2020 ICT 융합 프로젝트 공모전

# **1. 프로젝트 소개**

## **1.1 프로젝트 명**

Linetracer를 활용한 Restaurants Serving Robot

## **1.2 프로젝트 기간**

2020.02.21 ~ 2020.03.21 (4주)

## **1.3 프로젝트 팀원**

서울시립대학교 기계정보공학과 **갓**진석

서울시립대학교 기계정보공학과 서재원

서울시립대학교 기계정보공학과 송태헌

# **2. 프로젝트 개요**

## **2.1 요약**

라인트레이서 센서를 사용해서 식당에서 사람을 대신해서 음식을 서빙 해주는 로봇과 식당 테이블에서 QR 코드를 통해서 주문을 할 수 있는 무인 주문&서빙 시스템을 제작한다. 식당 이용객은 테이블 QR 코드를 찍음으로써 간단하게 주문을 하고 주문을 받는 주방에서는 로봇 위에 음식을 올려놓으면 자동으로 주문한 테이블로 배달이 되도록 한다.

## **2.2 개발 배경**

현대사회에서 생산성과 효율을 위해서 많은 분야에서 무인화/자동화가 이루어지고 있다. 이러한 추세에 따라 매장에 무인 주문 결제기인 ‘키오스크’가 설치되고 있고, 일부 매장은 어플로 주문을 하는 시스템을 도입했다. 본 프로젝트에서는 위의 주문 시스템에 자동으로 서빙을 로봇을 융합함으로 IoT를 이용한 무인 서비스 제공을 목표로 한다.

## **2.3 프로젝트 목적 및 기대효과**

이 프로젝트의 목적은 주문&서빙 시스템의 자동화 및 디지털화이다. 병렬적으로 주문을 할 수 있는 무인 주문서비스와 무인 서빙 서비스를 만드는 것이 목표이다. 무인 서빙 서비스가 있기 때문에 서빙에 필요한 인건비가 줄어들어 경제적이고 효율적이다. 무인 주문 서비스를 통해서 순간적으로 사람이 집중이 되더라도 주문하는데 기다릴 필요가 없게 된다. 또한, 주방에서 출력된 종이 영수증을 보통 주문의 순서를 정하는데, 이 프로젝트를 통해서 종이 영수증대신 태블릿 PC와 같은 전자기기로 대체할 수 있을 것이다. 이에 따라 주방에서 낭비되는 종이의 양을 줄여서 환경보호면에서도 효과가 있다.

## **2.4 개발 목표**

많은 사람들이 집중되더라도 한꺼번에 처리가 가능한 무인 병렬 주문 서비스와 주방에서 서빙할 테이블의 번호를 지정해준다면 자동으로 서빙을 해주는 서비스 구현이 목표이다.

## **2.5 세부 개발 내용**

네이버 클라우드에 비용을 지불해서 구축한 서버에 APM(Apache2, PHP, MySQL)을 설치하고, 웹 페이지와 안드로이드 어플을 제작하여 주문한 데이터가 DB인 MySQL에 저장되도록 한다. 관리자는 관리자용 웹페이지를 통해서 MySQL에 저장된 데이터를 확인해서 들어온 주문을 확인할 수 있다. 서빙을 원하는 테이블을 웹 페이지에 입력하면 마찬가지로 MySQL에 저장이 된다. 아두이노는 매장에 설치된 Wi-Fi와 연결된 상태로 구동되고, 일정 간격으로 MySQL을 확인해서 서빙 요청이 왔는지 확인한다. 서빙 명령을 받게 되면 목표 테이블까지 라인트레이싱을 하며 도달하게 된다. 이 때 서빙 하는 음식의 무게에 상관없고, 가속도에 의한 음식의 미끄러짐을 최소화하기 위해서 모터 PID속도 제어를 통해서 운동한다.

# 3. 프로젝트 설명

## 3.1 주요 동작 및 특징

QR코드를 통한 웹페이지 접근 -> 주문이 MySQL에 쌓임

주방에서 웹페이지를 실시간으로 확인이 가능 -> 서빙을 원하는 테이블 번호를 MySQL에 전송

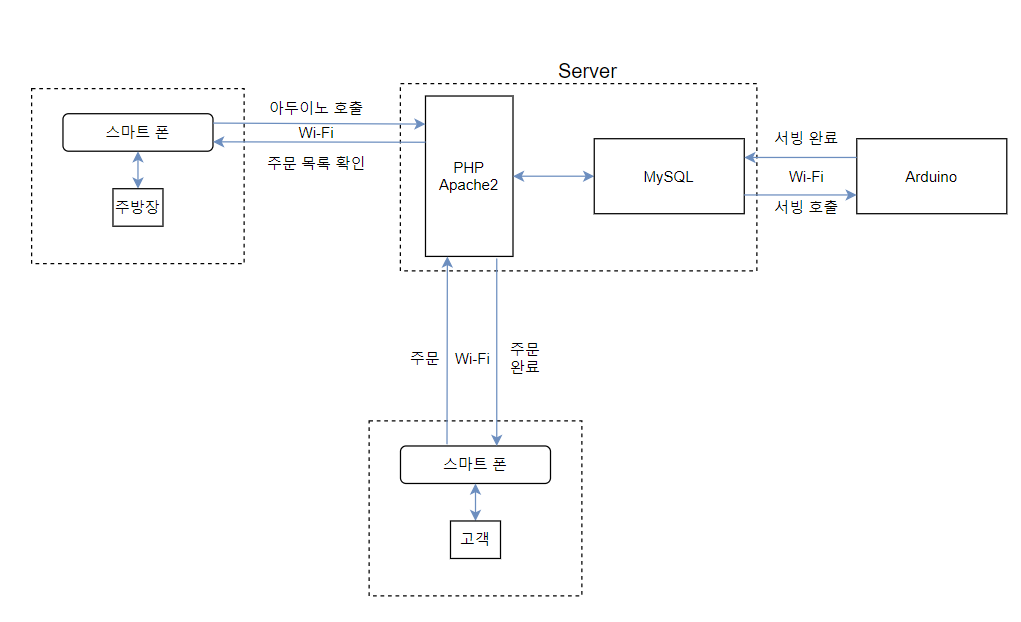
Arduino에서 실시간으로 Wi-Fi를 통한 TCP 통신 -> MySQL에서 테이블 번호를 입력 받음 -> 해당 테이블로 이동

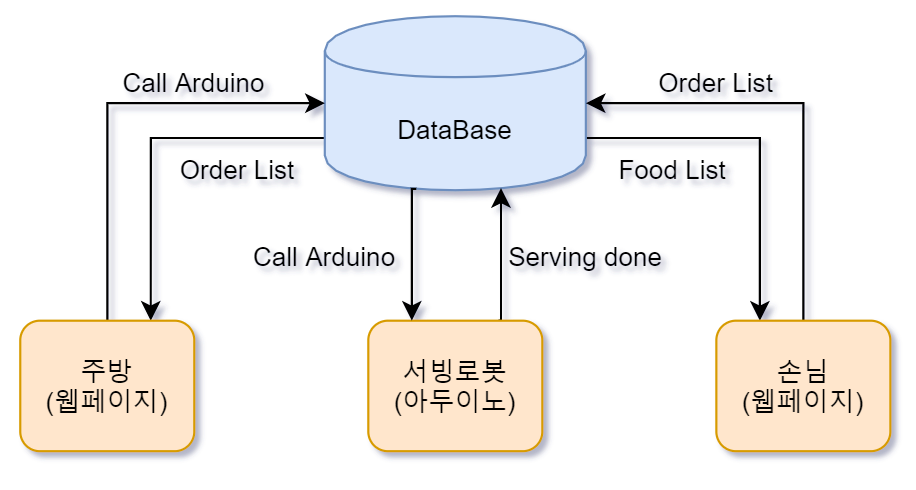
Arduino가 급격하게 움직이면서 관성으로 인한 음식 떨어뜨림, 안전하고 신속하게 이동할 수 있는 최적 속도를 계산해서 구동하도록 하는 모터 PID 제어

## 3.2 전체 시스템 구성

### 3.2.1. Software Architecture

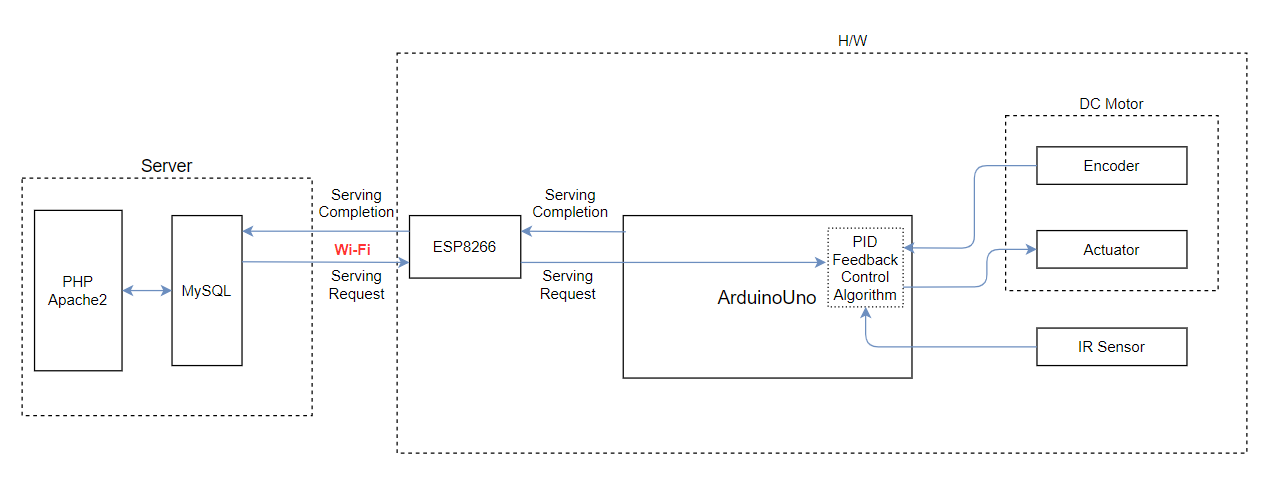
#### 3.2.1.1. Server Flowchart

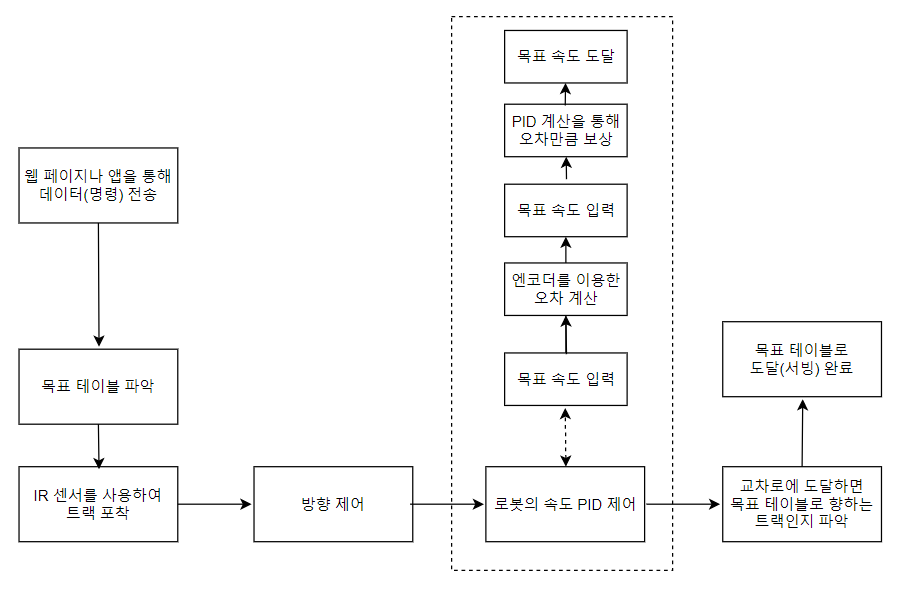




손님이 주문을 하고 RC카(아두이노)가 서빙을 하기 위한 방법으로 서버를 사용하였다. 손님이 주문을 하면 주문내역이 서버의 데이터베이스에 저장이 되고 주방에서는 서버의 데이터베이스를 확인하여 RC카(아두이노)를 호출한다. RC카(아두이노)에서는 서버의 데이터베이스를 통해서 호출 신호가 왔을 때, 지정된 테이블로 음식을 서빙한다.

3.2.2. Hardware Architecture





## 3.3 개발 환경(개발 언어, Tool, 사용 시스템 등)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 구분 | | 내용 |
| 서버 구축 | 플랫폼 | 네이버 클라우드 |
| OS | Ubuntu 16.04 (Linux) |
| Tool | Apache2/MySQL/PHP |
| 개발 언어 | html/PHP/C/C++ |
| H/W | 디바이스 | Arduino Uno/DC Motor W/ Encoder |
| 센서 | HS-IR-TRACE-II |
| Wi-Fi 통신 | ESP8266 |
| 개발 언어 | C/C++ |
| 기타 | MATLAB Simulink를 통한 DC모터의 PID 제어 |

# 4. 단계별 제작 과정

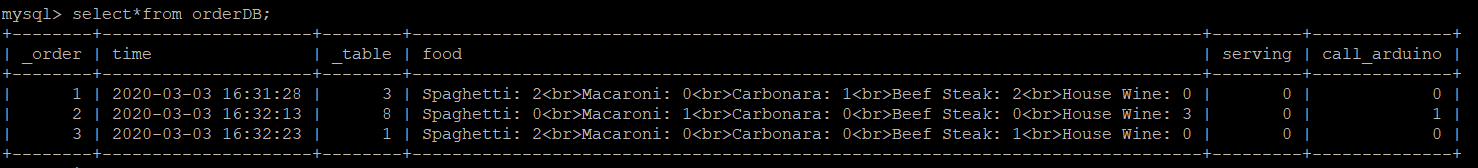
## 4.1. 서버구축

서버는 네이버 클라우스 서비스를 사용하여 구축하였다. 기본적으로 유료서비스이지만 작은 규모의 서버를 1년동안 무료로 사용할 수 있는 이벤트가 있어서 네이버 서버를 선택하였다. 서버의 사양은 [Micro] 1vCPU, 1GB Mem, 50GB Disk이라 성능은 좋지 않지만 이번 프로젝트에서는 문제가 없다고 판단하였다. 서버의 OS는 Ubuntu 16.04 LTS Server를 설치하였다.

## 4.2 APM 설치

(갓째원 적어줘요~)

## 4.3 MySQL 데이터베이스 구축

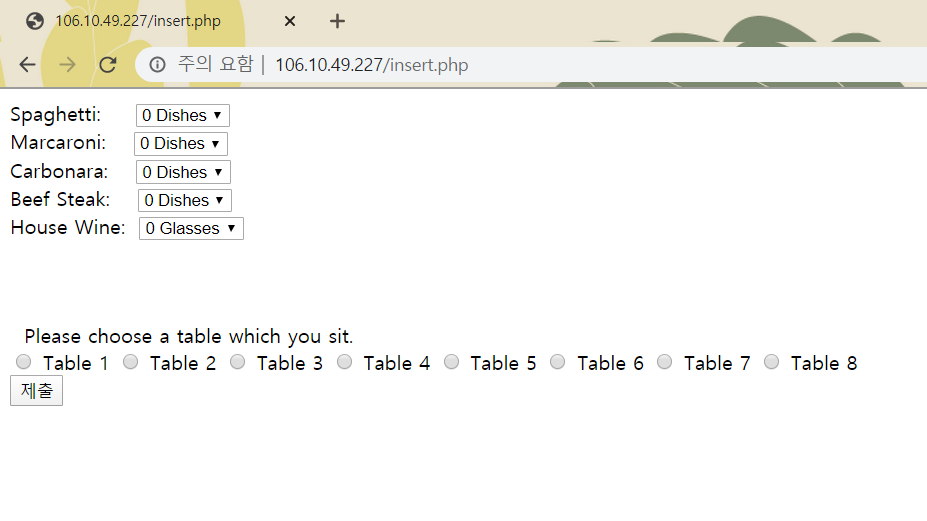


Windows에서 MySQL Workbench를 설치하여 좀 더 쉽게 MySQL를 다룰 수 있도록 하였다. orderDB의 테이블 속, 각 데이터들은 다음을 의미한다. \_order는 주문순서, time는 주문시간, \_table는 주문 테이블 번호, food는 주문한 음식과 수량, serving는 서빙이 완료되었는지 안되었는지, call\_arduino는 RC카(아두이노)가 확인하는 데이터로써 값이 1일 경우, RC카(아두이노)가 음식을 서빙한다.

\_order열에는 값을 입력하지 않아도 자동으로 값이 1씩 증가하도록 설정하였고, time은 ubuntu서버에 있는 시간을 자동으로 입력 받도록 설정하였다. 아래에 기술할 웹페이지에서 \_table, food, call\_arduino열을 설정할 수 있도록 연동하였다.

## 4.4 웹 페이지 제작

4.4.1 손님용 웹 페이지



손님용 웹페이지

구축한 서버를 통해 웹 페이지를 제작했고, 포트 포워딩을 설정하여 외부 IP를 이용하여 접속이 가능하도록 하였다. 현재 제공하고 있는 음식의 목록과 개수를 HTML 리스트박스를 통해서 선택하고, 앉을 테이블 번호를 라디오 버튼을 이용해서 선택할 수 있다. ‘제출’버튼을 누르면 서버의 데이터베이스인 MySQL에 저장이 된다. insert.php에서는 웹 페이지에서 정보를 받아와서 MySQL에 데이터를 입력하는 코드를 구성하였고, dbcon.php에는 MySQL에 접근하는 코드를 구현하였다. 이 웹 페이지를 생성하기 위한 php파일의 코드는 아래와 같다.

**insert.php 코드**

<?php

error\_reporting(E\_ALL);

ini\_set('display\_errors',1);

include('dbcon.php');

if( ($\_SERVER['REQUEST\_METHOD'] == 'POST') && isset($\_POST['submit']))

{

$\_table=$\_POST['\_table'];

$food="Spaghetti: ".$\_POST['amount\_a']."<br>Macaroni: ".$\_POST['amount\_b']."<br>Carbonara: ".$\_POST['amount\_c']."<br>Beef Steak: ".$\_POST['amount\_d']."<br>House Wine: ".$\_POST['amount\_e'];

if(!isset($errMSG))

{

try{

$stmt = $con->prepare('INSERT INTO orderDB(\_table, food) VALUES(:\_table, :food)');

$stmt->bindParam(':\_table', $\_table);

$stmt->bindParam(':food', $food);

if($stmt->execute())

{

$errMSG = 'We just got your order. Thank you.';

}

else

{

$errMSG = "Unexpected error occured. Please try again.";

}

} catch(PDOException $e) {

die("Database error: " . $e->getMessage());

}

}

}

?>

<html>

<body>

<?php

if (isset($errMSG)) echo $errMSG;

if (isset($successMSG)) echo $successMSG;

?>

<form action="<?php $\_PHP\_SELF ?>" method="POST">

Spaghetti:&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;

<select name="amount\_a">

<option value="0"> 0 Dishes</option>

<option value="1"> 1 Dish</option>

<option value="2"> 2 Dishes</option>

<option value="3"> 3 Dishes</option>

<option value="4"> 4 Dishes</option>

</select>

<br>

Marcaroni:&nbsp;&nbsp;&nbsp;

<select name="amount\_b">

<option value="0"> 0 Dishes</option>

<option value="1"> 1 Dish</option>

<option value="2"> 2 Dishes</option>

<option value="3"> 3 Dishes</option>

<option value="4"> 4 Dishes</option>

</select>

<br>

Carbonara:&nbsp;&nbsp;&nbsp;

<select name="amount\_c">

<option value="0"> 0 Dishes</option>

<option value="1"> 1 Dish</option>

<option value="2"> 2 Dishes</option>

<option value="3"> 3 Dishes</option>

<option value="4"> 4 Dishes</option>

</select>

<br>

Beef Steak:&nbsp;&nbsp;&nbsp;

<select name="amount\_d">

<option value="0"> 0 Dishes</option>

<option value="1"> 1 Dish</option>

<option value="2"> 2 Dishes</option>

<option value="3"> 3 Dishes</option>

<option value="4"> 4 Dishes</option>

</select>

<br>

House Wine:&nbsp;

<select name="amount\_e">

<option value="0"> 0 Glasses</option>

<option value="1"> 1 Glass</option>

<option value="2"> 2 Glasses</option>

<option value="3"> 3 Glasses</option>

<option value="4"> 4 Glasses</option>

</select>

<br>

<form action="<?php $\_PHP\_SELF ?>" method="POST">

<br><br><br> &nbsp; Please choose a table which you sit. <br>

<input type = "radio" name = "\_table" value = "1" /> Table 1

<input type = "radio" name = "\_table" value = "2" /> Table 2

<input type = "radio" name = "\_table" value = "3" /> Table 3

<input type = "radio" name = "\_table" value = "4" /> Table 4

<input type = "radio" name = "\_table" value = "5" /> Table 5

<input type = "radio" name = "\_table" value = "6" /> Table 6

<input type = "radio" name = "\_table" value = "7" /> Table 7

<input type = "radio" name = "\_table" value = "8" /> Table 8 <br>

<input type = "submit" name = "submit" />

</form>

</body>

</html>

**dbcon.php 코드**

<?php

$host = 'localhost';

$username = '#########'; # MySQL 계정 아이디

$password = '#########'; # MySQL 계정 패스워드

$dbname = 'project'; # DATABASE 이름

$options = array(PDO::MYSQL\_ATTR\_INIT\_COMMAND => 'SET NAMES utf8');

try {

$con = new PDO("mysql:host={$host};dbname={$dbname};charset=utf8",$username, $password);

} catch(PDOException $e) {

die("Failed to connect to the database: " . $e->getMessage());

}

$con->setAttribute(PDO::ATTR\_ERRMODE, PDO::ERRMODE\_EXCEPTION);

$con->setAttribute(PDO::ATTR\_DEFAULT\_FETCH\_MODE, PDO::FETCH\_ASSOC);

if(function\_exists('get\_magic\_quotes\_gpc') && get\_magic\_quotes\_gpc()) {

function undo\_magic\_quotes\_gpc(&$array) {

foreach($array as &$value) {

if(is\_array($value)) {

undo\_magic\_quotes\_gpc($value);

}

else {

$value = stripslashes($value);

}

}

}

undo\_magic\_quotes\_gpc($\_POST);

undo\_magic\_quotes\_gpc($\_GET);

undo\_magic\_quotes\_gpc($\_COOKIE);

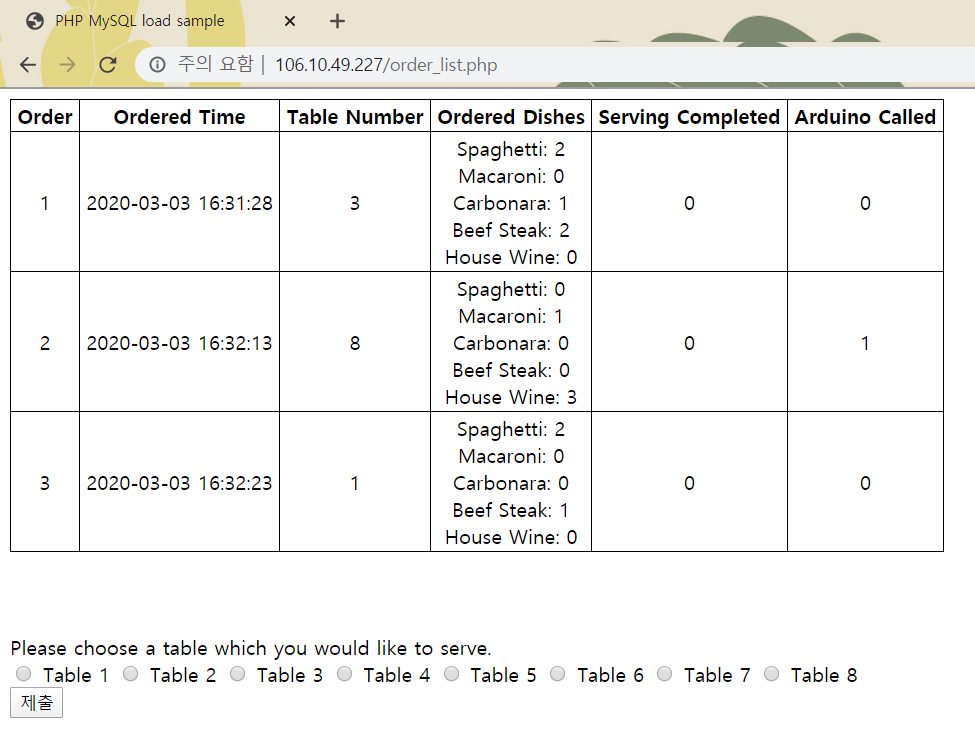
}

header('Content-Type: text/html; charset=utf-8');

#session\_start();

?>

4.4.2 관리자용 웹 페이지



손님용 웹페이지에서 입력한 MySQL 정보를 읽어와서 표로 표현해주는 기능을 한다. 요리가 완료되면 아래에 있는 테이블 번호를 입력하고 ‘제출’버튼을 누르면 Arduino Called열이 1로 바뀌어 아두이노에게 서빙 명령을 내릴 수 있다. 위의 기능을 실행하기 위한 order\_list.php의 코드는 아래와 같다.

<CTYPE html>

<html>

<head>

<meta charset="UTF-8" />

<title>PHP MySQL load sample</title>

<style type="text/css">

table {

border: 0;

border-collapse: collapse;

border-spacing: 0;

}

table td, table th {

border: 1px solid;

padding: 2px 5px 2px 5px;

}

.text-center { text-align: center; }

.text-right { text-align: right; }

</style>

</head>

<body>

<?php

/\* Load DB \*/

$conn = mysqli\_connect('localhost', '#######', '########', 'project'); #MySQL 아이디, 패스워드 입력

if ( !$conn ) die('DB Error');

/\* Set to UTF-8 Encoding \*/

mysqli\_query($conn, 'set session character\_set\_connection=utf8;');

mysqli\_query($conn, 'set session character\_set\_results=utf8;');

mysqli\_query($conn, 'set session character\_set\_client=utf8;');

/\* Load data \*/

$query = 'SELECT \* FROM orderDB';

$result = mysqli\_query($conn, $query);

echo '<table class="text-center"><tr>' .

'<th>Order</th><th>Ordered Time</th><th>Table Number</th><th>Ordered Dishes</th><th>Serving Completed</th><th>Arduino Called</th>' .

'</tr>';

while( $row = mysqli\_fetch\_array($result) ) {

echo '<tr><td>' . $row['\_order'] . '</td>' .

'<td>' . $row['time'] . '</td>' .

'<td>' . $row['\_table']. '</td>' .

'<td>' . $row['food'] . '</td>' .

'<td>' . $row['serving']. '</td>' .

// '<td class="text-right">' .

'<td>' . $row['call\_arduino'] . '</td></tr>';

}

echo '</table>';

//mysqli\_close($conn);

?>

<form action="<?php $\_PHP\_SELF ?>" method="POST">

<br><br><br> Please choose a table which you would like to serve. <br>

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "1" /> Table 1

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "2" /> Table 2

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "3" /> Table 3

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "4" /> Table 4

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "5" /> Table 5

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "6" /> Table 6

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "7" /> Table 7

<input type = "radio" name = "table\_num" value = "8" /> Table 8 <br>

<input type = "submit" name = "submit" />

</form>

<?php

$insertQuery = "update orderDB set call\_arduino = 1 where \_table = ".$\_POST['table\_num'];

mysqli\_query($conn, $insertQuery);

?>

</body>

</html>

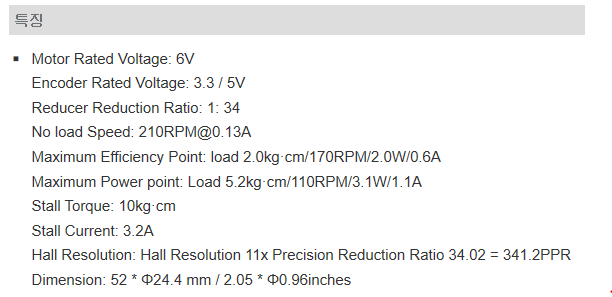
## 4.5 QR코드 생성

웹사이트 <https://ko.qr-code-generator.com/> 에서 URL를 QR코드로 바꿔주는 서비스를 통해서 웹페이지 두개(관리자용, 손님용)를 QR코드로 바꾸어 주었다.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| QR코드(관리자용) | QR코드(손님용) |

## 4.6 Arduino에서 Wi-Fi통신을 통한 MySQL 데이터 수신

## 4.7 DC모터의 PID Feedback Control



위의 모터의 Specification을 참고해서 [T:토크(kgf∙cm) V:전압(V), I:전류(A), w:각속도(rad/s), R:저항(Ω)] 아래의 관계식을 세울 수 있다.

T∝

V=IR

두개의 식을 연립하고 비례상수 k를 도입하면 아래의 식으로 변환이 가능하다.

Tw=k

Stall Torque는 최대 토크의 값을 의미하고, 이는 최대 전압인 6V와 Stall Current인 3.2A일 때 성립한다. 따라서 옴의 법칙에 의해서

6=3.2R

R=1.875Ω

모터의 저항은 1.875Ω이다.

또한, Maximum Power Point의 값을 Tw=k에 대입하면

5.2=k

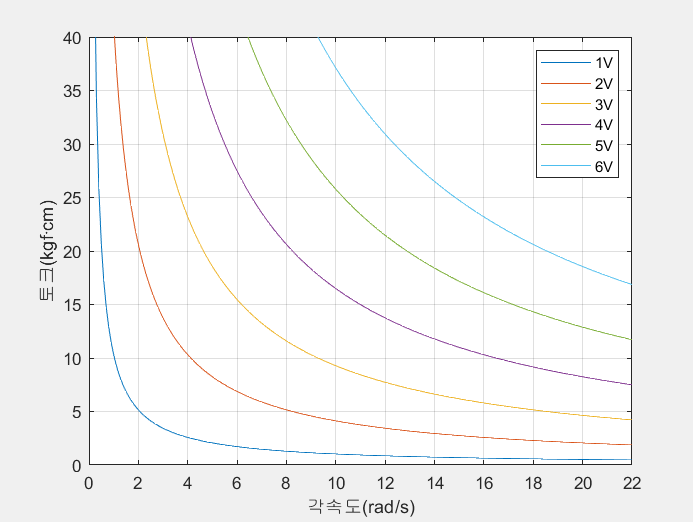
k=19.3225

비례상수 k값을 수 있다. 위의 식을 정리하면

Tw===10.3053

Tw=10.3053

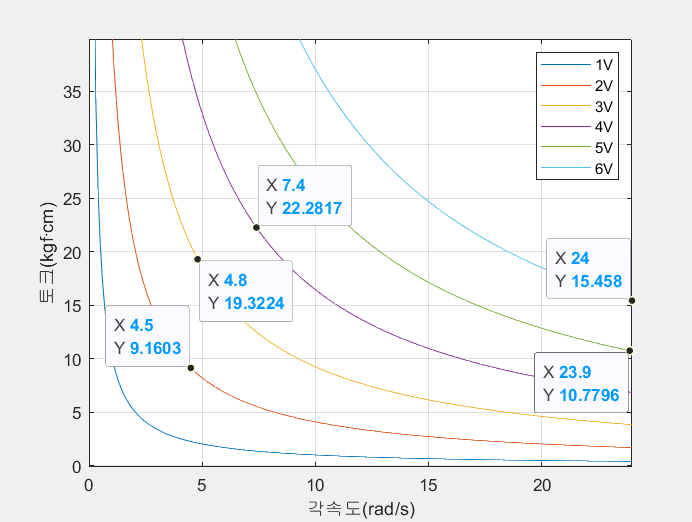
# 의 식을 구할 수 있다. 아두이노에서 pwm제어로 V를 제어할 수 있기 때문에, V가 각각 1V, 2V, 3V, 4V, 5V, 6V일 때 x축을 각속도, y축을 토크로 그래프를 도사하면 아래와 같다.



전압을 가했을 때 각속도와 토크의 값을 정확히 모델링으로부터 알 수 없기 때문에, 엔코더를 이용해서 측정한 각속도 각속도 값은 다음과 같다.

|  |  |
| --- | --- |
| V | rad/s |
| 2 | 4.5524 |
| 3 | 4.858997 |
| 4 | 7.366162 |
| 5 | 23.95988 |
| 6 | 24.6999 |

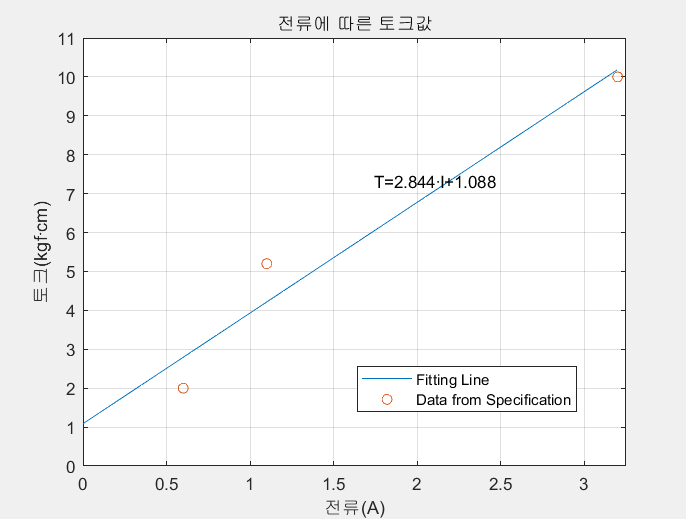
이 값을 바탕으로 토크 값을 추출하고, Line Fitting을 통해서 전압<->각속도, 전압<->토크의 관계를 알아낼 수 있다.



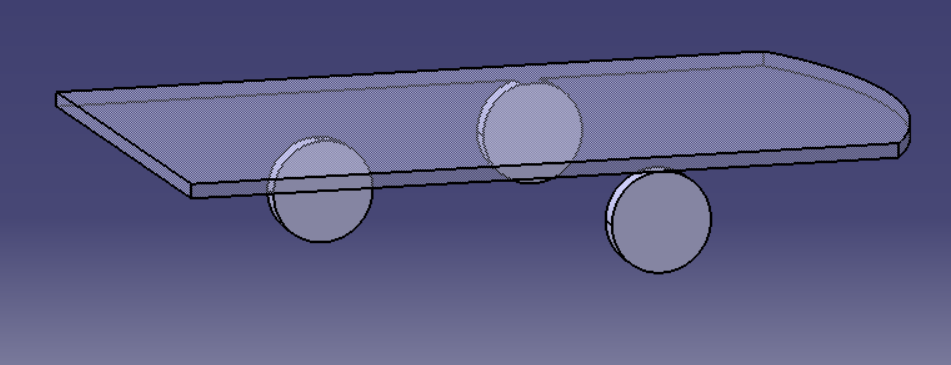
아마도 위의 데이터는 날려버랴아 할 듯 ㅠㅠㅠㅠㅠㅠ

또한, DC모터의 스펙으로부터 전류에 다른 토크의 값을 아래와 같이 기입할 수 있다.

|  |  |
| --- | --- |
| V | rad/s |
| 2 | 4.5524 |
| 3 | 4.858997 |
| 4 | 7.366162 |
| 5 | 23.95988 |
| 6 | 24.6999 |



DC모터, 아두이노 차체 시스템에서 차체를 모델링하여 전달함수를 구하기 위하여 Free Body Diagram을 그려서 계산할 필요가 있다.



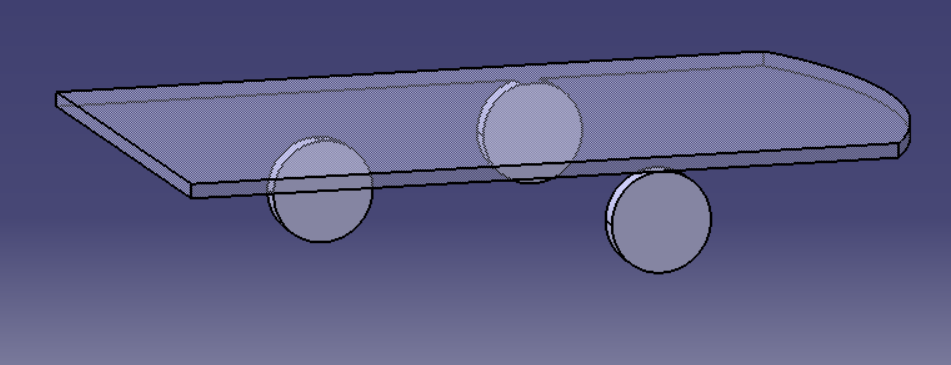
6.5cm

F

F

v

위의 그림에서 오른쪽에 있는 두개의 원이 모터가 달린 바퀴이고, 왼쪽에 있는 원은 캐스터이다. 바닥과의 마찰이 충분하여 바퀴가 헛도는 상황이 발생하지 않는다고 가정하면, 모터에 의한 토크는 바퀴 두개에 가해지는 힘으로 생각할 수 있다. 위의 그림을 다시 차체에 대해서만 Free Body Diagram을 그리면 아래와 같이 간단한 형태로 나타낼 수 있다.



cv

2F

모터에 의한 추진력 2F와 공기저항과 같은 저항에 의한 반력이 생기기 때문에 cv를 도입하였으나, 영향은 작을 것으로 예측되어 c=0.1인 낮은 값으로 가정하였다. 바퀴의 반지름이 3.25cm인것을 고려하여 운동방정식을 세우면 아래와 같다.

여기에서 은 비선형이므로, 라플라스 변환을 하기 위하여 테일러 급수를 이용해 정상상태에서의 선형화한 값을 도출해낸다.

차체의 무게는 약 400g이고, 정상상태에서 가속도는 작은 것을 목표로 =0.01cm/s2을 대입하여 이 식을 정리한다.

Fitting Line에서 구한 T=2.844∙I+1.088을 대입하여 위의 식을 정리한다.

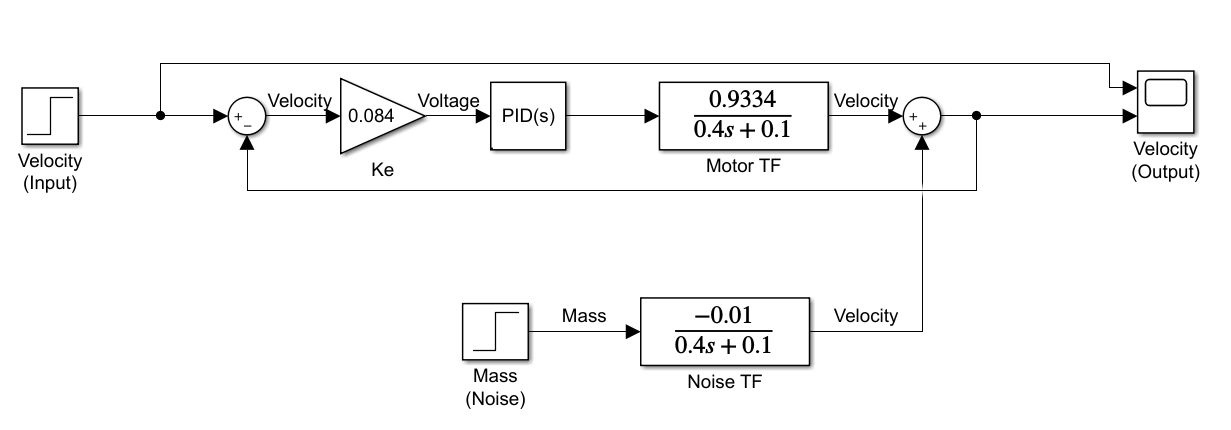
상수를 모두 없애기 위해서, 이 식을 편차변수로 나타낼 수 있다.

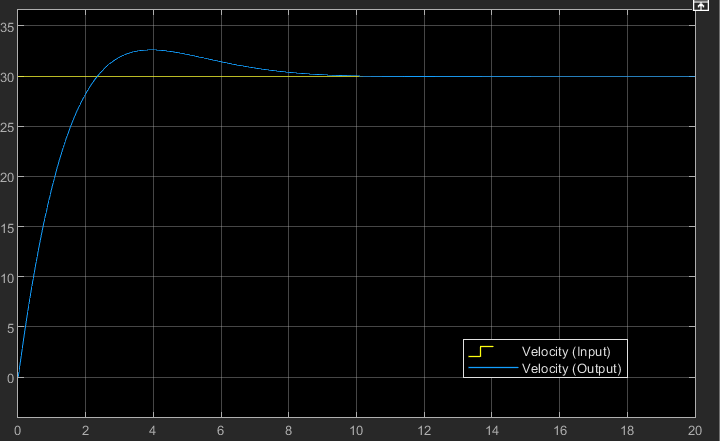
옴의 법칙을 이용해서 전류를 전압에 대한 식으로 바꾼다.

위 식을 라플라스 변환하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

이 전달함수를 구할 수 있다.

이 식을 바탕으로 MATLAB을 활용하여 Simulink를 구성하면 다음과 같다.





# 5. 기타(회로도, 소스코드, 참고문헌 등)

기타는 이렇다!