

제18회 임베디드SW경진대회 개발완료보고서

[자유공모]

□ 개발 요약

팀 명	에리카에서유레카
 <p>레이저 유도 자동화 소방 시스템</p>	
작품명	레이저 유도 자동화 소방 시스템
작품설명 (요약)	Laser Gun을 이용해 발화지점을 포착한 뒤 Water Pump를 동작 시켜 정확한 지점에 소화를 진행하는 레이저 유도 자동화 소방 시스템
소스코드	https://github.com/Sungsic-Lee/Aqua_Man_Project
시연동영상	https://youtu.be/ipkOx77Ax5k

□ 개발 개요

○ 개발 작품 개요

- 실시간 위치 시스템 및 무선 Sensor 네트워크 응용 분야에 최적화된 DW1000 Sensor와 IMU Sensor, Lidar Sensor 등을 이용하여 화재, 오염 등으로 인해 직접 접근할 수 없는 곳의 위치 좌표를 계산한다. 또한 목표 지점에 정확히 소화액을 사출할 수 있는 Water Pump의 구조를 설계하여 소방 목적으로 사용할 수 있도록 한다.

○ 개발 목표

1. 정확한 위치 측량 및 데이터화

DW1000 Sensor가 장착된 4개의 Anchor와 TAG 사이의 거리를 SDS-TWR 알고리즘을 이용하여 정밀하게 측정한다. 측정된 거리를 이용하여 3차원 상의 TAG의 위치를 추정하며, TAG에 장착된 IMU Sensor와 Lidar Sensor를 통해 레이저 포인터의 최종 위치를 계산하고 Water Pump로 위치 데이터를 송신한다. 이 때, 각 Sensor들에서 발생하는 오차들을 필터링하여 최종 계산 결과와 실제 레이저 포인터의 위치가 일치하도록 한다. 재난상황에서는 효율적인 인력배치와 동시다발적 진화 작업이 진행되어야 한다. 따라서 각 진화현장마다 위치 데이터의 공유가 필요하기 때문에 화재 발생 위치를 좌표 데이터로 공유하여 현장 상황의 파악을 훨씬 용이하게 하고 화재현장 지휘를 효율적으로 할 수 있게 한다.

2. 목표 지점에 정확하게 소화액을 사출

호스의 사출구를 yaw 축과 pitch 축으로 제어할 수 있도록 가동 범위가 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 인 두 개의 서보모터를 이용한다. 소화액의 사출 속도를 일정하게 유지하기 위한 펌프는 피스톤 사출 방식으로 간소화하여 제작한다. DC모터를 이용하여 피스톤을 일정한 속도로 밀어주게 되면 사출되는 소화액의 속도 또한 일정할 것이다. DC모터를 정속도로 유지하기 위해 Encoder Sensor를 장착하여 각속도를 측정하고 적합한 피드백 제어방식을 사용한다.

3. 연속적으로 다량의 소화액을 사출할 수 있는 펌프 설계

피스톤 방식의 펌프는 소화액을 사출 후 충전하는 과정이 필요하다. 피스톤을 병렬구조로 구성하고 모터의 정역회전 제어를 통해 연속적으로 다량의 소화액을 사출할 수 있는 펌프를 설계한다. 정역회전을 반복할 경우 DC모터에서 역기전력이 발생하기 때문에 회로에 역전류가 유입되는 것을 방지하는 회로를 추가한다. 또한, 다량의 소화액을 사출하기 위해 피스톤이 큰 부하를 받으므로 펌프의 프레임을 견고하게 제작하여 피스톤의 압력과 모터의 토크를 버틸 수 있도록 한다.

○ 개발 작품의 필요성

1. 불법 주차로 인한 소방차 진입의 어려움

(서울=연합뉴스) 양정우 기자 = 50명 가까운 사상자를 낸 제천 화재참사 당시 소방당국의 사다리차가 현장 진입로 상의 불법 주차로 인해 먼 거리를 우회하는 바람에 인명구조 등이 지연됐던 것으로 드러났다.

22일 연합뉴스가 입수한 소방청의 제천 화재 관련 문건에 따르면 소방당국은 이번 화재로 인명피해가 커진 이유 중 하나로 6m 폭의 건물 주변 진입로 양쪽에 있던 불법 주차 차량을 꼽았다.

소방청은 이 문건에서 출동 당시 불법 주차로 인해 지휘차와 펌프차만 먼저 현장에 근접하고, 굴절사다리차 등은 500m를 우회해 진입했다고 설명한 뒤 "이로 인해 초기 진압과 인명구조가 지연됐다"고 지적했다.

양정우 기자, [제천 화재건물 앞 불법 주차로 소방사다리차 500m 우회], [연합뉴스], 2017-12-22, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20171222083300004>, 2020-09-15

2017년 12월 21일 29명의 목숨을 앗아간 충북 제천 스포츠센터 화재 사건은 불법 주정차로 인한 소방차 진입 지연으로 골든타임을 놓쳐 피해가 더 커졌다는 지적이 있었다. 실제로 그 당시에는 불법 주차된 차량에 의한 소방차 진입 지연을 막기 위해 새로운 법을 지정해야 한다는 여론이 일었고, 불법 주정차의 과태료가 인상되는 등의 변화가 있었지만, 근본적인 해결은 아직 어려운 상황이다. 이러한 상황에서 레이저 유도 소방 시스템을 이용하면 소방차가 진입하기 어려운 공간에 화재가 발생했을 경우, 화재 현장에 가까이 접근하지 않고도 먼 거리에서 불법 주차된 차량을 뛰어넘어 정확하게 화재를 진압할 수 있게 된다.

2. 소방 인력의 부족

인력 부족해 소방전술 무력화

보통 불을 끄는 펌프차에는 네 명의 대원이 탑승한다. 화재현장에선 수압을 조절하는 사람, 호스로 불을 끄는 사람, 화재현장에 투입되는 사람으로 역할을 나눈다. 그러나 현실은 다르다. 소방청에 따르면 경남뿐 아니라 강원, 충남·북, 전남 등에서도 일부 119안전센터의 펌프차 탑승인원은 두 명에 불과했다. 유재연 춘천소방서 양구119안전센터장은 "두 명으로는 불이 번지는 것만 막을 뿐 화재 진압은 불가능하다"고 말했다.

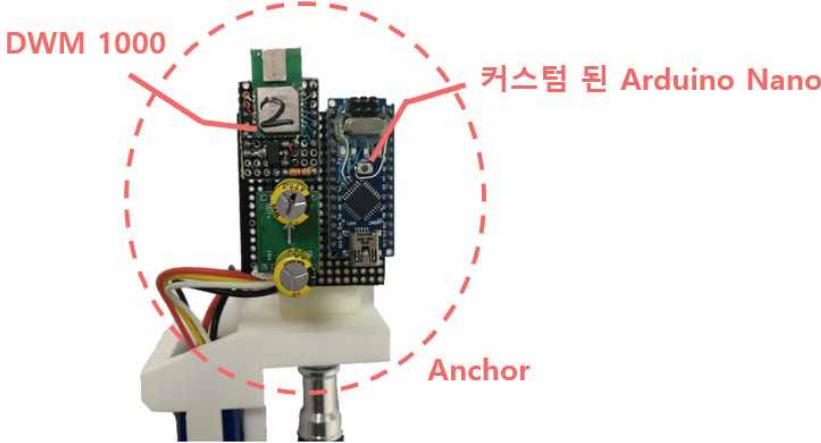
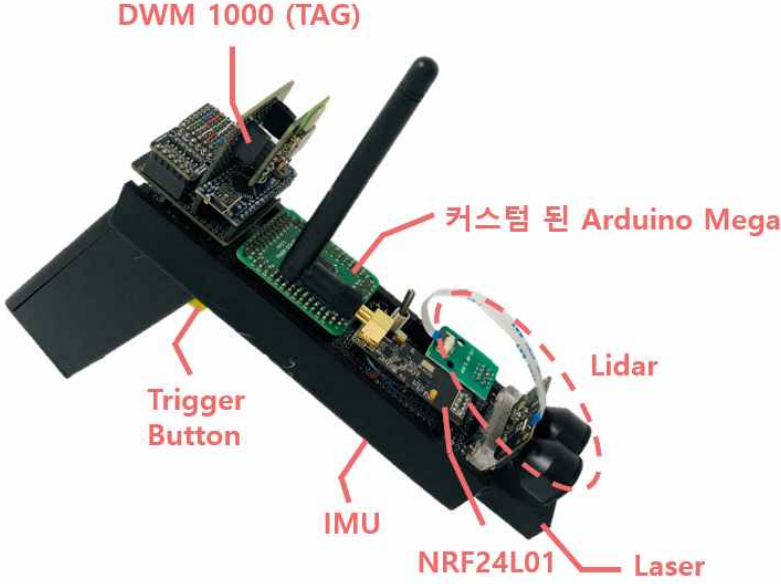
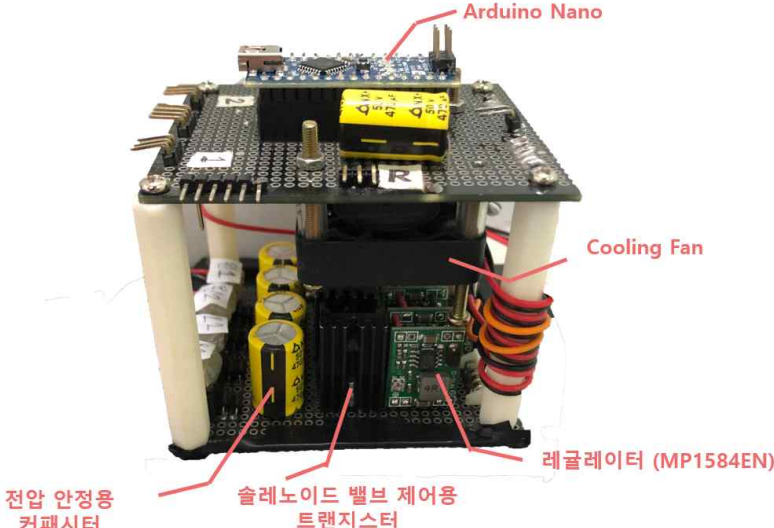
현재 소방공무원의 98.6%는 지방자치단체에 소속된 지방공무원이다. 지자체의 재정 상황에 맞춰 인력, 장비를 보유하다 보니 출동소요시간, 근무요원 수 등 소방력에 차이가 생겼다. 지난해 현장인력은 법정 기준보다 25.4% 부족했다.

박진우 기자, [소방 인력난..."두 곳 동시 화재 땀 한쪽 포기"], [한국경제], 2019-04-26, <https://www.hankyung.com/society/article/2019042686971>, 2020-09-17

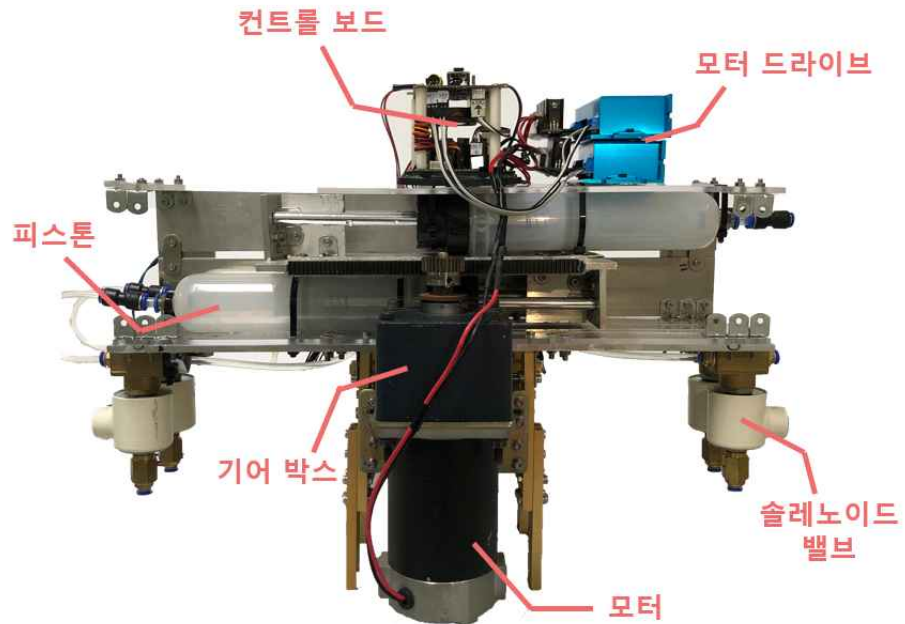
매년 소방인력이 증원되며 소방공무원 1인당 담당인구수를 줄이고 있지만 아직 선진국에 비해 떨어지는 수준이며, 지자체의 재정에 따라 소방인력의 차이가 극명하다. 불법 주차로 인해 소방차의 진입이 불가하여 화재 현장까지의 거리가 멀 경우에는 호스를 이동하는 과정에 추가적인 인력의 투입이 필요하다. 소방관들이 화재 현장까지 호스를 운반하고 수압을 조절하는 일련의 과정을 간소화한다면 소방인력의 낭비를 줄이고 유동적으로 소방인원을 배치하여 가장 중요한 인명 구조 작업에 집중할 수 있도록 한다.

□ 개발 환경 설명

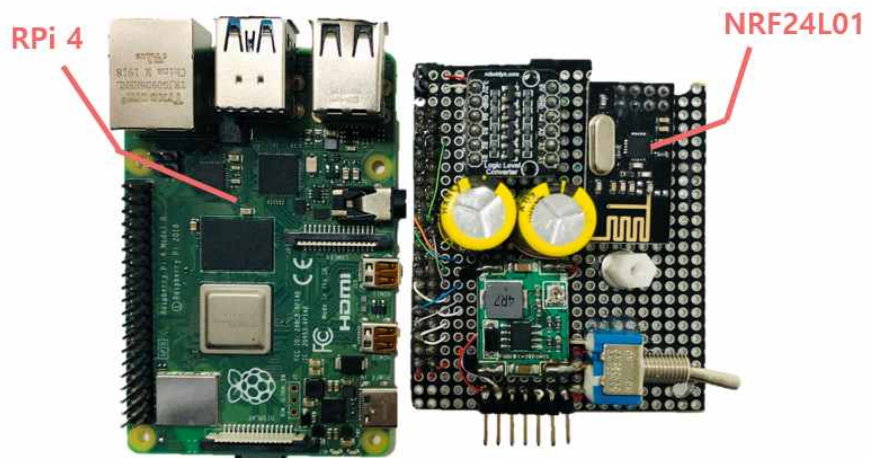
○ Hardware 구성

<p>Anchor</p>  <p>The image shows a custom hardware assembly for an 'Anchor' system. It features a custom Arduino Nano board mounted on a white plastic base. A DWM 1000 module is connected to the board. The assembly is labeled with 'DWM 1000', '커스텀 된 Arduino Nano', and 'Anchor'.</p>
<p>Laser Gun</p>  <p>The image shows a custom hardware assembly for a 'Laser Gun' system. It features a custom Arduino Mega board mounted on a black plastic base. The assembly includes a DWM 1000 (TAG) module, a Trigger Button, an IMU, an NRF24L01 module, a Lidar sensor, and a Laser. The assembly is labeled with 'DWM 1000 (TAG)', '커스텀 된 Arduino Mega', 'Trigger Button', 'IMU', 'NRF24L01', 'Lidar', and 'Laser'.</p>
<p>Water Pump Control Board</p>  <p>The image shows a custom hardware assembly for a 'Water Pump Control Board'. It features an Arduino Nano board mounted on a black PCB. The assembly includes a Cooling Fan, a 레귤레이터 (MP1584EN), and a 솔레노이드 밸브 제어용 트랜지스터. The assembly is labeled with 'Arduino Nano', 'Cooling Fan', '레귤레이터 (MP1584EN)', and '솔레노이드 밸브 제어용 트랜지스터'. There are also labels for '전압 안정용 커패시터' (Voltage stabilizing capacitor) and '전압 안정용 커패시터' (Voltage stabilizing capacitor).</p>

Water Pump



Raspberry Pi



○ Hardware 기능

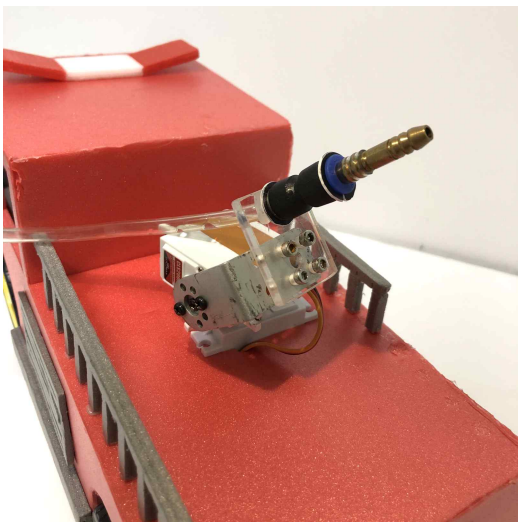
- Water Pump

소화액을 일정한 속도로 사출하기 위해 피스톤 사출 방식을 채택하였다. 사출 후 재충전이 필요한 피스톤의 특성 상 사출되는 물줄기에 공백이 존재하는데 이를 최소화하기 위하여 두 벌의 피스톤을 서로 반대방향으로 하고 모터에 의해 움직이는 중간판에 동시에 고정하여 한쪽이 소화액을 발사하는 동안 다른 한쪽은 실린더를 충전할 수 있도록 하였다. 3-WAY 솔레노이드 밸브를 이용하여 모터의 회전 방향에 따라서 소화액의 흐름을 제어한다. 중간판이 모터에 의해 왕복운동을 할 때 가해지는 큰 부하를 견디기 위해 펌프의 프레임을 알루미늄으로 견고하게 제작하였다.



모터드라이버 보호회로

모터는 큰 전류를 소비하기 때문에 LiPo 6cell 30C의 고출력(22.2v 135A) 배터리를 사용하였다. 많은 전류가 흐르는 모터에 주기적으로 정역회전 제어를 하면 기전력에 따른 역전류가 발생할 수 있다. 따라서 역전류에 의한 회로 파괴를 막기 위해 Fast Recovery Diode를 이용하여 모터드라이버의 보호회로를 제작하였다. 솔레노이드 밸브 또한 많은 전력을 사용하지만 모터와는 사용 전압이 다르기 때문에 별도의 배터리를 사용하도록 구성하였고, 대용량 트랜지스터 4개를 사용하여 Arduino의 디지털 신호 출력으로 솔레노이드 밸브의 ON/OFF 제어가 가능하도록 하였다.



Water Pump의 사출구

Yaw축과 Pitch축으로 사출구를 조정할 수 있도록 두 개의 서보모터를 사용하였다. Water Pump의 사출구는 위치좌표가 입력되기 전까지 대기상태로 있으며 Raspberry Pi를 통하여 목표하는 곳의 좌표가 계산된 후 Control Board에 전달되면 목표지점에 소화액이 도달할 수 있도록 사출구를 움직이게 하였다.

- Anchor & TAG

Laser Gun의 위치를 측정하는 것은 DW1000 Sensor를 이용한다. 측정할 위치에 세울 4대의 Anchor와 Laser Gun에 장착될 TAG를 포함하여 총 5대의 장비를 제작했다. 제작은 DWM1000 모듈과 8Mhz로 개조한 Arduino Nano, 그리고 전원 공급을 위한 레귤레이터 모듈로 구성된다. Anchor를 일정한 높이에 세워놓기 위해 스탠드를 사용하였고, Anchor를 견고하게 장착하기 위해서 Autodesk Fusion360 프로그램을 이용하여 3D모델링을 통해 프레임을 제작했다.

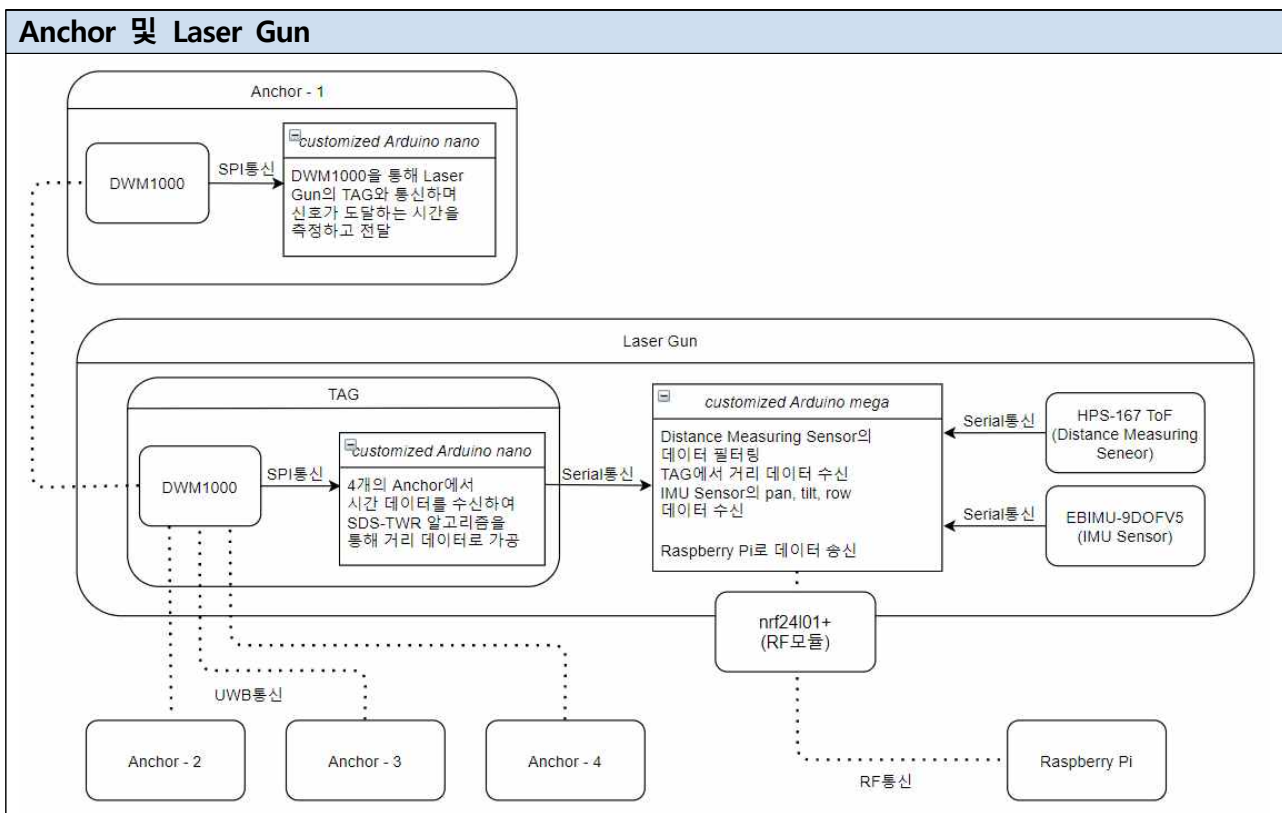
- Laser Gun

Laser Gun은 Lidar Sensor, IMU Sensor, DWM1000 모듈, RF 모듈 등 다양한 Sensor 및 모듈과 통신을 해야 하기 때문에 ATmega2560 칩을 메인 MCU로 선정했다. 휴대성을 위해 배터리를 전원으로 하였고 MCU와 다양한 Sensor들에 인가되는 적정전압을 맞추기 위해 레귤레이터를 추가하였다. 또한 데이터가 잘 전송되었는지 확인하기 위해 부저를 달아서 스위치를 눌렀을 때 Raspberry Pi로 데이터 전송이 완료되면 소리가 나게 하였다.

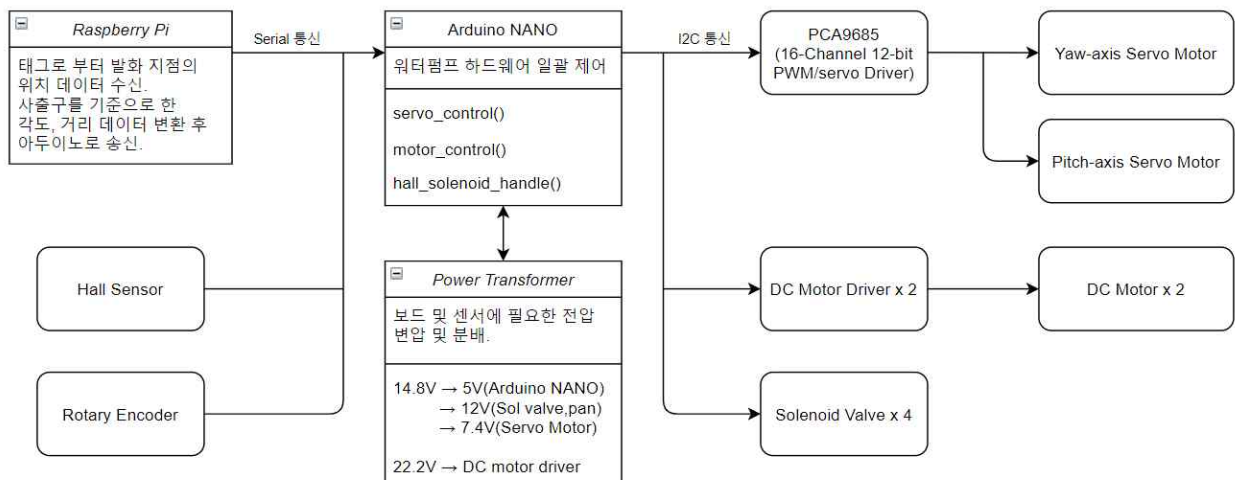
○ Software 구성

- Anchor-TAG 간 UWB 통신 및 SDS-TWR 알고리즘을 통한 거리 계산 (8Mhz로 커스텀된 Arduino Nano)
- Laser Gun의 각종 Sensor로부터 받은 데이터들을 통합 및 필터링 (Arduino Mega)
- 레이저 포인터의 최종 위치 및 Water Pump의 사출각도, 사출속도 계산 (Raspberry Pi)
- Water Pump 제어 (Arduino Nano)

○ Software 설계도

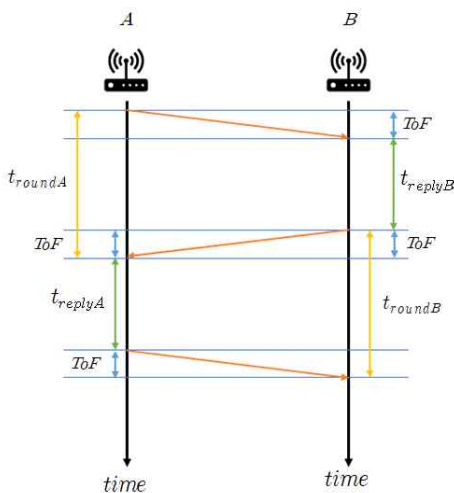


Water Pump



○ Software 기능

- Anchor 및 Laser Gun

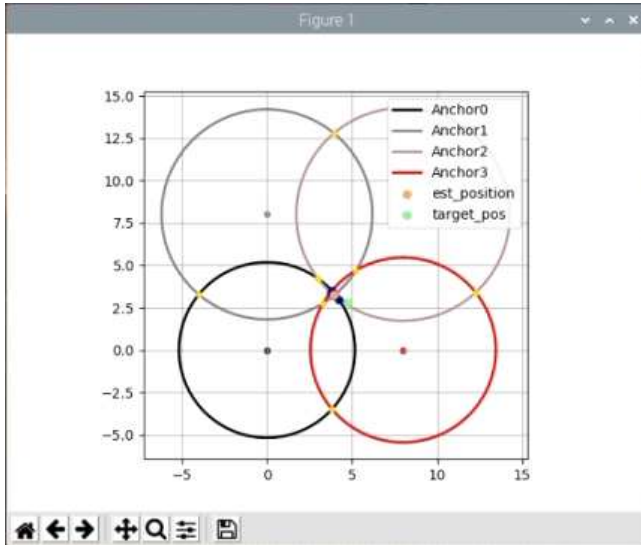


SDS-TWR 알고리즘 순서도

Anchor와 TAG는 DW1000이라는 UWB 통신 Sensor를 사용한다. DW1000 Sensor는 정확한 위치 측위를 하기 위해 사용되는데 이 Sensor는 특별히 8Mhz로 개조된 Arduino Nano와 SPI방식으로 통신한다. Anchor와 TAG는 TWR(Two Way Ranging)이라는 알고리즘을 이용해 상호간의 거리를 측정한다. TWR 알고리즘이란 서로 메시지를 송수신하며 이 때 발생하는 시간차를 이용해 ToF(Time of Flight)를 구하여 거리를 측정하는 방식을 말한다. 전파는 광속으로 이동하기 때문에 ToF에 광속을 곱하면 상호간의 거리를 알 수 있다. 보통의 경우 Anchor는 시간 동기화를 통하여 안정성을 꾀하지만, 시간 동기화가 없는 경우 각 단말의 Clock Drift에 의한 오차가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 오차를 방지하기 위해 SDS-TWR(Symmetrical

Double Sided – TWR)을 이용하여 거리를 측정한다.

Target의 3차원 위치를 특정하기 위해 Laser Gun에는 다양한 Sensor(DWM1000, IMU, Lidar Sensor)가 부착되어 있는데, 이 Sensor들의 데이터들을 통합하여 Target의 3차원 위치를 특정해 낼 수 있다.

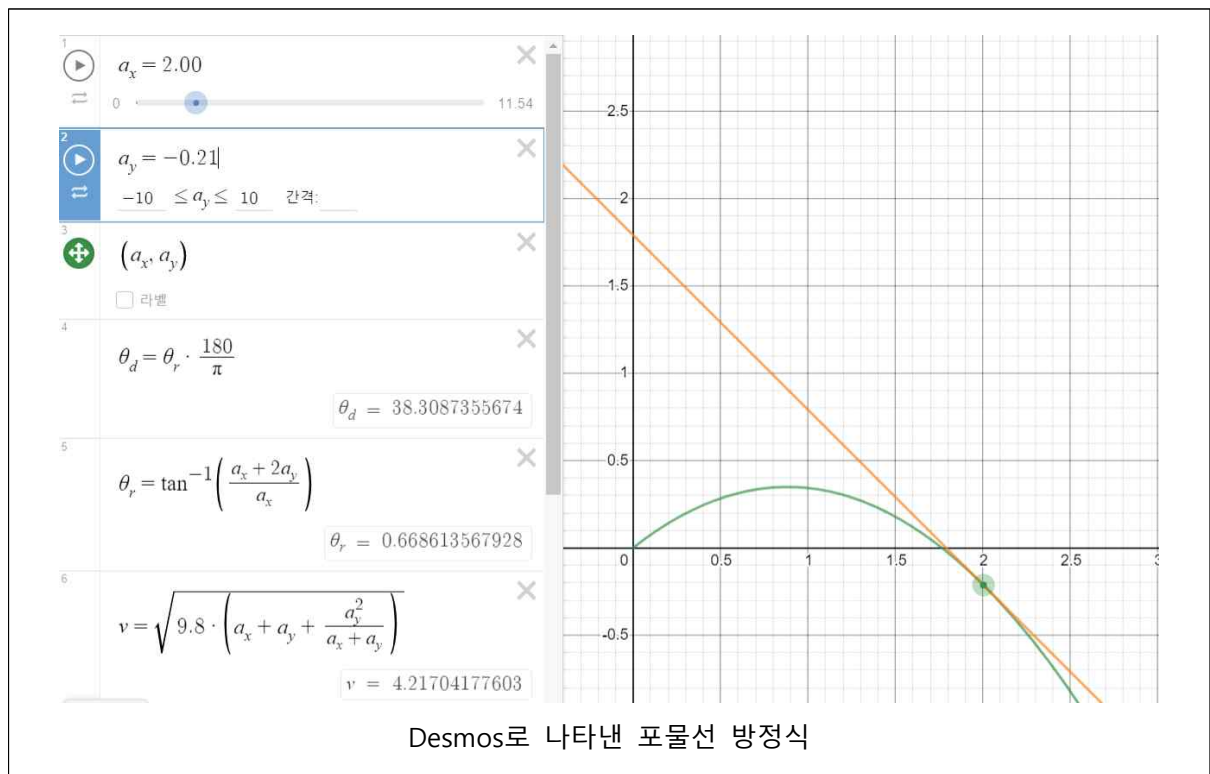
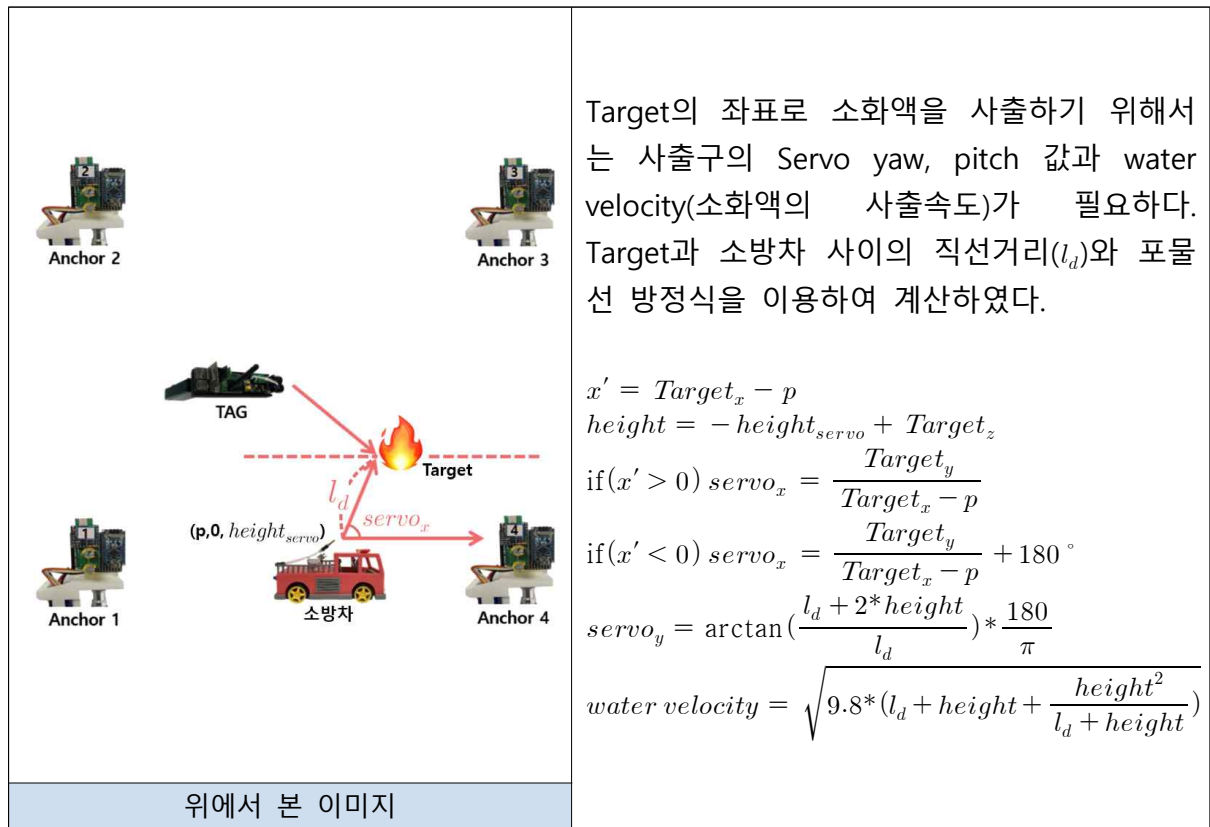


유클리드 거리를 이용한 순차적 교점제거
위치 측위 알고리즘

사출구의 각도를 계산하여 Water Pump Control Board와 Serial 통신하여 데이터를 보내준다. 설치된 4개의 Anchor를 기준으로 하는 좌표 값과 각 Anchor들 및 레이저 건 사이의 거리를 시각화하고 레이저포인트의 최종 위치를 Raspberry Pi UI에 그래프로 나타내어 직관적으로 목표지점의 위치를 확인할 수 있도록 한다.

각 Anchor를 기준으로 TAG까지의 거리를 이용한 원을 생성한다. 태그의 좌표는 유클리드 거리를 이용한 순차적 교점제거 위치 측위 알고리즘을 이용하여 계산하는데, 이 알고리즘은 생성된 원들 사이의 교점을 찍고, 그 교점들의 평균 좌표를 계산하여 목표 지점을 예측한다. 교점이 5개가 넘을 경우, 교점 평균에서 가장 먼 거리에 있는 점부터 하나씩 제거 후 다시 목표 지점을 예측하는 과정을 교점이 5개가 남을 때 까지 반복한다. 이 방법으로 구한 TAG의 x, y좌표를 3차원으로 확장하여 TAG의 z까지 구한다. 그 후 Lidar Sensor와 IMU Sensor의 데이터를 이용하여 레이저 건으로부터 레이저 포인트의 최종 지점을 계산한다. 마지막으로 소화액의 속도와

	<p>TAG x, y, z와 Lidar Sensor 거리 데이터, IMU Sensor 데이터를 이용하여 Target의 위치를 계산한다.</p>
<p>위에서 본 이미지</p>	
	$Target_x = Tag_x + l_T * \cos(pitch) * \cos(yaw)$ $Target_y = Tag_y + l_T * \cos(pitch) * \sin(yaw)$ $Target_z = Tag_z - l_T * \sin(pitch)$
<p>옆에서 본 이미지</p>	

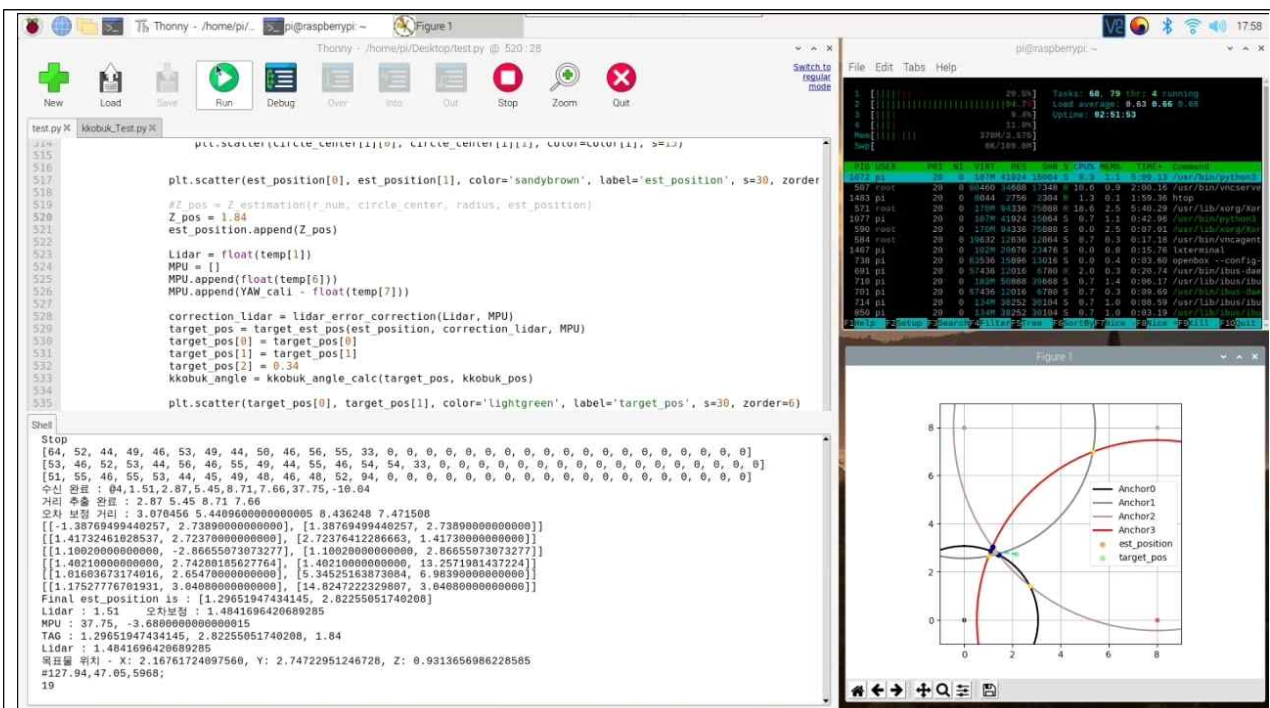


다음 그림은 소화액을 소방차로부터 2m 떨어진 목표물에 45도 각도로 도달하게 하는 포물선 방정식을 계산하는 Desmos 프로그램이다. a_x 는 소화액의 비거리(m)를 나타낸다. a_y 는 소방차 사출구의 높이(m)를 나타낸다. θ_d 는 사출구의 pitch를 나타낸다. v 는 소화액의 발사속도(m/s)를 나타낸다.

- Water Pump Control Board

Water Pump Control Board는 소화액을 목표지점까지 지속적이고 안정적으로 보내는 Water Pump를 제어하는 보드이다. Raspberry Pi로부터 레이저 포인터가 가리키는 Target 위치까지 소화액을 사출하기 위한 서보모터의 Yaw, Pitch 각도, 소화액의 사출속도를 전달받는다. Water Pump Control Board의 메인 MCU인 Arduino Nano는 PCA9685 모듈과 I2C통신을 하여 두 개의 서보모터 각도를 제어한다. 입력받은 소화액의 사출속도로 소화액을 발사하기 위해 DC모터 드라이브에 모터의 방향에 대한 데이터와 속도를 제어하는 PWM 값을 입력한다. 포물선 방정식에서 계산된 소화액의 사출속도에 일치하는 PWM 값은 소수 자리수를 포함하게 되는데 PWM 값은 0에서 255사이의 정수 데이터로 존재하므로 소수가 입력될 수 없게 된다. 따라서 보다 정확한 PWM 값을 입력하기 위하여 계산된 PWM 값과 인접한 값을 번갈아가며 입력하였다. 가령 계산된 PWM 값이 20.5 라면 20과 21을 반복하여 입력한다. 동시에 모터의 전압을 모니터링하여 전압이 낮아진 만큼 PWM 값을 증가시키는 피드백 제어를 통하여 보다 정확하게 Target에 사출액이 도달할 수 있도록 하였다. Hall Sensor는 아날로그 데이터를 읽어 중간판이 왕복운동을 할 때에 가동범위를 넘어서면 이를 인식하여 긴급정지를 하게 한다. Rotary Encoder는 DC모터의 각속도를 측정하며 측정된 각속도를 바탕으로 중간판이 움직인 거리를 계산하고 솔레노이드 밸브의 ON/OFF 및 모터의 정역회전 시점을 결정한다.

○ 프로그램 사용법 (Interface)



- 프로그램 인터페이스는 Raspberry Pi 상에서 python으로 구성하였으며 프롬프트 창과 plot창으로 구성되어 있다.

□ 개발 프로그램 설명

○ 파일 구성

파일명	핵심 기능
Water_Pump.ino	Raspberry Pi로부터 목표지점에 대한 데이터를 전달받고 소화액을 목표지점까지 지속적이고 안정적으로 보낼 수 있도록 Water Pump를 제어
Mega.ino	Laser Gun에 장착되어있는 모듈들(Lidar Sensor, IMU Sensor, DW1000)의 데이터를 통합하여 Raspberry Pi로 전달
Anchor.ino, TAG.ino	TAG와 Anchor간의 거리를 SDS-TWR 알고리즘을 통해 계산
Raspberry_Pi.py	Laser Gun으로부터 수신된 데이터를 통해 레이저 포인터의 최종위치를 계산하고 Water Pump 사출구의 각도와 소화액의 사출속도를 계산하여 Water Pump 컨트롤 보드로 전송

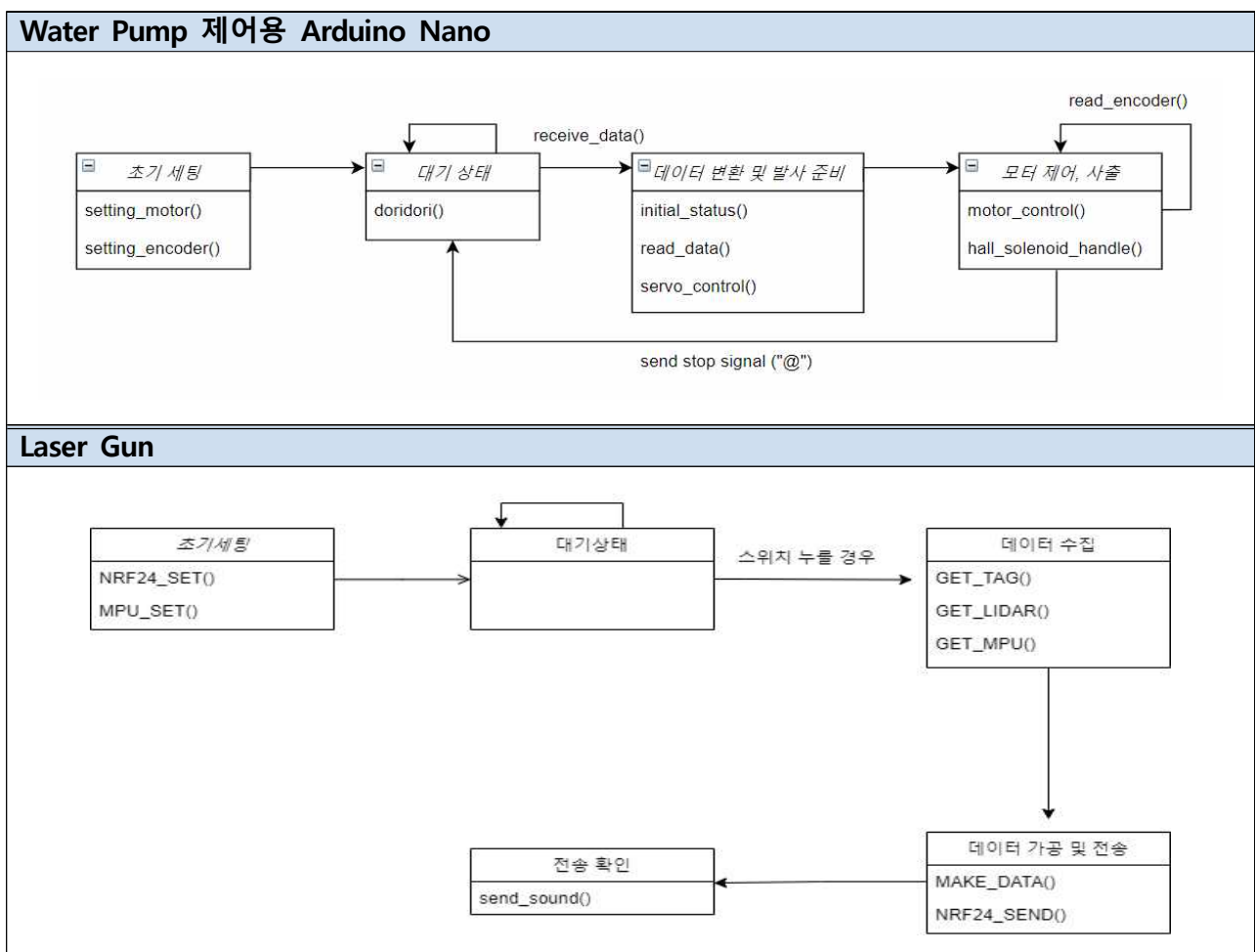
○ 함수별 기능

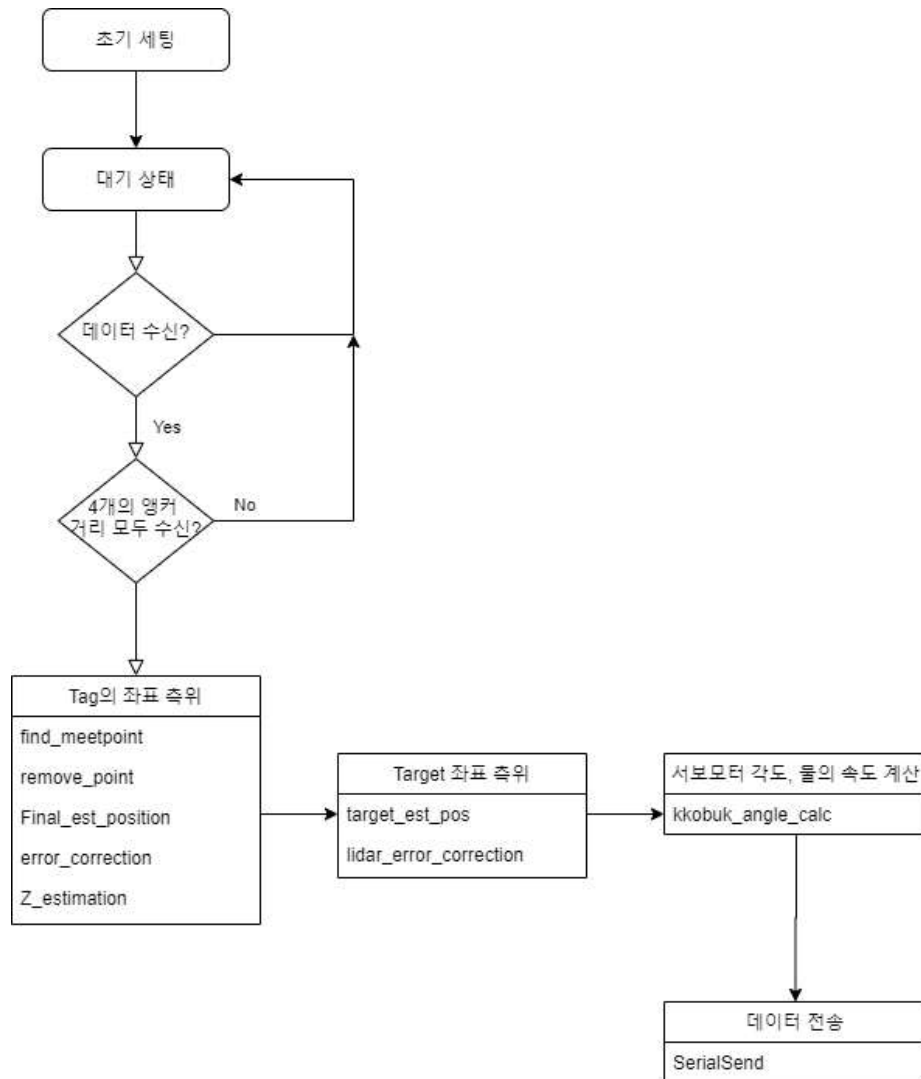
파일명	함수명	핵심 기능
Water_Pump.ino	setting_motor()	Water Pump 동작 전 중간판을 왼쪽으로 밀착
	setting_encoder()	Rotary Encoder Sensor 초기화
	receive_data()	Raspberry Pi에서 Serial 데이터 수신
	read_data()	Raspberry Pi에서 받은 데이터를 Parsing
	servo_control()	Parsing된 데이터를 바탕으로 소방차의 서보모터 각도 변경
	read_encoder()	Rotary Encoder를 통해서 중간판의 이동속도와 현재 위치 계산
	motor_control()	모터의 속도와 회전 방향 제어

	holl_solenoid_handle()	중간판이 왕복운동을 할 때, 솔레노이드 밸브의 ON/OFF 및 모터의 정역회전 시점을 결정, 가동범위를 넘어서면 긴급 정지하여 중간판의 이탈을 방지
	doridori()	사출구의 yaw축 서보모터를 상-하로 반복 동작하게 하여 Water Pump의 동작 준비 여부를 확인
Mega.ino	NRF24_SET()	NRF24L01을 쓰기 위해 기본적인 세팅 및 송·수신기를 설정
	MPU_SET()	IMU Sensor를 초기화
	GET_TAG()	TAG에서 Anchor로 신호를 보내 4개의 거리를 각각 수신
	GET_LIDAR()	Lidar Sensor로 command를 보내 거리 데이터 수신
	GET_MPU()	IMU Sensor에서 각도 데이터 수신
	MAKE_DATA()	Sensor로부터 얻은 데이터를 약속된 프로토콜에 맞게 가공한 후 전송이 용이하게 28byte로 분할 " @ 살아있는 Anchor 수, Lidar Sensor 값, Anchor 1번값 ! " " Anchor2번값, Anchor3번값, Anchor4번값 ! pitch각, yaw각 ^ "
	NRF24_SEND()	통신 모듈을 송신기로 설정하고 분할한 데이터를 RF 통신으로 전송
	send_sound()	데이터를 성공적으로 전송했을 시, 소리 발생
Anchor.ino, TAG.ino	Arduino-dw1000-ng library 사용	SDS-TWR 알고리즘을 이용하여 Anchor와 TAG 사이의 거리 측정
Raspberry_Pi.py	find_meetpoint	Anchor의 위치 및 거리 데이터를 이용해 생기는 원의 교점 계산(2차원)
	remove_point	유클리드 거리를 이용한 순차적 교점제거 위치 측위 알고리즘을 통해 find_meetpoint에서 찾은 교점 제거
	Final_est_position	TAG의 최종 예측 위치 찾기(2차원)

	error_correction	TAG, Anchor의 측정 거리와 실측 거리 dataset을 기반으로 생성된 오차 방정식 대입
	Z_estimation	TAG의 Z값 예측
	target_est_pos	Target의 위치를 Laser Gun으로부터 수신된 데이터를 통해 계산
	lidar_error_correction	Lidar Sensor 데이터 필터링
	kkobuk_angle_calc	소방차의 사출구로 전송할 서보모터 각도와 소화액의 사출 속도를 계산
	SerialSend	Water Pump로 서보모터 각도와 소화액의 사출 속도 전송

○ 주요 함수의 흐름도





○ 기술적 차별성

- GPS vs UWB Positioning

GPS는 실외에서만 사용이 가능하며 측정 오차가 10~15m 정도로 Target을 정확하게 조준하기에는 오차가 크게 발생한다. UWB Positioning의 경우는 실내용으로 개발되긴 하였지만 측정 정밀도가 이론상 10cm로 굉장히 정밀하고 또한 Anchor만 있다면 실내외 상관없이 정밀한 위치 측위가 가능하다.

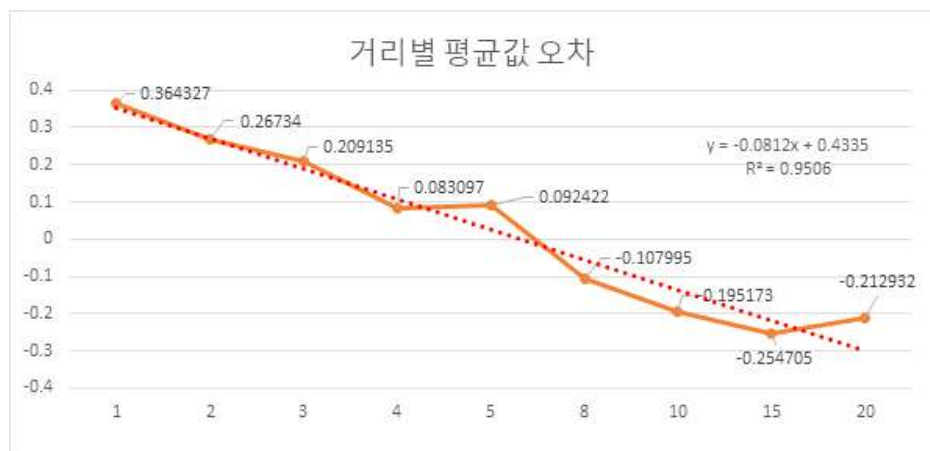
□ 개발 중 발생한 장애요인과 해결방안

[장애요인] : DW1000과 통신하기 위해서 사용되는 library(Driver)는 8Mhz Clock을 기준으로 작성되어 보통의 Arduino(16Mhz)로는 사용이 불가능했다. 8Mhz Clock을 사용하는 Arduino는 Pro mini 가 있지만 해당 보드에 코드를 업로드하기 위해서는 별도의 USB to Uart 보드가 필요하여 개발에 제약이 있음을 느꼈다.

[해결방안] : USB to Uart 기능이 내장되어 있고 크기가 작은 Arduino Nano의 기존 16Mhz Crystal을 8Mhz Crystal로 교체하고 bootloader 도 8Mhz로 교체하여 사용하였다.

[장애요인] : DW1000 Sensor는 UWB 대역 특성상 각각의 환경 (LOS, NLOS)에 따른 Multi path로 인하여 거리 오차가 발생하는 단점이 있었다.

[해결방안] : Mega code에서 거리값을 받아올 때, 5개씩 받아오고 그 중 가장 크거나 작은 값을 버리고 나머지를 평균하는 방법을 사용하였다. 이를 통해 갑작스럽게 값이 튀는 현상을 막을 수 있었다. 추가적으로 거리에 따라 나오는 거리 값의 dataset을 쌓아서 나온 오차 방정식을 Raspberry Pi에서 보완하여 보정해주었다.



측정 거리에 따른 평균 오차 및 근사식

[장애요인] : IMU Sensor를 이용하여 Laser Gun의 기울기를 측정하는데, 사용하는 IMU Sensor가 예민하여 축 Drift 현상이 잦고, 각도 값이 틀어지는 현상이 발생하였다. 또한 먼 거리의 Target을 조준할 경우 조금의 각도 차이가 큰 오차로 이어졌다.

[해결방안] : Sensor에 적용된 필터들의 Parameter를 조정하여 최적화된 값을 적용하였고, Yaw축 각도의 경우 지구 자기장에 따른 절대각도로 측정되기 때문에 상대 각도로 나타내기 위하여 별도의 Calibration을 진행하였다.

□ 개발결과물의 차별성

○ 기존 펌프 소방차

- 화재 발생 시, 화재 확산을 최소화하기 위해 발화 지점에 대한 초기 진화가 중점적으로 이루어져야 한다. 이를 위해 레이저 유도 자동화 소방시스템은 소방관들이 화재 현장까지 호스를 운반하고 수압을 조절하는 일련의 과정을 간소화하기 때문에 초기 진압에 유리하다.

- 사람에 의해 조작되는 소방 호스는 장시간 소방 활동이 지속될 시에 소방 인력의 체력적 소모가 크다. 레이저 유도 자동화 소방시스템을 사용하면 소방인력의 낭비와 피로를 줄이고 유동적으로 소방인원을 배치하여 가장 중요한 인명 구조 작업에 집중할 수 있게 된다. 소화재의 사출 위치와 화재 위치가 멀리 떨어져있어도 소화가 정확하게 이루어지기 때문에 소방관이 화재 현장에 직접 접근하는 것에 비해 소화 작업에 따르는 위험을 줄일 수 있다.

- 대형 화재 현장은 불의 확산이 빠르고 동시다발적으로 발생하기 때문에 사고 현장의 위치 데이터가 정확하게 수집되어야 한다. 레이저 유도 자동화 소방 시스템은 화재 발생 위치가 실시간으로 전송되기 때문에 현장 지휘에 용이하다.

○ 소화기

- 소화기 사용에 미숙한 일반인들은 화재 발생 시 당황하여 올바른 소화기 사용이 어려워진다. 이런 상황에서도 Laser Gun의 사용법은 직관적이기 때문에 일반인들도 손쉽게 화재 진압이 가능하다.

- 분말 소화기는 방사 후 분말이 그대로 남기 때문에 처리가 곤란하며 소화 대상이 훼손될 우려가 있다. 레이저 유도 자동화 소방시스템은 소화액으로 물을 사용할 수 있어 이러한 문제가 발생하지 않는다.

○ 스프링클러

- 산업 현장이나 연구실의 실내 소방 시스템을 대체할 수 있다. 기존에 설치되어 있는 스프링클러는 화재를 감지하면 실내의 전 지역에 물을 방사하게 되므로 물에 취약할 수 있는 산업 현장이나 연구실에서는 큰 손실이 발생할 수 있다. 하지만 정확한 위치의 화재 부분만 집중적으로 진압한다면 손실을 크게 줄일 수 있다.

□ 개발 일정

No	내용	2020年											
		5月			6月			7月			8月		
1	주제 세분화 및 팀 구성												
2	Water Pump, Anchor, Laser Gun 설계 및 제작												
3	모터 제어 ,Raspberry Pi 알고리즘 제작												
4	하드웨어 및 알고리즘 통합												
5	1차 테스트												
6	수정 및 보안												
7	최종 테스트												

□ 팀 업무 분장

No	구분	성명	참여인원의 업무 분장
1	팀장	이성식	<ul style="list-style-type: none"> • 위치 측위 알고리즘 작성 • Laser Gun 회로 설계 및 제작 총괄 • Anchor 및 TAG 회로 설계 및 알고리즘 작성 • Water Pump Control Board 회로 설계 • 전체 시스템 테스트 구상 및 구성
2	팀원	김채윤	<ul style="list-style-type: none"> • Water Pump Control Board 회로 설계 및 제작 • Water Pump 제작 • 부품 구매 및 가공 • 소방차 제작 및 사출구 제어부 제작 총괄
3	팀원	서규섭	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Gun 제작 및 제어 알고리즘 작성 • Anchor 및 TAG 제작 • 3D Modeling 및 Printing • 위치 측위 Testbed 구성
4	팀원	이지훈	<ul style="list-style-type: none"> • Water Pump 설계 및 제작 • 소화액 사출 알고리즘 제작 • Water Pump 제어 알고리즘 제작 및 총괄 • Water Pump Testbed 구성
5	팀원	전명석	<ul style="list-style-type: none"> • Water Pump Control Board 회로 설계 및 제작 총괄 • Water Pump 제작 총괄 • Water Pump 제어 알고리즘 제작 • 사출구 제어부 제작