 읽고 대처하도록 개선하고자 한다. 이 방안에 대한 여러분의 아이디어를 제시하시오. => 인터럽트를 활용하는 아이디어를 검색하여 제시해 보자.