

대한기계학회 주최

제11회 전국학생설계경진대회(2021년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (O)				
참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()				
참가팀명	huh red me				
설계제목	ESBS(Energy Saving at Bus Stop)				
지도교수/교사	(소속)구미여자고등학교 (성명)조예린				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	홍지현	구미여자고등학교 홍지현			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	홍지현	구미여자고등학교 / 2학년	
2	나영서	구미여자고등학교 / 2학년	
3	허서연	구미여자고등학교 / 2학년	
4			
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()
참가팀명	huh red me
설계제목	ESBS(Energy Saving at Bus Stop)
대표자명	홍지현
요약문	버스도착정보안내기(BIT:Bus Information Terminal), 즉 정류장에 설치된 버스도착안내시스템은 정류장에서 승객이 탑승할 버스에 대한 정보를 안내기기를 통해 알려주는 장치입니다. 이 BIT의 원리는 차량마다 장착된 GPS의 수신으로부터 여러 가지 데이터의 반영을 통해 정류장에서 버스의 위치, 도착예상시간을 보여주는 것으로 매우 간단합니다. 하지만 BIT가 버스 운행의 끝까지 상시로 켜져 있고, 전국적으로 그 수를 무시할 수 없다는 점에서 에너지 낭비의 심각성이 부각됩니다. 저희는 이 문제에 대한 해결방안으로 ESBS를 고안했습니다. ESBS, Energy Saving at Bus Stop은 초음파 센서를 이용하여 사람의 움직임을 인식한 후 이를 버스정류장의 전광판에 전송하여 불이 켜질 수 있도록 하되 단순 보행자가 아닌 정류장의 승객들만 인식합니다. 초음파 센서는 초음파를 발생시켜, 초음파의 속력을 통해 초음파가 원거리의 물체에 반사되어 들어오는 시간을 측정하는 원리로 작동됩니다. 초음파가 발생되어 대상 물체에 부딪히게 되면 돌아오게 되는데, 이때 측정된 왕복 시간의 절반과 음파의 속도로 대상 물체까지의 거리를 구할 수 있습니다. 초음파 센서로부터 얻은 거리값을 통해, 보행자가 아닌 일정 범위 내의 정류장의 승객만을 인식합니다. 저희가 사용할 초음파 센서는 아두이노에서 간단히 사용가능한 초음파 센서 모듈입니다. 이 센서는 마치 로봇처럼 주변 물체 인식의 목적으로 이용할 수 있으며, 최대 10m까지의 범위를 인식하여 디지털 신호 0과 1으로 물체의 존재 유무를 출력합니다. 이를 이용한 저희 ESBS의 작동원리는 초음파 센서로 버스정류장에서 사람들의 움직임을 감지하여 BIT와의 통신을 통해 움직임이 감지될 경우에만 BIT의 빛이 켜지도록 하는 것입니다. ESBS의 이용을 통해 BIT의 이용으로 인한 불필요한 에너지 손실을 막고, 그 에너지를 다른 곳에 사용할 수 있다는 장점이 있습니다.

※ 설계 요약문은 공개될 예정이며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.

※ 제공된 개인정보는 심사과정에만 사용되며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.

1. 설계의 필요성 및 목적

18세기 후반, 영국에서 처음 시작된 산업혁명은 현대의 도시화, 근대화로 이어져 우리의 생활을 다방면에서 윤택하게 만들어 주었으며, 특히 편리성의 측면에서 삶의 질을 급격히 높여 주었다. 반면 이러한 시대의 흐름은 동시에 화석 연료의 지나친 사용에 따른 대기 오염 등 심각한 환경 오염 문제 또한 야기하여, 환경 오염과 에너지 과잉 소비 문제 해결을 위한 노력 등도 촉발시켰다. 우리가 설계한 ESBS 또한 이런 노력의 축에 포함되는 것으로, 더 구체적으로는 전 문장의 후자, 에너지 과잉 소비 문제 해결을 위한 노력에 해당한다.

에너지 보존 법칙에 따르면, 사용가능한 에너지의 총합은 일정하다. 즉, 지구에서 우리가 사용할 수 있는 에너지의 총량은 한정되어 있다는 것이다. 화석 연료에 내재되어있는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 과정, 혹은 핵분열을 통한 원자력 발전에서의 에너지 전환 과정이든 모든 에너지 전환에는 일로 변환할 수 없는 열 에너지가 발생하기 때문이다. 그러므로 에너지 소비에 있어서 불필요한 낭비는 줄이는 것이 필연적이며, 당연한 일이다.

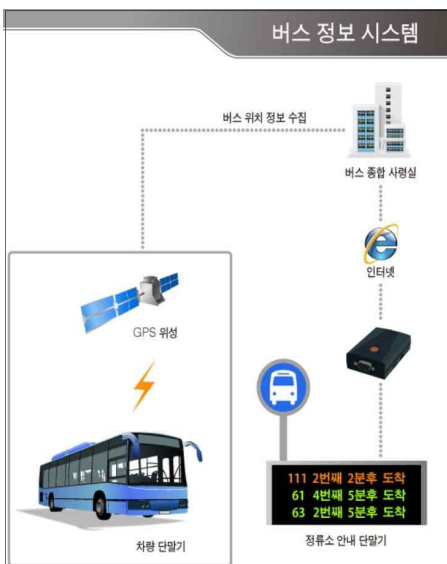
우리나라에서 승용차, 승합차, 화물차, 특수차와 관련된 수송 부문의 에너지 소비량은 2002년 기준 총 33,763TOE였으며, 우리나라 전체 총 에너지 소비의 21.04%로 매우 높은 비중을 차지한다. 이뿐만 아니라 수송부문의 에너지소비비는 매년 4.51%씩 증가하고 있다. 우리 팀은 이러한 수송부문의 높은 에너지 소비량을 참고하여, 버스정류장에서 낭비되고 있는 에너지 절약을 목적으로 'ESBS'를 설계했다. 'ESBS'는 에너지 소비가 더욱 효율적으로 이루어지게 하는 데에 기여할 수 있으며, 또한 에너지 절약을 통해 궁극적으로 지속가능한 발전에 기여한다는 측면에서 의의가 있다.

출처:에너지 절약을 위한 도시관리방안 연구(논문)

<http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE00912913>

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의



버스도착정보안내기(BIT:Bus Information Terminal)는 정류장에 설치되어 있는 버스도착안내시스템을 일컫으며, 버스를 이용하고자 하는 승객이 자신이 탑승할 버스의 위치가 대략 어디쯤인지, 혹은 버스의 도착 시각이 언제인지 알 수 있도록 해당 버스의 정보(위치, 예상시간 등)를 안내하기 위해 나타내는 원리이다. BIT의 원리는 매우 간단하다. 버스마다 장착된 GPS의 수신을 통해, 해당 버스의 위치 및 현재 교통상황 등 여러 상황별 데이터를 수집한 후 이를 반영하여 버스의 위치 및 도착 예상시간 등 버스에 대한 정보를 도출하고, 정류장에 나타날 수 있게 하는 것이다.

BIT의 역사는 2001년으로 되돌아간다. 2001년, 경기도 부천시에서 BIS(Bus Information System; 버스 정보 시스템)의 실시와 함께 BIT가 최초로 시행되었다. 부천시를 시초로 하여 2002년에는 강릉에서, 그리고 이후 다른 여러 도시에서 BIT의 도입이 점차적으로 이루어졌다. 이렇게 BIT의 이용이 점차 확대된

결과, 현재 대부분의 도시는 물론 일부 농어촌 지역에서도 BIT가 사용되고 있다.

출처:소내시스템(주)

<https://www.sollae.co.kr/ko/applications/bus-system>

공개일자	2017.12.26	최신수정일자	2020.01.22
갱신주기	정기(매년)	분류	교통
원본시스템		저작권자	서울특별시 도시교통실 버스정책과
제공기관	서울특별시	제공부서	스마트도시정책관 스마트도시담당관

기간	구분	버스운영업체 수	정류장		
			계	가로변	중앙버스전용차로
2018	서울시	65	6,252	5,865	387

(서울시 시내버스 정류장 현황 사진자료)

출처: 서울특별시-서울 열린데이터 광장(데이터셋)

<http://data.seoul.go.kr/dataList/279/S/2/datasetView.do>

서울시 버스정보 안내 단말기(BIT) 설치 현황						
(2012. 12 기준)						
구 ID	행정구	중앙버스 전용차로	가로변차로	지하철	환승 센터	합계
총계		324	351	8	46	729

(서울시 BIT 설치 현황 사진자료)

출처: 서울특별시-서울 열린데이터 광장(데이터셋)

<http://data.seoul.go.kr/dataList/OA-2724/S/1/datasetView.do>

이런 버스도착정보안내기의 이용 확대는 전체적인 버스 정류장 체계의 확대와 함께 수반되었다. 위의 자료를 참고하면, 서울시 시내버스 정류장 현황과 서울시 BIT(전광판) 현황을 통해 상당한 양의 에너지가 낭비되고 있음을 짐작할 수 있다. BIT는 버스운영이 끝날 때까지 상시로 계속 켜져 있을 뿐만 아니라, 서울시에서의 BIT 수로 짐작할 수 있듯 전국적으로 그 수가 어마무시하다는 점에서 극심한 에너지 소비가 부각된다. 이 중 불필요하게 사용되는 에너지의 양을 절감할 수 있다면, 여분의 에너지를 다른 용도에 활용할 수 있을 것이다.

또한 화석 연료의 지나친 사용 문제와 심각한 환경 오염, 에너지 과잉 소비 문제 등은 산업혁명 이래 지금까지 이어진, 현재 우리가 해결해야 하는 주요 사회적, 국제적 문제이다. 우리는 다음과 같은 문제에 대해 특히 에너지 과잉 소비 문제를 해결할 필요성을 느꼈다. 또한, 에너지 보존 법칙에 따르면 우리가 사용할 수 있는 에너지의 총량은 한정되어 있다. 가장 많이 사용되고 있는 에너지의 예시로는 화석 연료에 내재된 화학 에너지, 그리고 원자력 발전소에서 생산되는 핵분열 에너지가 있는데, 두 가지 모두 에너지 전환 과정에서 버려지는 에너지가 발생한다. 이 때문에 에너지 소비 문제는 더욱 중요한 사안이 되고, 우리는 에너지 소비에 있어서 불필요하게 버려지는 에너지를 줄일 필요가 있다. 이에 따라 버스정류장에 쓰이는 에너지의 손실을 줄이기 위한 ESBS(Energy Saving at Bus Stop)을 제작하기로 하였다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

ESBS는 아두이노의 초음파 센서를 이용하여 거리를 재는 제품으로, 버스정보시스템의 에너지 손실을 줄이기 위해 고안되었다. ESBS, Energy Saving at Bus Stop은 초음파 센서를 이용하여 사람의 움직임

을 인식한 후 이를 버스정류장의 전광판에 전송하여 꺼져 있던 화면이 켜질 수 있도록 한다. 초음파 센서로부터 거리의 값을 받았을 경우에만 전광판에 화면이 켜지게 하도록 설계되어, 평소에 사람의 움직임이 인식되지 않을 때는 전광판이 꺼져 있도록 한다.

초음파 센서의 거리값은 센서에서 발생한 초음파가 물체에 반사되어 되돌아오는 시간을 기준으로 거리를 측정한다. 이 시간을 거리에 대한 식으로 변환하여 cm단위의 거리를 구할 수 있다.

아두이노의 초음파 센서 두 개를 이용하여 한 초음파 센서라도 1.5m 이내로 사람이 감지될 시 시리얼 프린트로 1을 출력하고 그 외는 모두 0으로 출력한다. 이를 블루투스 통신을 이용하여 unity에 값을 전송하고 unity에 1이 수신되었을 시 화면이 켜지고, 0이 수신되었을 시 화면이 꺼지게 한다.

초음파 센서는 가까운 거리의 물체 또는 사람의 유무 확인, 거리측정, 속도 측정 등에 사용된다. 초음파 소자는 고유 진동에 상당하는 교류 전압을 가하면 압전 효과에 의해서 효율이 좋게 진동해서 초음파를 발생시키게 된다. 초음파는 사람의 귀로 들을 수 없는 20kHz대 이상의 음을 말하며, 초음파의 파장은 전파 속도를 주파수로 할당한 값으로 전자파의 속도는 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 이지만 음속은 약 344m/s로 아주 느리기 때문에 파장이 짧다. 파장이 짧다면 거리 방향의 분해능이 높고 정밀도가 높은 계측을 할 수 있게 된다. 초음파 센서는 2개의 압전소자로 되어 있으며 초음파가 입사되면 압전소자는 진동하여 전압을 발생시키고, 역으로 압전 소자에 전압을 가하면 초음파가 발생한다. 초음파 센서는 센서 자신이 가지고 있는 고유 진동 주파수와 같은 주파수의 교류 전압을 가하면 좀 더 효율이 좋은 음파를 발생시킬 수 있다. 그래서 물체에서 반사된 음파를 그대로 센서로 입력 (진동)시켜서 발생된 전압을 회로에서 처리함으로써 측정 거리를 계산할 수 있게 된다.

2) 설계의 독창성

본 발명은 소정시간 간격으로 배치된 버스에 승차하기 위해 도로변에 설치되는 버스승강장에 설치되는 버스정보 안내 단말기에 관한 것으로 특히, 버스 운행에 따른 배치정보와 각각의 노선별로 운행 중인 각 버스의 위치정보 등을 확인하고 이에 따른 정보를 취득하고 통합관제센터와의 통신을 위한 통신부와 ; 버스 도착 시간 등의 정보가 표시되는 전광판과 ; 태양광에 의해 전원을 발전시키는 태양광 패널과 ; 승객의 존재 유무와 승강장 주변 환경 및 시스템 안정을 위한 감지기능을 수행하는 센서부와 ; 상기 태양광 패널을 통해 생성된 전기 에너지를 충전하고 충전된 전기 에너지를 구동전원으로 공급하는 전원부 ; 및 상기 전광판과 센서부와 전원부 및 통신부를 제어할 제어부를 포함하되 ; 상기 전광판과 센서부와 통신부 및 제어부는 임의의 하우징의 내부에 위치하도록 하는 것을 특징으로 하는 태양광을 이용한 저전력 버스정보 안내 단말기를 제공하여 기존 버스정보 안내 단말기의 전원/통신 케이블 포설 등의 필수조건과 상용제품 사용에 따른 문제점을 개선하는 효과를 기대한다.

특히 내용의 제품은 지속적으로 전원이 켜진 상태를 유지하는 반면 우리가 설계한 ESBS는 사람의 유무, 즉 센서의 움직임 감지에 따라서 제한적으로 전원을 켜기 때문에 더욱 효율적인 에너지 소비를 자랑한다. 특히 인적이 드문 외곽진 곳의 버스정류장에서 더욱 그 효과를 발휘한다. 또한 본 특허에서는 태양광에 의해 전원을 발전시키므로 태양광 패널이 포함되어있지만, 현재 태양광 패널의 이용에 따른 태양광 에너지의 사용은 기술 개발의 부족으로 제품의 에너지 소비를 감당하기 부족할 것으로 예상되며, 특히 태양광 에너지의 특성상 날씨의 영향을 받는다는 것이 큰 저해요인으로 작용한다. 하지만 이와 다르게 우리의 ESBS는 일반 전지를 사용하지만 날씨에 영향을 받지 않을뿐더러 전원의 제한적 켜짐을 통해 충분히 에너지 소비를 절감하고 있기 때문에 원활한 사용과 에너지 절약, 두 마리 토끼를 둘 다 잡을 수 있다.

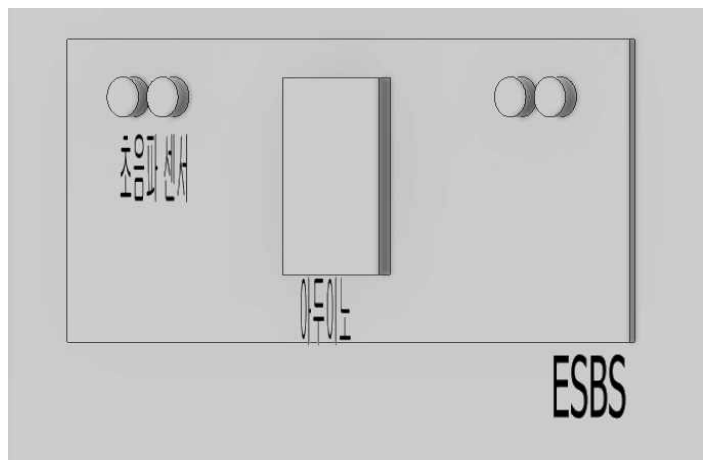
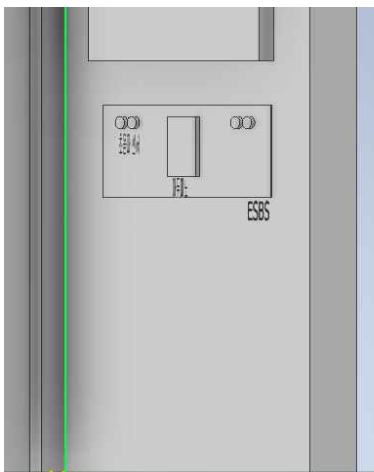
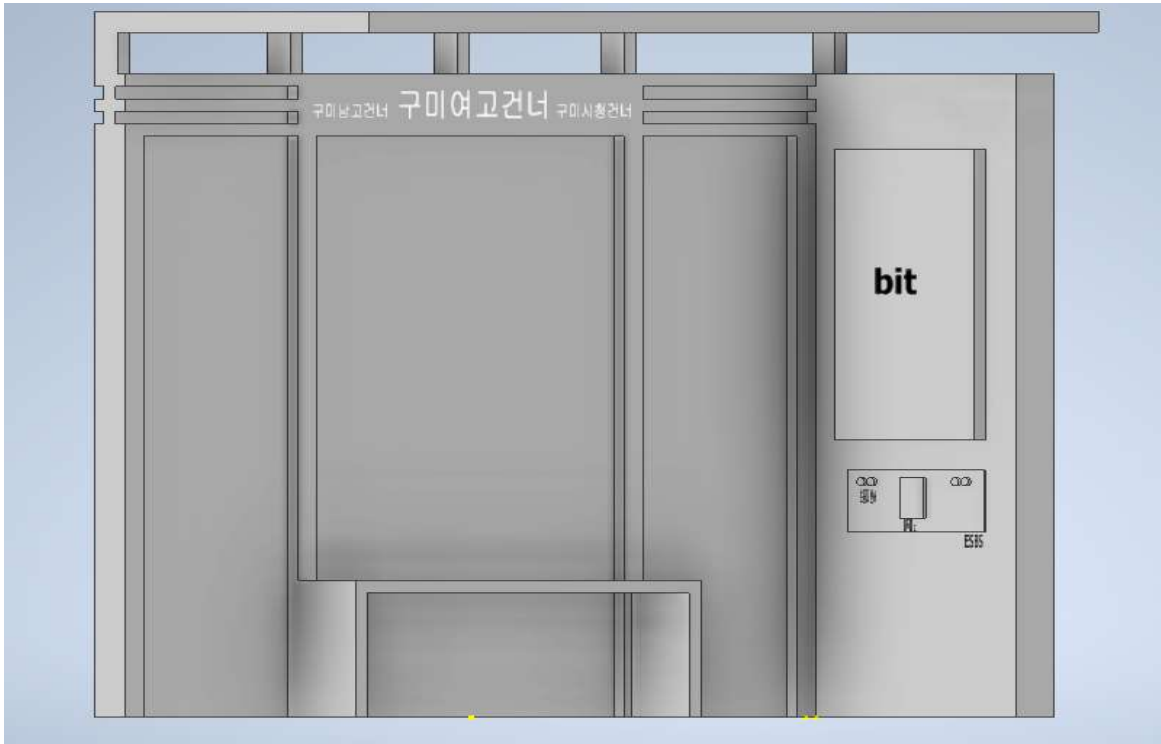
3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

- 실제 설계를 위해 버스정보안내기의 정보를 받아들이야 하지만 실제 BIT의 화면과 연동할 수 없다는 제약조건이 있어 화면과 비슷한 unity를 사용하고자 하였다. 그러나 기존에 기획했던 설계 계획과는 다르게 아두이노와 유니티의 통신에 대한 정보를 현 상황에서 확실하게 찾지 못한 점, 그리고 블루투스를 연결하였을 때 아두이노 업로딩 시 발생한 오류를 해결하지 못한 점 등을 고려하여 블루투스 통신을 제외하고 아두이노 보드끼리 UART방식으로 연결하기로 했다.
- 송신부 아두이노는 기존과 같은 프로그램으로 만들고, 수신부 아두이노는 송신부 아두이노와의 통신 여부와 거리가 인식됨에 있어 그 수치값을 비교한 내용을 받아들이 통신이 원활한지 확인하기 위해 빨간색 LED로 전환했다.
- 버스정류장마다 높이와 모양이 제각각이기 때문에 버스 전광판이 있는 버스정류장에만 ESBS를 설치하기로 하였으며, 버스정류장의 높이가 다르다는 점을 고려하여 각 버스정류장에서 전광판을 보기 위해 가까이 오는 승객이 전광판을 편하게 볼 수 있는 거리를 기준거리로 설정했다.
- 제안된 설계기술을 구현하기 위한 비용을 고려하였을 때, 아두이노 우노는 약 8000~30000원, 아두이노 초음파 센서는 1100*2원, BIT와 통신 연결을 할 수 있다는 전제하에 와이파이 모듈이나 블루투스 모듈의 가격은 약 5000~20000원으로 총합 약 15200~52200원이다. 비용이 그다지 커 보이지는 않으나 전국 버스 정류장의 BIT의 수를 고려하면 그 가격이 상당할 수 있다. 따라서 전국의 BIT에 대한 ESBS의 설치비용이 BIT로 인해 생겨나는 에너지 소비량보다 적어야 한다. 하지만 ESBS는 한 번 설치하게 되면 고장 나지 않는 이상 지속적으로 에너지 소비량을 줄일 것이며, 설치한 후에는 ESBS의 설치비용보다 BIT의 에너지 소비량 절감이 더 클 것이라는 전제하에 ESBS는 경제력 있는 제품이다.

출처:에듀이노

<https://eduino.kr/index.html>

(3) 설계 내용



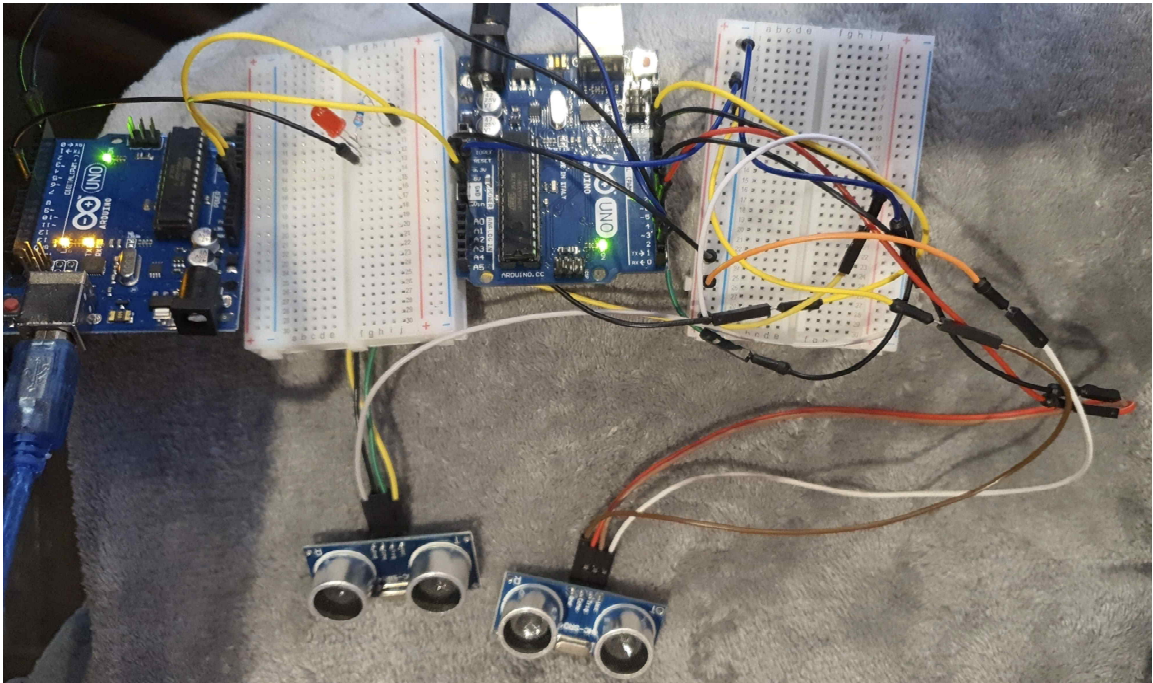
- 버스정보안내기의 화면을 보고자 하는 사람이 감지되어야 하므로 ESBS의 부착 위치는 버스정보안내기가 있는 면이며, 높이는 아이들 또한 인식할 수 있도록 1m 높이로 부착하도록 했다. 이로써 어린아이들도 인식되어 버스정보안내기를 확인할 수 있다.
- 송신부 아두이노에선 두 개의 초음파 센서로 측정한 거리가 모두 1.5m 이상일시 시리얼프린트를 사용해 0을 출력하고 그 외에는 모두 1로 출력한다.
- 수신부 아두이노에선 송부에서 보낸 값을 받아 그 값이 0일 때 RED LED를 끄고 그 값이 1일 때 RED LED를 키게 하였다.

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
주제 선정 및 자료조사	■					
작품 설계 구상		■				
3D 모델 설계 및 알고리즘 작성			■			
프로그래밍				■	■	■
피드백 및 수정						■
제출						■

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

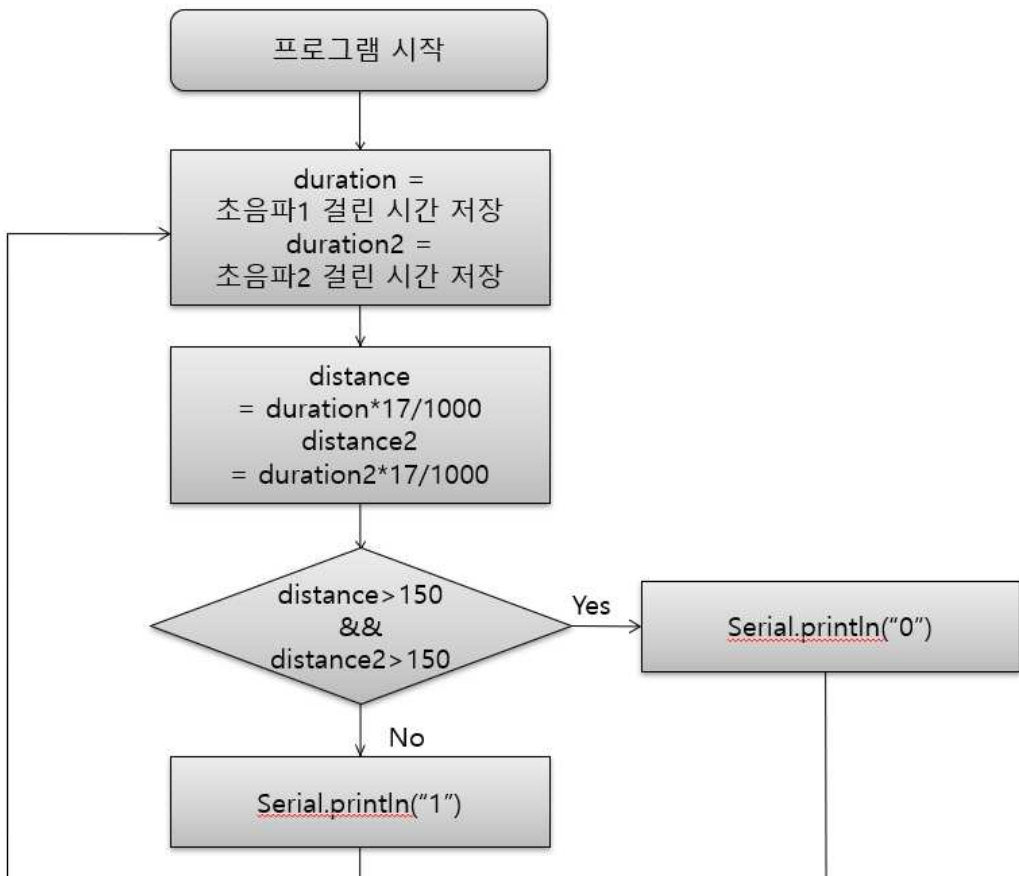


● 송신부

- 아두이노 구성: 아두이노 우노, 초음파 센서 2개, 브레드보드
- 통신 속도를 9600으로 설정한다.
- 초음파 센서의 각각의 핀(trig, echo)을 설정해준 뒤, 두 초음파 센서의 입출력상태를 지정해준다.
- 초음파 센서의 왼쪽 부분(trig핀)으로 초음파를 전송한 다음 오른쪽 부분(echo핀)으로 돌아오는 초음파를 받

는다.

- 초음파가 되돌아온 시간을 저장하는 변수(duration, duration2)와 그를 거리 식으로 바꾼 변수(distance, distance2)를 선언한다.
- 시간 저장 변수를 cm 단위로 바꿔주는 식을 사용해 거리 변수에 저장한다.
- 거리에 대한 변수가 모두 1.5m 이상일시, 시리얼모니터 창에 0을 출력한다.
- 그 외의 경우 1을 출력한다.



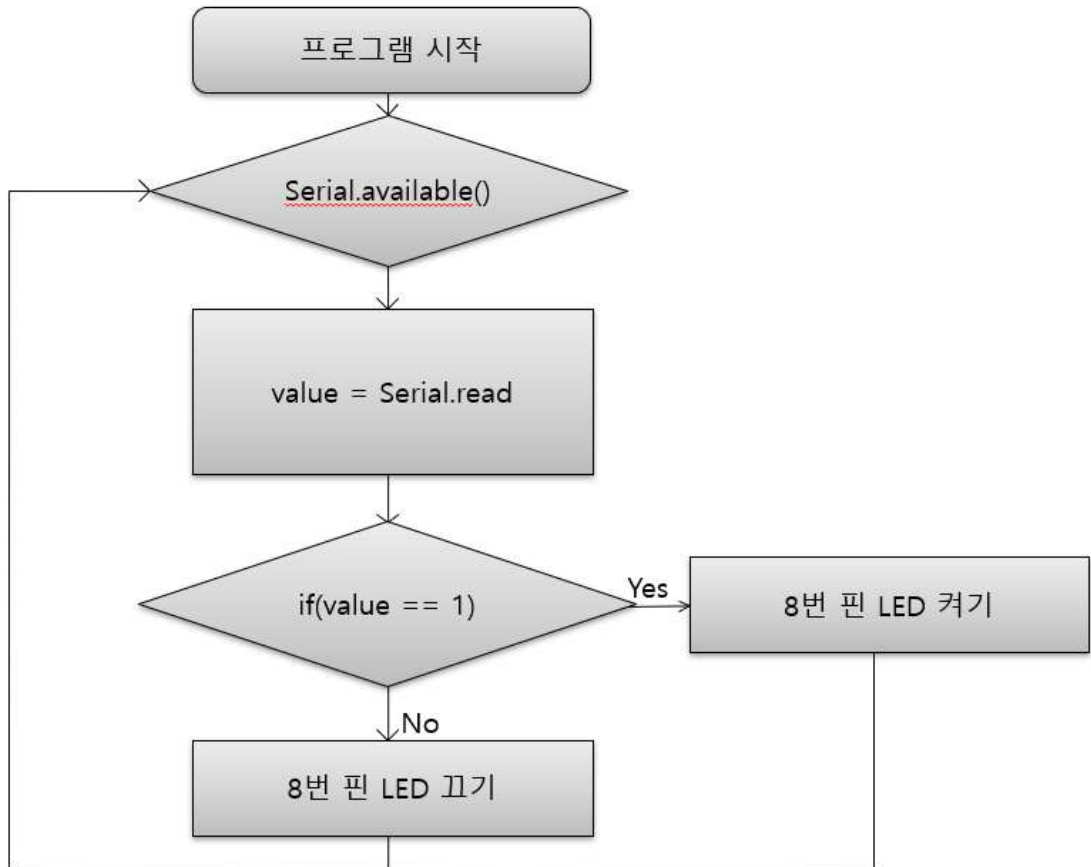
```

1 #include<SoftwareSerial.h>
2 int trigPin = 6;
3 int echoPin = 5;
4 int trigPin2 = 13;
5 int echoPin2 = 12;
6 void setup ()
7 {
8     Serial.begin (9600);
9     Serial.println("Start");
10    // set the data rate for the BT port
11    pinMode(trigPin, OUTPUT);
12    pinMode(echoPin, INPUT);
13    pinMode(trigPin2, OUTPUT);
14    pinMode(echoPin2, INPUT);
15 }
16 void loop ()
17 {
18     float duration, duration2, distance, distance2;
19     digitalWrite(trigPin, HIGH);
20     delay(100);
21     digitalWrite(trigPin, LOW);
22     duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
23     distance = duration * 17 / 1000;
24     digitalWrite(trigPin2, HIGH);
25     delay (100);
26     digitalWrite(trigPin2, LOW);
27     duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
28     distance2 = duration2 * 17 / 1000;
29     delay (500);
30     if (distance2>10&&distance >10)
31     {
32         Serial.println ("0");
33     }
34     else
35     {
36         Serial.println("1");
37     }
38     delay (500);
39     delay(100);
40 }

```

●수신부

- 아두이노 구성: 아두이노 우노, RED LED, 330Ω, 브레드보드
- RED LED의 핀 위치를 지정한다.
- 송신부로부터 값이 입력되는 동안, 받아들인 숫자가 0이면 LED를 끄고 그 외 LED를 켜다.



```

1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3   Serial.begin(9600);
4
5   pinMode(8, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop() {
9   // put your main code here, to run repeatedly:
10  while(Serial.available())
11  {
12    int name = Serial.read();
13    Serial.println(name);
14
15    if(name == 1)
16    {
17      digitalWrite(8, HIGH);
18    }
19    else
20    {
21      digitalWrite(8, LOW);
22    }
23  }
24 }

```

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

장점

- 이 ESBS를 사용하게 되면 저렴한 비용으로 BIT의 전광판의 화면을 조절할 수 있다.

단점

- 아두이노끼리 연결된 형태 외에 실제로 BIT와 연결하려면 코드의 수정이 필요하다.

의의

- 현재 낭비되고 있는 버스정류장의 에너지를 절약하여 다른 곳에 사용할 수 있다.
- 이 곳에 쓰이는 전기 에너지를 전환하여 현재 전국의 에너지 손실을 줄일 수 있다.

5. 활용방안 및 기대효과

최종적으로 ESBS는 전국에 있는 버스 정류장의 BIT에 활용할 수 있으며, 실제 적용된다면 불필요한 에너지 손실을 막고, 수많은 에너지를 절약할 수 있을 것이다.