

# 미래 DX 생활가전 리빙 솔루션+ 프로젝트 결과보고서

※ 하단 양식을 참고로 내용 목차를 포함해 자유 양식으로 A4 규격 3매 이상 작성

※ 목차 12pt 본문 10pt, 표, 사진, 그림 등 자유롭게 기술

주제명	뉴갈매기-PCBA와 Serial 통신을 이용한 Washing Machine Simulator 알고리즘 구현 및 결함 분석 tool 개발
프로젝트 수행 배경 및 해결과정	
목적, 개발동기 및 필요성	<p>- 제작목적, 개발동기 및 문제해결의 필요성 등 기술</p> <p>- 참가주제에 대한 각 팀의 문제 인식 내용 기술</p> <p>세탁기 같은 가전제품을 돌렸을 때 각 부하별로 여러 가지 결함이 발생할 수 있다. 이때 발생하는 결함은 세탁기 전체에 일시적, 또는 영구적인 결함을 연쇄적으로 유발할 수 있다. 본 팀은 위와 같은 문제를 가전 세탁기 제작 전에 미리 예방하고자 한다.</p> <p>그 방안으로 세탁기의 각종 부하를 가상화하고 PCBA에 시리얼 통신으로 부하의 동작을 대체 전달하여 부하 없이 사이클을 동작하는 것을 채택하였다. 그리고 위의 방안을 통해 세탁기를 사용하면서 발생할 수 있는 여러 문제들을 결함 분석 tool을 활용해 시뮬레이션해보면서 각종 장치들과 제품의 현재상태를 한 눈에 확인할 수 있도록 한다. 예를 들면, 센서 하나에 문제가 생겼을 때 다른 부하들에 결함이 생기는지, 물 높이 또는 물 온도 등 수치값에 변화가 생기는지 미리 알아낼 수 있다.</p>
프로젝트 수행과정	<p>- 과제의 해결과정, 수행방법 등 기술, 필요 시 표 또는 그림 등 삽입</p> <p>1. 전체 과제 흐름 설계</p> <div data-bbox="408 1151 1347 1263"> <pre> graph LR     A[PCBA 세탁기 회로] &lt;--&gt; 시리얼 통신  B[아두이노]     B &lt;--&gt; 시리얼 통신  C[세탁기 시뮬레이터]         </pre> </div> <p>그림1 제품 상호 통신 도식도</p> <p>본 팀은 먼저, LG전자에서 제공받은 PCBA 세탁기 회로와 아두이노 간의 통신을 통해 세탁기 관련 각종 데이터 값을 주고받는다. 아두이노에서 이러한 데이터 값들 중 우리가 세탁기 시뮬레이터에 나타낼 값들을 시리얼 통신을 이용하여 세탁기 시뮬레이터에 전송한다. 이러한 과정을 통해 실제 세탁기가 한 사이클동안 동작할 때, 물 높이, 물온도, 밸브 동작 유무 값 등을 가시적으로 확인하여 세탁기가 잘 동작하는지 확인한다.</p> <p>2. 세탁기 시뮬레이터 알고리즘 구현</p> <p>본 팀은 LG전자에서 제공받은 PCBA 세탁기 회로에서 아두이노를 사용해 아래와 같은 데이터 값들을 실제 세탁기와 비슷하게 동작할 수 있도록 값들과 알고리즘을 구현하는 것을 요청 받았다. 그 중 9개의 송신데이터를 아두이노를 활용해 구현하고자 하였다.</p>

Data	PacketType_Common	Data_PacketType_Common			
3	PacketType_Common	WaterFreq	2	UINT16_BE	2
4	PacketType_Common	WashTemp	4	UINT16_BE	2
5	PacketType_Common	IPMTemp	6	UINT16_BE	2
6	PacketType_Common	SteamTemp	8	UINT16_BE	2
7	PacketType_Common	DryHeaterTemp	10	UINT16_BE	2
8	PacketType_Common	SteamLong_Voltage	12	UINT16_BE	2
9	PacketType_Common	SteamShort_Voltage	14	UINT16_BE	2
10	PacketType_Common	탁도센싱 Value	16	UINT8	1
11	PacketType_Common	RequestRPM	17	UINT16_BE	2

그림2 송신 데이터에 있는 총 9개 가상 부하에 대한 요구 조건

### 3. 세탁기 결함 분석 시뮬레이터 개발

본 팀은 LG전자에서 요구받은 9개의 가상부하 알고리즘 구현에서 더 나아가 세탁기 시뮬레이터 동작 시 어디에서 결함이 발생하는지에 대한 분석 tool을 개발하고자 하였다. 폼보드와 아크릴판 등을 이용해 직육면체 모양으로 설계하고자 하였다. LED와 LCD를 시뮬레이터 안에 추가하여 여러 상태들이 가시적으로 잘 보이게 구상하였다.

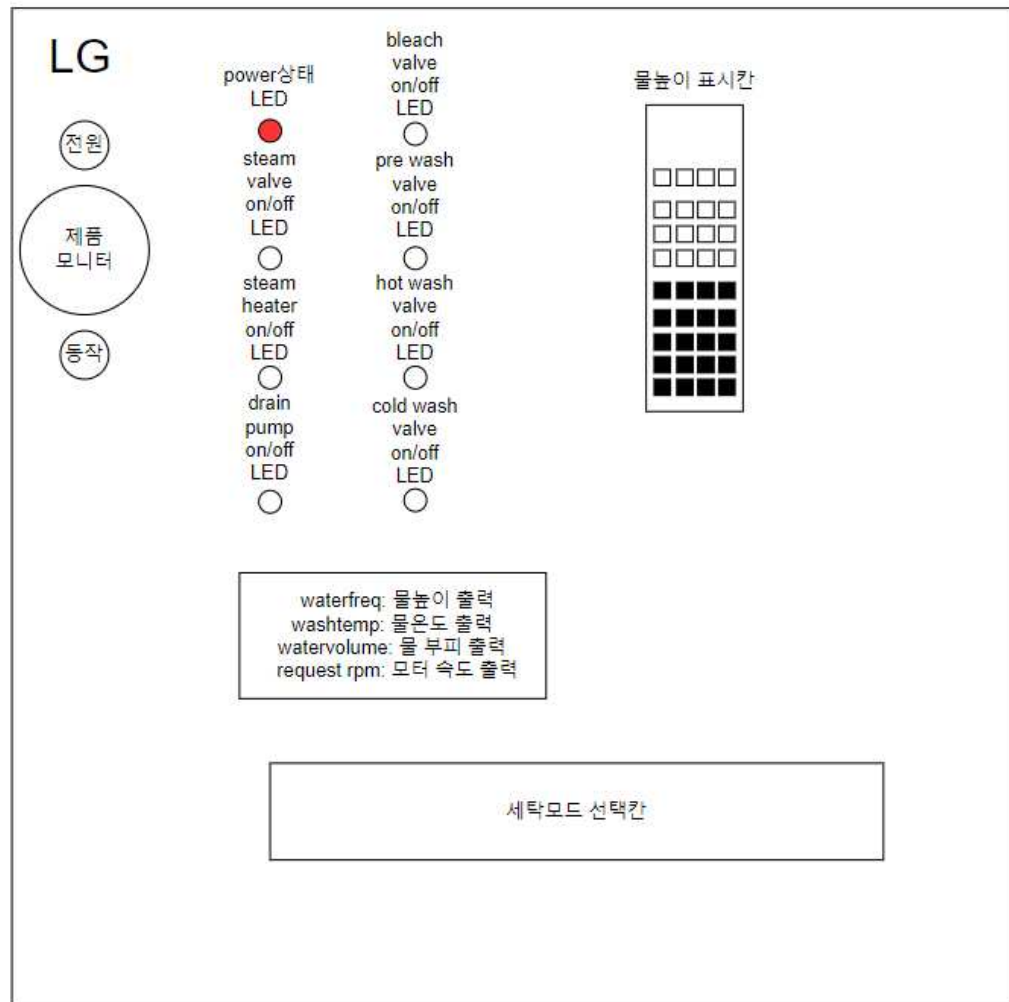


그림3 세탁기 결함 분석 시뮬레이터 정면도

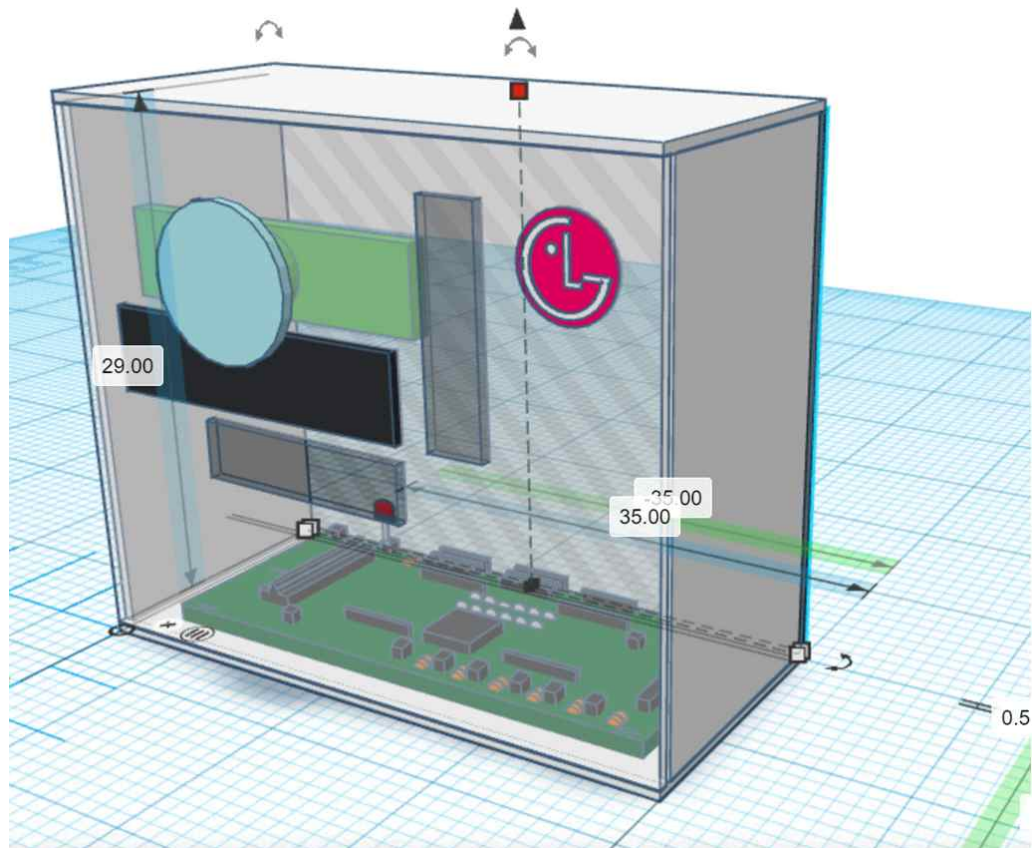


그림 4 세탁기 결함 분석 시뮬레이터 설계도(CAD)

## 내용

- 과제의 이론적·기술적 근거
- 과제의 개념설계, 상세설계 및 계산에 대한 설명
- 과제의 특징점 및 구체적인 과제 수행내용을 기술
- 과제의 이론적·기술적 근거

전력 시스템에서 고장 또는 고장 전류는 비정상적인 전류이다. 예를 들어, 단락은 활선이 중성선이나 접지선에 닿는 결함이다. 개방 회로 오류는 전류가 흐르는 전선(상 또는 중성선)의 고장이나 끊어진 퓨즈 또는 회로 차단기로 인해 회로가 차단된 경우에 발생한다. 예측 가능한 오류의 예상 단락 전류는 대부분의 상황에서 계산할 수 있다. 전력 시스템에서 보호 장치는 오류 상태를 감지하고 회로 차단기 및 기타 장치를 작동하여 고장으로 인한 서비스 손실을 제한할 수 있다.<sup>1)</sup>

로봇 시뮬레이터는 '실제' 로봇에 의존하지 않고 특정(또는 그렇지 않은) 로봇을 위한 임베디드 애플리케이션을 만드는 데 사용된다. 경우에 따라 이러한 응용 프로그램을 수정하지 않고 실제 로봇으로 전송(또는 재구축)할 수 있다. 로봇 시뮬레이터는 비용, 시간 또는 자원의 '고유성' 때문에 현실 세계에서 '생성'할 수 없는 상황을 재현할 수 있다. 시뮬레이터는 또한 빠른 로봇 프로토타이핑을 가능하게 한다. 많은 로봇 시뮬레이터에는 로봇의 역학을 시뮬레이션하는 물리 엔진이 있다.<sup>2)</sup>

위처럼 예측 가능한 오류로 인해 발생하는 결함을 미리 예측하여 세탁기 부품들의 손실을 미리 예방할 수 있으며, 실제 고객들이 사용하였을 때 고장으로 인해 과전류가 흘러 발생하는 안전사고 또한 예방할 수 있을 것이라 기대한다.

-과제의 상세 설계 및 계산

## 1. 아두이노를 활용한 송수신 통신 구현

먼저 우리는 아두이노를 활용해 세탁기 PCBA 회로의 데이터를 송수신 하기로 결정하였다. LG전자에서 제공해준 데이터별 인덱스와 초기값 자료를 토대로 리스트에 수신데이터와 송신데이터를 실어 상호 통신하는 알고리즘을 구현하였다. CRC checking과 초기 세탁기 오류를 제거하는 것으로 송수신의 성공여부를 판단하였다.

## 2. 아두이노를 통해 송신 데이터에 있는 총 9개 가상 부하 요구조건에 따른 알고리즘 설계

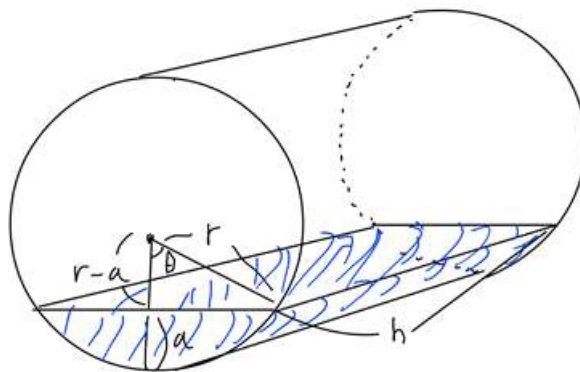
9개 부하 요구조건 중 7개의 부하는 적혀있는 요구조건 그대로 코드에 옮겨 구현하였다. 나머지 2개의 부하는 우리가 직접 초기값과 알고리즘을 설계해야 하는 부하로 수학적 설계 방법과 실험적 설계 방법 중 본 팀의 상황과 정확도를 고려하여 수학적 방법을 채택하였다.

### 1) Waterfreq함수 구현

이는 세탁 시 다양한 급수밸브 별로 달라지는 물 높이를 구현하는 함수이다. waterfreq는 물의 주파수를 의미하는데, 물의 높이에 따라 이 값이 달라지는 것을 이용해 물높이 함수를 구현한다.

- 먼저, 가상의 물을 만들고, 눅혀진 이상적인 원통을 세탁기 내부 환경으로 설정하였다.
- 물의 부피를 물의 높이에 관한 함수로 구현하는 것이 가능하므로, waterfreq, 즉 높이값을 2550~2100까지 바꿔가며 부피값에 가장 가까운 값이 될 때 waterfreq, 즉 물 높이값을 반환

-ex)물의 높이가2300.2에 가까운 물높이라 할 때 2550부터 1을 빼며 부피를 계산해 (현재 물의 부피)-(h를 바꿔가며 계산한 물의 부피)가 증가하는 순간보다 1이 큰h를 반환



$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{r-a}{r}\right)$$

$$S = \underbrace{r^2 \pi \times \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r-a}{r}\right)}{360}}_{\text{부채꼴 넓이}} - \underbrace{r(r-a)\sin\theta}_{\text{삼각형 넓이}}$$

$$V = S \cdot h$$

그림 5 WaterFreq 함수 구현 시 물의 높이로 물의 부피 변환 방법

## 2) WashTemp 함수 구현

이는 세탁 시의 차가운 물이나 뜨거운 물 급수시 온도 변화, 시간에 따른 온도 변화를 구현하는 함수이다.

- ((현재 물의 부피)\*(현재 물의 온도))+(들어온 물의 부피)\*(들어오는 물의 온도, 차가운물 약15도, 뜨거운물 약90도 설정)- (식음정도)\*(현재 물의부피))/((현재 물 부피+들어온 물 부피)의 계산식을 이용해 구현하였다.
- $Q=cmt$ 공식을 이용하여 물에서  $ml=g$ 으로 환산이 가능, 물에서 물로의 열 전달이기 때문에  $c$ 는 논외로 하여 계산하였다.
- 식음으로 변하는 열용량은 현재 물의 부피에 비례

## 3. 세탁기 결함 분석 시뮬레이터 개발



그림 6 세탁기 결함 분석 시뮬레이터 완성 사진

	<p>본 팀은 1번과 2번 과정을 통해 PCBA와 아두이노 간의 데이터 송수신을 구현하고, 아두이노를 통해 송신 데이터에 있는 총 9개 가상 부하 요구조건에 따른 알고리즘 설계를 완료하였다. 마지막으로 완성된 세탁기 알고리즘에서 더 나아가 세탁기 시뮬레이터 동작 시 어디에서 결함이 발생하는지에 대한 세탁기 결함 분석 시뮬레이터를 완성하였다.</p>



## 프로젝트 수행 결과

프로젝트 수행결과	<p>- 프로젝트 결과물의 동작, 검증 등 수행결과에 대한 설명 기술</p> <p>프로젝트 수행결과 한 사이클이 오류없이 성공적으로 동작하는 것을 세탁기 결함 분석 시뮬레이터를 통해 확인하였다. 한 사이클 동안 밸브, 펌프, 히터등이 동작할 때마다 유의미한 물온도, 물높이, 물부피, 모터동작상태가 도출되었다. 또한 LED와 LCD 역시 아두이노에 설정된 알고리즘대로 가시적으로 적절하게 발현되었다. LG전자에서 팀장님께서 보내주신 가상부하들의 요구조건을 만족하는 그래프값들이 본 팀이 제작한 부하들의 그래프값들과 거의 일치하는 것으로 보여진다.</p>																						
기대효과 및 활용 방안	<p>- 작품의 실용성, 시장성, 경제성, 사업화가능성 등</p> <p>세탁기 같은 가전제품을 돌렸을 때 각 부하별로 여러 가지 결함이 발생할 수 있다. 이때 발생하는 결함은 세탁기 전체에 다른 결함을 연쇄적으로 유발할 수 있다. 본 팀은 위와 같은 문제를 가전 세탁기 사용 전에 미리 예방하고자 한다. 그 방안으로 세탁기의 각종 부하를 가상화하고 PCBA에 시리얼 통신으로 부하의 동작을 대체 전달하여 부하 없이 사이클을 동작하는 것을 채택하였다. 추가적으로 세탁기의 결함 분석 시뮬레이터를 추가하여 이를 통해 세탁기를 사용하면서 발생할 수 있는 여러 문제들을 시뮬레이션해 볼 수 있다. 즉, 시뮬레이터를 통해 위에 언급한 부하들의 결함과 물높이, 물온도 등 수치값의 변화를 파악할 수 있다. 나아가 이러한 결함과 변화를 해결하기 위해 추가 회로를 설계하거나 부하를 보완하여 설계할 수 있다. 이처럼 본 시뮬레이터는 문제가 발생했을 때 언제든지 문제를 해결해나갈 수 있는 도구로 사용할 수 있다. 이를 통해 최적의 로직을 가지는 가전 세탁기로 발전해나갈 수 있다. 회사에서는 이러한 시뮬레이션으로 실제 부하의 낭비로 인한 비용을 절감할 수 있고, 세탁기를 사용하는 사용자 입장에서는 불필요한 A/S를 줄일 수 있다. 회사 개발팀에서는 개발이 완료된 후에도 여러 가지 경우의 수를 시뮬레이션해 보면서 결함을 방지하고 최적의 로직을 계속해서 발전시켜나갈 수 있다.</p>																						
과제수행을 위한 예산사용	<table> <tr> <th>항목</th><th>세부항목</th><th>소요비용(천원)</th></tr> <tr> <td>재료구입비</td><td>아두이노, 전선, 폼보드 등 구입</td><td>500</td></tr> <tr> <td>기타 경비</td><td>교통비</td><td>100</td></tr> <tr> <td>회의비</td><td>간식비 및 식당 회식비</td><td>100</td></tr> <tr> <td colspan="2">합 계</td><td></td></tr> </table>	항목	세부항목	소요비용(천원)	재료구입비	아두이노, 전선, 폼보드 등 구입	500	기타 경비	교통비	100	회의비	간식비 및 식당 회식비	100	합 계									
항목	세부항목	소요비용(천원)																					
재료구입비	아두이노, 전선, 폼보드 등 구입	500																					
기타 경비	교통비	100																					
회의비	간식비 및 식당 회식비	100																					
합 계																							
팀원 간 역할 분담	<table> <tr> <th>성명</th><th>역할</th><th>참여도(%)</th></tr> <tr> <td>진동규</td><td>알고리즘 분석 및 영상편집</td><td>20</td></tr> <tr> <td>이상준</td><td>알고리즘 설계 및 제품제작</td><td>20</td></tr> <tr> <td>이지호</td><td>알고리즘 분석 및 제품설계</td><td>20</td></tr> <tr> <td>임진우</td><td>알고리즘 분석 및 제품제작</td><td>20</td></tr> <tr> <td>박민우</td><td>알고리즘 설계 및 제품제작</td><td>20</td></tr> <tr> <td colspan="2">합 계</td><td>100%</td></tr> </table>	성명	역할	참여도(%)	진동규	알고리즘 분석 및 영상편집	20	이상준	알고리즘 설계 및 제품제작	20	이지호	알고리즘 분석 및 제품설계	20	임진우	알고리즘 분석 및 제품제작	20	박민우	알고리즘 설계 및 제품제작	20	합 계		100%	
성명	역할	참여도(%)																					
진동규	알고리즘 분석 및 영상편집	20																					
이상준	알고리즘 설계 및 제품제작	20																					
이지호	알고리즘 분석 및 제품설계	20																					
임진우	알고리즘 분석 및 제품제작	20																					
박민우	알고리즘 설계 및 제품제작	20																					
합 계		100%																					
참고문헌	<p><a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_fault">https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_fault</a></p> <p><a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation">https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation</a></p>																						
프로젝트 참가소감 및 후기	<p>본 팀은 프로젝트를 수행하면서 처음 실제 기업의 과제를 맡아 수행해보았다. 이전에 하던 프로젝트와는 다르게 현실적인 주제를 다루다보니, 예상치 못했던 오류와 문제점들이 다소 도출되었다. 그 과정에서 LG전자 팀장님과 문제를 해결해나가고자 같이 고민하고 여러 방안을 시도해본 경험이 상당히 인상 깊었다. 문제점을 해결하기 위해서 해당 부서를 넘어 다른 부서들과의 다양한 소통과 조언을 통해 해결해야 효과적인 문제 해결이 가능하다는 것을 느꼈다.</p>																						

--	--



# 프로젝트 기술멘토링 수행보고

회차	일정 및 장소	2023년 8월 1일 화요일 13:00~15:00, 창원엘지전자 스마트파크
1회	참석인원(성명)	5명(장용운 QE 팀장님, 진동규 팀장, 임진우 팀원, 이상준 팀원, 이지호 팀원)
	멘토링 내용 및 성과	<p>- 기술지도 받은 내용을 구체적으로 작성, 멘토링 성과 및 추후 보완점(개선점) 등을 상세히 작성</p> <p>PCBA 기판 및 CRC 코드, 부하의 초기값과 송수신 인덱스 데이터시트 수령 및 전체적으로 해야될 과제에 대한 구체적인 설명을 들었다.</p> <p>1. 송수신 통신</p> <p>먼저 우리가 제일 먼저 해야할 일인, 아두이노를 사용해 PCBA와 아두이노 간의 상호 송수신을 가능하게 알고리즘을 구현에 대한 설명을 들었다. 송신과 수신 리스트를 인덱스를 참고해 만들고, LG전자에서 제공한 CRC checking 방식을 이용해 통신을 수행한다. 오류가 뜨지 않고 사이클이 무사히 돌면 송수신은 성공이라고 지도를 받았다.</p> <p>2. 알고리즘 구현</p> <p>물높이와 물온도 가상 부하를 우리가 직접 알고리즘으로 구현해야 한다고 하였다. 수신되어지는 초기값들을 바탕으로 우리가 다양한 분석과 개발을 통해 실제값과 제일 비슷한 알고리즘을 구현하여 세탁기 사이클을 돌려야 한다고 지도를 받았다.</p> <p>위와 같은 지도를 통해 앞으로 우리가 과제를 수행해 나가야 할 방향성을 정확하게 잡을 수 있었다. 게다가, 처음엔 우리가 직접 PCBA 기판을 설계해야 하는 줄 알았지만, 우리 팀이 할 일은 제공 받은 PCBA에 알고리즘만 구현하면 된다고 인지할 수 있었다. 추후 본 팀은 미비된 통신을 마무리하고 알고리즘에 대해 자세한 분석을 위해 추후 다시 방문할 예정이다.</p>
2회	일정 및 장소	2023년 9월 1일(금) 10:00~14:00, 창원엘지전자 스마트파크
	참석인원(성명)	4명(장용운 QE팀장님, 진동규팀장, 임진우 팀원, 이상준 팀원)
2회	멘토링 내용 및 성과	<p>송신관련 이슈를 CRC통신의 인덱스 위치를 변경함으로써 해결하였고, 9개의 가상 부하 요구조건에 대한 상세한 설명을 듣고 미약한 요구조건들을 보완하였다.</p> <p>1. 송신관련 이슈 해결</p> <p>송신이 잘 되지 않아 세탁기 사이클을 제대로 돌리지 못했었는데, CRC 인덱스의 위치를 변경하여 송신을 다시 수행한 결과 문제가 해결되었다.</p> <p>2. 가상 부하 요구 조건 설명 보완</p> <p>WaterFreq, WashTemp 부하는 우리가 직접 알고리즘을 설계해야 하고, 나머지 7개 부하들은 팀장님께서 보내주신 메일 그대로 알고리즘을 구현하기만 하면 된다고 하셨다. 또한, 아두이노에서 부하값을 차트로 보여주는 프로그램을 사용해 그래프를 보면서 비교해 보길 권유하셨다. 추가적으로, 온도 및 높이의 소수점 처리는 먼저 곱하기 10을 하고 나중에 나누기 10을 하는 과정을 통해 구현할 수 있다고 하셨다.</p> <p>위와 같은 지도를 통해 앞으로 우리가 알고리즘을 구현해 나가야 할 방향성을 정확하게 잡을 수 있었다. CRC통신 관련 송신 이슈도 완벽하게 해결하였고, 메일에서 다 나와있지 않은 가상부하들에 대한 구체적인 요구조건들에 대한 설명을 들을 수 있었다. 앞으로 미비된 알고리즘들을 보완하고 추후 알고리즘 관련 문제 발생 시 3회차 멘토링을 시행할 예정이다.</p>

멘토링 사진  
(원본파일 별도첨부)

