

Automatic Emergency Braking (AEB)

Hyeong-jun Kim, Assistant Professor

ASMR Lab. / Department of Future Automotive Engineering

Gyeongsang National University

정의 (Definition):

- 충돌이 임박했음을 감지했을 때, 운전자의 개입 없이 자동으로 차량을 정지시키는 시스템.

중요성 (Why it matters):

- Last Resort (최후의 보루): 주행 알고리즘(Planning)이 실패하더라도, AEB는 독립적으로 작동하여 사고를 막아야 함.
- F1TENTH 레이싱에서 차량 파손을 방지하기 위한 필수 구현 사항.

판단 기준 - 거리 vs 시간, 언제 멈춰야 안전한가?

거리(Range) 기준? 앞차와 10m 남았을 때:

- 1km/h 주행 시: 매우 안전 (불필요한 정지)
- 100km/h 주행 시: 충돌 불가피 (너무 늦음)
- 결론: 거리는 속도에 따라 위험도가 다름.

해결책: TTC (Time to Collision) 사용:

- "충돌까지 남은 시간"을 기준으로 판단해야 함.

기본 공식:
$$TTC = \frac{r}{-\dot{r}}$$

변수 설명:

- r (Range): 장애물까지의 거리 (LiDAR 센서 값)
- \dot{r} (Range Rate): 거리의 변화율 (상대 속도)

음수 부호의 의미:

- 차량이 접근 중이면 거리(r)가 줄어드므로 (\dot{r})은 음수(-)임.
- 시간은 양수여야 하므로, 분모에 마이너스를 붙여 보정.

문제점: LiDAR는 거리(r)는 주지만, 변화율(\dot{r})은 직접 주지 않음.

해결책: 차량의 주행 속도(v)와 레이저 빔의 각도(θ)를 활용하여 (\dot{r}) 추정.

기하학적 투영 (Projection):

- 차량 속도 벡터(v)를 장애물이 있는 빔의 방향(θ)으로 투영.
- 접근 속도: $v \cdot \cos \theta$

최종 공식 도출:
$$TTC = \frac{r}{v \cdot \cos(\theta)}$$

고려 사항 (Edge Cases):

- 차량이 정지해 있거나($v = 0$), 장애물로부터 멀어지는 경우($\cos \theta < 0$).
- 분모가 0이 되거나 음수가 되면 TTC 계산 오류 발생.

Robust Formula (최종 수식):

- 분모가 0이 되면 $TTC = \infty$ (무한대) \rightarrow 충돌 위험 없음 (안전).
- \max 함수를 사용하여 음수나 0으로 나누는 것을 방지.

$$TTC = \frac{r}{\max(v \cdot \cos(\theta), 0)}$$

목표: 벽에 충돌하기 전에 차량을 멈추는 ROS 2 노드 구현.

시스템 구조 (Flowchart):

1. Input (Subscribe):

- /scan: 장애물 거리 (r) 및 각도 (θ)
- /odom: 차량 속도 (v)

2. Process:

- 모든 LiDAR 빔에 대해 TTC 계산
- Min TTC (최소 충돌 시간) 추출

3. Output (Publish):

- If Min TTC < Threshold: 정지 명령 (speed = 0) 발행

입력 데이터 처리:

1. LiDAR: sensor_msgs/LaserScan
 - ranges[]: 거리 배열
 - angle_min, angle_increment: 각 빔의 θ 계산용
2. Odometry: nav_msgs/Odometry
 - twist.twist.linear.x: 차량의 전진 속도 (v)

제어 로직:

- AckermannDriveStamped 메시지 사용.
- 위험 감지 시 drive.speed = 0.0 설정 후 /drive 또는 /brake 토픽으로 발행.

Threshold (임계값) 설정:

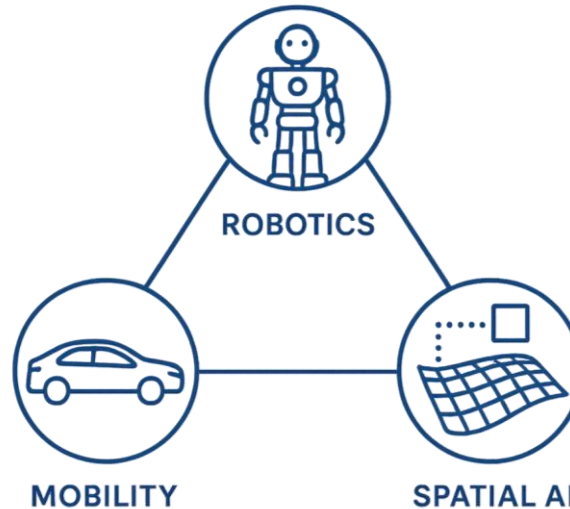
- 예: TTC Threshold = 0.5초
- 값이 너무 크면? → 장애물 한참 앞에서 멈춤 (너무 보수적).
- 값이 너무 작으면? → 물리적 제동 거리를 확보하지 못해 충돌.

테스트 시나리오:

- 시뮬레이터에서 차량을 벽을 향해 전속력으로 주행시킴.
- 벽에 닿기 직전에 차량이 완전히 멈추는지 확인.

Thank you for your attention

Questions and feedback are welcome.



ASMR Lab.

Autonomous Systems and Multimodal Reasoning Lab.

hj.kim@gnu.ac.kr