

# 커넥티드 자율주행 차량을 위한 협력 주행 환경 인식 프레임워크 및 요구사항에 관한 연구

고정욱, 김영재, 김정현

한국정보통신기술협회

[gojw@tta.or.kr](mailto:gojw@tta.or.kr), [yjkim@tta.or.kr](mailto:yjkim@tta.or.kr), [hun@tta.or.kr](mailto:hun@tta.or.kr)

## 요약

본 논문은 커넥티드 자율주행 차량(CAV)의 협력 주행 환경 인지를 통해 주행 위협을 최소화하고 주행 안정성 향상을 위한 통합 프레임워크를 소개하고, 그 요구사항을 제안한다. 협력 주행환경 인식은 mmWave 기반의 센싱과 mmWave/V2X 통신 기술을 통합 활용하여, 자율주행 차량(CAV)과 도로 인프라(RSU) 간의 원시(raw) 센서 데이터 공유를 통해 협력적 인식을 제공하는 시스템이다. 이를 통해 기존 개별 차량의 센서와 V2X 통신을 확장함으로써, 주행 위협 요소에 대한 인식을 향상하고, 보다 안전한 자율주행 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

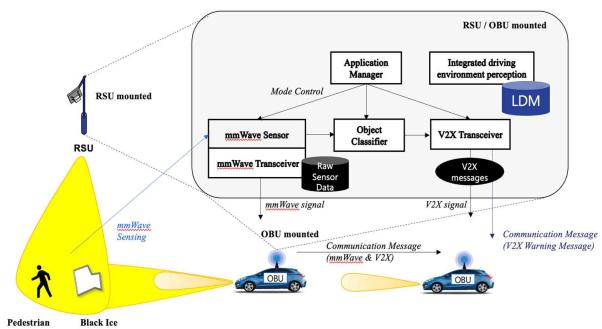
## I. 서론

본 논문에서는 현재 ITU-T SG21(멀티미디어, 콘텐츠 전송 및 케이블) 산하의 Question 10(Q10, 차량용 멀티미디어 통신, 시스템, 네트워크 및 애플리케이션)에서 개발 중인 F.CAV-CDP(Framework and requirements of cooperative driving environment perception for connected automated vehicles) 표준과 그 진행 현황을 소개한다.

Q10에서는 차량 게이트웨이 플랫폼 아키텍처 및 서비스 요구사항, 차량용 멀티미디어 네트워크 요구사항 등과 같은 표준을 제정하였다. 최근에는 F.CAV-CDP를 포함하여, AI 기반, 차량 내 다중 센서 융합, 로컬 동적지도, 군집주행(Platooning), 보행자 인식 등 차량용 멀티미디어 통신, 네트워크 및 애플리케이션 등과 관련된 표준 개발을 논의하고 있다.

## II. 본론

협력 주행 환경 인식(CDP, Cooperative Driving Perception)은 CAV(Connected Automated Vehicle)와 RSU(Road Side Unit)간의 mmWave 센싱과 mmWave/V2X(Vehicle to Everything) 통신을 통합하고, 원시 센서 데이터의 협업 공유를 사용하여 CAV에 대한 협력 인식을 제공한다[4]. CDP는 CAV와 RSU 간 센서 데이터를 공유하여, 통합 주행 환경 인지 정보를 생성하여 주행 안전성 및 효율성을 개선할 수 있다. 또한, mmWave 특성을 활용하여 대량의 원시 센서 데이터를 실시간으로 교환할 수 있다. <그림 1>은 CDP 프레임워크의 객체 개체와 그 운영이다.



<그림 1> 협력 주행 환경 인식 프레임워크

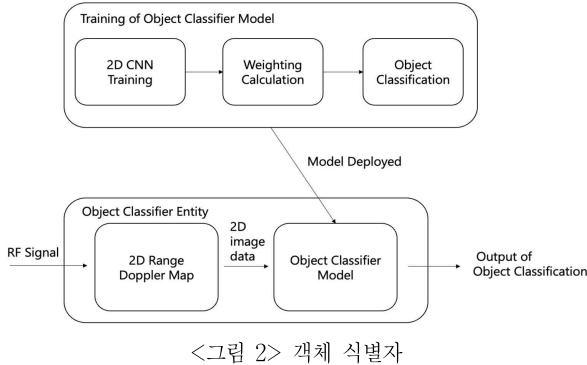
CDP 프레임워크는 차량 내 장치와 도로 인프라의 OBU(On-Board Unit)에 탑재할 수 있으며, Application Manager, mmWave Sensor, mmWave Transceiver, Object Classifier, Integrated Driving Environment Perception Entity로 구성된다. 각 객체의 기능은 다음과 같다.

- Application Manager Entity: CAV에서 작동 Mode와 관련된 상태와 구성 데이터를 저장하며, mmWave Sensor Mode(신호 생성·수신·분류 및 V2X 메시지 송신 등) 또는 mmWave Transceiver Mode(수집된 원시 센서 데이터를 인근 차량과 송수신) 중 선택하고 제어한다.
- mmWave Sensor Entity: 다중 안테나로부터 반사된 신호 수신하여, 범포밍 기반 신호처리를 통해 원시 센서 데이터를 생성하고 저장한다. 또한, 일정 주기로 Object Classifier Entity에 데이터를 전송하여, 내부 메커니즘에 따라 도로상의 장애물을 실시간으로 분류하도록 한다.
- mmWave Transceiver Entity: mmWave 주파수 대역의 넓은 스펙트럼을 활용하여 고속·저지연 통신을 제공한다. 안테나 배열과 범포밍 기술을 적용해, 다중 안테나 참조 신호(예, FMCW) 생성으로 Sensing을 지원한다. 또한, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 과형 기반으로 원시 센서 데이터를 송수신하여 주변 차량 간 협력 인식 및 데이터 공유를 가능하게 한다.
- Object Classifier Entity: 차량사고를 유발할 수 있는 도로 위의 모든 물체들을 실시간으로 분류하는 기능을 수행한다. 본 프레임워크에서의 분류 대상은 보행자, 차량, 블랙아이스 등이 포함된다.
- Integrated Driving Environment Perception Entity: 수집된 원시 센서 데이터와 객체 정보 데이터를 통해 로컬 동적 지도(LDM, Local Dynamic Map)을 생성한다. LDM은 고화질 지도 위에 실시간으로 차량, 보행자, 블랙아이스 등 동적 요소를 오버레이하여, 협력 주행 환경을 실시간으로 반영한다.

Application Manager Entity는 작동 모드에 따라 mmWave Sensor 또는 Transceiver Entity를 제어하며, Sensor Mode에서는 원시 데이터를

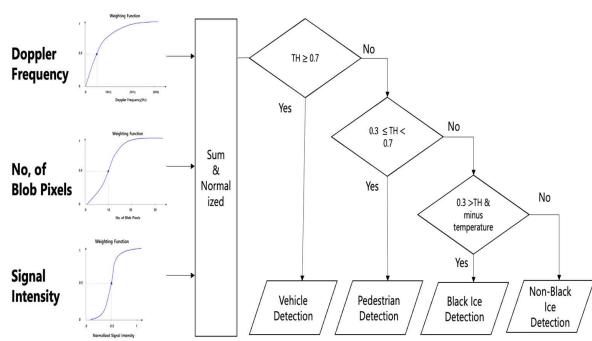
수집·분류해 V2X 메시지로 전송하고, Transceiver Mode에서는 데이터를 고속 송수신해 차량-인프라 간 실시간 인지를 지원한다. Integrated Driving Environment Perception Entity는 이 데이터를 융합해 LDM(Local Dynamic Map)을 생성하고, 이를 자율주행 의사결정 및 차량 간 정보 공유에 활용한다.

Object Classification Entity는 주행 중인 차량이 도로 위의 차량, 보행자, 장애물, 블랙아이스(black-ice) 등 주행에 영향을 미칠 수 있는 모든 요소를 파악한다. 이를 통해 돌발 상황이나 위험 요소를 조기에 인지하고, 자율주행 시스템이 조향과 가속을 적절히 처리할 수 있어, CDP의 중추적인 역할을 담당한다.



<그림 2> 객체 식별자

mmWave 센서는 주기적으로 FCMW(Frequency Modulated Continuous Wave) 신호를 송출하고 반사 신호를 수신하여 거리 및 속도 정보를 포함하는 원시 데이터를 생성하며, 이 데이터는 2D FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 거리-도플러(Range-Doppler) 맵(map)으로 변환된다. 생성된 2D Range-Doppler 맵은 각 객체의 거리와 속도를 시각적으로 표현하고, 반사 신호의 세기를 픽셀 강도로 나타낸다. 이 맵은 거리와 도플러 주파수, 신호 강도를 나타내는 2차원 지도이다. 객체의 특성을 고려하여, 차량과 보행자는 비교적 높은 신호 강도와 클러스터화된 반사 패턴을 보이지만, 블랙아이스 등은 낮은 신호 강도와 분산된 반사 패턴을 보인다. 이후 Object Classifier Entity는 사전 학습된 2D CNN(Convolutional Neural Network) 모델을 통해 도플러 주파수, 픽셀 분포, 신호 강도 등의 특징을 추출하고, 이를 기반으로 객체가 차량, 보행자, 블랙아이스 등 어느 유형에 속하는지 분류할 수 있다.



<그림 3> 객체 식별자의 가중치 처리 절차

분류 과정에서는 도플러 주파수, 블록 픽셀 수, 신호 강도에 가중치를 부여하여, 정규화된 결정값을 산출한다. 결정값이 0.7 이상은 차량, 0.3 이상 0.7 미만은 보행자, 0.3 미만이면서 영하의 온도값을 갖는 경우에는 블랙아이스로 분류한다. 단, 0.3 미만의 결정값만 갖는 경우는 블랙아이스로 판단하지 않는다.

- 차량: 임계값(Threshold)  $\geq 0.7$
- 보행자:  $0.3 \leq$  임계값(Threshold)  $< 0.7$
- 블랙아이스: 임계값(Threshold)  $< 0.3$ , 영하

### III. 결론

본 논문에서는 10월 개최된 ITU-T SG21에서 개발 중인 표준인 ITU-T F.CAV-CDP에 대한 구조와 주요 기능을 살펴보았다. F.CAV-CDP에서 제시하는 프레임워크는 mmWave 센서와 V2X 통신을 통합하여 차량과 인프라(RAU) 간 원시 센서 데이터를 실시간으로 공유한다. 이번 연구에서는 Object Classification Entity의 역할 및 기능, 매커니즘 등을 구체화하였다. 특히, 실상황 데이터 기반의 시뮬레이션 결과를 통해 객체를 식별하고 분류할 수 있는 정규화된 값을 제시하였다. 향후에는 CDP 프레임워크를 기준으로 한 실데이터 기반 시뮬레이션을 통해 구체적인 요구사항을 도출하고, 2026년까지 개발을 완료할 계획이다. 또한, 국내 기업이 보유한 mmWave 및 V2X 융합 기술을 국제표준 제정에 반영함으로써 표준 특허도 확보하고자 한다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20014384, 글로벌 역량 확보를 위한 자율주행차 핵심 국제표준 및 특허 선도기술 연구)

### 참 고 문 헌

- [1] Younjae KIM, Jeong Wook Go. ITU-T SG16, F.CAV-CDP “Framework and requirements of cooperative driving environment perception for connected automated vehicles”, April 2024.
- [2] Younjae KIM, Jeong Wook Go. ITU-T SG21, F.CAV-CDP “Framework and requirements of cooperative driving environment perception for connected automated vehicles”, October 2025.
- [3] 김영재, 강석규, 차순일. “자율주행차 기술개발 접근방식과 자율주행차 Level 4 이상의 시스템에 관한 연구”, 한국통신학회학제종합학술발표회, June 2023.
- [4] 김영재, 고정욱, 김정현. “커넥티드 자율주행차를 위한 협력 주행 환경 인식 프레임워크에 관한 연구”, 한국통신학회추계종합학술발표회, November 2024.