

2.2 CAN 통신 구성

데이터 프레임은 각 제어 장치에 할당된 고유 CAN ID, 8 바이트 크기의 데이터 필드에 더하여 오류 검출 및 전송 제어를 위한 추가 필드들로 구성된다. 시뮬레이터에서 생성된 제어 명령을 CAN 메시지 프레임 형식으로 변환하여 실제 차량의 ECU 간 통신 형태를 모방하였다. 이 과정에서 cantools 라이브러리를 적용해서 사전에 정리된 DBC 파일을 기준으로 CAN 메시지를 해석하고, 제어 명령은 해석 양식에 맞춰 인코딩, 디코딩되며 실제 차량 내 통신과 유사한 구조를 적용하였다. 추가적으로 CAN 버스에 대한 공격 시나리오 상황에서 통신 내용의 변화를 관찰하기 위해 제어 명령의 CAN 메시지들을 시각화한 모니터링 환경을 구현하였다.

2.3 조향 장치 구성 및 연동

조향 장치에서 발생한 입력 신호는 실시간으로 수집된 후 시뮬레이터에 전달된다. 본 연구에서는 Logitech G923 핸들, 페달을 조향 장치로 사용하였으며, 해당 장치를 통해 입력된 사용자 조작에 반응하는 차량 동작을 시뮬레이션 환경 내에 구현할 수 있었다. 이 과정에서 실제 핸들과 페달 입력의 범위를 시뮬레이션 내부 객체 차량의 제어 범위에 맞춰 변환하는 추가적인 연산 모듈이 추가되었다.



그림 2. 조향 장치 환경

III. 구현

구성된 시스템의 정상적인 동작 여부를 확인하기 위해 실제 주행과 유사한 시나리오를 구성하여 구현 환경을 시연하였다. 사용자가 조작하는 조향 장치에 입력이 발생하면 객체 차량이 제어 명령을 받아 사용자의 입력에 실시간으로 동기화된 동작을 수행하였다.

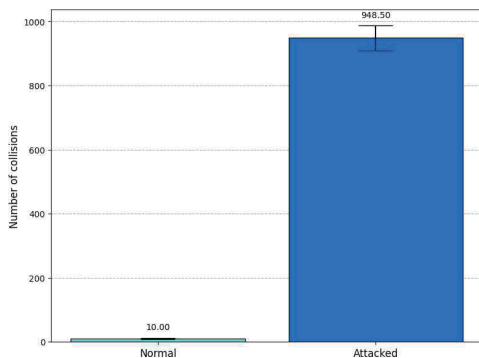


그림 3. 공격 유무에 따른 충돌 횟수

3.1 공격 시나리오 구현

시뮬레이션 차량에 기존 입력과 유사한 신호를 입력하는 스푸핑 공격을 가했을 때, 객체 차량은 공격을 통해 입력된 신호를 정상 입력으로 판단하고 비정상적인 움직임을 보인다.

스푸핑 공격이 충돌 횟수에 가하는 영향을 측정하기 위해 실험을 설계하였다. 시뮬레이터의 자율 주행 기능을 활용해 정상적인 자율주행 상황과 스푸핑 공격을 받는 자율주행 상황을 구성하였다. 각각의 상황에서 동일한 시나리오를 40초간 3회씩 반복 실행하고, 시나리오 수행 중 매 타임스텝마다 충돌 여부를 확인하여 기록하였다. 해당 실험에서 스푸핑 공격을 받는 객체 차량의 가속 페달 신호를 최댓값으로 만들도록 설정하였다. 그림 4는 각 상황에서 충돌이 발생한 횟수를 비교하였으며, 스푸핑 공격을 받은 객체 차량이 일반적인 주행 상황에서는보다 더 많은 충돌 횟수를 기록하였다.

해당 구현을 통해 CAN 버스를 활용한 데이터 송수신이 정상적으로 작동함이 확인되었다. 조향 장치를 통한 주행 명령 입력뿐만 아니라 임의로 생성된 공격 신호들까지 제어 계통에 정확히 전달할 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문은 CARLA 시뮬레이터 내부에 파이썬 라이브러리를 통한 CAN 버스 프로토콜을 구현하고 물리적 조향 장치를 연동한 자율주행 알고리즘 검증에 위한 테스트베드를 구축하였다.

기존의 소프트웨어 기반 시뮬레이션 환경에 물리적인 제어 장치를 연동하면서 실제 차량과 유사한 환경을 구축하였으며, 기존 환경에 CAN 통신 기반으로 제어 신호를 송수신하는 구조를 통해 차량 보안 연구를 위한 실험 조건을 제공하여 향후 연구를 위한 기틀을 마련하였다.

향후에 조향 장치와 시뮬레이션 환경 간의 상호 연동성을 보완하여, 자율 주행 기능이 활성화된 상황에서 조향 장치가 가상 환경의 변화에 반응하여 차량의 움직임에 완전히 동기화된 동작을 구현하도록 개선하는 과정이 필요하다. 또한, 본 연구에서 구현한 CAN 기반 프로토콜의 신뢰성을 검증하고, 직접 구축한 탐지 알고리즘을 시뮬레이션에 적용하는 테스트를 통해 자율주행 차량의 보안 안정성을 향상시키는 방안을 모색하여 시스템의 안정성 보강을 위한 지속적인 연구를 수행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2021-II210379, Privacy risk analysis and response technology development for AI systems), and by the KENTECH Residential College (RC) Co-Curricular Program (CCP) (자율주행 시뮬레이션 환경 구축).

참 고 문 헌

- [1] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, and V. Koltun, "CARLA: An Open Urban Driving Simulator," Proceedings of the 1st Annual Conference on Robot Learning, pp. 1-16, 2017.
- [2] A. A. Salunkhe, P. P. Kamble, and R. Jadhav, "Design and implementation of CAN bus protocol for monitoring vehicle parameters," 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), pp. 301-304, 2016.
- [3] K. Kim, J. S. Kim, S. Jeong, J.-H. Park, and H. K. Kim, "Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense," Computers & Security, p. 102150, 2021.