

# 미래 모빌리티를 위한 차량용 컴퓨팅 및 네트워킹 플랫폼 기술 개발 동향

승실대학교 | 이길호\*

## 1. 서 론

미래의 자동차는 단순한 운송 수단의 역할을 뛰어넘어, 다양한 서비스를 제공하는 통합 모빌리티 플랫폼으로 진화할 것으로 기대된다. 이에 발맞추어 자동차 산업계는 현재 급격한 패러다임 전환의 시기를 맞고 있다. 특히, 단순히 차량의 구동계를 전동화하는 것을 뛰어넘어, 차량의 작동, 기능, 제어 전반을 소프트웨어를 통해 수행하는 소프트웨어 정의 자동차 (Software-Defined Vehicle; SDV) 개념이 대두되고 있다. 현재 주요 차량 제조사는 차세대 자동차 개발 전략 수립에 이러한 패러다임의 변화를 적극 반영하고 있다. 대표적으로, 현대자동차는 최근 SDV 체제로의 전환을 천명하여 2025년까지 모든 차종을 SDV로 바꿀 계획을 발표하였으며 [1], 메르세데스-벤츠는 CASE (C: Connected, A: Autonomous, S: Shared&Service, E: Electric) 전략을 통해 차세대 자동차에서 커넥티드, 자율주행, 공유 서비스, 전동화 등의 분야에 주력할 것임을 강조하였다 [2].

미래 모빌리티의 첨단 기술 중에서도 게임 체인저가 될 핵심 기술은 단연 자율주행일 것이다. Tesla, Google Waymo, GM Cruise 등 글로벌 모빌리티 업체에서 기술 개발을 선도하고 있으며, 이미 완전 무인주행이 가능한 레벨 4 수준의 자율주행 자동차를 개발하여 로보 택시 시범 서비스를 제공 중에 있다. Waymo 는 2023년 현재 피닉스, 로스앤젤레스, 샌프란시스코 등 북미 주요 도시에서 무인 로보택시 서비스를 제공한다 [3, 4]. GM Cruise 또한 2023년 현재 샌프란시스코 지역에서 로보택시 서비스를 운영하고 있으며 [5] 최근 피닉스와 오스틴까지 서비스 지역을

넓혀 나가고 있다 [6].

또다른 측면에서, 주행 보조 및 자율 주행 기술, 그리고 차량 내부 각종 전자 장치 및 편의 장치들이 발전함에 따라, 차량의 활용 용도가 급격히 다변화될 것으로 기대되고 있다. 사용자의 라이프 스타일에 따라, 승객 운송 이외에도, 라스트마일 배송, 캠핑, 엔터테인먼트, 업무 처리 등 다양한 용도로 차량을 활용하게 될 것이며, 이를 위하여 차량의 형태와 기능을 사용자 맞춤형으로 제공할 필요성이 대두된다. 현대자동차는 다변화된 수요에 따라 차량을 맞춤형으로 구성 가능한 목적 맞춤형 차량 (Purpose Built Vehicle; PBV) 플랫폼을 개발 중에 있다 [7].

이러한 기술 혁신의 기반으로써, 차량의 내부에는 기계 장치 뿐만 아니라 전자제어유닛 (Electronic Control Unit; ECU)으로 대표되는 전장 (전기전자장치) 시스템이 서로 네트워크로 연결되어, 엔진, 변속기, 차체를 제어하는 등의 다양한 기능을 수행한다 [8]. 최근에는 전장 시스템을 활용하여 차량 제어 뿐만 아니라, 운전자 보조 (Advanced Driver Assistance Systems; ADAS), 인포테인먼트 (In-Vehicle Infotainment; IVI), 능동 안전 (Active Safety) 등의 첨단 기능을 제공한다. 이러한 첨단 기능의 복잡도, 자원 소요, 개발 난이도가 급격하게 증가함에 따라, 보다 강력한 컴퓨팅 및 네트워킹 파워를 제공하기 위하여 전장 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구조가 급격한 진화를 거듭하고 있다. 이 과정에서 근미래의 새로운 기술 수요에 대응하고, 부품 및 솔루션 개발의 표준화를 위한 새로운 차량용 컴퓨팅 및 네트워킹 플랫폼이 필요성이 강조되고 있어, 본 특집에서 소개하고자 한다.

먼저, 자율주행을 위한 소프트웨어 플랫폼 중 대표적인 오픈소스 플랫폼인 Tier IV사의 오토웨어 (Autoware) [9]를 살펴본다. 자율주행을 위해서는 다수의 소프트웨어 컴포넌트들이 서로 상호 작용하며 작동해야 하는

\* 중신회원

† 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2021R1A4A1032252).

데, 수많은 소프트웨어 컴포넌트들이 표준화된 인터페이스를 통해 상호 작용하며 하나의 솔루션으로 통합되기 위해서는 소프트웨어 플랫폼이 필수적으로 요구된다. 플랫폼에 기반한 소프트웨어의 개발을 통해 단순 컴포넌트간 통합 뿐만 아니라 시스템의 성능 최적화, 실시간성 및 안전성 확보, 소프트웨어 개발의 복잡성 감소 등의 효과를 기대할 수 있다. 오토웨어는 자율주행에 필수적인 소프트웨어 컴포넌트들이 통합된 플랫폼이며, 이를 실제 차량에 이식하여 자율주행을 가능케한다.

다음으로, 차량 기능들의 다변화를 지원하기 위한 소프트웨어 정의 네트워크 (Software-Defined Network; SDN) 기반의 차세대 차량 네트워킹 플랫폼에 대하여 살펴본다. SDV 개념의 대두와 함께, 과거 수백개의 분산 하드웨어 (Electric Control Unit; ECU) 형태로 구성되었던 차량의 기능들이 중앙집중화되고 범용화된 소수의 컴퓨팅 게이트웨이 [10]에서 구동되는 소프트웨어로 통합되는 형태로 나아가고 있다. 차량의 초기 설계 이후에는 변경이 어려운 하드웨어와 달리, 소프트웨어는 변경 및 업데이트가 용이하며, 주행 중에도 자유롭게 탑재/삭제가 가능하다. 이러한 유동적인 소프트웨어의 특성으로 인하여, 전장 시스템 내부에서 발생하는 네트워크 트래픽이 더 이상 고정적이며 예측 가능하지 않고 시시각각으로 변화하게 된다. 유동적인 네트워크 현황을 파악하고 이에 맞추어 자원을 관리하기 위한 플랫폼이 반드시 필요하게 되며, 이를 위해 소프트웨어를 통해 네트워크를 관리하는 구조인 SDN 구조를 채택하려는 연구가 진행중에 있다.

본 특집에서 산업계와 학계에서 현재 활발하게 연구되고 있는 대표적인 차량용 플랫폼 기술을 소개한다. 본문에서 1) 대표적인 자율주행 소프트웨어 플랫폼인 오토웨어를 소개하고, 2) 유동적인 네트워킹 플랫폼인 차량용 SDN 구조의 최근 연구 동향을 살펴본다.

## 2. 자율주행 소프트웨어 플랫폼

자율주행 소프트웨어 플랫폼은 자율주행을 위한 핵심 기술인 인지, 판단, 제어를 위한 각각의 컴포넌트들이 서로 상호작용하며 하나의 솔루션으로 작동할 수 있도록 통합된 구조를 가진다. 대표적인 오픈소스 자율주행 소프트웨어 플랫폼인 오토웨어를 소개한다.

오토웨어는 2015년 일본 나고야 대학의 Shinpei Kato 교수에 의해 시작된 최초의 오픈소스 자율주행 플랫폼이다. 오토웨어의 첫 번째 버전은 Autoware.ai라는 이름으로, 도심지 및 고속도로에서의 자율주행을 목표로 하여 센싱, 인지, 측위, 맵, 경로 계획, 제어에 이

르는 주요 자율주행 요소 기술들을 모두 포함하였다. 최초의 버전을 배포한 이후, Kato 교수는 Tier IV라는 회사를 설립하여 실제 차량에 오토웨어를 적용하기 시작하였으며, 2018년에는 Apex.AI [11], Linaro [12]사와 함께 비영리 재단인 AWF (Autoware Foundation) [13]을 설립하여 오토웨어 프로젝트를 유지 관리하게 하였다. 그 결과, 이 초기 버전의 오토웨어는 많은 주목을 받아 20개국 100개 이상의 회사에서 30대 이상의 차량에 이식되었다 [14].

이러한 성공적인 출발에도 불구하고, 초기 버전의 오토웨어는 소프트웨어 아키텍처, 비밀관적 코딩 컨벤션, 불분명한 작동환경 등 다수의 제약에 직면하게 된다 [14]. 이에 AWF는 2019년에 오토웨어의 두 번째 버전인 Autoware.auto를 발표하였다. 이전 버전인 Autoware.ai는 ROS1 (Robot Operating Systems) [15] 미들웨어 기반으로 구현되어 ROS1의 제약 (모듈별 라이프 사이클 관리 및 QoS 설정의 부재 등)을 그대로 가지고 있었는데, 이를 극복하기 위하여 Autoware.auto는 ROS2 기반의 플랫폼으로 개발되었다. 또한 사용 목적을 구체화하기 위해, 운행 설계 영역 (Operational Design Domain; ODD)을 정의하였다. 이 과정에서 단순히 이전 버전의 기능을 포팅하는 것이 아니라, 전체 코드 베이스를 재작성하여 코드의 일관성과 완성도를 높였다. 2020년 이후, AWF는 Autoware.auto를 사용한 자율 발렛 주차, 화물 배송 등의 운행 데모를 성공적으로 선보였다 (그림 1 참고).



그림 1 오토웨어를 사용한 발렛 주차 및 화물 운송 운행 데모 [14]

두 번째 버전의 오토웨어는 기술적으로 큰 성공을 거두었으나, 신규 개발자에게 진입장벽이 매우 높았으며, 이에 따라 새로운 기능을 추가하고 프로젝트를 확장하는데 큰 어려움을 겪었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 AWF는 새로운 버전인 Autoware Core/Universe를 발표하였다. Core 버전은 엄격한 기준으로 코드 베이스를 관리하여 질적 수준을 유지하며, 동시에 Universe 버전은 보다 완화된 기준을 적용하여 신규 개발자의 진입을 수월하게 하여 오픈소스 커뮤니티의 참여를 독려하였다.

기술적인 측면에서, 오토웨어는 기본적으로 1) 벡터 맵과 2) 고정밀 3차원 포인트 클라우드 맵을 사용하는 맵 기반의 자율주행을 지원한다. 벡터 맵은 도로망, 차선, 신호등, 제한 속도 등 도로 주행과 관련된 의미적 (semantic) 정보를 가지며, 포인트 맵은 3차원 좌표상의 점들로 표현된 주변의 기하학적 (geometric) 정보를 가진다. 오토웨어는 다양한 센서와 포인트 맵을 사용하여 자차 위치를 인지하고, 주어진 목적지와 벡터 맵의 정보를 바탕으로 경로를 계획하여 자율주행을 실현한다. 이를 위해 오토웨어는 그림 2와 같이 센싱, 맵, 측위, 인지, 계획, 제어, 차량 인터페이스의 7개의 소프트웨어 모듈로 구성된다.

인지 기능을 위해 먼저 센싱 모듈에서 GNSS/INS, 카메라, Lidar, Radar, Ultrasonics 등 다양한 센서로부터 데이터를 입력받고 전처리를 수행한다. 이 과정에서 벤더별로 상이한 데이터 형식을 일관된 형태를 가지도록 추상화한다. 맵 모듈은 벡터 맵과 포인트 맵의 데이터를 유지하며 이를 필요로 하는 다음 모듈에 전

달한다. 측위 모듈에서 자차 (ego vehicle) 위치, 속도, 가속도를 추정한다. 측위의 핵심 기술은 포인트 맵과 Lidar 센서를 사용한 SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [17]이며, 구체적으로 NDT (Normal Distributions Transform) [18] scan matching을 사용하여 정확도를 높인다. 또한, NDT scan matching의 성능을 확보하기 어려운 상황에 대응하기 위하여, 1) Lidar 또는 카메라와 벡터 맵 조합, 2) GNSS 활용, 3) 카메라 (visual odometry) 활용, 4) Wheel speed sensor/IMU 활용 등 다양한 측위 옵션을 제공하여 주행 상황에 따라 선택적으로 활용가능하게 한다. 이후, 인지 모듈에서 보행자, 주변 차량, 신호등, 표지판 등 주변 객체를 탐지하고 추적한다. 객체 탐지를 위해 주로 Lidar 스캔 데이터에 대하여 유클리디언 클러스터링을 수행하는 CenterPoint [19] 알고리즘을 적용하고, 카메라 이미지 데이터에 MobileNet [20], EfficientNet [21] 등의 기계 학습 기법을 적용한다. 이후 muSSP [22], ByteTrack [23] 등의 알고리즘을 통해 MOT (Multi-Object Tracking)을 수행하여 이동하는 물체의 이동 궤적을 추적한다.

판단 기능은 주로 (경로) 계획 모듈에서 이루어진다. 경로 계획은 크게 전역 경로 (global trajectory)와 지역 경로 (local trajectory) 계획으로 나뉘어진다. 전역 경로 계획 단계에서, 벡터 맵에 기록된 도로 정보, 차선, 표지판 등의 정보를 바탕으로 차량의 현재 위치에서 목적지로 이동하는 최적의 경로를 탐색한다. 이후, 지역 경로 계획 단계에서 주변 상황에 따라 Lane Following, Lane Change, Obstacle Avoidance 등으로

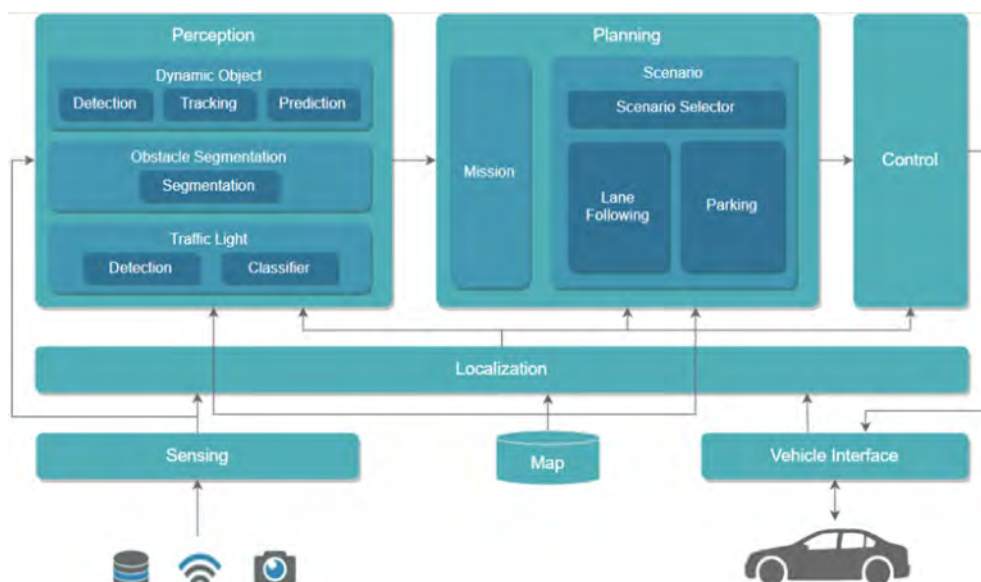


그림 2 오토웨어 구조 개요도 [16]



차량의 주행 상태를 결정하며, 전역 경로를 추종하면서 동시에 차량의 주행 상태에 맞추어 차량의 상세한 지역 경로와 속도를 결정한다.

제어 기능은 제어 모듈과 차량 인터페이스 모듈에서 수행된다. 제어 모듈은 계획 모듈에서 만들어낸 경로의 추종을 위하여 종방향 (longitudinal) 및 횡방향 (lateral) 제어를 수행한다. 종방향 제어는 PID를 통해 이루어지며, 횡방향 제어는 모델 예측 제어 (Model Predictive Control; MPC) 및 순수 추종 (Pure pursuit) 제어를 통해 이루어진다. 제어기에서 경로 추종을 위한 가속량 및 조향각이 결정되면, 이를 차량 인터페이스 모듈을 통해 실제 차량으로 전달하여 차량을 제어한다.

오토웨어 내부의 각 모듈들은 현재도 매우 활발하게 연구되고 있으며, 연구 개발의 결과물은 AWF에서 운영하는 Github repo [35] 를 통해 지속적으로 배포되어 전세계의 자율주행 연구자들이 활용중에 있다.

### 3. 차량용 소프트웨어 정의 네트워크 플랫폼

또 다른 관점에서, 차량용 네트워킹 시스템의 유연한 관리 및 제어를 위하여 기존 클라우드 또는 데이터 센터에서 널리 활용되는 SDN 구조를 차량으로 이식하려는 시도가 최근 시작되고 있다. SDN은 전송부와 제어부가 결합되어 구성되는 기존 네트워크 장치 (스위치/라우터)의 제약을 뛰어넘어, 이들을 분리하여 네트워크 장치에는 전송부만을 두고, 제어부와 관련된 기능은 중앙 집중형 제어기에서 소프트웨어의 형태로 작동시키는 구조를 말한다. SDN 구조를 채택하면 네트워크에 대한 전역 정보를 바탕으로 런타임에도 유동적인 네트워크 제어/관리가 가능해진다. 최근 SDN의 향상된 네트워크 관리 기능을 차량용 네트워크에서도 활용하기 위한 연구들이 진행되고 있는데, 대표적인 예시로 일본의 차량 소프트웨어 플랫폼 표준화 단체인 JASPAR (Japan Automotive Software Platform and Architecture) [24]에서 제안하는 차량용 SDN 구조와 LG전자-숭실대학교의 차량용 SDN 프로토타입 연구 사례를 소개한다.

JASPAR는 2022년 IEEE SA Ethernet&IP@ATD (Automotive Technology Day) 컨퍼런스에서 SDV의 내부 네트워크를 위한 SDN 구조 및 활용 사례를 통해 차량용 SDN 기술 및 표준 개발의 가이드라인을 제시하였다 [25]. JASPAR의 관점에서 바라보는 SDV의 핵심 개념으로 상황에 따른 유연한 설정 변경 (dynamic reconfiguration based on context)을 제시하였

으며, 이를 달성하기 위해 내부 네트워크 역시 상황에 따른 유동적 관리가 필수적이며 이에 차량용 SDN의 개발이 필요함을 주장하였다. 이 차량용 SDN의 주된 역할은 JASPAR SDV의 주요 방향성인 유연한 설정 변경에 있어, 내부 네트워크를 다방면으로 자유롭게 제어할 수 있는 요소 기능들을 제공하는 것이다. 그림 3에 보이듯, JASPAR는 주요 SDN 요소 기능으로 1) 동적 경로 설정, 2) 경로 차단, 3) 유연한 중복 전송, 4) 온디맨드 대역폭 할당을 제안하였다. 이 요소 기능들을 차세대 차량 네트워크인 IEEE TSN (Time-Sensitive Network) [26-29] 표준의 주요 프로토콜들과 통합하는 것이 필요함을 강조하였다.

다음으로, 그림 4와 같이 주요 SDN 요소 기능들을 적용 가능한 SDV 활용 사례들을 제시하였다. 이 활용 사례에서 차량의 주행 상황이 실시간으로 변화하고 이에 따라 차량 내부에서 활성화되는 기능들 또한 변화하므로, 이에 맞추어 내부 네트워크의 설정이 동적으로 변화해야 함을 설명하였다. 구체적으로, 주차 중에는 OTA (Over-the-Air)를 통한 시스템 업데이트나 디스플레이 장치 등이 주로 사용되고, 수동 주행 중에는 주행 보조 기능들, 자율주행 중에는 ADAS 기능들이 주로 사용되는 것을 언급하며, 상황에 따른 각 기능들의 변화하는 네트워크 요구에 대응하기 위하여

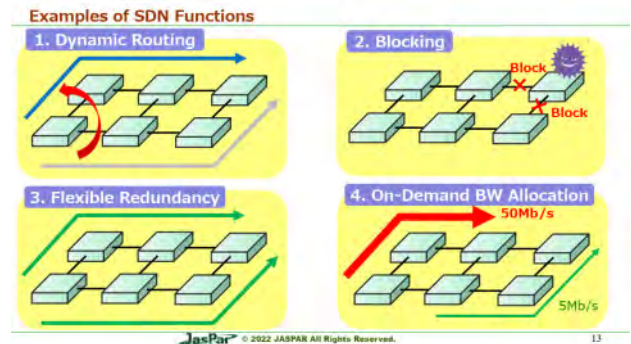


그림 3 차량용 SDN 요소 기술 개요 [25]



그림 4 차량용 SDN 활용 사례 [25]

IEEE TSN 802.1Qav [27], 802.1Qbv [28] 등의 네트워크 관리 프로토콜을 SDN을 활용하여 동적으로 제어해야 함을 언급하였다. 또한, 외부망과 통신하는 경우의 보안성 확보를 위해 허가받지 않은 접근을 차단하는 동적 패킷 필터링 설정, 주행중 네트워크 장치의 고장 발생을 탐지하고 이를 우회하기 위한 네트워크 재설정 기능들에 SDN을 활용 가능할 것이라 설명하였다.

이후, 활용 사례에서 언급한 각종 주행 상황을 인지하기 위한 인지 기준 및 이에 따른 네트워크 설정 모드 구분 등을 구체적으로 제시하였으며, 이에 따라 차량용 SDN에서 어떤 기술 요소가 구현되어야 하는지 언급하였다. 예를 들면, 차량이 정지하여 배터리를 소모하고 OTA 업데이트를 진행 중인 경우, 차량이 주차 중인 상황으로 판단가능하다. 이 경우, 내부 네트워크 설정을 저전력 모드 및 OTA 지원 모드로 변경하여 이를 지원한다. 이런 시나리오의 실현을 위해서는, 차량용 SDN 제어기 및 스위치에서 IEEE TSN Qav, Qbv를 사용한 온디맨드 대역폭 할당 요소 기술들의 개발이 필요함을 설명하였다.

JASPAR는 차량용 SDN 구조의 개발 필요성과 핵심 요소 기술들을 제안하였으며, 이는 차세대 플랫폼 기술 개발에 있어 중요한 방향으로 고려될 것으로 예측된다.

LG전자는 숭실대학교와의 산학 협력 연구를 통하여, 2022년 IEEE SA Ethernet&IP@ATD (Automotive Technology Day) 컨퍼런스에서 차량 전장 구조의 진화를 고려한 차량용 SDN 구조 설계 및 프로토타입을 발표하였다 [30]. 이는 차세대 전장 구조인 영역 기반 구조 (Zonal architecture) [31]를 고려하여 설계되었다.

영역 기반 구조는 차량 ECU를 기능별로 분류하여

연결하였던 기존 도메인 기반 구조의 복잡성을 해결하기 위해, 차량의 물리적인 공간을 기준으로 영역을 나누어 고성능 게이트웨이 [10]를 배치하고, 물리적으로 근접한 센서, 액추에이터, ECU등을 게이트웨이로 연결하여 전장 시스템을 구성한다. 각각의 게이트웨이는 높은 대역폭을 가지는 차량용 이더넷을 통해 서로 연결된다. 이후, 차량의 각 기능들은 게이트웨이 또는 중앙집중형 차량 컴퓨터에서 실행되는 소프트웨어로 구현된다. 영역 기반 구조의 채택으로 소프트웨어의 복잡성은 다소 증가하나, 물리적인 구조가 단순화되어 배선 및 생산 비용의 절감이 가능하며, 고성능의 컴퓨팅 및 고대역폭 네트워킹 파워를 활용 가능하다.

LG전자는 게이트웨이 및 차량용 이더넷을 활용한 레퍼런스 영역 기반 구조를 제안하고, 이 레퍼런스 구조에서 차량용 SDN의 핵심 기능들의 설계 및 프로토타입을 제시하였다. 먼저, 차세대 차량 네트워크에서 중요하게 고려해야 할 핵심 요소 기능으로 1) 장애 조치 (fail-over), 2) 동적 대역폭 제어, 3) 유연한 신규 서비스 지원을 제시하였다. 또한, 차량용 SDN의 실현을 위해 고려해야 할 기술 이슈로 소규모 네트워크 토폴로지, 제한된 하드웨어, 물리적 피해 가능성, CAN과 같은 레거시 트래픽, 전력 효율성 등이 존재함을 강조하였다.

이후, 제안한 핵심 요소 기능들을 바탕으로 주요 활용 사례를 소개하고 이를 구현한 프로토타입을 제시하였다. 첫 번째 활용 사례로 차량 내부 기능들의 동적 변경에 따라, SDN 구조를 통해 영역간 네트워크 대역폭을 동적으로 예약 가능하게 하였다. 이를 위해 SDN 제어기가 차량 네트워크 정보 및 대역폭 사용 정보를 유지하고, 네트워크 사용 요청이 발생하는 경우 가용한 대역폭 정보를 바탕으로 적절한 경로를

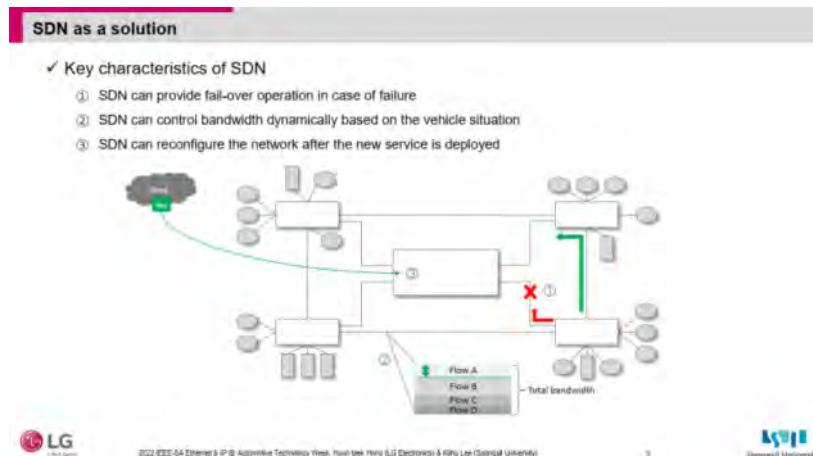


그림 5 SDN 적용된 영역 기반 구조 개요도 [30]

선택하고 해당 경로상의 게이트웨이 (SDN 스위치)에게 요청을 보내 대역폭을 예약하도록 하였다. 두 번째 활용 사례로 높은 중요도를 가지는 차량 레거시 트래픽에 대한 우선 순위 확보 기능을 보였다. CAN 인터페이스를 통해 게이트웨이로 전송되는 레이더 센서 신호를 이더넷 패킷으로 캡슐화하고, 해당 센서 데이터를 요청하는 ECU까지 높은 우선 순위로 대역폭을 예약하여 중요도가 높은 패킷에 대한 고신뢰 전송을 달성하였다. 마지막 활용 사례로 내부 통신 인터페이스 또는 링크가 물리적/전기적으로 손상을 입게되어 사용할 수 없게 되는 경우, 이를 인지하고 손상에 의해 전송이 불가능한 네트워크 트래픽들의 경로를 재설정하여 네트워크 손상에도 불구하고 패킷 손실없이 고신뢰 통신이 가능함을 보였다.

제안한 활용 사례들은 단순 시나리오에서 그치는 것이 아니라, 그림 6에 보이듯 다수의 Odroid-XU4 임베디드 보드 [32], Ryu SDN 제어기 [33], 그리고 Open

vSwitch SDN 스위치 [34]로 차량 네트워크를 모사한 프로토타입을 제작하고, 이를 사용해 제시한 활용 사례들을 실제 구현하여 효과를 검증하였다. 그림 7은 프로토타입을 활용한 대표적인 실험 결과를 보인다. 이는 레거시 CAN 트래픽과 다른 트래픽이 혼재하는 상황에서, 차량용 SDN을 활용하여 이를 인지하고 적절하게 대역폭을 할당하였을 때의 효과를 보인다. 일반적인 네트워크 프로토콜을 활용할 경우, 그림 7의 빨간색 점들이 보이듯 자원 경쟁에 의하여 CAN 트래픽이 높은 지연시간, 지터, 패킷 손실을 겪는 반면, 차량용 SDN을 활용하는 경우 대역폭을 예약하여 CAN 트래픽을 처리하기 때문에 그림 7의 노란색 점들과 같이 패킷 손실 없이 안정적인 지연 시간을 확보할 수 있다.

LG전자는 새로운 구조 제안 및 프로토타입 구현을 통해 차량용 SDN의 가능성을 보였으며, 특히 영역 기반의 전장 시스템 구조를 고려한 미래 지향적인 플랫폼 기술을 제시하였다.

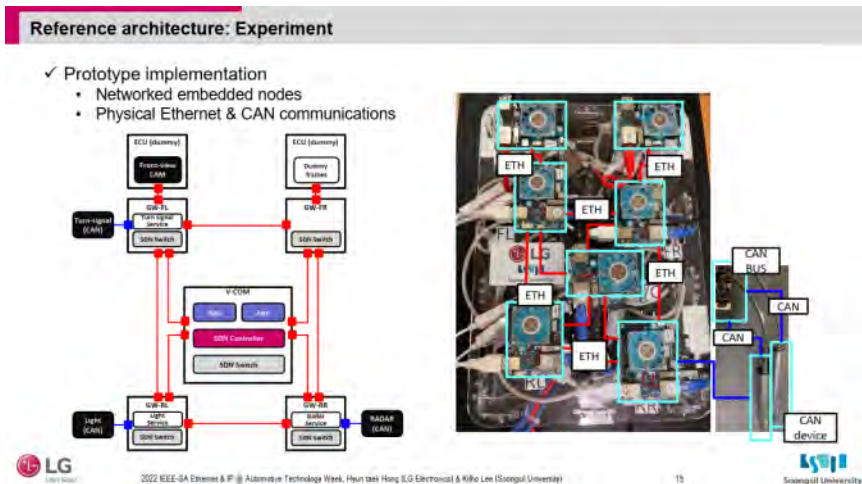


그림 6 차량용 SDN 프로토타입 [30]

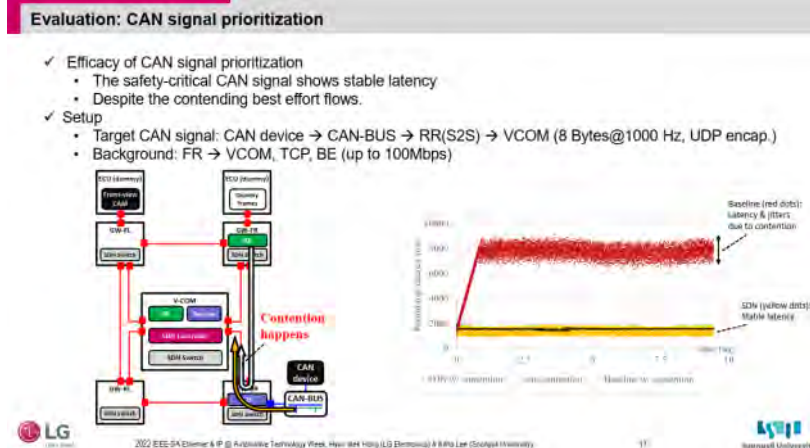


그림 7 트래픽 혼재 상황에서 CAN 트래픽의 전송 신뢰성 확보 실험 [30]



## 4. 결론

정보 통신 기술의 급격한 발전은 자동차 산업계에도 큰 반향을 일으켜, 자동차 기술 생태계에 거대한 패러다임 전환을 만들었다. 미래 모빌리티를 견인하는 첨단 기술들의 복잡도가 크게 증가함에 따라 기존의 차량용 컴퓨팅 및 네트워킹 플랫폼 기술들은 한계에 직면하고 있다. 자율주행을 필두로 한 미래 모빌리티의 새로운 기술 수요에 대응하기 위하여, 다양한 측면에서 플랫폼 기술들이 연구되고 있다. 이러한 관점에서, 본 특집에서 대표적인 오픈소스 자율주행 컴퓨팅 플랫폼인 오토웨어와 차량용 네트워크 관리를 위한 SDN 플랫폼 연구들을 살펴보았다. 차량용 컴퓨팅 및 네트워킹 플랫폼 기술은 차량의 성능, 안전, 생산성 향상 및 생산비용 절감 등에 직결되기 때문에, 관련 산업계 및 학계에서 많은 주목을 받으며 활발히 연구가 진행되고 있어 앞으로도 눈부신 발전이 기대되는 분야이다.

## 참고문헌

- [1] 현대자동차그룹 뉴스룸, <https://www.hyundai.co.kr/news/CONT0000000000058285>.
- [2] Mercedes-Benz Group, CASE-Intuitive Mobility, <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case-2.html>.
- [3] Waymo, <https://waymo.com/waymo-one/?ncr=>.
- [4] Waymo's L.A. Robotaxi Fleet Is Going Fully Driverless, <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2023/02/27/exclusive-waymos-la-robotaxi-fleet-is-going-fully-driverless/>.
- [5] Cruise, <https://getcruise.com/rides/>.
- [6] GM's Cruise Expands Robotaxi Service to Phoenix and Austin Even With Safety Probe, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-12-20/gm-s-cruise-expands-robotaxi-service-amid-federal-safety-probe#xj4y7vzkg>.
- [7] 현대자동차 그룹, 당신의 비즈니스에 맞는 최고의 다목적 모빌리티 PBV, <https://www.hyundai.co.kr/story/CONT0000000000088563>.
- [8] Luc van Dijk, "Future Vehicle Networks and ECUs Architecture and Technology considerations," <https://www.nxp.com/docs/en/white-paper/FVNECUA4WP.pdf>.
- [9] Autoware Overview, <https://autoware.org/autoware-overview/>.
- [10] NXP, S32G3 Vehicle Networking Reference Design, <https://www.nxp.com/design/designs/s32g3-vehicle-networking-reference-design:S32G-VNP-RDB3>.
- [11] Apex.AI, <https://www.apex.ai/>.
- [12] Linaro, <https://www.linaro.org/>.
- [13] The Autoware Foundation, <https://autoware.org/>.
- [14] Autoware Past, Present and the Future of Autoware, <https://autoware.org/past-present-and-the-future-of-autoware/>.
- [15] ROS, <https://www.ros.org/>.
- [16] Autoware Documentation, <https://autowarefoundation.github.io/autoware-documentation/main/design/autoware-architecture/>.
- [17] C. Cadena et al., "Past, Present, and Future of Simultaneous Localization and Mapping: Toward the Robust-Perception Age," *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 32, No. 6, pp. 1309-1332, Dec. 2016, doi: 10.1109/TRO.2016.2624754.
- [18] P. Biber, W. Strasser, "The Normal Distributions Transform: A New Approach to Laser Scan Matching," *IEEE IROS'03*, 2003.
- [19] Yin, Tianwei, Xingyi Zhou, and Philipp Krähenbühl, "Center-based 3d object detection and tracking," *arXiv preprint arXiv: 2006.11275*, 2020.
- [20] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov and L. Chen, "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks," *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Salt Lake City, UT, 2018.
- [21] Tan, Mingxing, and Quoc Le, "EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks." *International conference on machine learning*. PMLR, 2019.
- [22] C. Wang, Y. Wang, Y. Wang, C.-t. Wu, and G. Yu, "muSSP: Efficient Min-cost Flow Algorithm for Multi-object Tracking," *NeurIPS*, 2019.
- [23] Yifu Zhang, Peize Sun, Yi Jiang, Dongdong Yu, Fucheng Weng, Zehuan Yuan, Ping Luo, Wenyu Liu, and Xinggang Wang, "ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box," *The Proc. of the ECCV 2022*.
- [24] JASPAR, <https://www.jaspar.jp/en>.
- [25] Takumi Nomura, Katsuyuki Akizuki, Hideki Goto, and Yoshihiro Ito, "Proposal of Dynamically Configurable In-Vehicle Network as an Enabler of Software," *IEEE SA Ethernet&IP@ATD (Automotive Technology Day)*, 2022.
- [26] IEEE, "IEEE standard for local and metropolitan area networks - timing and synchronization for time-sensitive applications in Bridged Local Area networks." pp. 1-292.

- [27] IEEE, “802.1Qav - Forwarding and Queuing Enhancements for Time-Sensitive Streams.”
- [28] IEEE, “IEEE standard for local and metropolitan area networks - bridges and bridged networks - Amendment 25: Enhancements for scheduled traffic,” pp. 1-57, IEEE Std 802.1Qbv-2015.
- [29] IEEE, “IEEE standard for local and metropolitan area networks - Frame replication and elimination for reliability,” *IEEE Std 802.1CB*.
- [30] Hyun Taek Hong and Kilho Lee, “Automotive SDN prototype and use-cases,” *IEEE SA Ethernet&IP@ATD (Automotive Technology Day)*, 2022.
- [31] Klaus-Wagenbrenner, Jochen, “Zonal ee architecture: Towards a fully automotive Ethernet-based vehicle infrastructure,” *Proc. Automotive E/E Architecture Technology Innovation Conference*, 2019.
- [32] Hardkernel, Odroid-XU4, <https://wiki.odroid.com/odroid-xu4/odroid-xu4>.

- [33] Ryu, <https://ryu-sdn.org/>.
- [34] Ben Pfaff et al., “The Design and Implementation of Open vSwitch,” *USENIX ATC 2015*.
- [35] Autoware code repository, <https://github.com/autowarefoundation/autoware>.

## 약 력



### 이 길 호

2010 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 (학사)  
 2012 한국과학기술원 전산학부 졸업 (석사)  
 2019 한국과학기술원 전산학부 졸업 (박사)  
 2019~2020 한국과학기술원 정보전자연구소 박사  
 후연구원  
 2020~현재 숭실대학교 AI융합학부 조교수  
 관심 분야 : 자율주행 자동차, 스마트 모빌리티, 사  
 이버-물리 시스템, 실시간 시스템  
 Email : khlee.cs@ssu.ac.kr