

무선 충전 스마트 지팡이 설계



과목명 : 종합설계프로젝트

지도 교수 : 양영구 교수님

팀 명 : 12조

팀 구성원 : 2015318674 시스템경영공학 박일상

2015310857 전자전기공학부 박재덕

2014311228 전자전기공학부 박거량

목 차

I . 과제 개요	4
II . 작품 개요	4
(1) 추진 배경	4
(2) 목표	5
III . 과제 진행	5
(1) 기존 제품과의 차이점	5
(2) 설계 의의	6
(3) 설계 과정	7
(4) 시스템 구성도	8
IV . 과제 세부내용	9
(1) 추진 일정	9
(2) 무선 전력 전송 시스템	10
(3) 아두이노 구성	17
(4) 아두이노 구현	18
(5) 어플리케이션 제작	21
(6) 3D 프린팅 및 작품 제작 완성	24
V . 기대효과	28
VI . 결론 (한계점 및 개선사항)	28
(1) 한계점	28
(2) 개선사항	28
VII . 참고문헌	29

보고서 요약

과 제 명	무선 충전 스마트 지팡이 설계
팀 구성원 및 역할	<p>박일상 / 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 보드 센서 동작 설계</p> <p>박거량 / 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 스마트폰 통신 설계</p> <p>박재덕 / 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 보드 센서 동작 설계</p>
개발동기 목적 및 필요성	<p>통계청 KOSIS에 따르면 외출 시 필요한 사항 1순위를 조사하였을 때, 시각장애인들의 경우 가장 높은 33.3%의 비율로 외출을 도와줄 사람을 꼽았다. 이처럼 시각장애인들은 외출을 할 때 도움을 많이 필요로 하게 되고, 보호자의 부재에도 그들을 도와줄 수 있는 물건이 필요하다.</p>
과제 해결 방안 및 과정	<p>스마트 지팡이는 시각장애인이 가장 필요로 하는 장애물 감지 기능을 가지고 있다. 스마트 지팡이에 초음파 센서를 내장하고 있어 이를 감지한 후 전방에 장애물이 있는 것을 알게 해준다. 또한 손잡이에 부착된 서보모터를 통해 효과적으로 정보를 전달한다. 시각장애인들의 편의에 맞추기 위해 무선 전력 전송 시스템을 활용하여 충전포트를 결합해 스마트 지팡이를 충전하는 방식 대신 근거리 무선 충전을 지원한다. 스마트폰과 연동을 통한 GPS전송 시스템을 가지고 있는 스마트 지팡이를 고안하였다. 결과적으로, 스마트 지팡이에 무선전력전송 시스템을 이용하게 된다면 시각장애인들은 힘들게 충전기 포트를 연결하는 대신, 근거리 무선 충전기능을 통해 편안하게 충전이 가능할 것이다.</p>
주요 결과물	 <p>[초음파 센서] [핸들 서보 모터] [블루투스 모듈] [완성본]</p>

1. 과제 개요

과제명 : 무선 충전 스마트 지팡이 설계

팀 명 : 12조

박일상 / 역할 : 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 보드 센서 동작 설계

박재덕 / 역할 : 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 보드 센서 동작 설계

박거량 / 역할 : 무선충전 송수신부 설계 및 아두이노 스마트폰 통신 설계

지도교수 : 양영구 교수님

2. 작품 개요

(1) 추진 배경

통계청 KOSIS에 따르면,

특성별(1)	특성별(2)	2019 한달 평균 외출 빈도					
		총합수 (명)	거의 외출하지 않음 (%)	불 외출 거의 (10)	주 1~2회 (10)	주 3~4회 (10)	거의 매일 (%)
연령	연령	251,277	12.1	9.4	22.7	16.8	38.8
성별	성별	343,545	11.5	8.2	19.9	15.8	44.5
	남성	198,237	12.8	12.1	20.4	16.5	38.3
	여성	145,308	9.2	5.1	19.2	15.1	46.9
장애유무	장애유무	42,177	23.7	12.7	20.4	12.1	29.8
	장애유무	57,857	8.5	7.9	25.1	15.1	44.3
	장애유무	73,314	4.5	8.2	21.9	15.8	49.5
	장애유무	22,252	12.8	12.4	19.0	14.3	41.3
	장애유무	8,884	18.2	17.0	20.8	14.3	18.6
	장애유무	31,447	8.2	8.1	25.6	24.2	34.8

시각장애인들을 대상으로 한달 평균 외출 빈도에 대한 설문조사를 하였을 때, 거의 외출하지 않음(9.3%)를 제외하면 약 90%에 해당하는 인원은 모두 외출을 하고 그 중, 거의 매일 외출하는 비율은 44.7%이나 비중을 차지한다.

비율(%)에 달하는 인원(1명씩)											
총합수 (명)	비율(%)에 달하는 인원 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	장애유무 장애유무 (명)	비율(%)에 달하는 인원 (명)	비율(%)	비율(%)
251,277	41.3	10,386	9.9	1.8	3.8	15.2	2.7	25.2	1.8	3.8	3.8
343,545	44.5	12.3	6.9	0.7	4.0	15.1	3.5	21.2	1.8	4.2	4.2
198,237	38.3	10.7	5.9	2.8	2.2	9.2	1.9	20.4	1.8	3.3	3.3
145,308	46.9	14.4	2.0	1.8	2.2	4.5	0.7	20.9	2.0	3.7	3.7
42,177	29.8	12.2	5.5	1.2	3.5	1.2	2.4	15.8	2.0	3.3	3.3
57,857	44.3	8.8	5.3	0.7	0.7	0.7	0.7	20.4	5.6	5.6	5.6
73,314	49.5	8.7	0.8	0.4	4.7	15.2	7.8	20.2	1.8	3.2	3.2
22,252	41.3	9.4	0.8	—	6.7	22.8	2.7	20.6	—	0.6	0.6
8,884	18.6	4.5	0.8	0.7	—	19.9	1.8	20.4	—	0.4	0.4
31,447	34.8	12.3	8.2	1.2	2.1	14.6	0.7	20.1	0.7	3.1	3.1
31,447	44.3	12.3	8.2	0.7	0.7	0.7	1.8	21.2	1.8	3.1	3.1

또한 외출하는데 필요한 사항 1순위를 조사하였을 때, 가장 높은 비율을 차지한 것은 외출을 도와줄 사람(33.3%)을 꼽았다. 이처럼 시각장애인들은 외출을 할 때 도움을 많이 필요로 하게 되고, 보호자의 부재에도 그들을 도와줄 수 있는 물건이 필요하다. 따라서 시각장애인들의 안전을 위한 스마트 지팡이의 설계를 추진하게 되었다.

(2) 목표

시각장애인 및 도움을 필요로 하는 고령자들은 공통적으로 외출 시 지팡이를 휴대하는 경우가 많다. 따라서 그들이 가장 많이 휴대하는 지팡이에 기능을 추가하여 보호자의 부재에도 외출을 가능하게 하고 사용자의 안전을 보장할 수 있는 스마트 지팡이를 설계하기로 하였다. 기존 시중의 지팡이들과는 달리, 우리 팀이 제작할 스마트 지팡이는 시각장애인이 가장 필요로 하는 장애물 감지 기능을 탑재할 것이다. 즉, 스마트 지팡이에 초음파 센서를 부착하여 센서가 장애물을 감지한 후, 손잡이에 부착된 서보 모터를 통해 사용자에게 전방에 장애물의 유무를 알려줄 것이다.

또한 틸트 센서를 추가하여 사용자가 넘어지거나 지팡이를 떨어트리는 일이 발생하였을 때 부저음을 울리게 설정하여 주변인에게 사용자가 위험에 처했음을 알릴뿐 만 아니라 시각장애인에게 지팡이의 위치를 부저음을 통해 알릴 수 있을 것이다.

시각장애인 및 전자 기기에 친숙하지 않는 고령자는 지팡이에 충전 pin을 꼽는 것이 쉽지 않을 것이다. 그들을 위해 무선 충전 회로 및 코일을 지팡이에 삽입함으로써 따로 핀을 충전부에 연결할 필요 없이 무선으로 스마트 지팡이를 충전 가능하게 할 것이다.

마지막으로 사용자의 스마트폰과 연동을 가능하게 해주는 블루투스 모듈을 추가하여, 보호자에게 사용자의 위치정보를 제공 및 스마트 지팡이의 기능을 무선으로 제어할 수 있게 설계할 것이다.

3. 과제 진행

(1) 기존 제품과의 차이점

기존 제품과의 차별화된 점이라고 하면 시각장애인의 실제 지팡이 사용에 초점을 맞추어 스마트 지팡이를 설계했다는 것이다. 기존 스마트 지팡이의 경우, 장애물을 인식하고, 지팡이가 넘어졌을 때를 비롯하여 다양한 경우에 부저를 통한 알림을 제공하고, 어플리케이션과 연동하여 미리 설정된 지팡이 사용자의 지인에게 지팡이 사용자의 위치가 전송되는 등의 기능을 보유하고 있다. 지팡이에 따라서는 LED 기능을 제공하는 지팡이도 존재한다. 물론 이러한 기능들이 시각장애인을 비롯한 지팡이 사용자에게 큰 도움을 주지만 시각장애인의 관점에서 이러한 기능을 갖추고 있더라도 실질적인 사용이 가능하기 위해서는 더 많은 기능이 필요하다고

생각하였다.

특히 무선충전 기능은 시각장애인이 스마트 지팡이를 사용하는데 가장 핵심적인 기능이다. 무선충전 스마트 지팡이는 무선전력송신시스템을 사용하여 직접 USB나 충전 케이블을 연결하지 않더라도 수신부와 송신부에 연결된 코일을 서로 가져다 대면 무선충전이 가능하다. 스마트 지팡이의 사용 빈도가 늘어날수록 스마트 지팡이를 충전하는 빈도도 늘어날 텐데, 그때마다 직접 케이블을 연결해야 한다면 큰 불편함이 뒤따를 것이다.

또한 장애물 인식의 경우에 주로 스마트 지팡이 사용자의 전방을 위주로 장애물을 인식하도록 설계되는 경우가 많은데 무선충전 스마트 지팡이는 조이스틱을 통해 장애물을 인식하는 초음파 센서가 좌우로 움직일 수 있게 설계되었다. 이를 통해 전방뿐만이 아닌 좌우 방향에 대해서도 장애물을 인식할 수 있다. 이는 시각장애인이 스마트 지팡이를 사용하는 과정에서 위험 요소를 크게 줄이는 효과를 볼 수 있다.

그리고 장애물을 인식한 후 이를 지팡이 사용자에게 알릴 때, 보통 부저를 통한 청각 피드백을 주는 경우가 많다. 하지만 무선충전 스마트 지팡이는 손잡이에 설치된 서보모터를 통해 촉각 피드백을 지팡이 사용자에게 주기 때문에 시끄러운 공간이나 소리를 듣지 못할 때도 지팡이 사용자가 장애물을 인식할 수 있다.

위와 같이 기존 스마트 지팡이보다 시각장애인 친화적인 기능들을 추가하여, 시각장애인의 실질적인 스마트 지팡이 사용에 도움을 주는 것을 목표로 스마트 지팡이를 제작하였다.

구분	LED 지팡이	기존 스마트 지팡이	설계한 스마트 지팡이
어플리케이션 연동	X	O	O
LED 기능	O	O	X
장애물 인식	X	O	O
다방향 장애물 인식	X	X	O
촉각 피드백	X	X	O
무선충전	X	X	O
위치 전송	X	O	O
부저 기능	X	O	O
지팡이 넘어짐 알림	X	O	O

(2) 설계 의의

시각장애인들은 외출을 할 때 도움을 많이 필요로 하게 되고, 보호자의 부재에도 그들을 도와줄 수 있는 물건이 필요하다. 기존의 지팡이는 시각장애인들에게 도움을 줄 수 있는 제품이

지만, 아쉬운 점이 많다. 따라서 시각장애인들의 안전을 위한 초음파 센서를 통해 장애물 감지 기능 및 스마트폰과 연동을 통한 GPS전송 시스템을 가지고 있는 스마트 지팡이를 고안하였다. 또한 스마트 지팡이에 무선 전력 전송 시스템을 이용하게 된다면 시각장애인들은 힘들게 충전기 포트를 연결하는 대신, 근거리 무선 충전기능을 통해 편안하게 충전이 가능할 것이다.

(3) 설계 과정

초음파 센서는 일정 주기마다 초음파를 내보내 장애물과 지팡이 사용자 간의 거리를 측정하게 되고, 시스템이 판단하기에 장애물의 위치가 가깝다고 판단되면, 서보모터의 회전을 통해 지팡이 사용자에게 손잡이 부분의 촉각 피드백을 준다.

초음파 센서, 서보모터는 시각장애인의 편의를 위해 무선 전력 전송 시스템을 이용하여 무선으로 충전된다. 이 때, 무선 전력 전송 시스템의 최대 출력전력을 정하기 위해 아두이노에 쓰일 배터리를 정하였다.



아두이노에 쓰일 배터리로, 리튬 이온 배터리 18650 3.7V의 배터리 2개를 정하였고, 이 배터리의 충전기로는 5V 1A의 입력이 필요하기에 그에 맞춰 ADS툴을 이용해 설계하였다.

위의 기능들만으로는 시각장애인들에게 만족감을 주기에는 부족하다고 생각하여 추가 기능들을 설계하였다. 아두이노의 추가 기능으로 틸트 기울기 센서를 통해 지팡이가 쓰러졌을 때 손쉽게 위치를 찾을 수 있도록 부저에서 알림음이 들릴 수 있게 하였다. 또한, 초음파센서에 서보모터를 달아 조이스틱의 좌우 이동을 통해 서보모터의 회전이 일어나 좌우 방향의 장애물 감지 또한 가능하게 하였다.

최종적으로, 어플리케이션의 제작을 통해 아두이노 자체만으로는 구현하기 힘든 기능의 설계를 목표로 삼았다. 앱인벤터를 활용하여 최대한 시각장애인들이 활용하기 편하도록 설계하는 것을 중점으로 두어 어플리케이션을 제작하였다.

블루투스 모듈을 아두이노에 연결하여 어플리케이션에서 아두이노로 블루투스의 연결을 할

4. 과제 세부내용

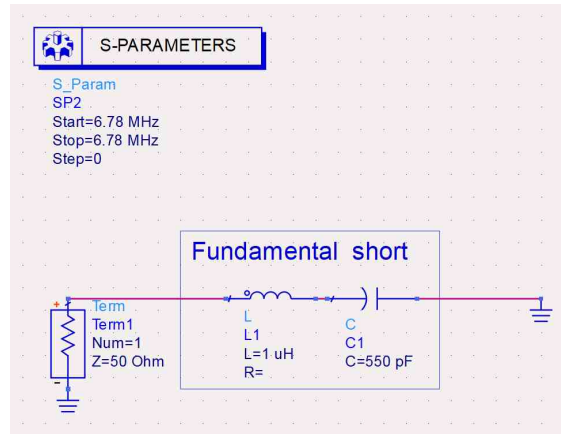
(1) 추진 일정

추진 내용	추진 일정											
	9월	10월				11월				12월		
	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주
아이디어 회의 및 자료조사												
무선전력전송 시스템 설계												
추가 기능 회의												
지팡이 디자인 설계 및 제작												
초음파 센서 구현												
부저 구현												
서보모터 및 추가 기능 구현												
무선전력전송 시스템 구현												
최종 시뮬레이션 및 보완												
최종 점검												
최종 보고서 작성 및 발표												

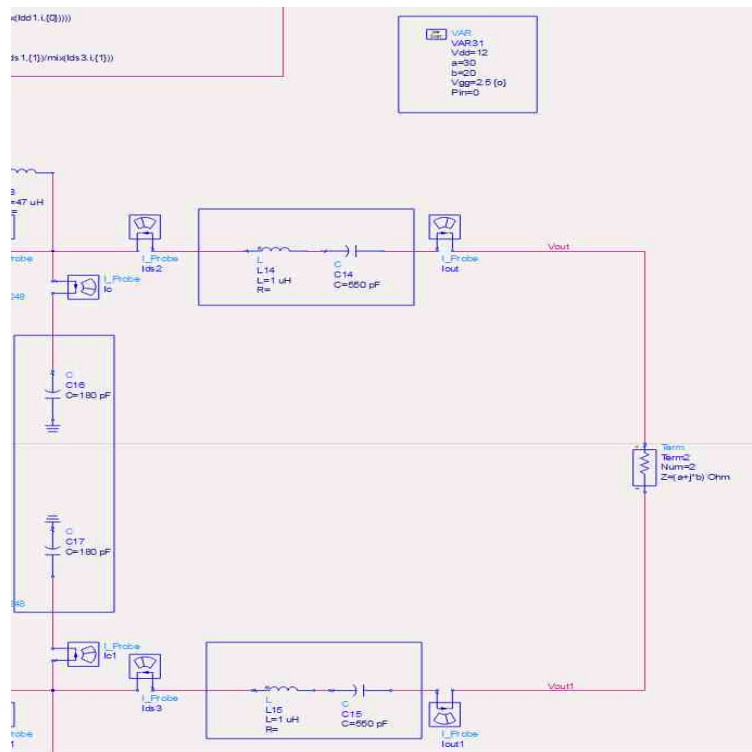
위의 표와 같은 추진 일정을 바탕으로 과제를 진행하였다. 초기에는 LED 라이트를 활용하려 했으나, LED 라이트의 경우 시각장애인에게 도움이 되는 LED 라이트를 사용하려면 크기가 크고, 성능이 뛰어난 LED 라이트를 사용해야 하는데 이에 따른 무게와 전력 부족이 염려되어 이를 대체하여 부저, 서보모터와 추가 기능으로 틸트 기울기 센서를 활용하도록 계획하였다. 또한, 추가 기능으로 조이스틱을 통한 서보모터의 회전을 활용해 초음파 센서를 좌우로 확인할 수 있게 계획하였다. 이에 그치지 않고, 시각장애인에게 도움이 될 수 있는 어플리케이션 제작을 목표로 하여 앱인벤터를 활용해 부저 기능, GPS 메시지 기능이 있는 어플리케이션을 제작하였다.

(2) 무선 전력 전송 시스템

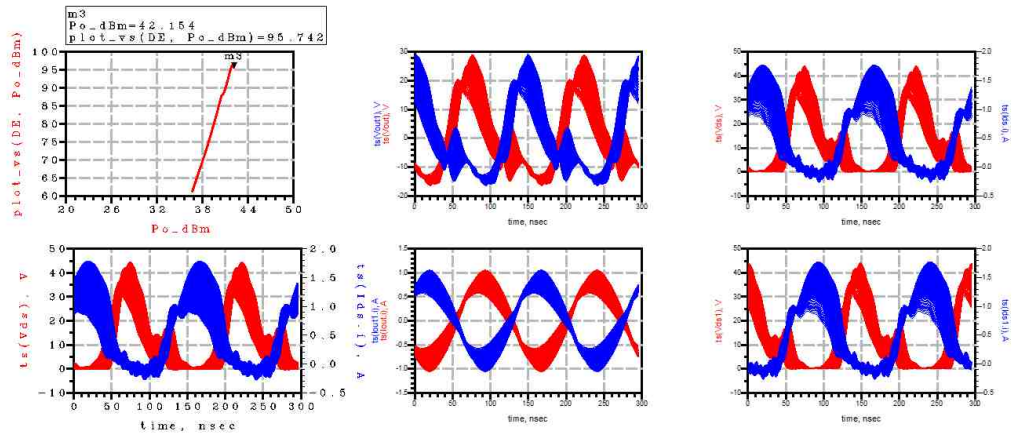
ADS 설계 툴을 활용하여 약 5V 1A의 전력 공급이 가능하도록 설계하기 위해, 여러 과정을 진행하였다.



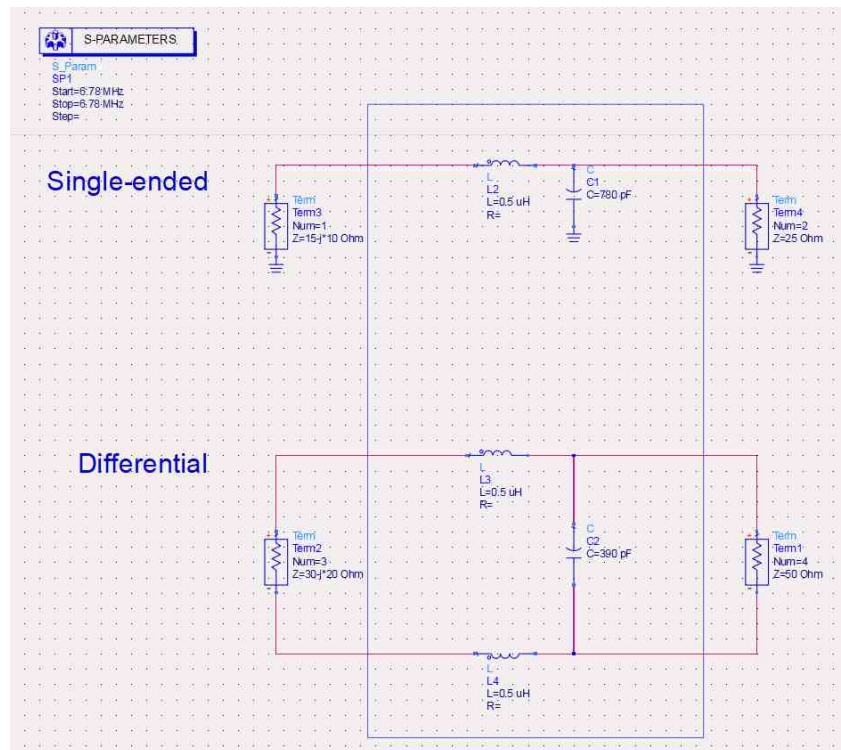
LC 직렬 공진 회로에서 $L = 1 \text{ uH}$, $C = 550 \text{ pF}$ 를 사용하여 Fundamental short를 만들었다. 이는 Class E power amplifier design에서 쓰이게 되었다.



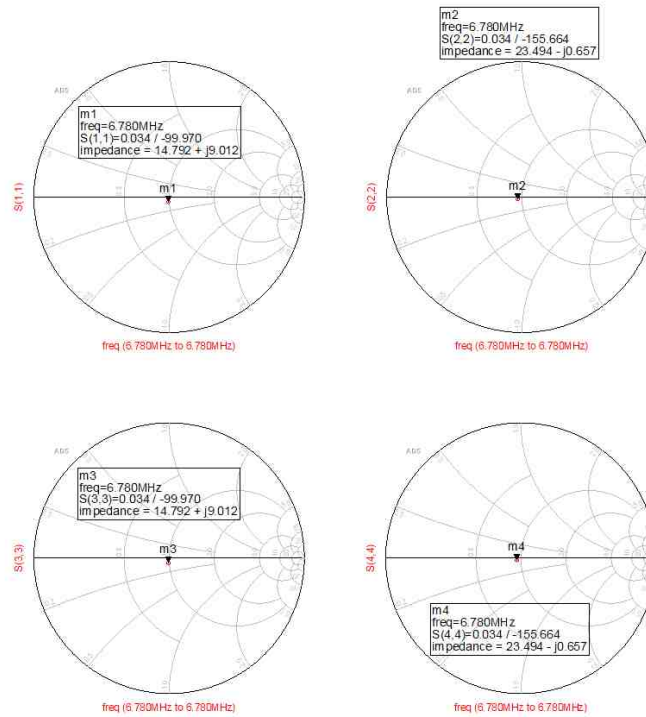
Load의 임피던스 $Z = a + jb \text{ [ohm]}$ 에서 $V_{dd} = 12 \text{ V}$, $a = 30$, $b = 20$ 으로 두어 Class E power amplifier design을 하였고, 그에 따른 실험 시뮬레이션으로 아래와 같은 결과가 나오게 되었다.



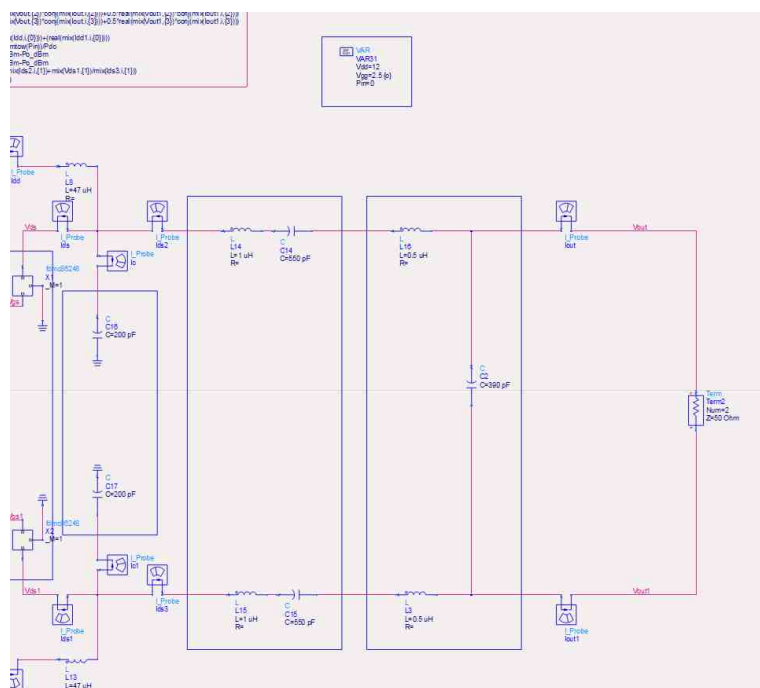
약 42dbm의 전력에, 95.7%에 가까운 효율로 PA가 설계되었으며 이에 따른 PA 임피던스 매칭을 진행하였다.



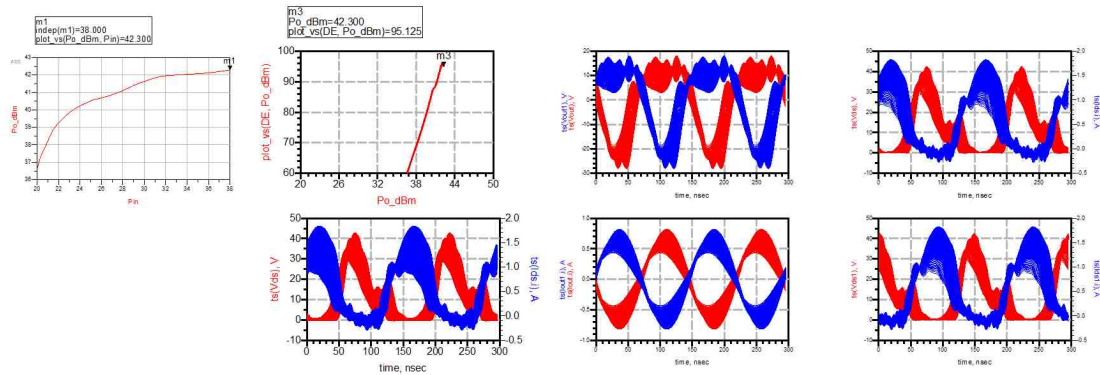
$a = 30$, $b = 20$ 의 값을 대입하여, 임피던스 매칭을 Single-ended 방식을 통해 1차 확인한 후, 이에 따라 Differential 구조로 변환해 직렬 및 병렬로 소자들을 구성하였고, 이에 따라 $L = 0.5$ uH, $C = 390$ pF의 소자값을 결정하였다. 임피던스 매칭을 진행하는 중의 스미스 차트는 다음과 같다.



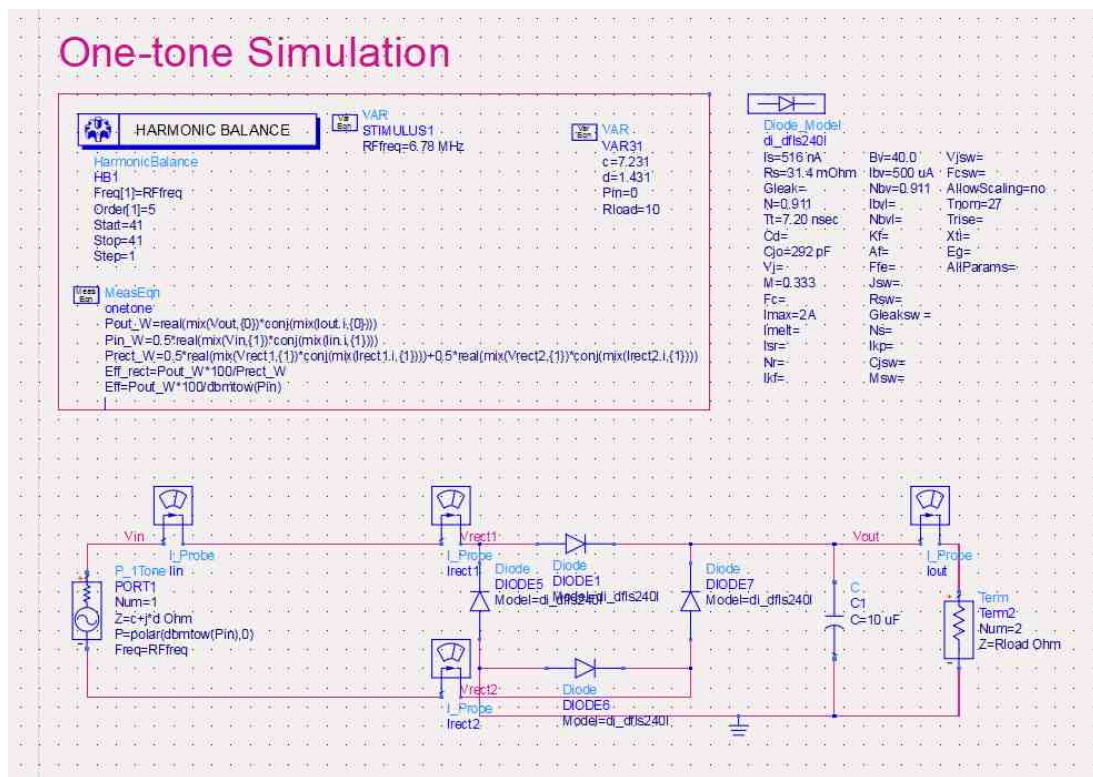
임피던스 매칭이 성공적으로 끝났음을 확인 후, load-pull simulation 회로 뒤에 임피던스 매칭 회로를 추가하여 성능을 확인하였다.



이에 따른 시뮬레이션 결과는 아래와 같다.



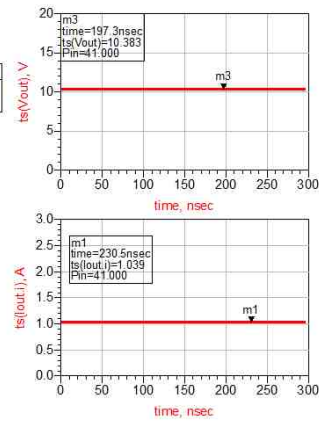
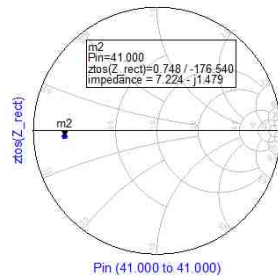
Load-pull simulation과 유사한 성능을 내는 것을 확인하고, Rectifier design을 진행하였다.



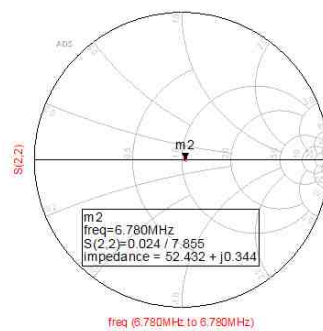
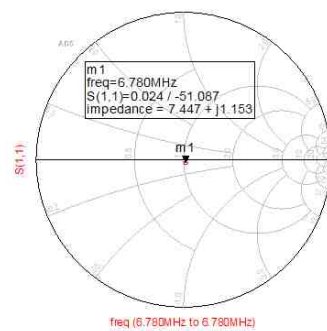
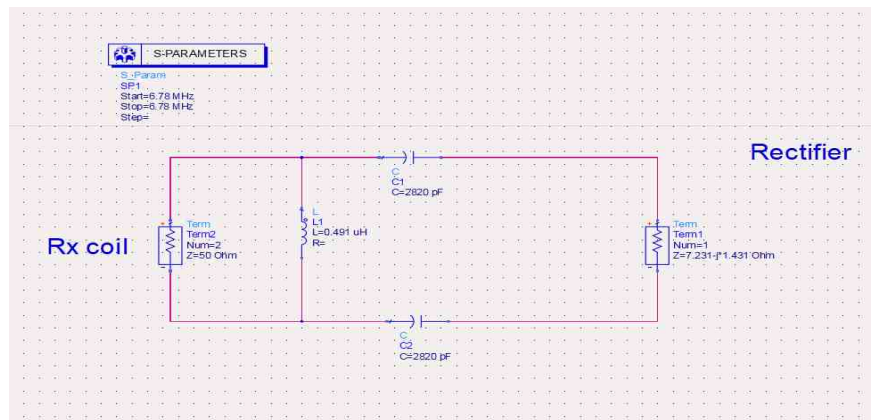
조건을 변경해가며, 최종적으로 41dBm의 전력과 10옴의 Rload에서의 시뮬레이션을 하였고, 이에 따른 Rectifier 입력 임피던스와 부하에서의 전압, 전류 파형의 DC 변환을 확인하고 효율 최적점을 찾았다. 시뮬레이션 결과는 아래와 같다.

Eqn Z_in=Vin[1]/Iin.i[1]
 Eqn Z_rect=Vrect1[1]/Irect1.i[1]+Vrect2[1]/Irect2.i[1]

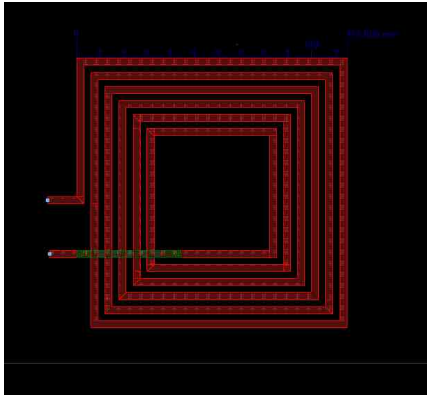
dbmtow(Pin)	Pout_W	Eff
12.589	10.784	85.658



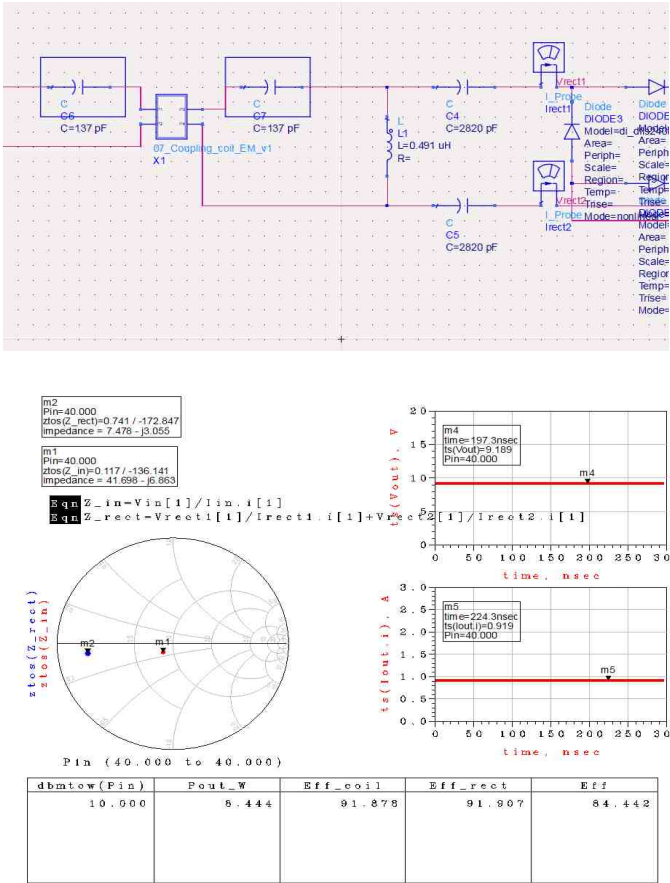
또한, Rectifier 입력 임피던스와 50ohm의 임피던스 매칭을 통해 $L = 0.491 \text{ uH}$, $C = 2820 \text{ pF}$ 의 소자값을 결정하였다.



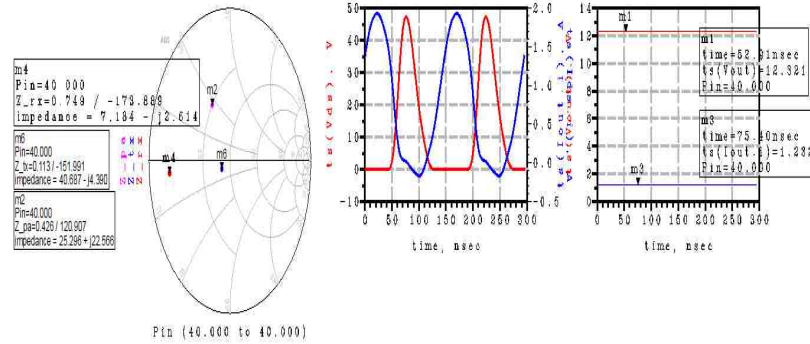
Coil EM simulation을 하여, 무선 전력 전송의 구현을 위해 송신부와 수신부의 전력 전송이 가능한 아래와 같은 형태의 코일을 설계하고, 이를 schematic에 포함시켜 Overall simulation에 활용하였다.



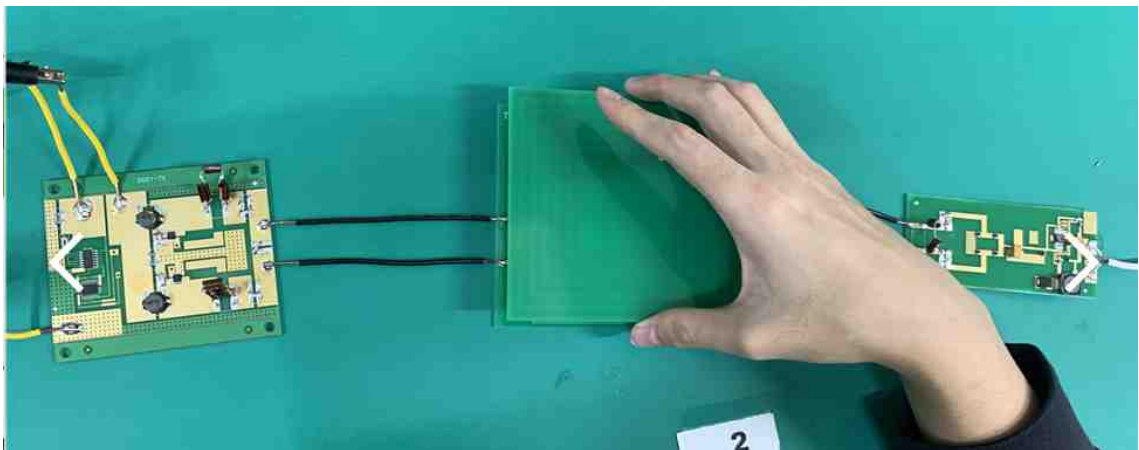
Transmitter의 예상 출력 전력 40dBm(10W)에서 설계한 coupling coil과 rectifier를 결합하여 시뮬레이션을 진행하였다.



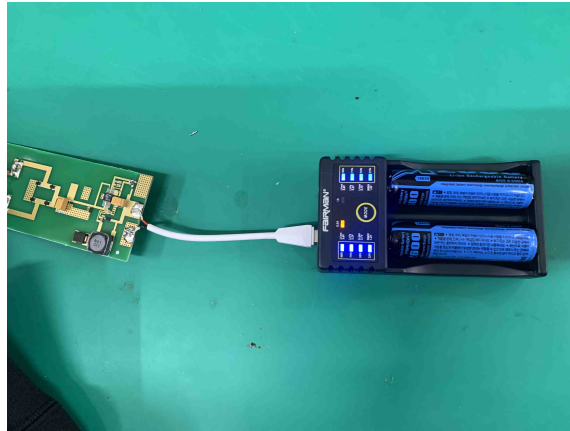
마지막으로, Transmitter / coupling coils / receiver 통합 시뮬레이션을 진행하였다.



그 결과, 전체 효율이 약 84%로 설계가 완료되었음을 확인하였다.



이러한 설계를 바탕으로, 직접 PCB 기판에 위의 사진과 같이 송신부 기판, 코일, 수신부 기판에 설계한 소자값에 맞춰 소자들을 넣고, 실제 회로와 설계의 오차에 맞춰 소자값들을 바꿔보며 튜닝을 통해 최종적으로 무선 전력 전송 시스템을 구현하였다.



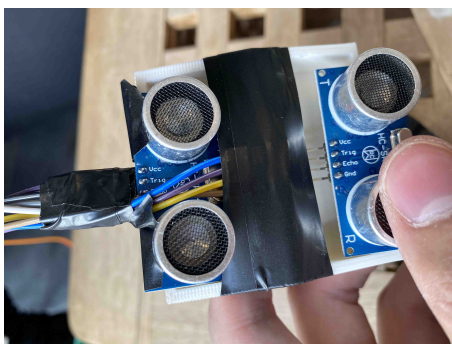
이에 따라 배터리를 충전해본 결과, 무선 전력 전송 시스템이 잘 구현되어 충전이 원활하게 진행되고 있음을 확인하였다. 실제 송신부 수신부를 설계를 완료하여 측정을 완료하였고 결과는 다음과 같다.

구분	Vdd [V]	Idd [A]	DC 전력 [W]	RF 신호 실효치 [V]	Tx 전력 [50 Ohm] [W]	효율 [%]
송신부	11	0.71	7.81	18.6	6.91	88.476

구분	Vdd [V]	Idd [A]	DC 전력 [W]	Rx DC 전압 [V]	부하저항 [Ohm]	Rx 수신 전력 [W]	시스템 전체 효율 [%]
전체 시스템 측정	9	0.6	5.4	5.4	10	2.916	54

(3) 아두이노 구성

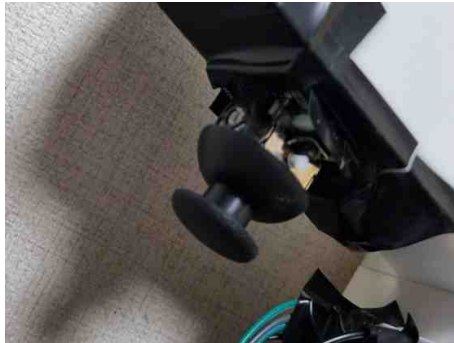
아두이노를 활용하는 과정에서 사용한 센서 및 모듈은 초음파 센서 2개 / 서보 모터 2개 / 틸트 기울기 센서 1개 / 부저 1개 / 블루투스 모듈 1개 / 조이스틱 1개이다.



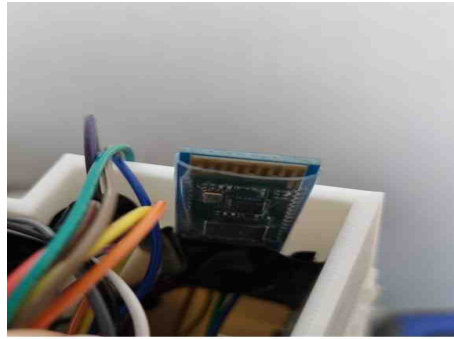
[초음파 센서]



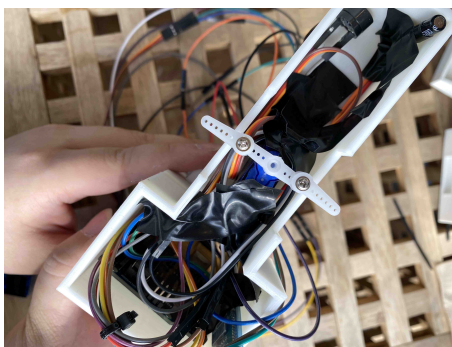
[기울기 센서, 부저]



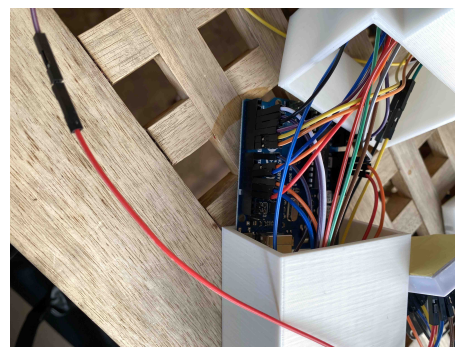
[조이스틱]



[블루투스 모듈]



[서보 모터]



[아두이노 우노]

(4) 아두이노 구현

1) 핀 구성 및 초기 설정

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Servo.h>

// 핀 구성 및 초기 설정
SoftwareSerial bluetooth(6, 7);
int message;
int tilt = 10;
int servoPin = 8;
int servoPin2 = 4;
Servo servo;
Servo servo2;
int angle = 0;
int trig = 2;
int echo = 3;
int trig2 = 13;
int echo2 = 12;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  bluetooth.begin(9600);
  servo2.attach(servoPin2);
  servo.attach(servoPin);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(trig2, OUTPUT);
  pinMode(echo2, INPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(11, INPUT_PULLUP);
}
```

SoftwareSerial과 Servo 라이브러리를 추가하고, 각 센서를 아두이노의 핀에 연결하고 그에 맞게 숫자를 변수에 지정하여 이를 input, output으로 pinMode 설정을 하였다. 또한, Serial과 Bluetooth가 같은 통신 속도 9600bps로 구동하게 하여 서로 통신이 가능하도록 타이밍을 꼬이지 않게 설계하였다.

2) 어플리케이션의 부저 버튼 연동

```
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    bluetooth.write(Serial.read());
  }

  if(bluetooth.available()){
    message = bluetooth.read();
    switch (message) {
      case 3: tone(5, 300);
              delay(300);
              noTone(5);
              delay(300);
              break;
    } // 블루투스에서 읽어온 값을 message에 저장하며 그 값이 3일 때에 (앱의 부저 버튼 클릭) 부저가 울리도록 설계
  }
}
```

시리얼에서 읽어온 값을 블루투스에 기록하고, 블루투스에서 읽어온 값을 message에 기록하여 이 message의 값이 3일 때에 부저가 울리도록 만들었다. 앱인벤터에서 부저 버튼을 클릭 시에 시리얼에 3을 보내주게 설계하여 어플리케이션과의 연동이 되도록 설계하였다.

3) 조이스틱 push를 통한 GPS 자동 메시지 전송

```
int push = digitalRead(11);
if (push == 0) {
  Serial.print(push);
  bluetooth.write('a');
  delay(300);
} // 11번 핀에서 읽어온 값을 바탕으로 그 값이 0일 때에 블루투스에 'a'를 전송하며 앱인벤터에서 GPS 자동 메시지 전송 구현
```

11번 핀에서 읽어온 값을 push 변수에 저장하여 이 값이 0일 때에(push 버튼이 눌러졌을 때) 블루투스에 'a'를 전송하여 블루투스에서 값을 수신할 때 앱인벤터에서 자동으로 GPS값이 지정된 번호의 문자로 보내지게 설계하였다.

4) 기울기 센서를 통한 부저 기능

```
int val = digitalRead(tilt);
if (val == 0) { ; }
else{
  tone(5, 300);
  delay(300);
  noTone(5);
  delay(300);
} // 지팡이가 기울어지면 기울기 센서값 변화에 따라 부저가 울리도록 설계
```

변수값인 10번 핀에서 읽어온 값을 바탕으로 이 값이 0일 때에(기울어졌을 때에) 부저가 울리도록 설계하였다.

5) 초음파센서 거리에 따른 서보모터의 회전

```
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
int distance = pulseIn(echo, HIGH) * 340 / 2 / 10000;

digitalWrite(trig2, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig2, LOW);
int distance2 = pulseIn(echo2, HIGH) * 340 / 2 / 10000;

if (distance2 < 10 or distance < 10){
  for(angle = 0; angle < 45; angle++){
    {
      servo2.write(angle);
      delay(15);
    }
  }
  for(angle = 45; angle > 0; angle --){
    {
      servo2.write(angle);
      delay(15);
    }
  }
}
else if (distance2 < 20 or distance < 20){
  for(angle = 0; angle < 45; angle++){
    {
      servo2.write(angle);
      delay(30);
    }
  }
  for(angle = 45; angle > 0; angle --){
    {
      servo2.write(angle);
      delay(30);
    }
  }
}
} // 두 초음파센서의 거리에 따른 서보모터의 회전 속도 변화
```

두 초음파센서의 거리에 따라 손잡이에 촉각 피드백을 주는 서보모터의 회전 속도 변화를 설계하였다. 초음파센서의 장애물과의 거리가 10cm 이내일 때에는 delay를 적게 주어 서보모터가 빠르게 45도 각도로 회전하며, 20cm 이내일 때에는 delay를 2배로 크게 주어 서보모터가 느리게 45도 각도로 회전하게 설계하였다. 이에 따라 초음파센서의 장애물과의 거리가 가까워질수록 손잡이에서 촉각 피드백을 세게 느낄 수 있게 되었다.

6) 조이스틱과 서보모터의 연동

```
else {
  int y = analogRead(A1);
  int angle = map(y, 0, 1023, 0, 120);
  servo.write(angle);
  delay(30);
} // A1 핀에서 읽어온 값을 바탕으로 조이스틱의 Y축값에 따른 서보모터의 회전 각도 변화 (0~120도)
}
```

A1 핀에서 읽어온 값을 변수 y에 저장하여 이 값에 따른 angle을 0, 120도로 설정해 변수 y(조이스틱의 좌우 움직임)에 따라 서보모터가 일정한 각도로 회전하게 설계하였다. 그리하여

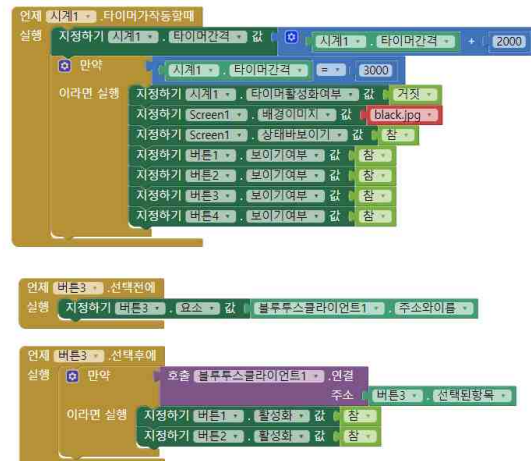
조이스틱의 좌우 움직임에 따라 초음파센서 밑에 달린 서보모터가 회전하게 되어 정면의 장애물 뿐만 아니라, 좌우 방향의 장애물 또한 감지할 수 있게 되었다.

(5) 어플리케이션 제작

1) 메인 화면



2) 메인 화면의 제작

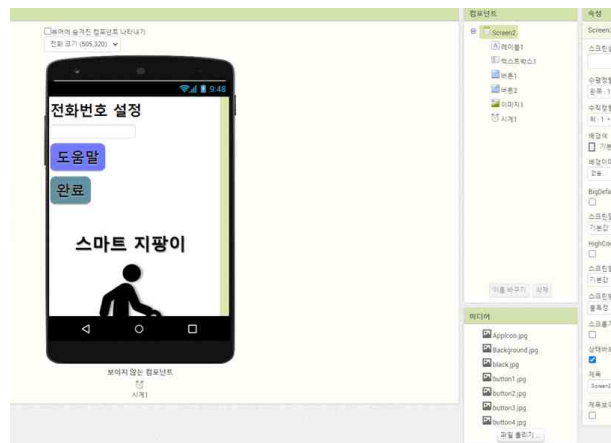


위치전송 버튼의 경우, 버튼을 클릭 시에 설정에서 지정한 번호로 자신의 GPS 위치를 문자 메시지로 전송하도록 설계하였다.

블루투스 버튼의 경우, 버튼을 클릭 시에 블루투스 연결이 가능하도록 목록이 뜨게 하여 아두이노와 모바일 기기를 연결할 수 있도록 설계하였다.

설정 버튼의 경우, 설정 화면으로 이동하여 자신의 GPS 위치를 보낼 보호자의 번호를 직접 설정할 수 있도록 하고 앱 사용에 도움이 될 수 있는 도움말을 표시하였다.

3) 설정 화면

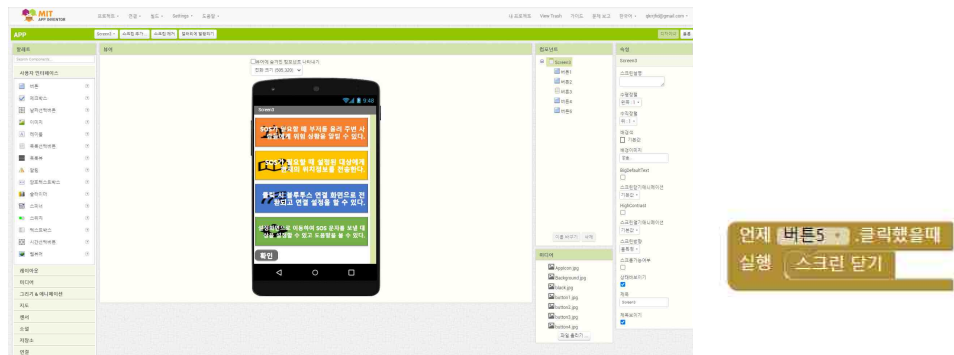


4) 설정 화면의 제작



전화번호 설정 텍스트박스를 구성하여 GPS위치를 송신할 원하는 번호를 입력할 수 있게 구성하고, 도움말 버튼을 누를 시에 도움말 화면으로 이동하여 도움말을 살펴볼 수 있도록 설계하였다.

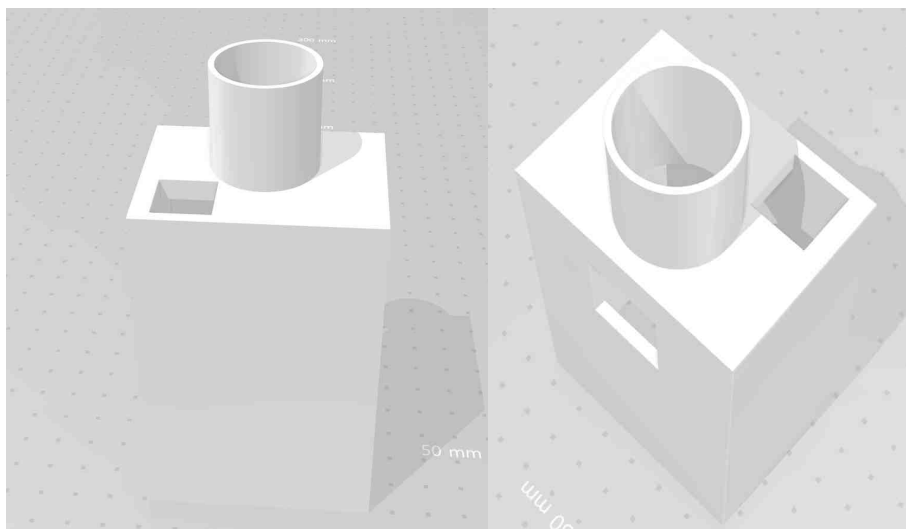
5) 도움말 화면 및 제작



도움말 화면의 이미지를 보여주어 어플리케이션의 이용에 도움이 되도록 하며, 확인 버튼을 클릭 시에 스크린을 닫을 수 있도록 설계하였다. 이 때 도움말이 쓰여 있는 버튼들은 비활성화 되어 오직 도움말을 보여주는 용도로만 사용된다.

(6) 3D 프린팅 및 작품 제작 완성

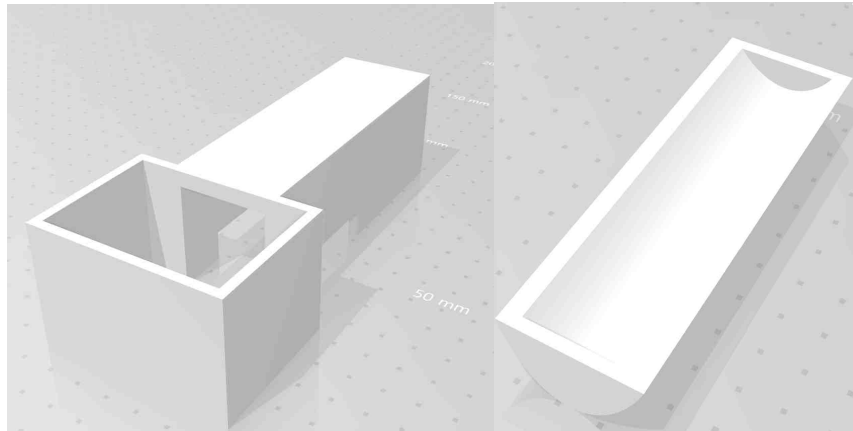
설계한 아두이노 보드 및 센서를 지팡이 본체와 안전하게 결합하기 위해 3D 도면 설계에 특화된 인벤터 프로그램을 사용하여 스마트 지팡이를 구성하는 부품을 설계하였다.



[아두이노 보드를 담을 통 1]

[아두이노 보드를 담을 통 2]

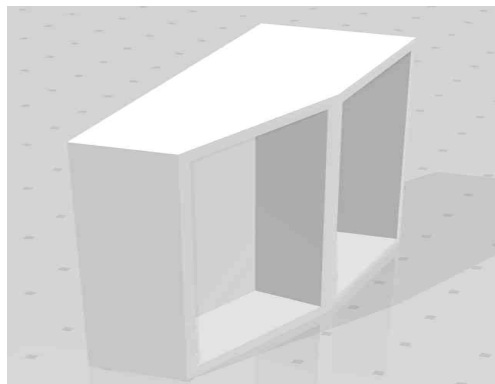
먼저 아두이노 보드를 담을 수 있는 통 부분을 설계하였다. 점퍼 케이블 정리를 위해 앞면, 밑면에 구멍을 뚫었다. 또한 지팡이의 막대 부분이 통과하여야 하므로 지름부분 0.5mm정도의 여유 틈을 주어 설계하였다.



[지팡이 손잡이 밑부분]

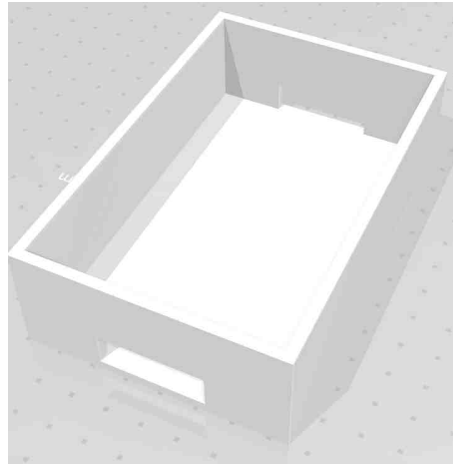
[지팡이 손잡이 덮개]

손잡이 및 덮개 부분이다. 손잡이 내부에 사용자에게 장애물 접근 정보를 주기 위한 서보모터가 들어가기 위해 서보모터의 wing span을 고려하여 손잡이 옆면에 틈을 주었다. 또한 tilt 센서와 부저가 손잡이 내부에 들어간다.



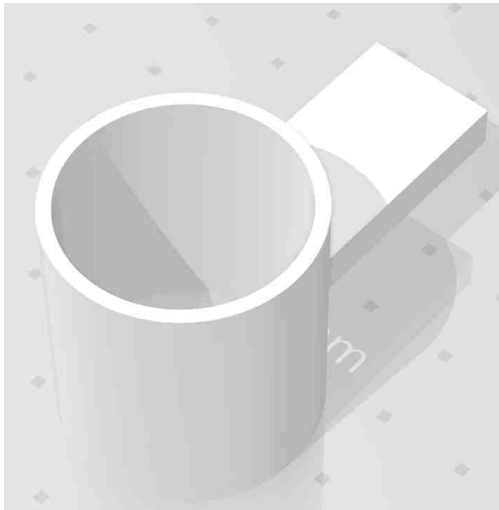
[적외선 센서 상자]

스마트 지팡이 막대 부분에 부착될 적외선 센서 2개를 부착할 상자를 만들었다. 센서가 탐지할 수 있는 범위를 늘리기 위해 센서가 부착 될 위 아래 공간을 15도 꺾어서 제작하였다.



[수신부 회로 상자]

무선충전 수신부 회로를 담을 수 있는 상자를 설계하였다. 수신부 보드는 각종 소자가 부착된 상태로 그대로 외부로 노출될 시 소자가 단선 되거나 파손 될 위험이 크기 때문에 따로 상자를 만들어 지팡이에 보관하기로 하였다.



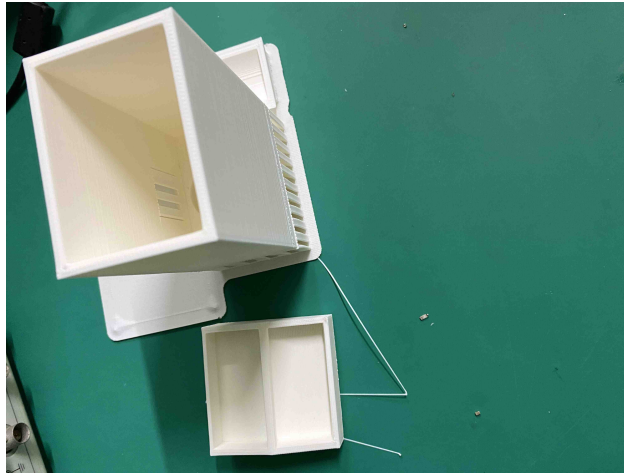
[고정 링-1]



[고정링-2]

마지막으로 적외선 센서 상자과 수신부 회로 상자를 지팡이에 고정시켜줄 링을 따로 설계해 주었다. 마찬가지로 스마트 지팡이의 막대를 통과하여야 하므로 지름에 0.5mm의 여유를 두어 설계하였다.

설계를 완료한 총 7개의 부품은 학교에 비치된 3D프린트기를 이용하여 제작에 성공하였다.



[3D 프린트 이용]



[최종 완성본]

무선 전력 송수신 시스템, 아두이노, 아두이노 센서 및 모듈, 배터리, 3D 프린팅을 모두 적용하여 조합한 결과, 위와 같은 작품 제작에 성공하였다.

5. 기대효과

스마트 지팡이는 시각장애인 및 지팡이 이용자들이 보호자의 부재 시에도 큰 걱정 없이 외출이 가능하도록 도와줄 것이다.

1) 위 아래로 부착된 2개의 초음파 센서를 이용하여 받아온 거리 값에 따라 스마트 지팡이 사용자의 손잡이에 부착된 서보모터 회전으로 장애물의 유무 및 대략적인 거리의 정보를 사용자에게 전달해준다.

2) 지팡이가 넘어졌을 때 틸트센서로 인해 부저가 울림으로써 사용자가 넘어졌다는 것을 주변사람에게 알리는 효과 외에 시각장애인의 경우 손에서 놓친 지팡이의 위치를 부저 소리를 통해 알 수 있을 것이다.

3) 조이스틱 버튼을 좌우로 조작함으로써 초음파 센서 밑에 부착된 서보모터를 좌우 방향으로 제어함으로써 사각지대인 좌우 부분 또한 장애물로부터 안전하게 만들어준다.

4) 블루투스 모듈을 통해 스마트폰 어플리케이션과 연동하게 되면서 응급상황 발생 시 아날로그 스틱을 클릭하면 신속히 현재 위치를 보호자에게 전송할 수 있으므로 안전상의 기대효과를 얻을 수 있다.

5) 만일 시각장애인 사용자가 스마트 지팡이의 위치를 찾을 수 없을 때, 블루투스 모듈을 통해 연동된 스마트폰 어플리케이션의 부저 버튼을 누르면 부저가 무선으로 작동하면서 사용자에게 스마트 지팡이가 위치한 곳을 알려준다.

6. 결론 (한계점 및 개선사항)

(1) 한계점

- 1) 아두이노의 모듈의 성능이 다소 떨어져 초음파 센서의 센싱 거리가 다소 짧음
- 2) 아두이노 보드와 연동할 스마트폰 어플에 음성인식 기능을 넣지 못하여 시각장애인들이 어플리케이션 이용에 다소 불편함을 느낄 수도 있음
- 3) 제한된 전력 문제로 인해 틸트 센서가 제 기능을 하지 못하는 경우가 발생
- 4) 스마트폰이 GPS값을 제대로 받아오지 못한다면 현재 위치를 메시지로 전송할 때 오류가 발생
- 5) 실제 무선 전력 전송 회로를 구현하였을 때, 고주파 영역을 다루기 때문에 원하는 효율만큼 실제 효율이 나오지 않음

(2) 개선사항

- 1) 어플리케이션을 제작할 때 전화번호 초기값을 설정하면 어플리케이션 내에서 설정 버튼을

통해 전화번호를 설정하지 않더라도 초기값에 해당하는 전화번호로 위치전송문자를 전송할 수 있다. 다만, 실제 어플리케이션이 사용된다고 가정하면, 전화번호 초기값을 설정할 수 없기 때문에 사용자가 직접 설정을 통해 전화번호를 설정하도록 제작

2) 사용자가 설정한 전화번호가 어플리케이션을 끄면 저장되지 않는데, 시각장애인의 경우, 매번 어플리케이션을 켜 때마다 전화번호를 설정하기 힘들기 때문에 한 번 설정한 전화번호가 저장되도록 어플리케이션을 개선한다면 사용자 입장에서 더 나은 어플리케이션이 될 것

3) 전력 부족으로 크기가 큰 LED 라이트를 추가하지 못하였는데, 무선 전력 전송 시스템의 개선에 따른 LED라이트를 추가한다면 시각장애인이 밤길에도 안전하게 돌아다닐 수 있을 것

4) 실험실에 구비된 제한된 소자값 대신 정확한 소자값을 사용하여 실제 회로를 구현하였다면, 더욱 시뮬레이션 결과와 비슷하게 실제 효율이 나왔을 것

7. 참고문헌

한달 평균 외출 빈도 및 외출 시 필요한 사항; <KOSIS>

2021.05.11. URL :

https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=438&tblId=DT_438001_AE009&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=D3_003_001_005&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE

메카솔루션, 『나도 아두이노 할 수 있다』. 96p~113p.