

화재 진압을 위한 자율주행 로봇 개발

Development of Autonomous Driving Robot for Fire Suppression

조현습 · 서석현
한국공학대학교 전자공학부



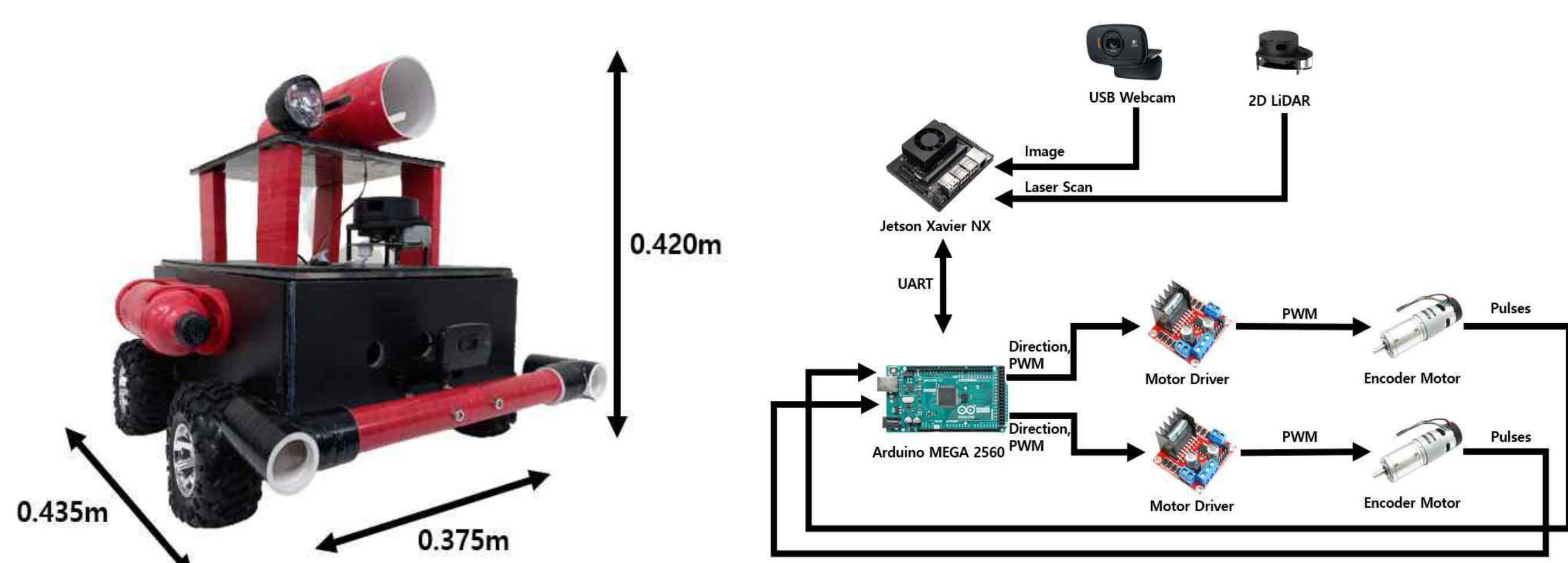
한국공학대학교
TECH UNIVERSITY OF KOREA

BACKGROUND

- ❖ 2020년 기준 약 4만여건의 화재로 인한 2000여 명의 인명피해와 6000억 가까이 되는 재산피해 발생
- ❖ 더 큰 사고가 발생하지 않도록 초기 진압의 중요성 대두
- ❖ 사람을 대신하여 초기 진압을 위해 발생 지점까지 자율적으로 이동하는 로봇을 제작
 - ✓ 화재 감지기와의 실시간 서버 통신
 - ✓ 로봇에서 실시간으로 화재 여부를 감시하고 화재 발생 시 화재감지기의 Waypoint까지 경로계획 수행
 - ✓ Waypoint 도달 시 단안 카메라를 이용하여 화재 인식, 거리 추정 수행 및 임계 값 도달 시 투척용 소화기 발사
- ❖ GPS 수신이 불가능한 실내 환경에서의 위치 추정을 위한 2D SLAM, 엔코더 데이터를 이용한 주행 거리 계산

H/W 및 프레임 구성

- ❖ 로봇 센서 배치 및 구성
 - ✓ 교내 건물의 통로 중 가장 좁은 폭을 고려하여 사람의 대피상황을 발생하지 않는 크기로 제작
 - 너비 0.375m, 길이 0.435m, 높이 0.420m
 - 센서 처리를 위한 메인 프로세서인 Jetson Xavier NX와 모터 제어 및 엔코더 데이터 수신을 위한 하위 제어기 Arudino Mega 2560의 Serial 통신
 - 주행거리와 속도를 측정하기 위한 엔코더 모터 2대, 주행 환경 인식을 위한 2D 라이다 1대, 화재 인식 및 거리 추정을 위한 USB 카메라 1대 장착



- ✓ USB 카메라와 2D 라이다는 로봇의 주시 방향과 일치시키기 위해 상단 중앙, 전면 중앙에 배치, LiDAR의 경우 전방 120도 5m이하로 ROI설정
 - 연산량을 줄이고 주행 시 상대적으로 무의미한 후면부 영역을 제거하여 연산속도 확보
- ✓ 차동 방식
 - 별도의 조향 시스템을 제작하지 않고 전륜구동 형태로 모터 2대 배치
 - 좌측 전륜과 우측 전륜의 회전 수 차이에 따라 조향 및 회전동작 수행
- ✓ 투척용 소화기 발사대
 - 원통 형태의 PVC 파이프에 스프링을 부착
 - 압축된 스프링을 서보 모터가 밀어내어 투척용 소화기를 발사



- 두바퀴의 이동거리를 평균을 내어 평균 이동 거리 계산

$$ad = \frac{ld + rd}{2}$$

- 두바퀴의 이동거리의 차를 이용하여 회전 각도 계산

$$\theta = \frac{rd - ld}{RW}$$

- 평균 이동거리를 직교 좌표계로 변환하여 상대좌표 추정

$$x_r = \cos(\theta) * ad$$

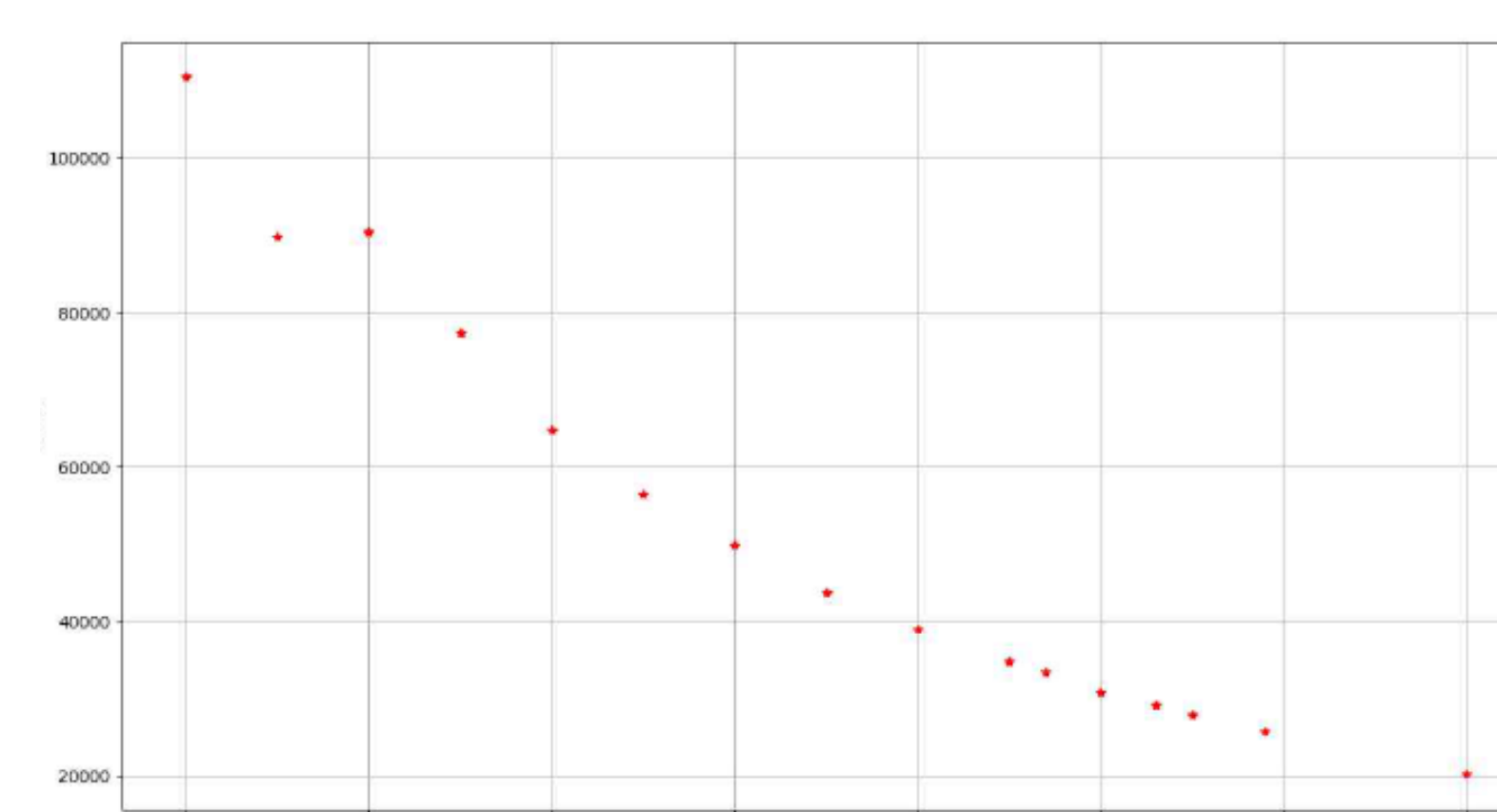
$$y_r = -\sin(\theta) * ad$$

- ❖ 제어 명령 RPM 계산 및 PI제어
 - ✓ 지역 경로 계획인 DWA 알고리즘을 통해 최종적으로 도출된 속도 명령은 선속도 v 와 각속도 w 로 구성
 - ✓ PI제어를 위해 목표 RPM으로 변환
 - r 은 장착된 바퀴의 지름
- $$rpm_{target} = \frac{v \mp (w * \frac{RW}{2})}{2\pi r} * 60$$
- ✓ 엔코더 2체배 방식을 통한 현재 RPM 계산
 - t 는 모터에게 보내는 명령주기, ppr 은 1회전당 펄스 발생 개수, $pulses$ 는 현재 엔코더 카운트 값

$$rpm_{current} = \frac{60}{t * ppr * 2} * pulses$$

화재 거리 추정 및 화재 진압

- ❖ Waypoint 도달 시 화재 인식 및 거리 추정 수행
 - ✓ 카메라를 이용한 영상처리를 통해 화재 인식 및 시각화를 위한 바운딩 박스 생성
 - ✓ 바운딩 박스 넓이에 따른 거리를 실험적으로 측정하여 데이터 수집



- ❖ 수집된 데이터를 토대로 2차 다항식으로 가정하여 곡선 피팅을 수행
 - ✓ x 는 바운딩 박스의 넓이

$$dist = w_0 * x^2 + w_1 * x + b$$

- ❖ 최종 결과는 다음과 같음



Odometry 계산 및 모터 제어

- ❖ Odometry 계산
 - ✓ ROS의 오픈소스 패키지인 AMCL은 라이다와 엔코더를 이용해 로봇의 현재 위치를 추정
 - ✓ 엔코더 데이터 입력은 Odometry 변환이 필요하며 이는 GPS와 같이 절대적인 위치가 아닌 상대적인 위치(주행거리)를 의미
 - ✓ 계산 방법
 - 이전 스텝의 펄스 카운트 값과 현재 스텝의 펄스 카운트 값의 차를 이용하여 두바퀴의 이동 거리를 각각 계산

$$ld = rd = \frac{pulses_{curr} - pulses_{prev}}{ppm}$$

CONCLUSION

- ❖ 화재 거리 추정 모델의 경우 RMSE를 손실함수로 사용한 결과 15.3632와 같이 측정됨
 - ✓ 다량의 데이터 확보 필요
- ❖ 60% 성공률의 목적지 도달 및 위치 추정 능력
 - ✓ 사용된 라이다의 부족한 분해능, 바퀴와 지면의 마찰에 의한 위치오차 누적 현상
 - ✓ 엔코더를 이용한 각도 계산의 한계성
 - ❖ IMU를 장착하여 부족한 위치 추정 능력 보완 예정