결 과 보 고 서

적외선 센서를 이용한 Easy Connect 콘센트

팀명	
팀원	

전남대학교 IDEC 2023 스마트 전자회로설계 챌린지

목차

1. 작품 소개(Introduce of work)

- 작품 개요 및 개발 동기(Motivation)

2. 설계 과정(Process)

1) 설계 단면도와 기본 회로도
2) 사용 IC / 부품 / 센서
3) 구현 회로
   - 각 회로도 세부사항 및 시뮬레이션 결과 (Result of Simulation)
   - 전체 회로도(Entire Circuit)
   - 각 회로도 브레드보드 구현 실측값 (Circuit of Breadboard's result)
4) 발생한 문제 및 해결과정(Problems and Solutions)
5) 외관 설계도(Appearance design)
6) PCB 도면(PCB Layout)

3. 과제 결과(Outcome)

1) 작품 구현
2) 동작 예시

4. 기대효과(Expactation)

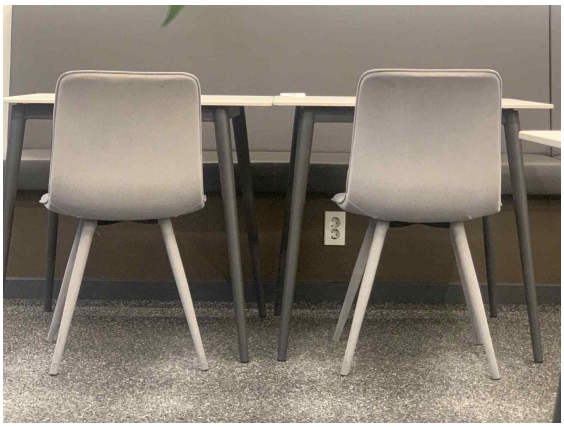
- 기대효과

1. 작품 소개(Introduce of work)

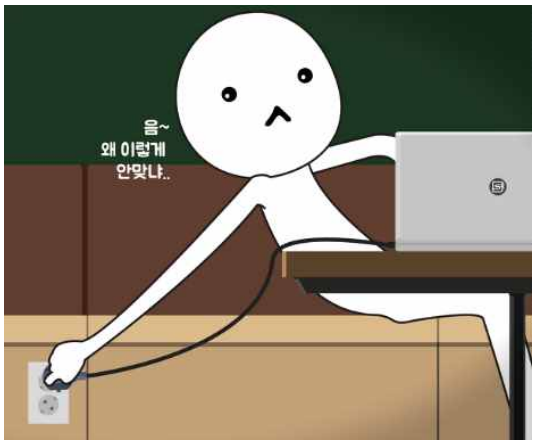
- 작품 개요 및 개발 동기(Motivation)

최근 카페에서 공부나 과제 등을 하는 사람들이 늘어남에 따라 대부분에 카페에는 고객이 전자기기를 충전할 수 있도록 콘센트가 구비되어있다. 하지만 콘센트를 둘 공간이 마땅치 않거나 미관상의 문제로 의자 아래의 벽면 쪽에 콘센트가 위치한 경우가 많다. 또한 카페뿐 아니라 전남대학교 공대 7호관의 스터디 라운지의 콘센트도 동일한 구조를 가지고 있다. 따라서 불편한 자세로 콘센트의 구멍을 맞추거나 보지 않고 이리저리 돌려가며 꽂아야 한다는 문제가 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 고안한 'Easy connect 콘센트'는 사용자가 충전기를 콘센트 구멍에 가까이 가져다 대면, 적외선 센서가 코드 단자를 인식하고 이에 따라 콘센트에 부착된 모터가 회전하여 자동으로 구멍 위치를 맞춰준다. 이를 통해 불필요한 움직임 없이 수직으로 꽂기만 하면 되는 콘센트를 설계하는 것이 목표이다.



(전남대 후문 Moreless 카페)

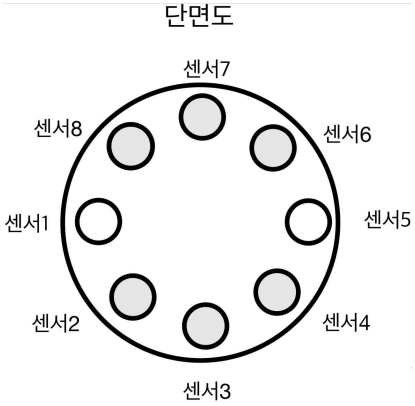


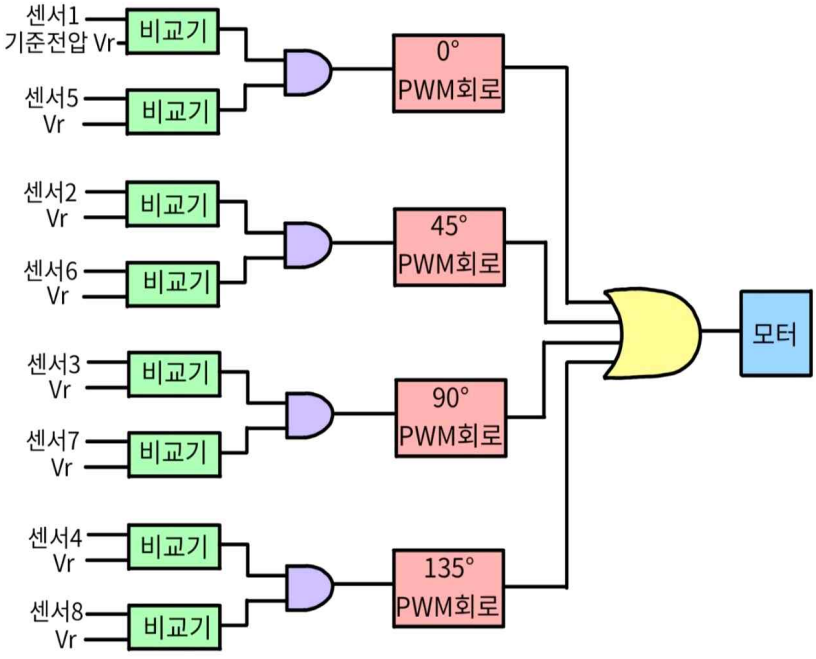
(유튜브 - 사물궁이 채널 영상)

2. 설계 과정(Process)

1) 설계 단면도와 기본 회로도

<콘센트의 단면도와 로직 회로도>





센서 1,5가 코드를 감지 => 모터축을 0°로 위치시킨다.
센서 2,6가 코드를 감지 => 모터축을 45°로 위치시킨다.
센서 3,7가 코드를 감지 => 모터축을 90°로 위치시킨다.
센서 4,8가 코드를 감지 => 모터축을 135°로 위치시킨다.

-오작동(센서가 한 곳만 인식되는 경우 등)을 방지하기 위해 And gate를 이용하여 서로 마주보는 센서가 동시에 인식될 때만 회로가 작동하도록 한다.

---

2) 사용 IC / 부품 / 센서

● 센싱 회로

- 적외선 거리센서 (GP2Y0A41SK0F), OP AMP 및 비교기 (LM324), 2-input AND gate (SN7408), 커패시터

● PWM(펄스폭 변조) 회로

- 타이머 (NE555), 저항, 커패시터

● 모터 동작 회로

- 서보모터 (SG-90), 2-input OR gate (SN7432)

● 알림 회로

- 적외선 거리센서 (GP2Y0A41SK0F), 스피커

3). 구현회로

- 각 회로도 세부사항 및 시뮬레이션 결과(Result of Simulation)

(1) 센싱 회로

- 코드 단자를 인식하는 회로

(2) PWM(펄스폭 변조) 회로

- 코드 단자 위치에 따라 모터의 회전각을 결정하는 회로

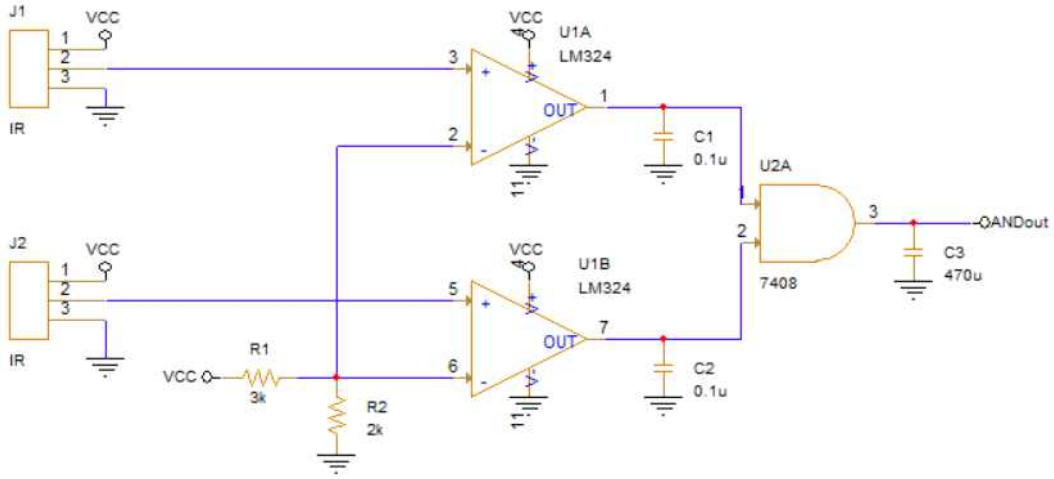
(3) 모터 동작 회로

- PWM 회로에서 전달받은 펄스로 모터를 회전시키는 회로

(4) 알림 회로

- 구멍 위치가 맞춰졌을 때 사용자에게 알림을 주는 회로

(1) 센싱 회로



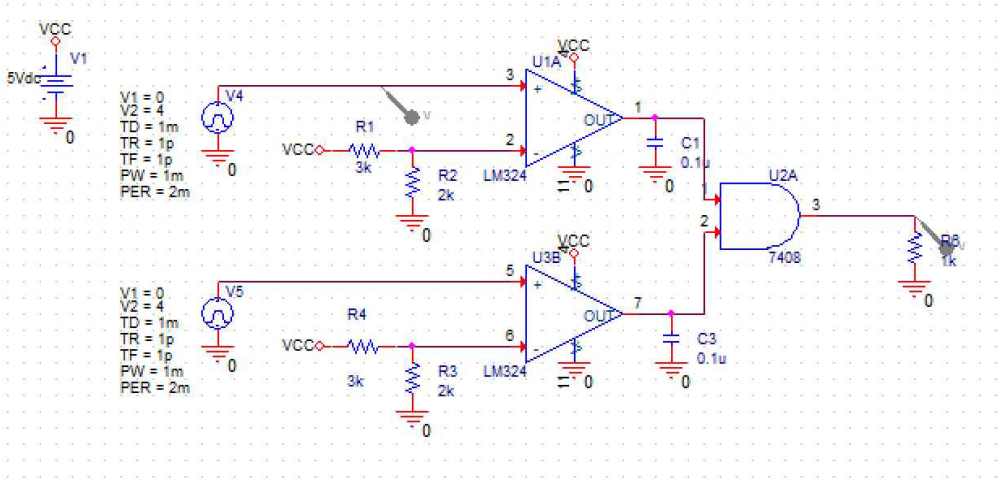
<적외선 센서에 감지된 물체의 거리에 따른 출력 전압>

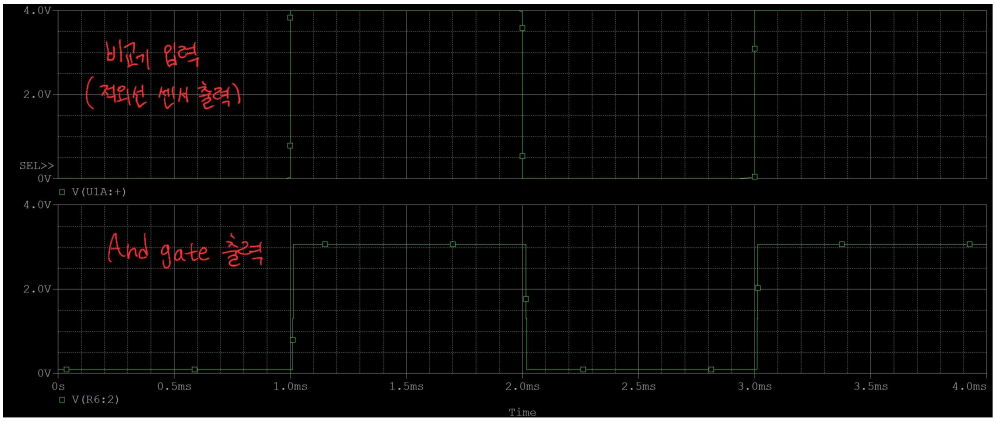
거리	출력 전압
10cm	1.34 ~ 1.38 V
9cm	1.42 ~ 1.46 V
8cm	1.58 ~ 1.76 V
7cm	1.76 ~ 1.82 V
6cm	1.98 ~ 2.04 V
5cm	2.3 ~ 2.34 V
4cm	2.62 ~ 2.88 V
3cm	3.04 ~ 3.28 V
3cm 이하	가까워질수록 감소

- 'Easy connect 콘센트'의 실물은 실제 콘센트보다 크게 제작될 예정이므로 코드 단자가 6cm 이하로 가까워졌을 때, 즉 출력 전압이 2V 이상일 코드 단자를 인식하고 이후 회로가 동작하도록 한다.

- VCC=5V이므로 비교기의 기준 전압을 2V로 설정하기 위해 R1=3kΩ, R2=2kΩ을 사용한다.

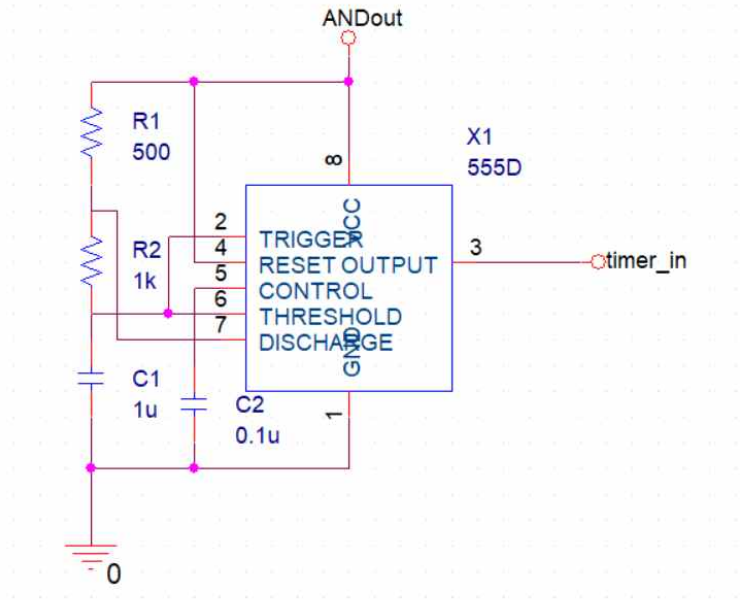
<시뮬레이션을 위한 회로와 그 결과>





- 두 비교기의 입력(두 적외선 센서의 출력)이 2V 이상일 때 And gate의 출력이 High가 된다.

(2) PWM(펄스폭 변조) 회로



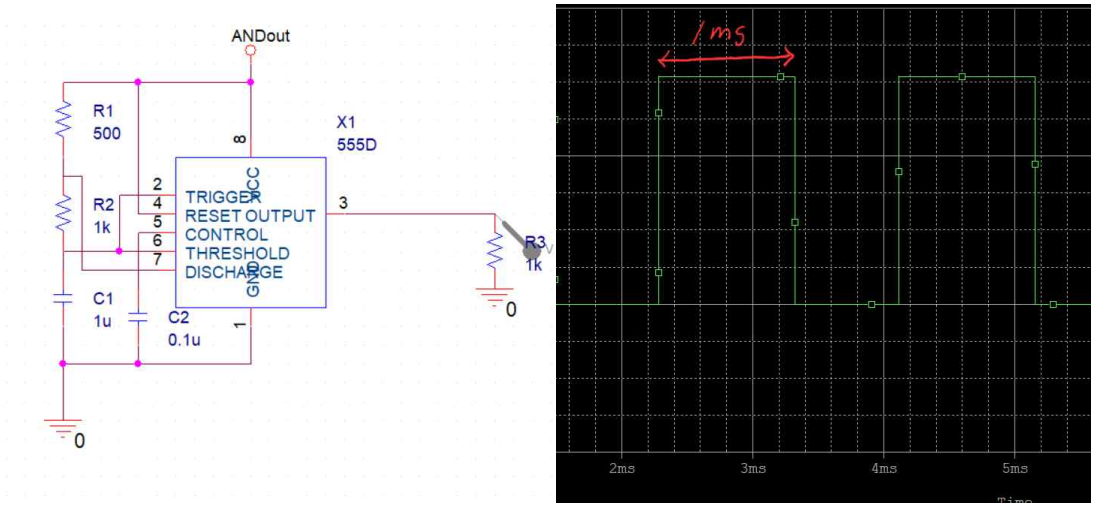
<High 펄스폭에 따른 회전각과 이를 위한 R1, R2 값>

모터 회전각	High 펄스폭	주파수	R1(Ω)	R2(Ω)
45°	1ms	576Hz	500	1k
90°	1.5ms	392Hz	666(1k//2k)	1.5k
135°	2.0ms	288Hz	1k	2k
180°(=0°)	2.5ms	250Hz	1.666(2k//10k)	2k

$$T_h = 0.693(R_1 + R_2)C_1$$
$$f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C_1}$$

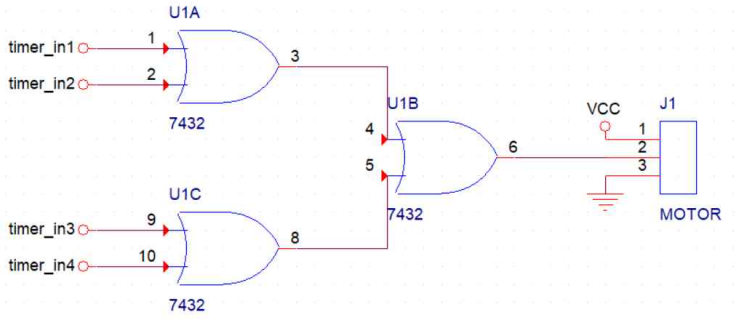
-서보모터는 입력된 신호의 High 펄스폭에 따라 회전각이 결정된다.
-PWM 회로는 C1과 R1 및 R2의 값에 따라 High 펄스폭을 조절할 수 있으므로
C1=1u 로 고정시키고, R1과 R2 값을 바꾸어 각 회전각에 맞는 펄스를 발생시킨다.

<시뮬레이션을 위한 회로와 그 결과>



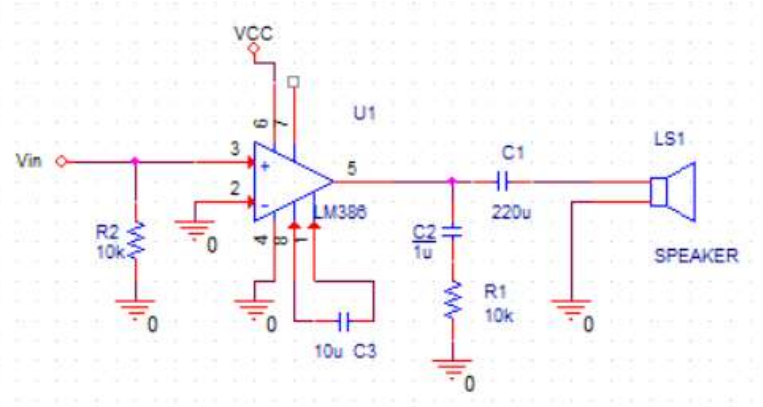
C1=1u, R1=500Ω, R2=1kΩ 일 때 High 펄스폭이 1ms인 펄스가 출력된다.

(3) 모터 동작 회로



-4개의 PWM 회로 출력을 하나의 모터 입력으로 보내기 위해 OR gate를 사용하였다.
-PWM 회로에서 전달받은 펄스가 OR gate를 거쳐 모터축을 알맞은 각도로 위치시켰다.

(4) 알림 회로



콘센트의 구멍 아래쪽에 센서가 부착되어, 코드 단자가 구멍 위에 알맞게 위치했을 때 알람이 울려 사용자에게 코드를 꽂아도 좋다는 신호를 준다.

---

4) 발생한 문제 및 해결과정(Problems and Solutions)

■ 발생한 문제 · · · ① 스피커 출력이 작은 문제

- 스피커의 Output이 너무 작아서 사람이 인식하기 어려운 문제가 발생한다.

□ 원인 분석 및 해결 과정

- 스피커 신호 증폭용 OP-AMP인 LM386 소자를 이용하여 출력값을 증폭시켰다.
- 이때 LM386 소자의 1번과 8번 핀의 커패시터를 연결하지 않은 기본 gain 값(20)이 너무 작았다.
- 함수발생기로 Vpp를 높이면서 사람이 듣기 적당한 소리를 내는 전압이 약 20V인 것을 알 수 있었다. 이후 1번과 8번 핀 사이에 4.7~10μF을 연결하여 gain을 약 5~10배 높이니 적절한 소리음이 발생했다.

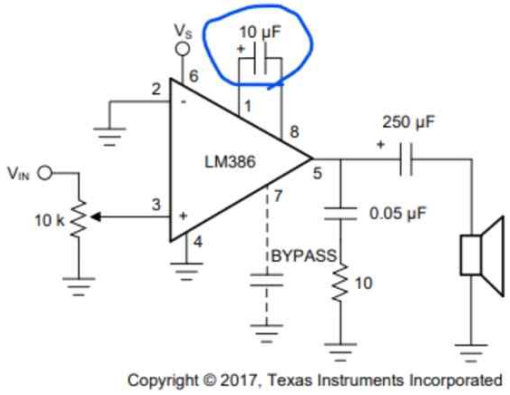


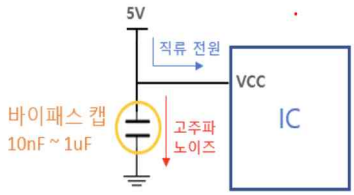
Figure 12. LM386 with Gain = 200

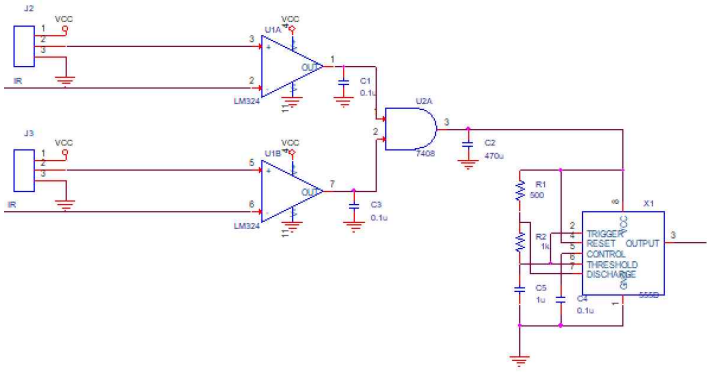
■ 발생한 문제 · · · ② PWM 회로의 출력 주파수 대로 서보모터가 제대로 작동하지 않는 문제 발생

- 각 PWM 회로에서 발생한 펄스가 서보모터에 들어갔을 때 원하는 각도로 회전하지 않거나 심하게 흔들리는 문제가 발생하였다.

□ 원인 분석 및 해결 과정

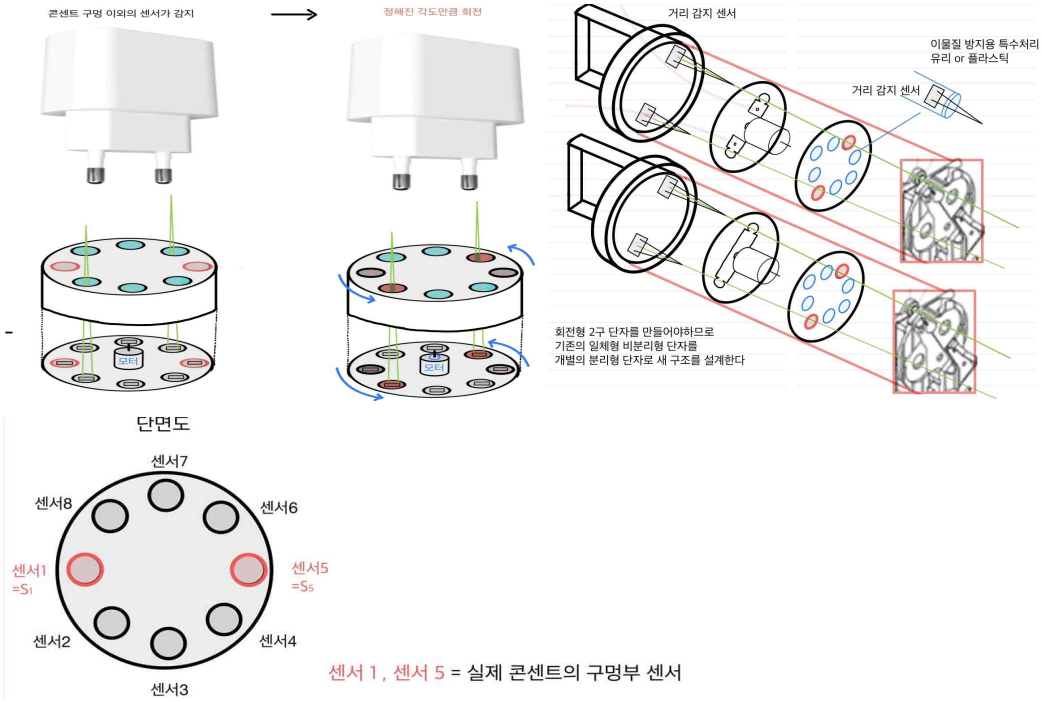
- 서보모터가 망가졌을 가능성을 고려하여 함수발생기로 High 펄스폭이 1ms ~ 2.5ms인 펄스를 서보모터에 인가해보았을 때, 모터가 정확한 각도에 위치하여 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었다.
- PWM 회로의 출력파형을 확인해보니 신호가 상당히 흔들리는 모습이 관찰되었다. 이를 해결하기 위해 비교기와 AND gate의 출력에 각각 0.1u, 470u의 bypass 커패시터를 연결하여 노이즈를 제거하였다.





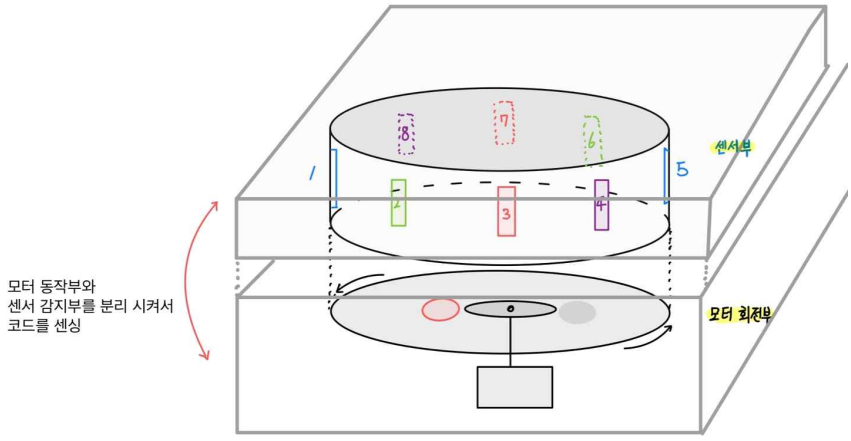
■ 발생한 문제 · · · ③ 초기 구상도에서 센싱 오류가 발생할 가능성 발견

- 기존의 작품 설계도에서는 모터의 회전판에 센서를 부착하였기 때문에 모터를 동작시킬 때마다 각 센서 쌍에 해당하는 각도가 달라지는 문제가 발생하였다.



<기존의 작품 설계도>

□ 원인 분석 및 해결 과정



<바뀐 작품 설계도>

- 모터의 회전판과 센서를 분리시키기 위해 센서를 콘센트의 벽면에 부착하는 방식으로 외관을 설계하였다.

■ 발생한 문제 · · · ④ PWM 회로의 커패시터를 1uF으로 설정하였을때 high 펄스폭이 0.5ms인 신호의 주파수가 너무 커지는 문제

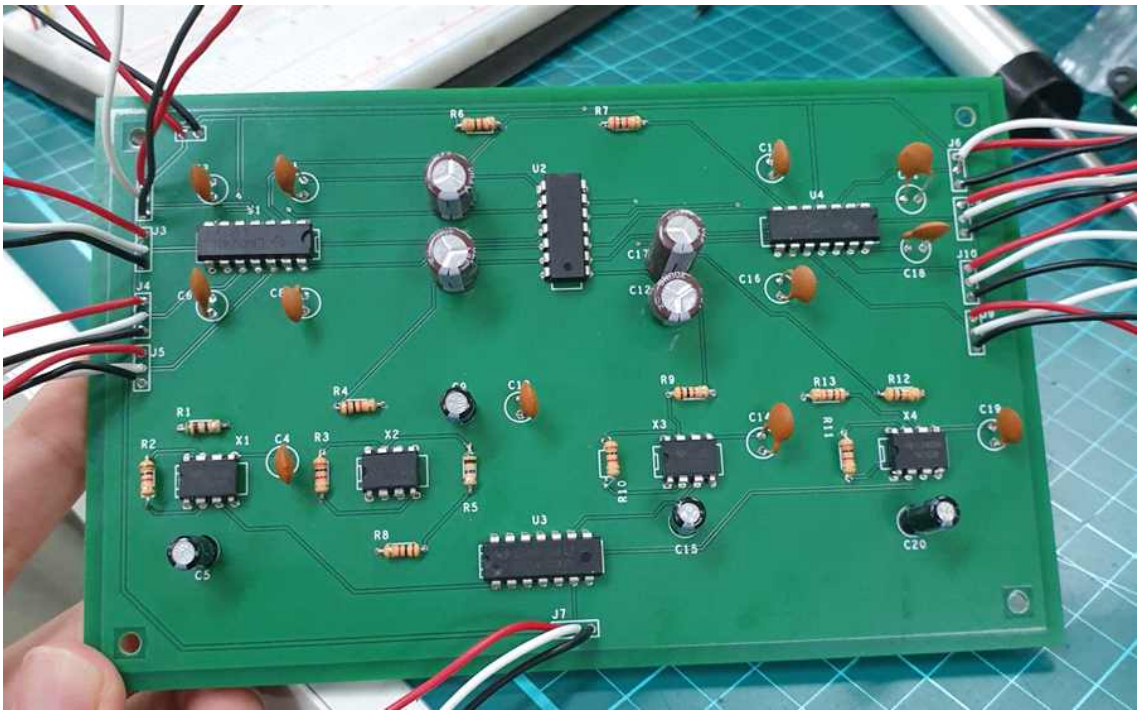
- 편의성을 위해 각 PWM 회로의 커패시터를 1uF로 통일시켰을 때 high 펄스폭이 0.5ms 인 신호(=모터가 0°에 위치한 상태)의 주파수가 너무 커져 모터가 제대로 돌아가지 않는 문제가 발생하였다.

□ 원인 분석 및 해결 과정

- 모터가 0°에 위치했을 때와 180°에 위치했을 때는 콘센트의 구멍이 같은 곳에 위치한 상태이므로 0° 대신 비교적 주파수가 낮은 180° 해당하는 high 펄스폭(2.5ms)을 출력하도록 설계하였다.

■ 발생한 문제 · · · ⑤ PCB 제작 기판 사용 시 전류가 예상보다 더 흐르는 문제

- PCB에 소자를 납땜하여 실험해보았을 때, 전원공급기의 전압을 5V만큼 올렸을 때 흐르는 전류가 너무 컸다. 그로 인해 각각의 적외선 센서들이 제대로 동작하지 않았다.



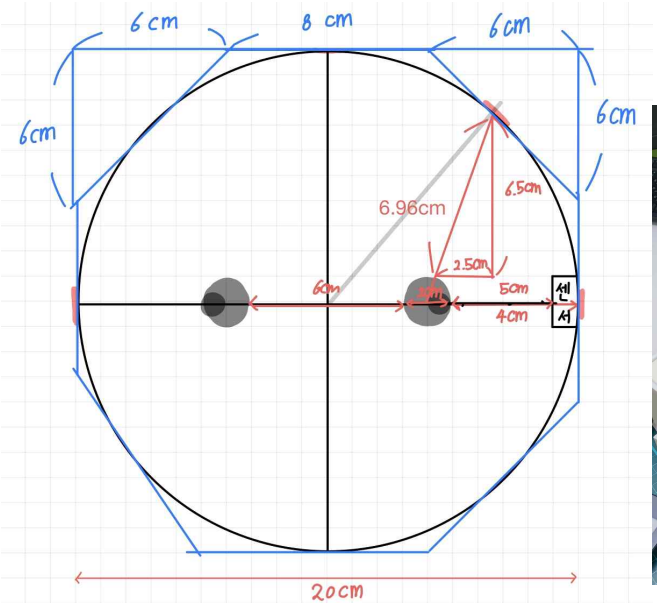
<제대로 동작하지 않은 PCB 기판>

□ 원인 분석 및 해결 과정

- PCB 제작 오류의 가능성이 있어 PCB 파일과 거버 파일을 확인해 보았지만 제작 상의 오류는 없는 것으로 판단했다.
- 오류 원인에 대한 가설로 VCC 공급 회로의 문제, 전체 회로 사용 시 벌크 커패시터의 용량 부족으로 인한 과전류, 배선 또는 납땜 과정에서의 합선 등으로 인해 발생한 것으로 분석하였다.
- 최종발표 전까지 문제 원인을 알아내고 PCB를 새로 제작하여 작품을 완성할 예정이다.

---

5) 외관 설계도(Appearance design)

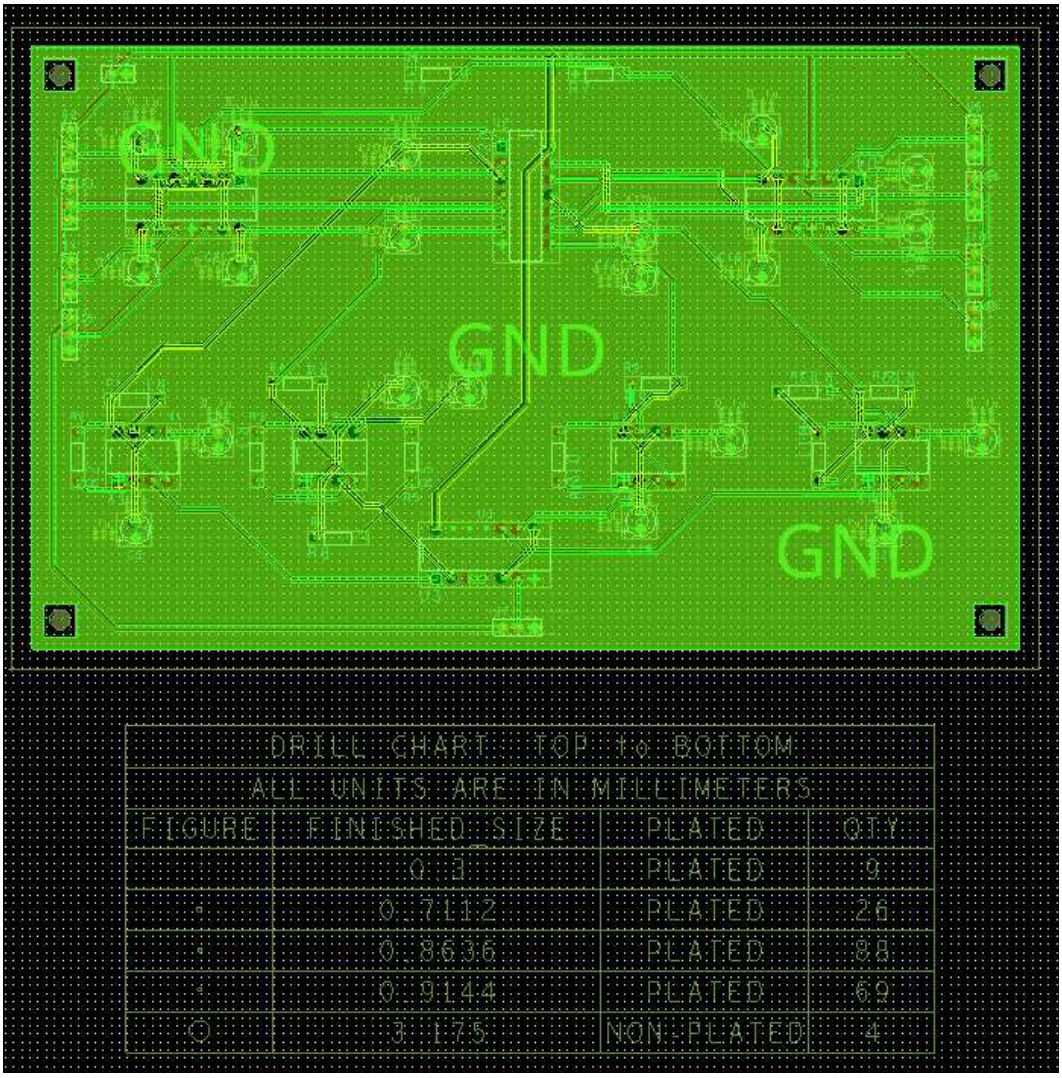


- 콘센트를 원형으로 만들면 벽면에 적외선 센서를 부착하기 힘들어 정팔각형의 형태로 구현하였다.

- 코드를 가까이했을 때 해당 위치에 대응하는 센서는 코드와의 거리가 약 4~5cm가 되도록 설계하여, 비교기의 기준전압(2V)을 넘는 값을 출력한다.
  한편 해당 위치에 대응하지 않는 다른 센서들은 코드와의 거리가 6cm 이상이 되도록 설계하여, 비교기의 기준전압(2V)을 넘지 못하는 값을 출력한다.

---

6) PCB 도면

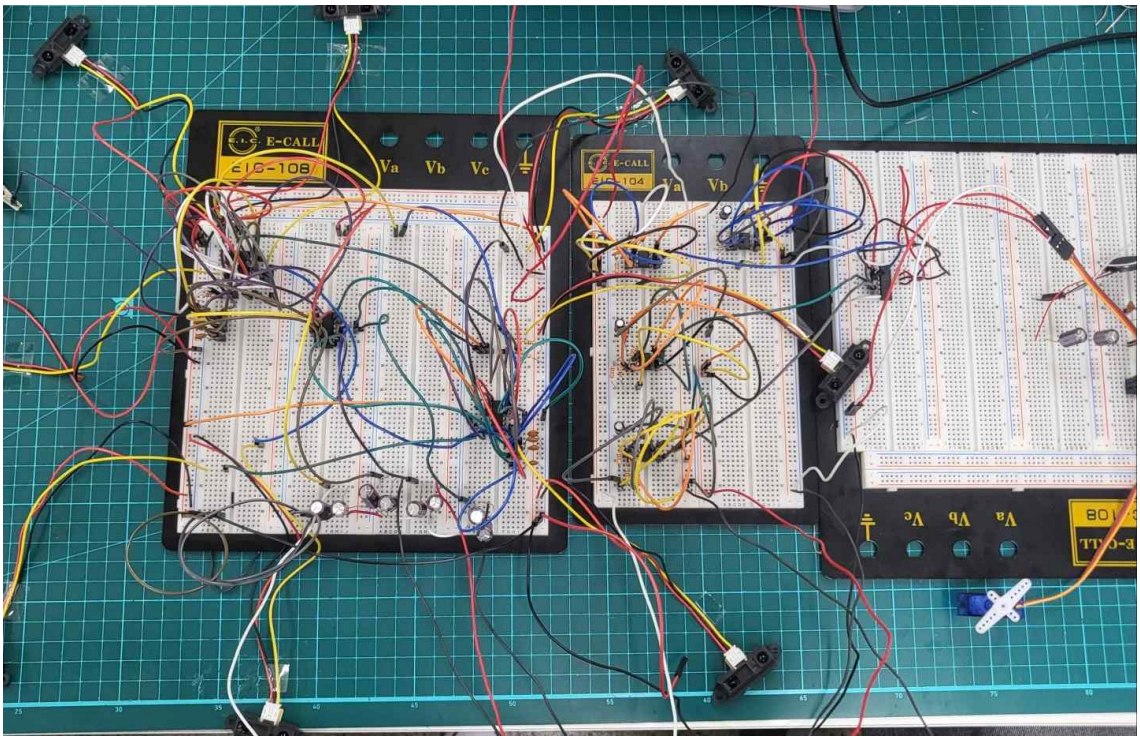


- 오류가 발생한 PCB 도면이다. 오류를 해결해 다시 제작할 예정이다.

---

3. 과제 결과(Outcome)

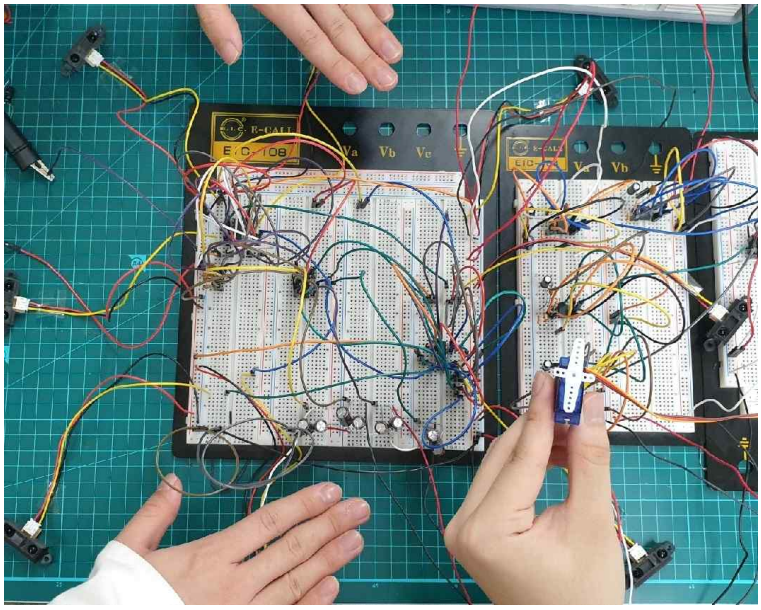
1) 작품 구현



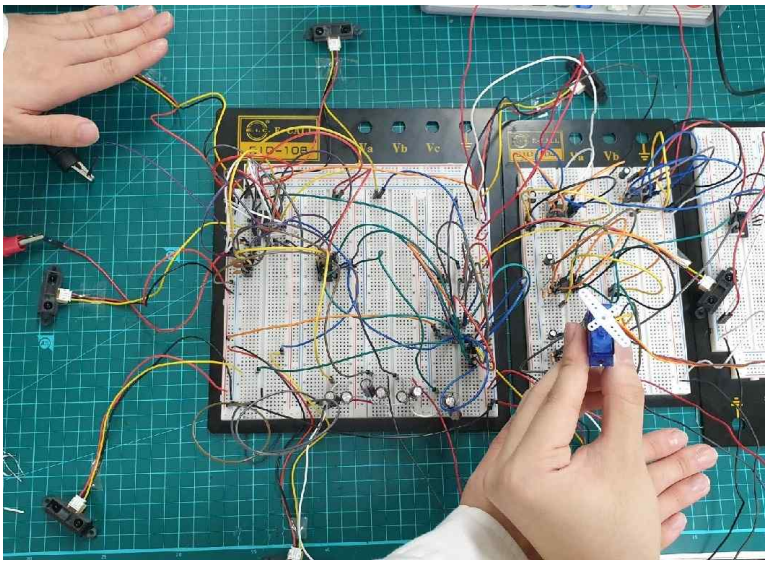
3. 과제 결과(Outcome)

2) 동작 예시

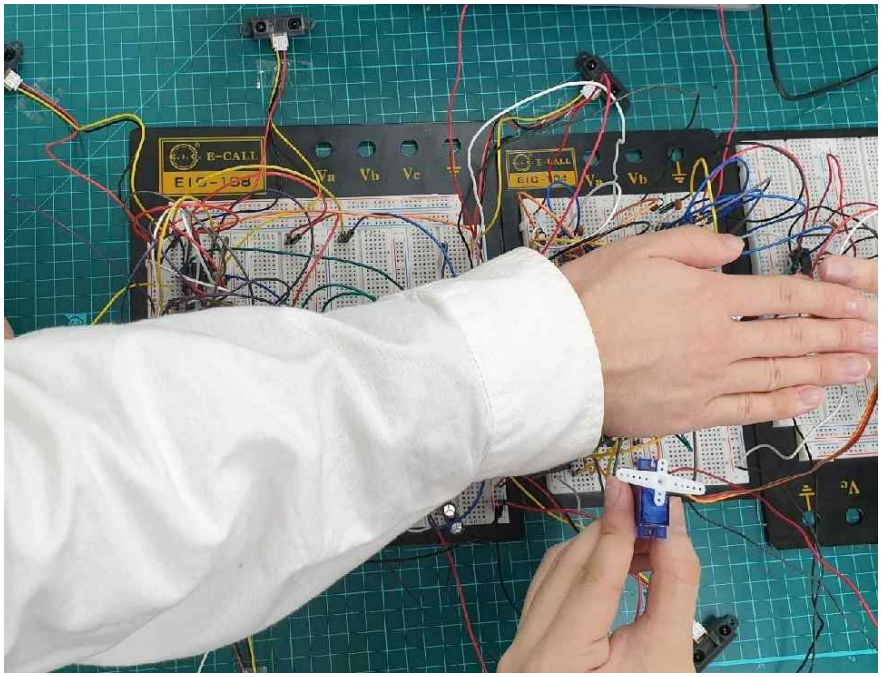
<1,5번 센서에 코드 감지: 모터가 0°의 회전각에 위치>



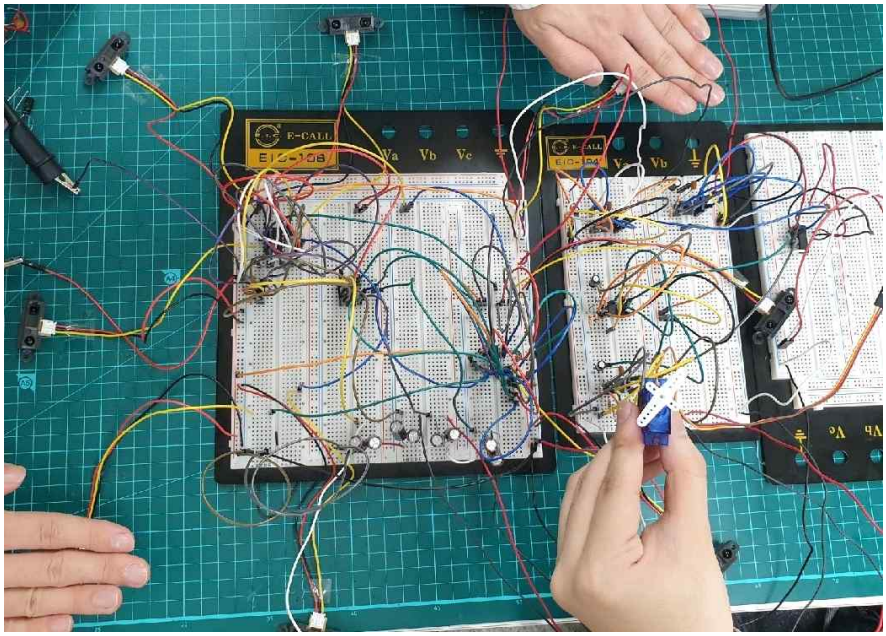
<2,6번 센서에 코드 감지: 모터가 45°의 회전각에 위치>



<3,7번 센서에 코드 감지: 모터가 90°의 회전각에 위치>



<4,8번 센서에 코드 감지: 모터가 135°의 회전각에 위치>



4. 기대효과(Expactation)

- 카페에서 콘센트를 둘 공간이 마땅치 않거나 미관상의 문제로 의자 아래의 벽면 쪽에 콘센트가 위치한 경우가 많아짐에 따라 발생했던 고객들의 불편함을 해소할 수 있게 된다. 더불어 기존에는 가정집이나 회사 등에서 콘센트 위치를 중요하게 고려하여 가구를 배치해야 했음에 반해 이에 대한 자율성을 높일 수 있다.