

임베디드 시스템

설계 및 실험

수요일 10 조 텀프로젝트 최종 보고서

정보컴퓨터공학부	201824446	김윤재
정보컴퓨터공학부	202055558	송세연
정보컴퓨터공학부	202055589	임연후
바이오소재과학과	201845626	최이한

2022.12.07

I. 서론

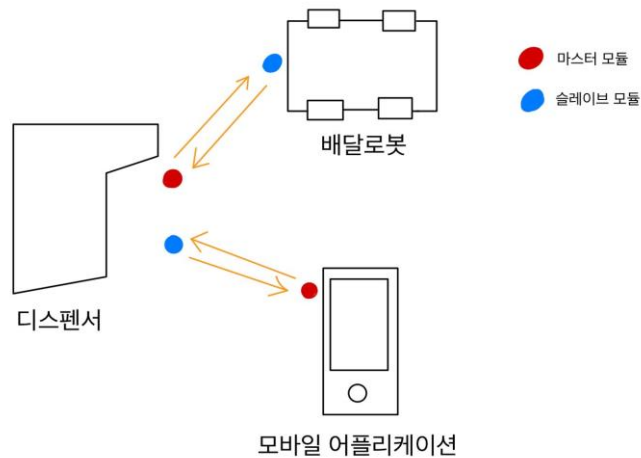
혼술인을 위한 배달 주점

혼자서 마시는 술도 맛있지만 직접 술잔에 술을 따라마셔야 한다는 점은 번거롭다. 특히 술을 섞어마시고 싶을 때는 손이 두 번씩 가니, 좋아하는 '소맥'도 이제는 마시기 귀찮아 마시기 간편한 캔맥주를 따는 일이 빈번하다. 그런 혼술인을 위해 혼술의 퀄리티를 올리고 재미까지 더한 배달 주점을 구현했다.

수업 시간에 배운 STM-32 보드의 기능 및 Bluetooth 통신 기능을 이용해 하드웨어를 개발하고, 새로운 센서를 활용한 소프트웨어 기능 구현과 제품 제작까지의 전과정을 진행했다.

II. 블루투스

1) 블루투스 모듈 간 관계



2) 블루투스 모듈 설정

- 배달로봇 PINCODE : 1234
- 디스펜서 PINCODE : 4321 (Slave 일 때, 핸드폰 어플과 통신 시)
1234 (Master 일 때, 배달로봇과 통신 시)

3) 블루투스 주소

- a) STM32 블루투스 모듈 1 'DISPENSER' (Master) = 00:18:9A:24:DD:93
- b) STM32 블루투스 모듈 2 'DIS_MOBILE' (Slave) = 00:18:9A:24:DE:D1
- c) 연결 테스트를 위한 핸드폰 1 = 74:9E:F5:E6:47:B8
- d) 연결 테스트를 위한 핸드폰 2 = 54:D1:7D:9D:00:6A

4) AT 명령어

- AT : Host 와 블루투스 모듈이 정상적으로 연결되어있는지 여부 확인
- AT+BTROLE=X : Master, Slave 선택
- AT+BTSCAN : 블루투스 모듈의 검색대기와 연결대기 하도록 함
- ATZ : 블루투스 모듈을 소프트 리셋 시켜줌
- ATD : 가장 최근에 연결이 이루어졌던 블루투스 장치로 다시 연결 시도
- ATH : 현재 연결상태 해제
- AT+BTINQ? : 주변에 있는 블루투스 장치를 검색
- AT+BTNAME=device name : 블루투스 모듈 장치 이름 변경
- AT+BTKEY=XXXX : 블루투스 모듈의 Pin Code 변경

III. 재료

1) 음료 디스펜서

- a) 외관 재료 : 하드 폼 보드, 검은색 색지, 경첩 2 개, 서랍 손잡이, 버블티 빨대
- b) 내부 재료 : 500ml 페트병 4 개, 실리콘 튜브(SZH-GNP158) 4 개
- c) 사용 모듈 : STM32 보드, 만능기판, 초음파 센서(HC-SR04), 블루투스 모듈(FB755AC) 2 개, 수중 펌프(SZH-GNP155), 모터 드라이버() 4 개

2) 배달로봇

- a) 외관재료 : 아두이노 4WD 주행로봇 프레임 세트
- b) 사용 모듈 : 블루투스 모듈(HM-10) 1 개, 압력 센서 모듈(RA9P) 1 개, IR 적외선 송수신 라인트레이서 센서모듈(HAM 5226) 2 개

3) 모바일 어플리케이션

- a) MIT App Inventor

IV. 디스펜서 제작

1) 코드 구현

블루투스 신호 발신	디스펜서 -> 배달로봇, 배달로봇에게 출발 신호 문자 '1' 발신
초음파 센서 감지	디스펜서 배출구 앞에 배달로봇의 도착 여부 판단
수중 펌프 동작	사용자로부터 들어온 주문 내역 사항에 따라 음료를 제조하여 배출

2) 외관 제작

외관을 제작함에 있어서는 재료에서 언급한 하드 폼보드, 검은색 색지, 경첩 그리고 서랍손잡이 등의 재료를 활용하여 음료 디스펜서를 제작했다. 견고한 완성품을 위하여 하드 폼보드를 큰 틀로 제작을 진행했고, 깔끔한 외관을 위해 색상은 검은 색상으로 통일했다.

또한 음료 디스펜서에 음료가 다 떨어졌을 시, 편리하게 음료를 보충하기 위해 경첩을 이용하여 디스펜서의 후방이 열릴 수 있게끔 설계했다.



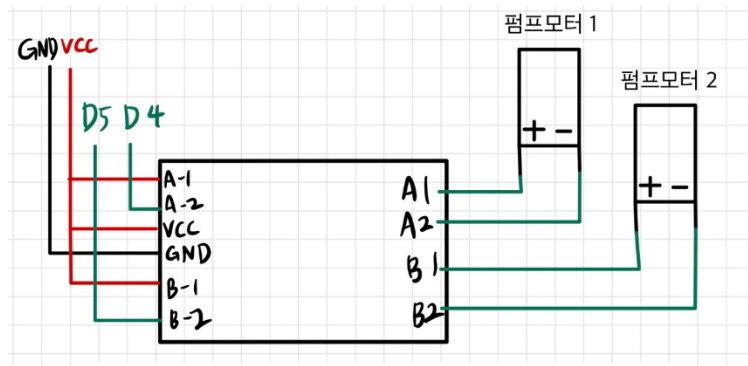
하드 폼보드 커팅 과정



조립 과정

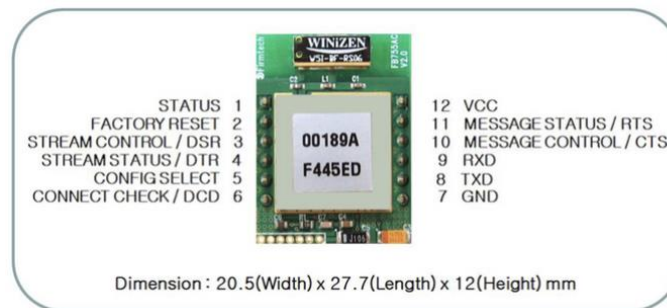
아래의 제작 도안은 초기에 구상한 버전으로, 배달로봇이 일직선으로만 주행하는 형식이다. 이는 배달로봇의 라인트레이서 기능을 하는 IR 적외선 센서 부품을 공급받지 못해 DC 모터와 초음파 센서로만 주행을 진행해야되었기에 나온 도안이다.

3) 회로 구성

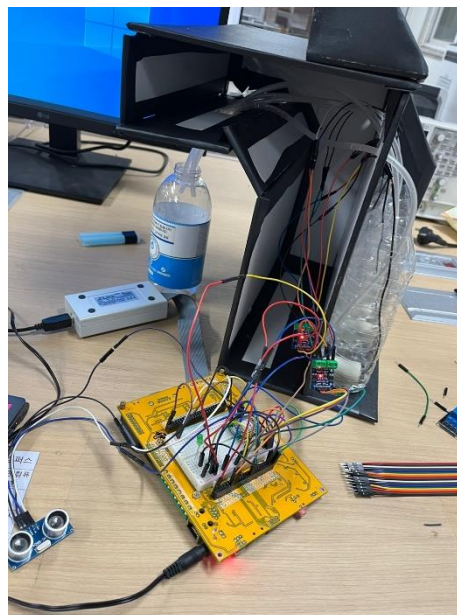


STM32 보드와 모터 드라이버, 수중 펌프 연결

펌프모터 3, 4 도 동일하게 회로를 구성하고 보드의 pin 으로 PD6, PD7 와 연결해주었다.



STM32 보드와 FB755AC 모듈 연결 회로



실제 구성된 회로의 모습

V. 배달 로봇 제작

1) 코드

라인 트레이서	2 개의 IR 적외선 센서로 경로를 감지해 주어진 라인을 따라 이동	
무게 감지	술잔의 무게 변화를 감지하여 사용자의 요청이 들어왔다는 정보와 음료 제조가 완료되었다는 정보를 얻음	
블루투스 신호 발신	라인 끝 도달하여 정지 시	디스펜서 앞에 도착했다는 도착 신호 'a' 발신
		사용자 앞에 도착했다는 도착 신호 'b' 발신

2) 외관 제작

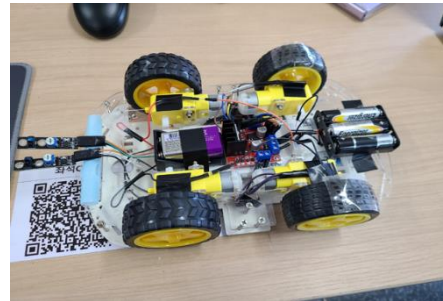
아크릴 소재의 4WD 주행로봇 프레임 세트를 조립하여 자동차 외관을 제작했다. 또한 사용자에게 노출되는 상부의 아크릴 프레임은 화이트 페인트로 도색을 하여 배달로봇의 미관을 살리고자 했다.



조립 전 모습

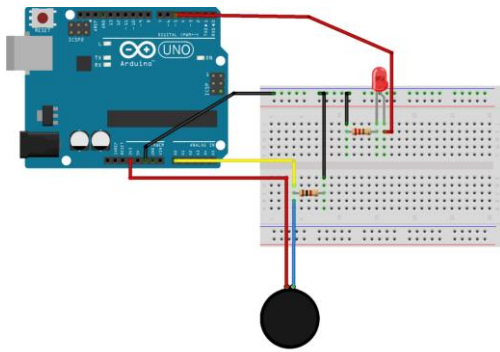


조립 후 모습 (윗면)

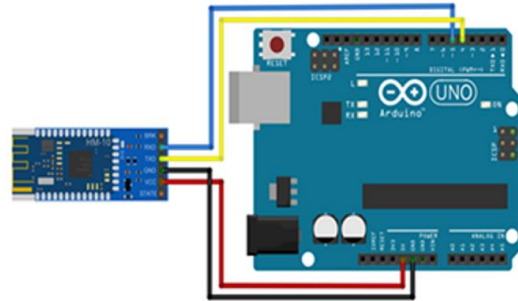


조립 후 모습 (바닥면)

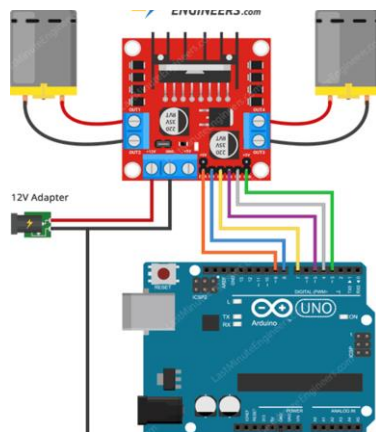
3) 회로 구성



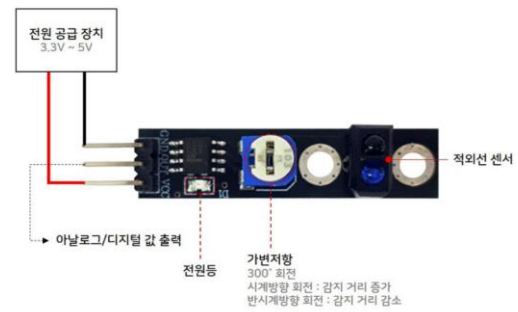
압력 센서 연결 회로



블루투스 HM-10 연결 회로



DC 모터 연결



IR 적외선 센서 모듈 연결 회로

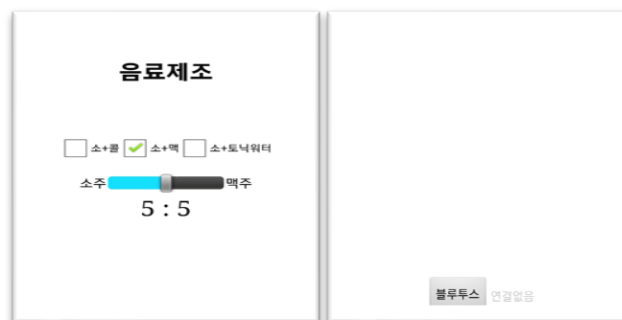
4) 주행 경로 제작



VI. 모바일 어플리케이션 제작

음료 재료 선택	음료 조합 가운데 사용자가 원하는 조합을 선택하여 재료를 설정한다
음료 비율 조절	비율 바를 이용해 재료의 비율을 세밀하게 설정한다
블루투스 기기 검색	연결 가능한 블루투스 기기를 검색해 목록으로 보여준다
블루투스 기기 연결	사용자는 'Dispenser' 를 선택해 디스펜서와 블루투스 연결을 한다
블루투스 신호 발신	선택된 음료와 비율 정보를 담은 '0, 0.3, 0, 0.7' 형식의 신호를 디스펜서로 전송한다

- 선택된 레시피에 맞춰 비율 바의 명시된 음료 이름이 변경된다.
- 비율 바 조절 시 비율은 항상 1로 나누어 떨어진다.
- 블루투스 연결 시, 연결된 블루투스 장치 이름이 버튼 옆에 명시된다.



모바일 어플리케이션 음료 제조

VII. 예외상황 처리

디스펜서 배출구 앞으로 배달로봇의 도착 여부를 이중으로 확인하여 동작의 안정성을 높였다.

다음은 발생 가능한 예외상황을 처리하는 과정이다.

문제 1 : 배달로봇 주행로 이탈	문제 2 : 디스펜서의 배달로봇 외 물체 감지
<p>배달로봇은 출발하여 라인트레이서 주행을 시작한다. 주행 도중 정지하였을 때, 디스펜서에 도달한 것으로 간주하고 디스펜서에 블루투스 도착 신호인 'a' 를 발신한다.</p> <p>주문을 받은 배달로봇이 디스펜서로 이동하는 도중 하드웨어적인 문제로 인해 정지한 경우, 디스펜서가 배달로봇이 아닌 바닥에 음료를 배출하는 상황이 발생할 수 있다.</p>	<p>디스펜서가 초음파 센서만을 사용하여 로봇 도착 여부를 판단하는 경우 로봇이 아닌 다른 이물질이 센서에 감지됐을 때도 음료를 배출할 수 있다.</p>
예외처리	
<p>디스펜서 측에서 배달로봇의 도착 신호 수신과 초음파 센서 감지 여부 두 가지를 통해 배달로봇의 실제 도착 여부를 판단한다.</p> <p>이와 같이 배달로봇의 도착 여부를 디스펜서가 이중으로 확인하도록 하면, 배달로봇이 경로를 이탈하였더라도 디스펜서가 배달로봇을 감지하기 전까지 음료를 배출하지 않고, 대기상태에 들어가게 된다.</p> <p>또한 배달로봇이 주행 중일 때 디스펜서에 다른 물체가 감지된 경우 또한 마찬가지로 배달로봇의 도착신호를 수신하지 않은 상태이기 때문에 음료를 배출하지 않고 대기상태에 들어가게 된다.</p> <p>이러한 메커니즘은 배달로봇이 사용자에게 음료를 제대로 배달했는지 여부를 체크함에 있어서 동일하게 적용된다.</p>	

VIII. 프로젝트 동작 흐름(변경 전)

- 1) 사용자가 모바일 어플리케이션에서 블루투스 연결 버튼을 눌러 디스펜서와 연결한다.
- 2) 주문하고자 하는 음료의 레시피와 혼합 비율을 선택한다.
- 3) 어플리케이션은 레시피 정보를 담은 신호("0,0.3,0.7,0"의 형식)를 디스펜서로 전송한다.
- 4) 디스펜서는 블루투스 신호로 레시피 정보를 받고 배달로봇에게 신호 '1'를 전송한다.
- 5) 배달로봇이 블루투스 신호로 '1'을 받으면 경로를 감지할 때까지 직진한다.

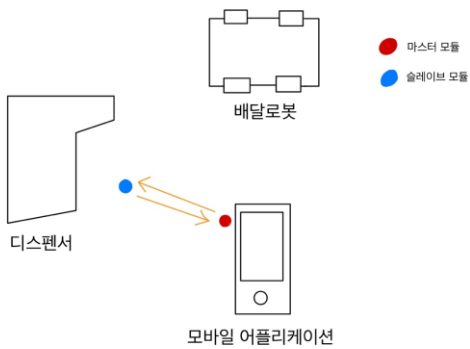
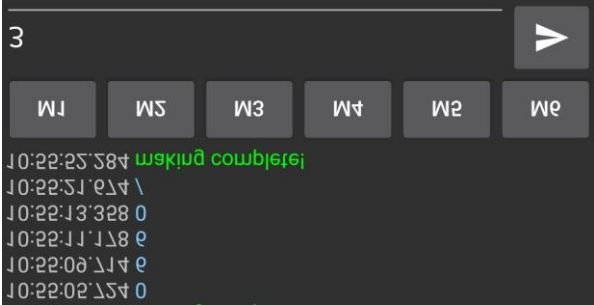
- 6) 배달로봇이 경로를 감지하면 라인 트레이서 주행을 시작한다.
- 7) 배달로봇이 경로가 중단되는 지점에 도달하면 정지하고, 디스펜서에 블루투스 신호 'a'를 전송한다.
- 8) 디스펜서가 배달로봇으로부터 신호 'a'를 받고, 디스펜서의 초음파 센서로 배달로봇이 감지되면 디스펜서가 레시피에 맞춰 음료를 배출한다.
- 9) 디스펜서가 음료배출이 완료되면 배달로봇에게 블루투스 신호 '2'를 전송한다.
- 10) 배달로봇이 신호 '2'를 받으면 경로를 감지할 때까지 직진한다.
- 11) 배달로봇이 경로를 감지하면 라인 트레이서 주행을 시작한다.
- 12) 배달로봇이 경로가 중단되는 지점에 도달하면 정지하고, 디스펜서에 블루투스 신호 'b'를 전송 후 변수 설정을 초기화한다.
- 13) 디스펜서가 신호 'b'를 받으면 어플리케이션에 블루투스 신호 "ENJOY!" 를 전송 후 변수 설정을 초기화한다.
- 14) 어플리케이션이 블루투스 신호로 "ENJOY!"를 받고, 사용자에게 메시지 "ENJOY!"를 띄운다.

상황	server	client	data
레시피 전송	모바일 어플리케이션	디스펜서	[콜라 비율], [소주 비율], [맥주 비율], [토닉워터 비율]
출발 신호	디스펜서	로봇	1Wn
도착 신호	로봇	디스펜서	a
(음료 배출 후) 출발신호	디스펜서	로봇	2Wn
(음료 배출 후)	디스펜서	모바일	메세지

휴대폰 메시지		어플리케이션	
---------	--	--------	--

IX. 변경사항

만능기판와 STM32 보드의 하드웨어적 결함으로 인해 시간이 다소 소모되어 프로젝트 규모를 축소하기로 결정했다. 변경 사항은 다음의 표와 같다.

관련 모듈	기존	변경
FB755AC	STM32 보드에 2 개 연결	STM32 보드에 1 개 연결
HM10	배달 로봇에 1 개 연결	제거
		
모바일 어플리케이션	앱 인벤터로 자체 제작한 어플리케이션	Serial Bluetooth Terminal 어플리케이션으로 직접 신호 전송
		

X. 프로젝트 동작 흐름(변경 후)

- 1) 사용자가 모바일 어플리케이션에서 블루투스 연결 버튼을 눌러 디스펜서와 연결한다.
- 2) 주문하고자 하는 음료의 레시피와 혼합 비율을 선택한다.
- 3) 어플리케이션은 레시피 정보를 담은 신호("0370/"의 형식)를 디스펜서로 전송한다.
- 4) 사용자가 배달로봇 위에 잔을 올린 뒤 배달로봇에 부착된 버튼을 누른다.
- 5) 배달로봇이 경로를 감지할 때까지 직진한다.
- 6) 배달로봇이 경로를 감지하면 라인 트레이서 주행을 시작한다.
- 7) 배달로봇이 경로가 중단되는 지점에 도달하면 정지하고 음료 배출 대기 상태로 들어간다.
- 8) 디스펜서가 디스펜서의 초음파 센서로 배달로봇이 감지되면 디스펜서가 3 초간 대기한 뒤 레시피에 맞춰 음료를 순차적으로 배출한다.
- 9) 디스펜서가 음료배출이 완료되면 어플리케이션에 제조 완료 메시지를 전송한다.
- 10) 배달로봇에 부착된 압력센서가 완성된 술잔의 무게를 감지하면 3 초간 대기한 뒤 경로를 감지할 때까지 직진한다.
- 11) 배달로봇이 경로를 감지하면 라인 트레이서 주행을 시작한다.
- 12) 배달로봇이 경로가 중단되는 지점에 도달하면 정지한다.
- 13) 사용자가 음료를 즐긴다.

상황	server	client	data
레시피 전송	모바일 어플리케이션	디스펜서	[콜라 비율][소주 비율] [맥주 비율][토닉워터 비율]/
(음료 배출 전) 휴대폰 메시지	디스펜서	모바일 어플리케이션	메시지
(음료 배출 후) 휴대폰 메시지	디스펜서	모바일 어플리케이션	메시지

XI. 결과 및 결론



● 개선 방안

- 1) 디스펜서에 부착된 블루투스 모듈(마스터)이 배달 로봇에 부착된 블루투스 모듈(슬레이브)과 자동으로 페어링되도록 설정한다면 프로젝트의 안정성을 더욱 향상시킬 수 있었을 것으로 예상된다.
- 2) 본 프로젝트에서는 브레드보드를 STM32 보드에 부착시키고 절연테이프와 접착제를 사용하여 회로를 고정하였으나, 납땜을 통해 더 깔끔한 회로를 구성할 수 있을 것으로 생각된다.

XII. 참고 문헌

- 1) 임베디드 설계 및 실험 교과목 강의자료
- 2) Embedded Bluetooth Module – FB155BC