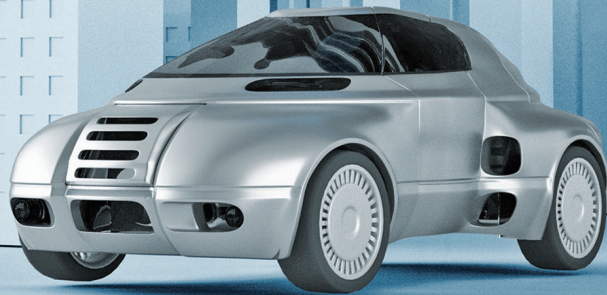


2024 이슈리포트

2024 자율차 핵심부품 산업 및 표준 동향

Issue Report



2024 이슈리포트

2024 자율차 핵심부품 산업 및 표준 동향

Issue Report



CONTENTS

01. 자율차 핵심부품 국제 표준화 동향 및 이슈	04
02. 차량용 디스플레이 산업 동향 및 표준 이슈	14
03. 자율차 라이다 센서 기술동향 및 표준 이슈	30
04. 차량용 나이트비전 산업 동향 및 표준 이슈	41
05. 자율주행차 기술동향 및 표준 이슈	50
06. 헤드업 디스플레이(HUD)의 IEC/ISO 국제표준개발	57
07. 차량용 자율 주행 카메라 산업동향 및 표준	68
08. 전환기의 V2X 산업 동향 및 이슈	83
09. MISRA 2023 분석 및 차량용 소프트웨어 적용 방안에 대한 고찰 ..	99
10. 전기자동차 산업 동향 및 표준 이슈	119



01. 자율차 핵심부품 국제 표준화 동향 및 이슈

ETRI 자율주행지능연구실 윤현정 표준전문위원

1 서론

레벨 4 이상의 고도 자율주행 기능을 위해서는 차량 주변 상황을 더욱 정확하게 인식하고, 전체적인 장면을 이해하는 능력이 필수적이다. 자율주행 차량에서 실제 물체를 빠르고 안정적으로 인식하기 위해서는, 감지 능력과 성능이 서로 다른 레이더, 라이다, 카메라, 초음파 등의 다양한 센서를 융합하는 기술이 필요하다. 이를 통해 상호 보완적이고 중복된 정보를 확보하여, 더욱 정확한 인식과 판단이 가능해진다.

자율주행 차량의 인지 센서는 인간과 동등하거나 그 이상의 성능을 가져야 한다. 현재, 주변 환경을 인식하는 센서의 미인식이나 오인식이 주요 자율주행 사고의 원인이 되고 있기 때문이다. 따라서, 자율주행의 안전한 실증을 보장하기 위해서는 관련 산업계의 이해관계자들이 협의하여, 측정 결과를 인정할 수 있는 국제 표준 수준의 통합된 시험과 평가 방법을 마련해야 한다. 이를 위해 자율주행 차량의 센서 성능을 검증하기 위한 KPI(핵심 성능 지표), 시험 환경, 시험 방법 등에 대한 국제 표준화가 시작되었다.

본 문서에서는 <표1>과 같이 현재 진행 중인 국제표준 현황과 주요 이슈 사항을 분석하고자 한다.

표 1 | 자율주행 차량 인지 센서 국제표준화 현황

표준번호	표준명	표준화 단계	표준화 기구
ISO/AWI 13328	Test method for automotive lidar	NP 승인 WD 작업중	ISO TC22/ SC32/WG16
ISO/AWI 13377	Cooperative interference mitigation of automotive millimeter-wave radar	NP 승인 WD 작업중	
ISO/AWI 13389	Test method for detection performance of exterior sensing millimeter-wave radar	NP 승인 WD 작업중	
IEEE P2936	Standard for Test Methods of Automotive Lidar Performance	진행중	IEEE VT/AVSC
IEEE P2020	Standard for Automotive System Image Quality	최종승인 (2024.06)	IEEE AIQWG

IEEE P3116	Standard for Automotive Radar Performance Metrics and Testing Methods for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and Automated Driving System (ADS) Applications	진행중	IEEE VT/AVSC
ISO/AWI 23150 series	Road vehicles – Data communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions – Logical interface	개정 작업중	ISO TC22/SC31/WG9

자율주행 차량에서 주변 환경을 인식하기 위한 센서에 관한 표준화는 라이다, 레이더, 카메라의 센서 성능 시험 방법에 관한 표준 개발과 이들 센서와 센서 데이터를 이용하여 차량 주변의 장면을 해석하는 융합장치 간의 논리 인터페이스 표준이 ISO TC22 SC31 WG9(자율주행 기능을 위한 센서 인터페이스), SC32 WG16(차량용 인지 센서), 그리고 IEEE VT(Vehicle Technology) Society에서 진행 중이다.

2 ISO 국제표준화 현황

◦ 가) 라이다 성능 시험 방법 표준화

ISO TC22 SC32 WG16에서는 차량용 라이다 시험 방법에 관한 표준개발이 진행되고 있다. 정식 신규 표준 항목(ISO/AWI 13228)으로 승인되었고, 본 절에서는 표준안으로 제안된 내용에 대해 간략히 설명한다.

▶ ISO/AWI 13228 Road vehicles – Test method for automotive lidar

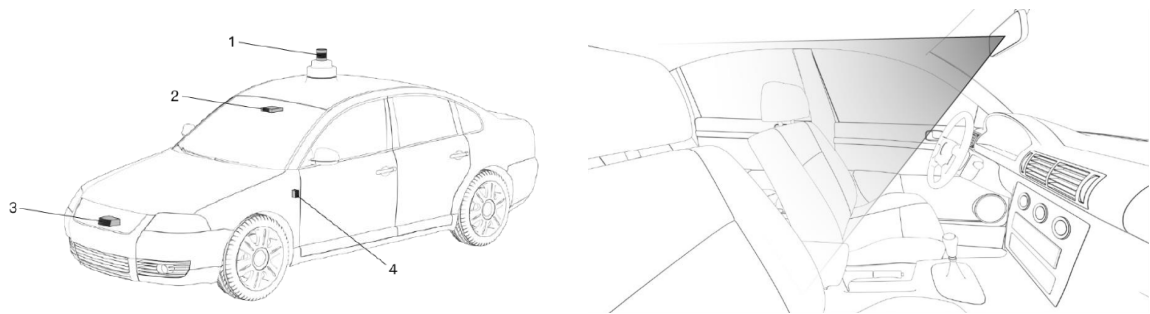
▶ 프로젝트 리더(국가): Hesai(중국), Valeo(독일)

ISO/AWI 13228 표준은 차량 주변을 측정하거나 감지하기 위해 도로 차량에 설치된 라이다를 위한 것이며, 승용차, 버스, 상용차, 트레일러 등 차량 분류에 관계없이 모든 유형의 도로용 차량에 사용되는 라이다에 적용된다. 이 표준은 라이다의 성능을 평가하는데 도움이 되는 일련의 시험 방법을 설명하며, 시험에는 다음 사항이 포함된다.

- 검지 거리(범위) 성능 및 정밀도와 같은 공통 성능에 관한 사항
- 간섭 방지와 고스트 포인트 등을 포함하는 성능에 영향을 주는 특성
- 특정 환경 조건에 의해 라이다 성능이 영향을 받을 가능성
- 차량안전지원시스템 및 자율주행 애플리케이션 시나리오에서 성능 측정

이 표준은 신뢰성, 기능 안전과 사이버 보안에 대한 시험 방법은 다루지 않는다.

차량용 라이다는 주로 차량 탑재용과 차량 내부 검지를 위한 In-Cabin 용도로 사용될 수 있다(그림 1). 그러나 이 표준에서는 차량 외부의 검출을 위한 것으로, 차량 내부를 검지하기 위해 적용되지는 않는다.



(a) 차량외부 탑재 라이다 예시

(b) 차량 In-Cabin 장착 예시

| 그림 1 | 차량용 라이다 적용 가능한 시나리오(출처: ISO/AWI 13228)

| 표 2 | 라이다 성능 시험 항목과 유형별 라이다 적용 가능성

라이다 성능 시험 항목	유형별 라이다	
	TOF	FMCW
Probability of Detection	Y	Y
Range capability	Y	Y
Range precision	Y	Y
Range accuracy/trueness	Y	Y
Angular resolution	Y	Y
Angular precision	Y	Y
Angular accuracy/trueness	Y	Y
Field of view range-FOV	Y	Y
Frame frequency	Y	Y
Scan point frequency	Y	Y
Point cloud density	Y	Y
Instant radial velocity	N	Y
Radial separability	Y	Y
Angular separability	Y	Y
Anti-interference	Y	Y
Interstitial point	Y	Y
Ghost points	Y	Y
Blooming	Y	Y

출처: ISO/AWI 13223 부속서 D(시험 항목에 대한 적용 가능성 설명)

ISO/AWI 13228 표준은 2027년에 표준 제정을 목표로 하며, 그림 2와 같은 표준화 로드맵을 따르고 있다. 이 표준의 첫 번째 회의는 2024년 7월에 진행되었으며, 다음 회의는 10월에 중국(CATARC, 중국자동차기술연구센터)에서 개최될 예정이다.



- 나) 레이더 성능 시험과 간섭 완화 방법 표준화

ISO TC22/SC32/WG16에서는 차량용 레이더 성능 시험 방법 표준 개발과 협력 간섭 완화 방법에 대한 가이드라인을 제공하기 위한 표준화 작업을 진행하고 있다.

- ▶ ISO/AWI 13389 Road vehicles – Test method for detection performance of exterior sensing millimeter-wave radar
- ▶ 프로젝트 리더(국가): Chuhanq tech, CATARC(중국)

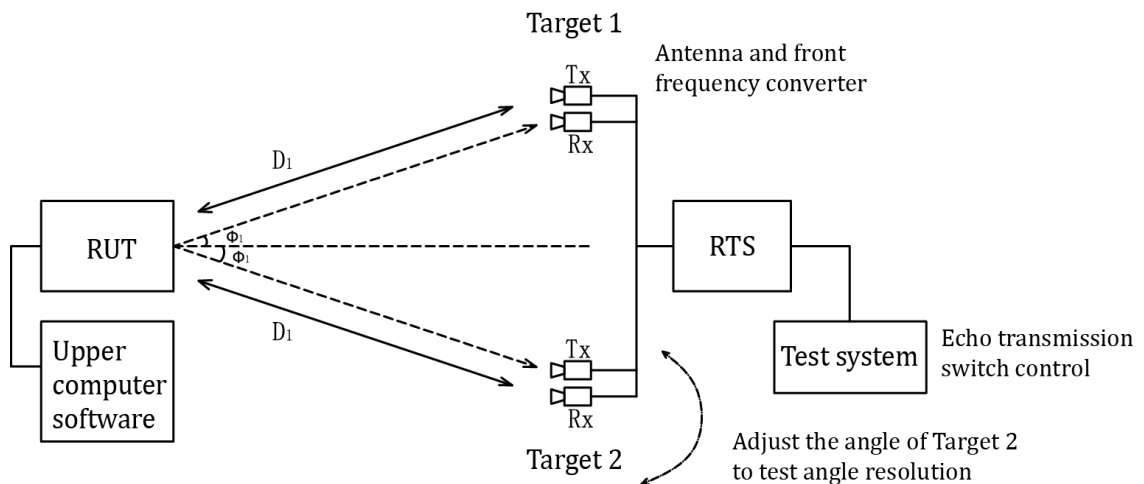
ISO/AWI 13389 표준은 차량 주변을 측정하거나 검지하기 위해 도로 차량에 장착된 밀리미터파 레이더(3D 및 4D 포함)에 관한 것이다. 이 표준은 승용차, 버스, 상용차량, 트레일러 등 차량 분류와 관계없이 모든 유형의 도로 차량에 사용되는 밀리미터파 레이더에 적용된다. 이 표준의 목적은

차량용 밀리미터파 레이더(3D 및 4D 포함)의 외부 검지 성능을 위한 시험 방법을 규정하는 것이며, 성능 측정을 위한 시험은 다음을 포함한다.

- 단일 대상 검지 시험(예를 들어, 최소/최대 검지 거리 시험)
- 다중 대상 검지 시험(예를 들어, 레이더 검지 범위 분해능 시험)
- 차량안전지원시스템 및 자율주행 애플리케이션 시나리오에서 밀리미터파 레이더의 성능 측정 방법

이 표준에서는 부품 단위 시험을 위해서 환경, 전압 및 거리조건(Far Field Distance)에 대한 요구사항을 정의한다. 시험 장소는 무반향(Anechoic) 챔버를 고려한다. 시험 방법으로 단일 대상 검지를 위해 최소/최대 검지 거리 시험, 최소/최대 검지 속도 시험, 레이더 방위각/고도각 커버리지 시험, 레이더 FOV(Field of view) 시험, 레이더 검지 거리 정확도 시험, 각도에 대한 레이더 검지 정확도 시험 등을 포함하여, 관련 시험 설정, 시험 절차 및 결과 정리에 관한 내용을 다룬다.

이 표준은 다중 대상 검지를 위해 공간 분리성(Spatial separability), 속도 분리성(Velocity Separability) 시험 등을 설명한다. “공간 분리성 {반경 거리, 방위각, 고도}”는 두 기준 대상의 다른 모든 속성이 동일하다고 가정할 때 두 기준 대상을 분리하는 데 필요한 한 차원(반경 거리, 방위각 또는 고도 각도)의 공간 차이를 제공한다. 레이더 각도 분리성 측정을 위해 그림 3에서와 같이 시험 환경 구성 예시를 제시한다.



| 그림 3 | 레이더 각도 분리 가능성 시험 환경구성 예시 (출처: ISO/AWI 13389)

또한 레이더 간섭 제거(Anti-interference) 시험 방법을 다루고 있고, ETSI EN 303 396 표준[2]을 기반으로 한다. ISO/AWI 13377 기술보고서는 차량 외부 검지용 밀리미터파 레이더를 위한 몇 가지 잠재적인 협력 간섭 완화 방법을 설명하고 평가하기 위한 가이드라인을 제공하기 위한 것이다. 이 기술 보고서에서는 MOSARIM[4], IMIKO radar[5] 등 주요 프로젝트에서 개발한 간섭 완화 방법을 설명한다.

▶ ISO/AWI TR 13377 Road vehicles – Cooperative interference mitigation of automotive millimeter-wave radar

▶ 프로젝트 리더(국가): Huawei, CATARC(중국)

ISO/AWI 13377에서 소개할 모든 레이더 간섭 완화 방법은 특정 레이더가 특정 전파 자원을 사용하는 동안 다른 자동차 레이더가 동일한 전파 자원에 노출될 수 있는 것을 방지하는 것을 목표로 한다. 이는 다음을 통해 달성할 수 있다.

- 무선 리소스를 전용으로 분배하는 방식(주파수 및 시간 래스터, FDMA, 컴퍼스, 인터리빙 처프, 편광, 코드 등)
- 무선 리소스 유용성에 대한 검사 (FISA, SCUBI)
- 위에서 설명한 두 가지 방식의 조합

이 기술보고서는 다양한 방법의 조합 이점을 살펴보고 향후 표준으로 간섭 완화 방법에 대한 지침을 제공하려는 준비단계라고 할 수 있다. 또한, 76-81GHz의 전체 대역을 글로벌 정렬하면 모든 방법의 간섭 완화가 향상된다는 점도 강조할 가치가 있다고 판단되어 관련 기술보고서 작업이 시작되었다.

3 사실상 표준화 현황

IEEE VT Society의 AVS(Automated Vehicles Standards) 위원회에서는 2020년부터 ADAS 및 자율주행용 라이다와 레이더의 성능 요구사항 및 시험 방법에 대한 표준화가 시작되었다. ITS 위원회에서는 차량 ADAS 시스템의 이미지 품질에 대한 표준화가 2016년에 시작되어 2023년에는 초안 표준안을 발표하고, 2024년에는 IEEE 승인을 받은 최종 표준을 발표할 예정이다. SAE (미국자동차공학회)와 DIN(독일 표준협회)은 자율주행 기술의 시험과 관련된 용어 표준(DIN SAE SPEC 92381) 개발을 시작으로, 2023년에는 차량용 LiDAR 센서에 대한 평가 방법론 표준인 DIN SAE SPEC91471[3]을 발표했다.

◦ 가) IEEE 차량시스템 이미지 품질 표준화

IEEE P2020은 일관성을 보장하고 산업간 기준점을 생성하기 위해 차량시스템에서 이미지 품질을 측정하고 테스트하는 방법과 성능 기준을 규정하기 위해 개발되었다.

▶ IEEE P2020 Automotive System Image Quality Draft Standard

▶ 프로젝트 리더: IEEE(미국), smartsurb, valeo(독일), Nvidia(미국)

IEEE P2020에서는 차량 ADAS 응용 프로그램의 이미지 품질에 기여하는 기본 속성뿐만 아니라 이러한 속성과 관련된 기존 메트릭 및 기타 유용한 정보를 제공한다. 차량용 카메라 이미지 품질 속성을 측정하기 위한 표준화된 주요 시험 방법을 정의한다. 이를 통해 OEM과 Tier 1 시스템 통합업체, 부품 공급업체 간의 자동차 ADAS 이미지 품질 관련 표준 기반 커뮤니케이션 및 비교를 용이하게 한다. 이 표준은 장면부터 카메라 시스템 하드웨어 경계를 벗어나는 신호 출력까지의 이미지 전송 기술 체인을 포괄하는 평가에 중점을 둔 일련의 이미지 품질 계수(IQF, Image Quality Factor)를 제공하는 절차를 제공한다.

이 표준에서 다루는 차량용 카메라 애플리케이션에 부과된 특정 과제의 예로는 어안 렌즈를 사용한 넓은 시야, HDR(high dynamic range), 더 넓은 작동 온도 범위 등이 있다. 이 표준은 차량용 이미지의 품질을 평가하기 위한 측정 지표와 핵심 성과 지표를 정의하여, 고객과 공급업체가 이미지 처리 시스템의 성능을 효율적으로 정의, 측정 및 전달할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

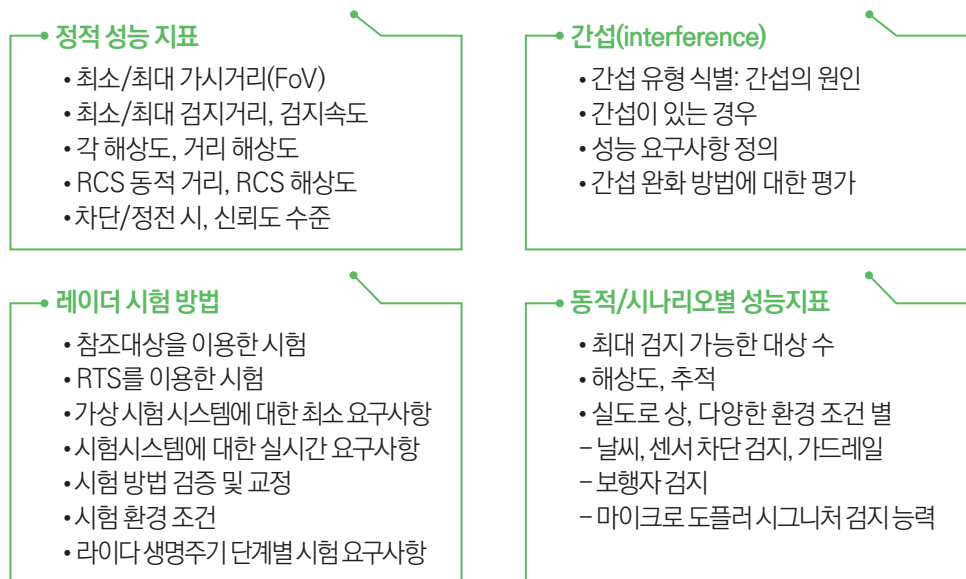
◦ 나) IEEE 레이더 성능 시험 표준화

IEEE P3116은 ADAS 및 자율주행 애플리케이션에서 사용되는 차량용 레이더의 품질을 결정하는 핵심적인 속성을 다룬다. 이 표준은 레이더를 안전에 중요한 구성 요소로 식별하고, 다양한 자율주행 기능에서 레이더를 안전하게 배치하기 위해 필요한 성능 지표를 정의한다.

▶ IEEE P3116 Standard for Automotive Radar Performance Metrics and Testing Methods for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and Automated Driving System (ADS) Applications

▶ 프로젝트 리더(국가): UniqueSec AB(스웨덴)

IEEE P3116 표준에서는 레이더 센서를 정적인 특징(예를 들어, 검지범위, 검지속도 및 각도 분해능)뿐만 아니라 사용 사례와 시험 시나리오에 따라 특정 요구 사항을 충족해야 하는 동적인 요소로 간주한다. 표준 개발은 네 개의 작업반을 통해 다양한 이슈를 논의하고 있으며, <그림 4>에서 확인할 수 있다.



〈그림 4〉 IEEE P3116의 작업반 구성

IEEE P3116 표준은 정적인 매개 변수와 동적인 또는 시나리오 관련 성능 메트릭을 모두 포함하고 있다. 정적인 매개 변수에는 검지 범위, 속도 및 각도 분해능, 최소 검지 가능한 범위 및 시야각(FoV) 등이 포함된다. 동적인 메트릭은 특정 기동에서 다른 궤도로 여러 개의 표적을 해결할 수 있는 레이더의 기능과 같은 측면을 평가한다. 이러한 측정 기준을 평가하기 위해서는 통일된 테스트 솔루션이 필요하다. 이 표준은 차량용 레이더의 평가 및 시험 방법을 제공하여 재현성을 높이고, 균일한 이해를 도모하며, 다양한 레이더 센서 유형 간에 비교 가능한 검증 결과를 만들기 위한 것이다.

표준화된 시험 방법의 주요 목적 중 하나는 차량용 레이더 표적 시뮬레이터(RTS)와 같은 시험 장치의 핵심 요구사항을 정의하는 것이다. IEEE P3116 표준은 또한 동일한 차량에 장착된 레이더와 차량 사이의 간섭 효과를 다룬다. 이 표준의 일부는 다양한 레이더에 구현된 간섭 완화 기술의 평가를 위한 표준화된 방법을 제공하여 간섭이 레이더의 성능에 미치는 영향을 조사한다.

◦ 다) DIN/SAE 라이다 센서 평가 방법론 표준화

DIN SAE SPEC 91471 표준은 독일(DIN)과 미국(SAE) 표준 기구가 협력하여 개발한 표준으로, 차량용 라이다 센서의 사양과 시험에 대한 포괄적인 프레임워크를 정의한다. 이 산업계 표준의 주요 목표는 차량용 라이다 센서를 구매하는 그룹과 기타 이해 관계자들을 위해 명확한 사양과 성능 측정 결과를 제공하는 것이다.

- ▶ DIN SAE SPEC 91471 Assessment methodology for automotive LiDAR sensors
- ▶ 주요 참여기업: Innoviz Technologies Ltd, Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Daimler Truck AG, Ibeo Automotive Systems GmbH, Luminar Technologies 등 12개 기업

DIN SAE SPEC 91471 표준에서는 LiDAR 센서에 대한 공통 사양을 제공하며, 이를 여러 범주로 나누어 설명한다. 이 표준은 장치 데이터, 물리적 속성, 설치를 위한 명세, 전원공급, 먼지 혹은 물로부터의 보호, 검지 시스템, 기본 검지 속성 등과 같은 다양한 측면을 다룬다. 센서의 특성을 정의하기 위해 단위와 함께 기본 속성을 제시하며, 예를 들어 설치를 위한 명세에서는 Installation position height & lateral(단위: mm), 온도 범위(단위: 섭씨), Ventilation, Cleaning spec. Horizontal & vertical angle(단위: 도)와 같은 특성을 표기하도록 한다.

LiDAR 센서의 평가는 정의된 환경에서 물리적 측정을 통해 수행된다. 주요 성능 지표 즉, KPI를 10가지를 제공하고, 각각에 대해 시험 설정과 시험 방법을 규정하고 있다. DIN/SAE SPEC 9147에서 규정하고 있는 10가지 KPI는 다음과 같다.

- True-positive detection probability
- Angular cluster density
- Revisit rate
- False-positive detection rate & deviation
- False alarm rate
- Radial precision & accuracy
- Angular precision & accuracy

4 결론

본 문서에서는 자율주행 차량용 센서(라이다, 레이더, 카메라 등) 성능 요구 사항과 시험 방법에 관련된 ISO TC22 SC32 WG16과 IEEE VT에서 표준화 추진 현황과 표준화 범위, 표준안의 주요 내용을 정리하였다. 또한, 독일(DIN)과 미국(SAE)에서 협력하여 개발한 차량용 라이다 센서 평가 방법론에 관한 표준에서 핵심 성능 지표와 평가 방법에 관한 내용을 소개하였다.

국제표준 기구뿐만 아니라 국내에서도 자율주행차의 핵심 부품군에 대한 산업 표준을 추진하여 완성차 업체와 부품사 간 협력 생태계를 조성하고 국내 자율차 실증단지들에서 성능 실증 수행에

대한 목표를 제시하기 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 자율차 표준화 포럼 산하 소부장(소재, 부품, 장비) 국가표준 작업반에서도 개별 센서별 프로젝트 그룹을 운영하여 국가 표준안을 개발하고 있다. 이를 통해 국내 기업들이 중심이 되어 국제표준화에 대응함으로써, 국내 표준 정립과 국제 표준에 대한 대응 준비가 한층 더 강화될 것으로 기대된다.

센서 평가 방법론에 관한 표준은 국제적으로도 체계를 정립하려는 노력이 진행 중이며, 해당 분야의 전문가들의 적극적인 참여가 필요한 상황이다. 자율주행 기능에서 핵심적인 역할을 하는 인지 센서에 관한 표준화된 평가 방법에 관한 내용이므로, 기술 혁신을 주도하고 있는 국내 기업체의 전문가들을 지속적으로 투입하여 표준화 영역에서도 선도적인 역할을 수행할 수 있도록 노력해야 할 중요한 시기이다.

5 참고문헌

- [1] 윤현정, “자율주행 차량의 인지 센서 국제표준 동향”, 오토저널 2024, 04
- [2] ETSI EN 303 396, Short Range Devices; Measurement Techniques for Automotive and Surveillance Radar Equipment
- [3] DIN SAE SPEC 91471, Assessment methodology for automotive LiDAR sensor, 2023 May.
- [4] EU project More Safety for All by Radar Interference Mitigation (MOSARIM); final report (2010 – 2012) <https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/1/248231/080/deliverables/-001D611finalreportfinal.pdf>
- [5] IMIKO Radar project – Radar Interference Mitigation using Cooperative Methods for Radar Sensors in Autonomous Electrical Vehicles, project page and link to final report (German, 2018 – 2021) – <https://www.elektronikforschung.de/projekte/imiko-radar>

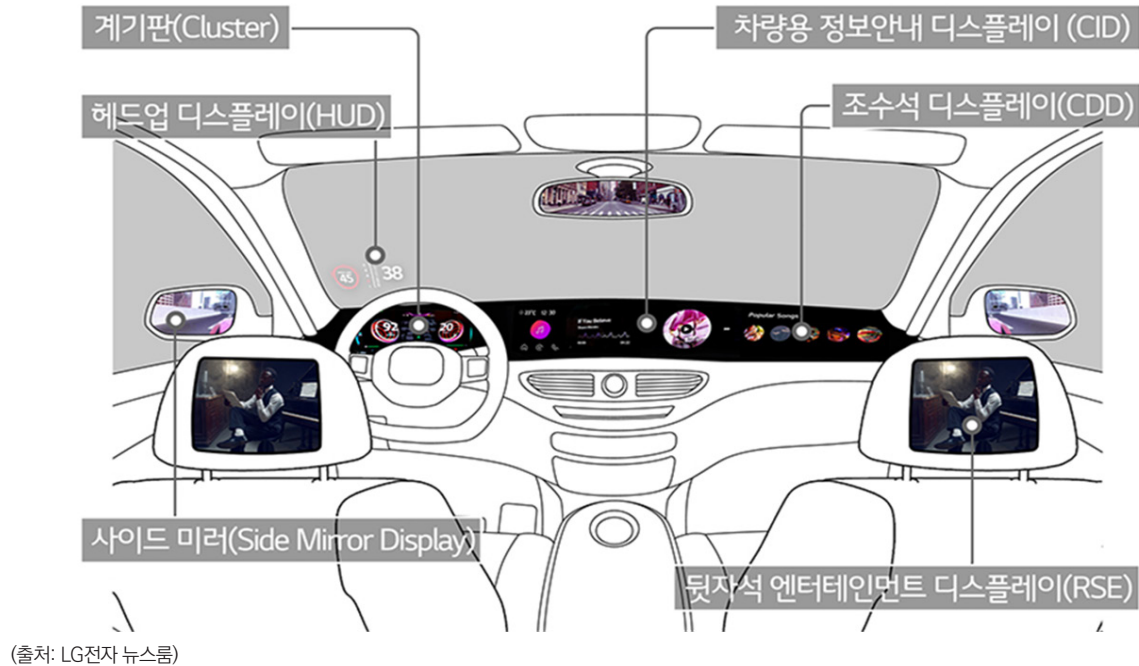
02. 차량용 디스플레이 산업 동향 및 표준 이슈

LG Display 선행기술연구소 정종호 책임연구원

1 서론

차량용 디스플레이 기술은 자율주행 자동차의 발전에 중요한 역할을 담당하고 있다. 이 기술은 운전자와 탑승객들에게 다양한 혜택을 제공하며, 자동차 산업의 미래를 형성하는 데 큰 영향을 미친다. 먼저, 차량용 디스플레이는 자율주행 정보와 차량 상태 등 다양한 데이터를 효과적으로 전달함으로써 정보 제공 범위가 확대될 수 있다. 이는 운전자가 차량과 주변 환경에 대해 더 깊이 이해할 수 있게 해준다. 또한, 자율주행 중 탑승객들이 영상 시청이나 게임 등을 즐길 수 있는 환경을 제공함으로써 엔터테인먼트 기능을 강화할 수 있다. 안전성 측면에서도 차량용 디스플레이 기술은 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 헤드업 디스플레이(HUD)를 통해 운전자의 시선 분산을 줄이고 주요 정보를 직관적으로 전달함으로써 운전 안전성을 높일 수 있으며, side mirror 디스플레이를 적용하여, 폭설, 폭우, 안개가 심한 기상 악화 조건에서 선명한 주변 정보의 제공이 가능하다. 더불어, 대형 디스플레이의 적용으로 차량 내부가 새로운 생활 및 문화 공간으로 확장될 수 있어, 차량 내 공간 활용에도 변화를 불러왔다. 사용자 경험 측면에서는 터치스크린, 곡면 디스플레이 등의 기술을 통해 더 직관적이고 편리한 인터페이스를 구현할 수 있다. 이는 운전자와 탑승객들에게 더 나은 사용자 경험을 제공한다. 차량용 디스플레이 기술은 자율주행 자동차의 발전에 중요한 역할을 하며, 안전성 향상, 사용자 경험 개선, 엔터테인먼트 기능 강화 등 다양한 측면에서 자동차 산업의 미래를 선도하고 있다. 차량용 디스플레이 적용 범위는 그림 1과 같이 헤드업 디스플레이부터 센터페시아가 조수석까지 확장된 CID 그리고 뒷 좌석 디스플레이까지 다양하며, 이는 자동차의 실내 및 외부 디자인의 변화를 주도하는 역할을 하고 있다. 예를 들어 자동차 뒷유리 대신 고성능 카메라와 미러 디스플레이를 적용하여 실내 공간 확대뿐 아니라 무게 감소, 시야 개선 등 다양한 효율성을 고려할 수 있다.

이와 함께 차량용 디스플레이 표준의 개정 및 신규 제정이 활발하게 진행되고 있다. 디스플레이의 대형화와 터치 기능의 보편화로 인해 이미 발간한 표준을 산업 현장에서 적용하기 어려워졌다. 이에 따라 자동차 디스플레이를 활용한 다양한 애플리케이션을 고려하기 위해, 새로운 표준이 제안되어 논의되고 있다. 이에 본 이슈 리포트에서는 차량용 디스플레이 산업의 발전 추세를 설명하고, 표준화 동향에 관해 기술하고자 한다. 우선 여러 측면에서 자동차 디스플레이 산업의 변화와 현재 진행 중인 차량용 디스플레이 관련 표준 동향에 대해 정리하고자 한다.



| 그림 1 | 자동차 실내에 다양한 디스플레이 설치 위치

2 자동차 디스플레이 시장 전망

자동차의 자율주행 가속화로 자동차는 단순히 타는 기능에서 인포테인먼트 기능이 강화됨에 따라 차량에 탑재되는 디스플레이가 점차 대형화·고해상도화되고 있다. 지난 5년('17~'22)간 LCD 및 중소형 크기에 집중되었던 차량용 디스플레이 시장은 연평균성장률(CAGR)이 약 4.7%지만, 앞으로 대형화 추세에 따라 이 시장은 '27년에는 126억 불까지 연평균 약 7.8% 성장할 것으로 전망한다.

기술별로 보면 그림 2에서 보이는 것처럼 차량용 LCD는 '22년에 약 97.2%의 점유율을 차지하였으나 대형 및 고화질 디스플레이 수요 증가에 따라 감소 추세에 있으며, OLED는 '22년 2.8%에서 '27년 17.2%까지 비중이 점차 커질 것으로 예상된다.



(출처: 한국디스플레이산업협회, OMDIA)

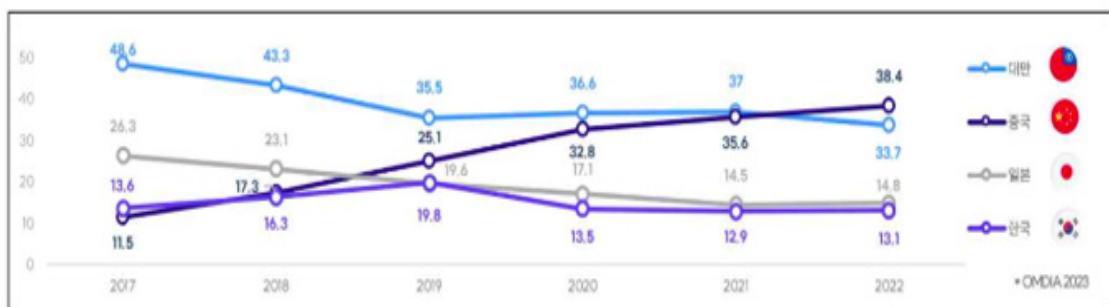
| 그림 2 | 차량용 디스플레이 시장전망 (백만불)

‘22년 기준 차량용 LCD는 86억 불로 거대 내수시장을 바탕으로 빠르게 점유율을 확대한 중국이 38.4%, 일찍이 차량용 디스플레이 시장에 참가한 대만이 33.7%, LCD 생산을 지속 감소 중인 일본과 한국은 각각 14.8%, 13.1%로 동북아 4개국이 차량용 LCD 생산에 모두 참여하는 것으로 나타났다.

반면, OLED는 ‘22년 기준 전체 2.5억 불 시장에서 한국이 2.3억 불로 약 93%, 중국은 0.2억 불로 약 7%의 비중을 차지하며 한/중 양국만이 경쟁하고 있는데 한국은 차량용 OLED에서 압도적으로 우위를 점하고 있는 것으로 나타났다.

다만, OLED 투자 확대로 시장 침투율을 높이고 있는 중국은 ‘21년 0%에서’22년 7.1%로 점유율을 확대하고 있어서 향후 차량용 OLED 시장에서도 경쟁 심화 양상이 나타날지 주목해 볼 필요가 있다.

우리 기업은 LCD의 비중을 줄이고 프리미엄 자동차에서 요구하는 폴더블 또는 슬라이더블과 같은 새로운 폼팩터 구현이 가능한 OLED 등에 집중하고 있어 프리미엄 시장에서 우리 기업의 시장 우위는 지속될 것으로 전망한다.



(출처: 한국디스플레이산업협회, OMDIA)

| 그림 3 | 차량용 디스플레이 금액기준 국가별 점유율 (%)

3 차량용 디스플레이 기술 현황

가) 차량용 내부 디스플레이 기술 동향

차량용 디스플레이 기술은 최근 몇 년간 급격한 발전을 이루며 다양한 새로운 동향을 보인다. 우선, 차량 내부 디스플레이의 대형화 및 통합화가 특징이다. 그림 4와 같이 대시보드와 센터페시아의 디스플레이가 점점 더 커지고 있으며, 여러 기능을 하나의 디스플레이로 통합하는 추세가 나타나고 있다. 이러한 대형화 및 통합화는 운전자가 더 많은 정보를 한눈에 확인할 수 있게 하여 운전 편의성을 높이고 있다. HUD는 운전자의 시선을 도로에서 벗어나지 않게 하여 중요한 정보를 제공함으로써 시선 분산을 줄이고 안전성을 높이는 역할이 인식됨에 따라 HUD의 적용이 증가하는 추세이다. 디스플레이를 보는 것뿐만 아니라, 상호작용 기능이 포함된 터치스크린 인포테인먼트 시스템이

보편화되고 있다. 이 시스템은 차량 제어와 엔터테인먼트 기능을 통합하여 운전자가 손쉽게 다양한 기능을 사용할 수 있게 한다. 이러한 터치스크린 시스템은 직관적이고 사용자 친화적인 인터페이스를 제공하여 조작으로 인한 운전 방해 없이, 주행 중에도 편리하게 사용할 수 있다. 평판 디스플레이는 곡면이 많은 자동차 실내 디자인과 동떨어진 형태로 설치되는 경우가 많았다. 하지만, 플렉시블 디스플레이의 개발로 곡면 형태의 디스플레이를 적용할 수 있게 되었다. 곡면 디스플레이는 차량 내부의 미적 요소를 강화하며, 더 넓은 시야각과 자연스러운 화면 전환을 제공하여 사용자의 정보 인지와 인터페이스 조작의 편리성을 향상시킨다.



(출처: <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20221228000547>)

| 그림 4 | 다양한 내부 디스플레이 구성

국내 디스플레이 업체인 LG Display와 삼성디스플레이는 자동차 내부 디스플레이 관련하여 OLED 중심으로 기술개발하고 있으며 중화권 업체들은 mini LED BLU를 채용한 LCD 위주로 기술개발을 진행 중이다. 자율 주행 Level 2-4 범위의 자율 주행환경에서는 운전자에게 자동차 상태 및 운전 정보를 seamless 하게 제공하여 안전성 및 드라이빙 편의성을 제공하기 위한 디스플레이가 요구되며, Level 5가 실현되기 이전까지 관련 제품 개발을 진행 중이다. 자율 주행 자동차의 성능 향상에 따라 승객의 엔터테인먼트, 회의 등의 용도로 디스플레이 고해상도, 투명도 가변 및 신축성 소재를 적용한 랩핑 구조 기술이 개발되고 있다.

자동차 디스플레이는 설치 위치에 따라 운전자에게 제공하는 정보와 기능이 다양하다. 대시보드에 위치한 계기판은 속도, 연료 상태 등 주행에 필수적인 정보를 표시하며, 센터 콘솔의 인포테인먼트 시스템은 내비게이션, 음악, 차량 설정 등을 제어한다. 헤드업 디스플레이는 운전자의 시선을

분산시키지 않고 중요 정보를 제공하며, 후방 카메라 디스플레이는 주차 시 안전성을 높인다. 최근에는 대형 통합 디스플레이가 증가하는 추세로, 여러 기능을 하나의 화면에서 제어할 수 있게 되었다. 위치별 디스플레이의 명칭 및 주요 기능은 아래 표에 정리하였다.

| 표 1 | 위치별 디스플레이 명칭 및 기능

설치 위치 및 명칭	목적	주요 정보 제공 내용
CID (Center Information Display)	운전자에게 주변 정보 지원	네비게이션 정보, 스마트폰 화면 미리, 오디오 정보 등
Cluster	자동차의 기본 정보 및 운전 상황 정보 제공	차체 정보(스피드, 적산 거리, 연료 미터, 엔진 회전 횟수, 타이어 공기압 등)
RSE (Rear Seat Entertainment)	뒷 좌석 승객에게 엔터테인먼트 지원	영상·음악 재생 등
Mirror Display	주차 시 주변 정보 제공	차량 주변(around view) 및 주변 주차 차량 및 설치물과의 간격 정보 등
HUD(Head Up Display)	Cluster의 서브 표시 및 도로 상황	차체 정보(스피드, 적산 거리, 연료 미터, 엔진 회전 횟수 등) 및 앞차와의 거리, 좌/우 회전 방향 등 네비게이션

대형화되는 CID를 하나의 디스플레이로 적용하기 어려우므로 2~3개의 디스플레이를 적용하여 구성하는 경우가 많다. 이처럼, 2~3개의 다중 디스플레이의 연결로 자동차 실내 구성에 대한 변화의 시기를 맞이하고 있다. 다중 디스플레이의 출하량은 아직 기존 CID나 Cluster 용으로 집계되고 있어 정확한 파악이 어려운 상황이다. 이는 CID에 적용한 다중 디스플레이가 기존 디스플레이를 대체하는 형태로 사용되거나, 복수의 패널을 하나로 간주하여 집계하기 때문이다. 자율주행과 전기차 시장의 확대로 차량용 디스플레이의 탑재 위치와 용도가 변하고 있다. 특히 센터 콘솔의 아날로그 스위치들이 디스플레이로 대체되는 추세가 나타나고 있으며, 고급 차종을 중심으로 컨트롤 패널 전체를 터치스크린 디스플레이로 교체하는 자동차들이 출시되고 있다. 이때 사용되는 디스플레이는 63.5cm 이상의 크기가 주를 이루고 있으며 그림 5와 같이 디스플레이 구성이 다양하다. 디스플레이 디자인은 유지하면서 가격 면을 고려하는 경우, 76cm 이상의 대형 디스플레이 하나만 사용하는 경우보다 25.4cm 이상인 디스플레이 여러 개를 부착하여 사용할 때 저렴하게 사용할 수 있다. 하지만 디자인적인 요소와 고급스러움을 고려할 경우, 더 비싼 76cm 크기의 디스플레이 단품을 적용할 수 있다. 또한, 안전을 고려할 때 디스플레이 화면의 대형화에 의해 더 많은 정보를 표시할 수 있지만, 운전이 직결되는 정보 표시 이외의 표시 화면이 운전자석 측에 가까운 위치에 있으면 운전을 방해하는 원인이 될 수 있다는 우려가 있으므로, 이를 해결하기 위한 방법도 연구 중이다. 대형 디스플레이 유지 운영 측면에서, 디스플레이가 고장 난 경우, 다중 디스플레이나 부품 상관없이 구성품 전체를 교체해야 하므로, 기구, 환경 내구성을 TV나 스마트폰 보다 강화하고 있다.



(출처: Visteon, 하이투자증권)

[그림 5 | 다중 디스플레이 구성 및 디스플레이 대형화 추세]

○ 나) 차량용 디스플레이 종류(LCD, OLED, micro LED) 및 요구 성능

자동차 제조사가 디스플레이 제조사에 제시하는 신뢰성 평가나 품질 관리 기준은 TV와 스마트폰과 같은 제품에 사용되는 일반 디스플레이와는 비교할 수 없을 정도로 엄격하다. 자동차 제조사의 인증을 위한 대표적인 품질 기준을 아래 표에 정리하였다. 이 기준을 만족하지 않으면 인증을 얻을 수 없으며, 인증받지 않은 제품은 차량용 디스플레이로 사용할 수 없다. 따라서 디스플레이 제조사 및 Tier 1업체는 단순한 자동차 디스플레이의 개발에 그치지 않고, 개발부터 양산, 납품까지의 품질 관리부터 그 후의 사후관리까지 대응하는 절차를 만들어 품질을 관리한다.

[표 2 | 차량용 TFT-LCD의 요구 성능 예시]

기본 사양	
온도	동작 시: -40 ~ +85°C, 비 동작 시: -40 ~ +95°C
휘도	450 cd/m ² 이상
픽셀 밀도	CID: 130 ppi, 구분 170ppi(high-end), 100ppi 정도(low-end), RSE: 170 ppi
응답속도	35 ms(+25°C), 350ms 이상(-30°C)
자동차를 위한 사양	
콘트라스트	빛 차단이 뛰어난 액정 구조나 광학 필름으로 보정(예: TN, VA, IPS, 편광판·도광판)
투과율	LCD 패널의 한계로, 백라이트에서 고휘도를 확보(예: LED화)
시야각	시야각이 뛰어난 액정 구조나 광학 필름으로 보정(예: IPS 모드, 편광판·도광판)
디자인	형상의 자유도 향상(예: 곡면, 이형상 등)
소비전력	일반 소비자용 중소형 패널 기술을 적용한 저소비 (예: IGZO 액정, OLED 패널)
고화질	높은 휘도·선명한 정도·높은 명암비 조합으로 기준 충족 (예: full HD, 4K 해상도 화질 조건)

차량용 디스플레이의 가장 기본적인 특성으로 '고온·고습 환경'을 고려해야 한다. 내 환경성에 관한 요구 사항을 만족하기 다양한 시험 방법과 기준을 마련하고 있다. 예를 들어, 온도에 대해서는 일반적으로 비구동 시 -40°C 에서 $+95^{\circ}\text{C}$, 디스플레이가 구동되는 경우 -40°C 에서 $+85^{\circ}\text{C}$ 에서의 실험이 필요하다. 그 외, 1,000시간이 넘는 고온 고습 환경 속에서 단품으로 다양한 시험이 진행된 후 자동차 제조사가 제품을 인증하는 단계를 진행한다. 내열성·내 환경성은 제품 신뢰성에 관한 사항으로, 자동차 제조사가 디스플레이를 사용하기 위한 기본 조건인, 신뢰할 수 있는 규격, 제품 품질 규격, 제품 보증 규격을 우선 고려한다. 그러므로 고내열성의 조건을 충족하려면, 일반 소비자용으로 생산하는 디스플레이와 구성이 동일할 수 없으며, 차량용으로 적합한 제품 구성을 사용해야 한다. 고온/고습 환경에 대한 예시 조건을 아래 표3에 정리하였다. 이 조건은 LCD에 적용한 조건이며, OLED나 micro LED에도 동일하게 적용할 수 있다. 다만, 기본 성능은 설치 위치나 자동차 제조사의 요구사항에 따라 다를 수 있다.

표 3 | 차량용 TFT-LCD의 신뢰성 요구 조건 예시

주요 항목 시험 조건 예	시험 조건 예
고온 동작 시험	$+85^{\circ}\text{C}$ (패널 비동작 조건에서 1000시간 이상) (패널 발열을 고려하는 경우 65°C 적용)
저온 동작 시험	-40°C (1000시간 이상)
고온 보존 시험	$+85^{\circ}\text{C}$ (1000시간 이상)
저온 보존 시험	-40°C (1000시간 이상)
고온 고습 동작 시험	$+60^{\circ}\text{C}$ 온도 조건에서 습도 90%(1000시간 이상)
온도 충격 시험	$-40^{\circ}\text{C} \rightarrow +85^{\circ}\text{C}$ (1000회)

차량에 설치되는 디스플레이 종류는 크게 LCD, OLED, micro LED로 나눌 수 있다. 각 디스플레이의 주요 특징은 다음과 같다. 첫 번째로 LCD(Liquid Crystal Display)는 액정을 이용해 밝기를 조절하는 방식이다. 사용자에게 이미지 정보를 보여주기 위해서는 컬러 필터와 액정 하단에 백라이트를 사용해야 한다. 1990년대에 본격적으로 시장에 출시된 만큼 오랜 역사가 있으며, 다른 디스플레이보다 상대적으로 저렴하게 제조할 수 있으며, 백라이트의 밝기를 높이면 밝은 환경에서도 높은 가시성을 제공한다. 최근에 백라이트에 mini LED를 사용하면서, 수명이 더 길어졌고, 픽셀 구조상 잔상 현상이 적다는 장점이 있다. 하지만, 백라이트부터 컬러필터까지 여러 층을 붙여야 하므로 상대적으로 두꺼우며, 응답 속도가 느린 액정 특성으로 인해 동영상 표현 시 끌림 현상이 인지된다. 최근 고급 자동차에 많이 설치되는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이의 경우, 유기물질을 이용한 자체 발광 방식으로 픽셀 단위로 발광을 조절하므로, LCD보다 높은 명암비와 넓은 시야각을 제공하며, 얇고 유연한 디스플레이 구현이 가능하며 형태도 사각형 외 원형과 같은 다양한 형태로 제작이 가능하다. 유기물 재료 특성으로 빠른 응답 속도와 우수한 색 재현이 가능하다. 하지만 유기물의

특성으로 인해 제품 수명이 상대적으로 짧고, 한 영상을 오래 정지한 경우 잔상 현상이 발생할 수 있는 단점이 있다. 마지막으로, micro LED는 마이크로미터 단위의 초소형 LED를 사용하여 정보를 표시한다. LED의 장점을 그대로 반영하여, 매우 높은 휘도와 에너지 효율 및 무기물을 이용하므로, OLED 대비 우수한 내구성과 긴 수명을 예상할 수 있으며, 높은 명암비와 빠른 응답 속도 또한 장점이다. 하지만, 현재는 어려운 제조 기술로 높은 제조 비용이 단점이다.

차량용으로 사용되는 유리 타입의 OLED 패널 종류가 다양해짐에 따라 자동차 제조사가 요구하는 것은 OLED 패널의 특징이 아니라 기존 LCD와 차별할 수 있는 OLED 디스플레이만의 장점을 요구한다. OLED 디스플레이는 기존 사각형의 디스플레이 형태가 아닌 다양한 폼팩터로 제작이 가능하다. 이를 이용하여 자동차 내부 디자인 또는 자동차 브랜드가 갖는 고유의 정체성 등의 표현이 가능하다. 대표적인 예로, 그림 6과 같은 2024년형 BMW 미니 전기차 라인업에 지름이 24cm인 원형 OLED 패널의 적용이다. 이 디스플레이는 계기판과 내비게이션, 공조 제어, 인포테인먼트 등 차량의 대부분 기능을 표시 및 조정할 수 있는 종합 시스템으로서, 사용자 편의성을 크게 높일 수 있다. 새롭게 적용된 원형 OLED 패널은 기존 미니의 디자인적 정통성을 유지하면서도 현대적인 감각을 더하기 위해 개발되었으며, 운전자의 시야를 방해하지 않으면서도 필요한 모든 정보를 한눈에 제공할 수 있도록 설계되었다. 기존 사각형에서 원형의 디스플레이 도입으로 운전자는 더욱 직관적으로 차량을 조작할 수 있게 되었다. 내비게이션 시스템은 실시간 교통 정보를 반영해 최적의 경로를 안내하며, 공조 제어 시스템은 차량 내부 온도를 세밀하게 조절할 수 있도록 지원한다. 또한, 인포테인먼트 시스템은 음악 재생, 전화 통화, 메시지 확인 등 다양한 기능을 제공하여 운전 중에도 손쉽게 이용할 수 있다. 특히, 이 원형 OLED 패널은 모든 화면 위치에서 터치가 가능한 방식으로 사용자의 편의성을 극대화했다.



(출처: https://www.actualidadmotor.com/en/mini-presents-spike-new-virtual-assistant-dog/#google_vignette)

| 그림 6 | 원형 디스플레이의 CID 활용 예

운전자는 간단한 터치와 스와이프 동작으로 원하는 기능을 빠르게 선택하고 조작할 수 있다. 또한, OLED 디스플레이의 화질과 반응 속도는 최신 기술을 적용해 매우 뛰어나며, 다양한 조명 환경에서도 높은 가독성을 제공한다. 이는 운전자가 주야간을 불문하고 정보를 명확하게 확인할 수 있도록 돕는다. 원형 OLED 패널은 또한, 에너지 효율성이 높아 전기차의 배터리 소모를 최소화하면서도 최상의 성능을 유지할 수 있다.

운전자와 조수석 승객을 위한 또 다른 형태의 디스플레이가 원활한 이동성을 위한 주요 요소로 자리 잡고 있다. 운전석부터 조수석까지 디스플레이가 연결된 것으로, 조수석에 위치한 디스플레이는 단순히 정보를 제공하는 역할을 넘어, 차량 내 모든 승객이 볼 수 있는 다양한 콘텐츠를 제공함으로써 전체적인 사용자 경험을 크게 향상할 수 있다. 이를 통해 조수석의 승객들은 여행 중에도 자신이 원하는 콘텐츠를 자유롭게 즐길 수 있다. 예를 들어, 영화 감상은 차량 내 인포테인먼트 시스템에서 가장 중요한 엔터테인먼트 요소 중 하나로 자리 잡았다. 특히 장거리 여행 시 승객들은 승객 디스플레이를 통해 영화를 보며 시간을 보낼 수 있다. 그러나 승객 디스플레이의 활용이 증가함에 따라 새로운 문제도 대두되고 있다. 운전자가 동승자가 보는 영화나 다른 매체에 산만해지는 상황이 발생할 수 있기 때문이다. 이는 운전자의 주의력을 분산시켜 안전 운전에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 승객 디스플레이 시스템은 이러한 문제를 해결하기 위해 특별한 기능을 갖추어야 한다. 예를 들어, 운전자가 옆에 앉은 사람의 화면 내용을 볼 수 없도록 디스플레이를 전환할 수 있는 기능이 필요하다. 이를 통해 운전자는 운전에 집중할 수 있으며, 동승자는 편안하게 엔터테인먼트를 즐길 수 있다. 또한, 승객 디스플레이는 동승자가 콘텐츠와 상호작용을 할 수 있는 기능도 제공해야 한다. 단순히 영상을 보는 것뿐만 아니라, 화면을 터치하거나 음성 명령을 통해 다양한 기능을 사용할 수 있어야 한다.

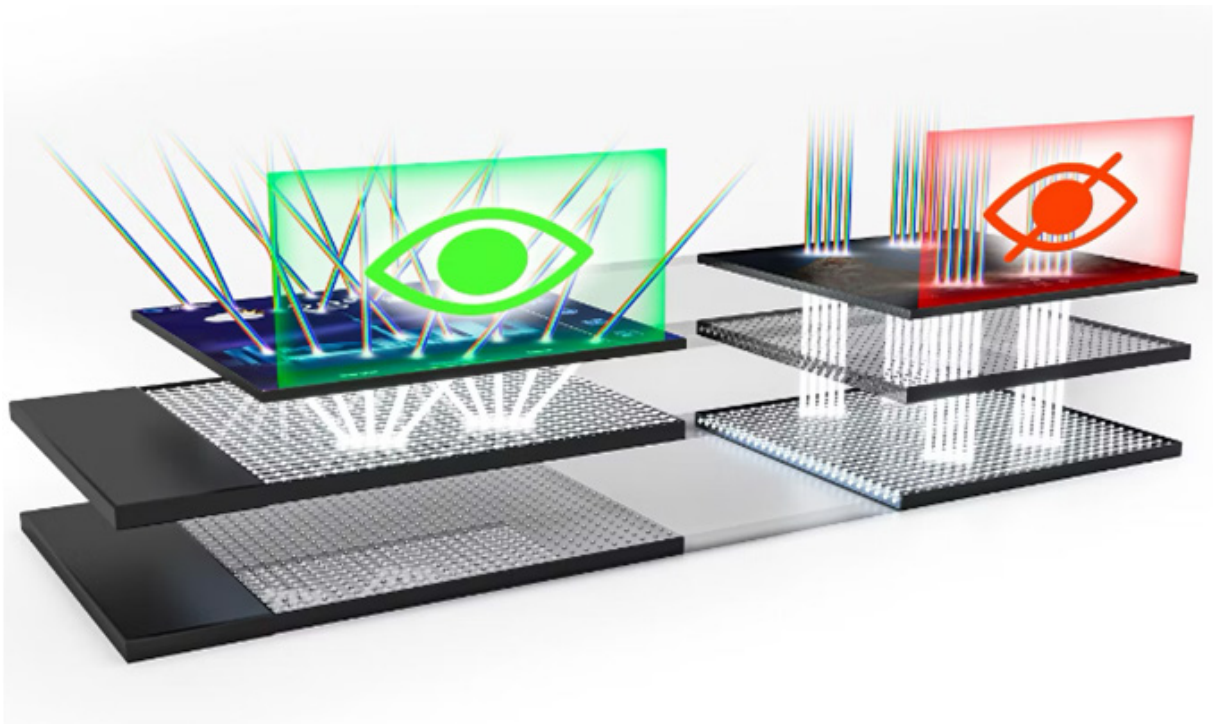


(출처: 벤츠 홈페이지)

| 그림 7 | 여러 개의 디스플레이로 구성된 벤츠 E 클래스 디스플레이

이러한 상호작용 기능은 차량 내 엔터테인먼트 경험을 더욱 풍부하게 만들며, 승객들에게 더욱 다양한 즐길 거리를 제공한다. 예를 들어, 승객들은 디스플레이를 통해 실시간으로 날씨 정보를 확인하거나, 목적지에 대한 정보를 검색할 수 있다. 이와 같이 승객 디스플레이는 단순한 엔터테인먼트 도구를 넘어, 작업을 수행하거나, 화상 회의를 진행하는 등 다양한 용도로 사용될 수 있다. 그림 7은 여러 개의 디스플레이를 하나로 구성한 벤츠 E class로 세계 최초로 조수석에 있는 디스플레이의 화면을 전환할 수 있는 LCD를 사용하였다.

이 디스플레이는 상황에 따라 운전자가 디스플레이 화면을 볼 수 없도록 전환할 수 있는 개인 정보 보호 모드 지원 LCD(switchable privacy mode-backed LCD screen)를 적용하여 운전자의 주의를 산만하게 하지 않도록 시야각을 제어합니다. 그림 8에서 디스플레이의 기본적인 동작 원리를 설명하였다. 개인 상태는 매우 강하게 지향된 빛을 사용하여 조수석 승객의 시야각에서만 완전히 볼 수 있도록 설계되었다. 운전자의 시야에서는 화면의 1% 미만 정도만 보이게 되어 운전 중 산만함을 최소화하였다. 이러한 기능은 혁신적인 라이트가이드 기술을 통해 가능해졌다. 라이트가이드 기술은 빛을 지향성 있게 생성하며, 시야각을 전환할 수 있게 한다.



(출처: <https://www.continental-automotive.com/en/solutions/user-experience/display-solutions/privacy-displays.html>)

| 그림 8 | SPM 구성 및 동작 원리

OLED 패널을 차량용으로 사용할 때 최대 걸림돌은 다른 제품 대비 높은 단가이지만, 유리 형태의 OLED 패널을 중심으로 단가가 낮아지고 있으며, 그에 따라 신규 사용처가 늘어나고 있다. 2022년 기준으로 주요 OLED 제조 회사별 자동차 메이커에 탑재되는 디스플레이 구성을 아래 표 4에 정리하였다.

| 표 4 | 디스플레이 제조사별 OLED 디스플레이 특징 및 적용 사례

제조사		LG Display	Samsung Display	BOE	JOLED
디스플레이 종류		OLED(Plastic)	OLED(Glass)	OLED(Glass)	Ink-jet OLED
적용 사례	제조사	GM	Audi	NIO	Toyota
	자동차 모델	Cadillac	A8	ET7	NOAH
	내부 디스플레이 종류	Cluster (DigitalCokpit)	RSE	CID	RSE
	디스플레이 크기	18cm, 36cm, 43cm, 96cm	14.5cm	32cm	35cm

4 차량용 디스플레이 표준 개발 현황

○ 가) 차량용 디스플레이 표준 개발 단체 및 표준 현황

일반적인 차량용 디스플레이 관련 국제표준은 ISO/TC 22/SC 35(Lighting and visibility)와 SC 39(Ergonomics) 및 IEC TC 100/TA 17(Multimedia systems and equipment for vehicles), IEC TC 110/PT 63340(Electronic displays for special applications (SPA))에서 진행한다.

그 외 ITF(International Transport Forum, 국제교통포럼)과 UNECE ITC(United Nations Economic Commission for Europe Inland Transport Committee, 유럽경제위원회 내륙운송위원회) 및 SAE(Society of Automotive Engineers, 미국 자동차 공학회)에서 관련 규제 및 가이드를 논의하고 있다. 그 중 UNECE ITP 산하 기관 중 WP. 29에서 자동차의 등화 장치(light-signaling devices)에 관한 규제를 다루고 있으며, 차량용 외부 디스플레이가 여기에 해당한다.

ISO TC 22/SC 35/WG 3 분과는 주로 차량용 디스플레이의 시인적인 부분을 다루는 작업 그룹으로, 이 분과에서 논의되고 있는 표준은 다양한 자동차 디스플레이 기술을 포괄한다. 현재 논의 중인 표준의 주요 내용은 다음과 같으며, 아래 표에 간략하게 정리하였다.

| 표 5 | ISO/TC 22/SC 35/WG 3 분과에서 논의 중인 디스플레이 관련 표준 현황

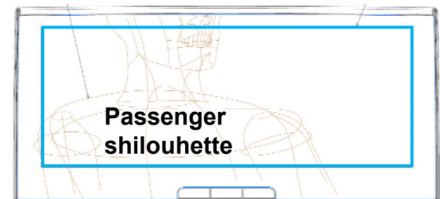
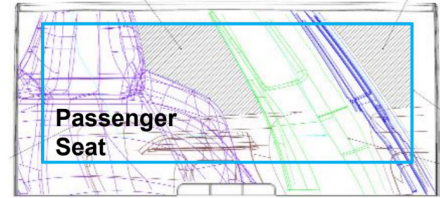
표준 번호	제목	단계	프로젝트 리더국	주요 내용
ISO TS 8231	Guidance for automotive interior display	CD	미국	차량용 내부 디스플레이 광 특성 및 내구성 측정 방법을 소개
ISO TR 22276	Study on current external light-signalling devices and proposed technologies for future automated vehicles	AWI	한국	차량용 등화 장치 및 외부 디스플레이 기술 동향 소개
ISO 16505	Ergonomic and performance aspects of Camera Monitor Systems – Requirements and test procedures	CD	스웨덴	자동차 카메라 모니터링 시스템에서 카메라 특성과 디스플레이의 성능 및 시험 방법을 소개 '19년 발간 문서를 '21년 부분 개정하였으며, 이번에 구성 전체를 수정하는 작업 진행

첫째, 자동차 내부 디스플레이의 광 특성과 내구성 측정 방법에 관한 것으로 디스플레이가 다양한 환경 조건에서 얼마나 잘 보이는지를 평가하는 기준을 마련하고자 하는 표준이다. 둘째, 차량용 등화 장치와 외부 디스플레이의 기술 동향 보고서는 외부 조명 장치가 얼마나 효율적으로 작동하는지, 그리고 외부 디스플레이가 어떻게 정보를 효과적으로 전달하는지에 대한 최신 기술을 다룬다. 셋째, 자동차 카메라 모니터링 시스템(CMS)에서 카메라 특성과 디스플레이 성능 및 시험 방법에 관한 것이다. CMS는 전통적인 거울을 대체하는 기술로, 카메라를 통해 후방 시야를 확보하고 이를 디스플레이에 출력하는 시스템이다. 이러한 시스템에서 카메라의 해상도, 색 재현력, 반응 속도 등 다양한 성능 요소를 평가하고, 디스플레이가 얼마나 정확하고 빠르게 영상을 전달하는지 측정하는 방법을 표준화하는 것이 이 작업 그룹의 주요 목표 중 하나이다. '19년도에 2nd ed. 표준서가 발간되었으며, '23년 10월 회의에서 기술 발전과 적용 범위의 확대로 표준을 개정하는 작업의 필요성이 부각되며 개정 작업을 진행하고 있다.

ISO TC 22/SC 39/WG 8(Human vehicle interaction) 분과에서 논의하여 '17년에 발간한 ISO 15008(Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation) 표준은 차량 운행 중 운전자에게 제공해야 하는 자동차 정보 및 제어 시스템의 시각적 정보의 가독성 및 영상 품질에 대한 최소 요구 조건을 정리하였다. 이 표준이 발간될 당시는 운전자 눈 위치(eye box)가 고정되었으며, 디스플레이 크기는 25cm 이하로 센터패시아 위치에 설치되어, 시야각, 명암비 등의 측정 방법을 그에 맞춰 지정할 수 있었다. 하지만, 디스플레이 크기가 커지고 설치 위치가 다양해짐에 따라 가독성 및 영상 품질을 측정하기 위해 다양한 환경을 고려해야 한다. 이를 위해 '23년 10월에 2nd edition 작업을 ISO TC 22 SC 39 WG 8에서 시작하였다. 독일 벤츠사의 Gerd Gulde씨가 프로젝트 리더로 선임되었으며, 매달 온라인 회의를 하며 다양한 디스플레이 조건과 어떻게 주변 환경을 지정해야 할지 논의하고 있다. 예를 들어, 낮에 자동차를 운전할 때, 디스플레이에 반사된 주변 정보를 운전자가 보게 되는 현상이 발생할 수 있다. 이는 주로 디스플레이의 반사율이 높거나 태양 빛이 강할 때 더욱 두드러지게 나타난다. 태양 빛이 디스플레이 표면에 직접적으로 비추면, 디스플레이는 거울처럼 작용하여 주변 환경의 이미지가 선명하게 반사된다. 이러한 반사된 이미지는 운전자의 시야에 들어와 디스플레이에 표시된 정보와 간섭을 일으킬 수 있다. 그림 9와 10은 반사된 이미지의 예시로 운전자 위치에서 CID를 볼 때 반사된 이미지를 구역별로 표시하였다. 디스플레이가 세로 형태로 설치되었거나, 가로 형태로 설치된 것에 따라 반사된 정보가 달라질 수 있다. 왜냐하면, 운전자 눈 위치와 디스플레이 간 시야각이 달라지기 때문이다. 운전자 눈 위치에서 조수석의 머리 부분과 뒷좌석 유리창 일부가 보이게 된다. 이 부분의 빛이 강한 경우, 디스플레이 정보를 확인하기 어렵다.

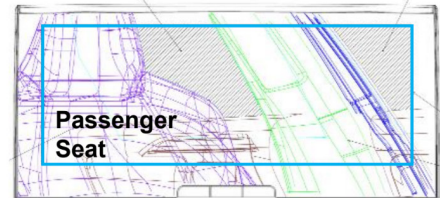
디스플레이의 반사율이 높을수록 이 문제는 심각해진다. 반사율이 높은 디스플레이는 빛을 더 많이 반사하므로, 태양 빛이 강하게 비추는 낮 시간대에 특히 문제가 된다. 이러한 반사는 운전자의 주의를 분산시키고, 디스플레이에 표시된 중요한 정보(예: 내비게이션 지도, 속도, 경고 메시지 등)의 가독성을

BZ4X

Rear door
window
openeingFront door
window
openeing

| 그림 9 | Toyota BZ4X 모델의 CID 구성(가로) 및 빛 반사 예

BZ4X

Rear door
window
openeingFront door
window
openeing

| 그림 10 | Toyota Prious 모델의 CID 구성(세로) 및 빛 반사 예

떨어뜨릴 수 있다. 특히, 주변 차량이나 도로 표지판 등의 이미지가 디스플레이에 반사될 경우, 운전자는 이 반사된 이미지를 실제 디스플레이 정보로 착각할 위험이 있다. 이를 객관화하기 위해 자동차 제조사와 디스플레이 제조사 간의 협력을 강화하고, 반사율 측정 및 허용 기준을 정의하기 위한 표준이 논의 중이다.

◦ 나) 차량용 외부 디스플레이 국제표준개발 현황

자동차의 자율주행 성능이 발전함에 따라 운전자와 외부 보행자 간의 의사소통 대신 자동차와 외부 보행자 또는 다른 자동차와의 의사소통 방법이 중요해졌다. 이를 위한 다양한 방법 중 외부 디스플레이를 의사소통 방법으로 사용하는 방법이 자동차 제조회사와 연구소 등에서 논의되고 있다. 외부 디스플레이는 여러 가지 용도로 사용될 수 있으며, 몇 가지 특징이 있다. 우선 차량이 멈추거나 방향을 바꿀 때 이를 외부 디스플레이를 통해 보행자나 다른 운전자에게 알릴 수 있다. 이를 통해 사고를 예방하고 도로 위의 안전성을 높인다. 또한 차량의 상태나 의도를 시각적으로 전달하는 기능을 갖춘다. 즉, 자율주행 차량이 교차로에서 대기 중일 때 “통과할 준비 완료”라는 메시지를 표시하거나, 보행자가 건널목에 다가오면 “기다려 주세요”라는 신호를 보내는 등의 기능을 수행할 수 있다. 이를 위해 다양한 디자인과 시각적 표현 방식으로 구현될 수 있다. LED 조명, 디스플레이, 프로젝션 기술 등을 활용하여 메시지를 직관적이고 눈에 띄게 정보를 표시할 수 있다. 이때 디자인은 차량의 외관과 통합되어야 하며, 도로 사용자들에게 쉽게 인식될 수 있어야 한다. 또한, 다양한 날씨 조건, 조명 변화, 그리고 외부 환경에 대응할 수 있는 기능을 갖추고 있어야 한다. 높은 휘도와 우수한 환경 신뢰성을 통해 강한 햇빛 아래서도 잘 보여야 하며, 비 오는 날씨에도 견딜 수 있어야 한다.

’22년 10월 회의에서 이러한 성능을 평가하기 위한 신규 표준을 제안하여 미국, 일본, 스웨덴, 프랑스, 독일 등 여러 국가의 전문가들과 온라인 회의(1회/월)를 통해 표준 방향과 주요 항목들을 논의하였다. ’23년 상반기 온라인 회의에서 UNECE WP.29 GRVA 분과 회의 내용이 공유되었다. GRVA(Working Party on AUtomed/Autonomous and Connected Vehicles) 분과는 자율주행 및 관련 차량에 관한 규제와 표준을 개발하는 역할을 맡고 있다. 이 분과의 ’22년 11월 회의에서 현재 설치된 조명 장치 이상의 추가적인 조명 장치(additional light-signaling devices)를 의무적으로 설치할 것을 권장하지 않는다고 논의함에 따라 신규로 제안된 안건은 ’23년 5월 회의에서 IS(International Standard) 대신 TR(Technical Report)로 문서 성격이 변경되었다. TR 문서로 진행하기로 결정하면서, 일본과 독일에서는 외부 디스플레이 기술 동향뿐만 아니라 등화 장치(light-signaling devices)의 기술 동향도 기술 보고서에 추가할 것을 제안하였다. 이러한 제안은 자율주행 차량 및 연결된 차량의 최신 기술 발전을 반영하고, 글로벌 표준 개발에 기여하기 위해 마련되었다.

’24년 하반기에 Committee Draft(CD)를 제출할 계획이며, 현재 각국의 의견을 반영하여 기술 보고서가 작성되고 있다. 이 보고서는 자율주행 및 연결된 차량의 기술적 요구사항과 동향을 포괄적으로 다루어, 국제적인 기준과 규제를 설정하는 데 중요한 기초 자료로 활용될 것으로 예상된다. 외부 디스플레이와 등화 장치의 기술 동향을 포함한 이 보고서는, 다양한 기술적 측면을 종합적으로 검토하여 도로 안전성과 효율성을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대된다. 각국의 의견을 충분히 반영하여, 국제적으로 일관된 기준을 마련하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

5 결론

차량용 디스플레이 기술의 급속한 발전과 그에 따른 표준화 이슈는 자동차 산업의 미래를 좌우할 중요한 요소이다. 최근 디스플레이 기술의 혁신은 차량의 안전성과 사용자 경험을 크게 향상시키고 있으며, TFT-LCD, OLED, HUD(Head-Up Display), eHMI(external Human-Machine Interface) 등의 기술이 자동차의 다양한 기능을 지원하고 있다. 그러나 이러한 기술 발전에 비례하여 표준화와 규제의 필요성도 증가하고 있다. 차량용 디스플레이의 설치 위치가 다양해지고, 성능이 향상됨에 따라 기존 표준으로는 대응하기 어려운 부분이 생기고 있다. 이를 개선하기 위해, 현재, 자동차 디스플레이와 관련된 표준은 국제 표준 기구인 ISO TC 22 SC 35/SC 39, IEC TC 100 TA 17, IEC TC 110 및 글로벌 규제 기관인 UNECE WP.29 GRVA와 같은 기구에서 논의되고 있다. 표준화는 기술이 글로벌 시장에서 일관되게 적용될 수 있도록 하는 중요한 역할을 하며, 이를 통해 산업 전체의 신뢰성과 효율성을 높일 수 있다.

현재 LCD의 점유율이 높은 차량용 디스플레이는 기술이 발전됨에 따라 OLED 디스플레이의 적용 사례가 늘어나고 있으며, 가까운 미래에는 micro LED 디스플레이를 적용한 제품들이 출시될 것이다. 이 시점에서 한국 디스플레이 제조사들의 역할이 특히 중요하다. 한국 제조사들은 선도적인 기술력을 바탕으로, 새로운 디스플레이 기술의 개발과 실용화를 선도해 왔다. 앞으로는 이러한 기술력을 국제 표준화 과정에 적극적으로 반영하고, 글로벌 표준 제정에 기여하는 것이 필요하다. 이를 위해 한국 제조사들은 국제 규제 기관과의 긴밀한 협력 및 기술적 논의를 통해 자국의 기술과 혁신을 표준화 과정에 효과적으로 반영해야 한다.

또한, 한국 디스플레이 제조사들은 자사의 기술적 전문성을 활용하여, 글로벌 시장에서의 기술 호환성과 안전성을 확보하는 데 필요한 솔루션의 제안을 고려할 필요가 있다. 표준화 작업에 적극적으로 참여하고, 산업 전반의 요구 사항을 반영한 기술 개발을 통해, 한국의 기술이 국제적으로 인정받을 수 있도록 해야 한다.

한국 디스플레이 제조사들이 기술과 표준 간의 균형을 맞추는 과정에서 중요한 역할을 수행함으로써, 글로벌 시장에서의 경쟁력을 강화하고, 국제 기준의 확립에 기여할 수 있을 것이다. 이로 인해 자동차 산업의 지속 가능한 발전과 글로벌 표준의 확립이 가능할 것으로 예상된다.

6 참고문헌

- [1] LG 전자 뉴스룸, https://live.lge.co.kr/vehicle_display/
- [2] Yano research institute, “차량용 디스플레이 시장 현황과 미래 전망 보고서”, 2023
- [3] 한국디스플레이산업협회, “차량용 디스플레이 밸류체인 분석 리포트”, 2023
- [4] <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20221228000547>
- [5] 하이투자증권, “바퀴 달린 컴퓨터, SDV(Software Defined Vehicle)”, 2023
- [6] https://www.actualidadmotor.com/en/mini-presents-spike-new-virtual-assistant-dog/#google_vignette
- [7] <https://meanhq.com/automobile/2024-e-class-full-change/>
- [8] <https://www.continental-automotive.com/en/solutions/user-experience/display-solutions/privacy-displays.html>
- [9] ISO 15008 개정 논의 자료, “Toyota Vehicle CID Reflection”. 2024

03. 자율차 라이다 센서 기술동향 및 표준 이슈

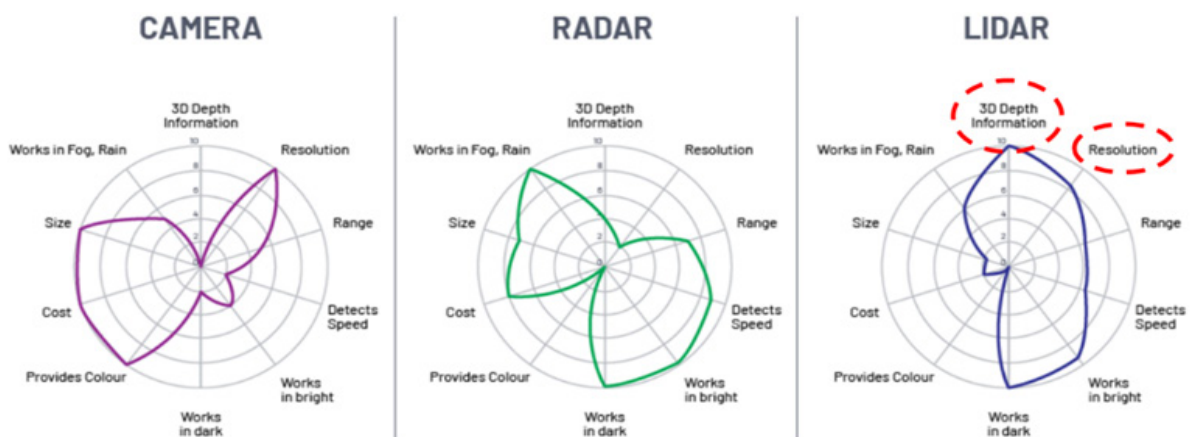
(주)에스오에스랩 미래기술실 이재권 실장

자율주행 기술의 핵심은 차량이 물체를 어떻게 인지하느냐에 달려있다. 이를 위해 자동차 제조사들은 다양한 인지 센서를 적극 활용하여 자율주행을 구현하고자 한다. 본 문서에서는 인지 센서 중 자율주행의 눈이라고 불리는 라이다의 개발 현황을 포함한 산업 및 기술 동향에 대해 기술하고, 산업과 연계하여 국가 표준의 진행 현황과 향후 전망을 살펴보고자 한다.

1 자율차 라이다 센서

가) 자율차 라이다 센서 개요

최근 완성차에는 운전자의 안전을 위해 Lv.2 자율주행을 돕는 자동긴급제동 (AEB, Autonomous Emergency Braking), 적응식 정속주행 (ACC, Adaptive Cruise Control), 차로이탈방지보조 (LKA, Lane Keeping Assist), 교통표지판인식 (TSR, Traffic Sign Recognition) 등이 탑재되어 있다. 이러한 2단계 기술들은 주로 카메라 센서와 레이더로만 구현되어 주변 환경 탐지 정확도에 한계가 있으며 사고 위험에 대한 완벽한 대처가 어렵기 때문에 고속도로와 같은 제한적인 환경에서만 사용되고 있다. 그림 1과 같이 라이다 센서는 카메라와 레이더의 단점을 일정 부분 보완하면서도 대상체와의 정확한 거리를 측정할 수 있어 자율주행용 인지 센서로서 많은 각광을 받고 있다.



<https://www.outsight.tech/technology/fused-sensing-vs-sensor-fusion>

| 그림 1 | 자율주행을 위한 인지센서 비교 (출처: Outsight)

완성차 기업들은 운전자 개입이 필요가 없는 3단계 이상의 자율주행 기술을 개발하기 위해 라이다 센서를 적용하고 선행 개발을 통해 사고방지 및 위험 대처 능력을 개선하며 상용화를 진행하고 있다. 이러한 상용화는 로보택시 분야에 먼저 적용되었으며 웨이모, 모셔널, 바이두 등의 글로벌 기업에 의해 일부 지역에서 주행 속도에 제한이 있는 조건부 Lv.3 자율주행기술이 탑재된 로보택시를 시범적으로 운영하고 있다.

◦ 나) 자율차 라이다 분류

자율주행을 위한 핵심 센서로 주목받고 있는 라이다 센서는 부품 단위의 소형화, 송/수광 모듈, 그리고 소프트웨어 기반 데이터 및 신호처리 등의 기술 발전으로 고도화를 이루며 자율주행을 위한 인지센서로 차량에 장착되고 있다. 차량용 라이다 센서는 용도와 장착 위치로 분류할 수 있다.

자율주행 기술에는 객체 인식 정보 획득을 위한 3차원 라이다가 주로 적용되고 있으며, 탐지거리 및 화각에 따라 장거리 또는 단거리 라이다로 분류할 수 있다.

■ 장거리 라이다

주로 차량의 전방 혹은 후방에 설치되어 주행 선상의 차량과 장애물을 감지하는 용도로 사용되며 측정 대상까지의 거리 정보로 차량 위치를 측정하여 자율주행의 안정성을 높일 수 있다. 주로 차량의 전방 혹은 후방에 장착된다.

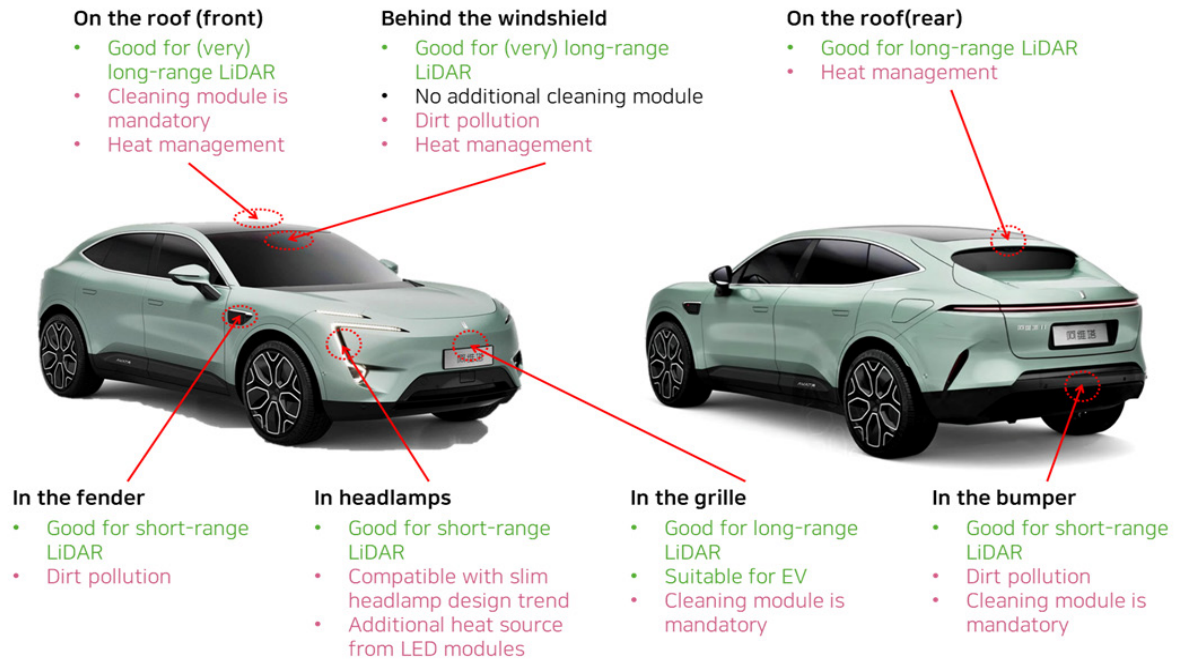
■ 단거리 라이다

단거리 탐지에 특화된 라이다로써 차량의 측면 등에 장착되어 노면과 근처 차량 및 객체의 이동 경로를 효과적으로 탐지할 수 있다. 장거리 라이다와 상호보완적으로 기능하여 자율주행차량의 인지 사각지대를 최소화할 수 있어 3단계 이상의 자율주행차량에서 필수적이다.

반면 센서 용도뿐만 아니라 장착 위치에 따라서 라이다를 분류할 수 있다. 차량 주변의 장애물 감지 및 회피를 목적으로 차량의 외부 (차량 루프, 전/후방 범퍼, 차량 그릴, 차량 램프) 또는 내부 (윈드실드 내부)에 장착되어 사용되고 있다. 그림 2와 같이 설치 위치에 따라 라이다의 요구 성능과 규격이 다르며 상용화를 위해 고려해야 하는 부분도 다양하게 존재한다.

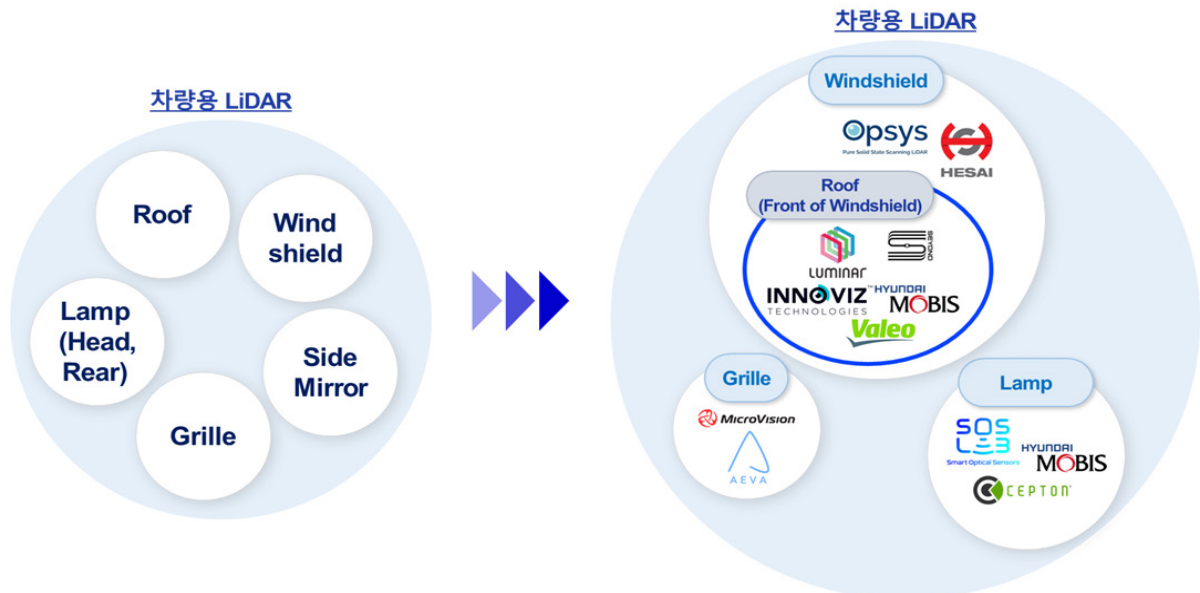
주로 차량의 외부에 설치되어 사용되던 라이다는 소형화 및 실장 기술의 발전으로 차량의 전방 헤드램프, 그릴, 범퍼 내, 그리고 윈드실드 내/외부 등에도 설치되고 있음을 알 수 있다. 자율주행 차량용 라이다의 설치 위치는 탐지 성능을 극대화하고 사각지대를 최소화하도록 결정되고 있으나 2024 국제전자제품박람회(Consumer Electronics Show, CES2024) 출품 기업들의 라이다 설치 위치를 통해 몇 개의 위치로 수렴되는 추세다. 이는 상용화를 위한 라이다 탑재 위치의 선정이 차량 외관 유지, 오염으로 인한 센서 시야 방해에 따른 성능저하, 곡면 구조에 의한 탐지 오류 등을 고려해

진행되고 있기 때문에 분석된다.



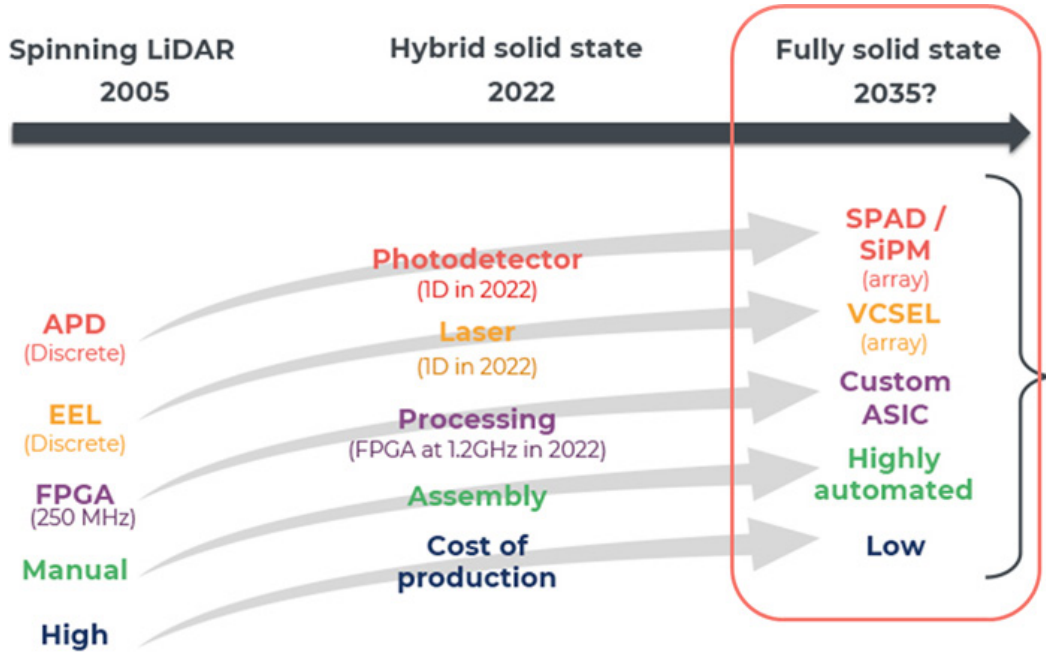
(출처: LiDAR 2022 - Focus on Automotive and Industrial, Yole Intelligence, 2022)

| 그림 2 | 다양한 라이다 설치 위치 및 특징



| 그림 3 | CES2024 참가 기업들의 차량용 라이다 설치 위치

2 자율차 라이다 산업 동향



(출처: LiDAR 2022 – Focus on Automotive and Industrial, Yole Intelligence, 2022)

| 그림 4 | 2005-2035 Automotive LiDAR 기술 로드맵

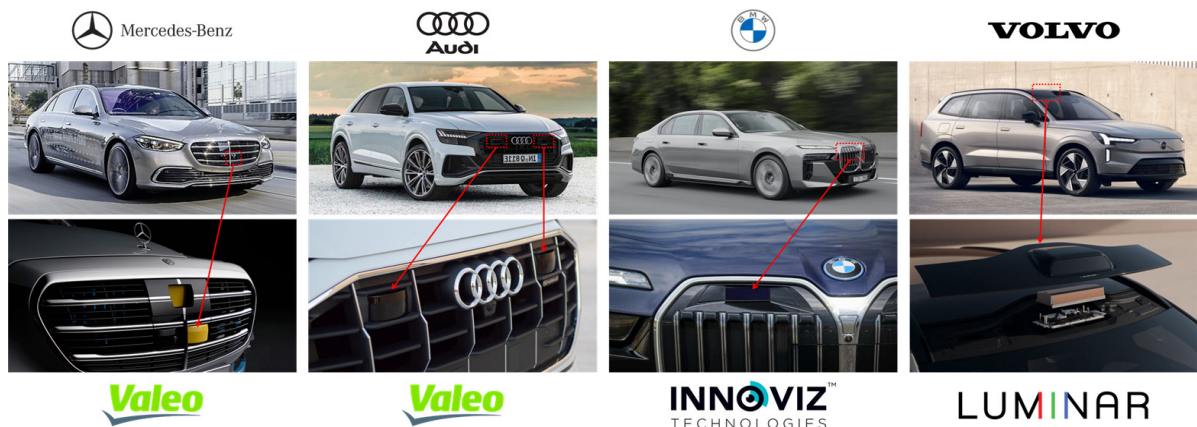
자율주행차량용 라이다는 차량 장착과 안정적인 구동을 위해 점차 소형화되고 주행환경에 강건한 형태로 변화하고 있다. 자동차부품으로써 상용화되기 위해서는 주행 중에 발생하는 진동과 열 조건에서도 본래 성능을 잘 유지할 수 있어야 하며 무엇보다 높은 양산성이 필요하다. 라이다 기술 동향을 지속적으로 조사해 온 글로벌 시장조사 기관 Yole Development의 차량용 라이다 기술 로드맵에 따르면 (그림 4), 고정형 (Solid-state) 라이다 기술이 기계식 (Spinning) 또는 하이브리드 (Hybrid Solid-state) 기술을 넘어 미래 시장의 라이다 기술이 될 것으로 예측하고 있다. 이 과정에서 기계 부품의 비중이 줄고 제품 소형화 및 주행 진동에 대한 내구성이 향상될 수 있어 차세대 라이다의 개발방향으로 제시된 것이라 분석된다. 또한 고정형 라이다의 핵심 기술로 명시된 VCSEL, SPAD, ASIC 구조 등은 대량생산이 용이한 반도체 공정을 적용할 수 있어 제조 단가를 낮출 수 있다. 이러한 이유로 Automotive 산업에서 요구하는 라이다의 기준 가격인 1,000달러 수준을 충족할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

◦ 가) 국내외 기술 동향

Lv.3 이상의 자율주행 구현과 안전성 증대를 위해 라이다를 채택하는 글로벌 완성차 OEM과 제조기업들이 늘고 있다. 그림 5와 같이 라이다는 주로 차량 전방의 그릴, 헤드램프, 윈드실드 등에

설치돼 장거리 탐지에 사용되며, 측방과 후방에는 초음파, 카메라, 레이더 등을 장착해 단거리 장애물을 인식한다. 단거리용 인지센서 기술과 라이다 기술이 융합되면서 자율주행 레벨이 높아지고 있기 때문에 Lv.4 이상의 자율주행 차량에서는 라이다의 비중이 더욱 커질 것으로 전망된다.

국내에서도 완성차 기업, Tier-1 (현대모비스, 엘지이노텍, 에스엘 등), 라이다 전문 제조기업 (에스오에스랩, 오토엘 등) 등도 선행 개발과 테스트를 진행하며 라이다를 이용한 자율주행기술을 고도화하고 있다. 라이다의 장착 위치에 대한 현재까지의 사례를 보면, 라이다는 주로 차량 전방의 내부 그릴 (현대자동차, 기아자동차)이나 차량 전방 램프 (현대모비스, 에스엘)와 같이 차량의 심미성을 해치지 않는 위치에 장착되고 있다. 이는 라이다 기술이 초기 도입 단계에서 차량 외부에 장착되었던 것에 비해 기술이 발전하면서 소형화되어 통합 가능해졌기 때문이다. 이러한 기술 발전은 자율주행 시스템의 효율성과 차량 디자인의 조화를 동시에 고려할 수 있는 환경을 제공하고 있다.



| 그림 5 | 글로벌 완성차 기업들의 라이다 적용 사례

○ 나) 국내외 산업 동향

글로벌 완성차 업체들은 Lv.3 이상의 자율주행 자동차의 상용화를 위해 그림 6과 같이 자동차 전장업체와 라이다 개발 및 제조 업체들과 긴밀한 공급망 (Supply chain)을 구축하고 있다. 이들은 LiDAR 센서의 공동 개발과 양산화를 진행하며, 자율주행 기술의 상용화를 앞당기기 위해 협력하고 있다. 이러한 노력은 자율주행 성능을 극대화하고, 각종 센서와 기술의 통합을 통해 안전하고 효율적인 자율주행 솔루션을 제공하는 데 중점을 두고 있다.

국내에서는 전기차 플랫폼 차량 (EV9, 아이오닉7 등)을 자율주행용 라이다를 탑재하기 위한 초기 적용모델로 선정하고, 이후 적용 차종을 확장해 가는 계획을 수립하였으나 관련 법규 제정과 표준 성능 검사 프로토콜이 확립 단계에 있어 일부 상용화 일정이 지연되고 있다. 그러나 자율주행 전문 소프트웨어 기업 주도로 진행되고 있는 자율주행 플랫폼에 라이다가 적용되어 제한된 조건 (지정된

구간 및 최대시속 60km)에서 안전성을 검증하며 상용화를 위한 노력은 지속되고 있다.

또한 라이다 기술은 자율주차 솔루션이나 OHT (Overhead Hoist Transport, 지능형 물류 로봇)와 AMR (Autonomous Mobile Robot, 자율 이동 로봇) 같은 소형 모빌리티에 적용되어 자율주행 기술의 초기 테스트 베드 역할을 수행하고 있다. 이와 같은 모빌리티 분야의 라이다 적용은 자율주행 기술의 고도화와 상용화 준비 과정에 필수적인 경험과 데이터를 제공하며, 향후 자율자동차의 본격적인 상용화에 앞서 기술의 개선과 발전을 위한 중요한 기회를 제공하고 있다.



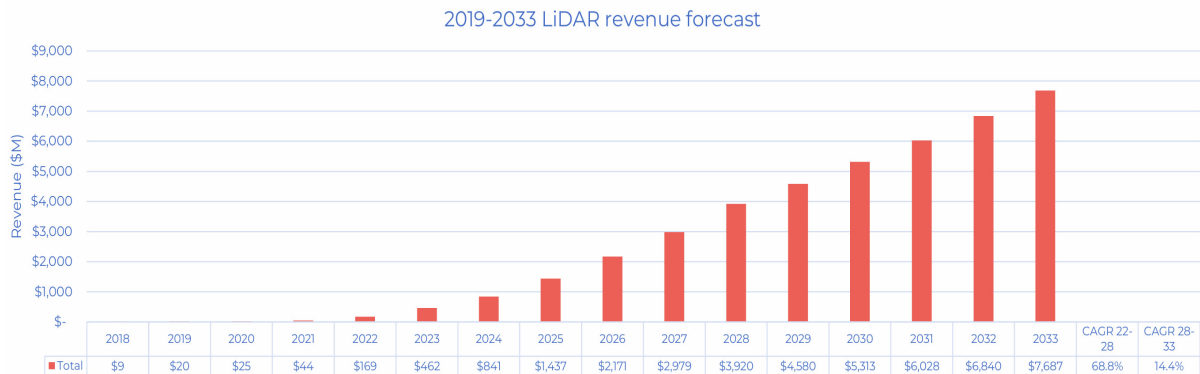
(출처: LiDAR for Automotive, Yole Intelligence 2023)

■ 그림 6 | 라이다 제조사 및 글로벌 완성차 업체들의 공급체인 구축

3 자율차 라이다 시장 동향

자율주행 자동차산업 분야에서 라이다를 활용한 자율주행 기술 고도화와 실증/검증 사례가 증가함에 따라 관련 시장도 빠른 속도로 확대되고 있다. 시장의 빠른 성장에 대응하고 사용자의 안전을 보장하기 위해 자율주행 관련 법제화가 진행되고 있다. 국내에서는 『미래자동차 부품산업의 전환촉진 및 생태계 육성에 관한 특별법』의 제정으로 지속가능한 미래자동차 부품산업 생태계를 구축하여 라이다를 포함한 자동차 부품산업의 경쟁력을 강화하고 국내 공급망을 안정화하는 등 지원 정책을 마련하였다. 이러한 정책들로 라이다 기술의 적용과 시장 규모는 더욱 가속화될 것으로 보인다.

국내외 자동차 제조사들이 라이다 센서를 탑재한 차량 출시를 가속화함에 따라 자동차 분야의 라이다 글로벌 시장이 기하급수적으로 성장하고 있다. 2022년 기준으로 자율주행 차량용 라이다 시장 규모는 1.69억 달러였으나, 연평균 성장률 69%를 기록하며 2028년에는 약 39.2억 달러, 2033년에는 76.87억 달러 규모로 성장할 것으로 예측된다. (그림 7)



(출처: LiDAR for Automotive, Yole Intelligence 2023)

| 그림 7 | 글로벌 라이다 시장 규모 예측

이와 같은 시장 성장은 자동차 제조사 및 소비자 수요 증가에 크게 기인하며, 자율주행 기술의 상용화와 안전성 향상에 따른 라이다의 중요성이 더욱 강조되고 있다.

자율주행 차량용 라이다의 국내 시장 규모 또한 지속적으로 확대될 것으로 예상된다. 한국은 2027년 자율주행 Lv.4의 글로벌 첫 상용화를 목표로 계획을 세운 바 있으며, 이에 따라 국내 최대 완성차 기업인 현대자동차는 제네시스 G90 (RS4) 등의 자사 차량에 라이다를 장착한 Lv.3 자율주행 시스템 구축을 목표로 하고 있다. 또한, 현대자동차는 합작 설립한 Motional을 통해 자율주행 Lv.4에 해당하는 로보택시의 상용화를 추진하고 있으며, 기아자동차도 Lv.3 기술을 적용한 EV9 GT 모델의 출시를 목표로 하고 있다. 이처럼 국내 자동차 시장에서 라이다의 활용은 점차 증가하고 있으며, 이러한 추세는 향후 라이다 시장의 성장을 더욱 촉진할 것으로 예상된다.

4 자율차 라이다 센서 표준 이슈

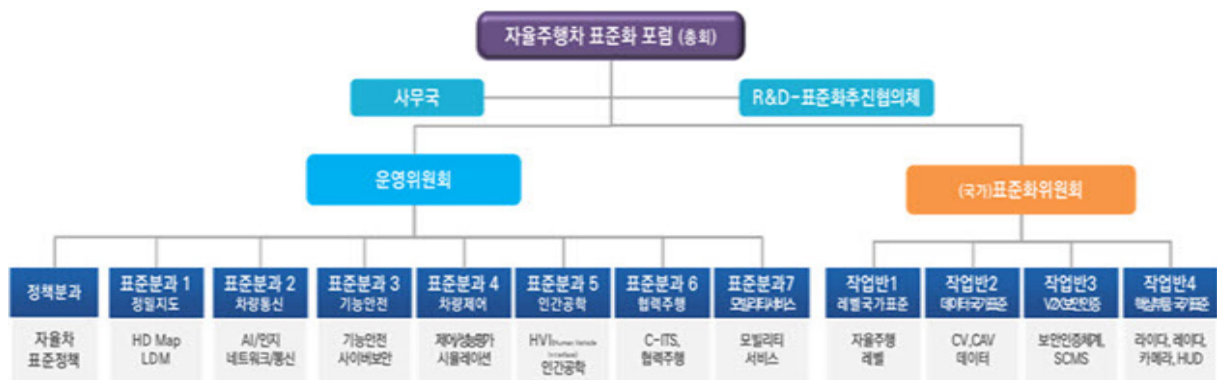
자율주행 차량용 라이다는 라이다 제조사, 자동차 전장부품 기업, 그리고 완성차 기업 간의 협력 속에서 상용화하고 있다. 그러나 높은 성능의 라이다 센서가 개발되더라도, 이 센서가 자동차 주행 환경을 견디지 못하거나 적정 위치에 장착되지 않으면 안정적인 센싱과 구동이 어렵다. 이 때문에 국가적으로 라이다 센서의 성능과 구조를 표준화하고 이를 바탕으로 성능을 검증하려는 노력이 필요하다.

글로벌 완성차 기업들, 예를 들어 현대자동차, Mercedes-Benz, Audi, BMW, Volvo 등은 자사 차량에 라이다 적용을 공식화함에 따라 자율주행용 라이다에 대한 수요가 증가할 것으로 보인다. 이에 따라, 기업 중심의 기능 요구와 환경 요구 조건 평가 방법론이 점차 공신력 있는 표준화 절차로 전환되고 있다. 글로벌 라이다 제조사들은 자동차 전장부품 기업 및 완성차 기업과 협력하여 국제 표준 산정을 위해 노력하고 있다. 특히, 국제표준화 기구 ISO의 TC22는 “Test method for automotive LiDAR”라는

주제로 새로운 표준 개발을 진행 중이다. 이 기구는 라이다의 적용 범위, 요구 성능 조건, 평가 방법론, 외부 환경 요구 조건 등 다양한 측면에서 자율주행차 라이다에 대한 표준을 수립하고 있다.

자율주행용 라이다를 포함하는 인지센서에 대한 표준화 작업은 주로 다양한 제조사와 모델 간의 호환성을 보장하고, 성능을 정확하게 평가하며, 자율주행 시스템의 신뢰성과 안전성을 높이는 데 중점을 두고 있다. 이러한 표준화 노력은 자동차 부품으로서의 규격, 측정 정확성, 그리고 안정성을 향상시키기 위한 지속적인 발전을 포함한다.

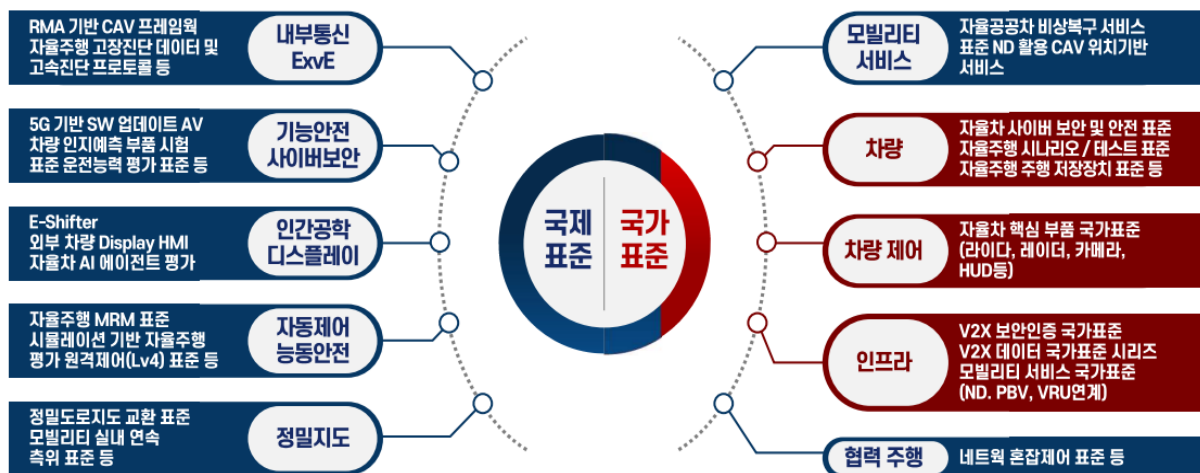
2021년부터 국제 표준화 기구 ISO/TC22/SC32/AHG1에서는 차량용 라이다의 성능 시험 방법에 대한 표준화를 논의하고 있으며, 우리나라에서도 라이다 국제 표준 워킹 그룹 (expert)로 참여하고 있다.



(자료: 국가기술표준원)

| 그림 8 | 자율주행차 표준화 포럼 조직도

자율차 국가, 국제표준 추진 예시



(자료: 국가기술표준원)

| 그림 9 | 자율차 표준화 전략 로드맵

본 국제 표준의 원활한 대응과 국가 표준(KS) 제정을 위해서 산업통상자원부 국가기술표준원 주도 '자율주행차 표준화 포럼'을 구성했으며, 2022년 2월에 본 포럼 내 국가표준화위원회 산하 핵심부품 국가표준 라이다 작업반을 신설하여 표준 작업을 수행하고 있다.

본 작업반에서는 국내의 유수의 민간 기업 및 연구소의 전문가들이 참여하여 자동차 산업에 적합한 라이다 표준을 설정하고 있으며, 국제 표준 대응을 통해 자율주행차의 국제 표준 주도권 확보와 자국 기술 보호를 위해 노력하고 있다.

국가표준 라이다 작업반에서는 라이다 시험평가법이 포함된 KS 초안을 개발하는 과업을 수행하였다. 자율주행에 있어 중요한 요소 중 하나인 대상물과의 거리와 식별 정확도인데, 거리에 따른 대상물을 정확하게 판별하기 위해서는 정확한 데이터 측정을 위한 기준과 방법이 필요하고 측정 거리에 따른 오차 분석이 필수적이다. 따라서 라이다의 다양한 성능과 각 라이다의 사양을 담보할 수 있는 정확한 평가 방법 및 항목 기준을 수립하였고, 이에 대한 평가방법을 도출하였다. 본 초안은 현재 국가 심의 중에 있으며 24년 제정을 목표로 하고 있다.

동 작업반은 해당 시험평가법을 기반으로 하는 온도, 습도, 진동 등의 라이다 환경 영향성을 고려한 내구/신뢰성 기반 성능평가법 및 기준을 개발하고 있다. 이를 통해 자율주행차의 핵심 부품군에 대한 산업 표준을 추진하여 완성차 업체와 부품사간 협력 생태계 조성과 함께, 더 나아가 자율차 탑재 후 도로에 있을 때 인식 시스템의 실패 위험을 줄이기 위한 솔루션 구축을 목표로 하고 있다.

5 향후 전망 및 결론

자율주행차량용 라이다 시장은 빠르게 성장하고 있으며, 완성차 업체들은 자율주행 기술의 상용화를 위해 라이다를 적극적으로 채택하는 추세다. 라이다 기술의 발전으로 제조 단가가 점차 낮아지며 이내 자동차 산업에서 널리 사용될 수 있을 수준으로 떨어질 것으로 기대된다. 글로벌 완성차 업체들은 자동차 전장업체와 라이다 제조업체들과의 협력을 통해 양산화와 기술 통합을 가속화하고 있으며, 국내에서도 관련 기업 간의 협력이 강화되고 있다. 급격한 성장세를 보이는 라이다 시장은 자율주행 자동차 제조사 및 소비자의 수요 증가, 자율주행 기술의 상용화 및 안전성 향상을 위한 노력의 결과물로, 라이다 시장은 더욱 확장될 것이다. 또한, 자율주행용 라이다 센서의 표준화 작업이 계속되면서 자율주행차의 상용화와 라이다 시장의 성장을 촉진할 것이다.

◦ 가) 기술

자율주행 차량의 안전성과 성능을 높이기 위해 라이다 센서의 기술적 발전이 계속되고 있다. 특히,

라이다 센서의 소형화 및 염가화로 인해 차량에 더 많이 장착될 수 있는 환경이 갖춰지고 있다. 이는 자율주행 기술의 보편화를 가속화하는 중요한 요인이 될 것이다.

현재 외부 오염물질에 의한 라이다의 탐지 시야 방해에 대응하는 방법에 대한 기술 개발이 지속되고 있다. 오염물질을 효과적으로 제거하는 클리닝 기술이나 라이다를 윈드실드 내부에 설치하여 오염물질로부터 센서를 보호하는 방안 등도 채택되고 있는 추세다.

라이다의 고장 진단과 대응책에 대한 기술 개발이 이루어지고 있다. 라이다의 고장이나 오작동을 감지하고, 이를 통해 시스템적으로 문제를 해결하거나 운전자가 차량을 수동으로 제어하게 하는 등의 안전망을 제공하는 고장 진단의 중요성이 강조되고 있다. 결과적으로, 라이다 기술의 발전은 자율주행차의 안전성과 효율성을 크게 향상시킬 것으로 기대되며, 이는 자율주행차의 상용화를 앞당기는 데 중요한 역할을 할 것이다.

◦ 나) 시장

전 세계의 많은 자동차 제조업체들이 자율주행 기술을 강화하기 위해 라이다 기술을 적극적으로 도입하고 있으며, 이를 통해 고급 자동차부터 시작하여 점차 다양한 차종에 라이다를 적용할 계획을 세우고 있다. 현재 상용화된 라이다 센서는 카메라와 레이더에 비해 비싼 가격으로 인해 완성차에 대량으로 적용되기 어려웠지만, 반도체 공정 기반의 라이다 센서 (특히 Flash-type)의 등장은 제조 단가를 낮추고 있어 향후 라이다 센서의 사용량이 크게 증가하며 자율주행 기술의 상용화를 가속화할 것이다.

객체 인식 및 인공지능 기술이 결합된 고성능 라이다의 개발은 자율주행차량의 정확성과 안전성을 높이는 데 핵심적인 역할을 한다. 자율주행차의 정확성과 안전성이 높아지면 소비자 신뢰가 증가하고, 이는 시장 수요와 채택률의 증가로 이어져 자율주행차용 라이다 시장의 성장을 촉진할 것이다. 또한, 고성능 라이다 기술의 발전은 자율주행차와 관련된 다양한 애플리케이션과 서비스를 가능하게 하여, 전/후방 연계 산업에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

자율주행 인지 센서 기술이 발전하면서, 라이다 센서는 정확한 객체 인식을 통한 안전성 확보의 핵심 기술로 자리 잡고 있으며, 이는 자동차와 소형 모빌리티 산업 모두에서 활용될 수 있다. 이러한 기술적 공통점은 두 산업 간 경계를 점차 모호하게 만들고, 두 시장의 융합을 가속화하고 있다. 시장의 융합은 라이다 센서에 대한 수요 증가로 이어져, 시장 확장의 주요 동력이 되고 있다. 결과적으로, 이러한 변화들은 자율주행 기술과 모빌리티 시장이 서로를 강화하는 긍정적인 피드백 루프를 형성하게 할 것으로 기대된다.

6 참고문헌

- [1] Y. Li et al., LiDAR for Autonomous Driving: The principles, challenges, and trends for automotive lidar and perception systems, IEEE Signal Processing Magazine, Vol.37, No.4, pp.50-61, 2020
- [2] Outsight, <https://www.outsight.tech/technology/fused-sensing-vs.-sensor-fusion>, 2021
- [3] Yole Intelligence, LiDAR 2022 – Focus on Automotive and Industrial, 2022
- [4] Yole Intelligence, LiDAR for Automotive 2023 Market and Technology Report, 2023
- [5] 국가기술표준원, 자율차 표준화 전략 로드맵, 2023
- [6] 정지성 외, 자율주행 차량용 라이다 센서 기술 동향, 오토저널, 2023

04. 차량용 나이트비전 산업 동향 및 표준 이슈

한국전자기술연구원 이선영 수석연구원

1 서론

자율주행자동차와 첨단운전자보조시스템(ADAS)은 도로의 상황에 대응하여 자동차가 목적지까지 안전하게 도착하는 것을 목표로 한다. 복잡하고 예측할 수 없는 상황이 가득한 도로에서 자동차에 탑재되어 있는 전자 시스템이 올바른 결정을 내리기 위해서는 가능한 많은 정보를 수집할 수 있는 센서들이 필요하다. 이를 위해 각종 플랫폼들은 가시광 카메라, 라이다, 레이더 등의 다양한 센서를 사용하여 위험 상황을 감지하고 있다.

현재의 레벨 2 ADAS 시스템에는 가시광 카메라, 레이더, 초음파가 사용되고 있으며 레벨 3, 4를 지원하는 테스트 플랫폼에는 라이다를 추가하여 시스템을 개발하고 있다. 특히, 레벨 5 자율주행을 구현하기 위해 레벨 2~4용 시스템보다 주행 환경 감지 및 식별을 위한 더 많은 센서 데이터 수집이 필요하다. 그러나 이 같은 센서 구성에도 불구하고 우버나 테슬라 등의 교통사고는 현재의 레벨 2, 레벨 3 플랫폼의 센서 구성으로는 자동차, 특히 보행자 객체에 대해 완벽히 대응하기 힘들다는 것을 보여준다.

미국 GHSA (Governors Highway Safety Association)에 따르면, 미국의 보행자 사망자 수는 최근 몇 년 동안 다른 교통 사망자 수보다 빠르게 증가했으며 지난 30년 동안 발생한 것보다 교통사고 사망자 비율이 더 높았다. 그 중에서 2016년에는 전체 보행자 사망자 수 5,987명 중 75%가 날이 어두워진 뒤 발생했다. 이전의 사고들과 보통 사람들의 운전 경험에 비추어 보았을 때 낮에도 보행자를 식별하는 것이 어려운 경우가 많다. 이런 상황에서 차량용 나이트비전은 보행자 및 객체들을 정확하게 감지 및 식별할 수 있는 기술이다. 이러한 이유로 최근 미국 도로교통안전국 (NHTSA)에서는 보행자 자동비상제동(PAEB) 시스템을 위한 RFC (Request for Comments) 문서를 발행하였고 보행자 감지와 관련해서 레이더 센서 뿐만 아니라 자동차 주변의 물체를 추적하고 분류할 수 있는 차량용 나이트비전을 사용할 것을 추천하고 있다. 그리고 현재 시장에서 판매되는 일부 고급 자동차의 경우 자동차의 주행 안전성 향상을 위해 차량용 나이트비전을 탑재하고 있다.

본 문서에서는 차량용 나이트비전으로 사용하는 방식 중 물체의 열원 정보를 수동적으로 센싱하여 수집하는 열화상 카메라에 대해 다룬다. 열화상 카메라는 주간과 야간에 모두 사용할 수 있으며 이 때문에 밝은 태양 아래서 어두운 터널 안의 사람을 정확하게 감지할 수 있고 먼지나 연기로 인해 사람이 가려져도 감지할 수 있다. 뿐만 아니라 직사광선이나 차량의 전조등 때문에 눈부심이 심한 상황과 안개나 연기 등의 가시성 확보가 열악한 상황에서도 그림 1과 같이 보행자 등의 객체 감지가 가능하다.



(자료: FLIR)

| 그림 1 | 연기 발생한 도로 환경: 가시광 영상(좌), 열화상(우)

따라서, 본 이슈 리포트에서는 악의 조건에서 더 많은 주변 환경 정보 수집이 가능한 열화상 카메라 기술 및 제품 개발 동향과 국제 표준 관련 현황에 대해 소개하고자 한다.

2 열화상 카메라 산업 및 기술 동향

○ 가) 주변 상황 인지 및 예측용 센서 기술

자율주행자동차 및 ADAS에서 주변 상황을 인지하고 예측하기 위해 일반 가시광 카메라, 라이다, 레이더 등의 센서가 사용되고 있으며 최근에는 열화상 카메라를 적용한 기술 개발이 이루어지고 있다. 각 센서들은 각각의 특징과 센싱 가능한 정보의 종류에 따라 서로 다른 용도로 사용한다.

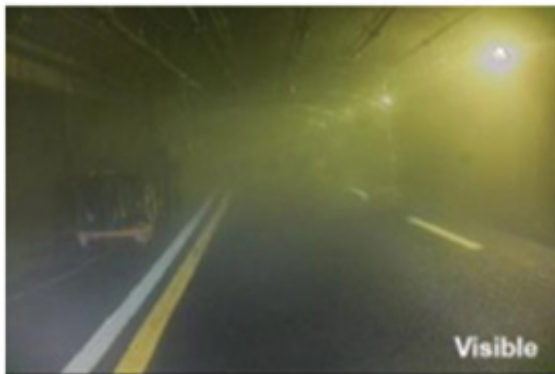
| 표 1 | 주변 상황 인지 및 예측용 센서의 종류와 특징

구 분	일반 (가시광) 카메라	라이다	레이더	열화상카메라
용도	보행자 및 차량/신호 인지, 차선 식별 등	중거리 주변 환경 인식	원거리 크루즈 운행, 전방충돌 방지	원거리 충돌방지, 보행자 및 생명체 인지
파장	400~700nm	830~910(905)nm 1,550nm	77Ghz	8~15 μ m
탐지/인지거리	주간 100m 이상	~150m	~200m	300m 이상
보행자 탐지/인지여부	일정한 조도환경에서 탐지/인지 가능	탐지는 가능하나 인지 어려움	탐지 취약, 인지 불가	주야간 탐지/인지 가능
동작방식	Active 방식 (Reflect Visible Light)	Active 방식	Active 방식	Passive 방식

표 1은 자동차의 주변 상황 인지 및 예측에 사용되는 센서 종류와 특징을 나타낸 표이다. 표에서 가시광 카메라는 태양, 가로등, 전조등 등으로부터의 광원이 방사되고 가시광이 물체에 반사되어

센서에 수신되는 빛에 의존한다. 또 라이다는 레이저 광 에너지를 방출하고 물체에 반사되는 광원의 비행시간과 반사 에너지를 처리하여 정보를 추출한다. 레이더는 무선 전파 신호를 방출하고 물체에서 반사된 신호를 수신하여 신호처리를 통해 정보를 추출한다.

반면, 장파적외선(LWIR) 열화상 센서는 완전한 수동형으로, 가시광 카메라, 라이다, 레이더 대비 중요한 장점을 가지고 있다. 이 센서는 모든 물체의 열 또는 LWIR 에너지를 자발적으로 방사 및 반사한다는 사실에 기반해 광원에 의존하지 않는다. 예를 들어 보행자가 두 대의 차 사이를 횡단하고 있다면 보행자를 감지할 수 있는 신호가 거의 또는 전혀 감지되지 않을 수 있다. 그러나 열화상 센서는 가시광으로 얻는 정보가 아닌 열을 이용하기 때문에 부분적으로 가려진 사람과 동물을 분류가 가능하여 가시광 카메라 대비 이점이 크다. 물체로부터 방출되는 열은 어수선한 배경이나 일부 가림이 발생하는 경우에도 물체의 정보를 얻을 수 있다. 이처럼 LWIR 열화상 카메라는 안개, 야간 등의 조건에서도 보행자를 감지하고 분류할 수 있고 햇빛의 눈부심에도 영향을 받지 않아 ADAS와 자율주행 시스템의 상황인식 능력을 보다 견고하고 신뢰할 수 있다.



| 그림 2 | 안개 상황에서의 센서 데이터: 가시광(좌), 열화상(우)

또, 레이더와 라이다 센서를 이용한 시스템은 그들이 수집하는 검출 정보로부터 점밀도(point-density) 클라우드를 생성해 물체의 범위와 접근속도를 계산한다. 라이다 및 레이더와 결합된 저조도 가시광 카메라는 야간에 근거리에는 객체를 감지할 수 있지만 약 50m 이상의 거리를 넘어가면 감지가 불가능하다. 이 때부터는 열화상 카메라가 저조도 가시광 카메라보다 월등히 우수하면서 모든 조명 조건에서 일관된 정보를 전달한다.

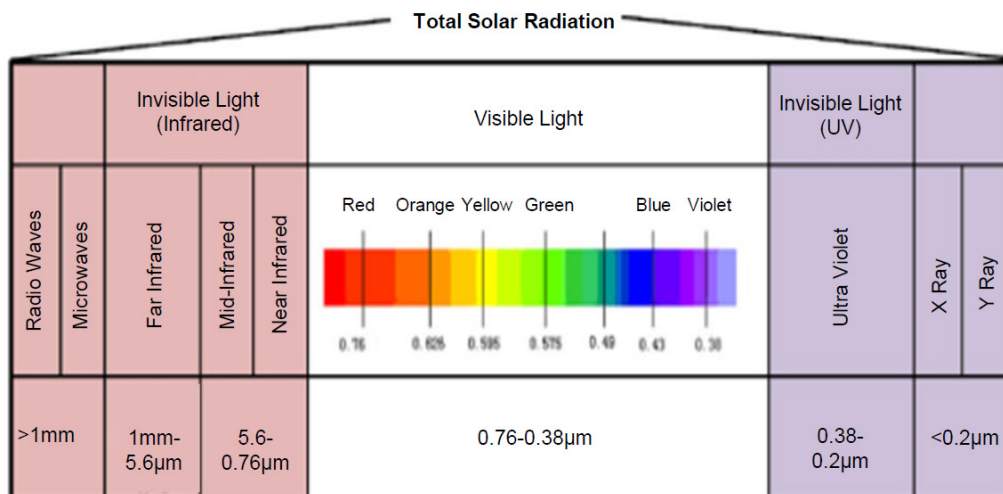
열화상 카메라는 섭씨 0.05℃의 작은 온도 차이도 구분이 가능하여 거의 모든 물체를 선명하게 나타낼 수 있다. 그림 3은 미국 애리조나 주 템피에서 발생한 우버 사고 당시를 재현하여 가시광과 열화상 영상을 찍은 것이다. 그림의 왼쪽, 가시광 영상에는 인도의 보행자가 잘 식별되지 않지만 오른쪽, 열화상에는 인도를 걷는 보행자를 선명하게 감지가 가능하다.



| 그림 3 | 야간 도로 환경 데이터: 가시광(좌), 열화상(우)

○ 나) 열화상 카메라 기술

적외선은 태양 광선에 존재하는 수많은 보이지 않는 광선 중 하나로 적외선, 적외선 열복사라고도 하며, 파장이 $0.76\sim 1,000\mu\text{m}$ 로 마이크로파와 가시광선 사이인 전자파이다. 적외선은 일반적으로 다음과 같이 구분한다. 근적외선 대역은 $0.76\sim 3\mu\text{m}$, 중적외선 대역은 $3\sim 5\mu\text{m}$, 원적외선 대역은 $5\sim 15\mu\text{m}$, 극원적외선은 $15\sim 1,000\mu\text{m}$ 이다.



| 그림 4 | 빛의 파장 분포

적외선을 이용한 센싱 기술은 원래 군사 분야에서 사용되고 있지만, 지금은 보안, 의료, 자동차와 같은 민간 분야로 확장되고 있다. 자동차 분야에서 적외선을 이용한 센싱 기술은 자동차 내부와 외부의 환경의 다양한 정보를 수집 및 분석하여 안전운전을 지원한다.

자동차에서 근적외선의 응용 분야는 일반적으로 두 가지 유형이 있다. 940nm는 운전자 모니터링, 좌석 점유 감지 및 제스처 인식과 같은 차량 내부 환경에 사용된다. 850nm는 야간 투시, 보행자 보호, 전방 인식 및 차선 감지를 포함하여 차량 외부 환경에 사용된다.

원적외선(FIR) 기술(적외선 열화상)은 안전 운전 지원에 널리 사용하고 있으며 다음과 같은 특징이 있다.

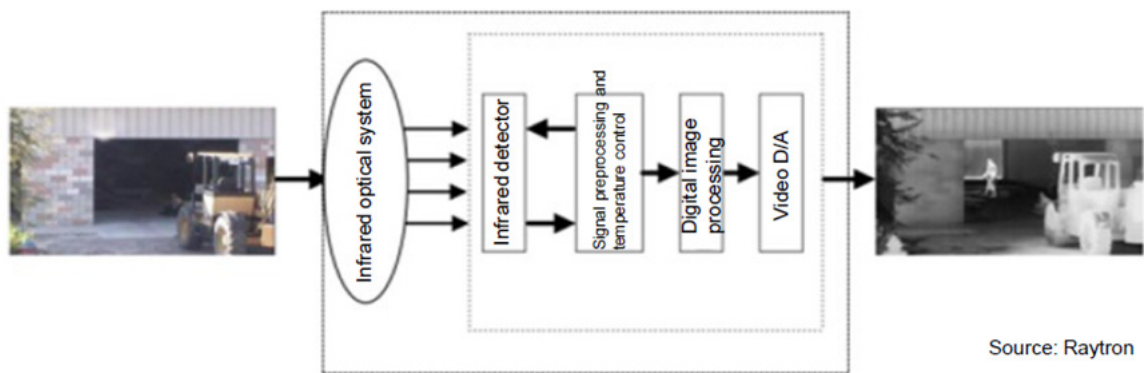
- 400m 이내의 원거리 도로 상태 정보 제공
- 밤, 비, 눈, 안개와 같은 악천후의 영향을 받지 않음
- 보행자 및 앞 차량에 대한 지능형 식별 및 사전 경고

가시광선과 비교했을 때 적외선의 장점은 가시광선이 없어도 어둠 속의 차량과 보행자를 밤에도 선명하게 볼 수 있는 것이다. 기술이 발전하면서 자동차 제조업체와 Tier1 업체에서 점점 더 많이 적용되고 있으며 표 2와 같이 자동차 내부 및 외부 환경에서 적용 가능한 응용 기술이 개발되고 있다.

| 표 2 | 파장 대역별 자동차 응용

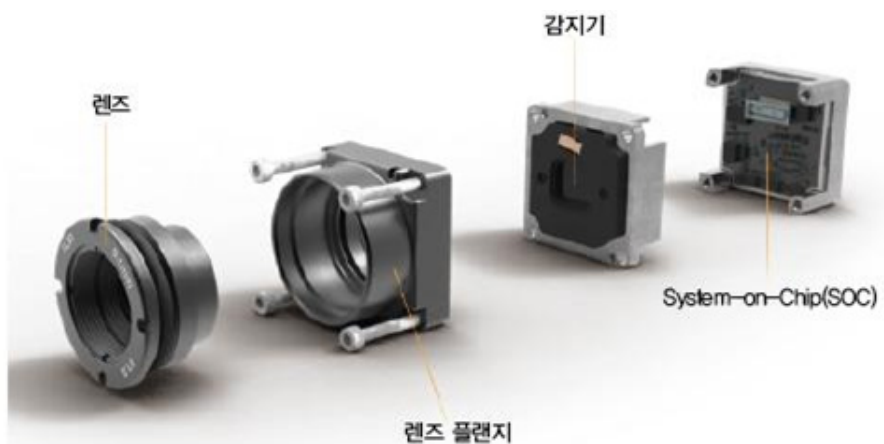
	파장 대역	자동차의 응용 분야
Near infrared	940nm	운전자 모니터링, 승객 탑승 감지, 제스처 인식 등의 In-cabin 환경
	850nm	나이트 비전, 보행자 감지, 전방 객체 인식 등의 차량 외부 환경
Far infrared	5,000~15,000nm	나이트 비전, 차량 감지 및 회피 등의 외부 환경

적외선 영상 시스템 또는 적외선 감지 시스템이라고도 하는 적외선 열화상 장치는 그림 5와 같이 대상 물체의 적외선 복사를 감지하고 광전 변환, 전기 신호 처리 및 디지털 영상 처리를 통해 대상 물체의 온도 분포를 영상으로 변환하는 데 사용된다.



| 그림 5 | 적외선 기반 열화상 장치 구조

열화상 카메라는 그림 6과 같이 렌즈, 렌즈 플랜지(고정 기구), 감지기, 열화상 처리 SoC(System-on-Chip)로 구성된다. 이 중에 열화상 카메라의 핵심 구성 요소는 적외선 복사를 감지, 식별 및 감지하는 적외선 감지기이다. 열화상 카메라의 적외선 감지기는 최종 생성되는 열화상의 선명도와 감도를 결정한다.



| 그림 6 | 열화상 카메라의 구성

○ 다) 열화상 카메라 기술 동향 및 제품

자동차에 사용되는 열화상 카메라는 표 3과 같은 제품들이 출시되어 있으며 국내에서는 한화시스템과 아이쓰리시스템의 제품이 대표적이다. 현재 차량용으로 많이 사용하는 열화상 카메라의 해상도는 QVGA (320x240), VGA (640x480)이며 기존의 국방, 항공 분야에서 주로 사용하던 카메라를 차량에 적용하기 위해 제품의 크기를 최소화하고 가격을 낮추기 위한 노력을 기울이고 있다.

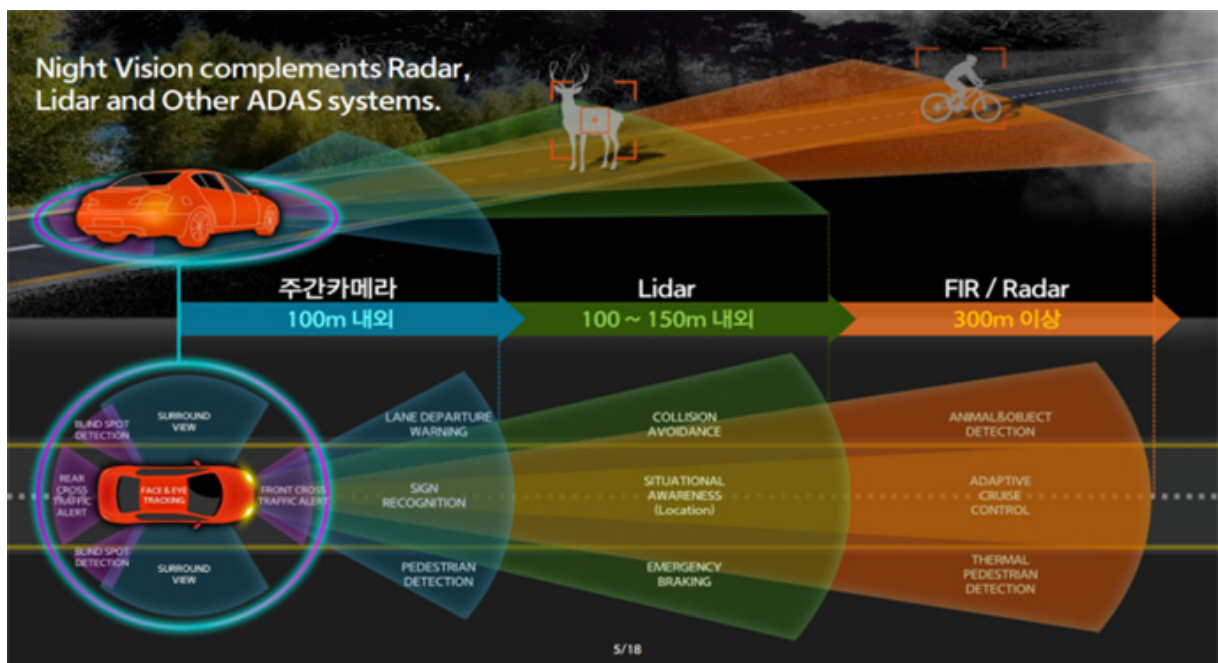
| 표 3 | 열화상 카메라 상용 제품 현황

업체명	FLIR	AdaSky	한화시스템	아이쓰리시스템
제품	ADK	Viper	QuantumRed	TE-EV2
해상도	640x480	640x480	640x480	640x480
Pixel Spacing (μm)	12	-	12	12
NETD (mK)	< 50	-	< 50	≤ 55
Field of View (°)	24 ~ 75	30.4	5.9 ~ 75	18 ~ 95
무게 (g)	100	-	55(Lens미포함)	50(Lens미포함)
제품 크기 (mm) [W x H x D]	35x40x47	Diameter: 26 Length: 43	33x33x24.3	30x36x27
제품 사진				

유럽의 자동차 메이커 회사는 열영상 카메라 업체와 전략적으로 컨소시엄을 형성하여 2001년부터 SAVE-U(SENSORS AND SYSTEM ARCHITECTURE FOR VULNERABLE ROAD USERS PROTECTION) 프로젝트를 통해 적외선 카메라를 이용한 지능형 나이트 비전의 개발과 이를 상용화

개발을 추진하고 있다. HELLA는 차선 이탈 경보, High Beam Assist, 충돌 경보, 나이트 비전, 교통 표지 속도 제한 시스템을 위한 확장형 다기능 카메라(Scalable Multi Function Camera)를 개발하였다. Valeo는 차선 이탈 경보용 LaneVueTM, High Beam Assist 및 안개등 자동 제어용 BeamAtic, 좁은 도로에서 자차의 통과 여부 확인용 PathVue, 나이트 비전용 XtraVue를 개발하였다. FLIR는 다양한 산업 및 소비자 용도의 열영상 카메라를 제공하며 원적외선 카메라 모듈 Tau Series를 개발하고 PathFindIR 제품을 BMW사에 공급하고 있으며 2020년 VSI labs과 협업으로 열영상 카메라와 Radar를 융합한 긴급 제동기술 제품을 상용화하였다. Autoliv는 원적외선 카메라 모듈, 근적외선 카메라 모듈을 개발하여 보행자, 차량 및 동물 등을 감지하는 솔루션을 Audi, Benz, BMW사에 공급하고 있다. 앞에서 설명한 업체 외에도 BrightWay Vision의 주력 제품인 BrightEye는 특허받은 능동 게이트형 주야간 시야 안전 ADAS용 제품으로 차량 전조등에 위치한 반복 펄스 NIR 확장 레이저 소스와 게이트형 고해상도 이미지 센서를 결합하여 능동 게이트형 이미지와 ADAS 카메라 기반 기능을 제공한다.

현재 많은 차량에 장착된 AEB 시스템(열 센서 제외)은 보행자 감지 및 회피 성능이 좋지 않으며, “어두운 곳이나 밝은 햇빛에서는 사용할 수 없음”과 같은 심각한 결함이 있는 것으로 나타났다. 최근 NHTSA에서는 NCAP(신차 평가 프로그램)에 대한 RFC를 발행하였는데 사각지대 감지, 사각지대 개입, 차선 유지 지원, 보행자 자동 비상 제동(PAEB)과 같은 4가지 새로운 ADAS 기술을 추가할 것을 권고하였다. 긴급제동의 성능은 야간에도 주간과 동일한 기준을 적용하고 있으며 기존 50~80km/h 속도에서 동작하던 것을 80~100km/h 속도에서 동작하도록 요구하고 있다. 특히 PAEB의 경우 RFC는 열영상 카메라를 잠재적인 감지 기술로 추천하고 있다.



(출처: 한화시스템)

| 그림 7 | 열화상 카메라의 ADAS 및 자율주행 적용 범위

단일 센서로는 도로 주행 중에 발생할 수 있는 모든 문제를 해결하기에 충분하지 않은 경우가 많으므로 대다수의 ADAS 시스템에는 AEB 기능을 제공하기 위해 레이더나 카메라를 융합하여 사용하고 있다. 그러나 야간에 보행자를 인식하지 못하는 문제를 해결하기 위해 라이다보다 저렴하고 레이더보다 정확한 열화상 카메라는 성능이 향상되고 가격이 낮아지면서 자율주행자동차와 ADAS에 빠르게 도입되고 있다.

3 열화상 카메라 기술 표준 이슈

자율주행시스템 및 ADAS의 기술고도화에 따라 주변 상황 인지 성능 향상 및 신뢰도 확보를 위해 자동차에 장착되는 카메라, 라이다, 레이더 등의 센서 개수가 급격히 증가하고 있다. 또한 사람이 운전하지 않는 레벨 4 자율주행의 경우 안개, 연기와 야간 상황에서 객체 검지와 NHTSA의 AEB 요구사항 대응을 위해 열화상 또는 적외선 카메라 등의 센서가 자동차에 장착되어 사용될 예정이다.

자율주행시스템의 주변 상황 인지 및 예측에 사용되는 센서와 관련한 표준화는 카메라, 레이더, 라이다 등의 성능 요구사항 및 시험 방법에 관한 표준 개발과 센서와 센서 데이터를 처리하는 장치 간의 인터페이스에 대한 표준 개발을 IEEE, ETSI, ISO에서 진행하고 있다.

| 표 4 | 주변 상황 인지 및 예측용 센서 관련 표준화 현황

	표준화 번호	표준명
카메라	IEEE P2020	Standard for automotive system image quality
레이더	IEEE P3116	Standard for automotive Radar performance metrics and testing methods for ADAS and ADS applications
	ETSI EN 303 396	Short Range Devices; Measurement Techniques for Automotive and Surveillance Radar Equipment
라이다	IEEE P2936	Standard for test methods of automotive LiDAR performance
센서와 데이터 처리 장치간 인터페이스	ISO 23150:2021	Road vehicles-Data Communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions-Logical interface

IEEE P2020은 차량에 사용하는 영상 품질과 관련해서 일관성을 보장하기 위해 차량시스템에서의 영상 품질을 측정하고 테스트하는 방법과 성능 기준을 규정하고 있다. 이 표준은 차량의 인지를 위한 응용 프로그램의 영상 품질에 기여하는 기본 속성 뿐만 아니라 속성과 관련한 메트릭 및 기타 정보를 식별한다. IEEE P3116은 ADAS와 자율주행시스템에 적용하는 차량용 레이더의 성능 기준과 시험방법을 제시한다. 이 표준은 다양한 자율주행 기능에서 레이더를 안전하게 배치하는 데 필요한

성능 메트릭을 정의한다. ETSI EN 303 396은 자동차 및 감시 레이더 장비가 해당 환경에서 목표물을 탐지하는 저전력 밀리미터 파장 장치에 관한 것이다. 이 표준은 자동차 및 감시 레이더 장비에 적용할 수 있는 적합성 측정을 위한 측정 기법 및 절차를 규정하고 시험조건과 테스트 설정 및 절차, 결과 해석에 대한 방법 등을 포함한다. ISO 23150은 2021년에 ISO TC22 SC31 WG9에서 제정한 차량 내 환경 인식 센서와 센서 데이터 기반의 차량 주변 장면을 해석하는 융합 장치 간의 논리적 인터페이스를 규정한다.

본 문서에서 기술한 열화상 카메라와 관련한 성능 요구사항 및 시험 방법에 관한 표준은 현재 제정되어 있지 않은 실정이다. 향후 자율주행시스템 및 ADAS에 적용이 예상되므로 열화상 카메라에서 출력되는 영상 품질의 일관성 보장하기 위한 측정 방법 및 테스트 방법과 성능 기준에 대한 표준 제정이 요구된다.

4 참고문헌

- [1] Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) No. 127, Automatic Emergency Braking (AEB) Systems for Light Vehicles, NHTSA, 2024
- [2] Why ADAS and AV need Thermal Infrared Cameras?, FLIR
- [3] 자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향, 자율주행기술개발혁신사업단, 한국표준협회, 2021

05. 자율주행차 기술동향 및 표준 이슈

비트센싱 이재은 대표

1 서론

레이더(RADAR : RAdio Detection And Ranging) 기술은 전자기파를 송수신 하여 거리를 측정하는 기술로 시작하여 모듈레이션 기술이 발전하면서 속도 정보까지 획득하고 이후 각도 정보까지 추출하게 되면서 공간적인 위치 정보를 실시간으로 획득하는 센서로 발전하였다. 제2차 세계대전에서 기술이 비약적으로 발전하였고 이후 군사용뿐만 아니라 기상용, 해상용 레이더가 개발되어 현재까지 널리 사용되고 있다.

군사용 레이더 기술도 지속적으로 발전하여 합성 개구 레이더(SAR: Synthetic Aperture Radar)도 많이 활용되고 있으며 이 기술 역시 산업용으로 활용이 확장되고 있다.

산업용으로 가장 널리 쓰이고 있는 것은 자동차용 레이더로 1990년대부터 차량에 적용이 된 이후로 다양한 운전자 보조 시스템(ADAS : Advanced Driver Assistance System) 기능이 개발되어 양산 중이다.

NHTSA 보고서에 따르면 자동차 사고의 대부분은 운전자에 의해 발생하기 때문에 더 안전한 자동차를 만들기 위해 ADAS 기능이 활발하게 개발되고 양산차량에 적용되고 있다.

Critical Reason Attributed to	Estimated	
	Number	Percentage* ± 95% conf. limits
Drivers	2,046,000	94% ±2.2%
Vehicles	44,000	2% ±0.7%
Environment	52,000	2% ±1.3%
Unknown Critical Reasons	47,000	2% ±1.4%
Total	2,189,000	100%

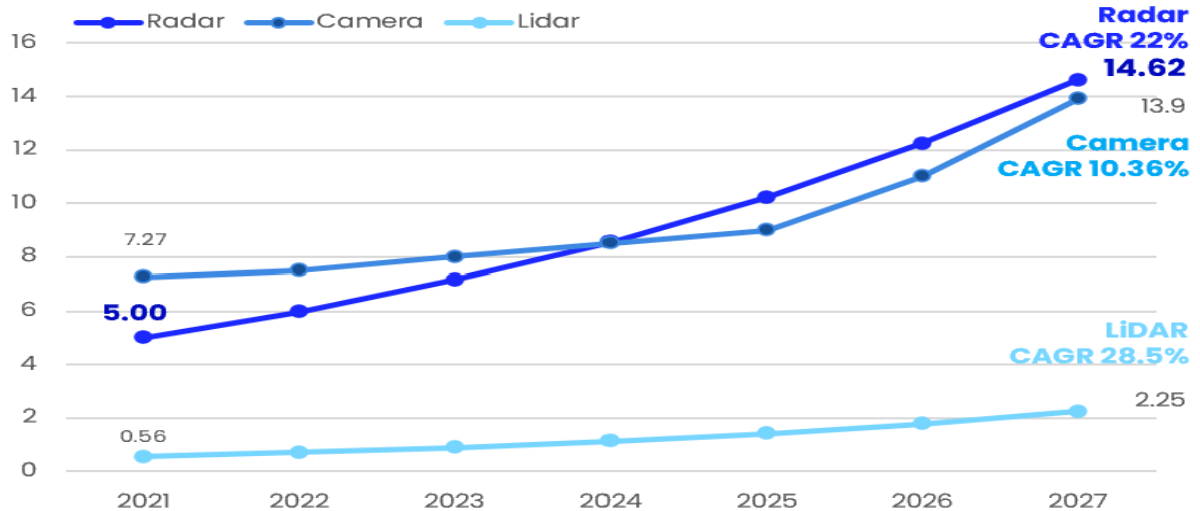
(출처 : NHTSA Report (Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey))

다른 센서와는 다르게 레이더는 악천후나 조도에 영향을 받지 않는 유일한 센서이기 때문에 항상 안정적인 감지 성능을 제공한다.

그리고 오랫동안 자동차에 적용되고 진화하면서 점점 더 가격 효율이 좋아지고 자동차의 열악한 환경 요구조건을 만족하게 되었다.

차량용 레이더 시장은 꾸준히 성장하고 있고 최근 SDV (Software Defined Vehicle) 트렌드에 따라 시장은 더 폭발적으로 성장할 것으로 예측되고 있다.

ISO/TC22/SC32/AHG2는 레이더의 간섭에 관한 표준화를 논의중이며 ISO/TC22/SC32/AHG3에서는 차량용 레이더 성능 시험 방법에 관한 표준화 이슈를 논의하고 있다.



본 문서에서는 표준화가 진행 중인 자율주행차 레이더의 기술동향 및 산업동향을 알아보고자 한다. 또한, 산업과 연계하여 국제표준과 국가표준의 진행 현상과 주요 이슈사항을 분석하고자 한다.

2 자동차용 레이더 동향

○ 가) 자동차용 레이더 기술 개요

레이더는 전자기파를 활용하여 공간에 대한 정보를 획득하는 센서이다. 기본적인 구성은 안테나, RF 신호를 생성하여 송신하고 반사된 신호를 수신하는 RF 송수신부, 레이더 시스템 구동과 모듈레이션을 제어하며 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 BSW(Base Software), 수신된 신호에서 유의미한 정보를 추출해내는 신호처리부로 이루어진다.

레이더는 전자기파를 송수신하여 물체의 거리, 속도, 각도를 추출하여 물체의 위치를 파악할 수 있는 센서로 악천후에 강인한 감지능력이 장점이다.



1990년대 이후 자동차에 레이더 기술이 적용되어 오랜 기간동안 검증되었고 세대를 거듭하며 진화를 하여 감지 성능은 더 좋아지고 크기는 점점 작아졌으며 가격 또한 굉장히 낮아졌기 때문에 현재 자동차용 레이더는 양산 적용이 점점 늘어나고 있다.

ADAS 레이더 솔루션은 브레이크 시스템과 결합하여 자동 긴급제동(Automation Emergency Braking, AEB)과 어댑티브 크루즈 컨트롤(Adaptive Cruise Control, ACC)은 물론, 전방 충돌 경고(Forward Collision Warnings, FCW), 사각 지대 감지(Blind Spot Detection, BSD) 등을 제공함으로써, 운전자의 실수를 최소화하고 사고를 방지하여 교통사고 사망률을 줄일 수 있다.

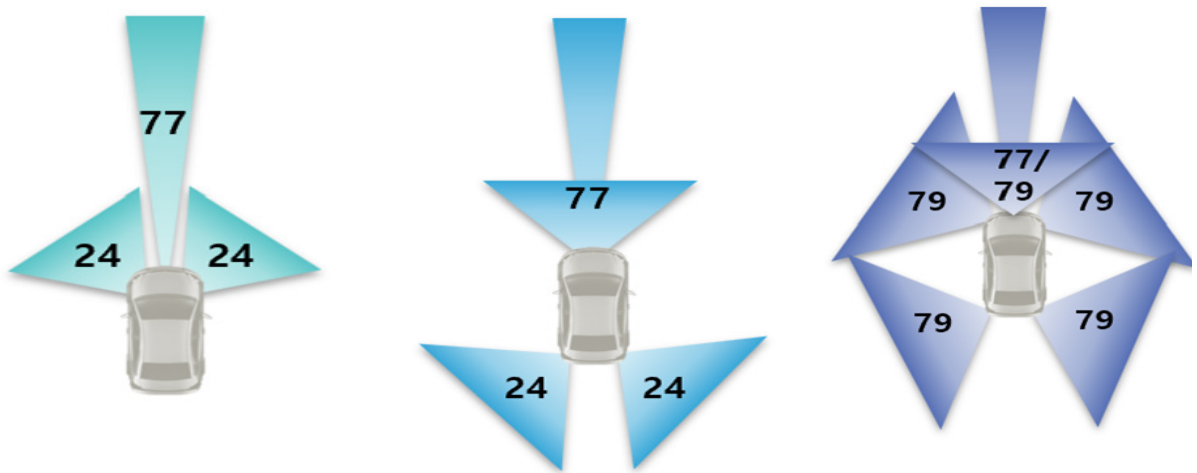
◦ 나) 자동차용 레이더 기술 동향

초기의 자동차용 레이더는 전방 레이더로 77GHz의 장거리 협각 레이더와 24GHz의 단거리 광각 레이더 2대를 장착하여 구현하였다. 당연히 레이더 센서 개별 단가도 높았고 3대의 레이더를 사용해야 했기 때문에 해당 옵션의 가격은 굉장히 높았다. 이후 반도체의 집적화와 시스템의 최적화가 되면서 전방 레이더는 멀티모드로 구현을 하여 장거리/협각과 근거리/광각을 하나의 센서로 감지할 수 있게되었고 2개의 24GHz 레이더는 측후방에 장착하여 사각지대를 감지하면서 기능을 확대하였다.

전세계적으로 자동차용 레이더의 주파수 활용 대역이 변화하면서 이전에 사용하던 24GHz 레이더는 점점 설 자리를 잃었고 기존에 사용하던 77GHz 대역(76GHz ~ 77GHz)에서 확장하여 79GHz 대역(77GHz ~ 81GHz)이 사용되고 있으며 현재 양산하는 대부분의 자동차용 레이더는 77/79GHz 대역이다. 각 나라별로 주파수 법규가 사이한 부분이 있지만 전세계 자동차용 레이더의 주파수 대역은 77/79GHz로 통합되는 추세이다.

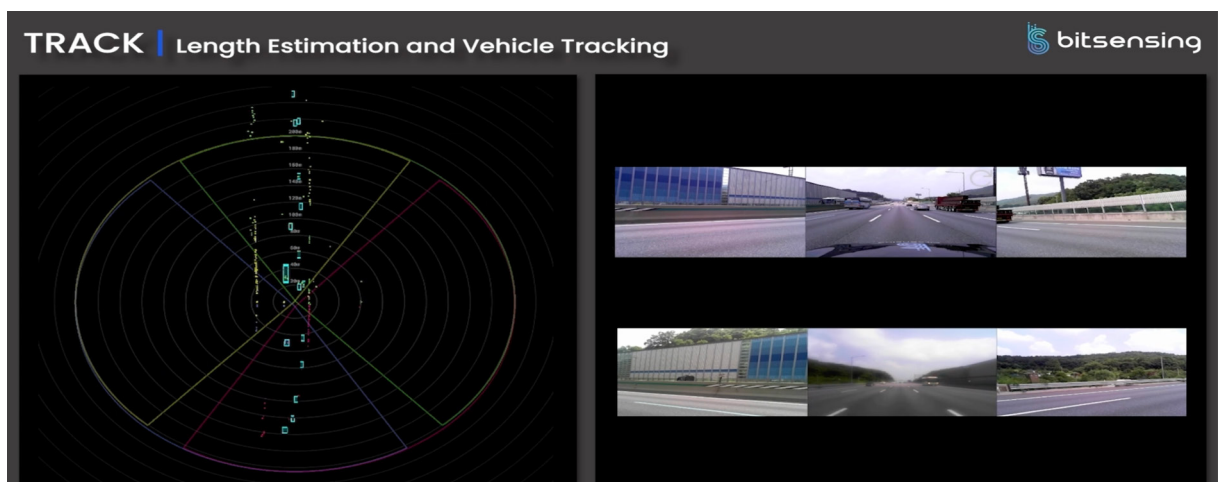
반도체 소자의 경우 초기 RFIC는 GaAs기반의 discrete 소자로 시스템을 구성했기 때문에 개별 소자의 단가도 높고 소자 수도 많았다. 또한 신호처리를 위해 FPGA와 DSP, 그리고 MCU를 조합하여 신호처리를 했기 때문에 부품수도 많고 센서의 크기가 클 수밖에 없었다. 반도체의 소재가 GaAs에서 SiGe으로 변화하면서 점차 반도체의 집적도가 올라가고 단가가 낮아지면서 점차 자동차용 레이더가 대중화되기 시작했다. 이전에는 각도추출을 위해 모터를 사용하는 mechanical scanning 방식도 사용을 했지만 자동차의 열악한 환경에서 내구성이 부족한 문제점이 있었다. 반도체가 집적화됨에 따라 안테나 배열의 신호처리를 전자적으로 하는 electronic scanning 방식으로 진화 하면서 자동차용 레이더는 일찍이 전체가 solid-state로 구현되었으며 오랜 기간동안 검증을 통해 안정성이 입증 되었다.

반도체의 성능이 좋아지면서 한번에 처리할 수 있는 데이터의 양이 늘어나면서 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) modulation 방식도 기울기가 낮은 slow chirp에서 기울기가 급한 fast chirp 방식으로 진화하였다. slow chirp 방식에서는 다른 기울기의 조합으로 1D FFT(Fast Fourier Transform) 이후의 주파수 도메인 신호에서 peak를 조합하여 방정식으로 통해 물체의 거리와 속도를 추출하는 반면 fast chirp에서는 2D FFT를 통해 바로 Range-Doppler map을 추출할 수 있기



때문에 한번에 처리하는 데이터의 양이 많은 대신 거리와 속도의 추출이 더 간단하다. 여기에 Digital Beamforming을 통해 각도를 추출하여 물체의 거리, 속도, 각도를 각각 추출하고 생성된 object를 tracking 알고리즘을 통해 도로상의 이동 물체를 추출하여 제어까지 연결하게 된다.

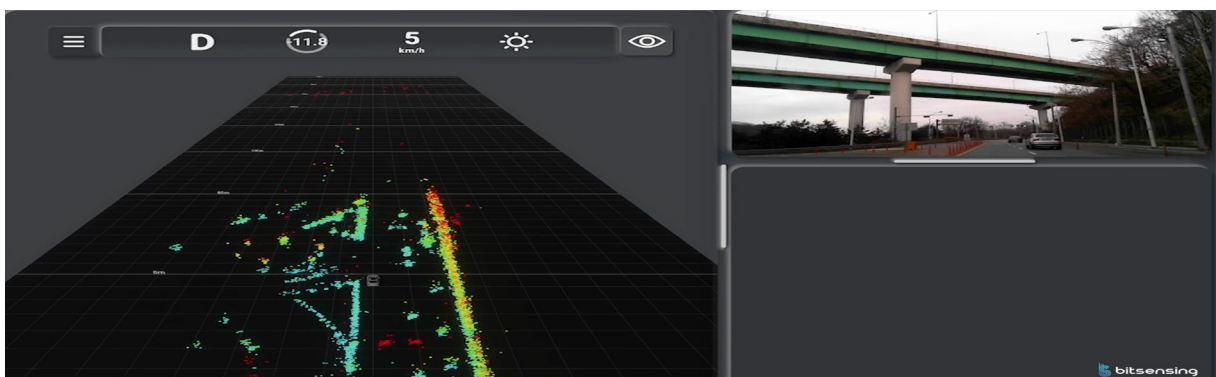
레이더의 RF 신호를 송수신하는 안테나의 경우 waveguide drum을 모터로 돌리는 방식이나 정밀가공한 렌즈와 유전체를 이용하여 협각만 감지하는 장거리 레이더 등이 사용됐었고 이후에는 대부분 RF PCB를 활용한 안테나가 15년이상 활용되었다. RF PCB 기판 자체가 고가이면서 성능에 한계가 있기 때문에 최근에는 waveguide 안테나를 통해 안테나 배열을 구현하는 추세이다. 금속으로 waveguide를 구현하면 단가도 높고 무게도 더 무겁기 때문에 향후에는 플라스틱 사출을 하여 도금을 하는 Injection Molded Waveguide 안테나가 점점 더 많이 활용될 것으로 보인다. 안테나 기술의 혁신을 통해 자동차 범퍼의 네 귀퉁이에 장착되고 있는 코너레이더(Corner Radar)의 성능은 한층 더 높아져 더 넓게 감지하고 멀리까지 감지할 수 있게 되었다.



레이더의 인지 분야에서는 AI를 활용한 perception도 활발하게 연구중이며 기존 라이다나 카메라 기반의 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)도 레이더 데이터를 활용하여 구현하고 있다. 자율주행에서 자차의 측위와 매핑 기술이 굉장히 중요한데 레이더와 카메라를 활용하여 SLAM이 완성도 있게 구현된다면 이 또한 자율주행 시대를 앞당기는 계기가 될 것이다.

◦ 다) 자동차용 레이더 산업 동향

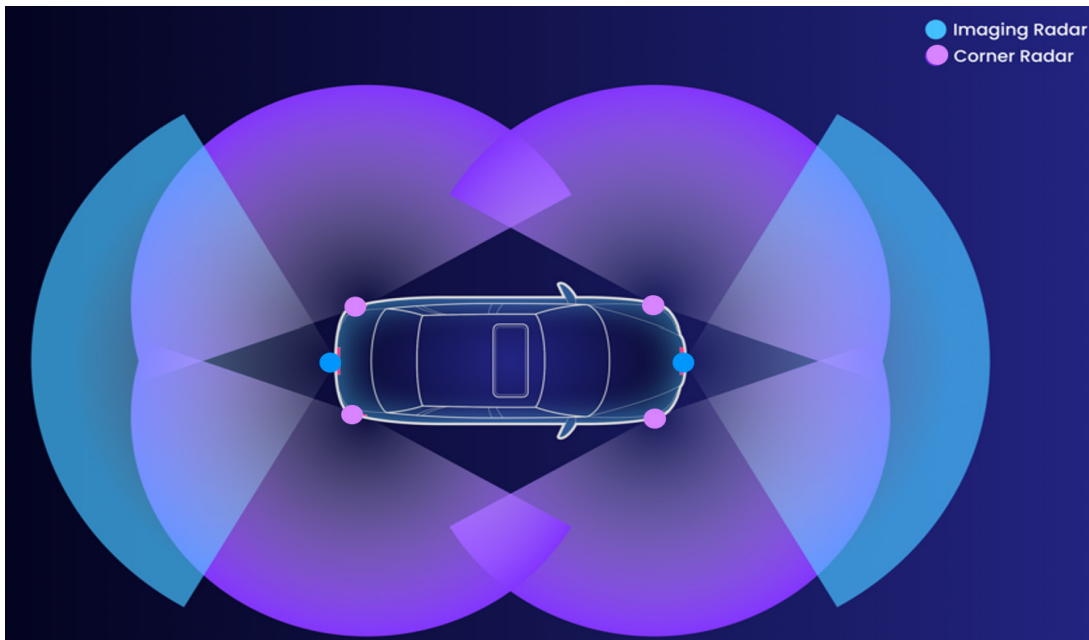
자동차용 레이더는 사고를 줄이고 운전자의 편의를 더하기 위해 개발된 ADAS의 핵심 부품으로 오랜 기간동안 진화하며 소재에서부터 신호처리에 이르기까지 점점 더 집적화, 최적화 되면서 더 좋은 성능의 레이더가 점점 더 낮은 가격에 보급화 되었다. 2014년에 국내기술로 최초 양산에 성공한 이후로는 글로벌 가격 경쟁이 심화되면서 전세계 레이더 기술을 가진 회사들이 가격경쟁을 하게 되었고 결과적으로 레이더를 활용하는 ADAS 기능이 제조사별 최고급 차종에만 적용되다가 최근에는 경차에까지 적용이 될 만큼 대중화 되었다. ADAS 기능이 점차 보급화되는 무렵에 “자율주행”이라는 키워드가 떠오르며 세상을 휩쓸기 시작했고 많은 회사들이 수년내에 자율주행이 가능할 것처럼 이야기했지만 안타깝게도 아직 자율주행의 문은 열리지 않았다. 그렇게 자율주행 광풍이 몰아치는 시기에 당장 손쉽게 활용할 수 있는 센서가 라이다(Lidar)였고 대부분의 회사는 라이다 기반의 인지(perception)을 통한 차량 제어에 집중하였다. 당시 라이다는 자동차에 양산 적용이 된적도 없었고 모터구동 방식의 초고가였지만 감지성능에서 그만큼 해상도가 좋은 point-cloud를 생성하는 센서가 없었기 때문에 대부분이 라이다를 활용하여 자율주행 알고리즘을 개발하였다. 당시 레이더는 계속 더 작게 더 싸게 개발하는 방향으로 진화했기 때문에 자율주행을 위한 센서로는 감지 성능이 부족했다. 하지만 라이다와 카메라가 가지고 있는 악천후에서의 열화는 물리적으로 극복할 수 없기 때문에 레이더의 혁신을 통해 다른 센서가 할 수 없는 영역에서의 틈을 메워주어야만 완전한 자율주행이 가능할 것으로 예상된다. 이러한 흐름으로 레이더 반도체 제조사들은 집적화된 칩을 동기화하고 연결하여 더 많은 채널을 활용할 수 있게 개발하였고 이를 통해 기존 레이더의 수평 방향의 각도정보뿐만 아니라 수직 각도정보까지 추출할 수 있도록 안테나 배열을 평면적으로 하여 3D 공간에 속도(1D) 정보까지 더한 4D 이미징 레이더가 최근 각광받고 있다.



자동차용 레이더는 이미 오랜기간 진화하여 시스템의 단가가 굉장히 낮기 때문에 4D 이미징 레이더를 구현한다고 해도 이미 최적화된 기술을 활용하여 단기간에 양산이 가능하다. 또한 널리 활용중인 카메라와의 조합을 통해 자율주행차의 감지항목에 해당하는 모든 항목을 만족할 수 있기 4D 이미징 레이더가 점차 확산되면서 ADAS 기능을 한층 업그레이드할 것이며 지속적인 성능 향상을 통해 자율주행의 문을 열 수 있을 것이라 예상된다.

사실 자율주행 시대는 생각보다 늦게 열릴 수 있다. 자율주행차량의 사고가 누구의 책임인지 아직

논란이 많고 보험을 어떻게 할 것이며 사고가 날 수밖에 없는 경우에는 도로상의 누구를 우선시할 것이냐 등 법적, 제도적, 윤리적 문제들이 아직 많이 남아있다. 이러한 복잡한 문제를 논의하는 동안 기술적으로는 미리 문제를 풀어두고 자율주행 시대를 맞이하기 위해 최근에는 SDV(Software Defined Vehicle)가 화두이다. 기존에는 센서에서 모든 신호처리를 하여 제어에 활용했다면 점차 raw data에 가까운 신호들을 모아 low-level sensor fusion을 하려는 움직임이 늘어나고 있다. 코너레이더에서 1D FFT만 처리한 데이터를 중앙의 HPC(High Performance Computing)으로 모아 신호처리를 하고 다른 센서들과의 퓨전을 적극적으로 가능하게 하여 자율주행을 위한 기술적 문제를 해결하고자 한다. 테슬라가 카메라 데이터를 end-to-end learning을 통해 FSD를 구현한 것처럼 센서퓨전을 end-to-end learning으로 구현한다면 완전 자율주행에 한걸음 더 가까워질 것으로 예상된다.



3 자율차 레이더 산업 및 표준 이슈

◦ 가) 자율차 레이더 산업 이슈

자율차용 레이더는 점점 더 고성능의 레이더가 보급화 되고 있고 SDV의 추세에 따라 기본으로 장착되는 레이더 센서의 숫자도 늘어나고 있다. 또한 전방 레이더는 물체 구분이 가능한 4D 이미징 레이더로 점차 교체가 되어야 할 것으로 보인다.

기존에는 센서에서 모든 신호처리를 다 수행했었다면 SDV가 확산되면서 센서에서는 기본적인 처리만 하여 데이터 전송을 할 수 있게 하고 중앙의 HPC (High Performance Computer)에서 신호처리와 센서퓨전 등을 할 수 있게 시스템이 변화할 것으로 예상된다.

◦ 나) 자율차 레이더 표준 이슈

차량용 레이더는 통신 시스템과 같이 표준화가 활발하게 진행되지는 않았다. 아직 국제 표준이나 국내 표준이 제정된 것은 없고 최근에서야 ISO에서 표준화 논의가 진행 중이다. ISO TC22 SC32 WG16에서는 차량용 레이더 성능 시험(ISO AWI 13389)와 레이더 간섭에 대한 표준(ISO AWI TR 13377)이 논의 중이다.

유럽에서는 2010년부터 2012년까지 MOSARIM (MOre Safety for All by Radar Interference Mitigation)이라는 프로젝트를 진행했었고 유럽의 주유 OEM과 Tier-1 회사들이 다양하게 참여했었다.

레이더 센서간의 간섭을 줄이기 위한 다양한 방법이 연구되었고 당시 양산중인 다양한 레이더 센서를 활용하여 테스트도 진행하여 결과가 공유되었다.

이전부터 레이더간의 간섭 문제는 중요한 요소로 고려하여 시스템 설계에 반영하였으며 양산 시에 다양한 테스트 중에 간섭에 의한 문제가 발생하면 안된다.

점차 자동차 한 대에 장착되는 레이더 센서의 숫자가 늘어남에 따라 간섭 문제는 점차 더 중요한 이슈가 될 것으로 예상되며 그에 따라 자연스럽게 표준화에 대한 논의가 시작된 것으로 보인다.

이제 자동차에는 레이더가 필수적으로 장착이 되는 추세이기 때문에 레이더 센서를 개발하는 회사들도 점차 늘어날 것으로 보이며 ISO에서 차량용 레이더의 성능 시험 방법에 대한 표준화를 논의하는 것도 자연스럽다고 볼 수 있다.

차량용 레이더를 개발하는 회사가 난립하여 성능을 보장할 수 없는 센서가 양산 차량에 장착이 되고 사고 등의 각종 문제를 일으키는 것을 방지하기 위하여 전세계적으로 차량용 레이더의 표준화를 진행하는 것이라 볼 수 있다.

차량용 레이더의 표준화는 이제 시작이라 할 수 있기 때문에 앞으로 갈 길이 멀지만 자율주행 시대를 맞이하기 위해 적절한 시기라 본다.

4 참고문헌

- [1] Singh, S. (2018, March). Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey. (Traffic Safety Facts Crash-Stats. Report No. DOT HS 812 506). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- [2] M. Kunert, "The EU project MOSARIM: A general overview of project objectives and conducted work," 2012 9th European Radar Conference, Amsterdam, Netherlands, 2012, pp. 1-5.

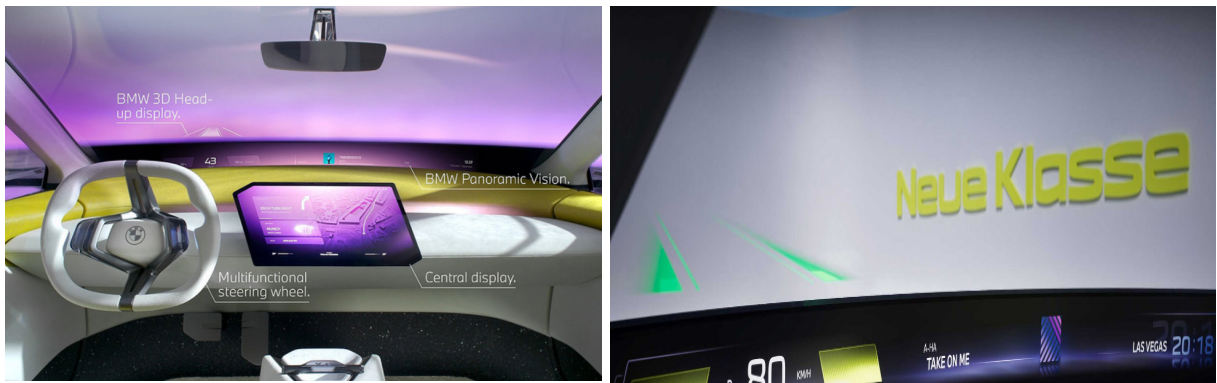
06. 헤드업 디스플레이(HUD)의 IEC/ISO 국제표준개발

키엘연구원 최서영

1 서론

헤드업 디스플레이(Head Up Display, HUD)는 운전자가 전방 주시 과정에서 정보 확인을 위해 시선을 전방으로부터 HDD(Head Down Display)로 이동 없이 운전할 수 있게 함으로 안전성과 편의성 향상에 이바지할 수 있는 자동차와 운전자 접점에서 동작하는 디스플레이 기술이다. 자동차 부품 및 완성차 업체에서는 HUD에 의해 투사되는 영상을 통해, 운전자가 자율주행상태에서 자동차가 환경을 인지하며 주행을 제어하고 있음을 확인할 수 있도록 하며, 수동주행으로 전환이 필요한 경우를 빠르게 인지할 수 있도록 지원하는 등의 관점에서, AR HUD 활용을 검토하고 있어서 더 주목받는 기술로 LiDAR, ADAS 기술과 함께 자율주행 상황에서 정확한 시각 정보 제공을 위해 다양한 시나리오 기반 연구가 진행 중이다. AR과 3D 기술이 가장 효과적으로 적용될 수 있는 자동차용 HUD 세계 시장 규모는 2024년 약 1.6조에서 2030년 3.2조로 CAGR 12.3%로 빠른 성장이 전망된다.

본 이슈 리포트에서는 HUD 제품 개발 동향, True AR HUD 구현을 위한 기술적 이슈, 국내외 표준개발 현황을 소개하고자 한다.



| 그림 1 | CES 2023에 BMW에서는 25년 Neue Klasse 차량에 적용을 목표로 윈드스크린 전체에 걸쳐 구현되는 3D HUD를 포함하는 BMW Panoramic Vision을 소개함

2 본문

◦ 가) Head Up Display(HUD) 기술과 제품 동향 소개

■ HUD 기술의 발전

HUD는 사용자가 디스플레이를 볼 필요 없이 디스플레이로부터 구현되는 영상정보를 외부 환경에 투사해서 보여주는 시스템으로 자동차와 항공기에 주로 적용되고 있다. 항공용(Aviation) HUD는 조종사의 외부 전방 시야에 있는 하늘, 상대편 항공기 등의 비행 관련 주요 데이터를 덧입혀 표시하는 시스템으로, 2차 세계대전 당시 전투기 조종사가 목표물 명중을 위해 집중하는 것에서 벗어나 콕핏(Cockpit)의 지도 또는 게이지 정보 확인을 위해 시선을 정면에서 이동시킴으로 발생하는 분산(Distraction) 문제 해결을 위해 개발되었다. 민간항공기 제작사에서는 2000년 중반부터 HUD탑재를 시작했으며 시각강화시스템, 합성시계시스템 개발에 HUD를 활용하고 있다. 자동차용(Automotive) HUD는 운전자가 계기판이나 내비게이션 등에 눈을 돌리지 않고도 관련 정보를 볼 수 있도록 주행 도로 전면에 속도, 경고 신호, 길 안내 화살표 등 정보를 투사하여 표시하는 시스템으로, 1988년 GM 모델(Oldsmobile Cutlass Convertibles)과 1989년 Nissan 모델(240 SX, Maxima)이 HUD 장착 차량으로는 처음 시장에 출시되었다. 항공과 자동차용 HUD 외 전시회, 박물관 등에서 사용할 수 있는 HUD는 현재 개념적 구현 예시로 소개되고 있는 수준이다.

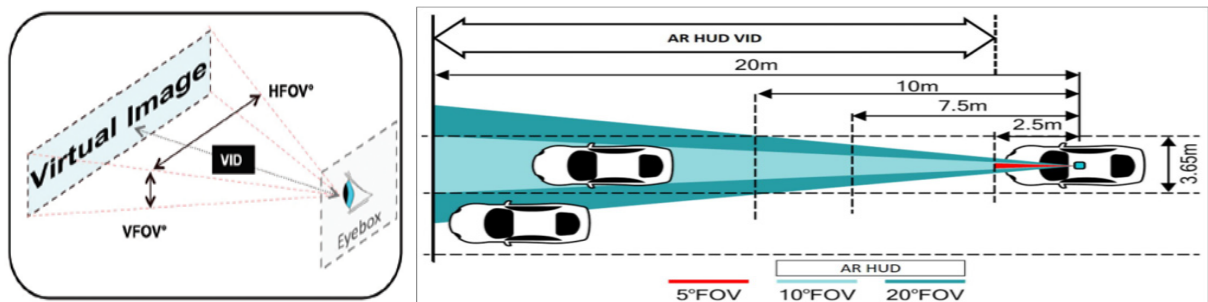
첫 번째 Color HUD는 1998년에 GM의 5세대 Chevrolet Corvette 스포츠카에 탑재되었으며, 2012년 Pioneer에서 운전자의 시선에 내비게이션 방향, 관심 지점, 도로 위험에 대한 세부 정보를 영상으로 보여주는 증강현실(AR) 형태 HUD를 소개하였다. 자동차용 HUD는 주행환경의 건물, 도로 등에 부합해 영상표시 가능 여부에 따라 전통적 또는 AR 형태로 구분할 수 있다. 전통적 HUD는 운전석 전방 2 - 3 m 지점에 4도 이하 시정각 크기의 영상에 계기판 정보와 관련된 심볼, 숫자 등이 표시되는 반면 AR HUD는 실제 주행환경과 연계하여 내비게이션 방향, 전방 차량과의 거리 등을 표시해야 하므로 10도 이상 시정각 크기의 영상구현이 필요하다.



| 그림 2 | 전통적 Type HUD(4도 이하의 시정각) → 주행환경의 건물 등에 부합해 영상표시 가능한 AR Type으로 발전하는 HUD

■ True AR HUD의 구현을 위한 기술적 이슈

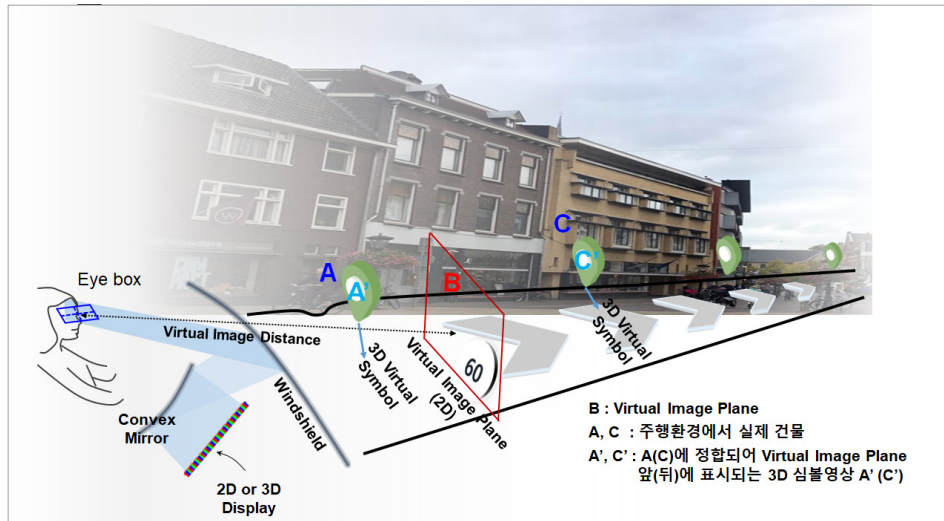
현재 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 경보는 깜박이는 기호나 청각 경보를 통해 표시되지만, 실제 환경과 부합되는 AR HUD 그래픽 영상으로 장애물을 직접 식별할 수 있도록 지원하면 더 효과적인 상황인식이 가능하다. 따라서, ADAS 경보의 시각적 표시를 위해 실시간 차량 센서 데이터와 HUD HMI SW를 통합하여 급변하는 주행환경에 관련 시각적 정보를 정확하게 Overlay 하는 것이 과제이다.



◀ 그림 3 | HUD의 시정각, Field of View (좌), 시정각에 따른 전방 차량, 도로에 부합해 HUD 영상으로 표시가 가능한 범위 (우)

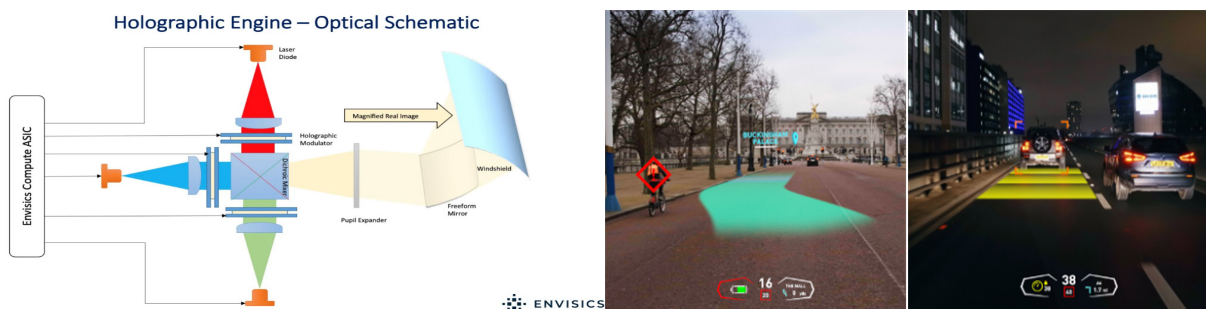
AR HUD의 중심 요구사항 중 하나는 운전자로부터 최소 7 - 20 m 거리에 영상을 투사해서 실제 주행 도로에 융합된 것과 같은 효과를 제공하거나, 3D 가상 영상을 실제 건물과 도로에 정합해서 투사해야 한다는 것이다. 그림 3에서 볼 수 있는 것처럼 전방 차량, 도로의 정보를 AR 영상으로 표현하기 위해서는 더 넓은 시정각의 HUD 영상투사가 필요함을 알 수 있다.

사용자가 바라보는 도로, 건물의 위치는 3차원으로 AR HUD에서 관련 정보를 해당 물체 위치에 정합해 표현하기 위해서는 기존 2D 가상영상(Virtual Image)에 깊이(Depth) 정보를 추가한 3D 가상영상과 이를 구현할 수 있는 디스플레이가 필요하다. 실제 건물을 A 또는 C, 건물을 표시하는 시각 정보를 B라고 가정할 경우, 현재 2D HUD에서는 A, C의 위치에 상관없이 사용자로부터 일정 거리에 떨어진 2D 가상영상 면(Virtual Image Plane)에 B가 표현되는 반면, 3D HUD에서는 A 또는 C의 위치에 정합된 A' 또는 C'가 표현된다 (그림 4 참고). 사용자는 2D HUD에서는 서로 다른 초점 거리에 놓인 A와 B를 번갈아 봐야 하지만, 3D HUD에서는 동일한 초점 거리에 놓인 A와 A' 또는 C와 C'를 시청할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점으로 3D HUD가 2D HUD 대비 시청 피로가 유의차 있는 수준으로 감소한다는 평가 결과도 보고되고 있다 [1, 2].



| 그림 4 | 실제 주행환경에서 2D 또는 3D HUD에 의해 투사되는 2D 또는 3D 영상

앞 문단에서 소개한 더 먼 거리, 더 넓은 시정각의 HUD 영상을 투사할 때는 렌즈의 확대 배율 증가로 일광 부하에 기인한 열 손상 관리가 다양한 온도의 실제 주행환경에서 일관된 HUD 영상 품질 구현을 위해서는 필수적이다. 돋보기 사례와 같이 햇빛이 작은 지점으로 집중되면 해당 지점에 일광 부하를 심하게 증가시켜 열 손상이 발생하는 것과 같이 HUD 시스템을 구성하는 광학 렌즈에 기인해 같은 손상이 발생할 수 있다. 전통적 HUD(운전석 전방 2 - 3 m 지점에 4도 이하 시정각 크기의 HUD 영상투사)가 약 5배 비율의 광학 설계를 요구하는 반면 10 - 20도 범위 시정각의 AR HUD는 25 - 30배 광학 설계가 필요해 일광 부하 관리가 더 중요하여 재료, 기구 설계를 개선하거나 새로운 개념의 HUD 기술도 소개되고 있다.



| 그림 5 | 홀로그래프(좌) 기반 3D HUD를 개발하는 Envisics사의 데모 시나리오(우)

현대모비스는 12인치 Windshield HUD를 개발해 2020년에 현대자동차 GV80 모델에 적용을 시작으로 일반형(〈 10인치)과 고급형(〉 12인치) 제품을 공급할 능력을 보유하고 있으며, 2020년에 홀로그래프 기반 3D HUD 기술을 보유한 영국의 Envisics사(그림 5 참고)에 약 300억 투자 등 2025년 양산을 목표로 자율주행에 최적화된 AR HUD 공동개발을 추진 중인 것으로 알려져 있다. 3D 디스플레이는 깊이감을 인지하는 단서(Depth Cue)를 활용해 입체감을 구현할 수 있으며,

가장 일반적으로 사용하는 단서는 “양안시차”(좌안과 우안이 서로 떨어져 있어서 같은 물체를 바라보는 시정 각도의 차이가 발생함으로 인한 각 눈의 망막에 맺히는 해당 물체 영상의 위치 차이, Binocular Disparity)이다. 3D HUD에서는 눈 추적 장치(Eye-Tracker)를 사용해 다시점 무안경 3D 디스플레이에서 방사되는 일부 시점 영상은 좌안으로 또 다른 시점 영상은 우안으로 보내질 수 있도록 함으로써 사용자에게 3D 영상인지가 가능하도록 할 수 있다 (그림 6의 좌측 참고). 이러한 차량 내부의 무안경방식 3D 디스플레이로 구현되는 화살표 영상은 Convex Mirror(확대, 반사 경로 변경)와 전면 Windshield(Half Mirror 역할)에 의해 차장 밖 도로 위에 해당 화살표로 표현됨을 보여준다 (그림 6의 우측 참고).

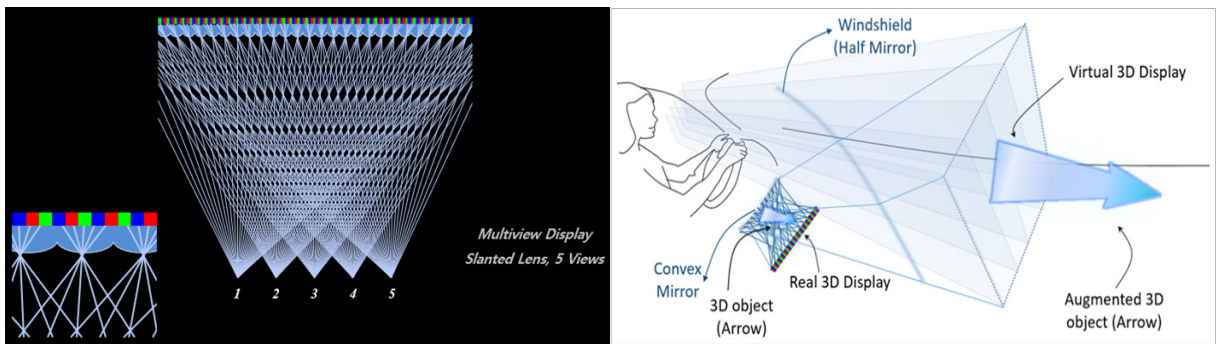


그림 6 | 무안경방식 다시점 디스플레이 기반 3D HUD 구현 원리

우리나라 기업 솔루션에서는 2023년말 AR 솔루션 기업 에피톤과 차량용 3D HUD 개발 및 생산을 위한 전략적 업무 협약을 체결하고, 전 차종에 탑재할 수 있고 차량 전면 디스플레이를 활용해 차량 속도, 위치, 좌우 및 앞차 간격을 실시간 보여주는 소비자 친화적 차량용 HUD 개발을 추진하고 있음을 발표했다.



그림 7 | 독일 아포스테라(Apostera)에서 HUD에 적용을 위해 개발한 SW 기술

3D HUD HW 시스템 개발 외에도 최근 몇 년간 속도, 내비게이션 화살표 등의 기존 차량 정보 이외 사각지대에서 출몰하는 보행자, 다른 차량 접근 등 실시간 센서 데이터를 활용해 HUD에 가상영상으로 표시해 안전성 향상 기능을 추가하는 SW 개발에도 기업들이 집중하고 있다. 삼성전자에서는 2022년

2월 독일 AR HUD SW 전문 기업인 아포스테라(Apostera)를 자회사 하만을 통해 인수, 하만의 디지털 콕핏 제품에 AR HUD 소프트웨어를 추가했으며 (그림 7 참고), LG전자에서는 2019년 'Dual-layer AR HUD'라는 이름으로 관련 기술을 업계에서 가장 먼저 상용화, 2021년 11월부터 차량용 AR 소프트웨어를 솔루션 형태로 공급을 시작했다. 해당 기술은 폭스바겐 등 외제차 제품에 탑재, 고객사도 꾸준히 늘어나는 추세로 10 m 거리 가상 화면에 내비게이션, 주행 보조 등의 정보가 표시되고, 3 m 거리 가상 화면에 속도 등 주요 정보가 표시되는 하나의 HUD에서 서로 다른 거리에 있는 두 개의 가상 화면을 동시에 구현하는 솔루션이다.

◦ 나. 2D/3D HUD 국내 및 해외 표준개발 현황

HUD 성능 관련 국내 및 해외 표준개발 현황은 표 1에서 소개한다. 북미 자동차 규정 SAE(Society of Automotive Engineers, 미국 자동차 공학회)에서는 2018년 11월에 2D HUD에 대한 광학 성능 측정방법 표준 개정판(SAE J1757-2)을 출간했으며, IEC와 ISO에서는 2018년부터 표준개발을 시작했다. 우리나라에서는 IEC TC110(Electronic Displays) WG6(3D Displays)에 '3D HUD 광학 성능 측정방법' 개발을 제안해 2019년에 NP(New Project)로 승인되었고 2022년에 출간되었다. 연이어서 '3D HUD 화질특성 측정방법' 개발을 제안해 2021년에 NP로 승인, 2024년 말 또는 2025년 초에 출간 예정이다. ISO TC22(Road Vehicles) SC35(Lighting and Visibility) WG3(Visibility)에서는 2017년 이태리 UNI에서 SC35 Secretary 자격으로 HUD 표준개발을 제안, 2018년 11월에 NP로 승인되었고, 우리나라에서는 '3D HUD 사용자 평가 방법' 부분을 제안해 부속서에 반영되었으며, 2023년에 출간되었다.

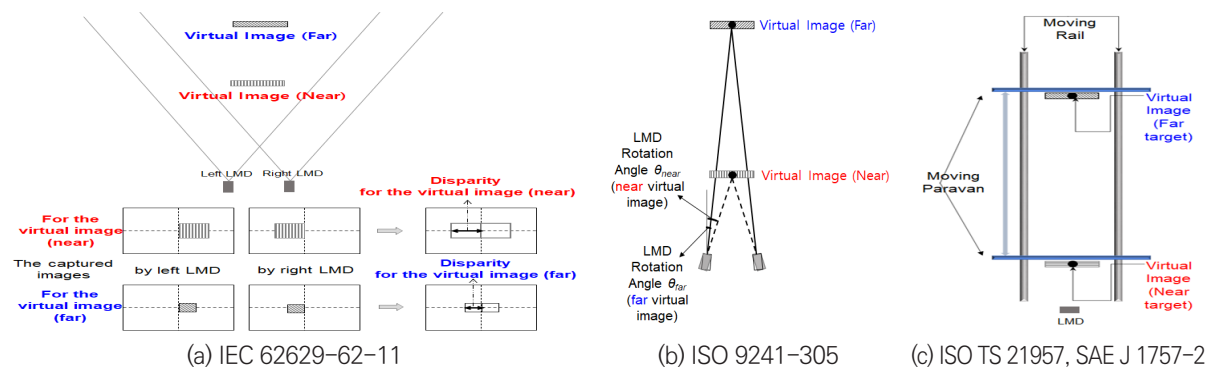
| 표 1 | HUD 성능 관련 국내 및 해외 표준개발 현황

	국내외	발행기관	표준번호 및 표준제목	발행 년도	범위	우리나라 참여 여부
1	국내	TTA	TTAK. KO-06.0403 차량용 증강현실 정보제공 안전성 및 편의성을 위한 시험	2015	2D	-
2	국내	국가기술표준원	KS C IEC 62629-62-11 3D 디스플레이 기기-제62-11부 : 가상영상에 대한 측정방법-광학	2023	2D, 3D	표준 제안, 개발
3	국외	SAE (미국 자동차 공학회)	SAE J 1757-2 Optical System HUD for Automotive	2018	2D	-
4	국외	IEC (TC 110)	IEC 62629-62-11 3D display devices-Part 62-11: Measurement methods for virtual-image type - Optical	2022	2D, 3D	표준 제안, 개발
5	국외	ISO (TC 22)	ISO TS 21957 Road vehicles - Visibility - Specifications and test procedures for head-up displays (HUD)	2023	2D (Annex B 만 3D)	부속서 (Annex B) 제안, 개발

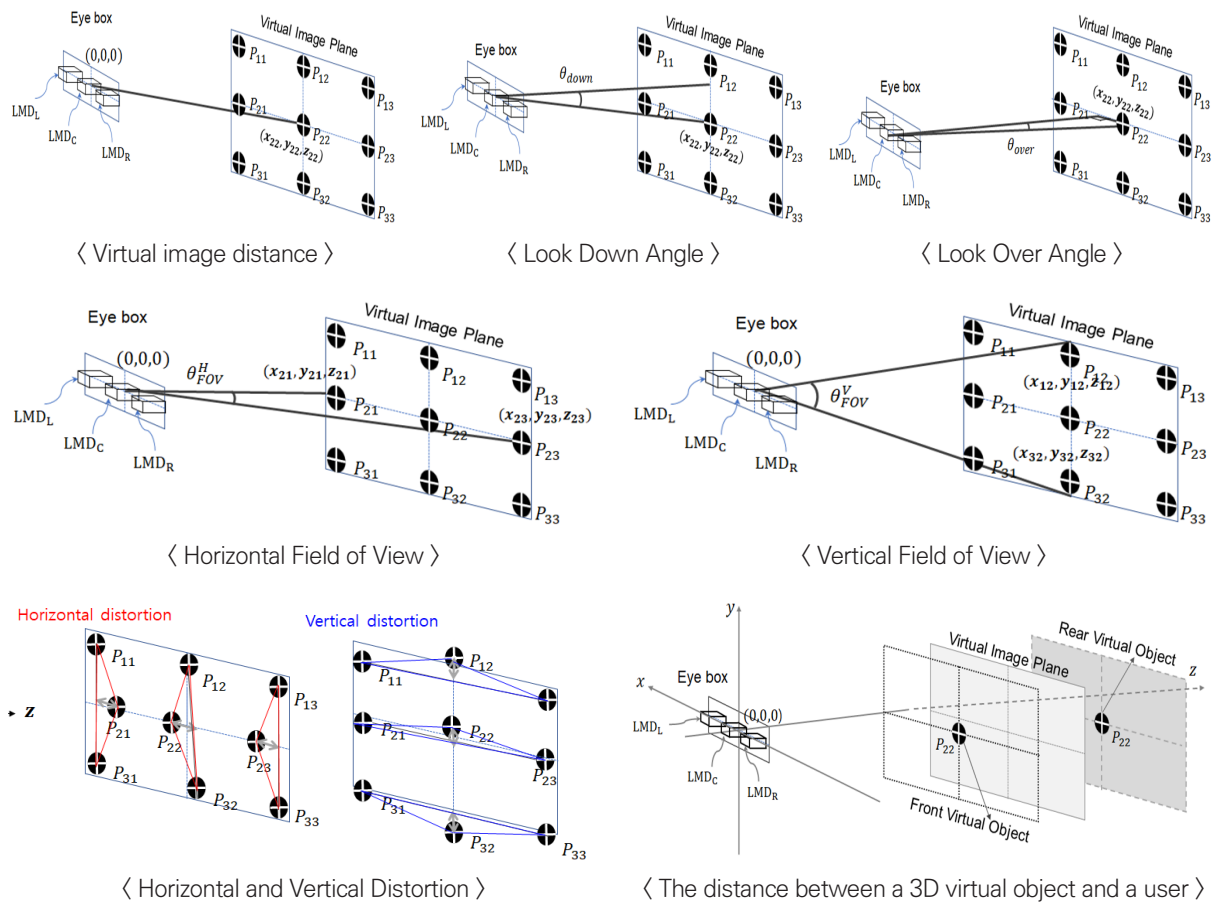
IEC 62629-62-11, 62629-62-12, ISO TS 21957에서 표준개발 범위로 정의된 내용은 다음과 같다.

- IEC 62629-62-11 : 3D HUD를 구성하는 Real Display(그림 6. 우측 참고)의 영상정보(밝기, 색)와 광학계(확대, 반사 기능)의 조합으로 구현되는 3D Virtual Display의 “3D 가상영상의 밝기, 색, 대비감, 시청각, 3차원 공간상 존재 위치와 왜곡 정도”에 해당하는 광학 물리량을 측정하는 방법과 계산 과정을 정의
- IEC 62629-62-12 : “주/야간, 도로 배경이 변화하는 실제 주행환경에 보이는 3D 가상영상의 대비감과 색 특성에 미치는 영향, Two Layers를 가지는 전면 차장에 기인해 발생하는 Ghost 현상의 발생량, 좌안과 우안의 시청 위치에 따른 가상영상의 위치 차이”에 대한 측정 방법과 계산 과정을 정의
- ISO TS 21957 : HUD에 의해 구현되는 “2D 가상영상의 밝기, 색, 대비감, 시청각, 가상영상면의 기하학적 왜곡 정도”에 대한 측정 방법과 “피험자가 인지하는 깊이, 시청 피로 등”에 대한 평가 방법을 정의

SAE J 1757-2 표준에서는 그림 8(c)에서 보여주는 것과 같이 가상영상의 패턴과 실제 보드 상 패턴이 동시에 초점이 맞는 지점의 정보를 활용해 운전자로부터 가상영상 면의 거리를 평가하며, 이 평가 방법은 Radiant사에서 측정 장비로 상용화되었다. 그림 8(b)에서는 카메라의 회전 각도 정보로부터 가상영상 면의 거리를 측정할 수 있는 개념을 소개하고 있으며, 이는 Eyewear 디스플레이의 광학 특성 측정에 활용되고 있다. 우리나라에서는 이와 다르게 그림 8(a)에서 보여주는 것과 같이 우리 눈의 좌안과 우안이 떨어진 간격(예를 들면 6.5 cm)에 복수 카메라(그림 8에서는 LMD, Luminance Measuring Device로 표시함)를 설치해 획득한 복수 영상정보를 활용해서 시청자와 가상영상 면의 거리정보(Virtual Image Distance)뿐 아니라 왜곡 정도, 가상영상 면의 앞과 뒤에 존재하는 3D 가상영상의 위치 정보까지 정량화하는 측정 방법을 제안하였다. 카메라 하나로 좌안, 우안, 양안의 중심 위치에서 3번 촬영한 영상으로 얻고자 하는 다수의 기하학적 정보(그림 9 참고)를 한 번에 얻을 수 있는 장점이 있다.

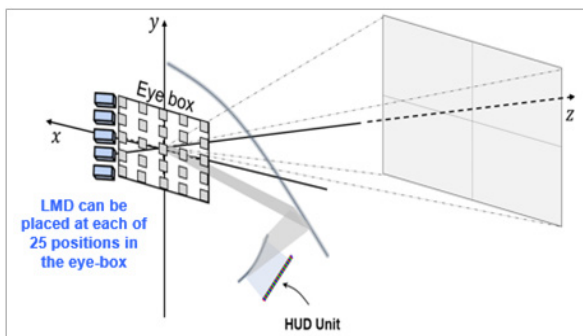


| 그림 8 | 운전자~가상영상까지 거리를 측정하기 위해 적용 가능한 방법을 제안한 국제표준 비교

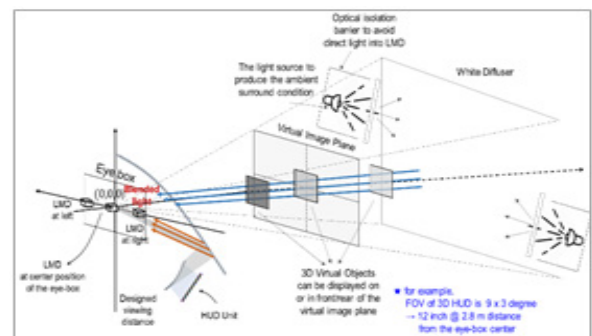


| 그림 9 | 3D HUD 가상영상의 기하학적 특성 (IEC 62629-62-11 참조)

그림 10에서는 IEC 62629-62-11과 IEC 62629-62-12 표준에서 각각 소개하는 3D HUD 영상을 시청하는 사용자 눈의 위치 변화에 따른 밝기 균일도 평가와 주변 환경의 밝기 변화가 가상영상의 화질에 미치는 영향 평가를 위한 측정장치 셋업을 보여주고 있다.



(a) 3D HUD 영상을 시청하는 사용자 눈의 위치 변화에 따른 밝기 균일도 평가

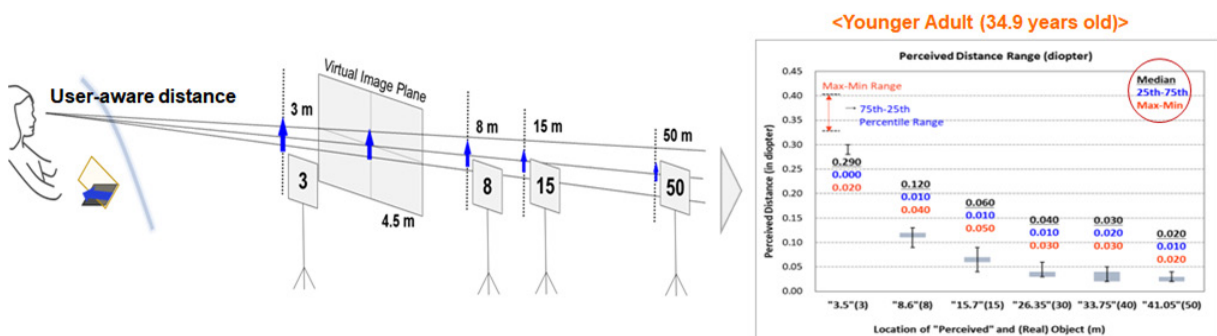


(b) 주변 환경의 밝기 변화가 가상영상의 화질에 미치는 영향 평가를 위한 셋업

| 그림 10 | (a) IEC 62629-62-11, (b) IEC 62629-62-12 표준에서 규정하는 측정 셋업 사례

이 두 가지 측정항목 모두 SAE J 1757-2, ISO TS 21957 표준에는 포함되지 않는 내용이다. 디스플레이 밝기 특성 균일도 평가에서는 기존 평판 3D 디스플레이와 다르게 확대 광학계를 사용하는 3D HUD에서는 그림 10(a)에서 보여주는 것처럼 사용자의 눈의 위치에 따라서 휘도 값을 측정 후 눈의 위치가 1 cm 간격으로 이동하는 경우 휘도 변화량으로 균일도를 평가한다. 자동차에서 운전자의 머리 움직임은 제한된 범위에서 일어나는 것으로 가정할 수 있어서 이 범위를 그림 10(a)에서 eye-box(예를 들면, 가로 142 x 세로 128 mm)로 표시한다. 그림 10(b)에서는 가상영상의 색과 대비감이 실제 배경의 밝기 변화에 따라서 어느 정도 영향을 받는지 평가하기 위한 측정장치 셋업을 보여준다. HUD의 최소 시정각(Field of View)에 해당하는 크기 이상의 백색 스크린에 백색 조명을 사용해 가상영상과 중첩되는 밝고 어두운 배경을 형성할 수 있는 장치 배치를 IEC 62629-62-12 표준에서는 사례로 소개하고 있다. 실제 배경이 밝아질수록, 즉 밤에서 낮으로 주변 환경이 변화될 경우, 사용자가 인지하는 가상영상의 색좌표의 이동 정도는 증가하고 대비감은 감소하는 경향을 보여준다. 이러한 변화량 데이터는 HUD 영상 화질 개선을 위해 활용될 수 있을 것이다.

3D HUD에서 운전자는 주행 도로와 주위 건물을 가리키는 입체영상(그래픽 심볼 등)을 시청하게 되는데, (1) 투사되는 입체영상에 대해 의도된 설계 거리와 사용자가 인지하는 거리 차이, (2) 입체영상 위치에 따른 수렴-초점 불일치로 인해 발생 가능한 시청 피로 정도를 평가한 결과는 3D HUD 설계와 영상 제작에 적용될 수 있어서, 해당 거리(깊이, Depth)에 대한 인지 여부와 시청 피로 발생 여부 등에 대해 피험자 평가가 필요하다. LiDAR, ADAS 시스템과 연계하여 AR 3D 영상으로 주행 도로의 신호등, 보도, 도로변의 위치 등에 대해 정확하고 안전한 표시가 필요함에 따라 사용자인지 평가 방법개발, 결과해석 가이드 개발은 중요하다. 따라서 우리나라에서는 인간공학과 관련된 이슈를 다룰 수 있는 ISO TC 22 SC 35 WG 3에서 개발 중인 ISO TS 21957 표준의 부속서로 3D HUD 사용자 평가 방법과 분석 결과 해석을 위한 가이드를 2019년에 제안, 2023년에 발간되었다.

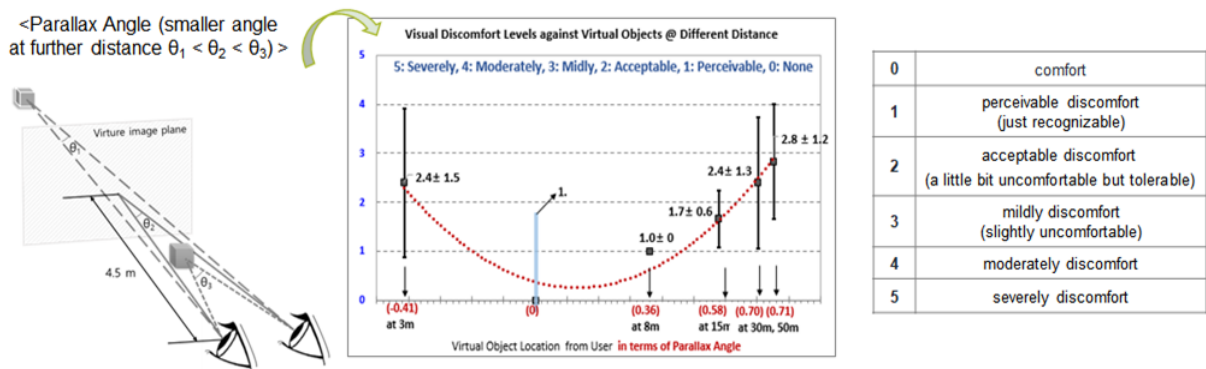


| 그림 11 | 3D 가상영상에 대한 거리 인지감 평가(좌), Diopter 단위로 표시한 결과(우)

그림 11에서는 3D HUD 영상에 대해 피험자가 인지하는 거리 평가를 위한 셋업과 결과를 보여준다. 피험자 개인별 양안 거리를 측정, 반영해 3D 실험 영상을 생성 후, 피험자(평균 35세, 40명)에게 실제 번호판이 놓여 있는 곳(3, 8, 15, 30, 40, 50 m)으로부터 가장 가까운 거리에 3D 가상영상이

위치하도록 요청하였다. 서로 다른 거리에 있는 두 물체의 위치가 피험자에게서 멀어질수록 두 물체 간 거리 차이는 감소하는 방향으로 인지하므로 이 특성을 반영해 피험자의 인지 거리 데이터는 Diopter(1/meter)로 표시, 비교하는 것이 바람직하다. 3~15 m 거리에서 피험자는 실제 번호판 대비 조금 먼 거리에 있는 3D 가상영상을 비슷한 거리에 있는 것으로 인지하지만, 30~50 m 거리에서 피험자는 실제 번호판 대비 가까운 거리에 있는 3D 가상영상을 비슷한 거리에 인지하는 경향을 보여주었다.

그림 12에서는 3D HUD 영상에 대해 피험자가 인지하는 시청 피로 평가 결과를 보여준다. 피험자에게 3~50 m 거리에 놓인 3D 가상영상을 최소 1 초간 응시 후 0~5점 사이의 점수로 시청피로 정도를 평가하도록 하였다. Zero Parallax 위치인 기준 가상영상면(Virtual Image Plane)과 이 기준 면의 앞과 뒤에 있는 3D 가상영상까지의 거리 차이를 Parallax Angle 차이로 계산 후 피험자의 시청 피로 평가 값과 비교하였다. Zero Parallax 위치인 기준 가상영상 면으로부터 앞/뒤 방향으로 벗어나서 위치한 3D 가상영상에 대해 시청 피로는 증가하는 경향이 있지만, 운전자가 3D HUD 영상만 응시하는 대신 전방 도로, 건물, 차량 등과 가상영상을 번갈아 보는 실제 주행환경을 고려한다면, 시청 피로는 수용할 수 있는 수준에 해당할 것으로 생각한다.



| 그림 12 | 3D 가상영상에 대한 Δ Parallax-Angle(x축) 대비 시청 피로(y축) 평가 결과 비교

3 결론

현실의 배경에 가상영상을 함께 보여주는 AR 기술이 가장 큰 파급효과로 적용될 수 있는 분야가 자동차용 HUD이며, 3D AR HUD 기술은 최근 자동차 제조사들이 경쟁적으로 적용하고자 검토 중으로 BMW, 아우디, 현대자동차 등 글로벌 완성차 기업에서 조만간 양산 차량에 적용하여 출시할 것으로 기대된다. 운전자의 시야에 큰 Overlay 영상을 생성하고 자동차가 움직일 때 실시간으로 주행환경과 동기화를 유지할 수 있는 True AR HUD 구현을 위해서 (1) 더 먼 투사거리에서 더 넓은 시정각의 영상구현과 함께 자동차 내부에 장착이 수월한 수준으로 소형화된 HUD, (2) 실제 주행환경의 물체와

정합되고 시청 피로가 거의 없는 3D 가상영상의 구현, (3) 외부 센서, ADAS 경고, 내비게이션, 관심 지점 또는 보행자 감지와 같은 상황별 주요 정보를 시각적 그래픽으로 주행 도로에 빠르게 표시할 수 있는 실시간 데이터 처리 기술 등 분야에 개발이 집중되고 있다.

우리나라에서는 국내기업이 3D HUD 시제품을 개발한 2018년부터 3D HUD 광학과 화질 특성을 측정하는 방법을 IEC 국제표준으로 제안, 개발을 추진했으며, 동시에 완성차에 적용 전 필수 검증 사항에 해당하는 인간공학 기반 평가를 위한 피험자 대상 정량적 평가 방법을 개발해 ISO 국제표준으로 제안하는 활동을 병행함에 따라서 본 이슈 리포트에 주요 결과를 소개하였다.

4 참고문헌

- [1] S. Y. Choi, Y. J. Jeong, J. K. Ko, M. S. Noh, J. H. Lee, D. K. Nam. 3D HUD Optical-Property Measurement for IEC and ISO Standard Developments, Proceedings of the International Display Workshops, 2020.
- [2] S. Y. Choi, Y. J. Jeong, J. K. Ko, M. S. Noh, D. K. Nam. Measurement of Optical Characteristics and User Cognitive Property for 3D AR HUD, Optics and Photonics Congress, Jeju, 2022.

07. 차량용 자율 주행 카메라 산업동향 및 표준

엠씨넥스 정영현

1 자율주행 카메라 산업동향

가. 자율주행 시장 및 기술 동향

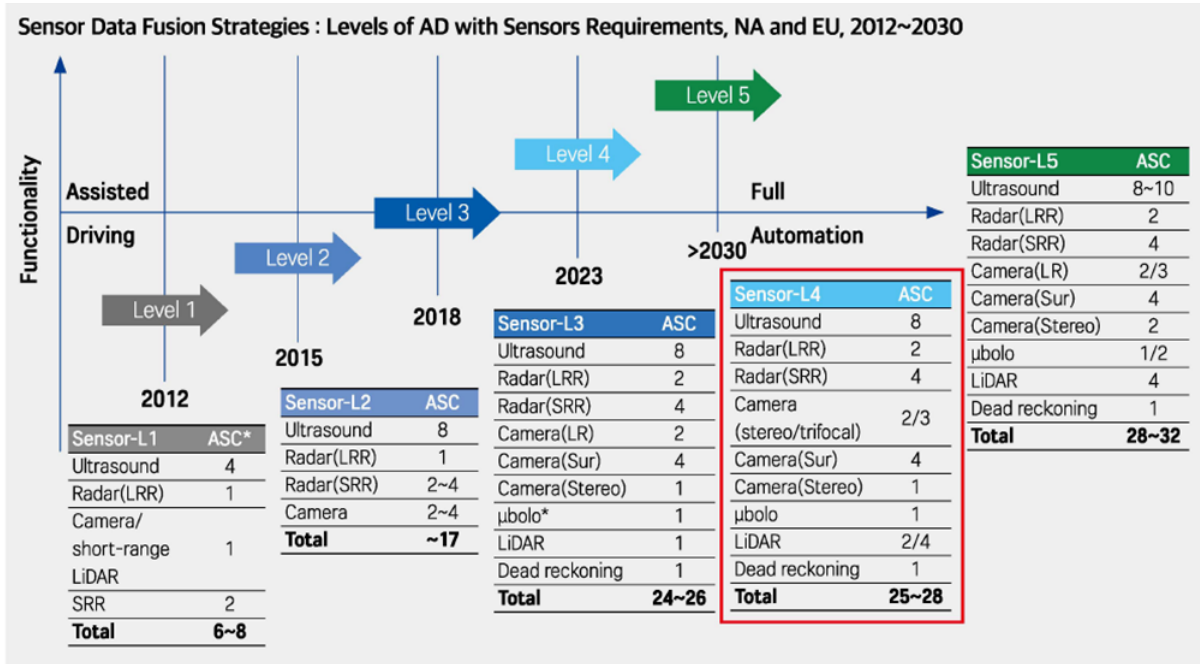
세계 유수의 자동차 OEM이나 IT 기업들은 최근 인공지능 활성화 분위기에 편승해 자사의 자율주행기술 역량을 대대적으로 홍보하고 있다. 그리고 국내외 각종 연구소, 대학, 자율주행 스타트업도 마찬가지로 자율주행을 연구개발하고 있다 하지만 자율주행 기술로 인한 사고가 발생하면서 소비자의 심리적 불안감도 높아지고 있는 것이 사실이다.

실제로 2018년도 및 2024년 에는 테슬라(Tesla) 모델 X가 고속도로 자율주행 중에 역광에 의해서 사고와 안개상황에서 신호등 식별을 못해사고가, 발생하여 사망자가 생겼고, 2018년도에 우버(Uber) 사의 자율주행차량이 길을 건너던 중, 보행자 추돌사고가 발생하여 사망한 사건이 있었다. 이에 따라서 미국자동차 협회(AAA, American Automobile Association)가 2018년 실시한 조사에 따르면 미국 운전자의 평균 73%가 무서워서 자율주행차를 탈 생각이 없으며, 자율주행차가 보행자 및 일반차와 도로를 공유하는 것에도 불안감을 느끼는 것으로 조사되고 있다.

그러나 미국도로교통안전국(NHTSA)은 자율주행차량이 완벽하지 않더라도 조기에 시장에 투입하는 것이 장기적으로 교통사고 사망자 감소에 도움이 될 것으로 예상하고 있다. 2020년에 인간보다 10% 안전한 자율주행차량을 시장에 도입하면, 2040년에 완벽한 자율주행차를 시장에 도입할 때보다 약 52만 명을 더 살릴 수 있다고 분석하고 있다. 이러한 분석에 따라 자동차 OEM 및 IT 기업들은 계속 자율주행차량을 개발하고 있으며, 자율주행차량의 자율주행사고에서 핵심 문제로 떠오르는 인지센서의 한계성능 향상 및 오류를 보완할 수 있도록 다양한 차세대 센서 개발 및 안전도 이중화(Redundancy) 확보를 통해 자율주행차량의 안전도와 신뢰도를 확보하기 위해서 노력하고 있다.

자율주행 기술고도화에 따라 주행인지 성능 향상 및 신뢰도 확보를 위해 차량에 장착되는 카메라/라이다/레이더 등의 인지센서 개수가 급격히 증가하고 있다. 또한 사람이 운전하지 않는 레벨 4 자율주행 시에 안개 또는 야간에 장애물을 검출하기 위한 나이트비전용 열영상 또는 적외선 카메라(IR, Infrared camera)와 같은 μ bolometer 종류의 센서가 새롭게 장착될 것이 예상되고 있다.

따라서 향후 자율주행 레벨 4수준의 차량은 초음파 8개, 장거리 레이더 2개, 근거리 레이더 4개, 스테레오 또는 Tri-focal 카메라 1 개, 주변환경 카메라 8개, μ bolometer 1 개, 라이다 4개 등 다양한



* ASC : Average Sensor Count(in the respective levels), μbolo : thermal camera/IR sensor for night vision
(출처: Frost & Sullivan)

| 그림 1 | 자율주행차량 레벨업 센서 장착 수량 및 종류

종류의 센서가 장착될 것으로 예상되고 있다.

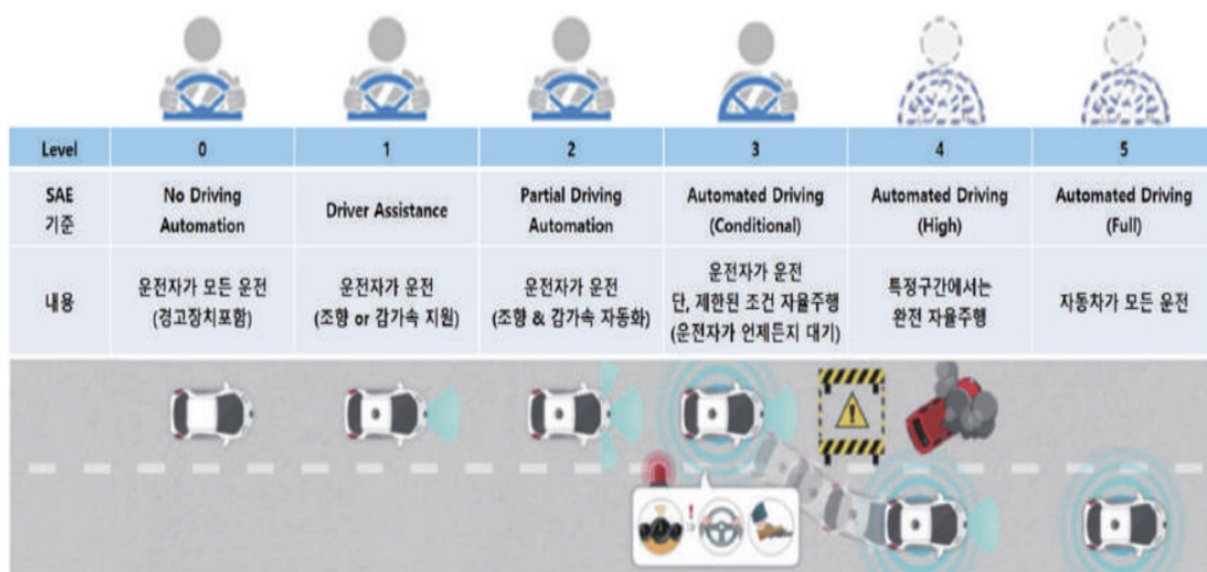
○ 나. 자율주행 단계 및 센서 동향

자동차 업계에서는 카메라가 운전자의 주변 환경 가시성을 높여 차량 안전성을 높이는 첨단 안전장치로 활용하고 있다. 자동차 업계의 다양한 이해관계자들은 원하는 자율주행 수준을 달성하고 운전자의 상호작용을 최소화하기 위해 전자적 기능의 연구개발에 주력하고 있으며, 커넥티드 카, 자율주행차 및 전기자동차의 출현으로 차량의 운전자 보조 시스템에 대한 요구가 급증하고 있는 추세이다.

자동차용 카메라는 기계·제조 분야에 속하는 기술로, 주차 보조, 자율 비상 제동(AEB), 전방 모니터링 시스템 등 운전 보조 기능에 다양한 용도로 사용되고 있으며, 자동차용 카메라는 단독으로 사용하거나, 라이다(LiDAR), 레이더(Radar), 초음파 센서와 같은 다른 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 센서와 함께 사용할 수 있다.

자율주행은 국제자동차기술자협회(SAE) 기준에 따라 6단계로 구분되며, 일반적으로 Lv.3~5를 자율주행차로 분류한다.

Lv.1~2는 운전자가 운전하는 동안 차선 유지, 속도 조절 등의 주행 보조기능을 제공하는 수준이며, Lv.3부터는 부분 또는 완전 자율주행이 가능 - Lv.3는 제한된 조건에서 자율주행이 가능하나 긴급상황시 운전자가 개입하며, Lv.4는 특정 구간에서, Lv.5는 모든 구간에서 완전자율주행이 가능함을 의미 한다.



| 그림 2 | 자율주행의 6단계 분류

◦ 다. 차량용 카메라 시스템 시장의 중장기 기술전망

차량용 카메라는 차량의 편의 장치가 증가되는 추세에 따라 운전자 편의 보조 장치로 성장하고 있고, 현재는 자율주행 레벨에 따른 안전장치로 급성장하고 있다. 많은 카메라 중 특히 운전자 관점에서 운전자의 눈과 같은 역할을 하는 카메라가 이에 해당된다고 볼 수 있다. 과거 저화소 카메라가 대세였다면, 지금은 고화소(2M이상) 카메라의 수요가 증가하고 있다.

최근 트렌드는 자동차에 차량 주변을 볼 수 있는 SVM(카메라군 1set)과 전/후방 영상을 녹화하는 DVS 카메라(2EA)와 자율주행 Level 2인 전방 센싱용 카메라(1EA) 등 총 3개 군 카메라가 탑재되고 있다. 향후에는 전방 및 전방 주변과 측전후방을 센싱하는 카메라(3EA)와 운전자 및 승객을 센싱하는 카메라 (3EA) 등 차량에 8EA 이상 카메라가 탑재될 것으로 전망된다.

차량용 카메라 제품군 중에 센싱용 카메라는 2~8M의 고화소 센서를 탑재하고 있다. 또한 개체인식 결과를 자동차가 조향 및 제동을 하는 중요한 신호로 사용을 하고 있다. 이는 일반 Viewing 카메라보다, 성능 요구 사양이 상당한 수준의 고품질을 요구하는 것이라고 볼 수 있다. 즉 광학계와 카메라 모듈 매칭성 및 센싱 데이터 기반 ECU 처리와 직접적인 아키텍처 기반 중요성을 알 수 있다.

현재 자율주행 센싱 시장 분야는 인-캐빈(In-cabin)과 아웃-캐빈(out-cabin) 기술로 나눌 수 있다. 아울러, 다양한 센서를 활용한 연구들이 진행되고 있고, 특히, 단일 센서인 카메라를 활용해 Level 2+ 및 Level 3를 실현하기 위한 연구가 진행되고 있다. 특히, 자동차가 요구하는 완성도 높은 카메라 제작 기술이 중요하다. 특히, 자율주행 분야에서 초고화소(8M이상) 센싱용 카메라 시장은 2024년 이후 급성장할 것으로 예측하고 있다.

최근 SAE(미국자동차기술인협회)에서 기술적인 측면에서 자율주행 단계 세분화 필요성에 따라, 단계를 세분화했다. 기존의 5단계는 변함이 없으나, Level 2에서 Level 2+단계가 추가되면서, ADAS와 조건부 자율주행단계가 정의됐으며, 추가적으로 Level 3부터는 제한적 자율주행이라 정의됐다.

새 기준에서 기술적 표현이 추가되면서, 많은 연구기관에서 제한적 자율주행 단계(Level3)에서 하나의 센서로 극복하기 어려운 환경에서 자율주행 완성도를 높이기 위해, 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히, Level 3 이상의 제한적 자율주행에서 성능을 달성하기 위해서 두 개 이상의 센서가 필요하다는 내용이 연구개발을 통해 확인되고 있다.

따라서 퓨전 센서(Fusion Sensor) 형태로 기술이 진보될 것으로 보인다. 예를 들어, 카메라+레이더, 카메라+라이다 등이 예가 될 수 있다. 이미 완성차에 기술 도입돼, 일부 양산 중인 모델도 있다. 자율주행 연구개발 종사자들은 현재 Level 3 이상의 성능을 달성하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

당분간 자율주행 편의 및 안전 분야는 센서 융합(카메라/레이더/라이다/초음파) 시스템이 지배할 것으로 보고 있다. 특히, 자율주행 센싱 시스템에 대해 자율주행 레벨 정의에 따른 기술 연계가 광학계/카메라/시스템 분야가 지향해야 할 목표로 대두될 전망이다.

○ 라. 자율주행 카메라 기술 시장 동향

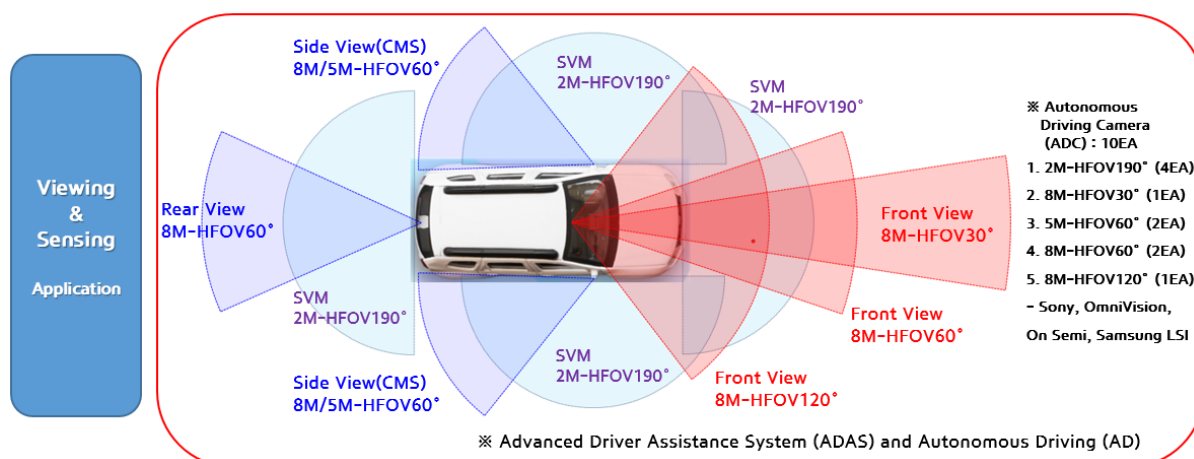
글로벌 자율주행용 카메라 시장은 2021년 4.2조 원에서 2025년 7.9조 원으로 연평균 17% 가까이 성장할 전망이다. 차량용 카메라 모듈 수요가 증가하여 2020년 4~6개에서 현재 8~10개까지 늘어났으며, 완전자율 수준으로 성장하면 차량 한 대당 15개~20개의 카메라가 필요할 것으로 예측된다. 2026년 자율차 카메라 시장 규모는 590억 달러로 성장할 것으로 내다보이며, 센서의 중요성은 자율주행 시장에서 더욱 부각되고 있으며, 초고화질 카메라와 라이다, 레이더 기술의 중요성이 강조되고 있다.

완전자율 주행을 위해 많은 자율주행차에 12개 이상의 카메라가 사용되며, 이는 고도화된 자율주행 시스템 구축에 필수적인 요소로 판단되고 있다. 다양한 센서 및 신규 센서들은 단일 센서에서 인식 기능을 수행하거나, 각 센서의 장단점을 보완할 수 있는 다양한 센서 융합전략 및 클라우드 연계전략을 통해서 인식성능을 향상시켜 나가고 있다. 또한 차량 전방 및 주변에 존재하는 정형, 비정형 객체에 대한 인식과 검출이 가능해야 하며 다양한 상황에 대한 해석이 가능해야 한다.

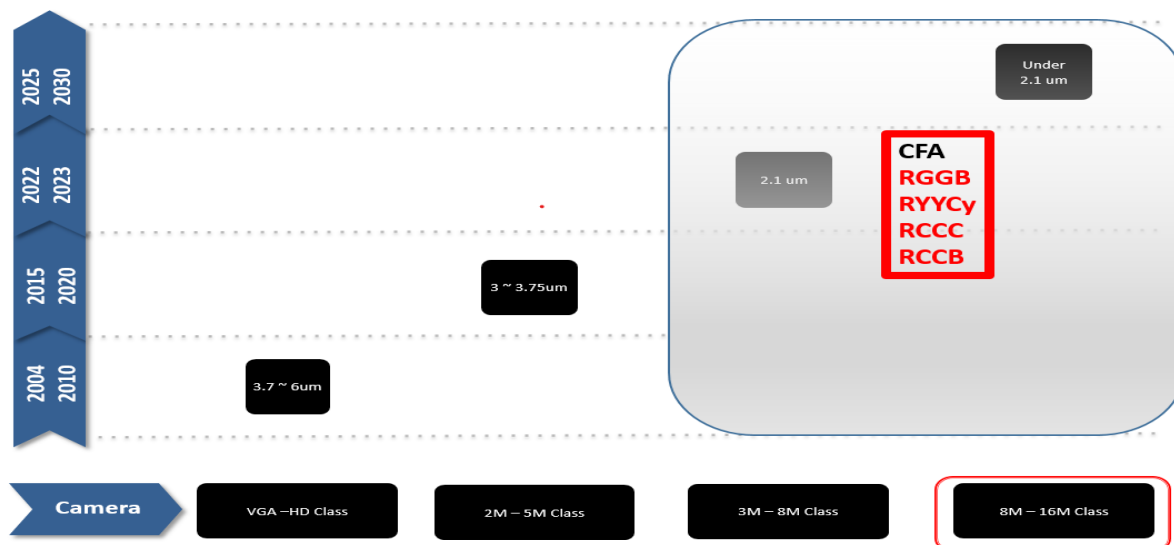
따라서 인간의 인지력에 준하는 고성능화 및 차별화된 차세대 센서에 대한 개발 요구가 높아지고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 카메라 센서는 8 메가픽셀급 이상의 고해상도화 및 인공지능 적용을 통해 인지기능이 향상되고 있으며, 일반도로뿐만 아니라 혼잡한 주차장 및 골목길 상황에서도 주변을 정확하게 인식할 수 있는 기술로 발전하고 있다. 또한 기존의 컬러 영역대에서 벗어나서 다양한 파장대의 신호를 검출할 수 있는 열영상 및 단파장 IR 센서를 개발하여 안개나 연기과 같은 비전 카메라가 인식하기 어려운 상황에 대처할 수 있도록 인식 성능을 높이는 기술이 개발되고 있다.

○ 마. 카메라 센서 동향

특히 카메라 센서는 기존보다 더욱 많은 정보를 인식하기 위해서 인식 수준이 높아지고 있다. 따라서 도로 객체 (Road Users), 도로형상(Road Geometry), 도로 의미 (Road Semantics), 도로 경계(Road Boundaries)에 대한 다양한 인식정보를 얻기 위한 기술이 개발되고 있다. 또한 자율주행을 위한 카메라 요구사항이 높아지고 있으며, 차량 장착을 위한 기준도 수립중에 있다.



이에 따라서 카메라 융합 기반 3차원 인식 기술, 픽셀 기반 인식 기술(Scene segmentation), 차량 자세 및 크기 인식 기술, 컷인 차량을 인식하기 위한 바퀴 인식 기술(Wheels), 타깃 차량 문열림 인식 기술, 다중 카메라 융합 기반 부분 객체 인식 및 추적 기술(Full image detection), 딥러닝 기반 거리 인식 기술(Range Net), 높이 인식 기술(Parallax Net) 등의 다양하고 새로운 인식 기술을 개발하고 있으며, 그에 맞는 카메라 센서의 해상도도 높아지고 있는 추세이다.



차량용 카메라 센서 해상도 기술 동향

○ 바. 해외 기업 기술 현황

전 세계 자동차용 카메라 시장에서 주요 기업은 Continental(독일), Robert Bosch(독일), Valeo(프랑스), Aptiv(아일랜드) 및 Magna(캐나다), Veoneer, Ficosa, Denso 등이 있다.

■ Robert Bosch

전 세계 완성차 업체들에게 자동차 기술을 공급하는 최고의 공급업체 중 하나이며, 독립적인 자동차 부품 공급업체로 모빌리티 솔루션, 산업 기술, 소비재 및 에너지, 에너지 및 빌딩 기술 등 4개 사업부로 운영되고 있음 모빌리티 솔루션 부문의 운전 보조 시스템 범주에 속하는 자동차용 카메라를 제공하고 있다.

카테고리	제품 및 서비스
모빌리티 솔루션	Driver Assistance Systems • Multi Camera System • Rear View System • Mono Camera • Stereo Camera • Multi-Purpose Camera

■ Continental

전 세계 완성차 업체들에게 자동차 기술을 공급하는 선도적인 공급업체로 새시와 안전 부서를 통해 자동차용 카메라 시스템과 부품을 제공하고 있으며, 새시와 안전 부문은 2017년 회사 전체 매출에서 약 22.1%의 점유율을 차지하였다. 주요 고객으로는 Ford, GM, BMW, Audi 및 Toyota 등이 있다.

카테고리	제품 및 서비스
새시 및 안전	첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) • Camera ▷ Mono Camera ▷ Stereo Camera ▷ Multi-Function Camera with Lidar ▷ Surround View Camera ▷ Rear View Camera ▷ Mirror View Camera

■ Aptiv

완성차 업체와 애프터마켓에 자동차 부품과 모듈을 제조 및 공급하고 있으며, 어드밴스드 세이프티 및 사용자 환경(AS&UX) 부문은 차체 컨트롤, 인포테인먼트 및 연결 시스템, 수동 및 능동 안전 전자 장치, 자율주행 기술 및 차량 안전을 포함한 승객 안전, 보안, 편의 및 차량 작동을 위한 중요한 구성 요소, 시스템 및 고급 소프트웨어를 개발하고 있다. 어드밴스드 세이프티 및 사용자 환경(AS&UX) 부문을 통해 Daimler (독일), Toyota (일본), General Motors (미국), Audi (독일) 및 Hyundai (한국)와 같은

글로벌 자동차 제조업체의 요구 사항을 충족하는 카메라 솔루션을 제공하고 있다.

카테고리	제품 및 서비스
어드밴스드 세이프티 및 사용자 환경(AS&UX)	• Intelligent Forward View Camera System • Delphi Integrated Radar and Camera System • Delphi Integrated Forward View Camera (200 Series) • Delphi Integrated Forward View Camera (100 Series)

■ Valeo

자동차 산업을 위한 부품, 통합 시스템, 모듈을 설계, 생산, 판매하고 있으며, 전 세계적으로 자동차 제품의 가장 큰 공급업체 중 하나임 전자 및 연결 시스템, 변속기, 실내 온도 조절 장치, 엔진 냉각 장치, 조명 시스템, 전기 시스템, 와이퍼 시스템, 모터 및 액추에이터, 보안 시스템 및 스위치, 감지 시스템을 제조하고 있음 자동차용 카메라는 2017년 회사 사업 수익의 19.2%를 차지했던 편의 및 운전자 보조 시스템 부문을 통해 제공하고 있다. Volkswagen, Renault, BMW 및 Toyota. 등 모든 주요 자동차 제조업체와 공급 계약을 맺고 있다.

카테고리	제품 및 서비스
편의 및 운전자 보조 시스템	• LaneGuide • Sightstream • 360 vue • Driver Monitoring

■ Magna

외부 시스템, 폐쇄 시스템, 좌석 시스템, 파워트레인 시스템, 루프 시스템, 전자 시스템을 전문으로 하고 있다. 물체 감지, 교통표지판 인식, 차선 인식, 교차로 교통경보, 카메라, 자동주차 등 첨단 안전시스템을 제공하고 있으며, 360도 서라운드 뷰 카메라, 리어 뷰 카메라, 마이크로 캠 등을 제공하고 있다. 주요 고객사로는 Aston Martin(영국), BMW(독일), Ford(미국), General Motors (미국) 및 Volvo(스웨덴) 등이 있다. 2021년 마그나가 비오니어(Veoneer) 인수 하였다.

카테고리	제품 및 서비스
파워 비전	• Mirror Camera • Camera Fusion • 360-degree Surround View • Micro Cam

■ Denso

덴소는 ADAS(Advanced Driver Assistant System, 첨단 운전자 지원 시스템)을 위한 신형 센서를 개발했다. 기존 제품보다 성능을 향상시킨 LiDAR(라이다 스캐너)와 원거리 및 근거리 양쪽 모두에 대응하는 2안 카메라이다. 두 제품은 도요타자동차의 첨단운전자지원시스템인 'Advanced Drive'에 채택되었는데, 덴소는 이러한 최신 센서 등을 전면으로 내세워 독일의 보쉬(Bosch) 및

콘티넨탈(Continental) 등의 해외 메가 서플라이어와 경쟁하고 있다.

■ Ficosa

차량의 안전, 시야 및 인포테인먼트 솔루션을 위한 소형 외부 및 내부 카메라를 설계 및 제조하는 기업이다. 이 회사는 저전력 소모, 전자기 호환성(EMC) 강도, 비용 최적화를 자랑하는 독립형 또는 시스템 내 카메라를 개발하며, 고급 시스템과 초고성능 시스템 모두를 아우르는 최첨단 기술을 제공한다. 또한, 맞춤형 플랫폼 제품을 개발하고 다양한 프로젝트 간 시너지를 극대화하는 스마트 생산 라인을 운영한다. 주요 제품으로는 360도 뷰 시스템(SVS), 주차 카메라(RVC), 거울 대체 카메라(CMS), 증강 현실 카메라(AR), 운전자 모니터링 시스템(DMS), 자동 주차 및 객체 감지 카메라, 자율 주행 카메라 등이 있으며, 각 기능에 맞춘 다양한 사양을 제공한다. Ficosa는 전 세계 4개 대륙에서 생산 능력을 갖추고 있어 지역별 생산의 이점을 활용하고 물류 비용을 절감하며 현지 생산을 강화한다.

○ 사. 국내 기업 기술 현황

■ 엠씨넥스

비전 기반 전문기업 엠씨넥스는 현대자동차그룹 자율주행차의 ‘눈’을 담당한다. 뷰잉 및 센싱 카메라를 엠씨넥스가 공급하며, 센싱 카메라의 해상도는 가장 높은 게 200만 화소인데 엠씨넥스는 2023년 연말 500만 화소 개발 및 2024년엔 800만화소 개발에 집중하고 있다. 특히 전장용 카메라모듈은 SVM(Surround View Monitor Camera), DVR(S(Driving recorder)/Interior(Video Conference), ADAS(LDWS 외), Indoor Camera (DMS &TOF Camera), RVM(Rear View Camera), Finger Print Module 등이 있다.

■ LG 이노텍

LG이노텍은 지난달 자율주행용 '고성능 히팅 카메라 모듈' 개발을 완료하였다. ‘고성능 히팅 카메라 모듈’은 렌즈 하단을 직접 가열하여, 전력을 적게 소모(최대 4W)하면서도, 빠른 속도로 눈·성애를 제거. 이 제품을 사용하면 렌즈 해동에 소요되는 시간이 기존 대비 절반으로 단축. 고효율 PTC(Positive Temperature Coefficient) 소재가 사용된 것이 특징이다. 히팅 카메라는 기존 첨단운전자보조시스템(ADAS)용 카메라에 히터를 탑재한 제품이다. 안전한 자율주행을 위해 완성차 업체들은 히팅 카메라를 필수로 채택하고 있는 추세이다.

■ 삼성전기

삼성전기는 연내 발수 코팅 기술과 히팅 기능을 적용한 사계절 '전천후 전장용 카메라모듈'을 연내

양산할 계획이다. 히팅 기술은 추운 날씨에 성애가 끼거나 눈이 쌓이면 렌즈를 데워 카메라의 시야를 확보하는 기능이다. 기존 시장 제품은 성애를 제거하는 데 8분이 걸렸지만 이 제품은 1분 정도로 소요시간을 단축과 하이브리드 렌즈는 유리 렌즈와 플라스틱 렌즈의 장단점을 결합해 만든 새로운 렌즈이다. 하이브리드 렌즈에 코팅을 하면 렌즈를 비와 먼지로부터 보호할 수 있다.

■ 세코닉스

광학용 부품 연구개발 투자를 확대한 덕분에 다양한 환경 변수를 제어할 수 있는 데이터와 기술력을 확보하고 있다.

차량용 램프 시장진출. 지능형 헤드램프는 눈부심 없는 하향등과 운전자의 시야 확보를 위한 상향등의 장점을 결합한 시스템이다. 정밀하게 빛을 조절하는 기술력이 필요하다.

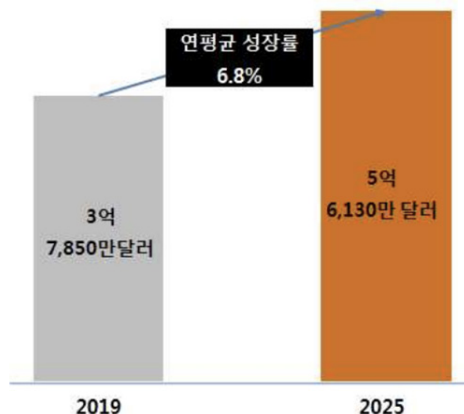
■ 파트론

2015년부터 전장용 카메라모듈을 개발 및 양산해왔으며 현재 만도를 통해 현대 및 기아자동차로 공급하고 있다.

2 자율주행 카메라 글로벌 시장 동향

○ 가) 국내 시장 규모

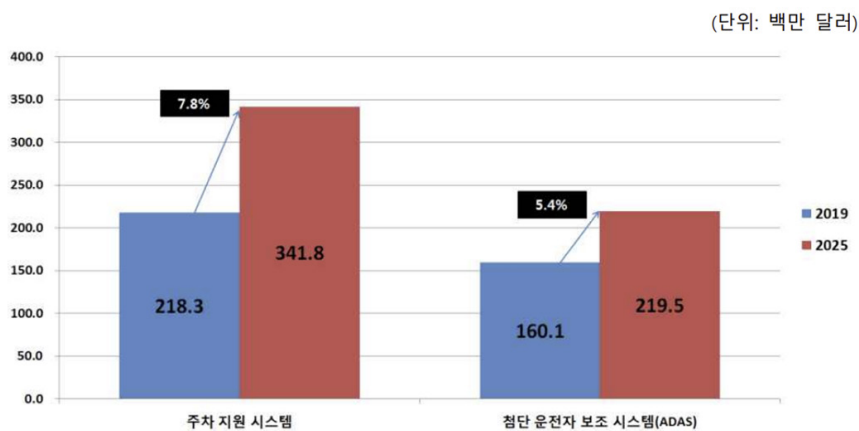
우리나라 자동차용 카메라 시장은 2019년 3억 7,850만 달러에서 연평균 성장률 6.8%로 증가하여, 2025년에는 5억 6,130만 달러에 이를 것으로 전망된다.



■ 세부기술별 시장 규모

우리나라 자동차용 카메라 시장은 용도에 따라 주차 지원 시스템, 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)로 분류된다.

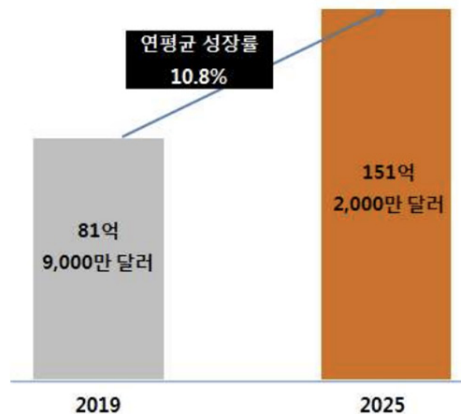
- 주차 지원 시스템은 2019년 2억 1,830만 달러에서 연평균 성장률 7.8%로 증가하여, 2025년에는 3억 4,180만 달러에 이를 것으로 전망된다
- 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)은 2019년 1억 6,010만 달러에서 연평균 성장률 5.4%로 증가하여, 2025년에는 2억 1,950만 달러에 이를 것으로 전망된다



○ 나) 해외 시장 규모

2.2 글로벌 전체 시장 규모

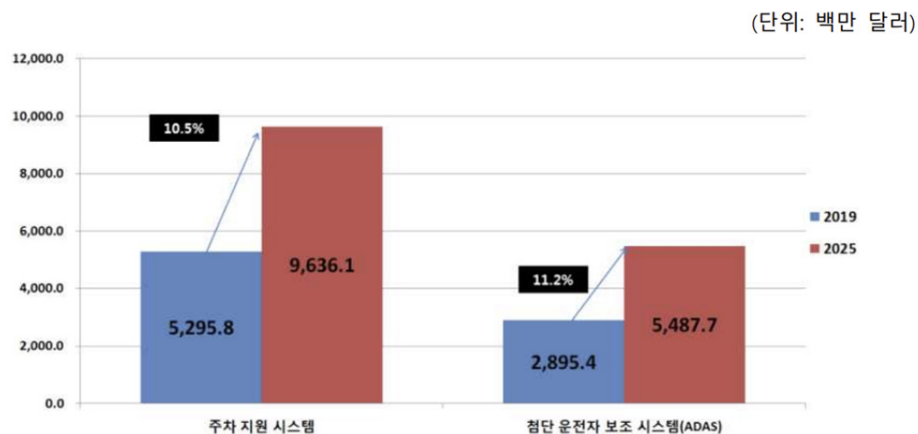
전 세계 자동차용 카메라 시장은 2019년 81억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 10.8%로 증가하여, 2025년에는 151억 2,000만 달러에 이를 것으로 전망된다.



■ 세부기술별 시장 규모

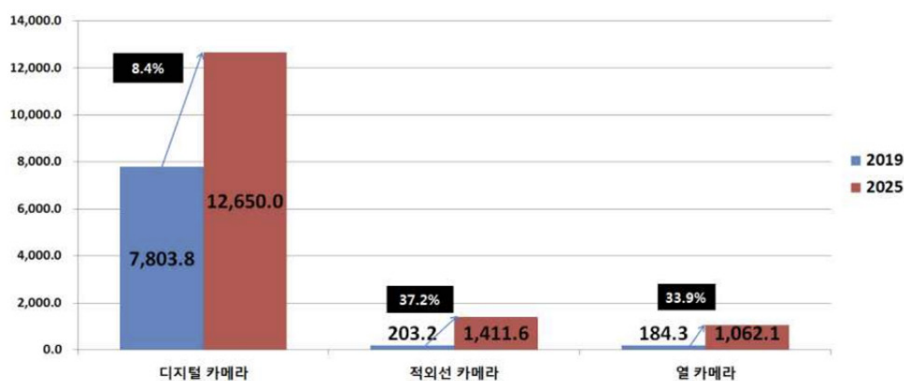
(카메라 용도에 따른 시장 규모)

- 주차 지원 시스템은 2019년 52억 9,580만 달러에서 연평균 성장률 10.5%로 증가하여, 2025년에는 96억 3,610만 달러에 이를 것으로 전망된다
- 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)은 2019년 28억 9,540만 달러에서 연평균 성장률 11.2%로 증가하여, 2025년에는 54억 8,770만 달러에 이를 것으로 전망된다



(카메라 기술에 따른 시장 규모)

- 디지털 카메라는 2019년 78억 380만 달러에서 연평균 성장률 8.4%로 증가하여, 2025년에는 126억 5,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 적외선 카메라는 2019년 20억 3,200만 달러에서 연평균 성장률 37.2%로 증가하여, 2025년에는 141억 1,600만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 열 카메라는 2019년 18억 4,300만 달러에서 연평균 성장률 33.9%로 증가하여, 2025년에는 106억 2,100만 달러에 이를 것으로 전망됨

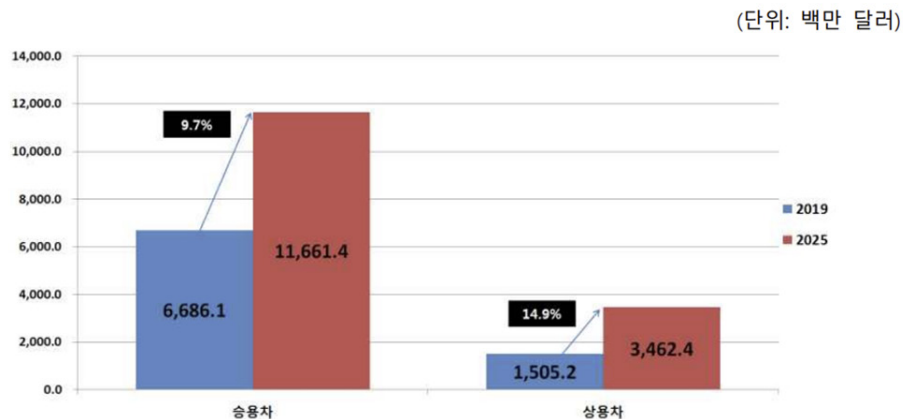


(카메라 뷰 유형에 따른 시장 규모)

- 멀티 카메라 시스템은 2019년 45억 9,150만 달러에서 연평균 성장률 13.7%로 증가하여, 2025년에는 99억 2,530만 달러에 이를 것으로 전망된다
- 싱글 뷰 시스템은 2019년 35억 9,970만 달러에서 연평균 성장률 6.3%로 증가하여, 2025년에는 51억 9,850만 달러에 이를 것으로 전망된다

(자동차 유형에 따른 카메라 시장 규모)

- 승용차는 2019년 66억 8,610만 달러에서 연평균 성장률 9.7%로 증가하여, 2025년에는 116억 6,140만 달러에 이를 것으로 전망된다
- 상용차는 2019년 15억 520만 달러에서 연평균 성장률 14.9%로 증가하여, 2025년에는 34억 6,240만 달러에 이를 것으로 전망된다



3 자율주행 카메라 표준

자율주행 차량에서 주변 환경을 인식하기 위한 센서에 관한 표준화는 라이다, 레이더, 카메라의 센서 성능 시험 방법에 관한 표준 개발과 이들 센서와 센서 데이터를 이용하여 차량 주변의 장면을 해석하는 융합장치 간의 논리 인터페이스 표준 개발이 ISO TC22 SC31, SC32와 IEEE VT(Vehicle Technology) Society에서 진행 중이다. ISO TC22(도로차량) SC32(전기/전자 부품과 시스템)에서는 임시 작업반을 운영하여, 자율주행 차량을 위한 라이다와 레이더의 성능 시험 표준 범위를 확정하고 2023년 6월 SC32 총회에서 차량용 인지 센서 작업반(가칭)을 신설하기로 협의하였고, 승인을 위한 투표는 2024년 3월까지 진행하고 1차 회의 개최를 5월로 계획하고 있다.

IEEE VT(Vehicle Technology) Society 산하 AVS(Automated Vehicles Standards) 위원회에서는 2020년부터 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 및 자율주행용 라이다와 레이더의 성능요구사항 및 시험 방법에 관한 표준화가 시작되었다. ITS(Intelligent Transport System) 위원회에서는 차량 ADAS 시스템의 이미지 품질에 관한 표준화가 2016년 시작되어 2023년 Draft 표준안을 발간하고, 2024년 IEEE 승인을 받은 최종 표준안을 발간할 계획이다.

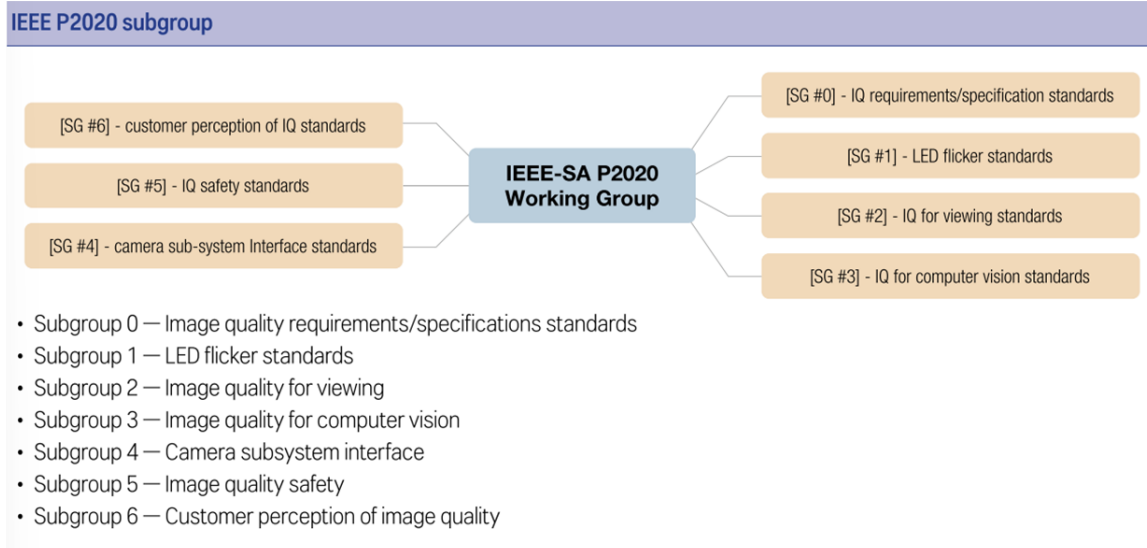
| 표 1 | 표준화 기구별 차량용 인지 센서 표준

표준 번호	표준명	표준화 기구와 작업반
ISO/PWI 13328	Test method for automotive lidar	ISO TC22/SC32/AHG1
ISO/PWI 13377	Cooperative interference mitigation of automotive millimeter-wave radar	ISO TC22/SC32/AHG2
ISO/PWI 13389	Test method for detection performance of exterior sensing millimeter-wave radar	ISO TC22/SC32/AHG3
IEEE P2936	Standard for Test Methods of Automotive Lidar Performance	IEEE VT/AVSC
IEEE P2020	Standard for Automotive System Image Quality	IEEE AIQWG
IEEE P3116	Standard for Automotive Radar Performance Metrics and Testing Methods for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and Automated Driving System (ADS) Applications	IEEE VT/AVSC
ISO 23150:2023	Road vehicles — Data communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions — Logical interface	ISO TC22/SC31

| 표 2 | IEEE 자율주행 인지센서 표준화 현황

【 IEEE 자율주행 인지센서 표준화 현황 】

	라이다(LiDAR)	레이더(Radar)	카메라(Camera)
프로젝트 번호	IEEE P2936	IEEE P3116	IEEE P2020
표준명	Standard for test methods of automotive LiDAR performance	Standard for automotive Radar performance metrics and testing methods for ADAS and ADS(Automated Driving System) applications	Standard for automotive system image quality
프로젝트 승인날짜	2020.9.25	2021.9.23	2016.12.12



■ IEEE P2020 subgroup : 차량시스템 카메라(이미지 품질) 표준

IEEE P2020은 일관성을 보장하고 산업간 기준점을 생성하기 위해 차량시스템에서 이미지 품질을 측정하고 테스트하는 방법과 성능 기준을 규정하기 위한 것이다.

IEEE P2020에서는 차량 ADAS 응용 프로그램의 이미지와 품질에 기여하는 기본 속성뿐만 아니라 이러한 속성과 관련된 기존 메트릭 및 기타 유용한 정보를 식별한다. 차량용 카메라 이미지 품질 속성을 측정하기 위한 표준화된 주요 테스트 방법을 정의하며, OEM과 Tier 1 시스템 통합업체와 부품 공급업체 간의 자동차 ADAS 이미지 품질 관련 표준 기반 커뮤니케이션 및 비교를 용이하게 하는 도구와 테스트 방법을 규정한다. 이 표준은 장면(Scene)에서 카메라 시스템 하드웨어 경계를 벗어나는 신호 출력까지 이미지 전송 체인을 포괄하는 평가에 중점을 둔 일련의 이미지 품질 계수(IQF, Image Quality Factor) 평가 절차를 제공한다.

이 표준에서 다루는 카메라 차량용 애플리케이션에 부과된 특정 과제의 예로는 어안 렌즈를 사용한 넓은 시야, HDR(high dynamic range), 더 넓은 작동 온도 범위 등이 있다. 이 표준은 자동차 이미지 품질에 관련 메트릭과 핵심 성과 지표(KPI)를 적용하여 고객과 공급업체가 이미지 처리 시스템의 이미지 품질을 효율적으로 정의, 측정, 전달할 수 있게 하려고 개발되었다.

■ 자율주행을 위한 센서 데이터 인터페이스 표준

ISO TC22(도로차량)/SC31(데이터통신)/WG9(센서 인터페이스)에서는 자율주행 기능을 위한 센서 인터페이스 표준(ISO 23150)을 2021년도에 제1판을 발행하였고, 이후 추가되는 기능을 보완하기 위해 <그림 2>와 같이 지속적인 개정 작업을 진행하고 있다. 최근 제2판(2023년 6월)까지 발간하였다. WG9 작업반의 주요 목표는 자율주행차에서 주변 상황인지를 위한 라이다, 레이더, 카메라, 초음파 등 다양한 센서와 이를 융합하여 판단하기 위한 컴퓨팅 시스템(융합장치)의 논리적 인터페이스를 제공하는 것이다. 표준개발의 주도국은 독일이며, 다음과 같은 기업/기관에서 참여하여 표준화를 진행 중이다.

ISO 23150 센서 인터페이스 표준화 대상: 이 표준은 자율주행 기능이 있는 도로 차량에 적용된다. 이 표준은 차량 내 환경 인식 센서(예를 들면, 레이더, 라이다, 카메라, 초음파)와 서라운드 모델을 생성하고, 센서 데이터에 기초한 차량 주변의 장면을 해석하는 융합 장치간 논리적 인터페이스를 규정한다. 인터페이스는 모듈식/의미론적 표현으로 설명되며 센서 기술별 정보에 기반한 피처(feature)와 검지 수준에 대한 정보뿐만 아니라 객체 수준(예를 들면, 동적 객체, 도로 객체, 정적 객체)에 대한 정보를 제공한다. 이 표준은 전기/기계 인터페이스 명세는 제공하지 않는다. 원시 데이터 인터페이스 또한 제외된다.

ISO 23150 표준은 제1판 발간 직후, 추가 기능 요구사항이 제안되어 2022년도부터 2판 표준개발을 시작하였고, ECU(융합장치)에서 센서로 데이터 입력을 위한 인터페이스와 객체 수준의 인터페이스에서 빈공간(Free space) 객체, 교통표지판 등과 같은 정보를 추가하는 것을 목표로 하였다.

■ 자율차 표준화 포럼 핵심부품 국가표준 개발

국내에서는 자율주행차의 핵심 부품군에 대한 산업 표준을 추진하여 완성차 업체와 부품사간 협력 생태계를 조성하고 국내 자율차 실증단지들에서 성능 실증 수행에 대한 목표를 제시하기 위한 자율차 표준화 포럼 산하 핵심부품(라이다, 레이더, 카메라) 국가표준 작업반이 운영되고 있다. 국제표준 대응위원회(Mirror committee)의 역할과 국내 산업체의 기술을 집약하여 국가표준 개발을 위한 노력을 하고 있으며, 자율차 부품에 대한 안전성과 성능 요구사항에 대한 국제표준화에 대응하기 위한 국내 표준안 정립 및 대응 준비가 될 수 있을 것으로 기대한다.

08. 전환기의 V2X 산업 동향 및 이슈

(주)에티포스 사업본부장 홍승수 상무

1 도입

한동안 V2X(Vehicle-to-everything)통신 관련하여 표준, 기술, 정책, 투자 등 각 영역별로 뜨거운 논쟁이 이어졌으나, 각국의 V2X통신 표준과 관련된 정책이 어느 정도 정리되어 감에 따라 V2X는 다소 진부한 주제가 되었다. V2X체계와 서비스가 본격적으로 전개되기도 전에 소모적인 논쟁으로 대중들의 관심이 소진되었기 때문이다. 논쟁은 각국이 기존의 근거리직접통신(DSRC)방식과 새롭게 제안된 C-V2X(Cellular V2X) 중에 어떤 방식을 통신표준으로 채택하는가를 놓고 각 진영의 이해관계자들이 참여하게 대립하는 형태로 전개되었다.

결과적으로 미국과 한국은 오랜 기간 실증과 시범사업을 거쳐온 DSRC방식에서 C-V2X방식으로 전환하였다. 특히 미국에서는 DSRC방식과 C-V2X방식 사이의 통신 표준에 대한 논쟁뿐 아니라, V2X체계 확산이 지지부진한 틈을 타 V2X 용도로 할당되었던 5.9GHz 대역 중 일부를 다른 용도로 전용하는 ‘사건’이 벌어졌다. 미국에서는 관련 정책을 두고 도로교통 관련 단체 및 기관이 미연방 통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)를 대상으로 소송을 제기하기도 했다.¹⁾ 유럽 또한 기존의 DSRC방식 중심의 V2X체계에서 기술중립성 확보 등을 이유로 C-V2X방식이 진입할 수 있는 문을 여는 방향으로 EU차원의 법령을 개정하였다.²⁾ 일본 역시 기존의 V2X통신 주파수를 760MHz 대역 DSRC방식에서 5.9GHz 대역으로 옮기기로 하고 C-V2X방식을 전향적으로 검토하고 있다.³⁾

이와 같이 V2X통신 표준은 길고 긴 논쟁 끝에 처음부터 C-V2X방식을 선택한 중국을 제외한 한국, 미국, 유럽, 일본 등 거의 모든 국가에서 C-V2X방식을 수용하는 방향으로 대전환기를 맞이하고 있다. 이 시점에서 본 고를 통해 다음의 주제를 다루고자 한다. 첫째, 주요 국가들의 V2X표준 관련 정책 변화의 과정의 논점들을 살펴보고, 둘째 새로운 대세로 자리 잡은 C-V2X통신 표준의 특징을 알아보고, 셋째 주요국의 V2X 관련 정책 동향 및 신기술 동향을 알아보고자 한다.

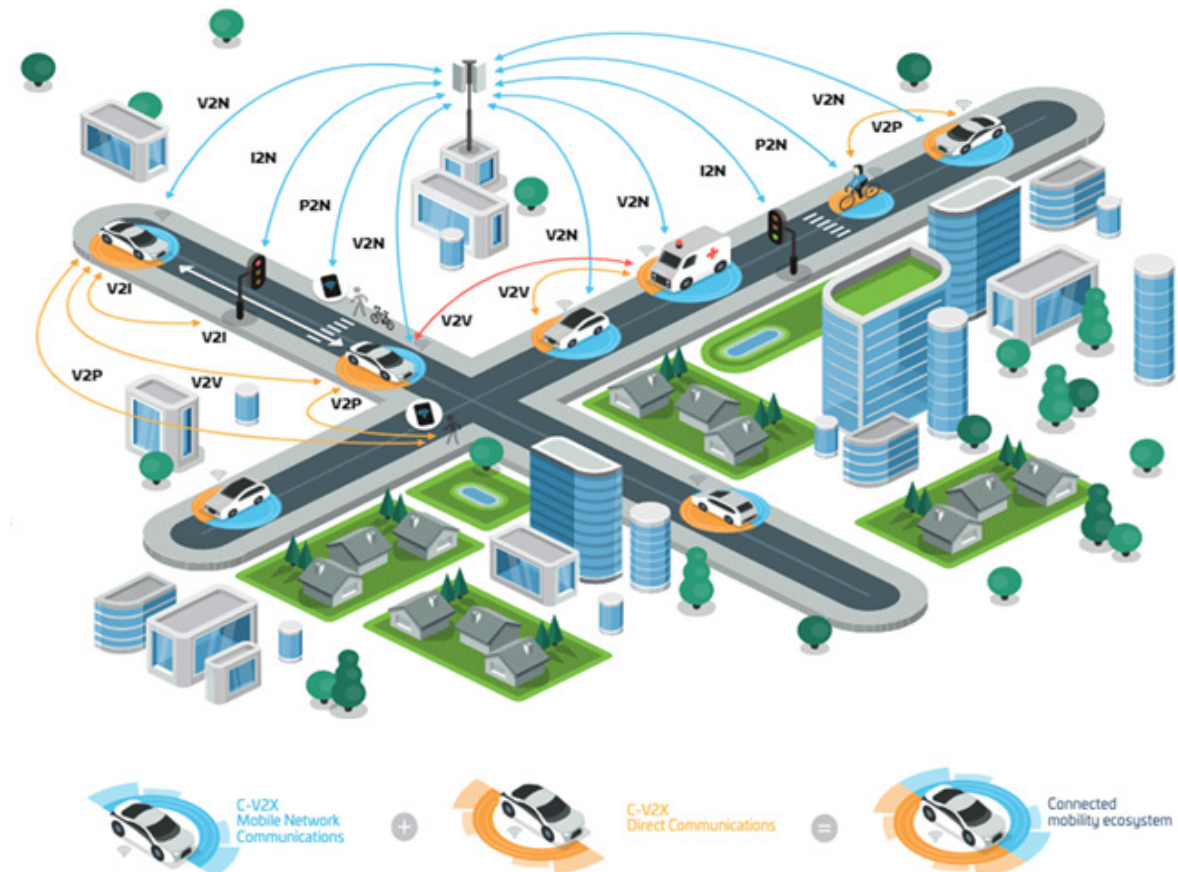
1) ITS AMERICA, AASHTO TAKE LEGAL ACTION TO RETAIN 5.9 GHz BAND FOR V2X TECHNOLOGIES

2) Directive - 2010/40 - EN - EUR-Lex - European Union

3) 総務省アクションプラン (BUSINESS NETWORK)

2 왜 V2X인가?

V2X(vehicle to everything)는 도로와 모든 도로 이용자를 연결하는 통신 및 서비스 체계를 말한다.



(출처: 5GAA)

V2X체계의 근본적인 목적은 도로 인프라 및 도로 이용자 간에 의미 있는 데이터를 무선통신을 통해 교환하여, 교통사고 사상자를 줄이고 관련된 사회적, 경제적, 정서적 비용을 줄이는 것이다. 여기서 강조하고 싶은 것은 V2X체계가 레벨 4 이상 자율주행의 필수 요소로 대두되면서 V2X체계의 근본적인 목적에 대한 논점이 흐려지는 경향이 있다는 것이다. V2X체계는 분명히 자율주행, 스마트시티, 교통 효율화, 환경친화적 교통체계를 실현하는 필수 요소로 각광받는 것은 사실이지만, V2X체계에 대한 정책, 기술, 서비스를 이야기할 때, 교통사고로 인한 사망자와 부상자 그리고 그들의 가족들이 겪게 될 불행을 막는 것이 V2X체계의 궁극적인 목적임을 잊지 말아야 한다. V2X표준에 대한 논쟁의 역사를 살펴보면 V2X표준 및 기술 논쟁에 매몰되어 표준 및 기술 자체의 우월성을 따지거나 특정 표준을 지지하는 진영의 이익에 경도되어 생명을 살리는 기술로서 V2X체계의 근본적인 목적을 망각하는 경우가 많았기 때문이다. V2X기술을 통해 얻을 수 있는 혜택이 많지만, ‘생명을 살리는 기술’이라는 본질을 잊지 말아야 한다.

3 V2X통신표준 경쟁과 변화 과정

가) V2X체계의 기원

V2X체계는 무선통신 체계이고 5.9GHz 대역의 전파자원을 사용한다. V2X체계는 1999년에 미국연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)가 5.9GHz 대역을 지능형교통체계(ITS: Intelligent Transportation Systems)용으로 처음 할당함으로써 제도적으로 태동하였다. 각국에서는 5.9GHz 대역을 상업적 목적이 아닌 ITS 용으로 사용하도록 지정하였다.⁴⁾

이 5.9GHz 대역을 사용하는 V2X체계의 통신방식은 크게 IEEE802.11p표준 기반의 근거리전용통신(DSRC: Dedicate Short Range Communication) 방식과 3GPP 표준 기반의 C-V2X(Cellular V2X) 방식으로 나뉜다.

DSRC방식은 미국, 한국 등에서는 SAE(the Society of Automotive Engineers) 표준을 기반으로 발전된 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments)와 유럽에서는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) 표준을 기반으로 발전된 ITS-G5로 나뉘고, 이 두 방식은 DSRC Radio 기술에 기원을 두고 있지만 서로 호환되지 않는다.

C-V2X 방식은 다시 3GPP(Third Generation Partnership Project)에서 제정하는 Release 14/15 기반의 LTE-V2X와 3GPP Release 16 이후 표준인 5G-V2X로 나뉜다. 이 두 방식은 Cellular Radio 기술에 기원을 두고 있지만 서로 호환되지 않는다.

| 표 1 | 국가별 V2X표준 현황(2024년 8월)

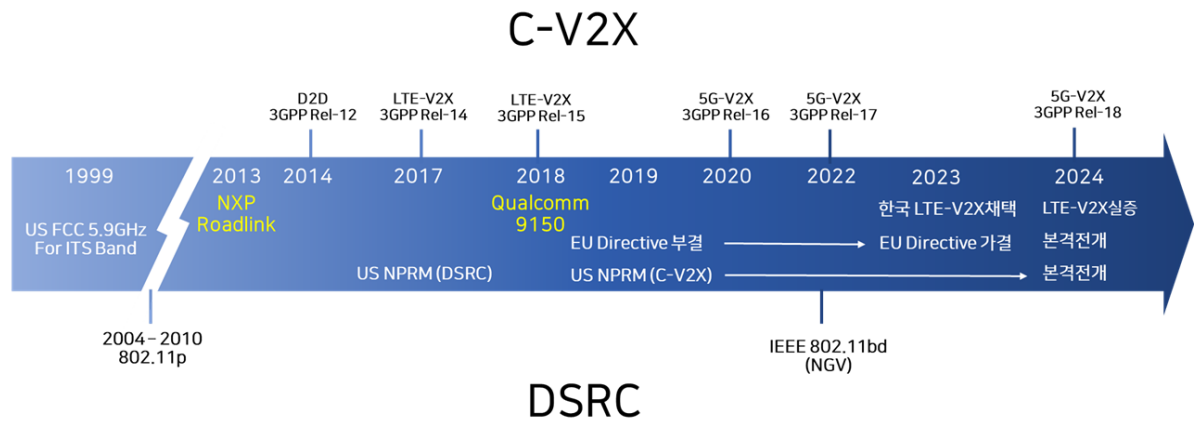
방식	통상적 명칭	Radio 표준	적용 국가
근거리전용통신(DSRC)	WAVE	802.11p	한국, 미국 → C-V2X로 변경
	ITS-G5	802.11p	유럽
셀룰러 V2X(C-V2X)	LTE-V2X	3GPP Release 14, 15	미국, 중국, 한국, 유럽, 사우디아라비아
	5G-V2X	3GPP Release 16, 17+	

나) V2X통신 표준의 진화와 경쟁

DSRC방식은 IEEE가 표준을 제정한 2010년 이후 V2X의 유일한 표준이었다. 3GPP가 C-V2X표준을 처음 제정한 2017년까지 DSRC 또는 WAVE가 V2X통신과 동의어로 쓰이기도 했다. 2017년에 미국 교통부는 DSRC기반의 V2V 통신 장비를 신규 차량에 의무적으로 장착하는 NPRM(Notice of

4) 일본은 V2X용 주파수로 760MHz 대역을 사용했으나, 세계적인 추세에 따르기 위해 5.9GHz 대역으로 전환하는 것을 검토하고 있다.

Proposed Rulemaking)을 발표하고 법제화를 시도하였으나, 트럼프 행정부의 규제 완화 정책으로 인해 최종 승인되지 않았다.



DSRC와 C-V2X 간 표준 경쟁의 역사

이와 같이 DSRC기반의 미국의 법제화 움직임에 대응하여, 3GPP는 Release 12에 정의된 D2D(Device-to-device) 통신기술을 응용하여 V2X를 위한 직접통신표준(sidelink 또는 PC5)을 3GPP Release 14에서 처음 제정하였고, 이를 일반적으로 C-V2X(Cellular V2X)라 지칭하였다.

DSRC방식은 공공성이 강한 학술단체인 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)가 주도하는 V2X표준이지만, C-V2X방식은 주로 통신사, 통신반도체 및 장비회사들이 참여하는 상업성이 강한 3GPP가 주도하는 V2X표준이다. 위 그림에서 볼 수 있듯이, DSRC표준은 2010년 제정된 이후 2022년에야 IEEE 802.11bd (NGV: New Generation V2X)로 한 번 업그레이드된 반면, C-V2X 표준은 3GPP Release 14로 V2X시장에 진입한 이후 2024년 7월 3GPP Release 18이 제정되기까지 거의 1.5년마다 업그레이드되었고, 앞으로도 지속 업그레이드될 예정이다.

C-V2X 진영이 이렇듯 숨가쁘게 표준을 업그레이드하는 이유는 교통안전 및 생명보호 등의 명분도 있지만 근본적인 동인은 표준을 활용한 참여자들의 수익 추구이다. V2X표준 제정을 위한 3GPP Working Group에 참여하는 회사들이 일반적으로 자사 특허 및 기술을 반영하여 표준을 제정하므로 표준 자체에 많은 IP 비용이 내포되어 있다. 즉, C-V2X 진영은 표준제정 및 사용을 통한 이익을 기대하므로 막대한 인력과 자금을 기술개발과 표준제정에 투입할 뿐만 아니라, 각국이 V2X 표준으로 C-V2X를 채택할 수 있도록 법제화 로비⁵⁾에도 많은 자금을 투입한다. 따라서, C-V2X방식이 각국 표준으로 채택되면 3GPP에 참여한 통신사, 통신반도체사, 통신장비사 등은 V2X 산업 성장에 따라, 자사 제품을 판매할 기회가 늘어날 뿐만 아니라 특허 제정 과정에 반영된 자사 기술의 IP 수익도 기대할 수 있다.⁶⁾

5) 대표적인 C-V2X 옹호 단체로 5GAA(The 5G Automotive Association)가 있다.

6) 커넥티드카 5G-V2X 분야 특허출원 LG·삼성이 세계 1·2위 (특허뉴스 2023/06/06)

반면, DSRC방식을 추진한 진영은 각국의 교통부 또는 도로교통 관련 연구 및 운영 기관들이다. 이들 기관들은 오랜 기간 DSRC방식에 기반한 V2X체계 및 서비스를 연구하여 실제 도로에서 안전성과 활용성을 실증하였다. DSRC진영은 주로 공공기관들이므로 태생적으로 모든 도로 이용자의 안전과 편의를 V2X체계 도입의 궁극적 목적으로 한다.

이렇게 주로 공공부문의 지지를 받는 DSRC방식과 주로 기업들의 지지를 받는 C-V2X방식이 경쟁하는 가운데 첫 번째 전환은 미국에서 벌어졌다. 그 진행 경과는 다음과 같다.

- 2017년 1월 최초의 V2X 법제화 시도: 미연방 교통부(Federal DOT)는 DSRC방식을 기반으로 한 V2V(Vehicle-to-vehicle) 통신 장비를 신규 차량에 의무적으로 장착하는 법안에 대한 NPRM(Notice of Proposed Rulemaking) 추진. 하지만, 이 규정은 트럼프 행정부의 규제 완화 정책으로 인해 최종 승인되지 않음.⁷⁾
- 2017년~2018년 C-V2X 기술 등장 및 테스트: C-V2X방식이 등장하면서 DSRC방식에 대한 대안으로 제시됨. 자동차 제조사와 통신 관련사들이 C-V2X 기술을 테스트하고 파일럿 프로그램들 진행.
- 2018년 12월 DOT의 C-V2X 테스트 허용: 미국 교통부는 DSRC와 함께 C-V2X 기술의 가능성을 평가하기 위해 C-V2X 기술 검토 시작⁸⁾
- 2019년 12월 FCC의 NPRM 발표: FCC는 5.9GHz 대역의 통신표준을 DSRC에서 C-V2X로 변경하고 일부 대역을 비면허용도(WiFi)에 할당하는 NPRM을 발표⁹⁾
- 2020년 11월 FCC의 최종 규정 발표: FCC는 최종 규정을 발표하고 5.9GHz 대역의 용도를 변경하는 결정을 내렸습니다. 5.850-5.895GHz 대역은 비면허 사용(예: Wi-Fi)에, 5.895-5.925GHz 대역은 C-V2X에 할당함.¹⁰⁾
- 2021년 6월 FCC의 결정에 반대하여 미국지능형교통체계협회(ITS America : the Intelligent Transportation Society of America)와 미국 주도로교통공무원협회((AASHTO: The American Association of State Highway Transportation Officials)가 소송제기
- 2022년 8월 미국 항소법원 ITS America 및 AASHTO의 FCC에 대한 소송 기각됨으로써 2020년 11월 FCC의 결정이 유효하게 됨.¹¹⁾

7) DEPARTMENT OF TRANSPORTATION National Highway Traffic Safety Administration 49 CFR Part 571 [Docket No. NHTSA-2016-0126] RIN 2127-AL55 Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications (Jan. 12, 2017)

8) DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Billing Code No. 4910-9X Office of the Secretary [Docket No. DOT-OST-2018-0210] Notice of Request for Comments: V2X Communications

9) FCC Seeks to Promote Innovation in the 5.9 GHz Band (FCC, Dec. 12, 2019)

10) FCC Modernizes 5.9 GHz Band to Improve Wi-Fi and Automotive Safety (FCC, Nov. 10, 2020)

11) U.S. court upholds FCC reallocation of auto safety spectrum (Reuter, August 13, 2022)

두 번째 전환은 EU에서 벌어졌는데 그 경과는 다음과 같다.

- 2010년: 유럽위원회는 지능형교통시스템(ITS)에 관한 지침(Directive 2010/40/EU)¹²⁾을 발표. 유럽 전역에 걸쳐 DSRC기반의 ITS 서비스와 애플리케이션 배포를 위한 프레임워크 마련 (당시 DSRC방식이 유일한 V2X통신 표준)
- 2019년 3월 유럽연합집행위원회(European Commission for Mobility and Transport)는 기존 ITS 관련 지침(Directive 2010/40/EU)을 법제화하기 위해 유럽의회에 제출하였고, 유럽의회는 표결을 통해 해당 법안을 통과시킴. 그러나, 유럽연합이사회는 DSRC방식을 기반으로 하는 이 법안을 기술중립성 미흡 등의 이유로 반려함으로써 DSRC기반의 V2X체계 법제화가 좌초됨
- 2021년 12월 유럽연합집행위원회가 기술중립성 등의 내용을 포함한 2010년 ITS 지침(Directive 2010/40/EU) 개정안 채택
- 2023년 10월 3일 유럽의회에서, 10월 23일 이사회에서 유럽연합집행위원회가 제출한 법안이 승인됨에 따라 C-V2X방식이 유럽 V2X체계에 진입할 수 있게 됨

세 번째 전환은 한국에서 벌어졌다.

- 2017년 5월 한국지능형교통체계 협회는 DSRC방식 기반의 '차세대 ITS 서비스 규격 표준'을 제정하여 V2X체계 구축의 기반을 마련
- 2018년 - 2022년 DSRC방식 기반으로 고속도로 및 대전-세종, 광주, 울산, 제주, 서울 등 도시에서 C-ITS 실증 및 시범사업 진행
- 2022년 - 2023년 범부처로 추진한 'C-ITS 통신기술 성능시험' 및 'C-ITS 통신기술 성능 비교 시험'을 통해 DSRC방식과 LTE-V2X방식 비교 시험
- 2023년 12월 위의 비교 시험 결과 등을 참조하여 'C-ITS 단일 통신방식 결정 전문가 위원회'가 C-V2X방식 중에 LTE-V2X를 단일 V2X방식으로 결정¹³⁾
- 2024년 7월 과학기술정보통신부는 국립전파연구원 고시¹⁴⁾를 통해 LTE-V2X 통신방식에 대한 제도화 완료. 이에 따라 국토교통부는 한국도로공사를 통해 '대전-세종 LTE-V2X 시범 구축' 사업을 추진 중

12) Directive 2010/40/EU. 지침(Directive)은 회원국을 구속하지만 형식과 수단의 선택은 회원국에 유보

13) C-ITS 단일 통신방식 결정 전문가 위원회, C-ITS 단일 통신방식을 LTE-V2X로 하기로(2023. 12)

14) 국립전파연구원 고시 제2024-10호 (2024. 7)

결론적으로 각국의 V2X통신표준은 거의 세계적인 차원에서 기존의 DSRC방식으로부터 C-V2X방식으로 대전환을 이루고 있다. 이런 주요국의 V2X통신표준 변화 과정을 통해 얻을 수 있는 인사이트는 다음과 같다.

- 목적을 간과한 기술 논쟁

V2X통신표준을 둘러싼 기나긴 논쟁 과정에서 V2X체계 도입이 지연되었고, V2X체계 도입을 통해 얻을 수 있었던 효익을 놓쳤다. V2X 기술에 대한 우열 및 산업 파급효과에 대한 논쟁을 벌이고 있는 동안 교통사고 사상자 감소라는 V2X체계의 근본적 의미는 간과되었다.

- 시장원리의 작동

C-V2X방식이 우세하게 된 동인은 C-V2X방식 도입을 통해 이윤을 기대하는 집단의 힘이 더 크기 때문이다. 즉, 교통안전, 교통사고 사상자 감소라는 공익적 재화 공급에도 참여자가 이익을 기대할 수 있는 시장원리가 작동될 때 투자와 기술 진보가 일어나는 것이다.

- 공공부문의 역할

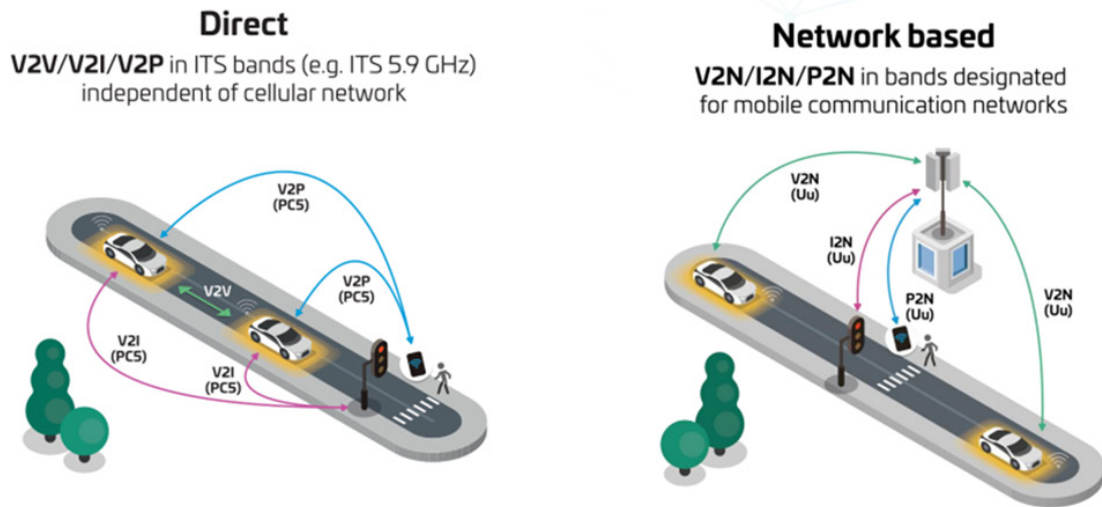
그렇다고 교통안전을 시장기능에만 맡길 수는 없다. 정부 및 공공부문은 V2X체계 개발과 보급의 기반이 되는 (1) 표준의 제정, (2) 법과 제도적 기반 마련, (3) 일관성 있는 V2X통신 정책을 제공해야 사적 영역의 혁신과 투자를 기대할 수 있다는 것을 V2X표준 논쟁을 통해 재확인하였다.

- 차세대 V2X통신은 5G-V2X로 귀결

지난 DSRC방식과 C-V2X방식의 경쟁은 결국 DSRC방식과 C-V2X방식의 현재 기술인 LTE-V2X와의 경쟁이었다. 차세대 V2X통신표준에 대해서는 공공진영, 상업진영 할 것 없이 C-V2X의 다음 표준인 5G-V2X라는 것에 모든 국가에서 견해차가 크지 않다. DSRC방식의 차세대 표준인 802.11bd(NGV: New Generation V2X)은 표준화는 2022년에 완료되기는 하였으나, 이 표준을 차세대 표준으로 검토하는 국가는 거의 없다.

4 C-V2X통신표준의 진화

C-V2X체계는 5.9GHz 대역을 사용하는 ‘직접통신(Direct Communication)’과 통신사가 제공하는 상용 주파수를 사용하는 ‘네트워크통신(Network Communication)’을 포괄하는 체계이다. 본 고에서 지금부터 C-V2X 표준이라고 할 때는 5.9GHz 대역을 사용하는 직접통신(Sidelink 또는 PC5)을 말한다.



출처 5GAA

또 한가지 명확히 할 것은 3GPP표준을 이야기할 때 네트워크통신을 지칭할 때와 V2X통신표준인 직접통신을 지칭할 때 차이가 있다는 것이다.

3GPP표준 (제정연도)	Rel. 14 (2017)	Rel. 15 (2018)	Rel. 16 (2020)	Rel. 17 (2022)	Rel. 18 (2024)
네트워크통신 (Uu)	4G (LTE)	5G (NR: New Radio)			
직접통신 (Sidelink/PC5)	LTE-V2X		5G-V2X		

네트워크통신은 3GPP Release 14를 LTE로 지칭하고, 3GPP Release 15 및 상위 버전을 5G로 지칭한다. 반면 C-V2X방식이 주로 활용하는 직접통신은 3GPP Release 14/15를 'LTE-V2X'라 하고, 3GPP Release 16 및 상위 버전을 '5G-V2X'라 한다.

가) 3GPP Release 14 sidelink

Release 14 sidelink는 셀룰러통신 기술을 차량 및 교통 환경에 적용할 수 있도록 개발된 최초의 C-V2X표준이다.

- Release 12에서 D2D Proximity Service (ProSe) 용도로 도입된 sidelink를 최초로 V2X 용도로 적용
- Day1 안전 서비스 용도
- 대역폭: 10/20 MHz
- Cast type : Broadcast

- Modulation type : QPSK, 16QAM
- V2X sidelink transmission mode- Mode 3 : eNB-centric resource allocation- Mode 4 : Sensing based resource allocation
- Uu Uplink 규격을 sidelink에 적용하는 과정에서 몇 가지 문제점이 노출됨(MCS-RB 문제, Near-Far 문제 등)
- LTE-V2X sidelink 주파수 대역 : Band 47 (5.9 GHz ITS 대역)

Table 5.5G-1 V2X operating band

E-UTRA Operating Band	E-UTRA V2X Operating Band	V2X UE transmit		V2X UE receive		Duplex Mode	Interface
		F _{UL_low}	F _{UL_high}	F _{DL_low}	F _{DL_high}		
47	47	5855 MHz	5925 MHz	5855 MHz	5925 MHz	HD	PC5

◦ 나) 3GPP Release 15 sidelink

Release 15 sidelink는 Release 14의 문제점을 보완하기 위한 버전이다.

- Release 14 LTE-V2X sidelink 규격의 문제점을 보완하기 위한 수정 개념
- 대역폭: 10/20 MHz
- Cast type : Broadcast
- Modulation type: QPSK, 16QAM, 64QAM(optional)
- SCI (sidelink Control Information)에 “Transmission format” 추가- Rate matching 보완- TBS (Transport Block Size) scaling 적용
- Inter leaving matrix size 조정
- LTE-V2X sidelink 주파수 대역 : Band 47 (5.9 GHz ITS 대역) 변동 없음

◦ 다) 3GPP Release 16 sidelink

Release 16 sidelink에서는 C-V2X 통신 기술 및 Use-case 대폭 도약하여 세대를 구분할 수 있을 정도의 업그레이드가 이루어졌다.

- 표준제정시부터 V2X 적용을 목표로 sidelink 규격 도입 Use case : Vehicle platooning, Advanced driving, Extended sensors, Remote driving
- 대역폭: 10/20/30/40 MHz

- Cast type : Broadcast/Groupcast/Unicast
- Modulation type: QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM(optional)
- Feedback 기반의 HARQ 도입
- V2X sidelink resource allocation mode- Mode 1 : gNB-centric resource allocation- Mode 2 : Sensing based resource allocation
- NR-V2X sidelink 주파수 대역

Table 5.2E.1-1 V2X operating bands in FR1

V2X Operating Band	Sidelink (SL) Transmission operating band	Sidelink (SL) Reception operating band	Duplex Mode	Interface
	F _{UL_low} - F _{UL_high}	F _{DL_low} - F _{DL_high}		
n38 ¹	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	HD	PC5
n47	5855 MHz - 5925 MHz	5855 MHz - 5925 MHz	HD	PC5

Note 1: When this band is used for V2X SL service, the band is exclusively used for NR V2X in particular regions.

라) 3GPP Release 17 sidelink

Release 17 sidelink 에서는 절전기능 및 기기간 자원조율 기능이 강화되었다.

- Sidelink enhancement
 - use case를 V2X뿐 아니라 public safety와 D2D use case로 확대
 - UE-to-Network (U2N) sidelink relay
- Release 16에서는 OBU, RSU 등 상시전원 공급이 가능한 use case만 고려하였으나 Release 17에서는 VRU (Vulnerable Road User) V2X 장치를 위한 power saving features 추가

Table 5.2E.1-1 V2X operating bands in FR1

V2X Operating Band	Sidelink (SL) Transmission operating band	Sidelink (SL) Reception operating band	Duplex Mode	Interface
	F _{UL_low} - F _{UL_high}	F _{DL_low} - F _{DL_high}		
n14 ²	788 MHz - 798 MHz	788 MHz - 798 MHz	HD	PC5
n38 ¹	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	HD	PC5
n47	5855 MHz - 5925 MHz	5855 MHz - 5925 MHz	HD	PC5
n79	4400 MHz - 5000 MHz	4400 MHz - 5000 MHz	HD	PC5

Note 1: When this band is used for V2X SL service, the band is exclusively used for NR V2X in particular regions.
 Note 2: When this band is used for public safety service, the NR band is operated with both in-coverage scenarios and out-of-coverage scenarios.

- Random resource selection and partial sensing
- Sidelink DRX (Discontinuous Reception)
- Mode 2에서 자원 충돌을 피하려고 Inter-UE Coordination (IUC) 도입
- NR-V2X sidelink 주파수 대역

◦ 마) 왜 5G-V2X로 진화하는가?

[표 2 | [그림 1-1] 서비스에 따른 V2X통신 요구사항 및 적용례

구분	Day-1 서비스	Day-2서비스
전송량	54Mbps 이하 (사용 채널 대역폭: 최대 20MHz)	150Mbps 이하 (사용 채널 대역폭: 최대40MHz)
지연시간	100 msec 이하	5 msec 이하
신뢰성	95% 이상	99.99% 이상
전송가능 데이터	텍스트 기반 메시지 데이터	텍스트 기반 메시지데이터 센서 공유 데이터(원시 데이터 포함) Local Dynamic Map(LDM) 다양한 주행전략 정보
목표 서비스	기본 안전 서비스	기본 안전 서비스 진보된 응용 서비스 자율주행
V2X 표준	DSRC 또는 LTE-V2X	5G-V2X

기존 V2X방식인 DSRC와 LTE-V2X에 비해 우수한 5G-V2X방식의 특징은 대용량, 저지연, 고신뢰성이다. 이러한 향상된 통신 성능을 활용하여 기존 V2X 방식으로 불가능하거나 개선이 가능한 시나리오는 다음과 같다.

- 차량간, 차량과 인프라 간 대용량의 데이터를 낮은 지연시간으로 안정적으로 주고받음으로써 자율주행차량의 인지 및 판단 능력을 극적으로 개선하여 더욱 안전한 유인주행과 자율주행을 구현할 수 있다.
- 낮은 지연시간의 특성을 활용하여 원격주행(Remote Driving)을 더욱 안정적으로 구현할 수 있다. 원격주행의 경우 운전자가 원격지에서 차량을 제어하므로 운전자와 차량간 제어 명령의 지연시간이 매우 중요하다. V2X직접통신이 아닌 네트워크통신의 경우 일정 수준 이하의 지연시간을 보장하지 않지만, 5G-V2X방식은 초저지연 통신 QoS(Quality of Service)를 제공하여 원격주행 완성도를 제고할 수 있다.
- 높은 신뢰도라는 특성은 일반적으로 기존의 V2X방식에 비해 유인운전자와 자율주행을 안전하게 만들 수 있다.

5 V2X 정책 동향

가) 미국의 V2X 정책

V2X통신방식에 대한 제도적 전환을 마무리한 미국은 미국교통부(USDOT)가 2024년 8월에 'Saving Lives with Connectivity – A plan to accelerate V2X deployment'¹⁵⁾ 계획을 발표하고 이를 기반으로 본격적인 V2X체계 전개를 위한 예산을 투입하고 있다. 계획을 발표하고 이를 기반으로 본격적인 V2X체계 전개를 위한 예산을 투입하고 있다. 이 계획은 정부가 중점 추진 분야와 참여 주체별로 해야 할 일과 일정을 명확히 밝히 비전을 제시했다는 의미가 있다.

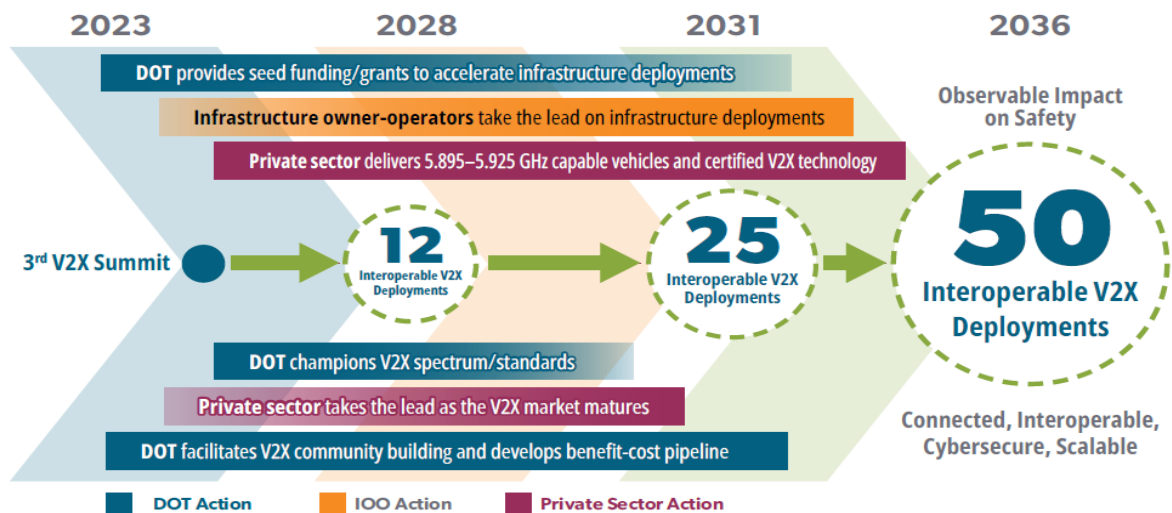


Figure 5. Strategic, Coordinated Actions of Key Stakeholders Create Momentum Towards Secure, Interoperable V2X Deployments

Source: DOT

이 계획에서 미국은 2036년까지 정부, 도로건설운영자(IOO: Infrastructure Owner and Operator), 민간 부문의 역할을 구분한 청사진을 제시하였다. 이 계획을 요약하면 아래 표와 같다.

미교통부(DOT)는 이 정책을 실현하고 V2X체계 전개를 촉진하기 위하여 2022년~2026년에 1억 달러를 집행하는 SMART Grant Program¹⁶⁾을 가동하고 있고, 이에 더하여 2024년에는 총 6천만 달러의 예산을 투입하는 신규 Grant 프로그램을 발표하고 보조금 수여 기관 3개¹⁷⁾를 선정하여 발표하였다.¹⁸⁾ DOT뿐 아니라 미에너지부(DOE) 등도 V2X체계 확산을 위한 프로그램을 내놓고 있다.

15) Saving Lives with Connectivity – A plan to accelerate V2X deployment(2024. 8, USDOT)

16) Smart Grant Program

17) Arizona, the Maricopa County DOT \$19.6 million, Texas A&M Transportation Institute \$19.2 million, The Utah DOT \$20 million

18) USDOT Awards Nearly \$60 Million in Advanced Vehicle Technology Grants to Arizona, Texas and Utah to Serve as National Models and Help Save Lives on Our Nation's Roadways

[표 2] 미국 V2X 전개 계획 요약 및 RSU 수요 추정

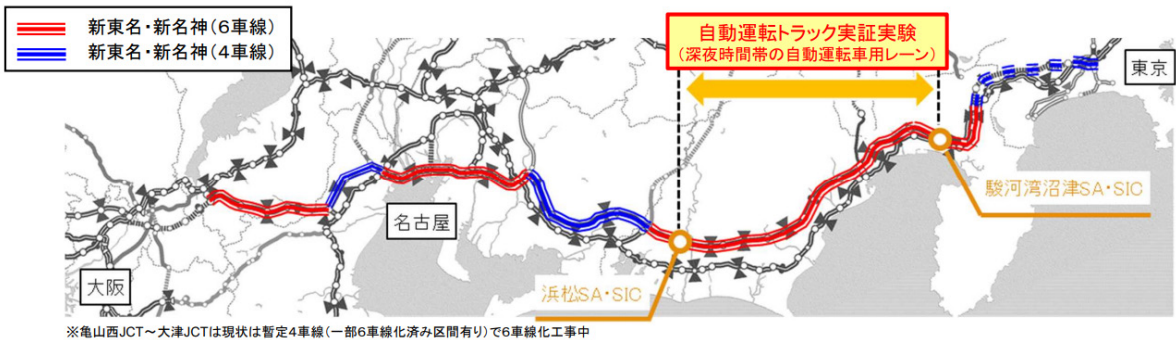
일정	V2X 도로인프라 구축 분야				V2X 차량장착 분야
	고속도로 RSU장착 비율 ¹⁾	주요 75도시 신호등사거리RSU 장착비율 ²⁾	상호호환성 사이버보안 (도로/지역 수)	예상 RSU 수요 ³⁾	
단기 (2024 ~ 2026)	25%	25%	12	10만대	2 OEMs / ASD 10 public fleets
중기 (2027 ~ 2029)	50%	50%	25	15만대	3 OEMs 5 Models
장기 (2030 ~ 2034)	100%	85%	50	20만대	6 OEMs 20 Models

1) 미국 고속도로(National Hightway) 총연장: 약 260,000km
2) 미국 교통신호제어기 장착 사거리: 약 330,000개
3) 신호제어기 1기에 당 RSU 1기, 고속도로 매 1km RSU 1기 설치 가정한 추정치

◦ 나) 일본의 V2X 정책

일본은 V2X통신에 760MHz 대역 DSRC표준을 사용하고 있었으나, 이 대역에서 재난망과의 중복 사용을 피할 필요가 있고, 세계적인 추세에 부합하기 위하여 총무성이 주도하여 5.9GHz 대역으로 옮기는 정책 및 기술적 작업을 진행하고 있다.¹⁹⁾ 아직 5.9GHz 대역을 사용할 V2X통신 방식이 결정된 것은 아니고, DSRC, LTE-V2X, 5G-V2X 방식 모두를 검토하고 있다.

또한, 2025년에 5.9GHz 대역의 V2X 통신을 활용하여 신토메이고속도로(스루가만 누마즈SA²⁰⁾~하마마츠SA)의 심야시간대에 자율주행차용 레인을 설정하고 경제산업성 등의 자율차량개발과 연계한 도로인프라-차량 협력주행(합류지원, 낙하물·공사규제정보 등)에 의한 레벨 4 자율주행 트럭 구현을 위한 실증을 진행할 예정이다.²¹⁾



자율주행차용 레인을 활용한 자율주행 트럭 실증 실험 계획(국토교통성)

19) 5.9GHz帯V2X通信の社会実装に向けた課題と要望について (2024年2月29日, ITS情報通信システム推進会議 資料5 - 5)
20) Service Area
21) 国土交通省資料(<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001623770.pdf>)より引用

◦ 다) NCAP(New Car Assessment Program) 동향

NCAP은 신차의 안전성을 평가하고, 소비자들에게 안전한 차량을 선택할 수 있도록 안정성 정보를 등급으로 제공한다. 따라서 V2X시스템이 신차의 안전성 평가에 가점 요인이 되는 경우 자동차 제조사에서 V2X시스템을 도입할 강력한 유인이 된다. V2X체계에서 도로 V2X인프라는 정부 또는 도로건설운영기관이 담당하므로 정책 결정에 따라 정부 주도로 구축이 가능하지만, 차량 V2X장비의 경우 민간 기업인 자동차사가 차량판매에 도움이 되지 않는다면 자발적으로 V2X시스템을 신차에 장착할 것을 기대하기 어렵다. V2X체계 확산을 위해서 자동차 제조사의 참여가 절실한 가운데, 각국은 NCAP을 통해 V2X를 장착하는 것이 자동차 제조사에서 유리한 방향으로 동인을 제공하고 있다.

[표 3] 자율주행(V2X)데이터 표준세미나 자료집(2024.8.8.)에서 인용

구분		평가방법	항목	V2X 배점/항목
국내 (‘25~)		서류평가	사고예방안전성 (20점)	0.5점(2.5%) / 10개 항목
유럽 (‘26~)		2026년 Day1, '30년 Day2 시행 예정 2026년 Local Hazard Day1 0.02점 → 3점 시행 예정 - I2V/V2V 등 직접통신기술 미 적용 시 20% 감점		
중국 (‘24~)		실차평가	사고예방안전성 (15점)	1.875점(12.5%) / 3개 항목
내용	- Local Hazard 서비스: DFRS(Data for Road Safety) 생태계 가입 의무화 추진 - Local Hazard 정보를 V2N/I2V/V2V 등 Hybrid 형태로 운전자에게 위험 경고 - Day 1 서비스 : 전방 추돌 경고, 교차로 추돌 경고, 적색 신호경과 등 - Day 2 서비스 : 차량제어 포함, 센서 정보 공유, 협력적 차선 변경 등			

6 V2X 신기술 동향

어떤 통신표준이든 표준에 기반한 정책을 집행하고 산업으로서 성장하기 위해서는 표준을 지원하는 모뎀반도체칩과 통신 장비가 필요하다. 현재 DSRC방식 모뎀칩셋 공급사는 네덜란드의 NXP가 있고, C-V2X 모뎀칩셋 공급사는 미국의 퀄컴, 중국의 하이실리콘, 모닝코어 등이 있다. 이스라엘의 오토톡스는 DSCR방식과 C-V2X방식을 모두 지원하는 V2X 모뎀칩셋을 공급하고 있다.²²⁾

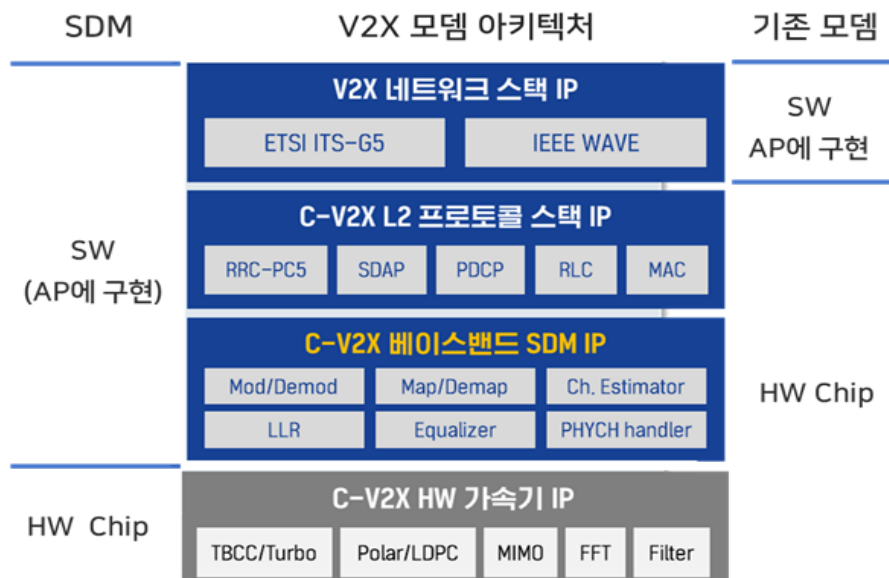
3항에서 V2X통신 표준 경쟁과 변화 과정을 살펴보았는데, 정부가 주도하여 설치하는 V2X 도로인프라의 경우, V2X통신 표준이 DSRC방식에서 C-V2X방식으로 바뀌게 되면 기존에 지금까지 구축한 DSRC기반

22) 2024: Updated List of C-V2X DevicesStudy (5GAA, Apr. 2024)

장비를 철거하고 C-V2X기반 장비로 새로 교체해야 한다.²³⁾ 두 통신방식은 상호호환성이 없기 때문이다. DSRC방식에서 LTE-V2X방식은 근본적으로 다른 통신방식이므로, 정책 변화에 따라 한 번은 중복 투자가 불가피하다고 하자. 그렇다면, 향후에 또다시 통신방식이 업그레이드 되거나 변경되면 다시 한번 기존의 V2X시스템을 걷어내고 새로운 표준의 V2X시스템을 설치할 것인가?

현재 제공되는 V2X모뎀 칩셋으로는 V2X통신표준의 변화 또는 업그레이드에 대응하는 것은 불가능하거나 제한적이다. 이것은 V2X통신모뎀이 하드웨어칩셋(Hardwired Chipset)에 기반하고 있기 때문이다. 반도체는 일단 만들고 나면 수정 또는 변경이 어렵고 비용이 많이 든다, 그렇다고 모든 V2X통신표준을 하나의 칩으로 구현하면 칩의 복잡도가 증가하고 경제성이 떨어진다. 그래서, 특정 통신표준 또는 제한된 통신표준을 칩으로 구현한다. 그래서, 하드웨어기반의 V2X모뎀은 칩을 교체하거나 장비를 교체하지 않는 이상 표준 진화에 대응하기 어렵거나 제한적이다.

이에 대한 대안으로 제안되는 개념이 소프트웨어정의모뎀(SDM: Software Defined Modem)²⁴⁾이다. 소프트웨어정의모뎀 개념은 대부분의 모뎀기능은 소프트웨어로 구현하고 실시간 고속 처리가 요구되고 통신표준 진화에도 변하지 않는 모뎀기능은 하드웨어 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit)으로 구현하는 방식이다. 이 경우 V2X통신방식의 진화에 소프트웨어로 유연하게 대응할 수 있는 개념이다. 예를 들면, SDM방식을 적용하면 현재의 표준인 LTE-V2X에서 차세대 표준인 5G-V2X로 이행할 때 하드웨어 장비를 교체하지 않고 OTA(over-the -air) 방식으로 소프트웨어



소프트웨어정의의 V2X 모뎀 vs. 기존 V2X 모뎀 비교

23) 일부 국가는 DSRC방식 및 C-V2X방식 모두를 지원하는 Dual Mode 장비를 설치하여 표준 변화에 대응한 경우도 있으나 일반적인 것은 아니다.

24) 5G-V2X는 안전한 자율주행을 위한 혁신적 기술이다 (공학저널 2024.07)

업그레이드만으로도 기존에 설치된 V2X인프라 및 차량에 장착된 V2X장비를 최신화할 수 있다. 물론 이 개념은 V2X산업에 일반화된 개념은 아니고 혁신적인 접근이지만, 국내 다수 연구기관의 실증²⁵⁾을 거쳤고, 최근 SDM기반의 V2X모뎀이 상용 V2X칩과 상호호환성 시험을 완료하여 기술적인 타당성을 확보한 바 있다.²⁶⁾

이와 같은 소프트웨어정의모뎀(SDM)의 장점은 다음과 같다.

- 정책 측면에서는 미국 및 한국의 V2X 통신 방식에 대한 논쟁 사례를 보면 장기간 정책 혼선으로 인해 산업발전이 지체되는 사례가 있었다. 소프트웨어로 업그레이드할 수 있는 시스템을 도입하면 통신방식 변경에 따른 장비의 교체비용을 고민하지 않아도 되므로 훨씬 유연한 정책 운용이 가능하다. 이를 통해 정책을 둘러싼 갈등과 사회적 비용을 줄일 수 있다.
- 인프라 측면에서는 표준이 진화할 때마다 V2X인프라의 장비를 교체할 필요가 없으므로 막대한 비용을 절감할 수 있고 장비 교체를 위한 시간과 인력의 투입을 줄일 수 있다.
- 차량 측면에서는 차량 교체 주기 내에서 차량을 교체하지 않고도 OTA방식으로 최신 통신 서비스를 받을 수 있는 장점이 있다.
- 최근 대두되는 소프트웨어정의차량(SDV: Software Defined Vehicle)의 개념에 가장 부합할 수 있는 유연한 구조로 되어 있다.

25) 국내 KETI, KIAPI, KATECH, C-Track, ETRI 등, 해외 UAE TII, 미국 NIWC, 싱가포르 SIT 에서 운용 중

26) Keysight, Ettifos, and Autotalks Make First 3GPP Release 16 Sidelink Radio Interoperability Connection (Nasdaq, 2024. 08)

09. MISRA 2023 분석 및 차량용 소프트웨어 적용 방안에 대한 고찰

MDS인텔리전스 장대원 차장

0 요약

2023년 MISRA는 계속적으로 진화하고 있는 C/C++문법의 발전과 변화하는 소프트웨어 시장의 요구에 대응하기 위해 C와 C++에 대한 신규 MISRA C/C++:2023 가이드 라인을 릴리즈 했다. MISRA C는 2012년 이후 12년, MISRA C++는 2008년 이후 16년만의 정규 버전의 업데이트이다. 본 기고에서는 현업에서 사용 중인 MISRA버전과 신규 버전 간의 변경사항 및 신규 룰들을 검토하고 이를 통해 MISRA C/C++:2023 적용할 수 있는 방안에 대해 논한다. 기 가이드라인을 분석하고 비교함으로써 신규 가이드라인과의 차이점을 확인하였으며, 신규 추가된 룰 이해를 위해 사례를 구성하였다. 마지막으로 가이드 라인 업데이트 시 수반되는 이슈를 줄이고자 중점적으로 점검해야 하는 내용을 확인 및 분석하였으며 이를 통해 대응 방안을 제시하고자 한다.

1 서론

차량에 적용되는 소프트웨어의 범위가 확대됨에 따라 다양한 변화가 다가오고 있다. 운전자의 개입 없이 도로를 주행할 수 있는 수준을 목표로 하는 자율 주행 기술을 필두로 ADAS(첨단 운전자 지원 시스템)과 차량 간의 통신을 통해 사고 방지, 교통 흐름 개선을 위한 V2V(Vehicle-to-Vehicle), 교통 신호등, 도로 표지판 등 인프라와의 통신을 통해 실시간 교통 정보, 도로 상황을 제공하는 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 등 다양한 기술이 차량에 적용되고 있다. 이와 더불어 UN Regulation No. 156 SUMS (software update and software update management system)는 차량 소프트웨어의 신뢰성 및 안전성과 더불어 OTA(Over-the-Air) 업데이트를 통해 보안성이 필수적인 상황임을 강조하고 있다.

차량용 소프트웨어(Automotive Software)는 차량의 안전성, 성능, 편의성을 향상시키기 위해 설계되며, 일반적인 소프트웨어와는 다른 몇 가지 독특한 특징을 가지고 있다.

[표 1] 차량용 소프트웨어 특징

안전성 (Safety)	• ISO 26262와 같은 기능 안전 표준을 준수 - 시스템 오류 발생 시 안전하게 작동하거나 안전하게 종료할 수 있도록 보장 - 소프트웨어는 오류를 감지하고 이에 대응하는 기능을 포함하여 잠재적인 위험 최소화
보안성 (Security)	• 사이버 보안 - 차량 네트워크를 외부 공격으로부터 보호 - SW는 불법적인 접근 및 데이터 변조를 방지하기 위한 보안 메커니즘 필요
표준 준수 (Standards Compliance)	• AUTOSAR(AUTomotive Open System ARchitecture) 표준 - 소프트웨어의 모듈화, 재사용성, 이식성 향상 • ISO 26262 기능 안전 표준을 준수 - 안전 관련 시스템의 개발 프로세스 정의

차량용 소프트웨어는 안전성, 실시간성, 견고성, 보안성 등 다양한 요구 사항을 충족해야 하며, 이는 고도의 전문성과 엄격한 개발 프로세스를 필요로 한다. 이러한 특징들은 차량의 성능과 신뢰성을 높이는데 기여하며, 현재 자동차 산업에서 신뢰성과 보안성 향상을 위해 범용적으로 사용되는 MISRA의 목적과 부합한다.

MISRA(Motor Industry Software Reliability Association) Coding Guideline는 자동차 산업을 비롯한 다양한 안전 중요 시스템에서 소프트웨어의 신뢰성과 안전성, 보안성을 확보하기 위해 개발된 코딩 표준으로 차량용 소프트웨어의 특징과 매우 유사하다. 차량용 소프트웨어에 대한 MISRA 적합성을 명확히 이해할 수 있도록 차량용 소프트웨어에 대한 특징을 정리한 것과 동일하게 MISRA Coding Guideline에 대한 목적과 특징을 아래와 같이 정리하였다.

[표 2] MISRA Coding Guideline 특징

안전성	• 오류 방지 및 예측 가능성 - 잠재적인 프로그래밍 오류와 버그를 방지하기 위한 규칙을 제공하여 safety-critical system에서 중요한 역할 담당 - 소스코드 동작을 예측함으로써 비정상 동작을 방지하여 안전성 향상
보안성	• 견고한 소프트웨어 개발 - 메모리 관리, 포인터 사용, 데이터 타입 처리 등에서 발생할 수 있는 위험을 줄임으로써 시스템의 견고성과 신뢰성 향상 - 장기간 안정적으로 작동하는 소프트웨어 신뢰성 보장에 기여
표준 준수	• 규제 및 표준 준수 - 자동차 산업에서 널리 인정받는 표준으로, 많은 제조사와 공급업체가 채택하고 있으며, 공급망 전체에서 일관된 품질을 유지하는 역할 수행 - ISO 26262와 같은 기능 안전 표준에 safety-critical system의 소프트웨어의 품질과 신뢰성을 보장을 위해 활용

MISRA C가 차량용 소프트웨어 정적 테스트에 많이 사용되는 이유는 안전성, 신뢰성, 표준 준수, 검증 용이성, 안정성 및 국제적 채택 등 다양한 측면에서 소프트웨어의 신뢰성과 품질을 보장하기 때문이다.

이러한 특징들은 safety-critical system 검증 단계에서 특히 중요하며, 차량용 소프트웨어의 높은 신뢰성 및 보안성을 유지하는데 필수적이다. 본문에서는 2023년 신규 릴리즈 된 MISRA C:2023 분석하고 비교 검토함으로써 차량용 소프트웨어에 적용할 수 있는 지속적이고 효과적인 대응을 방안에 대해 논해 볼 것이다.

2 본문

MISRA C:2023의 주요 업데이트 내용을 정리해 보자면 크게 총 5가지 범주로 구분해 볼 수 있다. 이 중 주요하게 버전 간의 비교 및 신규 내용을 다루는 3개 가지 항목에 대해 구체적인 내용 및 예제를 본고에서 집중적으로 다룰 것이다.

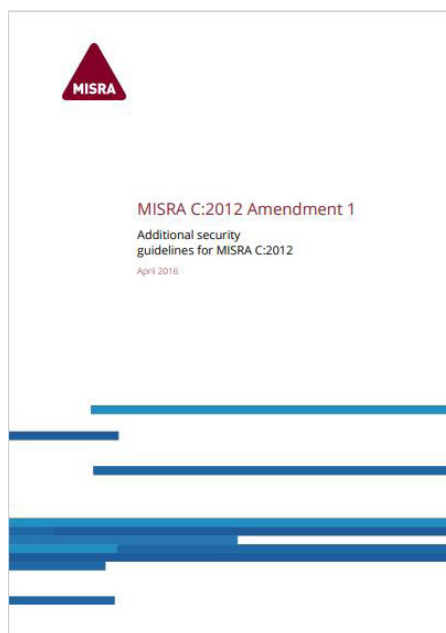
[주요 업데이트]

- 6종의 문서 업데이트 통합
- C11 및 C18에 대한 New Features 지원
- 기존 언어 Feature에 대한 추가 Guidance 제공
- MISRA Compliance:2020 기반 MISRA C Compliance 달성에 대한 향상된 guidance 제공
- C 표준의 이전 버전에 대한 모범 사례 제공

첫번째, 업데이트 특징은 기존의 6종의 문서 업데이트 통합하여 실무 그룹에 반영했다.

MISRA는 MISRA C:2012 버전 업데이트 및 보완사항이 존재할 경우, 기존 내용을 보강, 변경, 제거하는 Amendment문서를 구성하는 프로세스를 사용한다. MISRA C:2012 버전 릴리즈 이후 총 Amendment 4종과 Technical Corrigendum 2종 총6종의 문서를 추가로 릴리즈 하였으며, 각 문서 목적에 따라 보강할 내용을 구분하여 적용하였다.

Amendment 문서는 기존 릴리즈 버전의 내용 보강 및 추가/변경에 대한 내용을 포함하고 있으며, Technical Corrigendum은 주로 문서의 완성도와 관련된 오타자 및 수정/제거가 필요한 내용을 주로 언급한다. MISRA C:2023은 MISRA C:2012에 대한 내용을 기반으로 Amendment 와 Technical Corrigendum을 기반으로 한 업데이트 버전이기 때문에 Amendment 4종과 Technical Corrigendum 2종을 면밀히 검토하는 것은 MISRA 2023에 대한 내용을 확인하는 것과 동일하다고 할 수 있다. 우선적으로, Amendment 4종 문서에 대한 목적 및 구성을 소개하도록 한다.



(출처: MISRA, <https://misra.org.uk/publications/>)

[그림 1] MISRA C:2012 Amendment 1

MISRA C 2012 Amendment 1은 MISRA C:2012가 안전성에만 초점을 맞추고 있다는 시장의 잘못된 시선을 개선해 보고자 2013년 03월 MISRA C:2012 Third Edition이 릴리즈 이후 14개의 보안성 관련 룰을 포함하여 릴리즈 되었다. C 언어로 작성된 코드의 보안성을 향상시키기 위해 <Code design>, <Expressions>, <Standard libraries>, <Resources>의 4개의 카테고리를 구분하여 Rule 13개와 Directive 1개를 추가하였다.

MISRA C 2012 Amendment 1에 추가된 룰 내용을 확인하여 보안성 관련 근거를 확인해 볼 수 있다. 그 예로 Rule 22.8을 확인해 보도록 한다.

Rule 22.8 The value of `errno` shall be set to zero prior to a call to an `errno-setting-function`

`errno-setting-function`은 오류가 감지되면 `errno`에 0이 아닌 값을 기록하고, 오류가 없으면 값을 수정하지 않는다. 따라서, 표준은 라이브러리 함수 호출 전에 `errno`를 0으로 설정하고, 다음 라이브러리 함수 호출 전에 이를 검사할 것을 권장하고 있다. 사용자는 오류를 정확히 감지하기 위해 `errno-setting-function`을 호출하기 전에 `errno`를 0으로 설정해야 하며, 호출 후에는 반드시 `errno`를 검사해야 한다. Rule 22.9는 이에 대한 수행 방안을 내포하고 있다.

Rule 22.8에서 언급된 `errno-setting-function`에 대한 세부 함수 목록은 아래와 같다.[4]

`ftell`, `fgetpos`, `fsetpos`, `fgetwc`, `fputwc`, `strtoimax`, `strtoumax`, `strtol`, `strtoul`, `strtoll`, `strtoull`, `strtof`, `strtod`, `strtold`, `wcstoimax`, `wcstoumax`, `wcstol`, `wcstoul`, `wcstoll`, `wcstoull`, `wcstof`, `wcstod`, `wcstold`, `wcrtomb`, `wcsrtombs`, `mbrtowc`

위의 어떤 함수를 사용하든지 `errno`를 사용하여 오류 정보를 반환한다면, 이는 `errno` 설정 함수로 간주되며 이는 표준에 의해 추가된 표준 라이브러리 함수도 포함될 수 있다. `errno`는 `errno` 설정 함수를 호출하기 전 같은 함수 내에서 0으로 설정되어야 하며, `errno` 설정 함수 호출까지의 모든 경로에서도 0으로 설정되어야 한다. 이 경로에서는 `errno`를 설정할 수 있는 다른 함수들을 호출하면 안 된다. 여기에는 `errno`를 설정할 수 있지만 반드시 설정할 필요 없는 표준 라이브러리 함수도 포함됩니다. MISRA는 이 룰을 통해 프로그램의 오류를 정확히 감지하고 처리할 수 있도록 보장하고 있다.

이외에도 Code design, Expressions, Standard libraries, Resources의 카테고리 각 룰에 설명을 제공하지만, 본고에서는 다루지 않는다. 이에 대해 자세한 내용은 해당 문서를 통해 자세히 확인할 것을 권고한다. 추후 별도의 설명 없이도 동일한 기준을 적용한다. 참고적으로 추가 항목에 대한 내용을 원활히 찾을 수 있도록 간단히 룰 번호만 제공한다.[4]

[Directive]

〈Code design〉

- Dir 4.14 The validity of values received from external sources shall be checked. [Rule]

〈Expressions〉

- Rule 12.5

〈Standard libraries〉

- Rule 21.13 / Rule 21.14 / Rule 21.15 / Rule 21.16 / Rule 21.18 / Rule 21.19 / Rule 21.20

〈Resources〉

- Rule 22.7 / Rule 22.8 / Rule 22.9 / Rule 22.10

MISRA C 2012 Amendment 2는 2020년 02월 릴리즈된 문서로 ISO/IEC 9899:2011 (C11) 표준 지원, MISRA Compliance의 구현 등을 반영하고 있다. MISRA C는 장기적으로 모든 Undefined behavior(정의되지 않은 불특정 동작)을 피하기 위해 명시적인 지침을 제공하는 것을 목표로 별도 제한 없이 허용되는 기능을 제한하고 있다. 이 일환으로 ISO/IEC 9899:2011 [10]을 사용할 때 제한적으로 사용될 수 있는 항목을 아래와 같이 나열한다.[5]

- Additional floating-point characteristic macros (`float.h`)
- Unicode characters and strings (`uchar.h`)
- Static assertions
- Anonymous structures and unions (note that use of unions violates Rule 19.2)
- Support for opening files for exclusive access
- `aligned_alloc` (note that use violates Dir 4.12 and Rule 21.3)
- `at_quick_exit`, `quick_exit` (note that use of `quick_exit` violates Rule 21.8)
- `timespec_get` (note that use violates Rule 21.10)

또한, ISO/IEC 9899:2011 [10]을 사용할 때 Rule 1.4에 예외사항에 해당되지 않을 경우 다음의 사용을 금지하고 있다.[5]

- Type generic expressions
- No-return functions
- Support for multiple threads of execution (stdatomic.h, threads.h)
- Alignment of objects (stdalign.h)
- Bounds-checking interfaces

신규 추가된 룰로는 아래와 같이 2개의 항목을 확인할 수 있다.

- Rule 1.4 Emergent language features shall not be used
- Rule 21.21 The Standard Library function system of <stdlib.h> shall not be used

많은 기존 규칙들이 C11 표준에 따라 업데이트 되었으며, C90, C99, C11의 undefined(정의되지 않은 동작), unspecified(불특정 동작) or implementation-defined behavior(구현 정의 동작)에 대한 지침이 추가 또는 수정되었다. 추가적으로 2016년에 발표된 MISRA Compliance를 이제 필수적으로 채택해야 한다는 점을 강조하고 있다. 현재 기준 MISRA Compliance 2020으로 변경 적용하는 것이 올바르다.

MISRA C 2012 Amendment 3은 2022년 10월 릴리즈 되었으며, ISO/IEC 9899:2011 (C11) 및 ISO/IEC 9899:2018 (C18)을 지원 내용을 다수 포함한다. 앞선 문서들과 같이 ISO/IEC 9899:2011 (C11)에 사용 시 제한 기능에 대해 설명하는 내용을 포함한다.[6]

1. To permit the use, with restrictions, of the following ISO/IEC 9899:2011 [11] features:
 - No-return functions (<stdnoreturn.h>)
 - Alignment of objects (<stdalign.h>)
 - Type-generic expressions (_Generic)
2. To provide further guidance on the use of the following C language features:
 - Type-generic math macros (<tgmath.h>)
 - Floating-point (including comparisons, NaNs and infinities)
 - Complex numbers
3. To restrict usage of features declared as obsolescent by the C Standard

또한, 1개의 신규 Directive 및 23개의 Rule 추가 사항을 포함하고 있다.[6]

Dir 4.15: floating-point 표현식 사용지침

Rule 1.5: 오래된 언어 기능 사용 금지
 Rule 6.3: 비트 필드를 공용체의 멤버로 선언 금지
 Rule 7.5: 정수 상수 매크로의 인자는 적절한 형식을 가져야 함
 Rule 8.15 – 8.17: 정렬 사양 사용에 대한 지침 추가
 Rule 10.1 – 10.8: 복소수와 관련된 제한 사항 추가
 Rule 17.9 – 17.13: _Noreturn 함수 사양 사용에 대한 지침
 Rule 18.9: 임시 수명 객체에 대한 배열-포인터 변환 금지
 Rule 21.22 – 21.24: 타입 제너릭 매크로 및 무작위 숫자 함수 사용에 대한 지침
 Rule 23.1 – 23.6: 제너릭 선택 사용에 대한 지침

MISRA C 2012 Amendment 4는 2023년 3월 최신 C11 및 C18 표준에 맞추기 위한 업데이트를 포함하며, 멀티스레딩 및 atomic 기능을 안전하게 사용할 수 있도록 지침을 제공한다.

ISO/IEC 9899:2011 (C11) 및 ISO/IEC 9899:2018 (C18)을 지원하며, 제한 내에서 atomic 함수와 멀티스레딩 기능들이 사용 가능함을 확인할 수 있다. 또한, 관련 신규 룰이 추가되었다.

[Directives]

Dir 5.1 / Dir 5.2 / Dir 5.3

[Rules]

Rule 2.8 / Rule 7.6 / Rule 9.6 / Rule 9.7 / Rule 11.10 / Rule 12.6 / Rule 18.10 / Rule 21.25
 /Rule 21.26 / Rule 22.11 / Rule 22.20

MISRA C 2012 Technical Corrigendum 1 문서는 2017년 6월 릴리즈한 것으로, 중요한 시스템에서 C 프로그래밍 언어 사용을 위한 MISRA C:2012 가이드라인에 대한 기술적 명확화와 수정을 목적으로 작성되었다.

아래 Dir 4.8 예제를 통해 Technical Corrigendum을 좀 더 명확하게 이해할 수 있는 예시이다.

Dir 4.8

Issue

The interpretation of this directive is unclear when there is more than one pointer to the same structure or union type.

Correction

Add sentence at end of Amplification:

This directive only applies if all the pointers to a particular structure or union in a translation unit are never dereferenced.

(출처: MISRA, MISRA C 2012 Technical Corrigendum 1)

[그림 2] Dir 4.8 Correction

Dir 4.8는 구조체나 유니온에 대한 포인터가 translation unit 내에서 재참조 되지 않을 경우, 오브젝트의 구현은 숨겨져야만 한다. 는 의미를 담고 있다. 이 룰을 좀 더 자세히 해석해 보면, 구조체 또는 공용체에 대한 포인터가 역참조되지 않으면 개체의 구현 세부 정보가 필요하지 않으며 해당 내용이 의도하지 않은 변경으로부터 보호되어야 한다. 즉, 객체의 구현은 불완전한 유형에 대한 포인터를 통해 숨겨져야 한다. 는 뜻을 내포하고 있다. 그러나, 같은 구조체 및 유니온 타입에 대해 한 개 이상의 포인터가 존재할 경우, 이 Directive의 해석이 명확하지 않을 수 있다. 이러한 이슈가 발생했을 경우, 해당 부분을 명확히 해석할 수 있도록 Technical Corrigendum을 통해 부연 설명을 추가했으며, 2019년 02월 릴리즈 된 MISRA C:2012 Third edition, First Rev의 Dir 4.8 Amplification에 반영된 것을 아래 하이라이트 처리된 것과 같이 확인할 수 있다.

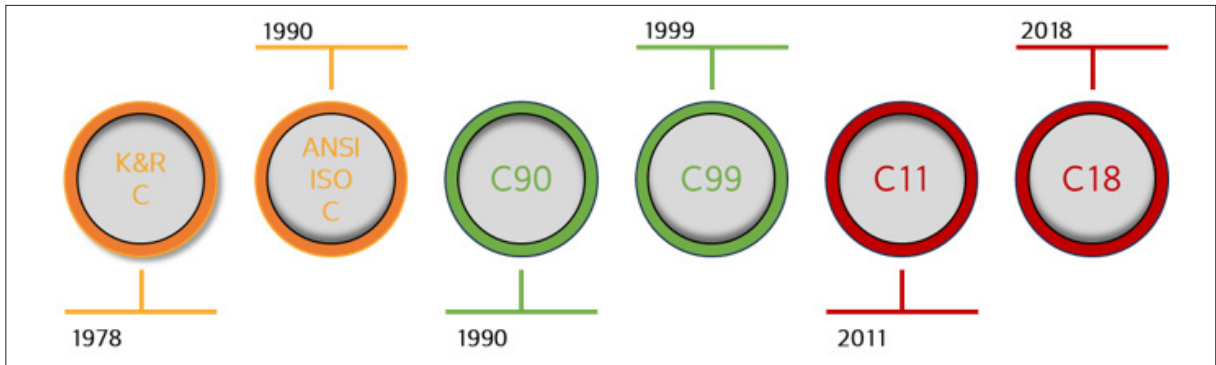
Dir 4.8	If a pointer to a structure or union is never dereferenced within a translation unit, then the implementation of the object should be hidden
Category	Advisory
Applies to	C90, C99
Amplification	The implementation of an object should be hidden by means of a pointer to an incomplete type. This directive only applies if all the pointers to a particular structure or union in a translation unit are never dereferenced.

(출처: MISRA, MISRA C:2012 Third edition, First Rev)

[그림 3] Dir 4.8 Amplification 추가

MISRA C 2012 Technical Corrigendum 2는 2022년 03월에 발행되었으며, Technical Corrigendum 1과 마찬가지로 MISRA C:2012 가이드라인에 대한 기술적 명확화 및 수정을 목적으로 한다. 문서의 목적은 동일하며, 발행되는 시기의 차이만 다르다고 할 수 있다. MISRA C 2012 Technical Corrigendum 2의 업데이트 사항은 2023년 04월 릴리즈 된 MISRA C:2012 Third edition Sec에 반영되었다. Technical Corrigendum 1을 통해 구성 및 내용을 확인하였으므로 Technical Corrigendum 2의 세부 내용은 별도로 확인하지 않는다. 상기 과정을 통해 MISRA의 릴리즈 목적 및 업데이트 프로세스를 올바르게 이해하고 문서의 활용 방안을 올바르게 수립할 수 있을 것이다.

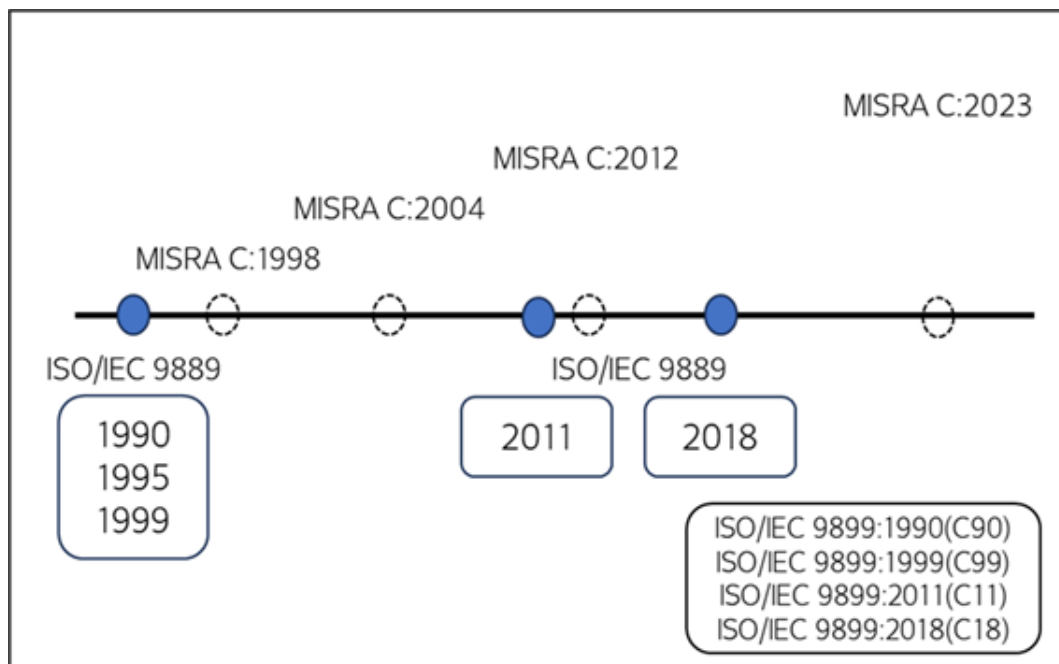
두번째, C11 및 C18에 대한 New Features 지원 부분이다.



[그림 4] C 표준 역사 정리

C 언어의 확장 및 신규 features는 MISRA 릴리즈와 궤를 같이 하고 있다고 해도 무방하다. MISRA는 안전한 C 프로그램을 개발하고자하는 목적으로 C언어에 대한 주의 사항 및 준수 사항을 규칙으로 제정한 것이기 때문에 C/C++표준 발전에 직접적이며 의존적인 관계를 가진다. 이러한 이유로 C문법의 변화 과정을 통해 MISRA C와의 상관관계를 살펴볼 필요가 있다.

MISRA C는 1998년 최초로 릴리즈 된 이후 MISRA 2012까지 MISRA는 C 언어에 대한 특징을 계속해서 반영하며 발전되어 왔다. MISRA 2012까지 적용된 주 C문법은 C90, C99 였으며, 여기에 C11의 일부 내용이 반영된 형태를 유지하고 있었다. 그 이후 C18에 대한 문법 추가가 있었음에도 이 내용을 직접적으로 반영한 MISRA 문서를 릴리즈 하지 않았다. 이 때문에 현업의 개발자들이 C11 과 C18 사용하여 프로그램을 개발하였을 경우, MISRA로 룰 위반 여부를 검출할 수 없는 문법적 부재가 생기는 것은 당연한 결과였다.



[그림 5] C표준과 MISRA C 관계도

위 그림은 ISO/IEC 9889를 년도 별로 정리하고 이와 함께 MISRA C의 릴리즈를 매칭한 <그림3>이다. <그림 3>과 같이 만약 MISRA C:2012를 적용한 경우, C11과 C18이 완전히 적용될 수 없음을 확인할 수 있다. C11의 경우, MISRA C:2012보다 먼저 만들어졌기 때문에 릴리즈 전 해당 내용을 반영하는 것이 가능하다고 생각할 수 있으나, 이는 MISRA의 작업 내용을 확인해 보면 가능하지 않는다는 것을 쉽게 추측할 수 있다. MISRA 2012로 릴리즈 된 버전은 해당연도가 2012년일 뿐, 그 문서의 준비 작업 진행은 이미 몇 년 전부터 계획되고 준비되었으며, 수정 및 업데이트 범위 선정 및 적용, 검증 등의 작업을 계속적으로 진행해 왔을 것이기 때문이다. 1년 전의 새로운 문법 및 내용을 반영한다는 것은 기존의 내용에서 변경 또는 수정을 통해 반영할 수 있는 내용이거나 새로운 내용 중 중요도가 높은 부분을 일부 반영하는 수준에서 가능할 것이다. 이러한 상황을 개선하기 위해 MISRA는 Amendment 버전을 통해 보완하고자 하였으나, 시장에서의 요구와 갭이 존재했다. 공식 릴리즈 된 MISRA 버전을 기준으로 컴플라이언스를 체크하는 것이 일반적이고 합리적인 방안이었기 때문에, 주 버전 사이에 릴리즈 된 문서의 내용은 직접적으로 반영하기 어려웠다.

결론적으로, MISRA를 적용함에 있어 현업에서는 C11, C18문법이 사용된 프로그램은 MISRA 룰을 적용할 수 없는 상태를 감안한 채 분석을 진행해 왔다. MISRA C:2012는 C90 및 C99를 기준으로 룰을 제정하고 적용했으며, MISRA C:2023에서는 이와 더불어 C11 및 C18에 대한 New Features에 대한 지원을 확장했다. 앞서 살펴보았던 Amendment 문서의 업데이트 내용 중 각 룰 별 C11 및 C18에 대한 반영은 가장 많은 업데이트 내용이기도 하다.

세번째, 기존 언어 Feature에 대한 추가 Guidance 도입이다.

Rule 1.4 Emergent language features shall not be used로 새로운 언어 기능에 대한 사용을 제한하는 내용으로 `_Generic` operator, `_Noreturn` function 등이 제약사항에 포함된다. 추가 제약사항 확인을 위해 아래 Rule 1.4의 부연설명 내용을 그림과 같이 버전 별로 비교해 보면, 버전에 따른 내용 축소를 확인할 수 있다. 제약사항이 축소된 이유는 관련 제약사항을 MISRA C:2023에 신규

Rule 1.4	Emergent language features shall not be used
Category	Required
Analysis	Decidable, Single Translation Unit
Applies to	C11
Amplification	
Updates to the C Standard have introduced new language features. The following shall not be used:	
• The <code>_Generic</code> operator; • The <code>_Noreturn</code> function specifier and the <code><stdnoreturn.h></code> header file; • The <code>_Atomic</code> type specifier, the <code>_Atomic</code> type qualifier and the facilities that are specified as being provided by <code><stdatomic.h></code>; • The <code>_Thread_local</code> storage class specifier and the facilities that are specified as being provided by <code><threads.h></code>; • The <code>_Alignas</code> alignment specifier, the <code>_Alignof</code> operator and the <code><stdalign.h></code> header file; • Other than defining <code>__STDC_WANT_LIB_EXT1__</code> to '0', the facilities of Annex K (Bounds-checking interfaces) shall not be used.	

Rule 1.4	Emergent language features shall not be used
Category	Required
Analysis	Decidable, Single Translation Unit
Applies to	C11
Amplification	
Updates to the C Standard have introduced new language features. The following shall not be used:	
• Other than defining <code>__STDC_WANT_LIB_EXT1__</code> to 0, the facilities of Annex K (Bounds-checking interfaces) shall not be used.	

(출처: MISRA C:2012 Amendment 2, MISRA C:2023)

[그림 6] Rule 1.4 Amplification의 변경 사항

가이드라인으로 제정하여 반영하였기 때문에 MISRA C:2023에서는 제약사항이 축소되었음을 알 수 있다.

지금까지 MISRA C:2023에 대한 특징들을 3가지로 정리하여 버전 업데이트에 따른 주요 특징 과 C 표준 히스토리를 정리하였다. 문서 별 특징과 예제를 통해 세부 내용을 정리하였고 특징에 따른 근거 자료를 제시함으로써, MISRA C:2023이해를 도왔다. 이후 구성은 버전 별 세부 룰 구성에 대한 비교를 통해 추후 버전 업데이트 시 검토해야 할 사항에 대해 논한다.

신규 MISRA 룰이 릴리즈 되더라도 해당 내용을 바로 현재 진행중인 프로젝트에 바로 적용하는 것은 거의 불가능하다. 기 적용 중인 MISRA 기준은 소프트웨어 개발 계획 수립 시 협의된 사항을 반영한 것이기 때문에, 현재 기준과 어떠한 내용이 변경/추가되었는지 확인하고 절차와 기준에 맞게 변경해 가는 과정이 필요하다. 이에 MISRA C:2023의 변경 및 추가 내용을 정확히 파악하고 정리하기 위해 MISRA C:2012와 각 항목 별 추가 룰 및 변경 사항을 비교하고자 한다.

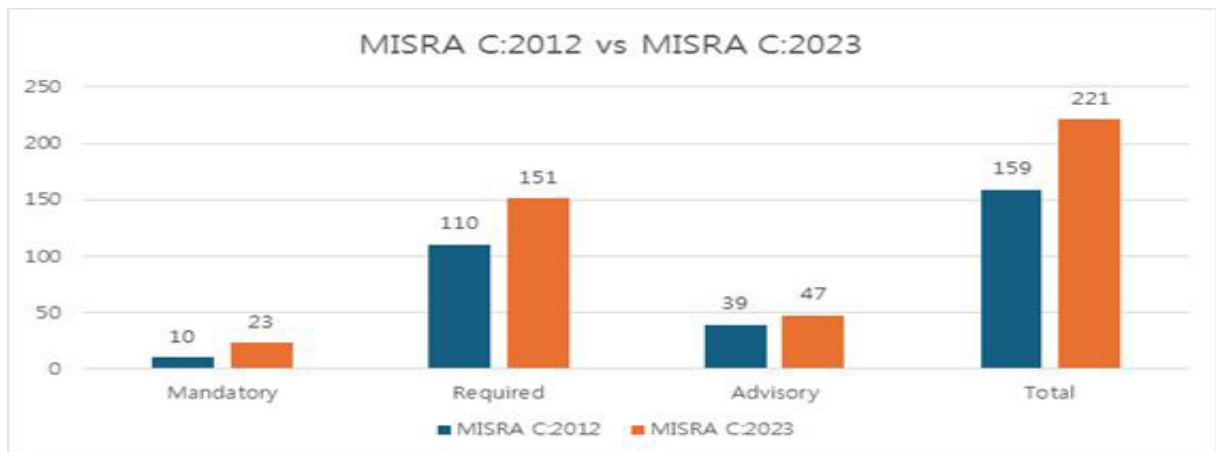
가장 먼저 아래와 <그림4>와 표기된 수치를 통해 MISRA C:2012의 카테고리 별 구성 및 변경 사항을 확인해 볼 수 있다. Mandatory, Required, Advisory로 구성된 기본 3개 카테고리에 대한 변경사항은 없으며, Required > Advisory > Mandatory 순의 비중 역시 동일하다. 다만, 구성 비율에 대한 변화로 각 항목 별 비율에 대한 변화가 있음을 확인할 수 있다.



[그림 7] MISRA 버전 별 카테고리 구성 비교

좌측과 우측의 그래프를 비교해보면 MISRA C:2012 대비 MISRA C:2023은 Mandatory가 5% 증가하였고, Required와 Advisory는 각각 1%, 4% 줄어든 것을 확인할 수 있다. 예외처리 없이 반드시 준수해야 하는 Mandatory 비중의 증가는 소스코드 기반의 명시적 해석 가능한 룰에 대한 강화로 해석할 수 있으며, 이는 룰 개수의 증가로도 추측해 볼 수 있다. Required와 Advisory도 비율이 감소하는 것으로 해석되나, 이것은 전체 룰 개수의 증가 기반으로 해석해 보면 그 영향이 줄어들었다고 볼 수 없다.

이에 대한 명확한 검증을 위해 카테고리 별 룰 개수의 증/감 여부를 아래 <그림5>과 같이 비교 그래프를 구성하였다. 전체 룰 개수는 159 → 221개로 총 62개 증가했으며, Mandatory 10 → 23(13), Required 110 → 151(41), Advisory 39 → 47(8) 로 모든 카테고리의 개수가 증가했음을 알 수 있다. C90/C99 이후에 C11/C18에 대한 모든 업데이트가 상당 수 반영되었으며, 앞서 언급한 Amendment시리즈에서 언급한 것과 같이 Security 와 Multi-thread의 내용이 반영된 것으로 해석해 볼 수 있다.



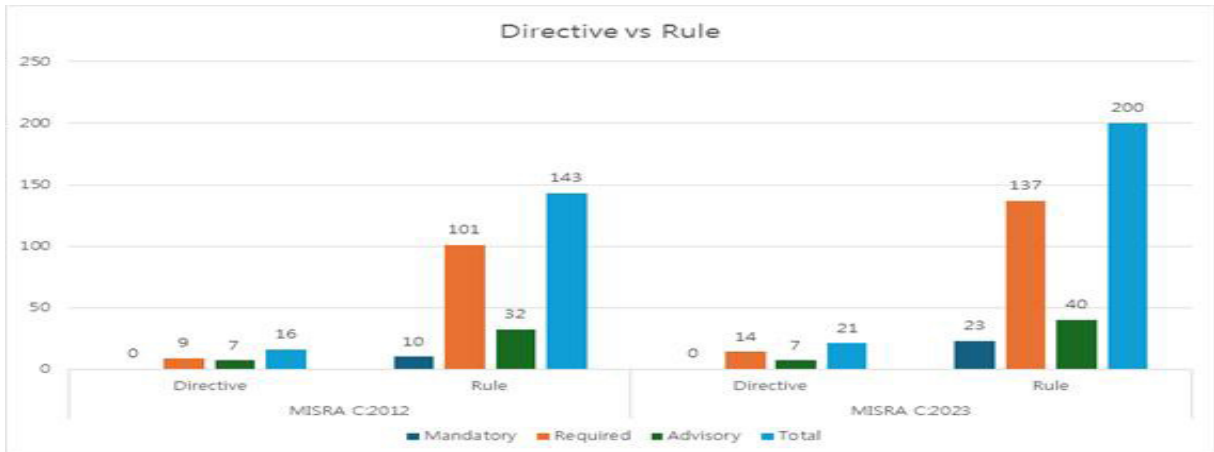
[그림 8] MISRA 버전 별 카테고리 개수 비교

MISRA (Motor Industry Software Reliability Association)에서는 위 3가지 카테고리 이외에 또 다른 구분 범주가 존재하는데 이것이 Rule과 Directive이다. Rule은 특정한 소스코드 작성 규칙을 명시하며, 이를 통해 코드의 일관성, 가독성, 유지보수성을 높이는 것을 주된 목적으로 한다. 이를 통해 소프트웨어의 품질을 높이고, 버그 발생 가능성을 줄인다. 주로 구체적이고 명확한 코드 작성 방법을 제시하며, 대부분 자동화 도구를 통해 검증할 수 있다. 구체적인 코딩 규칙을 명시하여 개발자가 이를 따르도록 한다. 예를 들어, 변수 이름의 길이 제한, 특정 함수 사용 금지 등의 명확한 규칙이 포함된다.

반면, Directive는 소스코드 작성의 전반적인 방향성과 원칙을 제시하고 시스템 전반의 안전성, 신뢰성, 효율성을 높이는 것을 목표로 한다. 보다 넓은 범위의 설계 및 개발 관행을 포함하며, 이는 코드작성 뿐만 아니라 전체 개발 과정에 영향을 미친다. 코드 외적인 요소나 설계상의 고려사항 등을 다루며, 반드시 구체적인 코드 형태로 표현되지 않을 수 있는 특징을 가지고 있다. 더 넓은 범위의 개발 관행을 포함하며, 소스코드 뿐만 아니라 시스템 설계, 문서화, 테스트 등 개발 프로세스 전반에 걸친 권장 사항을 다룬다. 예를 들어, 모든 함수는 명확하게 문서화되어야 한다는 지침이 있을 수 있다.

이와 같은 구분을 통해 MISRA는 개발자들에게 명확한 코딩 규칙을 제공하는 동시에, 보다 넓은 범위의 개발 관행과 설계 원칙을 제시하여 소프트웨어의 전반적인 품질을 높이하고자 한다.

MISRA C:2012 대비 MISRA C:2023에서 Rule과 Directive에 대한 비교를 통해 변화 추이를 확인해 볼 수 있다.



[그림 9] MISRA 버전 별 항목 비교

Directive의 총 개수는 16개 → 21개로 5개 증가했으며, Rule은 143개 → 200개로 57개 증가했음을 <그림6>을 통해 확인 가능하다. Directive보다 Rule의 개수가 비약적으로 상승한 점을 통해 MISRA가 코드 외적인 요소나 설계상의 고려사항을 다루는 Directive 관점보다는 구체적이고 명확한 코드 작성 방법을 제시하는 Rule에 대한 관점을 강조해 나아가고 있다고 추론해 볼 수 있다. 이러한 변경의 기반에 시스템 설계, 문서화, 테스트 등의 개발 프로세스를 수립하고 이를 전문 영역으로 이관하는 등의 시장의 높아진 성숙도가 반영된 것으로도 추측해 볼 수 있을 것이다. 앞으로의 MISRA의 발전방향은 구체화되고 명확한 코드 작성 방법을 제시하여 소스코드의 일관성, 가독성, 유지보수성 향상시키는 방향으로 발전해 나갈 것이라 추측해 볼 수 있을 것이다.

다음으로 MISRA C:2023에 신규 추가된 룰 및 내용을 점검함으로써, 신규 가이드라인에 대한 적용 방안을 고찰해 보고자 한다.

C11은 C 표준의 최신 버전 중 하나로, 멀티스레드 프로그래밍을 지원하기 위해 다양한 기능을 추가했다. 그 중 하나가 atomic 연산(atomic operations)을 지원하는 것이다. C11 표준에서는 <stdatomic.h> 헤더 파일을 통해 atomic 연산을 지원하며, 이 헤더 파일은 여러 스레드가 동일한 변수에 동시에 접근할 때 데이터 일관성을 보장하는데 필요한 atomic 타입과 함수들을 정의한다.

atomic 연산은 멀티스레드 환경에서 중요한 역할을 하며, 이를 통해 데이터 레이스(data race) 문제를 예방할 수 있다. 이와 관련하여 MISRA는 MISRA C:2023에 Rule 9.7, Rule 11.10, Rule 12.6과 같은 atomic 관련 룰을 3개 추가했으며, 멀티스레드 환경 관련 19개 룰을 추가하였다. 사용자는 MISRA document에서 해당 룰의 세부 내용 및 예제를 통해 구체적인 내용을 확인해 볼 수 있다.

이중 Rule 9.7은 atomic 객체의 초기화는 액세스하기 전에 완료해야 함을 가이드한 룰로 아래와 같은 의미를 내포한다.

- static storage duration이 없는 객체의 경우, 다른 액세스 전에 할당 연산자 = 또는 표준 라이브러리 함수 atomic_init()을 사용하여 선언에 초기화를 포함해야 한다

- static storage duration이 있는 객체의 경우, 기본 초기화로 충분하다

Rule 9.7 Atomic objects shall be appropriately initialized before being accessed

C11 [Undefined 5, *]

Category Mandatory

Analysis Undecidable, System

Applies to C11

(출처: MISRA, MISRA C:2023)

[그림 10] Rule 9.7 정의

atomic 객체는 액세스하기 전에 초기화해야 한다. atomic 연산을 사용하더라도 초기화되는 객체에 대한 동시 액세스는 data race를 발생시킨다. atomic_init() 함수는 구현이 atomic 객체에 대해 수행해야 할 수 있는 추가 상태를 포함하여 atomic 객체를 초기화한다. 하지만, data race를 피하지는 못한다. 구현 상태의 잠재적인 초기화 때문에 atomic_init()는 atomic_store()와 같은 다른 액세스 함수로 대체할 수 없다. 스레드 내에서 atomic 객체를 초기화하면 보장하거나 확인하기 어려운 스레드 순서에 제약이 부과되므로 명시적 보호(예: 뮤텍스를 사용) 원자성(atomicity)을 보장할 수 없게 된다.

```

_Atomic int32_t g_ai1;          /* Compliant - default initialization */
void main( void )
{
    _Atomic int32_t ai1 = 22; /* Compliant - directly initialized */
    _Atomic int32_t ai2;
    ai2 = 777;                 /* Non-compliant - not initialized by atomic_init */
    _Atomic int32_t ai3;
    atomic_init( &ai3, 333); /* Compliant - Initialized by atomic_init */
    /* ----- */

    _Atomic int32_t ai4;
    thrd_create( &id1, t1, &ai4);
    atomic_init( &ai4, 666); /* Non-compliant - Initialized after user-thread T1 is created */
    thrd_join ( id1, NULL);
}

```

(출처: MISRA, MISRA C:2023)

[그림 11] Rule 9.7 예제

위 예제는 Rule 9.7에 대한 이해를 위해 첨부된 소스코드 형태이다. MISRA는 액세스 전 초기화, 직접 초기화, atomic_init() 만 허용되며 이외의 초기화는 허용하지 않는다. 사용자는 해당 가이드를 잘 활용하여 코딩 시 해당 내용을 소스코드에 올바르게 적용할 필요가 있다.

그렇다면, C++에서는 관련하여 어떠한 내용들이 있을까? MISRA C++:2023 Rule 9.5.2에 대한 이해를 위해 Range-Based For-Loop를 시작으로 그 내용을 설명하도록 한다.

프로그래밍에서 루프는 코드 블록을 반복하는데 사용되며, 반복할 코드 블록 횟수를 알고 있는 경우 for 루프를 사용한다. C++ 에서 Range-Based For-Loop는 컨테이너를 반복 시 간결한 표기법으로 C++11에 도입되었다. 기존 for 루프는 C 언어에서 유래되었으며 루프 초기화가 선택 사항이며, 그 뒤에 루프 조건이 나오고 마지막으로 루프 증가 표현식이 나온다.

```
std::vector v = { "Example", "vector", "of", "strings" };
for ( auto &i = v.begin(); i != v.end(); ++i ) {
    std::cout << *i << " ";
}
std::cout << std::endl;
```

[그림 12] Range-Based For-Loop 사용 예제1

아래 예는 기존의 for 루프가 컨테이너를 반복하는데 사용했음을 보여준다.

```
for ( auto &&s: v )
{
    std::cout << s << " ";
}
```

[그림 13] Range-Based For-Loop 사용 예제2

Range-Based For-Loop를 사용하면 iterator를 암묵적으로 사용할 수 있다.

이는 동일한 루프에 대한 훨씬 간단한 표기법이며, C++ 언어 표준에서는 이것을 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

```
{
    auto && __range = v;
    auto __begin = __range;
    auto __end = v.end();

    for ( ; __begin != __end; ++__begin ) {
        auto &&s = *__begin;
        std::cout << s << " ";
    }
}
```

[그림 14] Range-Based For-Loop 사용 예제3

그러나, 이 표기법에는 한계가 있다. 위의 예에서 `__range`를 `v`로 초기화 할 경우, 이는 더 간단한 표현식이지만 두 개 이상의 임시 객체가 생성되는 복잡한 표현식으로 사용될 수도 있다. 이러한 문제를 위해 문자열 벡터를 반환하는 함수를 사용하는 것을 고려해 볼 수 있다.

- 공백으로 구분된 문자열을 출력하는 하나의 루프
- 공백으로 구분된 첫 번째 문자열의 문자를 출력하는 루프

```
std::vector<std::string> createStrings() {
    return { "Example", "vector", "of", "strings" };
}

int main() {
    for ( auto w: createStrings() ) { std::cout << w << " "; }
    std::cout << std::endl;
    for ( auto c: createStrings()[0] ) { std::cout << c << " "; }
    std::cout << std::endl;
}
```

[그림 15] Range-Based For-Loop 사용 예제4

이것을 실행하면 첫 번째 루프는 예상대로 동작하지만, 두 번째 루프는 undefined behavior를 만든다. 문제는 `createStrings()[0]`에 두 개의 함수 호출이 있다는 것이며, 가장 안쪽의 호출은 `createStrings`의 호출이고 가장 바깥쪽의 호출은 인덱스 `operator[]`에 대한 호출이다. undefined behavior의 이유는 'createStrings'에서 반환된 임시 객체가 'operator[]' 호출의 인수로 사용되기 때문에 C++ 규칙에 따라 임시 객체의 수명이 연장되지 않기 때문이다.

MISRA C++:2023 Rule 9.5.2는 위와 같은 문제를 방지하기 위해 설계되었다.

Rule 9.5.2 A for-range-initializer shall contain at most one function call

[stmt.ranged]

Category Required

Analysis Decidable, Single Translation Unit

(출처: MISRA, MISRA C++:2023)

[그림 16] Rule 9.5.2 정의

MISRA C++:2023은 for-range-initializer가 최대 하나의 함수 호출을 포함해야 한다는 것을 요구하는 Rule 9.5.2를 도입했으며, range-for loop전에 별도의 선언에서 내부 함수 호출을 수행하여

이 문제를 해결할 것을 제안한다.

예를 들면, 아래 예제와 같은 형태이다.

```
auto strings = createStrings();
for ( auto c: strings[0] ) { std::cout << c << " "; }
```

[그림 17] Range-Based For-Loop 사용 예제5

초기화 시 함수 호출이 하나만 있으므로 수명 연장이 원하는 효과를 발휘하고 behavior 가 완전히 정의된다. 이 문제는 C++23에서 해결되었으며, 초기화의 모든 임시 수명이 전체 for 문으로 확장되었다. MISRA C:2023의 전반적인 업데이트 내용을 확인하고자 카테고리 별 구성 및 개수를 비교하여 기본적인 변경 특이점을 확인하였고, C11/18에 대한 특징을 반영한 신규 룰의 구성 및 내용을 확인하였다.

3 결론

차량용 SW또는 임베디드 Safety와 Security분야에 MISRA 2023 버전을 확장하기 위한 전략 및 가이드와 이를 위해 각 단계 별 activity를 정의하고 조합하여 적용 우선 순위를 계획하는 작업이 필요하다. 이를 위해 아래와 같은 작업을 제안하고자 한다.

1. C/C++ 언어문법New Feature 정리
2. MISRA C/C++:2023 신규 룰 및 지침 정리
3. New Feature와 MISRA C:2023 상관 관계 분석
4. 프로젝트 별 룰 적용 우선순위 선정

신규 버전을 적용하기 위해 선행되어야 할 작업은 적용 범위를 파악하고 설정하는 작업이다. 범위에 대한 설정 없이 적용 방안을 논하는 것은 설계도면 없이 건물을 짓는 것과 유사하기 때문이다. 명확한 변경 범위를 파악하기 위해 MISRA 2012 대비 MISRA 2023의 변경 및 추가, 삭제된 항목 및 내용에 대해 확인하고 정리하여 범위를 구체화할 필요가 있다. MISRA C:2023은 C11/18업데이트 반영이 대부분의 비중을 차지하므로 이러한 작업 수행을 위해 C/C++ 신규 문법에 대한 Feature를 확인하고 정리하는 작업을 가장 먼저 배치하였다.

두번째는 MISRA C/C++:2023에 새롭게 정의된 룰을 식별 작업이다. 신규 룰에 대한 범위를 명확화 하는 작업의 일환으로 볼 수 있다. 세번째로 C11/18 Feature 식별 항목과 신규 룰 들과의 상관 관계를

분석하는 작업이다. 이를 통해 신규 룰의 목적 및 적용 당위성을 확보할 수 있다. 신규 추가된 룰을 식별하고 당위성을 확보했다고 하여 이를 일괄 적용하는 것은 프로젝트 진행 프로세스에 부하로 작용될 수 있다. 따라서, 프로젝트 별 목적 및 용도에 따라 식별된 룰을 구분하여 적용하는 것이 합리적인 룰 적용 방안이라고 생각된다.

위 내용을 정리하여 MISRA C:2023을 <표3> 으로 정리해 보면 다음 같이 New Feature와 신규 추가 룰의 연관 관계를 추론해 낼 수 있다. 두 항목 간 공통사항은 신규 Feature에 대한 우선순위를 가지는 항목으로 대상 프로젝트에 C11 또는 C18 문법을 검사 수요가 존재하거나, 신규 MISRA 적용 계획 수립 시 우선적으로 검토될 수 있다.

<표3> C11/18표준 문법과 MISRA C:2023과의 관계

	C11/18 New Feature	MISRA C:2023 Related Rules	New Rules
1	Additional floating-point characteristic macros (float.h)	Rule-10.1	2
2	Unicode characters and strings (uchar.h)	-	
3	Static assertions	-	
4	Anonymous structures and unions	Rule-19.2	
5	Support for opening files for exclusive access (fopen)	-	
6	aligned_alloc	Dir-4.12, Rule-21.3, Rule-22.1	
7	at_quick_exit, quick_exit	Rule-21.8	
8	timespec_get	Rule-21.10	
9	No-return functions (stdnoreturn.h)	Rule-17.9, Rule-17.10, Rule-17.11	24
10	Alignment of objects (stdalign.h)	Rule-8.15, Rule-8.16, Rule-8.17	
11	Type-generic expressions (_Generic)	Dir-4.9, Rule-23.1, Rule-23.2, Rule-23.3, Rule-23.4, Rule-23.5, Rule-23.6, Rule-23.7, Rule-23.8	
12	Type-generic math macros (tgmath.h)	Rule-21.11, Rule-21.22, Rule-21.23	
13	Floating-point (including comparisons, NaNs and infinities)	Dir-4.15	
14	Complex numbers (complex.h)	Dir-4.6, Rule-10.1, Rule-10.3, Rule-10.4, Rule-10.5, Rule-10.7, Rule-10.8	
15	Atomic functions (stdatomic.h)	Rule-9.7, Rule-11.3, Rule-11.8, Rule-11.10, Rule-12.6, Rule-13.2, Rule-21.25	22
16	Multi-threading (threads.h)	Dir-5.1, Dir-5.2, Dir-5.3, Rule-21.26, Rule-22.11, Rule-22.12, Rule-22.13, Rule-22.14, Rule-22.15, Rule-22.16, Rule-22.17, Rule-22.18, Rule-22.19, Rule-22.20	
17	Small integer constants	Rule-7.6	
18	Unused objects	Rule-2.8	
19	Chained initialization	Rule-9.6	
20	Variably-modified arrays	Rule-18.10	

〈표3〉은 C11/C18문법20개 항목과 MISRA C:2023의 연관 룰의 간의 매핑을 보여준다. 매칭된 룰의 내용은 기존의 룰과 신규 룰이 함께 존재하고 있으며, 이 중 신규 룰과의 연관이 있는 룰의 개수를 별도로 표기하고 있다. Amendment2/3/4에서 새롭게 추가된 내용을 New Feature로 표기하기 위해 음영으로 〈표3〉을 구성하였으며, New Rules로 매칭되는 항목 개수를 표기 했음을 알 수 있게 구성하였다.

〈표3〉 9번 ~ 14번은 C11/C18에 대한 신규 문법이며, MISRA C:2023 Related Rule은 문법과 연관된MISRA C:2023의 룰을 의미한다. 마지막 New Rule은 Related Rules 중 신규 추가된 항목에 대한 개수를 의미한다. 예로 New Rules에 24 로 표기된 값은 2개 신규 룰을 추가하여 C11/18 New Feature에 대응되고 있음을 의미한다. Related Rule은 New Rules보다 개수가 더 많은데 이는 기존 존재하던 룰과 신규 추가된 룰이 함께 매칭되어 있기 때문이다. Related Rule = New Rules + MISRA C:2012 Rules로 해석할 수 있다.

MISRA C:2023를 신규로 적용하거나 MISRA C:2012에서 MISRA C:2023로 확장 적용하려는 업무 담당자 및 사용자는 위와 같은 사전 분석이 반드시 필요하며, 이를 기반으로 각 프로젝트 성격에 따라 그 기준을 변경 또는 확대, 축소함으로써 프로젝트에 최적화된 룰 기준을 선정할 수 있을 것이다. 또한, SW품질팀 및 QA팀 등은 내부 부재하거나 부족했던 기준을 강화해 나가기 위한 자료로 활용할 수 있을 것이며, OEM과 Tier의 요구사항에 사전 대응할 기초 자료로도 충분히 활용될 수 있을 것이다. 이와 더불어 소프트웨어 검증 프로세스 내 정적분석 수립 강화 계획에도 반영하여 추후 변경되는 환경에 유연하게 대처할 수 있는 기반이 될 수 있다. 따라서, 사용자는 요구 별 표준에 대한 규정 준수 모듈을 파악하여 현재 당사가 보유한 정적도구가 MISRA C/C++:2023 룰100% 지원 여부 및 시행 범위를 확인해야 할 필요가 있다. 또한, MISRA C/C++:2023에서 추가 제안하는MISRA 규칙 및 지침 위반을 분석하고 검토하여 사용자의 목적에 따라 올바른 방향과 최적화된 설정으로 활용되길 기대한다.

4 참고문헌

- [1] HORIBA MIRA Limited, MISRA-C-2023-Guidelines for the use of the C language in critical systems Third edition, Second revision, 2023
- [2] HORIBA MIRA Limited, MISRA-CPP-2023-Guidelines for the use of C++17 in critical systems, 2023
- [3] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2012 3rd Edition, 1st Revision, 2012
- [4] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2012 Amendment 1 Additional security guidelines for MISRA C 2012, 2012

- [5] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2012 Amendment 2 Updates for ISO/IEC 9899:2011 Core HORIBA MIRA Limited, functionality, 2012
- [6] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2012 Amendment 3 Updates for ISO/IEC 9899:2011 Phase 2_New C11/C18 features, 2012
- [7] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2012 Amendment 4 Updates for ISO/IEC 9899:2011 Phase 3_MultiThreading and atomics, 2012
- [8] HORIBA MIRA Limited, MISRA C 2004 Guidelines for the use of the C language in critical system, 2004
- [9] HORIBA MIRA Limited, MISRA C++:2008 Guidelines for the use of the C++ language in critical systems, 2008
- [10] ISO/IEC, ISO/IEC 9899:2018 Information technology – Programming languages – C, International Organization for Standardization, 2018
- [11] “The Standard – C”. www.iso-9899.info.
- [12] PERFORCE, <https://www.perforce.com/blog/qac/misra-cpp-2023-range-based-for-loop>

10. 전기자동차 산업 동향 및 표준 이슈

한국전기연구원 이재조 책임연구원

1 서론

세계적인 기후 변화 및 에너지 고갈 이슈로 인해 친환경 차량의 필요성이 대두되면서 전기차 산업은 최근 몇 년간 급격하게 성장하였다. 전기차는 전기에너지를 동력원으로 사용하기 때문에, 내연기관 차량에 비해 친환경적일 뿐만 아니라 에너지를 효율적으로 이용할 수 있으며, 계통과의 연계성을 통해 에너지 자원으로써의 역할도 수행할 수 있어, 미래 교통 시스템에서의 핵심적인 이동 수단으로 발전하고 있다.

전 세계 여러 주요 국가에서는 전기차 보급률을 높이기 위해 보조금, 세제혜택 등의 정책을 적극적으로 추진하고 있으며, 전기차 충전기 보급사업 등을 통해 전기차 산업 성장시키기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 또한, 배터리, 차량 및 충전기 제조사 등은 제품의 성능 개선 및 비용 절감을 위해 막대한 연구개발 비용을 지속적으로 투자하고 있으며, 전기를 구성하는 배터리, 구동 모터, 전력변환장치 등에 대한 기술과 충전 기술이 발전함에 따라 전기차 산업 시장이 급속히 성장하였다.

그러나 제조 비용, 배터리의 불안전성, 충전 인프라 부족 등의 문제는 전기차 시장 성장에 여전히 큰 장애 요소로 작용하며, 이를 해결하기 위한 기술혁신과 지속적인 노력이 필요하다. 또한, 전기차 산업이 끊임없이 성장하기 위해서는 전기차 인프라의 원활한 운영, 기술 호환성 및 신뢰성 확보를 위해 관련 기술에 대한 표준화가 필수적으로 수행되어야 한다. 따라서, 전기차 산업의 성장은 새로운 기술의 발전과 더불어 이에 대응하는 적극적인 표준화 작업에 달려있으며, 이를 통해 미래의 핵심적인 산업 분야로 자리매김할 수 있을 것으로 예상된다.

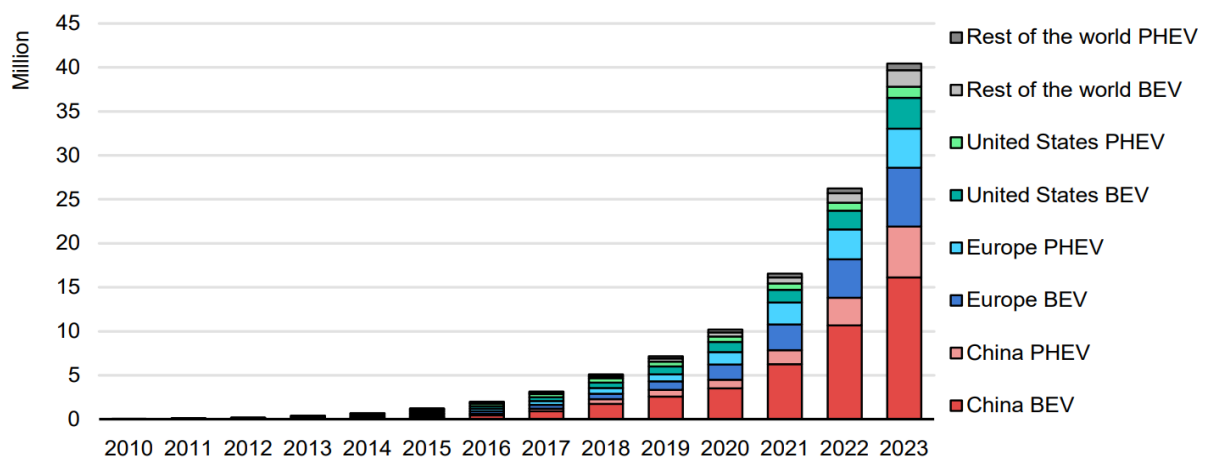
본 이슈 리포트에서는 전기차 사업의 시장 현황 및 최신 기술 동향과 전기차와 관련된 주요 표준 및 진행 중인 표준화 작업 현황에 대해 설명하고, 향후 전기차 산업의 전망과 방향성을 제시한다.

2 본문

가) 전기차 및 충전기 시장 현황

전기자동차의 보급 확대를 위한 정책적인 노력과 기술의 발전으로, 전기자동차의 등록 수 및 판매량은 전 세계적으로 급증하고 있는 추세이다. 조사에 따르면, BEV와 PHEV를 포함한 '23년 글로벌 전기차 등록수는 4000만 여대로, '22년에 비해 약 35%가 증가하였다.

Global electric car stock trends, 2010-2023

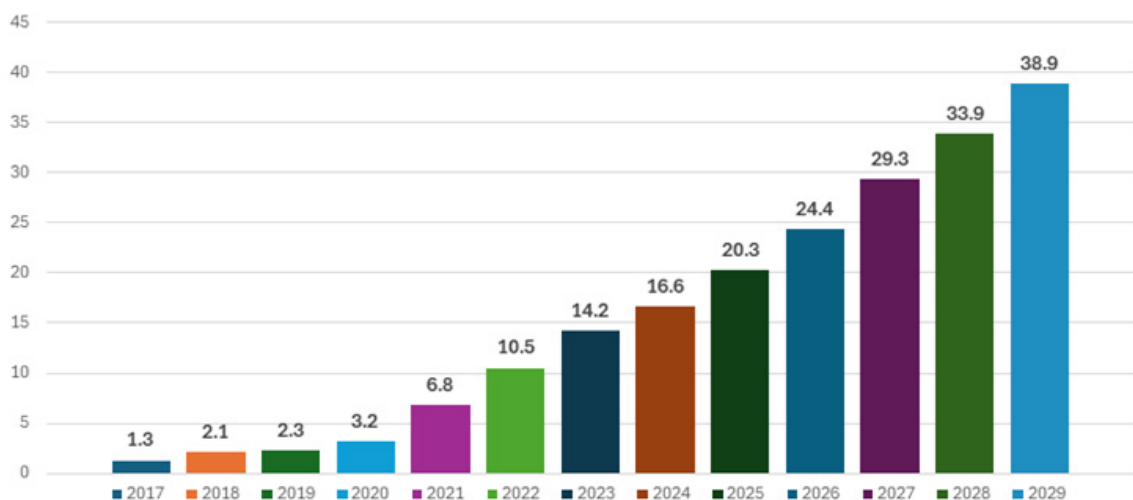


IEA. CC BY 4.0.

(출처 : IEA, Global EV Outlook 2024)

| 그림 1 | 글로벌 전기차 등록 현황

Unit: MILLION

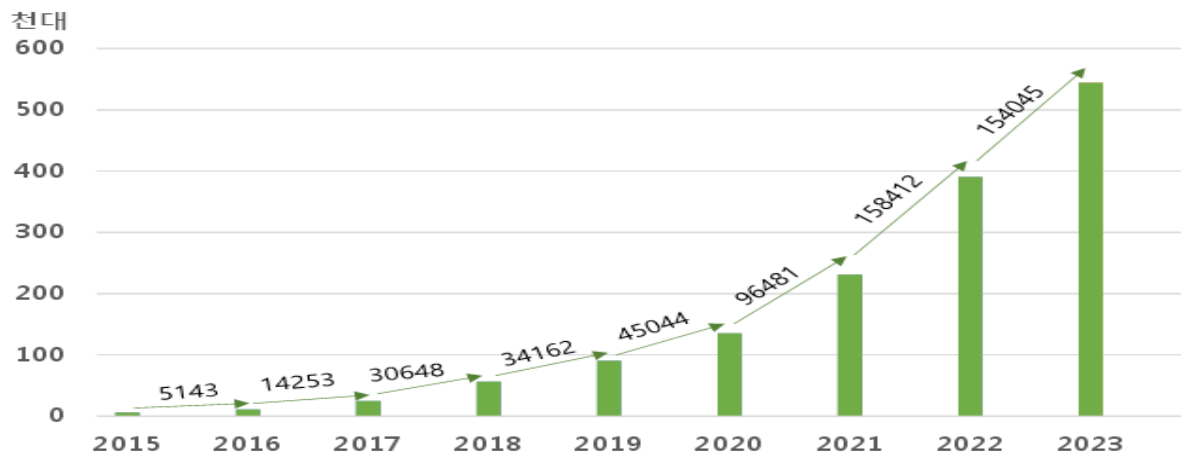


(출처 : EV Volumes, Global EV Sales for 2023)

| 그림 2 | 글로벌 전기차 판매량 현황 및 전망

‘23년 글로벌 승용 전기차 판매량은 1420만여 대로, ‘22년 대비 약 34%가 증가하였으며, 이는 내연기관 차량을 포함한 전체 차량 판매량 중 약 18%를 차지한다. 전기차 판매량은 지속적인 증가 추세를 나타낼 것으로 전망하고 있으며, ‘27년에는 ‘23년 대비 두 배 이상의 판매량을 기록할 것으로 예상하고 있다.

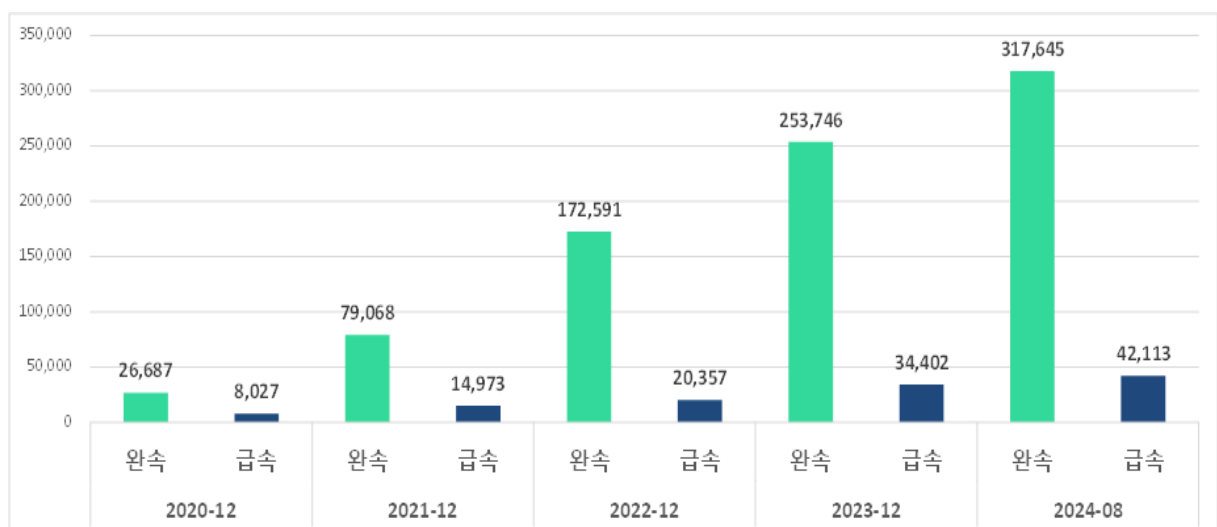
국내 전기차 등록 수는 ‘15년 5,712대에서 ‘23년 543,900대로 95배 이상 증가하였으며, 전체 차량 중 PHEV 차량을 포함한 전기차의 비중 또한 지속적인 증가 추세를 나타내고 있다.



(출처: 국토교통부, 자동차 등록현황 보고)

| 그림 3 | 국내 전기차 등록수

전기차 보급 확대와 더불어 전기차 충전기의 보급율 또한 빠르게 상승하고 있다. ‘24년 8월 기준 국내에 설치된 전기차 완/급속 충전기는 359,758기로, ‘20년 34,714기에 비해 10배 이상 증가하였으며, ‘23년 기준 전기차 1대당 충전기(완/급속) 보급 비율은 약 1.9기로 나타났다.



(출처: 환경부, 무공해차 통합누리집)

| 그림 4 | 국내 전기차 완/급속 충전기 설치 현황

그러나 충전 인프라 부족 문제는 여전히 전기차 시장 성장 방해의 주요 이슈로 거론되고 있으며, 전기차의 불안전성, 가격 부담 등으로 인한 부정적인 소비자 인식과 시장 성숙으로 인한 수요자의 특성 변화 영향 등으로 인해 최근에는 전기차 보급 증가세가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

이에 대한 방안으로, 환경부는 환경친화적 자동차 보급 시행계획을 통해 '24년 85.7만 대 이상의 전기차를 보급하기 위한 정책과 환경친화적 구매목표제를 통해 상업용 차량에 대한 친환경 차량 전환 정책을 추진하고 있다. 또한, 전기차 보급 확대를 위한 중장기 로드맵을 공개하며, '30년까지 전기차 420만 대, 충전기 123만 대 이상 보급하는 것을 목표로 하고 있다.

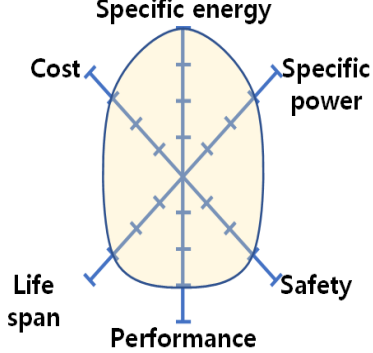
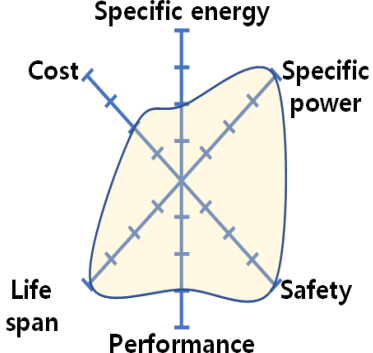
◦ 나) 전기차 산업 기술 동향

1) 배터리 기술

전기차의 배터리는 차량 생산원가의 약 40%를 차지하며, 주행거리, 충전효율, 안전성 측면에서 전기차의 성능을 나타내는 핵심적인 요소 중 하나이다. 현재 전기차용 배터리로는 리튬 계열 산화물의 양극재가 적용된 리튬배터리가 가장 널리 사용되며, 리튬배터리는 양극재의 종류에 따라 삼원계(NCM)와 리튬인산철(LFP)로 구분된다. NCM 계열의 배터리의 경우, 상대적으로 에너지 밀도가 높아 무게를 감소시킬 수 있고, 충전 속도가 빠르며, 전압이 높은 장점을 갖는다. 그러나 비싼 가격과 고온에서의 안전성이 낮으며, 수명이 다소 낮다는 특성이 있다. 반면 LFP 계열의 배터리는 희소금속인 코발트를 대체하여 철을 사용하기 때문에, 비교적 저렴하고 보다 안전하며 수명이 긴 장점을 갖지만 에너지 밀도, 충전 속도가 낮고, 충방전 전압 범위가 작아 SoC를 구분하기 어렵다는 단점을 갖는다. 전기차 산업 초반에는 대다수의 전기차량에 에너지 밀도가 높은 NCM 계열의 배터리가 적용되었지만 전기차의 높은 가격과 전기차 화재 이슈 등의 안전성 문제로 인해 LFP가 적용된 전기차가 증가하는 추세이다.

배터리가 전기차의 중요한 요소인 만큼 배터리 기술 성장은 전기차 산업 시장을 크게 확장시킬 수 있어, 성능 개선 및 배터리 재활용 등에 대한 도전적인 연구개발이 수행되고 있다. 배터리 기술에서의 주요 이슈는 에너지밀도 향상, 안전성 확보, 재활용 방안 등이며, 새로운 소재 개발, 양산 기술 확보 및 재사용/재활용 인프라 구축 등에 대한 기술 개발이 활발하게 이뤄지고 있다.

〈표 1〉 LFP NCM 배터리 특성

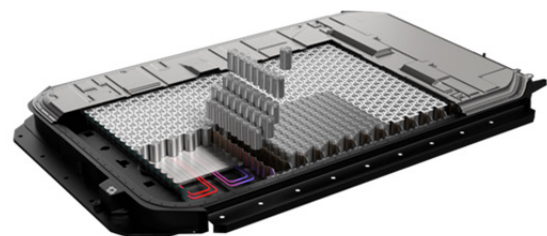
LFP		전압	2.5~3.65V
		용량	90~120Wh/kg
		충전(C-rate)	10C
		방전(C-rate)	30C
		사이클 수명	2000 이상
		열 폭주 온도	270°C
		비용	~kWh당 \$200
NCM		전압 범위	3.0~4.2V
		용량	150~220Wh/kg
		충전(C-rate)	0.7~1C
		방전(C-rate)	2C
		사이클 수명	1000~2000
		열 폭주 온도	210°C
		비용	~kWh당 \$420

기존 리튬이온배터리를 대체하는 차세대 배터리로는 전고체 배터리, 리튬-황, 리튬금속 배터리 등이 거론되고 있으며, 전고체 배터리의 경우 고체 전해질을 적용하여 상대적으로 안전성이 매우 높다는 강점을 갖는다. 또한, 리튬황 배터리는 무게가 가벼우며, 리튬금속 배터리는 에너지 밀도가 높은 이점이 있다.

배터리 셀의 에너지 밀도를 증가시키기 위한 기술과 더불어, 시스템 수준에서의 에너지 밀도를 증가시키기 위한 노력을 하고 있다. 배터리 셀-모듈-팩의 일반적인 구성이 아닌, 셀-팩 또는 셀-샤시의



Cell to Pack(Square type)



Cell to Pack(Cylindrical type)

(출처 : Emobility Engineering, Cell-to-pack batteries)

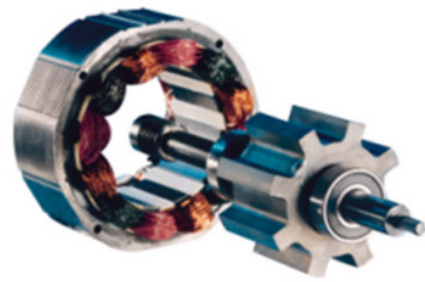
| 그림 5 | 셀 유형에 따른 셀-팩 구조

배터리 구성을 통해 셀 집적도를 증가시키는 기술과 차량의 바디를 배터리 하우징으로 이용하는 차량 패키징 기술을 고도화하는 연구가 수행되고 있다.

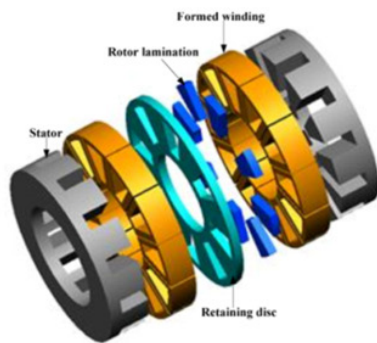
2) 구동 시스템 기술



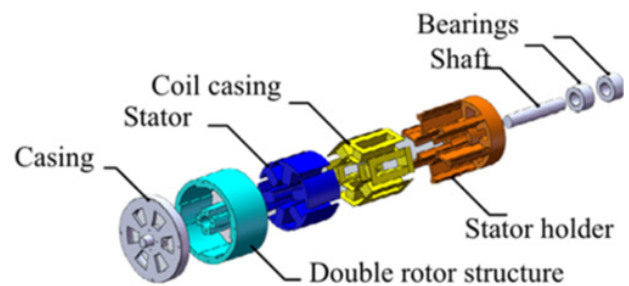
SynRM(Synchronous Reluctance Motor)



SRM(Switched Reluctance Motor)

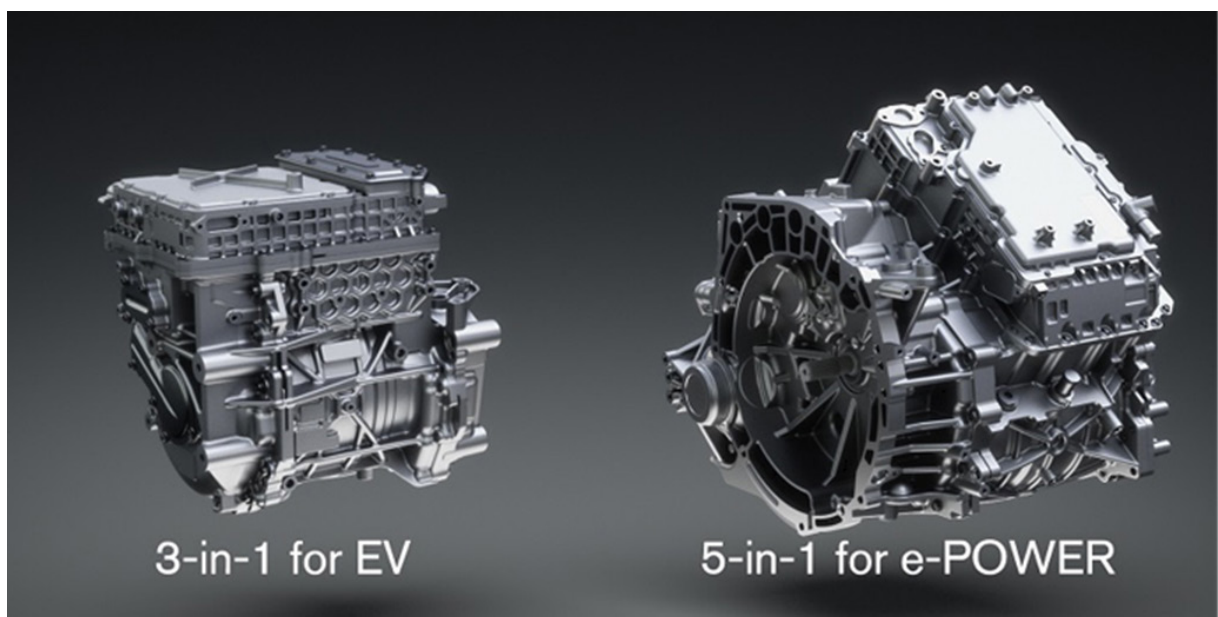


AFSRM(Axial Flux Switched Reluctance Motor)



DRSRM(Double Rotor Switched Reluctance Motor)

| 그림 6 | 릴럭턴스 모터의 종류

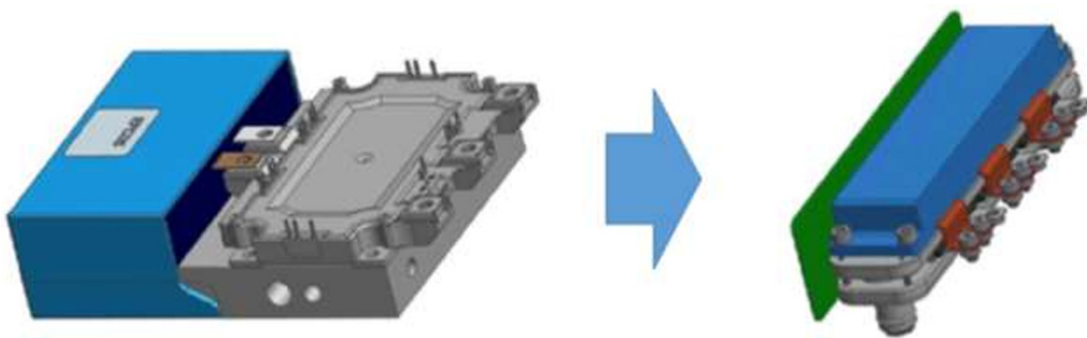


(출처 : Actualidad Motor Videos Marcas, Nissan Tech Seminar)

| 그림 7 | 3-in-1, 5-in-1 구동시스템 모듈

전기차 구동 시스템에서의 모터는 일반적으로 영구자석 동기전동기가 적용된다. 그러나 영구자석 동기전동기에는 희토류가 적용되므로 가격 변동 및 수급에 대한 불안정성이 있어, 희토류의 사용을 줄이거나 영구자석을 사용하지 않는 릴럭턴스 모터를 전기차에 적용하는 연구가 수행되고 있다.

또한 구동 시스템 분야에서는 차량의 에너지 효율 증가 및 공정 편의성 등을 위해 고효율화, 경량화, 일체화하는 것이 기술 개발의 추세이다. 일부 제조사에서는 모터, 감속기, 인버터를 일체화하는 3-in-1 구동시스템을 개발하여 생산 효율성과 소음 진동 등의 주행 성능을 향상시켰으며, 기존 3-in-1 모듈에 OBC, LDC 등을 더한 X-in-1 모듈을 개발하기 위해 노력하고 있다. 일체화에 따른 냉각, 기구 설계 및 품질관리에 대한 기술적 고려가 필요하다.



| 그림 8 | 이중냉각방식을 적용한 인버터 모듈

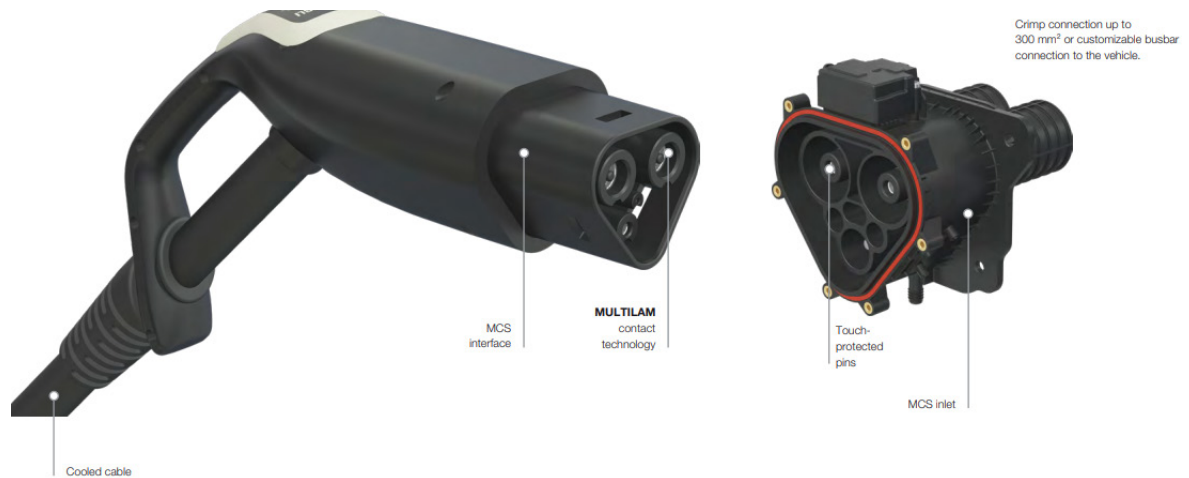
모터를 구동하는 전력변환장치 또한 고밀도화 및 고효율화를 목표로 기술 개발을 진행 중이며, 이중냉각방식 등의 효율적인 냉각 기술과 WBG 소자 적용 등을 통해 전력밀도를 상승시키거나 구동모터와 인버터를 일체화시키는 등의 연구개발을 수행하고 있다.

3) 전기차 충전 기술

전기차 배터리 용량이 증가함에 따라 전기차 충전에서의 전력전달 효율과 충전 용량에 대한 중요성이 대두되고 있으며, 자율주행 기술의 발전과 더불어 무선충전기술에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상되고 있다.

100kWh 이상의 배터리가 승용차량에 적용되면서, 유선(전도성)충전 기술의 주요 이슈는 충전설비의 용량을 증가시켜 빠른 충전 속도를 보장하는 것이다. 그러나 기존 차량의 배터리 전압 수준에서 전류만을 증가시켜 충전 용량을 키우는 것은 충전 커넥터, 차량 내 케이블 어셈블리 등을 구성하는 데에 어려움이 있다. 따라서, 충전 전류를 최소화하고 차량 배터리 전압을 증가시키는 방향으로 연구가 진행되고 있으며, 충전 용량에 따른 케이블 어셈블리, 충전 커넥터, 냉각 시스템 등의 기술 개발이 수행되고 있다.

또한, 1MWh 이상의 배터리 용량을 지닌 전기 상용차량 보급 확대를 위해 최대 3MW급 충전 용량을 갖는 MCS(Megawatt Charging System) 기술 개발이 이뤄지고 있다. MCS의 경우 통신 프로토콜,

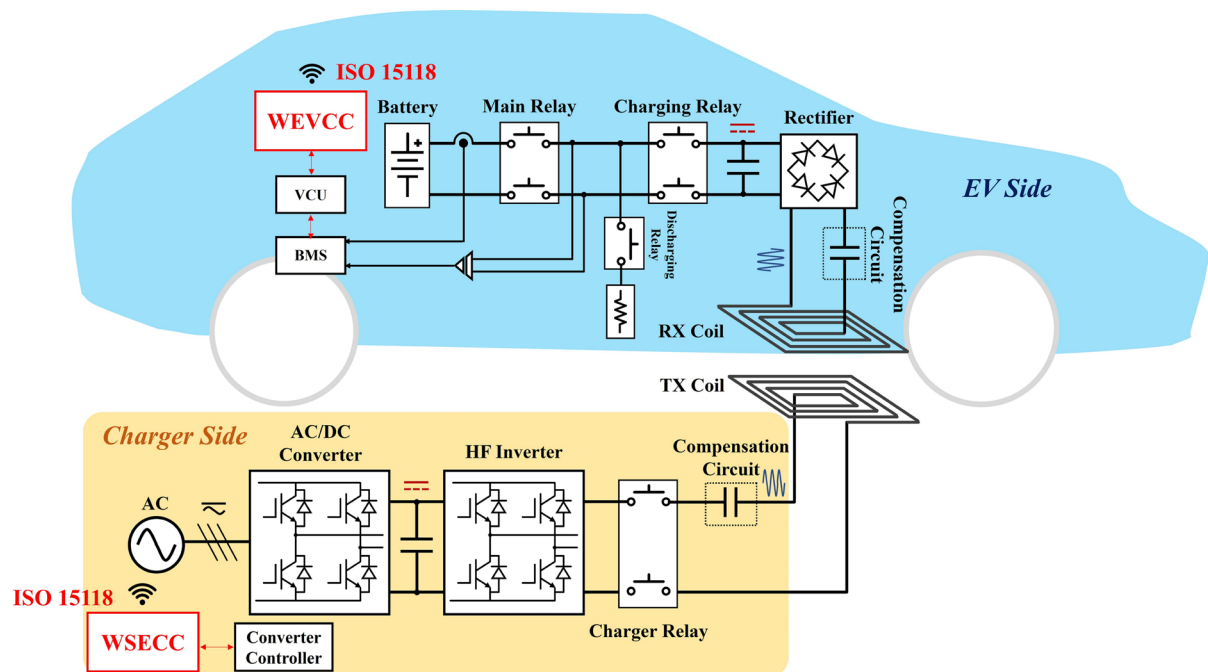


(출처 : STAUBLI, Megawatt charging system)

| 그림 9 | MCS 아웃렛, 인렛 형상

전기안전, 커넥터 등의 관련 기술에 대한 국제 표준화 작업이 본격적으로 수행되고 있으며, MW 단위의 대용량 전력 설비로서 다양한 방식의 자원으로 운영하기 위한 기술 개발도 활발하게 수행되고 있다.

무선충전 기술은 상호호환성이 낮고 현재 11kW 이하의 저용량 설비만 상용화되어 있는 수준으로 시장에서의 중요성이 크게 드러나지 못했지만, 자율주행차량의 상용 기술이 발전함에 따라 향후 발전성이 큰 산업 분야로 주목받고 있다.



| 그림 10 | 무선충전시스템의 구성

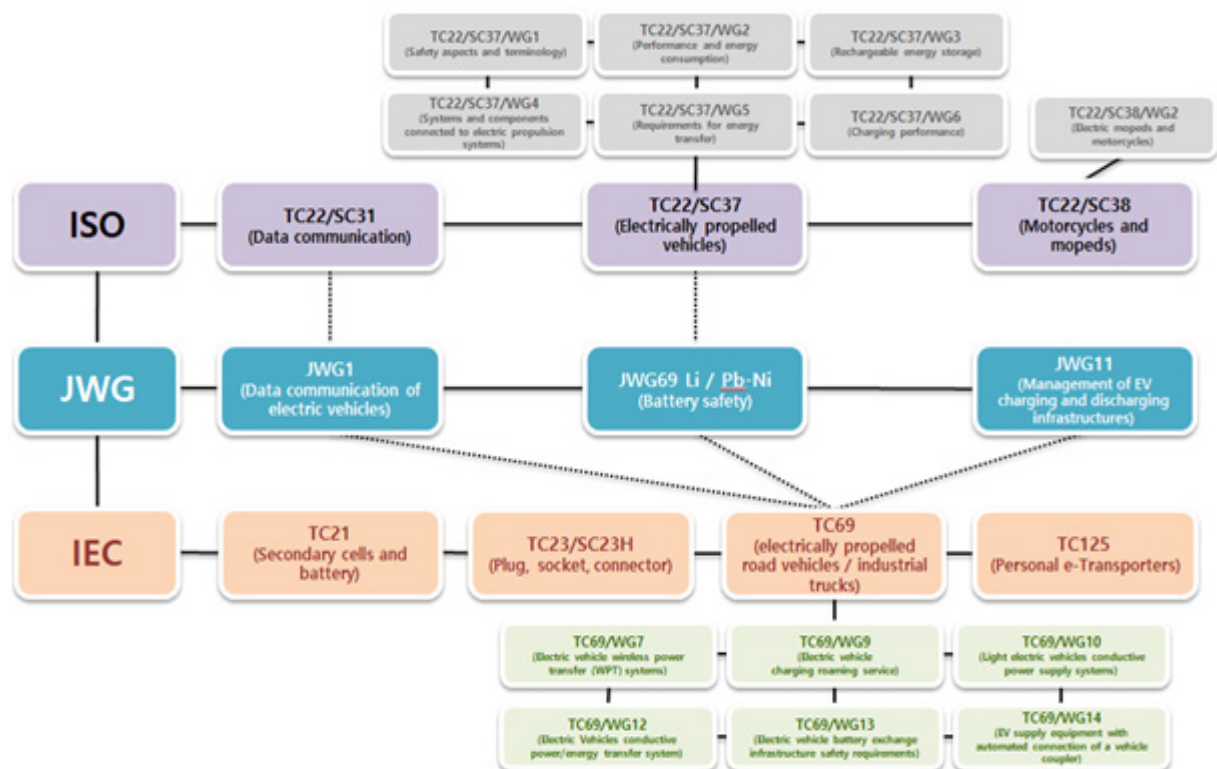
무선충전 기술의 경우 고효율, 고용량화, 호환성 등에 대한 기술 개발이 주된 이슈이다. 그러나 해외 W*기업이 확보하고 있는 무선충전기술에 대한 독점적인 기술로 인해 기술 개발에 대한 어려움이 존재한다. 따라서, 무선충전기술을 고도화 하기 위해서는 핵심기술의 차별화와 독자적인 원천기술의 확보가 필요하며, 확보된 기술에 대한 국제 표준화 작업이 필요하다.

◦ 다) 전기차 표준화 동향 및 표준 개발 이슈

전기차의 성능 개선과 더불어 산업의 성장을 촉진시키기 위해서는 관련 기술에 대한 표준화가 필수적으로 요구된다. 국제 표준 기구인 ISO와 IEC에서는 개별 분야 및 JWG 활동을 통해 전기차와 관련된 표준화 작업을 활발히 수행하고 있다.

ISO는 전기적 안전, 연비, 배터리팩, 전기 구동시스템과 같은 전기차량에 대한 표준화를 담당하고 있으며, IEC는 배터리셀, 충전시스템, 전기부품 등의 분야를 담당한다. 또한, 충전 커넥터와 통신 프로토콜 등의 분야에 대해서는 JWG 운영을 통해 공동으로 표준화 작업이 진행되고 있다.

ISO의 전기차 표준위원회는 TC22(Road Vehicle) 산하 SC37(Electrically propelled vehicles) 분과 내 6개의 WG으로 구성되어 있으며, IEC TC69와의 공동작업반인 ISO TC22/SC31 JWG1에서 전기차 충전 통신 인터페이스를 담당하고 있다. 또한, IEC에서는 TC69(전기자동차 및 산업용 전기 트럭) 내 7개의 WG, 4개의 PT, 3개의 MT, 6개의 JWG 등으로 구성된 전기차 표준위원회에서



| 그림 11 | 전기차 관련 국제 표준화 기구

전기차와 관계된 표준화 작업을 담당하고 있다.

ISO TC22/SC37(전기차) 산하의 작업반에서는 전기차량의 안정과 성능에 관련된 분야에 대한 28종의 표준을 개발 완료하였으며, IEC TC69 산하의 6개 WG에서는 전기차량의 전력전달 방식, 인프라 등의 분야에 대한 35종의 표준을 개발 완료하였다. 또한, ISO와 IEC 간의 JWG 활동(ISO/TC22/SC31-IEC/TC69 JWG1)을 통해 전기차와 충전기 간 통신 인터페이스 분야에 대한 표준개발을 수행하고 있으며, IEC 내 TC 및 SC 간의 협업으로 배터리 안전 분야(IEC/TC21/JWG69),

V2L 어댑터 및 인터페이스 분야(IEC/TC69/JWG20) 등에 대한 표준화를 추진 중이다.

국내에서는 국가기술표준원의 주도로 전기차 산업 성장 및 국제적인 기술 경쟁력 확보를 위한 국가표준 및 국제표준 개발 작업을 활발하게 수행하고 있다. 국가기술표준원에서는 전기차와 관련된 표준을 차량 시스템, 충전 시스템, 무선충전시스템, 배터리 시스템, 구동 시스템, 전기이륜차 및 PM(Personal Mobility) 분야로 구분하여, 전기차 산업 활성화를 위한 표준화 과제를 추진 중에 있으며, '28년까지 국가 표준 제정 49 건, 국제 표준 제안 12건 이상을 목표로 하고 있다.

표 2 | 전기차 분야 표준개발 목표

분야		국가 표준 개발	국제 표준 개발
차량 시스템	용어	1	-
	성능	1	-
	안전	1	-
	공조시스템	1	-
충전 시스템	전도성 충전 시스템	9	1
	커넥터 및 케이블	5	-
	충전통신 및 관리 시스템	6	1
무선충전시스템	정차 중 무선 충전	3	-
	전기승용차 무선충전	2	-
배터리시스템	안전성	-	3
	성능	-	2
	LCA	1	1
구동 시스템	모터시스템	2	1
	감속기시스템	-	1
	전동화시스템	2	-
전기이륜차/PM	용어	1	-
	안전	3	-
	배터리 및 충전시스템	11	2
계		49	12

차량 시스템 분야는 친환경 차량(전기차, HEV, PHEV 등)의 용어, 성능, 안전, 공조시스템 등의 표준을 포함하고 있으며, 전기차와 관련된 새로운 기술의 보급과 전기차량의 성능이 개선됨에 따라 용어, 연비 및 안전 등에 대한 표준 개정이 이뤄지고 있다.

충전 시스템 분야는 전기차 충전 기술에 대한 표준으로, 충전용량의 증가, 양방향 전력전송, V2L 어댑터 등의 신기술에 대한 국제표준화가 요구되면서, 이에 대한 국가 부합화 표준 개정 및 국제표준화를 추진하고 있다.

특히 우리나라는 전기자동차 화재예방 충전 인프라 기술을 표준화할 계획이다. ISO/IEC 15118에서 제공하는 부가가치서비스(VAS: Value Added Service)를 이용하여 전기차 배터리의 SoC, SoH, 배터리팩 전류, 배터리 모듈별 온도, 배터리 셀별 전압을 3초 단위로 수집하여 배터리의 안전 여부를 인공지능으로 확인하여 충전을 제어하는 기술을 단체표준으로 제정할 예정이다.

또한, 무선충전 시스템 분야는 충전 시스템 중 무선전력전송을 이용한 충전 방식에 대한 표준을 포함하며, 무선충전기의 상용화가 가까워짐에 따라 호환성 및 안전성 등에 대한 표준 수요가 높아지고 있는 분야이다. 특히 주행중 무선충전에 대한 표준은 대한민국이 주도하고 있으며, 많은 성과를 나타내고 있다.

배터리 시스템 분야는 전기차의 핵심요소인 배터리의 성능, 안전, LCA(Life Cycle Assessment)에 대한 표준 분야로서, 전기차 보급 확대에 따라 관련 표준의 중요성이 증가하는 추세이며, 현재 LCA와 재활용을 위한 배터리 시스템 정보 취득 및 상태 판단 등에 대한 국제 표준 개발이 진행되고 있다.

모터/인버터, 감속기, 전동화시스템 등의 전기차에 구동력을 제공하는 장치에 대한 표준이 포함된 구동 시스템 분야에서는 전기차의 고속화 및 고전압으로 인해 발생하는 전식화 문제가 부각 됨에 따라, 관련 기술에 대한 국제 표준의 개정과 부합화 표준 개정이 추진되고 있다. 또한, 전기이륜차 및 PM 분야는 전기이륜차, 전기자전거 등의 전기를 동력원으로 사용하는 PM을 다루는 표준 분야로서, 현재 전기이륜차 보급사업으로 인해 물량이 증가된 전기이륜차의 상호호환성을 확보하기 위해 공용 사용이 가능한 배터리를 표준화하는 것이 주요 이슈로 대두되고 있다. 이에 따라 국내에서는 공용 교환형 배터리 팩 표준과 충전스테이션에 대한 표준을 제정 완료하였으며, ISO/TC22/SC38/WG2(Electric mopeds and motorcycles) 에서 개발 교환형 배터리에 대한 국제 표준 개발을 추진하고 있다.

3 결론

전기차 산업은 환경 문제 대응 및 에너지 자원 효율화의 중심에서 급격하게 발전하고 있다. 그러나 미래의 주요 이동 수단이자 핵심적인 자원으로서의 역할로 자리매김하기 위해서는 현재의 지속적인 성장 상승세를 유지해야 할 필요가 있다.

정책적인 지원과 기술 수준의 성장은 전기차 산업의 발전을 지원하고 있지만, 높은 가격, 충전 속도, 배터리 불안전성 등의 시장 성장의 방해 요소는 여전히 남아 있으며, 시장 경쟁력 확보를 위한 표준화 작업의 필요성도 점차 증가하고 있다.

최근 전기차 화재의 발생이 급증하고 있으며, 이에 대한 기술적 해결책으로 전기차 화재예방 충전기의 보급이 진행될 예정이다. 배터리 화재는 전기차 산업의 근간을 흔드는 이슈로 전기차 산업생태계의 미래를 위해서는 표준기반의 최적 기술을 최대한 빨리 보급하여 신기술 개발을 촉진하고, 전기차의 안전성을 확보하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이를 위해서는 정부의 인프라 구축 지원이 절실한 시점이다.

향후 전기차 산업의 지속적 성장과 발전은 기술혁신과 표준화 작업에 달려있다. 이를 위해서는 광범위한 이해당사자 간의 협력을 통한 기술 개발과 국제기구와의 협업 및 국내 표준개발의 노력이 필수적으로 동반되어야 하며, 이는 미래 전기차 시장 산업의 발전과 독점적인 경쟁력을 확보하는 데에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

4 참고문헌

- [1] IEA, Global EV Outlook 2024
- [2] EV Volumes, Global EV Sales for 2023
- [3] 환경부, 무공해차 통합누리집, <https://www.ev.or.kr>
- [4] 국토교통부, 자동차 등록현황 보고, <http://stat.molit.go.kr>
- [5] Emobility Engineering, Cell-to-pack batteries, <https://www.emobility-engineering.com/cell-to-pack-batteries>
- [6] Actualidad Motor Videos Marcas, Nissan Tech Seminar, X-in-1, <https://www.youtube.com/watch?v=BiYsyGuU23g>
- [7] STAUBLI, Megawatt charging system brochures
- [8] 국가표준기술원, 2023 전기자동차 표준화 전략 로드맵

2024 이슈리포트

2024 자율차 핵심부품 산업 및 표준 동향