

어플리케이션을 활용한 스마트홈 iot시스템

제어계측공학전공 김다운(박은진)

졸업작품 지도교수 박봉석

제1장 작품의 개요

1인 가구 및 맞벌이 부부가 늘어가면서 사물인터넷 기술을 활용한 스마트 홈 시스템이 각광받고 있다. 사물 인터넷(IoT)이란 기존의 유선통신 및 모바일 인터넷보다 진화된 단계의 인터넷을 의미한다. 바쁜 일상 속에서 미처 하나하나 신경 쓰지 못하고 지나친 작은 요소들이, 자칫 큰 사고로 발전하기 쉽기 때문에, 집안에서도 밖에서도 간단하게 스마트폰을 통해서 제어가 가능하도록 집안 상황을 컨트롤 하는 것이 중요해 졌다. 무선통신의 발달로 사물대 사물의 자율적 통신이 가능한 사물 공간 연결망이 형성되었다. 이에 따라 모든 사물이 소형화 및 지능화 되어 사물 인터넷 시대가 열릴 것이라고 생각한다.

이번 작품에서는 앱인벤터를 활용하여 제작한 어플리케이션과 ATmega128A를 활용하여 누구나 쉽게 집안의 사물을 제어 할 수 있도록 고안하였다. 조도센서 GL5537을 통해 각 방의 조명과 블라인드를 스텝모터 NK243-01AT를 이용하여 제어하고, 가스센서 MQ-2를 통해 서보모터 HS-311를 이용하여 가스밸브를 제어한다. 본 작품에서는 크게 두 가지 모드가 있는데 수동모드 시 사용자가 원하는 대로 각 디바이스들을 조정이 가능하고, 자동모드 시에는 사용자가 어플리케이션을 통해 각 디바이스들을 제어하지 않더라도 센서를 통해 센싱된 값을 기준으로 하여 조건 만족 시 자동으로 구동된다.

제2장 작품의 원리 및 구성

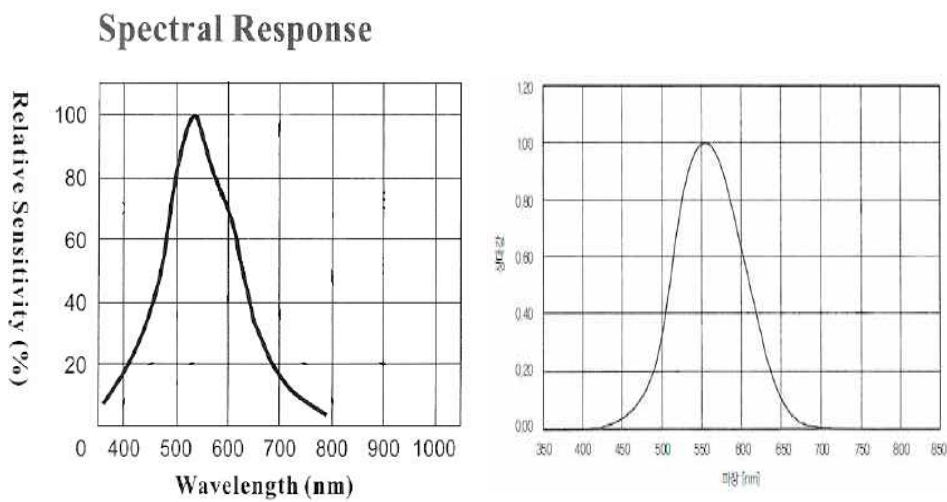
1. 작품의 원리

(1) 조도센서 (GL5537)

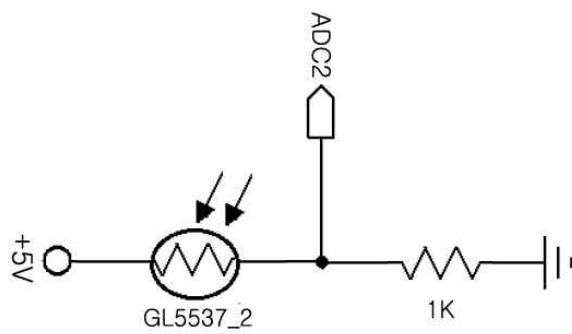
조도센서는 반도체에 빛이 조사되면 전자와 정공이 증가하여 빛 에너지에 비례하여 전류가 증가하는 원리를 이용한다. Cds센서는 작고 단순한 구조로 되어있어 가장 보편적으로 사용된다. 극성이 존재하지 않는 가변저항으로서 그 저항의 수치는 빛의 양에 따라 가변적으로 달라지며 이로 인한 전압차로 조도를 구분할 수 있다. 그 중에서도 < 그림 1 >에서 찾아볼 수 있듯이 GL5537소자의 분광감도는 사람의 분광감도와 매우 비슷하기 때문에 이를 본 작품에 이용하였다.

조도를 측정하기 위해 < 그림 2 >와 같이 풀다운 저항을 사용하여 회로를 구성하였다. 조도센서의 저항 값에 따라 전압분배가 일어나 주변이 밝을수록 출력 값이 커지게 설계하였다. 본 작품에서는 센싱 된 아날로그 타입의 출력 값을 Atmega128A의 A/D 컨버터를 통하여 읽어 들인 후 하이퍼 터미널을 통해 해당 값을 확인하였다. 일반적인 조명 아래에서 출력 값이 평균 820 정도로 확인되었고, 센서를 손으로 가려 어두울 때의 출력 값과, 휴대폰손전등 불빛을 조사하였을 때의 출력 값도 체크하여 동작 기준 값을 설정하였다. 전등의 경우 평상시에는 off되어 있고, 어두울 경우 on되는 동작을 하도록 기준 Value값을 400으로 지정

하여 그 이상이 감지된다면 LED는 off되고, 이하로 떨어지면 on 되도록 하였다. 블라인드는 안정적인 모터 동작을 위해 기준 값을 두 개로 나눠 930초과일 경우 블라인드를 내리고, 400이하일 경우 블라인드를 올린다.



< 그림 1 - (좌) GL5537 모델의 상대 분광감도, (우) 사람의 분광감도 >

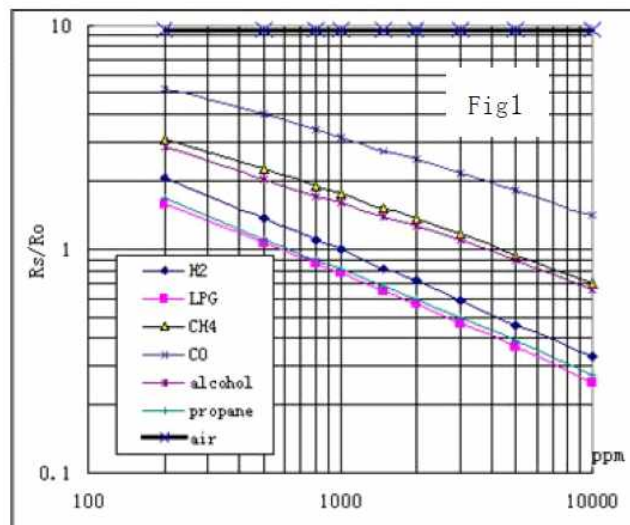


< 그림 2 - 풀다운 저항 회로 참고 >

(2) 가스센서 (MQ-2)

아날로그 가스센서인 MQ-2는 LPG, 부탄, 프로판, 메탄 등 가연성 가스들을 측정하는 센서이다. 높은 민감도와 빠른 응답 시간을 가지고 있기 때문에 위 소자를 선택하였으며, 모듈 안에 가변저항도 포함 되어있기 때문에 민감도가 전위차계에 의한 조정이 가능하기 설계되었기 때문에 이용이 편리하다. 또한 실생활에서 쉽게 찾아볼 수 있는 부탄가스를 측정하기 때문에 실험도 용이하여 해당 센서를 작품에 사용하게 되었다.

< 그림 3 >에서 확인 가능하듯이 본 작품에 쓰이는 센서는 저항이 감지된 가스 농도에 따라 달라진다. 디지털 출력 값과 아날로그 출력 값 모두 확인 가능한 센서지만, 조도센서와 마찬가지로 아날로그 출력 값을 하이퍼 터미널을 통해 확인하였다. 부탄가스가 충전되어 있는 라이터를 이용하여 가스가 누출 된 환경을 구현하고 그 시점의 출력 값을 동작 기준 값으로 설정하였다. 센싱 된 값이 300이상으로 확인되면 경보를 울리고 서보모터를 작동시켜 가스밸브가 자동으로 잠기도록 설계하였다.



< 그림 3 - MQ-2 민감도 특성 >

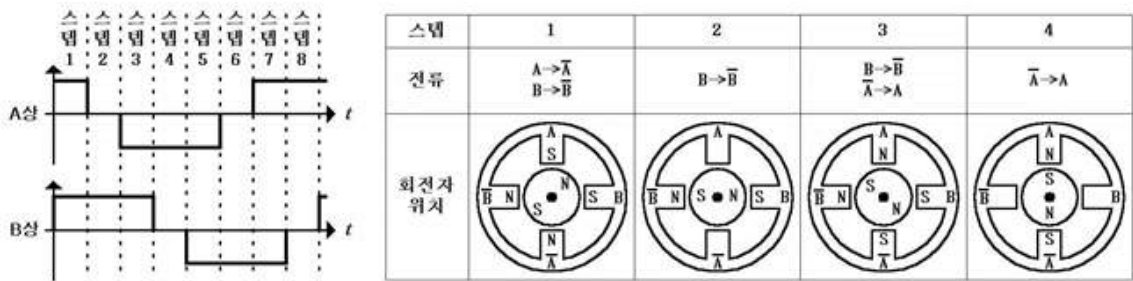
(3) 스텝모터 (NK243-01AT)

스텝모터는 1개의 디지털 펄스에 의하여 미리 지정된 1개의 구간만큼만 정확하게 회전하는 모터이다. 스텝 모터의 총 회전각은 입력 펄스 신호의 수에 비례하고, 회전속도는 펄스의 주파수에 비례하므로 펄스 신호의 수와 주파수를 가변 하여 회전속도와 회전각을 정확하게 제어할 수 있다. 디지털 펄스에 의하여 제어되므로 디지털 제어 시스템에 적합하며 기동, 정지, 정회전, 역회전이 용이하다. 또한 속도제어 범위도 비교적 넓기 때문에 스텝모터를 자동블라인드 제어하는 기능으로 사용하였다.

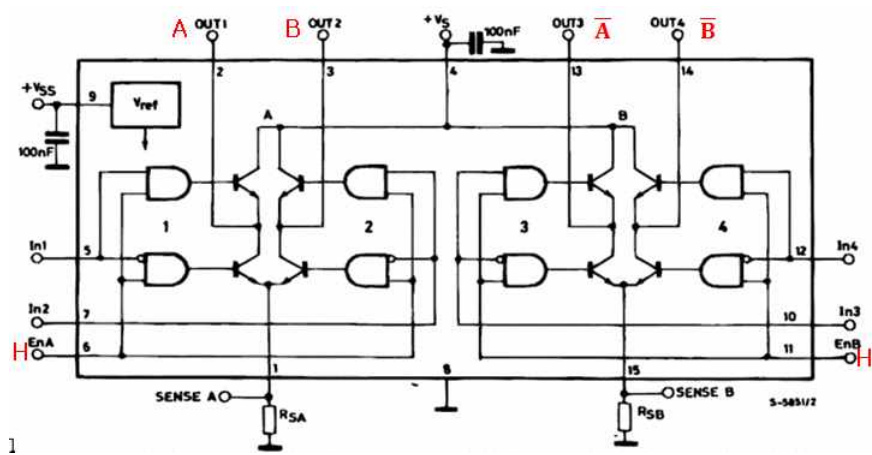
5선식 권선 구조를 가지는 2상 스텝 모터를 이용해 바이폴라 방식으로 구동한다. 바이폴라 구동방식은 유니폴라 구동방식에 비해 전력 효율이 높을 뿐 아니라 토크가 크고 특히 저속에서 토크 특성이 우수한 것이 장점이다. 고속 운전에서는 탈조의 가능성이 높아진다는 단

점이 있지만 블라인드 제어 시에는 저속으로 충분히 구동이 가능하기 때문에 바이폴라 구동방식을 택하여 스텝모터를 구동하였다. 1상 여자방식을 사용하면 권선에서의 소비전력이 낮아 발열이 적고, 2상 여자방식을 사용하면 비교적 토크가 크고 감쇠 진동이 작아 탈조의 위험성이 낮다. 1-2상 여자방식이 이 둘의 장점을 적당히 합친 중간적인 특성을 가지기 때문에 선택하였다. 1-2상 여자방식은 4개의 권선에서 차례로 1개의 상과 2개의 상을 번갈아 여자하는 방식이다. < 그림 4 >에서처럼 회전자가 각 상의 위치와 중간자의 위치를 번갈아 따라가기 때문에 1펄스에 1/2스텝만큼 회전하는 하프 스텝 동작이 이루어진다.

스텝모터를 구동시키기 위해선 모터 드라이버인 L298N을 사용해야 한다. < 그림 5 >는 L298N을 사용하여 2상 스텝모터를 바이폴라로 구동하는 원리도이다. L298N의 OUT1~4 차례대로 모터의 A, B, \bar{A}, \bar{B} 가 출력 된다. 6선식 스텝모터와 연결 시 OUT1부터 OUT4까지 순서대로 흑, 적, 녹, 청색 선을 연결하면 된다. 결선이 잘못될 경우 모터가 회전하지 않고 진동만 하게 되므로 이에 주의하여야 한다. 드라이버의 IN1~IN4에는 PORTD0~PORTD3핀과 차례로 연결한 후 MCU상에서 1-2상 여자방식의 신호를 준다. 유니폴라 방식과는 다르게 바이폴라 방식에서는 2개의 흰색, 노란색 중간탭 단자를 연결하지 않고 개방시켜 두어야 한다. 또한 PORTD4와 PORTD5는 항상 1로 셋팅해서 High 상태로 만들어 두어야 한다.



< 그림 4 - 2상 스텝모터의 바이폴라 1-2상 여자방식 >



< 그림 5 - 바이폴라 1-2상 구동 원리도 >

(4) 서보모터 (HS-311)

RC서보모터는 소형 직류 전동기 위치제어 모듈로써 외부에서 디지털 펄스를 인가하면 그 펄스의 폭에 따라 회전각을 -90°에서 +90°까지 180°의 범위에서 제어한다. 회전각을 제어하기 위해서는 사용자가 외부에서 PWM 제어신호를 인가해야한다. 주기가 20ms인 펄스를 인가하면 펄스폭을 가변시켜 회전각을 제어할 수 있다. 본 작품에서 사용되는 서보모터 HS-311의 경우 < 그림 6 >의 데이터시트를 참조하면 high 펄스폭이 0.6ms이면 -90°로 제어되고, 펄스폭이 1.5ms이면 회전각이 0°, 펄스폭이 2.4ms이면 회전각이 +90°로 제어된다. < 그림 7 >에서 시각적으로 펄스폭과 회전각의 관계를 확인할 수 있다.

본 작품에서는 타이머3의 고속 PWM모드를 사용하여 서보모터를 제어한다. 16MHz의 클럭을 64로 freescale하여 250kHz의 클럭을 타이머3에 공급하고, ICR3=4999로 설정하여 스위칭 주기를 20ms로 한다. 아래의 식을 통해 펄스값(OCR3A 설정값)을 구할 수 있다. 가스밸브가 잠겨있을 때를 90°, 열려있을 때를 0°로 설정 하여 가스밸브의 개폐를 제어하도록 하였다.

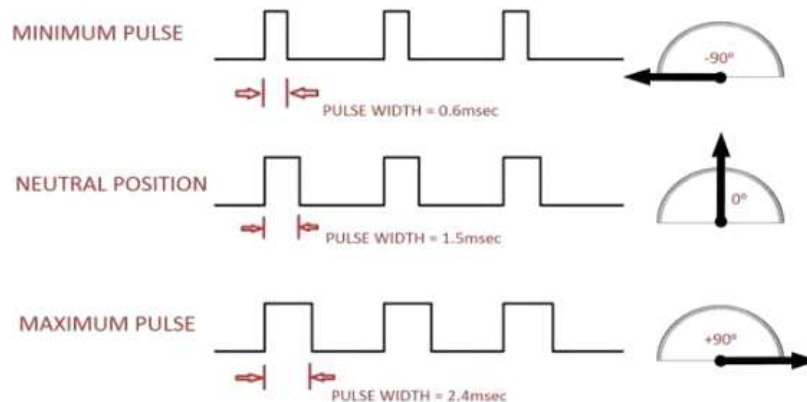
$$OCR3A = Pulse = Angle \times \frac{225}{90} + 375 + 0.5$$

PREPARED BY JUN HEE, LEE
UPDATE: APR 01, 2002

ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-311 STANDARD SERVO

1. TECHNICAL VALUE		
CONTROL SYSTEM	: +PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL	
OPERATING VOLTAGE RANGE	: 4.8V TO 6.0V	
TEST VOLTAGE	: AT 4.8V	AT 6.0V
OPERATING SPEED	: 0.19sec/60° AT NO LOAD	0.15sec/60° AT NO LOAD
STALL TORQUE	: 2.8kg.cm(38.88oz.in)	3.5kg.cm(48.60oz.in)
IDLE CURRENT	: 7.4mA AT STOPPED	7.7mA AT STOPPED
RUNNING CURRENT	: 160mA/60° AT NO LOAD	180mA/60° AT NO LOAD
STALL CURRENT	: 700mA	800mA
DEAD BAND WIDTH	: 5usec	5usec
OPERATING TRAVEL	: 40° /ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec	
DIRECTION	: CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec	
MOTOR TYPE	: CORED METAL BRUSH	
POTENTIOMETER TYPE	: 4 SLIDER/DIRECT DRIVE	
AMPLIFIER TYPE	: ANALOG CONTROLLER & TRANSISTOR DRIVER	
DIMENSIONS	: 40x20x36.5mm(1.57x0.78x1.43in)	
WEIGHT	: 43g(1.51oz)	
BALL BEARING	: TOP/RESIN BUSHING	
GEAR MATERIAL	: RESIN	
HORN GEAR SPLINE	: 24 SEGMENTS/φ5.76	
SPLINED HORNS	: SUPER/R-XA	
CONNECTOR WIRE LENGTH	: 300mm(11.81in)	
CONNECTOR WIRE STRAND COUNTER	: 40EA	

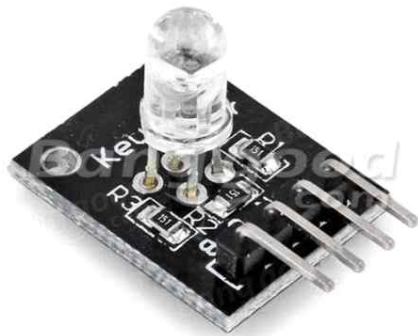
< 그림 6 - HS-311 datasheet >



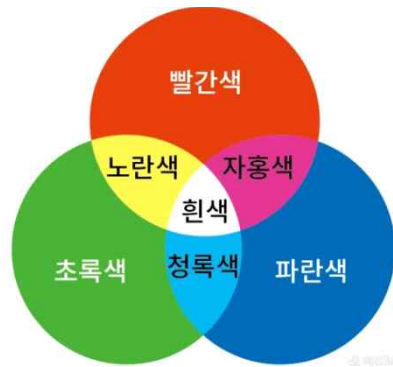
< 그림 7 - HS-311에 입력되는 펄스폭과 회전각의 관계 >

(5) 3색LED (KY-016)

한쪽 방향으로 전류가 흐르도록 제어하는 반도체 소자를 다이오드라 하며 그 중에 전기 에너지를 빛 에너지로 변환하는 것을 발광 다이오드, 즉, LED (Light Emitting Diode)라 한다. 3색 LED는 빛의 3원색인 빨간색, 초록색, 파란색 3개의 LED를 합쳐 만든 것이다. 빨강, 초록, 파랑의 색을 각각 제어가 가능하기 때문에 색을 섞어 다른 색을 만들어 내는 것도 가능하다. 본 작품 중 무드등은 < 그림 9 >에서 보이는 총 7가지 색으로 점등을 할 수 있다. < 그림 8 >과 같은 사용이 좀 더 편리한 RGB 모듈인 KY-016소자를 사용하였으며 4개의 핀은 순서대로 R, G, B, GND이다.



< 그림 8 - RGB LED >



< 그림 9 - 빛의 3원색 >

(6) 블루투스모듈 (JMOD-BT-1)

JMOD-BT-1은 블루투스 시리얼 모듈을 기반으로 마이크로컨트롤러 모듈에 장착하기 쉽도록 제작되었다. 셋업을 통하여 마스터 또는 슬레이브 모드로 동작이 가능하며, 5V 및 3.3V의 전원에서 모두 동작할 수 있는 장점을 가지고 있어 본 작품에서 사용하는 전원이 포함 되어있기 때문에 선택하였다.

$$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRRn + 1)}$$

$$UBRRn = \frac{f_{osc}}{16 \times BAUD} - 1$$

위 식은 보드레이트 값을 계산하는 식으로 전송속도 9600(bps)일 때 UBRRn 값은 103으로 설정해주면 된다. 초기 블루투스 모듈 상 기본 UBRRn 값이 8 즉, 전송속도 값이 115,200으로 설정되어있었지만 < 그림 12 >에서 확인할 수 있듯이 오차가 -3.55% 있어 좀 더 안정적으로 구동시키기 위하여 오차가 적은 9600으로 값을 변경하게 되었다. < 그림 10 >은 본

작품에서 쓰이는 모델인 JMOD-BT-1의 외관 및 규격이며, < 그림 11 >은 각 보드레이트에 따른 패리티 비트이다. 이를 참고하여 설계하면 된다.



< 그림 10 - JMOD-BT-1의 외관 및 규격 >

	value			
Baudrate	4800	9600	19200	38400
	57600	115200	23400	460800
	921600	1382400		
Stop bit	0 (1bit)		1 (2bit)	
Parity bit	0 (None)		1 (Odd parity)	
	2 (Even parity)			

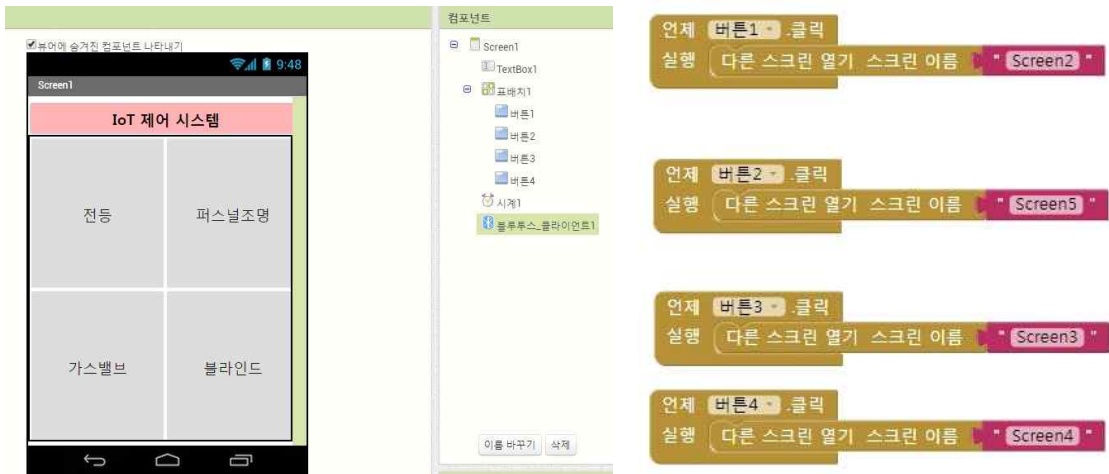
< 그림 11 - 블루투스 모듈의 Baudrate, Parity bit 표 >

Baud Rate (bps)	f _{osc} = 16.0000 MHz			
	U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	416	-0.1%	832	0.0%
4800	207	0.2%	416	-0.1%
9600	103	0.2%	207	0.2%
14.4k	68	0.6%	138	-0.1%
19.2k	51	0.2%	103	0.2%
28.8k	34	-0.8%	68	0.6%
38.4k	25	0.2%	51	0.2%
57.6k	16	2.1%	34	-0.8%
76.8k	12	0.2%	25	0.2%
115.2k	8	-3.5%	16	2.1%

< 그림 12 - Baudrate에 따른 UBRRn 레지스터 설정 >

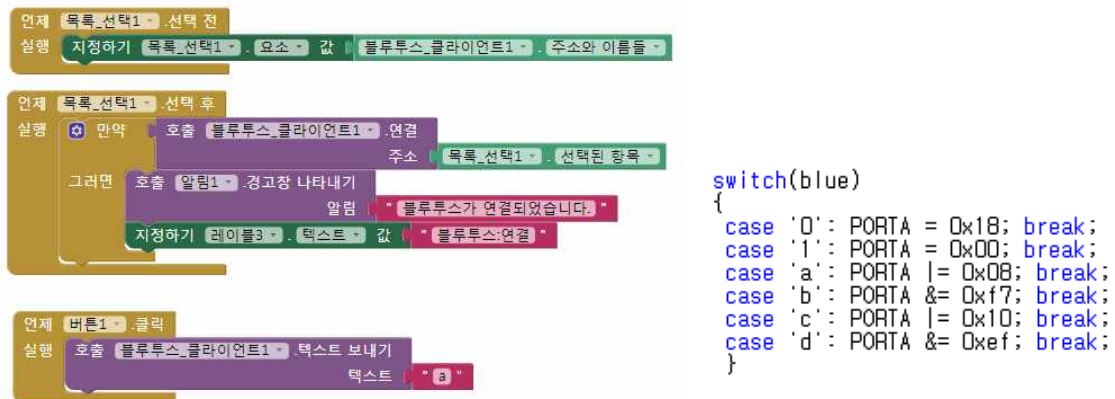
(7) 앱인벤터

MIT가 관리하는 오픈소스 앱 메이커이다. java를 이용하지 않고 간단하게 안드로이드 어플리케이션을 제작할 수 있는 툴로서, 편리한 가독성을 가진 도구들을 블록처럼 조립하여 기능들을 구현하기 때문에 초심자도 쉽게 사용이 가능한 장점이 있다. 섬세한 어플리케이션의 제작이 어려운 한계가 있지만, 우리가 필요한 기능은 충분히 구현이 가능하다고 판단하여 스마트홈 어플리케이션 제작에 앱인벤터를 이용하였다.



< 그림 13 - 앱인벤터 초기구상 디자이너 및 블록도 >

< 그림 13 >과 같이 디자이너 페이지에서 원하는 팔레트의 아이콘을 배치하여 실제로 스마트폰에서 보여 질 화면을 디자인 한 뒤, 블록 페이지에서 다양한 블록들을 조합하여 실제 어플의 기능을 구현한다.

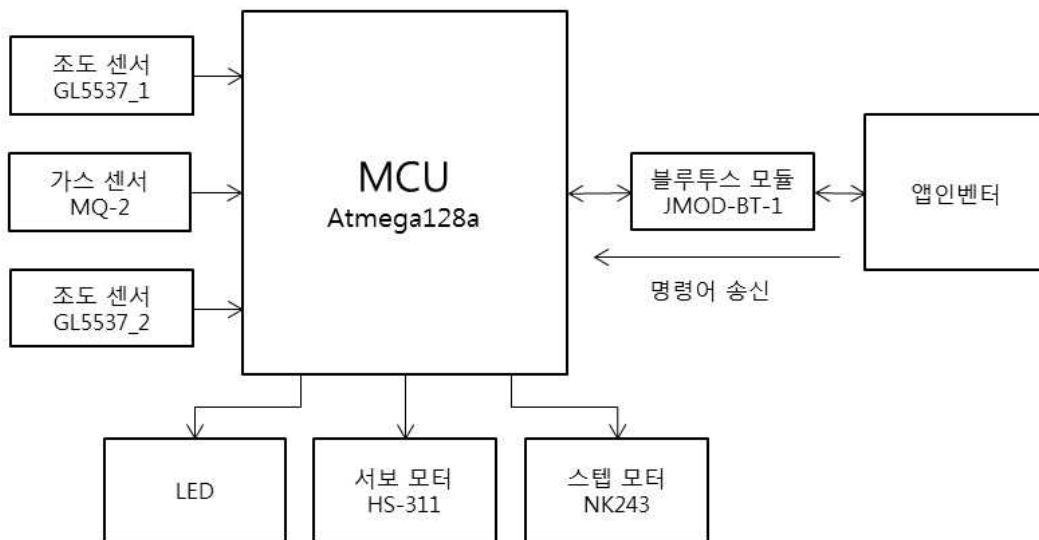


< 그림 14 - 앱인벤터 블록도 및 관련 코드 >

해당 작품에서 앱인벤터를 주로 활용하는 부분은 블루투스를 통한 데이터 송신 기능이다. < 그림 14 >과 같이 MCU에 연결된 블루투스 모듈 JMOD-BT-1과 앱인벤터를 연결 한 뒤, 지정된 기능버튼을 누르면 특정 데이터를 MCU로 송신하고, MCU에선 조건문을 이용하여 받아들인 데이터와 일치하는 동작을 수행한다. 그림 12의 경우 버튼1을 클릭하면 MCU

로 데이터 a를 송신하고 이를 블루투스 레지스터인 UDR1 값을 받는 변수인 blue와 비교하여 $PORTA \mid= 0x08;$ 의 동작을 수행한다.

2. 작품의 구성

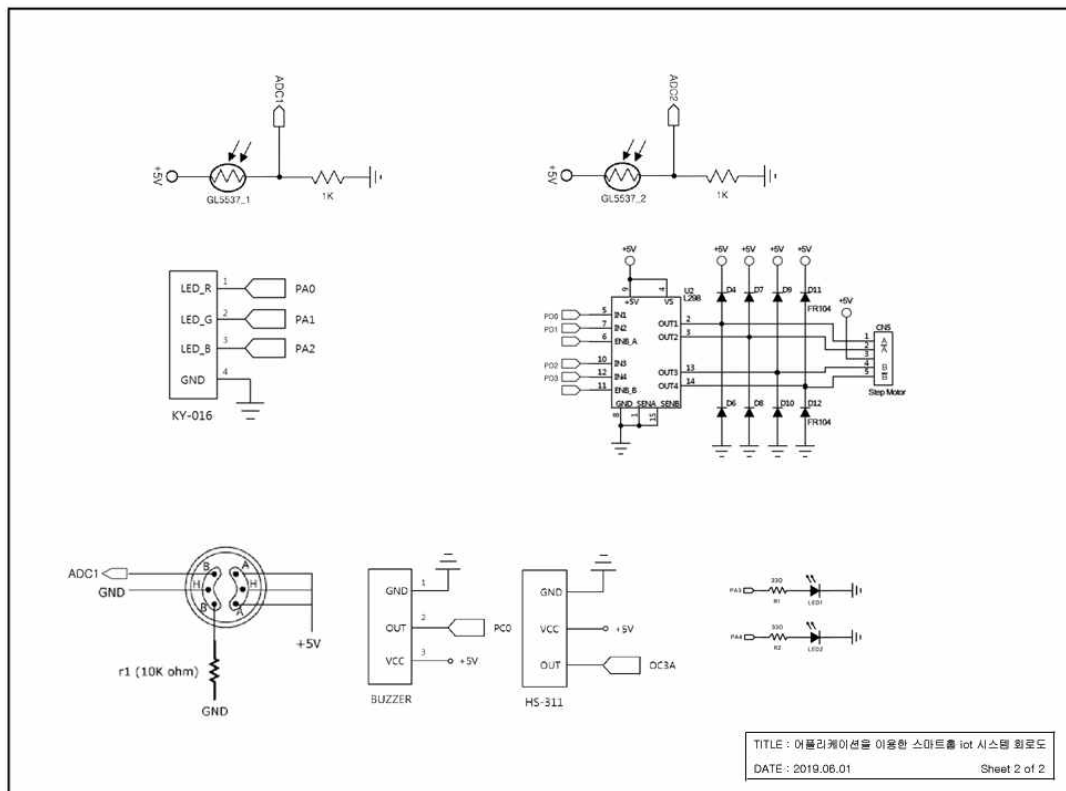
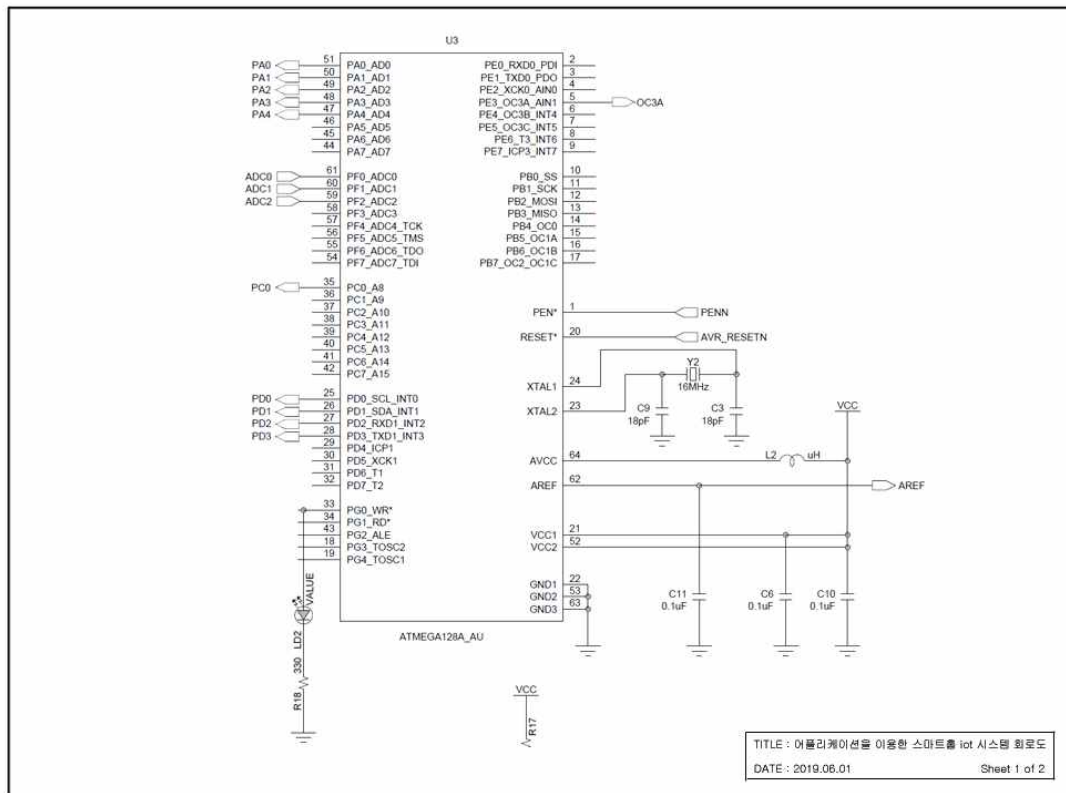


< 그림 15 - 작품 블록도 >

본 작품은 < 그림 15 >의 블록도를 참고하면 이해가 쉽다. 최초 이용 시에는 앱인벤터를 통해 생성한 어플리케이션을 사용자의 스마트폰에 다운로드 한 후 제어를 시작한다. 블루투스를 통해 각 기기들과의 연결을 완료 한 후 사용자는 명령을 내릴 수 있게 프로그래밍 하였다. 어플리케이션을 실행 한 후 먼저 제어를 원하는 기기를 선택한다. 다음 탭으로 넘어가면 기기를 센서에서 입력받은 값과 기준 치의 비교 값을 통해 자동적으로 제어가 가능한 자동모드와 사용자의 니즈에 따라 제어가 가능한 수동모드가 있다. 둘 중 원하는 탭을 선택한 후 사용하면 된다. 전원은 220V/60Hz AC전원을 DC전원으로 변환해주는 SMPS를 사용하여 회로에 구성되어있는 각 소자들에 +5V를 공급하였다. 해당 작품의 세부 기능은 아래의 < 표 1 >을 참고하면 된다.

	기능	기능 설명
LED전등	On/Off	<ul style="list-style-type: none"> - 전등의 점등, 소등 기능. - 해당 Device를 수동으로 조작 가능.
	Auto On/Off	<ul style="list-style-type: none"> - 조도센서를 통한 자동 점등, 소등. - 원하는 방안 자동모드로 선택 가능.
	사용소자 : GL5537, LED	
무드등	On/Off	<ul style="list-style-type: none"> - 전등의 점등, 소등 기능. - 총 7가지 색상 중 원하는 색 선택 가능.
	가스누출 경고등	<ul style="list-style-type: none"> - 가스 누출 시 적색등으로 경고 표시. - 10초간 적색등 점멸.
	사용소자 : 3색LED	
블라인드	상하작동	- 사용자가 원하는 대로 조정 가능.
	Auto 상하작동	- 조도 값에 따라 자동으로 구동.
	사용소자 : GL5537, NK243-01AT	
가스밸브	열림/단힘	- 가스밸브의 개/폐 기능.
	Auto 열림/단힘	<ul style="list-style-type: none"> - 가스 누출 감지 시 자동으로 밸브가 단힘. - 밸브 단힘과 동시에 경고음 울림.
	사용소자 : MQ-2, HS-311, Buzzer	

< 표 1 - 작품 지원 기능 구성표 >



< 그림 16 - 본 작품 회로도 >



< 그림 17 - 본 작품 실제 사진 >



< 그림 18 - (좌) 블라인드, (우) 가스밸브 >



< 그림 19 - 어플리케이션 첫 화면 >

< 그림 17 >은 < 그림 16 >의 회로도를 기반으로 제작 된 작품의 실제 사진이다. 앱인벤터로 제작한 < 그림 19 >의 어플리케이션을 이용하여 < 그림 18 >의 서보모터와 전등, 스텝모터와 3색 led를 제어한다.

제3장 결론 및 작품제작 후기

1. 결론

본 작품은 사용자의 편리성을 증대시킨다. 사용자가 집 안에서 굳이 움직이지 않고도 스마트폰만 있다면 손쉽게 원하는 디바이스의 제어가 가능하다. 가스밸브 자동모드의 경우 위험요소를 센서가 바로 감지하여 사용자에게 알려주기 때문에 해당 위험 사항을 간단한 스마트폰 조작으로도 용이하게 관리 할 수 있다. 또한, 본 작품을 이용한다면 홈 네트워크 서비스를 즐기기 위해 부수적인 원격 장치가 따로 필요 없다. 결국 비용 면에서도 큰 절감이 된다는 소리이다. 대부분의 현대 사회인들이 스마트폰을 소지하고 있기 때문에 iot 서비스를 지원하는 기기들만 존재한다면 단순히 어플리케이션을 다운받아 사용하면 된다. 더 나아가 스마트폰을 이용한 기술이기 때문에 오늘날 어플리케이션 개발에 도움이 되는 도구가 인터넷에 다양하게 있어 추후에 유지, 보수 시에도 개발자들이 쾌적한 개발환경에 놓인다.

추가로 본 작품을 꼭 집에서만 사용하란 법은 없다. 사람이 직접 제어하기 힘든 더 큰 환경에서도 사용이 가능하다. 예를 들어 공장이나 천장이 높은 대강당에서 블라인드 제어를 스마트폰으로 할 수 있다면 불필요한 동작과 시간을 절약할 수 있어 효율적이다.

2. 향후 개선 사항

먼저 가장 중요한 통일된 플랫폼을 사용하는 일이다. 앱인벤터를 사용해 어플리케이션을 제작하였는데 이는 안드로이드 기반이기 때문에 애플을 사용하는 사람들은 본 작품을 이용하기에 어려움이 있다. 어플리케이션을 제작할 때 가장 많이 이용한다는 이유로 앱인벤터를 선택했지만 향후에는 ios기반에서도 사용이 가능한 어플도 따로 제작 해보려 한다.

어플리케이션 사용 시 더블클릭으로만 제어되는 구간이 있는데 원인을 따로 찾지 못하였다. 블라인드 제어 시 사용되는 스텝 모터 제어구간에서는 한 번의 클릭만으로도 제어가 가능한데 다른 구간에서는 항상 더블클릭으로만 선택이 된다. 발표 후 이러한 오류의 원인을 찾아 수정할 계획이다.

블루투스 기반으로 사물인터넷 통신을 하다 보니 사정거리 이내에서만 제어가 가능하다는 한계점이 있다. 이 점은 초기에 본 작품을 계획하는 과정에서 집 밖에서도 제어가 가능하게 만들기 위해 라즈베리 파이를 이용하려 했지만 지도교수님과의 충분한 상담 끝에 블루투스를 통해 집 안에서 각 디바이스들을 제어할 수 있는 Atmega128a를 사용하기로 결정하였다. 본래의 기획의도라면 집 밖에서도 통신이 되어야 하기 때문에 그 점을 보완하고 싶다.

3. 작품 제작 후기

팀 구성원 모두 1년간의 휴학 후에 졸업 작품 제작을 시작하였고, 기존 개인작품에서 2인 팀 체제로 변경하게 되었다. 그 과정에서 초기 작품이었던 무선제어 가스 안전장치 시스템에 기능을 몇 가지 추가하여 스마트 홈 IoT시스템으로 작품의 규모를 확대하였다.

본 작품을 처음 제작에 들어갔을 때 집 밖에서도 제어가 가능하게 해야 한다는 생각에 라즈베리파이를 이용해 구현에 나서려 했지만 학과 과정 내에 있지 않았기 때문에 이에 어려움이 있었다. 그에 반해 Atmega128A는 3학년 때 마이크로프로세서 수업에서 다양한 예제들을 통해 익혔기 때문에 한 번도 다뤄보지 않았던 라즈베리 파이보다는 쉽게 사용할 수 있을 것이라 생각하여 본 작품의 MCU로 택하였다. 블루투스를 이용하였기 때문에 사정거리 이외에서는 각 디바이스들을 제어할 수 는 없지만 집 안에서는 충분히 컨트롤이 가능하다.

휴학기간 때문에 학교에 돌아온 직후 전공지식이 잘 기억나지 않아 어려움을 겪었지만, 지도교수님의 도움으로 본 작품을 무사히 완성할 수 있었기에 박봉석 교수님께 감사의 말씀을 올리고 싶다. 작품을 제작하면서 전공 책들을 비롯한 여러 관련서적들을 찾아보고, 인터넷 검색을 하며 관련지식을 조금씩 습득하였다. 이러한 과정들을 겪으며 대학 4년간 배웠던 내용들을 다시 한 번 정리하게 됨은 물론이고, 앱인벤터와 같은 새로운 지식들 또한 얻게 되어 한 층 더 발전 할 수 있는 기회가 되었다. 그 덕에 무사히 졸업 작품 제작을 완료하였음에 뿌듯함을 느낀다.

참고문헌

- [1] 윤덕용, AVR ATmega128A 바이블, 도서출판 Ohm사, 2011. 06
- [2] 윤덕용, 직류전동기 제어 기술, 도서출판 Ohm사, 2015. 05
- [3] 전자공작, <https://cafe.naver.com/circuitsmanual>
- [4] 아두이노 AVR DIY 놀이터(임베디드홀릭), <https://cafe.naver.com/lazydigital>