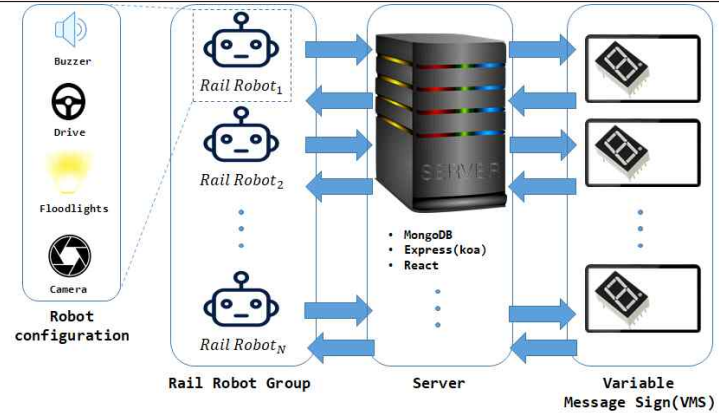
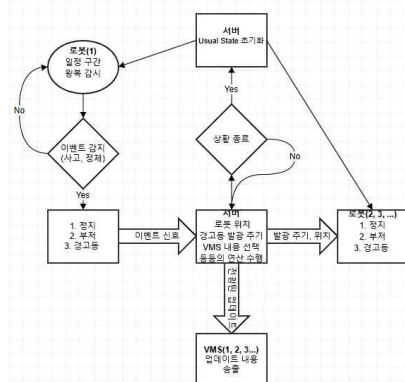


<div> <div>블임3</div> <div>참가신청서</div> </div>		
<div> <div>지역사회와 함께하는 서울시립대학교</div> <div>「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서</div> </div>		
팀명칭	<div> <div>국문: 오정 테크</div> <div>영문: OHJeong Tec</div> </div>	
작품명	<div> <div>국문: 터널 내 레일 로봇의 실시간 모니터링 및 협동을 통한 자동차 2차 사고 예방 시스템</div> <div>영문: Rail robot system to prevent car additional accident in tunnel</div> </div>	
작품분야	<div> <div>미래 신산업</div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> 1-① 미래신산업           <input type="checkbox"/> 미래 신산업 중 저탄소에너지 해당(가산점 부여)         </div> </div>	
	<div> <div>산업체 산학연계</div> <div> <input type="checkbox"/> 2-① 산업체 제안, 기술 애로사항 등 활용           <input type="checkbox"/> 2-② 상용 상품, 제품의 기술적 개선         </div> </div>	
	<div> <div>지역사회 관련 주제 활용</div> <div> <input type="checkbox"/> 3-① 시민제안 대상으로 서울 아이디어 활용 (<a href="https://idea.seoul.go.kr/">https://idea.seoul.go.kr/</a>)           <input checked="" type="checkbox"/> 3-② 서울시 복지, 경제, 문화, 교통, 환경 개선 아이디어           <input type="checkbox"/> 3-③ 2023 사회적경제공학아이디어 경진대회 지역사회문제 주제         </div> </div>	
작품내용 요약		
1. 과제 목적, 개발동기, 필요성	<p>2차 사고란, 사고나 고장으로 인해 정차한 차량을 뒤따르던 차가 미처 인지하지 못해 추돌하는 사고로, 작은 사고가 큰 사고로 이어지며 1차 사고보다 훨씬 큰 피해를 준다. 한국도로공사에 의하면, 고속도로에서의 2차 사고로 인한 치사율은 54.3%로 일반사고의 평균 치사율 8.4%에 비해 치사율이 6배가 넘는다. 특히, 터널 안이나 다리 위에서 교통사고가 발생하는 경우 연쇄 추돌로 이어져 사망자 수는 교통사고 100건 당 3.6명으로 피해의 가능성이 크다. 비단 일반·고속도로뿐만 아니라, 교통량이 많고 혼잡한 서울 시내 봉천 터널과 홍지문 터널에서는 최근 5년간 약 70건의 인명 사고가 발생했다. 터널 내 교통사고는 다중 추돌 위험이 커 큰 인명 피해를 발생시킬 수 있기에, 터널 내에서의 2차 사고를 예방이 필요하다.</p> <p>일단 사고가 발생하면, 사고 차량 운전자는 후방 운전자의 빠른 식별과 대처를 기대해야 한다. 현재 한국도로공사에서는 ‘비트박스 캠페인’을 진행 중으로, 교통사고 발생 시, ‘비상등 켜고, 트렁크 열고, 밖으로 대피 후, 스마트폰으로 신고’ 하는 후속 조치를 강조하고 있다. 사고지점으로부터 일정 거리 뒤로 이동해 삼각대나 안전 교갈을 설치하는 등의 과거 ‘도로 내 사고 조치’ 중 하나로 행동 요령을 개선한 것으로 보이나, 뒤따르는 차에게 사고를 인지시키기 위해 앞의 조치만으로는 부족하다는 것이 대부분의 여론이다.</p> <p>또한, 차량 대피를 알리는 시스템은 매우 비효율적이다. 다음의 그림1은 관공서에 구축했던 ‘차량 대피 시스템’의 변화다. 차량 번호를 수작업으로 조회하여 대피 안내를 유선으로 알렸었던 기존 시스템에서, 개선안은 차량 번호를 수기 조회에서 자동으로 대피 안내로 시나리오를 단축했다. 그러나, 주</p>	

<div> <div>지역사회와 함께하는 서울시립대학교</div> <div>「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서</div> </div>	
<p>행 중 운전자는 전방 주시 의무가 있듯 후대전화를 보는 것은 위험하므로 대피 안내를 유선으로 하는 것은 주행 중인 운전자에게 좋은 방안이 아니다. 물론, 도로 전광표지(VMS)로 이를 알리지만, 정보를 표시하기 전 사고지점, 규모 등을 파악하고 알리기 때문에 시간 소요가 상당하다. 1초에 많은 것이 변하는 도로에서 이러한 시나리오의 개선이 필요하다.</p>	
<div> <div> <div>연행</div> <div> <div>위험차량 확인</div> <div>↓</div> <div>차량번호 수기 조회</div> <div>↓</div> <div>연락처 ○    연락처 ×</div> <div>↓                      ↓</div> <div>대피안내 (SMS, 유선)    대피안내 불가</div> <div>↓                      ↓</div> <div>차량 및 운전자 대피</div> </div> <div>→</div> <div> <div>개선</div> <div> <div>위험차량 확인</div> <div>↓</div> <div>차량번호 시스템 입력</div> <div>↓</div> <div>대피안내 (SMS, 유선)</div> <div>↓</div> <div>차량 및 운전자 대피</div> </div> </div> </div> <p>그림1. 차량 대피 알림 시스템</p> </div>	
<p>2차 사고 예방을 확실히 하는 것은 개인적 노력만으로 이뤄질 수 없으며, 기존 시나리오에 적합하지 못하다. 따라서, 사고를 즉시 인지하고 후속 차들에 사고를 확실하게 인지시켜주는 공공시설물이 존재해야 하고, 시나리오의 시간적 개선이 필요하다. 특히, 대피할 곳이 제한적인 터널의 경우 이를 대비하는 조치는 더욱더 강조된다.</p>	
<p>기존에 차도 내 사고를 확인하는 방식은 주로 ‘운전자의 신고’와 ‘공공시설물(레이더, CCTV) 모니터링’로 두 가지로 나뉜다. 전자의 경우, 사고 운전자가 안전하게 대피한 뒤 신고하는 경우가 대다수이므로 시간적 소요가 크다. 후자는 사고를 감지한다면, 즉각적인 후속 조치가 취할 수 있겠지만 당장 후방 차량은 이를 알 수 없고, 터널 전 구간을 감지하기 위한 수많은 시설물이 설치돼야 할 것이다. 정리하면, 현행의 경우 모니터링 장치가 감지하지 못했다면 후속 조치를 기대하기까지 시간적 소요가 크다는 점, 감지하더라도 수많은 인프라 소요 및 후방 차량 운전자가 사고지점과 얼마나 가까운지 모른다는 점이다.</p> <p>터널 내 사고에 대한 선행기술을 조사해본 결과, GTX 지하철에 레일 로봇을 투입한다는 기사를 확인했다. 해당 로봇은 지하철이 다니는 지하 선로 내의 유사시를 대비하는 것으로, 화재 대피 안내 및 선로 내 위험요소를 감시한다. 정적인 CCTV가 아닌 동적으로 모니터링을 한다는 점과 특정 환경(터널)에 적용한 기존 제품의 아이디어에 더해, ‘차도’와 ‘터널’이라는 환경에 특화되도록 로봇을 설계하면 ‘터널 내 2차 사고 예방 시스템’을 구상했다.</p> <p>터널 상단에 레일과 동적인 로봇을 부착하여 여러 로봇이 일정 구간을 맡아 감시한다면, 로봇 한 대가 여러 CCTV나 레이더 같은 정적인 장치를 대체할 수 있다. 레일 로봇에 장착된 카메라가 도로 내를 동적으로 모니터링을 하던 중 특정 이벤트가 발생하면 이를 알리는 것으로 시간적 소요를 줄일 수 있을 것이며, 운전자의 신고에 기대지 않을 수 있다. 전광판 표지기(VMS) 업데이트도 빨라질 수 있으므로 효과적일 것이다. 또한, 사고가 발생한 지점을 기준으로 일정 구간마다 경고등을 켜 후방 차량이 사고</p>	

<div>지역사회와 함께하는 서울시립대학교</div> <div>「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서</div>	
	<p>지점으로부터 얼마나 근접하였는지 알려줄 수 있다. 가령, 사고지점에서 사고를 감지한 로봇이 경고등을 점등하고, 후방 로봇들은 일정한 간격으로 배치되어 경고등의 점멸 주기를 다르게 한다. (후방 차량은 주행하는 동안 경고등의 점멸 주기가 점점 짧아지는 모습을 관찰) 이러한 조치는 후방 운전자는 더욱 직관적으로 자신의 상대적인 위치를 파악하여 위험에 대비하는 시간적 여유를 가질 수 있겠다.</p>
2. 해결방안 및 수행과정	<p>전체 시스템의 경우, '일정 구간 감시 상태'와 '이벤트 발생에 따른 조치 상태'의 두 가지 기능이 있어야 한다. 평상시 항상 실시간으로 사고 발생 여부를 확인해야 하며, 사고가 발생하면 즉시 사고 발생지점을 후방의 차량이 인지할 수 있도록 표시한다. 이후, 사고 발생지점으로부터 전방 100m, 200m 지점에도 후방의 차량이 인지할 수 있도록 사고 발생 표시를 해주며, 터널 진입 전 전광판에도 터널 내부의 사고 발생을 알려야 한다.</p> <p>로봇이 터널 내부의 천장에 설치된 레일을 움직이며 실시간으로 관찰하고, 로봇 한 대가 터널 전체를 담당하기에는 무리가 있으므로, 100m당 로봇 한 대씩 배치하고, 각 로봇은 중앙 서버와 통신을 주고받는다. 중앙 서버가 존재하므로 터널 입구의 전광판 역시 중앙 서버와 연결해 제어할 수 있으며, 여러 대의 로봇이 존재하므로 여러 지점에 배치되고, 경고등 점멸 주기로 사고 발생 사실 및 상대적인 위치를 알릴 수 있다.</p> <p>각 로봇의 경우, 사고 발생 여부를 판단하고 사고 발생 여부를 운전자에게 인지시킬 수 있어야 한다. 사고 발생 여부를 판단하는 방법으로, 로봇에 카메라를 장착해 실시간 이미지를 중앙 서버로 전송하고, 중앙 서버의 이미지 처리를 통해 사고 발생 판단을 하면 로봇에게 신호를 보내는 방법을 사용한다. 사고 발생을 운전자에게 알리는 방법으로, 로봇에 부저와 투광등을 장착해 사고 발생을 직관적인 방식으로 알린다.</p> <p>위에 기술한 내용을 정리하여, 이어지는 그림2에서는 하드웨어 모식도를, 그림3에서는 전체적인 과정에 대한 Flow Chart를 추가했다.</p>

<div>지역사회와 함께하는 서울시립대학교</div> <div>「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서</div>	
	 <p>그림2. 하드웨어 구성 모식도</p>  <p>그림3. “일정 왕복 감시 상태”에서 “이벤트 발생 상태”로의 Flow Chart</p>
3. 과제 내용	<p>0. 서론</p> <p>레일 로봇, VMS, 인공지능, 서버는 터널 내의 2차 사고 방지라는 공통의 목표하에 있다. 먼저 레일 로봇은 터널 내의 사고를 감지하고, 2차 사고 발생 시에 후방에 있는 운전자에게 사고 발생을 알리는</p>

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

역할을 한다. VMS는 터널 입구에서 사고 정보를 운전자에게 제공하여 당사자들이 사고 현장을 우회할 수 있도록 유도한다. 인공지능은 터널 내의 사고 여부를 판별하는 역할을 한다. 서버는 각 기기를 실시간으로 연결하며 통신할 수 있도록 한다. 지금부터는 레일 로봇, VMS, 인공지능, 서버를 기술적으로 구체화하겠다.

### 1. 로봇

#### 1) 개념 설계

- 레일 로봇은 터널 내부에 설치된 레일을 따라 왕복 운동하며 로봇에 설치된 카메라 및 센서 등을 통해 현장을 감시하고 사고 상황을 감지한다. 해당 로봇은 100m 구간 별로 한 대씩 운용된다. 레일 로봇의 하드웨어는 크게 구동부, 지지부, 몸체 부로 구성되어있다.
- 구동부에는 동력원인 모터와 배터리, 바퀴로 구성되고, 지지부는 레일과 로봇을 결속하는 부분이다. 몸체 부는 카메라, 조명, 스피커 등으로 구성된다.
- 레일 로봇의 하드웨어를 설계하면서 고려해야 할 사항은 동력원과 레일 간 접지 및 모터의 토크 선정과 터널 내부 공기 유동에 의한 저항을 줄여줄 수 있는 외형, 무게 중심을 고려한 지지부와 몸체 부의 구성요소 배치 등이 있다.
- 레일은 터널의 상부에 고정되며, 로봇의 하중을 견딜 수 있도록 일정 간격마다 지지대를 설치해주어야 한다.
- 레일 로봇의 전원은 배터리로부터 공급받으며, 배터리는 로봇의 몸체 부에 있다.
- 레일을 터널의 상부에 고정하기 위해서는 레일 상부에 지지대가 연결되어야 하는데, 로봇의 구조가 레일의 상부를 침범하는 형태면 로봇이 레일을 따라 이동하는 도중 지지대에 의해 물리적으로 방해받게 된다. 그러므로 로봇 구동부 설계에 있어서 로봇의 형태는 레일을 감싸는 형태가 아닌, 레일 아래에 매달린 형태를 채택하고, 이를 위해 레일은 아랫부분이 뚫려 있는 사각 레일을 사용한다. 3D Inventor 캐드 프로그램을 이용해 로봇 구동부 개념설계에 대해 모델링 한 결과는 아래의 **그림4**와 같다.

#### 2) 이론적 기술적 근거

- 개별 레일 로봇은 100m 길이의 레일을 10m/s의 속도로 왕복 운동하며 감시한다. 구간의 길이를 100m로 선정 한 이유는 터널이 주로 위치한 고속도로에서의 차량 주행속도와 관련이 있다. 한국도로공사에서는 고속도로에서 일반적인 속력이 100km/h인 차량이 주행할 때의 안전거리로 100m를 명시하고 있다. 따라서 100m로 구간을 설정할 경우 사고를 감지하였을 때 구간 내 1~2대의 차량에 대해 경고를 할 수 있을 것이다.
- 한국 도로 공사에서 발표한 고속도로 터널설계 실무 자료집에 따르면 터널 내부 유동은 최대 12m/s가 되게끔 설계된다. 실제로 터널 내부의 풍속은 8~10m/s를 상한으로 유지한다고 명시되어 있다. 따라서 레일 로봇과 레일은 터널 내부에서 왕복 운동할 때 유동 때문에 받는 공기 저항 및 진동을 고려해야 한다.
- 구동부의 구동 능력은 모터의 토크와 레일 간 접지에 따른 마찰력, 바퀴의 지름으로 계산할 수 있다. 따라서 레일 로봇의 하중이 결정되면 10m/s의 속력을 갖게끔 모터의 출력을 로봇의 메인 보드에 서 코드로 조절할 수 있다.

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

- 레일의 안정성과 로봇의 지지능력은 Autodesk Inventor로 제품의 형상을 3D 모델링 하여 구현한 후 각 요소의 물성값과 하중, 무게 중심을 입력하고 응력 해석 기능을 활용하여 해석한다. 고려해야 할 사항으로는 로봇 하중에 의한 레일의 처짐 변형 등이 있다. 터널 내부에서 레일과 로봇이 파손되었을 때의 위험성은 매우 크기 때문에 안전계수의 경우 4 이상을 구현할 수 있도록 설계한다.

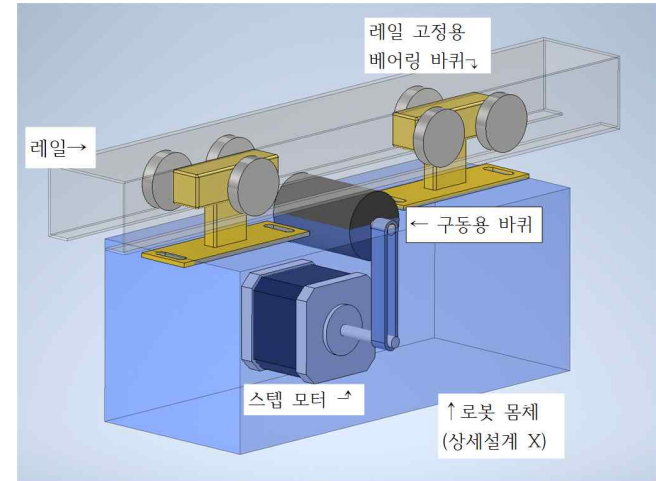


그림 4. 로봇 구동부 개념설계 3D 모델링

#### 3) 시제품 재료 선정

레일 : “존슨레일-대” 제품 선정.

터널 내부 상부에 레일이 부착되어야 하는 특성상 로봇이 레일을 감싸고 있는 구조보다 로봇이 레일의 아래에 매달려있는 구조가 훨씬 간편해진다. 이를 구현할 수 있으면서, 로봇의 무게와 크기를 버틸 정도의 크기와 내구성을 갖는 레일이기에 선정하였다. 위 제품의 경우, 구조는 위(그림4)의 3D 모델링과 같고, 단면적의 수치는 가로 45mm, 세로 32mm이며, 알루미늄 재질로 구성되어있고 허용 하중은 80kg이다. 또한, 레일 고정용 바퀴(베어링 로라)를 같이 구매할 수 있으므로 설계가 훨씬 간단해진다.

모터 : “nema17 4234 스텝 모터” 제품 선정.

dc 모터의 경우, rpm이 높지만, 토크가 약하고, 스텝 모터의 경우, dc 모터보다 회전 속도는 느리지만, 토크가 더 강하다. 시제품으로 만들 레일 로봇의 경우, 속도보다 토크가 더 우선순위라고 판단하여 스텝 모터로 결정하였다. 본 제품의 경우, 홀딩 토크는 0.3 Nm으로, 시제품을 구현하기 충분한 힘을 제공한다.

보드 : “아두이노 우노 R3” 제품 선정

통신의 경우, 로봇에 달린 라즈베리 파이와 담당하므로, 하드웨어 구동을 위한 보드는 모터 제어, LED 조명 제어, 부저 제어 등의 간단한 기능들을 실행 가능한 아두이노 R3 제품을 선정했다.

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

모터 드라이버 : “A4988 스테핑 모터 드라이버” 제품 선정.  
스텝 모터 제어의 경우 전용 드라이버를 사용해야 하며, 1의 신호 당 1.8°도 회전하며, 주파수를 조절해 회전 속도를 조절한다. 이를 통해 레일 로봇의 움직임을 효과적으로 제어할 수 있다.  
프레임 : 3D 프린터로 제작.  
본 팀의 아이디어를 실제로 적용할 생각으로 제작한다면 로봇의 몸체는 가볍고 견고한 알루미늄으로 제작하는 것이 타당하지만, 작동원리에 대해 시연하는 시제품 제작의 경우에서도 알루미늄으로 제작하는 것은 무리가 있기에, 대학생 수준에서 간단하게 실행 가능한 3D 프린터를 사용하여 로봇 프레임 제작한다.  
조명 : “네오픽셀 RGB LED 12구 원형” 제품 선정.  
충분히 밝은 빛과 더불어 혹시 모를 추가기능을 위해 다양한 색을 표현하는 기능을 포함하는 제품을 선정하였다.  
배터리 : “18650 리튬이온 배터리팩 3S1P” 제품 선정  
로봇의 무게를 고려하여 에너지 효율이 가장 좋은 리튬이온 배터리를 사용하기로 하였다. 본 배터리로 로봇에 달린 아두이노와 스텝모터, 라즈베리파이에 전원 공급을 해야 하기에, 3.7v 리튬이온배터리 셀 3개를 직렬로 연결해 12v를 맞춘 후, 아두이노는 바로 전원으로 연결하고, 라즈베리파이는 5v 전압강하 모듈을 통해 전원과 연결한다.

### 2. VMS

#### VMS의 목적

VMS는 2차 추돌 사고를 방지하기 위해 터널 입구에 설치된 전광판과 그 전광판을 제어하는 제어부로 나눌 수 있다. 이 장치는 서버로부터 사고 발생 flag를 수신하면 즉각적으로 warning mode에 들어가며, 후방 주행자들에게 경고하는 역할을 한다.

#### VMS 통신 모듈의 구현

2차 추돌 사고를 방지하기 위해 터널 입구에 설치된 로봇의 경우, 사고를 인식하는 센서에, 사고 현장을 지휘 통제하는 로봇과 병렬로 연결하는 방식으로 구현해 볼 수 있다. 즉, 사고가 일어났다고 판단이 되는 순간, 현장을 지휘 통제하는 시스템과 별개로, 터널 입구에서 진입하는 운전자들에게 사고 사실을 알리는 방식으로 만들 수 있다. 전광판과 레일 로봇은 평소에는 별도의 통신 장치로 사고 발생 여부를 알리며 상시 대기한다. 이 통신은 무선 통신과 유선 통신 그 어떤 방식으로든 사용할 수 있지만, 만약 무선 통신 방식을 채택할 경우 터널 안에서도 회절과 간섭이 최소한으로 일어나도록 dipole antenna를 이용해 linear polarized wave를 전송하여 전력을 최대한으로 전달할 수 있도록 구현하는 것이 이상적이다. 유선 통신 방식을 채택할 경우, 터널 내에서 다른 신호의 간섭과 attenuation(viscosity loss)을 최소화하기 위한 coaxial cable의 사용을 고려해 볼 수 있다. 시제품 구현에 있어선, 흔히 사용되는 근거리 통신 방식의 일례로 Wi-Fi 통신 방식을 사용해 볼 수 있다.

#### MS warning mode 구현

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

로봇은 사고를 인식한 순간 자체적으로 탑재한 전광판을 켜 운전자들에게 사고 사실을 알리고, 결과적으로 2차 추돌 사고의 발생 가능성을 낮추는 역할을 한다. 전광판의 경우 신호등처럼, 운전자들이 운전 중에도 쉽게 인식할 수 있는 충분한 칸델라의 광원을 사용해야 한다. 시제품 구현에서는 7-segment 소자를 응용해 볼 수 있다.

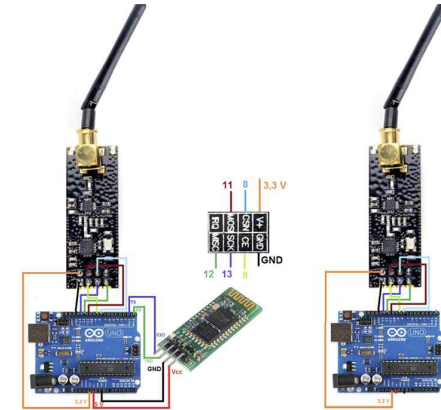


그림5. Arduino Wi-Fi Module Usage Example



그림6. 높은 칸델라(Candela)의 광원(위)과 7-segment display(아래)

### 3. 인공지능

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

레이블 로봇이 일정 구간 감시 상태에서 이벤트를 감지 상태로 처리하는 프로세스는 카메라를 통해 받은 이미지를 처리함으로써 이벤트 판단(1, 0)을 수행하는 것을 목표로 한다. (목표가 충족되면, 구체적인 상황 정보까지 탐지한다) 터널 내에서 이벤트 발생(사고 혹은 정체)은 여러 가지 상황으로 판단할 수 있는데, 다음 표1로 3가지를 정리했다. 인공지능은 이러한 근거를 토대로 사고를 감지하여 서버에 전달해주는 역할을 한다. 즉, 다양한 정보를 종합한 센서의 역할을 한다.

Branch	Contents
1) 비정상적인 정지	차량이 터널 내에서 일정 시간 이상 정지한 경우, 혹은 갓길이나 비상 정지 구역이 아닌 곳에 정지하고 있는 경우다.
2) 카메라 Oscillation 감지	차량이 벽에 충돌한 경우 그 진동을 감지한다.
3) 연기 및 화재 감지	화재로 인한 연기를 탐지한다.

표1. 이벤트 판단 Branch

표1에서 기술한 모든 경우를 구현하는 것이 좋겠지만, 현재 사고 감지 소자로 사용하는 것은 카메라 하나만을 선정했으므로 사고의 시각적 인식으로 이를 판단한다. 따라서, 카메라를 통해 구현할 수 있는 '1) 차량 후미 비상등 점멸', '2) 비정상적인 정지'를 탐지하는 것을 우선 목표로 선정한다. 카메라를 통해 얻은 이미지나 영상 정보를 토대로 사고 현장을 감지하여 서버에 전달하는 것이 사고 현장 인식의 핵심 요소이다. 이를 위해 사고 현장 그 자체를 객체로 한 Object detection을 시도해 볼 수 있으며, 이 과정은 빠를수록 좋다. 따라서 단 한 번의 신경망 통과로 이미지를 처리할 수 있는 YOLO(You Only Look Once) 모델의 적용을 통해 이 해결할 수 있다. 카메라와 YOLO 모델은 라즈베리파이5를 통해 구현할 것이다. 보드 내에서 무거운 딥러닝 모델을 수행하기 위해 개략적으로 YOLOv5의 경량화 모델로서 적용할 예정이다. 한편, 라즈베리파이5는 카메라를 통한 이미지 처리로써도 쓰이면서, 서버와의 통신(http 통신)으로써 사용을 계획하고 있다.

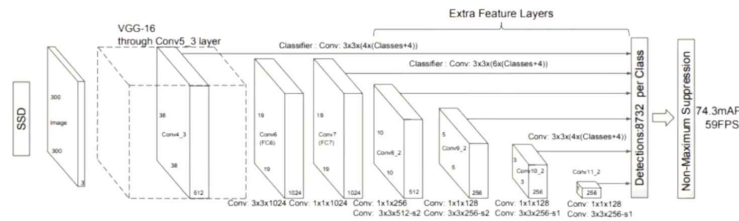


그림7. Computing Principle Of YOLO

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

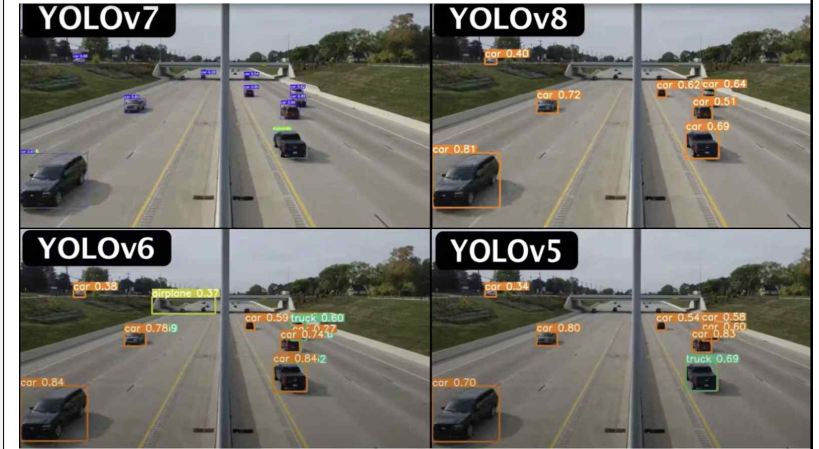


그림8. YOLO(You Only Look Once) 사용 예

### 4. 서버 서버의 목적

서버는 정보를 효율적으로 관리하기 위하여 적용하였다. 구체적으로 서버 적용 이유를 살펴보면, 서버 적용 첫 번째 이유는, MCU의 연산능력 한계로 인하여, MPU에서 인공지능 모델의 연산에 어려움이 존재하리라 판단하였기 때문이다. 서버 적용의 두 번째 이유는, 로봇에서 전송한 정보를 한 곳에서 관리하는 것이 로봇, 전광판 등의 기기 간의 통신에 유리하리라 판단하였기 때문이다. 즉, 서버는 로봇에서 전달한 정보를 효율적으로 가공하고, 여러 기기에 적합한 통신 솔루션을 제공함에 그 목적이 있다.

### 서버의 역할

서버는 1)'관리자 페이지 요청 처리', 2)'인공지능 연산', 3)'로봇/전광판과의 통신'의 임무를 수행해야 한다. 첫째로, 1)'관리자 페이지 요청 처리'는 관리자 페이지에서 정보, 로봇 제어에 대한 요청을 처리할 수 있어야 한다. 즉, 로봇 정지 명령을 내리거나, 전광판 점등 여부 등의 요청을 처리할 수 있어야 한다. 둘째로, 2)'인공지능 연산'의 경우, 로봇에 부착된 카메라를 이용하여 이미지를 수집한다. 그 후, 인공지능 모델을 이용하여, 재난 발생 여부 등을 판단한다. 마지막으로 3)'로봇/전광판과의 통신'은 서버에서 로봇 센서의 정보를 읽어오고, 재난 발생 시에 로봇/전광판에 재난 발생 신호를 전달하는 역할을 해야 한다.



## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

### 서버의 기술적 구현

서버를 기술적으로 구현하기 위해, 먼저 mongoDB를 통하여 데이터베이스를 구축한다. 더하여 express(혹은 koa)를 통하여 라우터를 구현하고, repository layer에서 실질적인 db와의 통신을 담당하고, service layer에서 각각의 임베디드 기기에 대한 인증, 제어에 관한 business logic을 구현한다. 더하여 관리자의 정보 조회, 로봇 제어를 가능하게 하는 웹페이지를 react 기반으로 구현한다. 이 모든 과정은 실시간으로 이루어질 수 있도록 long polling, SSE 등의 방식을 활용한다. 정리하면, 서버는 정보를 효율적으로 관리하기 위하여 적용하였으며, 1)'관리자 페이지 요청 처리', 2)'인공지능 연산', 3)'로봇/전광판과의 통신'의 임무를 수행할 수 있어야 한다. 더하여 구체적으로 mongoDB, express, react를 이용하여 기기 간의 실시간 통신을 가능하게 하는 서버를 구현한다.

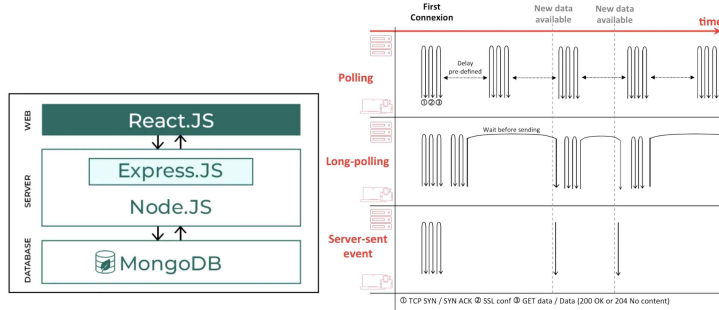


그림9. 서버 구현 기술 스택(좌), 실시간 통신 방식-Polling, Long Polling, SSE(우)

### 4. 기대효과 및 활용 방안

본 작품을 고속도로 터널에 실제 적용할 경우, 터널 내 2차 사고 발생 확률을 확실하게 낮춰줄 것이고, 이는 터널 내 2차 사고로 인한 경제적 손실과 인명 피해를 확실히 줄일 것이다. **동영상식 VMS로 사전정보제공시 터널 내 2차사고 감소효과에 대한 연구(신소영 외 4명)**에 따르면, “사고발생시 터널 앞 정보제공지점으로부터 사고지점 사이에 위치한 차량에게도 정보제공이 필요”하다는 점에서 레일 로봇의 필요성이 대두된다. 실제로 운전자에게 터널 내부의 사고 발생을 알릴 경우, 알리지 않을 때에 비해 차량의 운행속도가 약 20km까지 감소하는 결과가 나타났다. 터널 내부에서 동적으로 사고 발생 여부를 제공하는 레일 로봇의 특성을 고려하면 고정적으로 설치된 전광판의 전달 효과를 상회할 것으로 판단된다. 또한, 터널 입구에 전광판으로 사고 발생 여부를 전달한다면 2차 사고 예방에 도움이 될 것으로 분석된다.

하지만 터널 교통사고의 발생 요인 분포에 따르면 운전자의 주시 태만, 졸음 등이 70%를 초과하기 때문에 일반적인 시각 효과를 통해 전달하는 방법보다는 눈에 띄는 위험 신호 사용, 경고를 발생의 기능이 포함된 본 작품의 실효성을 기대할 수 있다.

본 작품은 터널 내의 2차 사고 예방 목적을 위한 발명이지만, 화재 감지, 시설 노후화 감지 등 다른

## 지역사회와 함께하는 서울시립대학교 「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

목적들을 간단하게 센서 하나만 더 부착하여 충족시킬 수 있다는 점에서 실용성, 효율성 측면에서도 강점을 보인다. 현재 국내 터널의 50%는 10년 이내에 사용 연수가 30년 이상이 되어 노후화에 대한 점검과 진단 방법이 필요한데, 본 작품으로 이에 대한 대책을 제시할 수 있다. 고속도로 터널 이외에도 지하차도, 지하철 터널 등의 터널 형태의 모든 시설물에 적용할 수 있다는 범용성도 높다.

다양한 상황에서 다양한 목적을 지니고 조금씩 변형하여 적용할 수 있는 범위가 무궁무진하다는 점에서 수요가 늘어날 가능성이 충분하기에 시장성 부분에서도 강점을 갖는다. 그러나 본 작품의 경우, 공공질서, 공공의 안전을 위한 발명이기 때문에 수익을 목적으로 갖는 사업으로는 보기 힘들다고 판단된다. 그러나 본 기술은 공공의 안전에 이바지한다는 점이 국고지원의 적합성에 부합하여 정부나 공공기관의 지원을 받는다면, 기술을 연구 개발하기에 충분한 여건이 마련될 수 있을 것으로 사료 된다.

### 5. 예상 소요 비용

항목	세부항목	소요비용 (단위:원)
보드	아두이노 Uno R3	13,160
보드	아두이노 Uno R4.Wi-Fi	34,100
보드	라즈베리파이5 8GB모델(다운그레이드 가능성 있음)	88,800*2
모터	nema17 4234 스텝 모터	6,800*4
드라이버	A4988 스텝핑 모터 드라이버	2,080
안테나	아두이노 LP antenna	6,000
디스플레이	7-segment 소자	13,300
레일 프레임	존슨레일/대/2M	26,000
LED	네오픽셀 RGB LED 12구 원형	1,440
카메라	카메라 모듈 AH22	10,500*2
합 계		315,080

### 6. 팀원 역할 분담

성명	역할	참여도(%)
김도협	서버와 로봇 간의 통신구현	16.5
오정택	레일, 로봇 하드웨어 설계 및 구현	16.5
조경호	레일, 로봇 하드웨어 설계 및 구현	16.5
정민석	서버, 영상 인식 설계 및 구현	17.5
정형원	전광판, 통신망 설계 및 구현	16.5
박상윤	영상 처리 구현	16.5
합 계		100%

### 7. 참고 문헌

- 손연태, 박건규. “고속도로 위험구간(터널부)의 교통사고 특성분석 연구.” 대한교통학회 학술대회지 81.- (2019): 265-266.
- 신소영,이수범,김형규,박민재,김경태, “동영상식 VMS로 사전정보제공시 터널 내 2차사고 감소효과에 관한 연구.” 한국안전학회지 34.2 (2019): 56-62.
- 윤일수(YUN Ilsoo),윤여환(YOON Yeo Hwan),and 조용성(CHO Yong Sung). “교통사고 검지 기술

지역사회와 함께하는 서울시립대학교  
「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

동향과 음향 신호 기반 기술 도입 효과 연구: 터널 및 지하도로를 중심으로." 교통 기술과 정책 19.6 (2022): 21-27.  
  
4. 정지희,이강현,이상래,황범식,and 김낙영. "터널 스마트 점검기술 및 유지관리 제도 분석에 관한 연구." 한국터널지하공간학회논문집 25.6 (2023): 569-582.  
  
5. 윤보람, '자칫하면 대형참사...터널 교통사고로 5년간 128명 사망',연합뉴스, 2024.02.09., <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240208112400004>  
  
6. 이재영, '차량침수·고속도로 2차사고 위험 이젠 사전예방하세요', 이투데이, 2024.01.15., <https://www.etoday.co.kr/news/view/2321232>  
  
7. 국토교통부, '2023 도로 교량 및 터널 현황조사'.

3D프린팅 활용여부

0

특허출원희망여부

0

팀구성

팀원수	총 5명	공학인증	성명	연락처
팀장	기계정보공학과 (2022650003, 3학년)	0	김도협	C.P 010-4255-5997 E-mail: dhkim0517@naver.com
팀원 1	기계정보공학과 (2020430016, 3학년)	0	오정택	C.P 010-3874-9534 E-mail: vjdxor9534@uos.ac.kr
팀원 2	기계정보공학과 (2020430033, 3학년)	0	조경호	C.P 010-9570-5262 E-mail: vitus00@uos.ac.kr
팀원 3	국어국문학과 (2020620029, 3학년)	X	정민석	C.P 010-2335-7000 E-mail: j93es@naver.com
팀원 4	전기전자컴퓨터공학부 (2020440130, 3학년)	0	정형원	C.P 010-8727-8536 E-mail: kronosasd@naver.com
팀원 5	컴퓨터과학부 (2022920027, 3학년)	X	박상운	C.P 010-2460-7357 E-mail: sangyeun003@gmail.com

위와 같이 참가를 신청합니다.

2024년 06월 06일

신청자 대표(팀장) : 김도협

김도협

지역사회와 함께하는 서울시립대학교  
「2024 창의공학설계경진대회」 참가신청서

지도교수 : 김태현

김태현

서울시립대학교 공학교육혁신센터장 귀하

정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률에 따라 서울시립대학교 공학교육혁신센터에서 「창의공학설계경진대회」 운영 및 관리를 위하여 참여자의 개인정보를 수집 및 이용하는 것에 동의합니다.  
(개인정보 수집항목 : 이름, 학과, 학번, 학년, 연락처(휴대전화번호, e-mail)  
☒ 동의 ☐ 비동의