

인 아두이노는 소형 제어장치가 외부의 기기를 직접 제어할 수 있으므로 제어 중심이 적합한 장비이다. 블루투스와 와이파이기가 내장되어 있는 라즈베리파이는 리눅스에 기반을 둔 오픈 운영체제를 장착한 컴퓨터로 파이썬, C언어등의 프로그래밍 언어를 사용할 수 있다. 아두이노는 블루투스를 통해 라즈베리파이와 통신한다. 라즈베리파이는 아두이노에서 얻은 데이터를 인터넷을 통해서 데이터를 저장하거나 블루투스를 통해 트램을 조정한다. 소프트웨어 구현 측면에서 트램을 이용하는 사람들을 위한 추가적인 서비스를 제공하기 위해 안드로이드 기반 애플리케이션을 개발하였다. 해당 애플리케이션에서는 트램이 운행 중 얻은 사물인터넷(IoT) 센서값의 확인, 높은 온도나 습도, 미세먼지 값들을 웹서버와의 http 통신을 활용하여 확인하고, 온도나 미세먼지 등의 기준치 이상의 수치가 발생했을 때의 알림 기능, 트램이 지나간 정류장 정보 등을 간단하게 확인할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 알고리즘 구현 측면에서는 2개의 주요 기능으로 첫 번째는 빛의 반사율을 따라 길을 인식하고 모터의 정지와 좌우 방향 전환하는 알고리즘 구현으로 라인 트레이싱 센서를 기반으로 무인 자율 이송 트램의 구동은 라인 트레이싱 센서 기반으로 구현했다.[3][4]

```
void RcCar_control_digital()
{
  boolean line_l = digitalRead(LINESENS_L);
  boolean line_r = digitalRead(LINESENS_R);
  if(line_l == 0 && line_r == 0)
  {
    Serial.write("1\n");
    digitalWrite(MOTOR_A_1,HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_A_2,LOW);
    digitalWrite(MOTOR_B_1,HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_B_2,LOW);
  }
  else if(line_l == 1 && line_r == 0)
  {
    Serial.write("2\n");
    digitalWrite(MOTOR_A_1,HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_A_2,LOW);
    digitalWrite(MOTOR_B_1,LOW);
    digitalWrite(MOTOR_B_2,LOW);
  }
}
```

(그림 2) 적외선 센서 구현 코드

사람이 직접 조종하지 않고 트램 스스로 도로나 길의 라인트레이서를 인식하여 장애물을 피하고 목적지까지 안전하게 도달할 수 있도록 개발하였다. 중앙의 검은색 라인을 따라가는데, 이는 적외선 센서가 빛의 반사율에 따라 길을 인식하는 것이다. 적외선 센서의 수광부에 적은 반사율이 값이 입력되면, 트램은 검정라인을 밝은 것이므로 모터 회전각을 변경하여 정확한 위치로 자율 조정이 된다. 검은색 라

인, 즉 라인 트레이서 센서는 무인 자율 이송 트램의 전면 좌우 양 끝에 설치되고, 왼쪽 센서가 검은색을 인식하면 왼쪽 모터가 정지하여 좌회전하는 알고리즘(그림 2)을 사용하였다. 두 번째 주요 기능은 안전한 알고리즘 구현이다. 트램에 적재된 화물의 안전과 항만에 있는 사람의 안전을 최우선시한다. 초음파 센서의 거리 측정 원리로 장애물이 인식되면, 트램은 정지하여 충돌을 예방한다. 초음파 센서가 거리를 측정하는 알고리즘 방식은 ‘거리=속도와 시간의 곱’을 이용한다. 초음파 센서의 음속 신호가 물체에 반사되어 수광부에 돌아오는 시간을 계산하여 거리를 측정한다. 따라서 트램이 30cm 이내에 장애물을 인식하면 정지한다.

```
while(1){
  ultra_wave();
  {
    digitalWrite(trig, LOW);
    delay(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(trig, LOW);

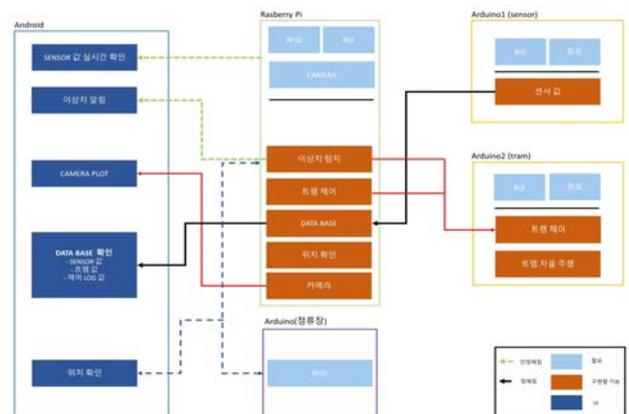
    Length = pulseIn(echo, HIGH);
    distance = ((float)(340 * Length) / 10000) / 2;

    Serial.print(distance);
    Serial.println(" Cm");

    delay(1000);
  }
  delay(10);
}
```

(그림 3) 초음파 센서 거리 인식 코드

이외 기능으로 온습도 센서, 불꽃 감지 센서, CO₂ 감지 센서를 이용하여 항만 내 상황을 판단하고 이를 라즈베리파이와 연결하여 실시간으로 사고를 인지하고 수습할 수 있도록 화면을 구성(그림 4)하였다.





(그림 4) 애플리케이션 서비스 개념도

(그림 5) 안드로이드 기반의 애플리케이션 화면

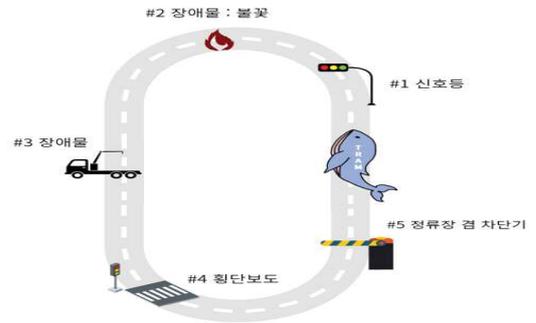
IoT 데이터 분석으로 트램의 사고를 방지하기 위해서는 사물인터넷(IoT) 기반의 센서가 반드시 필요하다. 또한 IoT 기반의 빅데이터 확보하기 위해서는 개인정보보호 환경이 구축되어야 한다.



(그림 7) IoT 센서값을 빅데이터로 분석하는 사례

AI 무인 자율 이송 트램의 경우에는 환경오염(미세먼지, 온습도, 가스 감지) 상황을 실시간적으로 측정된 데이터(그림 7)를 제공하고 갑작스러운 화재나 낙하물, 동물이나 사람 등의 돌발적 상황에 트램의 속도를 변경하라는 메시지가 최우선 순위로 트램에 전달하도록 구현하였다. 실질적인 빅데이터 분석을 통해서 충돌사고를 미연에 방지하려면 레일 쪽 센서는 트램의 이동 경로, 속도 및 하중 특성에 대한 데이터를 수집하고 기록하여야 하며 모든 데이터는 소프트웨어를 사용하여 데이터 처리 작업을 결정하는 트램 통제센터에 전달되고 통제되어야 한다. 트램의 내부 시스템에서 트램을 중지, 감속 또는 가속하는 자동 조치가 발동하도록 구현하기 위해서는 많은 양의 데이터로 분석과 조치가 어렵다고 판단되고 사물인터넷(IoT) 데이터를 수집했다면 즉각적으로 조치를 하거나 저장하여 향후 측정과 조치 이루어질 수

있도록 해야 한다.



(그림 7) 안전한 스마트 정류장에서 다양한 긴급조치 데이터 수집 및 전달

5. 결론

해당 프로젝트에선 항만 물류 작업의 자동화로 과정 중 기존의 물류 과정에서의 발생하던 안전사고들에 대한 예방 및 빠른 사후 조치를 위한 다양한 방법을 모색하였다. 자동화 이전 항만의 물류 작업은 모두 사람에 의해 이루어지며 부주의로 인해 사고가 발생한다는 것을 알 수 있었다. 이를 해결하기 위해 트램의 경로를 설정하여 이를 이탈하지 않도록 설정했으며, 트램에 카메라와 센서들을 부착하여 트램의 경로에 장애물을 식별하며 이후 감속하도록 구현하였다. 추가로 트램이 운행 중인 경우 레일에 사람이 통행하지 못하도록 정류장에 안전장치를 설치하여 안전사고 예방될 것으로 기대되며 스마트 항만 구축에 하나의 모델로써 작용할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] 한국항만물류협회(2012-2020), 「항만하역재해통계 및 사례」.
- [2] 조원호, “울산 매년 산단 안전사고 최다 불명예”, 울산신문, 2020.10.06
- [3] 진정민, 지정된 라인을 따라 가는 라인트레이서, 2018년도 대한기계학회 재료 및 파괴부문 춘계학술대회 논문집, 2018, 2
- [4] 우지원, 라인트레이서 로봇제어 알고리즘 테스트를 위한 수치 동적 모델링 및 시뮬레이션, 한국소음진동공학회, 2020,51

본 논문은 해양수산부 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.