

# MOBILITY INSIGHT

2023  
8월호

## COVER STORY

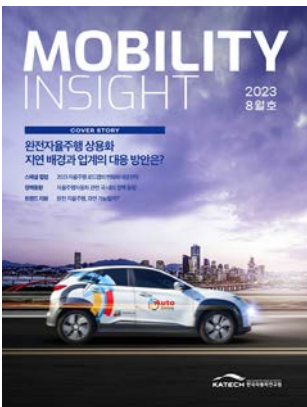
### 완전자율주행 상용화 지연 배경과 업계의 대응 방안은?

- 스페셜 컬럼 2023 자율주행 로드맵의 변화와 대응전략  
정책동향 자율주행자동차 관련 국내·외 정책 동향  
트렌드 리뷰 완전 자율주행, 과연 가능할까?





## CONTENTS



모빌리티 인사이트 8월호

www.katech.re.kr

발행인 : 나승식

발행처 : 한국자동차연구원  
충청남도 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303  
TEL\_041. 559. 3114 / FAX\_041. 559. 3068

편집/디자인 : 브랜드캐스트(주) TEL\_02. 2661. 6786

※ 본 '모빌리티 인사이트'에 실린 보고서는 연구진이나 집필자의 개인적인 견해이므로 한국자동차연구원의 공식적인 의견이 아님을 말씀드립니다.

Copyright(c) 2023 KATECH(Korea Automotive Technology Institute) All right reserved.

## COVER STORY

# 안전자율주행 상용화 지연 배경과 업계의 대응 방안은?

- 06 자율주행 레벨 3 상용화 시점은?
- 10 자율주행 레벨 4 상용화, 기술과 시장 현황
- 16 안전자율주행 레벨 5 현실적인가?





# MOBILITY INSIGHT

2023 08월호



**스페셜 컬럼**  
정구민 국민대학교 전자공학부 교수



**정책동향**  
정광복 자율주행기술개발혁신사업단 사무국장



**트렌드 리뷰**  
박홍준 모터그래프 기자

**18** **스페셜 컬럼**  
2023 자율주행 로드맵의 변화와 대응전략  
정구민 국민대학교 전자공학부 교수

**24** **정책동향**  
자율주행자동차 관련 국내·외 정책 동향  
정광복 자율주행기술개발혁신사업단 사무국장

**32** **트렌드 리뷰**  
완전 자율주행, 과연 가능할까?  
박홍준 모터그래프 기자

**36** **테크리뷰**  
자율주행의 눈,  
자율주행 인지센서 개발현황 및 향후 전망  
노형주 한국자동차연구원 반도체·센서기술부문실장

**44** **생생 인터뷰 ①**  
미래차 트랜스포머 SDV  
글로벌 TOP3 SW 플랫폼 도전하는 오비고  
황도연 오비고 대표

**50** **생생 인터뷰 ②**  
한국의 성공이 발레오의 성장  
발레오모빌리티코리아의 비전과 도전  
김민규 발레오모빌리티코리아 대표

**56** **산업분석 ①**  
자율주행 관련 HD Map 이슈 및 시사점  
전현주 한국자동차연구원 산업분석실 선임연구원

**59** **산업분석 ②**  
수소 모빌리티의 개화를 돕는 암모니아  
양재완 한국자동차연구원 산업분석실 책임연구원  
이호중 한국자동차연구원 미래모빌리티사업단 책임연구원

**61** **산업분석 ③**  
배터리 교환식 전기차의 가능성과 필요성  
이서현 한국자동차연구원 산업분석실 선임연구원

**64** **우수기술 소개**  
한국자동차연구원 우수기술 소개

**68** **이슈 & 키워드**  
자율주행 주요 키워드

**70** **독자코너**  
모빌리티 인사이트 나침반

# 완전자율주행 상용화 지연 배경과 업계의 대응 방안은?

**SECTION 1** 자율주행 레벨 3 상용화 시점은?

**SECTION 2** 자율주행 레벨 4 상용화, 기술과 시장 현황

**SECTION 3** 완전자율주행 레벨 5 현실적인가?

시장조사기관인 스트래티지 애널리틱스(Strategy Analytics)는 레벨 4 이상의 자율주행 기술 상용화 시점을 2030년경으로 그리고 자율주행 기술이 가져올 경제적 효과는 7조 달러에 육박할 것으로 예측했다.

그러나 자율주행 스타트업 아르고 AI의 폐업, 구글의 웨이모 기업 가치 하락, 애플의 완전자율주행차 개발 계획을 포기 등 작년 연말부터 자율주행 시장은 위기와 기회라는 새로운 전환점을 맞았고 자율주행에 대한 시장의 니즈 역시 현실적인 레벨 3단계 기술의 상용화와 레벨 4 기술의 완성에 집중하는 양상이다.

모빌리티 인사이트에서는 시장 변화에 맞춰 자율주행 단계별로 국내 기술의 현황과 상용화 시점, 완전자율주행 인식전환에 대한 산·학·연 대응 방안을 통해 새로운 자율주행 관점과 로드맵에 대한 인사이트를 제공하고자 한다. 참고로 이번 좌담회의 자율주행 레벨은 미국자동차공학회(SAE)의 레벨 기준을 근거로 한다



권형근 현대자동차 R&D 품질강화추진위원



장정아 좌장  
아주대학교 교수



유시복 한국자동차연구원  
주행제어기술부문 부문장



임기택 한국전자기술연구원  
모빌리티플랫폼연구센터 센터장



손준우 소네트 의장

## Section 01

### 자율주행 레벨3 상용화 시점은?

- 자율주행, 운전자동화 관점에서 보자
- 자율주행 레벨 3 고속도로 상용화 현황은?
- 고속도로를 넘어 도심 레벨 3 상용화 시점은?

### 자율주행 정확히 알아야 올바른 판단 가능

장정아 좌장 아주대학교 교수

이번 좌담회는 완전자율화 지연 배경과 업계 대응 방안이라는 주제로 미국자동차학회(SAE)의 정의한 자율주행 단계를 기준으로 레벨 3단계와 레벨 4단계의 현황과 상용화 시점 그리고 회의론이 대두되는 완전자율주행인 레벨 5의 가치와 우리 자동차 산업의 접근 방식을 짚어봄으로써 불확실성에 직면한 자율주행 시장에서 가이드 라인을 위한 인사이트를 제시하고자 한다.

2020년 초 코로나 상황이 오기 전까지 자율주행에 대한 시장의 기대감은 높았다. 머지않은 미래에 자율주행 기술이 더욱 발전해 완전 자율주행을 실현하고 새로운 교통환경을 제공할 것으로 예측하기도 했다. 스트래티지 애널리틱스(Strategy Analytics)는 예측한 완전자율주행의 사회적 부가가치만 해도 7조 달러라는 의견도 이때 나온 예측이다. 그러나 최근 시장의 분위기는 달라지고 있다. 코로나가 종식되던 작년 연말부터 나타난 자율주행 시장의 특이점들 그리고 시장의 회의론들이 그것이다.

이러한 시장의 흐름과 시각에 어떻게 대응해야 할까? 이를 논의하기 위해 먼저 자동차 산업의 큰 방향 중 하나인 자율주행에 대해 정확한 이해가 필요하다. 이는 시장이 생각하는 자율주행과 자동차 산업에서 개발하는 자율주행의 기준이 중요한 차이가 있기 때문이다. 왜 미국과 일본 그리고 중국에서는 자율주행이 아닌 운전자동화라는 단어를 사용하고 있는가?

### 자율주행, 운전자동화가 맞아 자동화와 자율화 의미에 따라 기대 달라져

유시복 한국자동차연구원 주행제어기술부문 부문장

국내 언론들이 자주 인용하는 미국자동차공학회(SAE)의 자율주행기술 발전 6단계 영어원문 표기를 살펴보면 Driving automation system으로 우리말로 운전자동화시스템으로 번역하는 게 맞다. 내용을 보면 이 같은 의도는 더욱 명확하다. 운전자동화시스템 도달의 기술적 단계를 크게 These are driver supports features 인 레벨 0~레벨 2와 These are automated driving features 인 레벨 3~레벨 5로 구분 정리했다. 그리고 미국자동차공학회의 분류가 2016년 10월 미국 교통부 산하 도로교통 안전국(NHTSA)에서 정식으로 채택하면서 공식력을 갖게 된다. 우리나라에서도 이를 사용했는데 이 과정에서 논쟁이 벌어졌던 것이 ADAS 그러니까 레벨 3부터 정의하고 있는 영어원문을 가지고 “자율주행”으로 표기할지 “운전자동화시스템”을 표기할지에 대해 논의가 있었고 결국 결정하지 못하고 때를 놓치게 된다.

여기서 좀 더 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 왜 Automated로 표기했을까? 원문을 만들었던 미국자동차공학회의 주축이 된 완성차 기업이나 부품 제조사 입장에서는 자율주행, 즉 Self driving 또는 Autonomous로 표현하면 큰 부담을 갖게 된다. Autonomous의 사전적 의미는 ‘자발적인’이라는 의미로 자동화라는 의미를 넘어 ‘인지하고 판단하여 결정한다’는 사람만이 갖는 의지적 의미를 포함하고 있어 이 용어를 사용하면 소비자들에게 자동화를 넘어 ‘사람 대신에 생각하고 알아서 움직이는 자동차다’라는 느낌을 주게 되고 이는 과(過)신뢰 문제를 발생시킬 수 있어 바람직하지 않다고 판단했기 때문이다.

우리나라와 달리 일본이나 중국에서는 운전자동화로 번역했다. 우리나라는 앞서 말씀드린 대로 논의가 길어지면서 일본과 달리 표준 제정이 늦어졌고 이미 일반인들이 자율주행이라는 말을 널리 사용하게 된 상태로 운전자동화 대신 자율주행이라고 부르게 되었다. 오늘 토론에서 논의할 레벨 0 ~ 레벨 5의 국내 표준 표기는 ▲ 레벨 0(운전자동화 없음) ▲ 레벨 1(운전자보조) ▲ 레벨 2(부분 운전자동화) ▲ 레벨 3(조건부 운전자동화) ▲ 레벨 4(고도 운전자동화) ▲ 레벨 5(완전 운전자동화)로 운전자동화 시스템을 기준으로 봐야 한다.



## 올바른 표현이 기술에 대한 바른 인식으로 이어져

장정아 좌장 아주대학교 교수

자율주행이라는 표현이 정확하지 않은 것은 분명하고 한가지 의견을 말씀드리면 이미 대중들에게 자율주행이라는 단어가 알려졌더라도 운전자동화 시스템이라는 표현으로 바뀌어 사용하는 것도 검토해 봐야 한다. 말씀하신 국내 표준 표기는 2023년 1월 국가기술표준원에서 재정 발표한 자율주행 레벨 분류기준 국가표준이다. 내용을 보면 자동화에 대한 표준인데 제목은 자율주행으로 표기돼 있다. 늦었지만 언론, 학계, 산업계가 함께 올바른 표현이 정착되도록 노력해야 한다.

## 자율주행 레벨 3 상용화 지연, 무엇이 문제인가?

장정아 좌장 아주대학교 교수

2021년에 “자율주행 규제 혁신 로드맵 2.0”을 수립하면서 레벨 3, 레벨 4 등 주요 자율주행기술의 상용화 시점을 제시하였다. 당시 미래 시나리오는 2022년 레벨 3 자율주행차 출시를 시작으로 본격적인 자율주행 시대가 열리고, 2027년에는 레벨 4 자율주행차가 상용화될 수 있을 것으로 전망했다. 당시 자율주행 규제 혁신 로드맵 2.0를 수립하면서 산·학·연 약 400여 기관에 대한 설문조사를 진행하고 이를 바탕으로 현실성을 갖춘 시나리오를 작성하기 위해 노력했다. 또 조사 당시 자동차 산업의 동향 역시 긍정적인 신호를 보여주

고 있었다. 로드맵을 발표한 시점은 2021년도 12월로 이미 같은 해 3월 현대에서 세계 최초로 레벨 3 자동차인 레전드를 출시했고 벤츠 역시 2021년 12월 독일에서 드라이브 파일럿이라는 레벨 3 출시를 승인했으며 현대자동차 역시 2022년도에는 레벨 3 자율주행차를 출시할 것으로 예상했다.

2023년 현재 예상과 달리 2022년을 지나 지금껏 국내에는 레벨 3 자율주행차량이 출시되지 않았다. 자율주행 레벨 3 자동차 상용화가 지연된 배경이 기술의 부족인지 아니면 시장성의 부족인지 짚어 보고 자율주행 레벨 3 자동차 출시 시점 즉, 상용화 시점이 언제인지 고속도로 부분과 도심 레벨 3로 나눠 논의하고자 한다. 먼저 완성차 입장에서 좀 어려운 자리겠지만, 자율주행 레벨 3 상용화 지연, 무엇이 문제인가?

## 우리 자동차 산업계 자율주행, 기술보다 시장을 봐야

권형근 현대자동차 R&D품질강화추진위원

좌담회 아젠다를 정리해 봤는데 자율주행 레벨 3 상용화 관련 기술에 대해 말씀드리기에 앞서 자율주행 레벨 3 상용화에 대한 완성차 기업의 입장이나 생각을 설명해야 할 것 같다. 이건 완성차 입장이기도 하지만 전체 자동차 산업이 앞으로 자율주행 레벨 3 상용화를 두고 꼭 염두에 두어야 할 중요한 이슈라고도 볼 수 있다. 자율주행 레벨에 따라 시장을 구분해보자면 레벨 2, 레벨 3는 완성차 기업 입장에서는 메인 타겟 시장이 운전자인 것은 같다. 그러나 레벨에 따라서 책임소재 관점에서 보면 어떻게 자율주행 단계에 적시된 운

전 주지 항목을 살펴보면 레벨 2는 '항시 필수'로 운전자가 100% 책임을 져야 하지만 레벨 3의 운전 주지 항목은 '시스템 요청 시'로 적시되어 있어 운전자와 제조사의 책임이 공존한다. 자동차를 만들어 판매하고 결함이나 기계적 문제만 책임졌던 완성차 기업에게 자율주행 레벨 3 자동차는 운행에 대한 책임까지 가져가야 하는 상황으로 지금껏 경험해 보지 못한 영역에 진입하게 된다. 우리에게 레벨 3는 경쟁을 위한 선도적인 기술 도입 수준이 아니라 겪어보지 못한 새로운 영역의 도전으로 신중해야만 한다.

기술적 관점에서 자율주행 3 단계 상용화 기술이 완성형인가는 질문에 대해 말씀드리면 우리가 양산 시점을 정해놓고 시험개발을 진행하고 있고 또 양산 이후에도 주행 모니터링, 운전자를 통한 모니터링, 내부 모니터링 등 다양한 방법을 통해 예상하지 못했거나 예상했지만 해보지 못한 부분까지 시험개발을 지속적으로 진행해야 할 만큼 레벨 3는 아직까지는 현재진행형, 개발진행형으로 보는 게 현실적이다.

## 글로벌 시장 레벨 3 출시 어떻게 봐야 하는가?

장정아 좌장 아주대학교 교수

일본의 혼다, 독일의 벤츠는 레벨 3 자동차를 출시했다. 양산하고 시장에 공급할 수 있다는 이야기인데 현 시점 이 부문을 어떻게 해석해야 하는가? 국내 자동차 기술이 혼다나 벤츠보다 부족하다고 판단해야 하나? 아니면 말씀하신 것과 같이 현재진행형, 개발 진행형이라는 것은 어떤 측면으로 봐야 하는가?

권형근 현대자동차 R&D 품질 강화 추진 위원

자동차 산업은 트렌드에 민감하다. 기술이 먼저라기보다는 시기에 맞는 기술을 만들어 내거나 상용화하는데 자율주행도 마찬가지다. 자율주행 레벨 3가 자동차 업계에서 논의된 것은 최근이 아니라 더 오래전부터다. 2014년 벤츠에서 자율주행 레벨 2 자동차를 양산한 후로 소비자와 시장은 당연히 레벨 3에 대해 기대하게 된다. 주요 완성차 기업들이 우선 자율주행 레벨 3을 대응하여 가장 먼저 2017년 아우디가 자율주행 레벨 3 자동차 양산 계획을 발표했다. 내용을 보면 고속도로에서 60km 이하로 제한했지만 결국 아우디는 레벨 3에 대한 화두만 던지고 이조차 양산으로 이어가지 못했다. 그 후 2021년에 혼다가 일본의 고속도로에서 30km 이하에서 주행하는 시스템 100대를 양산했고 일반 판매없이 리스로 공급했다. 양산 규모와 판매 방식을 보면 상당히 제한된 환경으로 당시에도 혼다의 레전드를

세계 최초 양산으로 봐야 하는지 논란이 있었다. 개인적으로 저는 혼다의 레전드를 시범 형태로 보고 있다.

2022년 5월 벤츠가 독일 내 고속도로에서 60km 이하에서 작동하는 시스템을 양산했다. 독일 내 고속도로에서 60km이기 때문에 실효성에 대한 의문에도 레벨 3의 기준이 되는 법적 책임을 제조사가 감당하므로 레벨 3 최초 양산이라고 생각을 한다.

앞서 혼다나 벤츠 사례에서 과연 실효성이 있나? 라는 의문이 풀리지 않을 정도 완성차 기업 측면에서는 매우 소극적이었고 소비자 입장에서 '이게 레벨 3야?'라고 할 정도의 수준이었다. 우리도 이런 점들을 고려하여 소비자 측면, 운전자 측면 그리고 실효성 측면에서 레벨 3 양산을 신중하게 접근해 나갈 것이다.

마지막으로 레벨 3 상용화는 이미 시작되었다고 보는 게 맞다. 비록 실효성이 부족하더라도 양산은 양산이다. 이제는 상품성을 충분히 끌어올려 시장에서 소비자들의 선택을 받도록 하는 것이 과제다. 앞으로도 많은 자동차 업체들이 유사한 기능이나 기존 레벨 3 기능을 조금 더 뛰어넘는 성능들을 가지고 레벨 3 신모델 출시가 계속 이어질 것으로 생각한다.

## 레벨 3 고속도로 상용화 문제 없어 도심 레벨 3 상용화는?

장정아 좌장 아주대학교 교수

자율주행 레벨 3 기술의 고속도로 상용화에 대해서는 가시적인 결론이 보인다. 국내에서도 올 하반기에는 고속도로 조건부 자율주행 기술을 갖춘 자동차가 양산, 판매되고 해외 주요 완성차 기업들 역시 자율주행 레벨 3이 시장에서 이전과 다른 법적 책임 소재 등 부담을 느끼겠지만 경쟁하지 않을 수 없을 것이기에 시장이 본격적으로 열릴 것으로 본다.

트렌드는 자연스럽게 고속도로 상용화에 이어 도심 속 자율주행 레벨 3 기술 상용화로 이어질 것으로 생각하는데 고속도로와 달리 도심 속 교통환경, 주변 환경은 크게 다르다. 횡단보도와 신호는 물론이고 보행자와 이륜차 각종 돌발상황도 많다. 그만큼 자율주행을 위해 고려해야 할 상황이 늘어나고 완성차 기업들의 부담은 훨씬 더 클 것으로 보인다. 우선 기술적인 부분에 대해 논의한다면 과연 자율주행 레벨 3 기술이 고속도로에 이어 조만간 도심 속으로 들어올 수 있는가? 그리고 레벨 3 관련한 기술개발이 완성되기 위해서 추가적으로 필요한 요건들이 무엇인지 짚어 봐야 한다.







출처 : 모터그래프



출처 : Honda 홈페이지

### 도심속 자율주행 레벨 3 상당한 시간 필요해

유시복 한국자동차연구원 주행제어기술부문 부부장

고속도로 자율주행 레벨 3단계 도입이 곧이어 도심 적용이라고 기대할 수 있지만 실제로는 매우 다르다. 앞서 나온 자율주행 레벨 3 상용화 사례는 모두 고속도로에 국한된 사례로 제가 알기에 도심 자율주행 레벨 3단계를 선도하거나 외친 완성차 기업은 전 세계 어디에도 아직 없는 현실이다. 왜 그럴까? 그만큼 고속도로와 도심 주행은 매우 큰 차이가 있기 때문이다.

도심의 경우, 고속도로와 달리 자동차 이외에 복잡한 물체들이 겹쳐 있으므로 객체를 주변 영역으로부터 분리하고 개별 객체의 위치와 움직임을 예측해야 한다. 이를 위해서는 세 가지 기술이 필요한데 첫째, V2X 통신기술, 둘째 객체 인식 센서 기술, 셋째 통신과 센서를 조향과 속도에 반영할 수 있는 차량 제어 기술이다. 현재 세 가지 분야의 기술 모두 도심 속 자율주행 레벨 3를 지원하는데 제약이 있다. 먼저 고속도로와 다르게 도심에서 다양한 교차로가 있다. 신호교차로든 비신호교차로든 “이제 내가 지나가도 되는가”라는 시기가 됐을 때 자동차가 주행해야 하는데 신호교차로에서도 100% 신호를 인식하는 기술은 아직 없다. 그나마 통신이 가능한 오브젝트는 V2X 통신을 통해 당장은 아니더라도 신호를 주고 받을 수 있는 가능성이 있다. 그럼 신호를 보내줄 수 없는 비신호교차로, 보행자, 설치물 등은 완전히 다른 장애물이다. 현재 자율주행 레벨 4로 개발이 돼 있는 로봇 택시를 살펴보면 통신할 수 없는 경우 센서 기술을 이용할 수 있지만 B2C 시장에서 수용할 수 있는 저가형 기술은 아직 없다. 모빌리티 서비스를 제공하는 기업에 맞춰져 있어 센서 기술이 B2C시

장에서도 충분히 수용할 수 있도록 저가형 양산기술로 키워가기 위해서는 상당한 시간이 필요한 것은 분명해 보인다.

### 도심주행을 위한 통신 인프라 왜 해결되지 않는가?

장정아 좌장 아주대학교 교수

고속도로 상용화는 시작이 됐고 고속도로 상용화 기술을 바탕으로 도심 속 자율주행 레벨 3단계를 기대해볼 수 있지만 도심 영역의 주변상황은 고속도로와 완전히 다른 것 같다. 도심 주행은 고속도로와 비교해 ODD(Operational Design Domain)를 확보하기 어렵고 제어권 이탈이 빈번할 것으로 보인다 해도 우리가 이런 상황에 대해서 예상하지 못한 것은 아니다. 특히 차량과 인프라간의 통신 기술의 경우 다양한 프로젝트나 표준 채택 등의 논의가 상당히 오랫동안 진행되어 왔다. 그럼에도 단일화된 결론을 이루지 못하고 상당히 오랜 시간이 걸리고 있는데 무엇이 문제인가?

### 자율주행 단계별 서비스 기준 필요 하드웨어에 켜맞추기식 안돼

임기택 한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 센터장

2021년부터 자율주행 기술개발 혁신사업을 네 개 부처가 1조 1,000억 규모로 시작했고 내용을 보면 숲을 바라보면서 방향은 잘 세웠지만 실행은 쉽지 않았던 것 같다. 자율주행은 소프트웨어, AI, 통신, MN 네트워크와 도로, 인프라 이런 것들이 조화롭게 융화가 돼야 상용

화가 가능한데 아직 우리는 V2X 통신방식 조차 결정하지 못했다. 개인적으로 이게 왜 어려울까? 질문을 놓고 오랫동안 일하면서도 고민을 해보니 우리나라는 서비스를 먼저 생각하지 않기 때문에 탑에서 바닥으로 나오지 않고 먼저 하드웨어를 만들고 나서 거기에 서비스를 끼워 맞추고 있다.

예를 들어 V2X에 있어서 합리적인 방식이 웨이브인가 cellular 계열의 LTE V2X인가를 논의하기 전에 자율주행 단계별 레벨이 정의되어 있고 서비스 지향적으로 하드웨어를 맞춰 진행하면 상당히 빠른 시간에 합리적인 의사 결정이 가능하다. 그런데 우리는 아직도 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems) 자율주행을 포함한 서비스 레벨화가 정해지지 않았다. 일반 자동차부터 레벨 2, 레벨 3, 레벨 4, 레벨 5를 위한 서비스가 어떤 게 있을지, 우리나라에 특화된 서비스를 레벨별로 정의하고 서비스 제공을 위해 필요한 플랫폼, 아키텍처, 통신, 도로 인프라들을 정리하는 그런 기초를 바탕으로 서비스가 진행되면, 교통사고 사상자를 줄일 수 있고 천재지변으로부터 사상자를 줄일 수 있는 효과가 나올 것이다.

이런 기본적인 서비스 체계 없이 하드웨어부터, 밑에서부터 접근하니 정작 서비스와는 무관한 웨이브인가?, LTE V2X인가?를 두고 소모적인 논쟁만 난무한다. 저는 웨이브를 2017년부터 개발했는데 우리나라 지자체에서는 2013년 그러니까 약 10년 전에 실증 사업이 시작하고도 아직도 본 사업에 들어가지 못했다. 10년 동안 수많은 일이 있었지만 웨이브인가?, LTE V2X인가?라는 논쟁밖에 없었던 것 같다. 만약 C-ITS 혹은 자율주행별로 지금 단계에서 교통사고를 줄이기 위해서는 미리 도입해야 하는 서비스를 정하고 해당 서비스에 가장 적합한 방식은 웨이브니 이를 우선 적용하고 추후 레벨 3, 레벨 4를 위해서는 웨이브는 안 될 테니 그때는 요구조건에 맞춰 통신을 선정하자고 접근했다면 지금 상황과는 완전히 다를 것으로 생각한다.

마지막으로 도심 도로에 V2X가 되려면 아직 2~3년 정도 더 필요할 것으로 예상하지만 이 역시도 정책의 결정이 필요해 시간은 더 지연될 가능성도 무시할 수 없다.

## Section 02

### 자율주행 레벨 4 상용화, 기술과 시장 현황

- 자율주행 레벨 4 시장성 그리고 타겟
- 자율주행 레벨 4 국내 시장 현황과 문제점
- 자율주행 레벨 4 프로세서, 센서와 플랫폼 기술 현황

장정아 좌장 아주대학교 교수

우리나라는 이미 2027년을 자율주행 레벨 4 상용화 시기로 선언하였고, 이 시기에 맞추어 범부처 자율주행기술개발 혁신사업을 비롯한 제도적 틀을 마련하였다. 예를 들어 국토교통부 임시운행허가 차량의 발급, 자율주행 시범운행지구 지정을 통한 운송사업 등이 빠른 속도로 진행되고 있다. 경찰청은 도로교통법 개정안을 준비하고 관련 로드맵도 제시할 예정이고, 산업통상자원부와 과학기술정보통신부는 센서 및 데이터 등의 다양한 기술개발을 추진중에 있다. 이것은 2027년을 자율주행 레벨 4 상용화 시기라는 것을 산/학/연/관이 모두 인정하고 추진하는 상황인 것이다.

특히 지난 8월 10일(현지시간) 미국 캘리포니아 공공시설위원회(CPUC)는 구글 웨이모와 지엠 크루즈의 샌프란시스코 전역에서 하루 24시간 유료 로보택시 운영을 허용했는데 이는 로보택시 분야에 큰 의미가 있다고 본다. 미국 외에도 중국에서는 바이두(Baidu)를 필두로 베이징과 상하이, 선전 등의 도시에서 로보택시를 운영하고 있고 2022년에는 오토 X가 1000대 이상의 로보택시를 운영하며 웨이모를 제치고 세계 최고의 로보택시 기업으로 등장했다. 이런 움직임에도 불구하고 자율주행 레벨 4 상용화에 대해 자동차 산업계는 2027년 상용화에 대해 회의적인 의견도 많다. 레벨 4 어떻게 판단하는 것이 정확한가?



출처 : 오토노머스에이투지

## 자율주행 레벨 4 상용화 시점 시장 기준에 따라 달라져

권형근 현대자동차 R&D품질강화추진위원

기업에게 시장은 가장 중요한 기준이며 시장성에 맞춰 기술, 경영 등 모든 활동이 전개된다. 자율주행 레벨 4 상용화 시점에 대한 논란은 상용화 시장 기준에 따라 달라진다. 레벨 4 상용화 시장을 명확히 정하지 않으면 앞으로도 상용화 시점은 예측하기 어렵고 논란만 이어질 것이다. 완성차 기업은 자율주행 레벨에 따라 판매 시장을 다르게 보고 있다. 자율주행 레벨 3는 운전자 시장, 기존 자동차와 마찬가지로 일반 소비자 판매를 목표로 개발하고 있으나 자율주행 레벨 4 판매 대상은 다르다. 일반 소비자가 아니라 모빌리티 서비스 기업을 대상으로 판매하고자 하는 B2B 시장이다.

그럼 상용화 시점은 어떨까? 자율주행 레벨 4 상용화의 기준을 일반 소비자 시장 판매로 잡는다면 2027년 상용화 목표는 달성하기 어려울 것으로 본다. 비록 제가 아는 범위지만 현재 자율주행 레벨 4 차량을 소비자 판매 목적으로 개발하는 완성차 기업은 아직 없고 이윤을 추구하는 완성차 기업들이 소비자 수용성을 기대하기 힘든, 즉 판매가 극히 어려운 제품을 개발할 이유는 앞으로 없어 보이기 때문이다.

반면 자율주행 레벨 4 상용화 개념을 로보택시 서비스 상용화로 삼는다면 지역에 따라 다르겠지만 2027년이라는 목표 시점을 맞출 수 있다. 물론 지역마다 복잡도가 달라서 좀 더 늦어질 수도 있고 빨라질 수도 있다. 또 자율주행 셔틀처럼 레벨 4 상용화 목표를 더 단순화시킨다면 속도는 로보택시 서비스보다도 빨라진다. 개인적인 의견이지만 자율주행 레벨 4 상용화 기준은 B2B 시장의 상용화로 보는 것이 적절하다고 본다.



출처 : 오토뷰

## 자율주행 레벨 4 상용화 로보택시 무인 서비스를 기준으로 봐야

손준우 소네트 의장

앞서 말씀하신 샌프란시스코의 로보택시 24시간 운행 허가는 자율주행 시장에서 큰 의미를 갖는다. 이번 허가로 웨이모와 크루즈는 일반 택시와 동일하게 서비스를 제공할 수 있고 무엇보다도 기업으로써 수익성을 갖출 수 있는 기반을 마련한 셈이다. 개인적으로는 로보택시 무인 서비스를 자율주행 레벨 4의 상용화라고 본다. 자율주행 레벨 4 자동차는 일반 소비자 판매가 아닌 운수회사가 판매 대상이고 운수회사의 레벨 4 기준에 맞는 무인 자율주행 서비스 제공이 자율주행 레벨 4 기술 상용화라고 보는 것이 합리적이다.

저희도 마찬가지로이지만 현재 운행 중인 로보택시의 자율주행 레벨 4는 ODD를 굉장히 좁게 설정해 운영하기 때문에 특정 지역에만 판매할 수 있는 차다. 필요에 따라 제약 없이 이동해야 하는 일반 소비자들에게 실효성이 없고 또 기술적으로도 레벨 4의 경우 알려지지 않은 위험(Unknown risk)이 없다고는 보장하기 어렵다. 이런 점들을 고려한다면 일반인 판매는 어려울 것으로 본다.

## 2027년 개인판매 어려워 단계적 과정 밟아갈 듯

임기택 한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 센터장

저 역시 자율주행 레벨 4 차량은 모빌리티 서비스를 통해 검증하는 단계를 거칠 것으로 본다. 로보택시나 수용응답형 버스 등 자율주행차를 통해 새로운 사업을 구상하고 수익성을 갖추고자 하는 모빌리티 서비스들이 자율주행 레벨 4에 가장 관심이 높기 때문이다.

개인적으로는 그 이후 레벨 3와 마찬가지로 개인 판매용 자동차에도



출처 : 웨이모 홈페이지



출처 : 글로벌 오토뉴스

자율주행 레벨 4 기술이 적용 될 것으로 생각한다. 도입과정 역시 지금과 마찬가지로 고속도로 주행부터 적용될 것으로 보는데 다만 충분히 기술적으로 레벨 4에 도달할 수 있어도 완성차 기업들이 모든 책임을 지고 레벨 4 기술을 도입해야 할지는 또 다른 변수라고 생각한다.

마지막으로 상용화 시점에 대해서는 2027년 개인판매 상용화 가능성은 적다고 보고 모빌리티 서비스 상용화 시점을 기준으로 한다면 분야마다 차이는 있겠지만 특정분야에서는 상용화에 성공할 것으로 본다.

## 자율주행 레벨 4 상용화 자동차와 서비스로 분리해야

유시복 한국자동차연구원 주행제어기술부문 부문장

자율주행 레벨 4 상용화 시점을 시장으로 나누어 구분하는 것도 좋은 기준이 될 것 같다. 개인적으로 또 다른 관점에서 보면 바로 자동차와 서비스로 구분하는 방식인데 앞서 말씀하신 웨이모나 크루즈 오토X와 같은 로보택시는 자율주행 레벨 4 서비스에 해당한다. 반면 자동차로 보면 자율주행 레벨 4 자동차는 일반 소비자가 구매해서 이용할 수 있어야 한다. 자율주행 레벨 4의 상용화 시점은 서비스와 자동차라는 관점에 따라 크게 달라질 것으로 보는 게 맞다.

그럼 자동차 산업에서 본다면 상용화 기준을 어디로 봐야 할지 중요한데 여기서 국토교통부와 산업통상자원부의 차이가 존재하는 건 사실이다. 예를 들어 국토교통부에서는 제도와 규정을 주관하는 부처로서 레벨 4차량의 일반 판매가 아니라도 레벨 4 서비스 상용

화를 위해 차량의 거래와 운행에 대한 규제 등 선제적 입법과 제도 수립이 중요하다. 반면 산업통상자원부 입장에서는 자율주행 레벨 4 기술의 경제적 효과에 집중할 수밖에 없다. 특히 저희 입장도 자율주행 레벨 4 서비스를 통해 자동차 산업계가 기대할 수 있는 경제적 효과를 본다면 이미 정착한 카카오 모빌리티를 봐도 서비스 상용화가 자동차 산업계에 미치는 영향은 자동차 상용화보다 제한적일 것으로 보인다. 개인적으로 자동차 산업계에 경제적 효과를 고려한다면 자율주행 레벨 4 자동차 상용화가 필요하다고 생각한다.

자율주행 상용화 시점에 대해 말씀드리면 자율주행 레벨 4 상용화 역시 레벨 3와 유사한 과정을 밟을 것으로 본다. 먼저 레벨 4 기술의 고속도로 상용화가 진행되고 이후 제한적으로 도심으로 확대될 것이다. 2027년을 기준으로 본다면 레벨 4 기술의 고속도로 상용화는 가능하다고 보고 도심 주行的 상용화는 기대하기 어렵다고 본다.

## 2027년 자율주행 레벨 4 서비스 상용화 여건 충분한가? 개선점은?

장정아 좌장 아주대학교 교수

우리가 자율주행 레벨 4 상용화와 개발 현황을 논의할 때 고려해야 할 아주 중요한 사항들이 언급된 것 같다. 결론적으로 일반 소비자들이 구매할 수 있는 자율주행 레벨 4 차량에 대해서 논의하는 것은 현재로서는 시장 형성 여부가 불투명한 상태로 논의의 의미가 없어 보인다. 그럼 미국, 중국, 프랑스 등에서 진행하고 있는 자율주행 레벨 4 서비스를 기준으로 논의를 이어가면 현재 국내에서도 레벨 3, 레벨 4 실험 차량이 다수 운행하고 있고 특히 소네트는 2018년 5월 중소기업 최초로 자율주행 임시운행 허가를 받고 지금 다양한 레퍼

런스 사이트에서 운행하고 있는데 자율주행 레벨 4 서비스 현재 국내 현황은 어떤지 궁금하다. 개인적으로 해외와 비교해 충분한 경쟁력을 갖춘 상태인지 그리고 2027년까지 상용화를 위해 개선점이 있는지에 대해 논의가 필요할 것 같다.

## 자율주행 로보택시 서비스 진행 더더 일관되고 뚜렷한 정책 목표 아쉬워

손준우 소네트 의장

저희가 자율주행 임시운행허가를 받은 2018년 겨울에 웨이모는 긴급 사항에 대비한 세이프티 드라이버를 동승시키는 형태로 유상 자율주행 택시 서비스를 시작했다. 출발 시점에 차이가 있지만 큰 문제는 아니었다. 문제는 이후 진행속도에서 차이가 더 크다. 현재 국내에서는 자율주행 실증이 어려운 환경으로 국내 자율주행 로보택시 업계가 갖는 문제점은 크게 세 가지가 있다.

첫째, 정책의 목표가 뚜렷하지 않다. 국내에서는 자율주행 법규상 어린이보호구역이나 노인보호구역에서는 자율주행을 할 수 없다. 해당 구역에서는 반드시 사람이 운전하는 수동주행으로 주행해야 한다. 어린이보호구역에는 초등학교, 유치원이 포함되고 초등학교와 유치원은 당연히 도심에, 특히 거주지에 밀집해 있다. 때문에 도심에서 노선을 잡아보면 어린이보호구역이나 노인보호구역을 피해 운행하기는 거의 불가능에 가깝다. 실증 목표가 상용화라면 반드시 검증해야 할 구역이지만 제도적으로 불가능하다면 실증 목표를 달성하기 어렵다. 당연히 보호구역을 없앨 수는 없어 심야시간대라도 예외 규정을 만들어 달라고 요청하지만 현실적으로 예외 규정 적용은 매우 어렵다.

둘째, 정책 실효성이 부족하다. 우리 정부가 굉장히 빠르게 자율주행 상용화 촉진법을 내놓으면서 시범운행지구를 지정했으나 효율적으로 운영하지 못하고 있다. 시범운행지구는 자율주행차를 이용한 여객·화물 운송사업 허용 등 자율주행차와 관련한 다양한 특례를 받을 수 있는 지역으로 2020년 5월 처음 도입된 이후 올 상반기까지 전국 12개 시도에 16개 지구가 지정됐다. 이중 실제 택시를 운영하는 곳은 다섯 지구이고 유상운송서비스가 운영되고 있는 곳은 서울의 상암, 대구의 수성알파, 제주 해안순환 세 지구뿐이다. 16개 지구 대부분이 거의 운영을 안 하거나 시범사업의 형태로 일정 기간 무료 운영 후 종료하는 실정이다.

마지막으로 정책의 일관성이 부족하다. 이 부분은 예산의 낭비를 일으키고 참여 업체의 운영 효율을 상당 부분 저해하는 요인으로 꼭 개선해야 한다. 예를 들어 유상운송을 시작하면 재원은 지방자치단

체가 지원하거나 서비스 업체에서 감당해야 한다. 그리고 유상운송이라도 일단 요금이 2,000원으로 저렴하고 운행시간 역시 오전 10시부터 오후 5시까지로 짧다. 반면 인건비는 고정적으로 발생하기 때문에 적자 구조를 온전히 업체에서 감당하기에는 한계가 있다.

## 일본의 그린 슬로우 모빌리티 국내에서도 가능한가?

장정아 좌장 아주대학교 교수

정부의 정책이나 지원이 업계의 필요를 정확히 파악하지 못한 점이 참 아쉽다. 무엇보다 모빌리티 서비스는 공통적인 부분도 있겠지만 지역에 특화된 서비스로 우리나라만의 서비스를 개발하는 것이 국가적으로도 상당히 중요한 일임은 분명하다. 제가 경제산업성(METI)를 만나 일본 정부가 구상하는 차세대 모빌리티 시스템 구축 사업 중 하나인 그린 슬로우 모빌리티라는 개념을 접했다. 일본은 자국의 고령화 이슈에 맞춰 친환경과 자율주행을 포함한 모빌리티 서비스를 준비하고 있다.

그린 슬로우 모빌리티에서는 운송수단 운행에 필요한 운수종사자들 구하기는 어렵고 운행 차량이 적으면서 도로 구조가 비교적 단순한 지역의 운송수단으로 현재는 시속 20km 이하의 이동수단을 제공하는 모델로 2025년까지 50개의 레퍼런스 사이트를 만들어 해당 지역 주민의 이동권을 보장하고 교통사고 피해도 줄이겠다는 목표다. 우리나라 역시 고령화, 노령화, 저출산은 이미 직면한 문제로 셔틀, 택시, 수용응답형 버스, 이런 서비스들이 사회적 이슈를 해결하면서 동시에 레벨4 서비스 상용화를 촉진할 수 있는 역할이 가능할 것으로 보이는데 업계의 입장은 어떤가?

## 셔틀과 로보택시도 가능해 문제는 시장성 부족

손준우 소네트 의장

기술로만 본다면 저희도 셔틀 형태의 서비스가 가능하다. 웨이모나 GM 크루즈도 마찬가지로지만 로보택시는 내가 즉석에서 경로를 만들어서 원하는 장소까지 이동하는 서비스가 아니고 일종의 정류장 같은 개념이 있고 경로가 바뀔 뿐이기에 셔틀에서 복잡도만 좀 더 올리면 경로를 따라 운영하는 로보택시 역시 가능할 것으로 생각한다.

문제는 시장성이다. 앞서 일본의 그린 슬로우 모빌리티는 정부의 예산 즉 공공 서비스로 운영은 얼마든지 가능하나 민간기업이 레벨4 기술을 갖춘 고가의 차로 고령화 지역의 이동성을 제공한다면 시장



출처 - 소카 홈페이지

성에 문제가 있다. 현재 국내 지방군 단위의 소도시에서 마을버스 운행사들이 사업을 포기하는 경우가 발생하고 있다. 수익이 부족해 적자가 지속되기 때문인데 이 경우 지방자치단체에서 보조금을 제공해 운영을 유지할 정도다. 커브를 목표로 하는 스타트업이 도전할 수 있는 시장은 아닐 것이다.

## 자율주행 레벨 4 서비스 상용화 제도 개선과 투자 시급

장정아 좌장 아주대학교 교수

현재 선두권인 로보택시 서비스인 웨이모는 2009년 구글 무인택시 테스트를 시작으로 2016년 분사, 2017년 4월 미국 애리조나주 피닉스에서 자율주행 택시의 시범 서비스를 시작했고 2018년 12월에는 상업 자율주행 서비스인 웨이모1(Waymo One)를, 그리고 2023년 24시간 유상서비스를 달성한 셈이다. 그 과정에서 웨이모의 적자 규모는 100억 달러 한화로 10조가 넘는 어마어마한 규모다. 자율주행 레벨 4 상용화 기준을 서비스 관점에서 본다고 해도 지금 우리에게 남은 과제들이 상당한 것 같다. 2027년이라는 상용화 목표를 위해 지금이라도 과감한 정책 개선과 더 적극적인 투자가 필요해 보인다. 정책 지원의 확대를 기대하며 다음으로 자율주행 레벨 4 서비스를 위해 R&D 투자 관련해서 가장 이슈는 무엇인지와 현재 우리 기술은 충분한가?

## 자율주행 레벨 4 서비스 기술적으로 많이 준비돼

손준우 소네트 의장

크게 프로세스와 센서 그리고 플랫폼에 대해 말씀드리겠다. 첫째, 프로세스 측면에서 자율주행 레벨 4 구현에 고도의 컴퓨팅 파워가 필요할 것으로 보이지 않는다. 현재는 레벨 4의 스펙이 확실치 않기 때문에 거의 모든 컴퓨팅 시스템을 오버 스펙으로 구축하고 데이터를 기록한다. 또 시도 완전 학습된 네트워크만 가져오지 않고 새로운 데이터를 적용할 수 있는 범용 AI를 사용하기 때문에 더 높은 프로세스를 사용한다. 하지만 최적화된 알고리즘을 구동하기 시작하고 NPU(Neural Processing Unit, 신경망처리장치)들이 많이 나오고 있어서 저가형 제품을 인공지능이 필요한 부분에 적절하게 활용하면 충분히 상용화 가능한 수준의 컴퓨팅 파워를 갖출 수 있다고 본다.

둘째, 센서에서는 라이다가 제일 문제다. 라이다 전문기업들은 100달러 이하양산 목표를 갖고 있었지만 라이다 업계의 거품이 빠지면서 벨로다인 합병 등 전반적인 침체에 접어들었다. 100달러 이하 저가형 라이다를 기대하기는 당분간 어렵게 됐다. 그렇지만 우리는 4D 이미징 레이더 등 대안이 될 만한 센서도 있고 당장은 아니더라도 아직 시간이 있어 저가형 라이다도 여전히 유효하다고 생각한다.

마지막으로 차량 플랫폼 문제는 이미 존재하는 자율주행에 적합한 전기차 플랫폼으로 갈음할 수 있다. 당장은 쉽게 조달할 수 없으나 시장이 열리면 상황이 바뀔 여건은 충분하다. 이미 현대차는 스키이트보드형 플랫폼을 만들어냈고 토요타도 e-팔레트를 보유하고 있어 플랫폼 역시 큰 문제는 없을 것으로 본다.



## 자율주행 레벨 4 대비, 여유 스펙(redundancy) 확보 SDV, 자율주행 레벨 4 서비스에 긍정적 영향

유시복 한국자동차연구원 주행제어기술부문 부문장

실제로 레벨 4는 센서나 시스템에 대한 정의는 없고 레벨 4의 경우 차량에 문제가 발생해서 사고가 일어나면 제조사가 모든 책임을 져야 하는 상황으로 업계에서는 상당한 여유 스펙(redundancy)을 통해 레벨 4에 필요한 충분한 신뢰성 확보하려는 경향이 뚜렷하다. 당연히 부품업체 입장에서는 시장이 확실히 열리는 것으로 보고 있는데 만일 레벨 4 자동차가 상용화로 가지 않는다 하더라도 완성차들이 꾸준히 연구 개발하고 있어 관련 기술 준비는 당연하다. 그래서 여유 스펙(redundancy)을 갖춘 부품 역시 개발하고 있다. 센서든 아니면 프로세스든 마찬가지다.

SDV개념에서는 우리 자동차 산업 역시 하드웨어 기술을 소프트웨어와 접목하여 새로운 경쟁력을 갖춰야만 전장 부품과 자율주행 등 새로운 비즈니스 기회를 만들 수 있기에 국내 우리나라의 부품기업들이 어떻게 살아남을지 전략을 수립하고 추진하는 부분이 산업적으로 매우 중요한 부분이고 이 과정은 분명 자율주행 레벨 4 서비스 상용화에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 본다.

## SDV 개발에서도 자율주행은 큰 축

권형근 현대자동차 R&D품질강화추진위원

최근 자동차업계의 큰 이슈가 전동화와 SDV이다. 그중 SDV에 대한 저희 현대자동차는 기본적 전략에 대해 2022년 “Unlock software age 2022”라는 자료로 발표했다. 지금은 그 전략을 맞춰 실행하는 단계다. 현재 SDV의 현황을 보여주는 작년 발표한 내용을 보면 일단 큰 간간이 되는 전기·전자 아키텍처(기능 집중형 아키텍처)를 편의, 주행, 인포테인먼트, 자율주행 네 개 영역으로 정의를 하고 있다. 여기서 자율주행이 SDV의 큰 축으로 자리 잡고 있는데 자율주행이 레벨 4뿐만 아니라 SDV를 실현하는 과정에서 각 도메인과의 연결성, 호환성 이런 여러 요소를 확인하고 최적화하면서 또 다른 아키텍처인 프로세스, 센서, 플랫폼과 연동해 개발하고 있다.

## Section 03

### 완전자율주행 레벨 5 현실적인가?

- 완전자율주행 레벨 5의 상용화 가능성
- 완전자율주행 기술개발의 가치

#### 완전자율주행 조급한 판단 레벨 4 상용화부터

손준우 소네트 의장

지난해 청산한 아르고 시가 6년간 받은 투자액은 한화로 약 5조 원이고 폐업 직전 분기에만 1조 원의 손실을 볼 만큼 자율주행 기술에는 막대한 투자가 필요하다. 정확하지는 않지만 지금까지 글로벌 전체가 자율주행에 투자한 비용이 100조 원이라는 기사도 있다. 개인적으로 완전자율주행을 개발하기 위해서는 그보다 더 큰 비용이 필요할 것으로 생각한다.

자율주행 레벨 4 서비스가 어느 정도 안정화되면 각 지역에서 레벨 4 서비스가 운행될 것이고 사용자는 한두 번의 환승을 통해 체감상 레벨 5 수준의 효과를 누릴 수 있을 것으로 본다. 지금은 가치나 필요성이 검증되지 않은 완전자율주행에 투자하기보다는 현재 가능성과 기술을 확보한 자율주행 레벨 4 기술에 먼저 투자해 레벨 4의 완성도를 높이고 ODD 확대를 통해 모빌리티 서비스 측면에서 레벨 4의 효과를 누리는 게 합리적이라고 본다.

정확할 수는 없겠지만 완전자율주행 상용화 시점을 예상한다면 자율주행 레벨 4 서비스의 상용화는 약 10년 정도면 가능할 것으로 본다. 이후 자율주행 레벨 5는 추가로 약 30년 정도가 필요해 보여 빨라도 40년 후에야 완전자율주행이 가능할 것이다.

#### 완전자율주행 불확실성 커 개발 목표나 지향점의 하나로 삼아야

권형근 현대자동차 R&D품질강화추진위원

완전자율주행에 대해 완성차 기업이 아니라 업계의 한사람으로서 말씀드리고 싶다. 앞서 논의한 자율주행 레벨 4는 모빌리티 서비스라는 분명한 시장이 존재한다. 모빌리티 서비스를 통해 도심 교통난 해소, 교통사고 위험감소, 취약자의 이동성 보장 등 사회적 가치도 어느 정도 공감대를 갖출 수 있을 것으로 본다. 남은 과제라면 시장성과 상품성을 위해 서비스 용도에 맞는 차량 최적화, 기술개발, 그리고 소비자의 수용성 확보다.

반면 자율주행 레벨 5는 정의상 모든 도로, 모든 환경에서 자율주행을 구현하는 궁극의 자율주행차를 의미한다. 기술개발 측면으로만 보더라도 해결해야 할 과제와 개발 항목들이 이미 많다. 또 개발하는 과정에서 필연적으로 우리가 예상하지 못한 새로운 난관들이 다수 생겨날 것으로 기술적으로 매우 어렵다. 기술적 난관과 달리 이 궁극의 자율주행차가 어떤 시장을 만들어 낼지 예측하기는 힘든 일로 불확실성 역시 높다. 지금 상황에서 완전자율주행의 상용화 시점을 판단하는 것은 어렵고 개인적으로는 무의미해 보이기도 한다. 다만 불확실성 해소를 위해 지속적인 기술 개발과 노력은 꼭 필요하기에 개발자들이 가져가야 할 자동차 산업의 개발 목표나 지향점 중 하나로 보는 것이 더 합리적이다.

#### 자율주행의 현재와 미래 완전자율주행은 미래 지향점

유시복 한국자동차연구원 주행제어기술부문 부부장

자율주행을 현재와 미래라는 관점에서 분리해 보면 좋을 것 같다. 지금 우리에게 완전자율주행은 미래 지향점으로서 비전을 제시하며 자율주행 기술개발의 추진력을 제공하고 있고 자율주행 레벨 2, 레벨 3, 레벨 4는 현재의 매출과 경제적 수익으로 이어진다. 이 두 가지 관점에서 우리 정책과 산업계가 균형을 갖추는 것이 중요하다.

기술적으로 현실성이 부족하고 예측하기 어려운 완전자율주행에 대해 상용화를 목표로 세우는 것은 현재와 미래의 균형을 잃기 쉽다. 그보다는 대학과 연구소 그리고 기업의 R&D 부분에서 앞서 말씀하신 불확실성을 가진 미래 지향점으로서 지속적인 연구를 수행할 수 있도록 정부의 지원과 정책의 방향성을 가져가면 좋을 것 같다. 또 당장 우리 자동차 산업계의 먹거리인 자율주행 레벨 2~레벨 4에 대해서는 지원을 확대하고 실효성 있는 지원이 되도록 업계와



의 소통도 확대해야 한다. 특히 급속한 전동화로 이미 어려움을 겪고 있는 우리 부품업계가 자율주행과 더 나아가 SDV 시장에서는 더욱 입지가 좁아질 것으로 보여 이에 대한 구체적인 지원 방안과 정책도 필요하다고 생각한다.

## 레벨 5 수용성 높지 않아 SDV차원에서 자율주행 지속될 듯

**임기택** 한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 센터장

자율주행 레벨 5의 가치를 상용화에만 초점을 맞추는 것은 합리적이지 않은 것 같다. 자율주행 레벨 5의 상용화 가능성이나 시점에 대해서는 아직 알 수 없으나 현재 기준으로 시장성도 높지 않은 것으로 보인다. 2022년 8월 한국리서치에서 조사한 자율주행 수용도에 대한 조사에서 경제적 여건이 된다고 해도 완전자율주행차량 구매는 보고 판단하겠다는 의견이 전체의 74%, 구매하지 않겠다는 의견이 13%로 87%의 소비자가 완전자율주행차량 구매에 신중론이나 부정적 의견을 밝혀 상용화가 반드시 필요한 것인지 판단해야 한다. 다만 레벨 5를 준비하는 과정에서 인공지능, 센서, 소프트웨어 등 다양한 기술들이 지금보다 더 발전할 것은 분명하고 지금보다 더 발전한 기술들은 우리가 보지 못한 새로운 시장을 만들어 낼 수도 있어서 앞으로도 완전자율주행 기술개발은 정책적으로 꾸준히 추진할 필요가 있다.

또 조금은 다른 이야기지만 개인적으로 앞으로 자동차 산업에서 방향성이 SDV쪽으로 중심이 이동할 것으로 보인다. 물론 앞서 말씀하신 것처럼 SDV에서도 자율주행이 하나의 큰 축으로 포함돼 있으나 지향점은 차이가 있다. 자율주행이 조향과 속도를 제어하는 기술이라면 SDV는 커넥티드 카를 중심으로 소비자에게 새로운 경험을 제공하는 개념으로 자동차를 구매한 소비자들의 편의성이 높아지고 자동차만의 새로운 서비스를 경험한다면 완전자율주행보다 오히려 소비자 수용성이 더 높을 것으로 보이기 때문이다.

## 완전자율주행에 대한 회의론 자동차 산업에 긍정의 힘 돼야

**장정아 좌장** 아주대학교 교수

완전자율주행에 대한 최근 분위기는 회의적인 시각이 늘고 있다. 완전자율주행을 목표로 자동차 산업의 산·학·연이 지금껏 비용과 노력을 아끼지 않고 투자해 현재의 레벨 4 수준까지 도달했고 비로



소 완전자율주행과의 거리가 제대로 보이기 시작했다. 마치 눈앞에 보이는 산에 올라가면 더는 오를 산이 없을 줄 알았는데 오르고 보니 더 높은 산들이 보이는 것과 같은 상태로 최근의 흐름은 기대가 실망으로 바꾸는 상황에서 나오는 의견들이며 동시에 긍정의 힘이 될 수 있는 문제의식이다.

자율주행이 첨단 모빌리티의 중요한 대안이 되는 것은 명확하고, 지금까지 완전자율주행과 관련된 기술 투자는 우리나라 산업을 견인해오고 있고 그 실적도 견고하다고 본다. 올 7월 한국자동차모빌리티산업협회에 따르면 상반기 자동차 수출액은 357억 달러(한화 약 44조 9890억 원)로 역대 최대치를 기록했다. 이번 실적은 대내외적으로 어려운 여건 가운데 북미, 유럽을 중심으로 국산 친환경차의 인기가 지속된 결과다. 친환경차 수출은 전년 동기대비 51.5%, 수출액은 70.4% 증가한 124억 5,000만 달러를 기록했다.

우리나라 산업화에 자동차 산업의 기여도는 매우 컸다. 이제 모빌리티 시대를 맞아 자동차 산업이 사회 전반에 미치는 영향은 더 높아지고 영향의 영역은 다양한 사업 분야로 확대되고 있는 만큼 자율주행분야에 있어서 우리는 기술개발에 적극적으로 투자하면서 동시에 시장 접근은 분명한 상품성을 가질 수 있도록 냉정한 판단과 올바른 선택이 필요하다. 마지막으로 오늘 좌담회를 통해 나눈 의견들이 자동차 산업 종사자들과 독자들에게 인사이트를 제공하길 기대하며 참석해주신 패널분들께 감사의 말씀을 전한다.

# 2023 자율주행 로드맵의 변화와 대응전략

## 들어가며

2022년 초에 코로나19가 사실상 끝난 이후, 모빌리티 산업은 크게 성장하고 있다. 이와 함께 타 산업의 발전도 이끌고 있는 상황이다. 다만, 관련된 모든 회사들이 좋은 실적을 거두고 있는 것은 아니다. 전기차-ADAS-사용성 등 사용자의 요구 사항에 맞춰 연구개발에 노력해 온 회사들을 중심으로 시장이 재편되고 있는 상황이다.

현재의 자율주행은 위기와 기회가 공존하고 있다. 애플의 애플카 연기, 아르고시의 폐업, 벨로다인-오우스터 합병, 이베오의 파산신청 및 마이크로비전의 이베오 인수 등의 여러 사례는 자율주행에 대한 어려움을 보여주고 있다. 하지만, 이들 사례로부터 앞으로의 자율주행이 복잡하게 진화해 나간다는 점을 이해할 필요가 있다. 즉, 완전자율주행에 대한 로드맵은 멀어져 있지만, 자동차사 중심의 레벨 3/4 자율주행 진화는 계속 진행되고 있다.

위기와 기회가 공존하고 있는 자율주행 시장에서 2023년과 2024년은 커다란 분기점이 될 전망이다. 2024년 자율주행 프로세서의 양산 시작을 기점으로 주요 자동차사의 자율주행 발전이 급속히 빨라지게 된다. 이와 함께 라이다 센서의 대량 양산과 소프트웨어 플랫폼의 안정화도 중요한 이슈가 된다. 완전자율주행에 대한 로드맵은 조금 더 연기해 둔 상황에서 현실적인 자율주행이 진화하게 된다. 자율주행에 대한 본격적인 패러다임 변화에 따라 이에 맞춘 전략 변화가 요구되는 상황이다.

## 자율주행 시장 변화, 어떻게 읽을 것인가?

2022년 아르고시의 폐업과 애플의 완전자율주행차 포기 소식은 시장에 큰 충격을 주었다. 아르고시는 폭스바겐과 포드가 큰 투자를 진행한 회사라는 점에서, 애플은 완전자율주행차의 상용화를 위해서 노력해 왔다는 점에서 자율주행 시장에 아쉬움을 남겼다.



정구민  
국민대학교 전자공학부 교수

[ 아르고AI의 장거리 라이다를 장착한 폭스바겐 도심용 자율주행차량 I.D. Buzz AD, ]



출처: VW

아르고AI는 자율주행 기술과 라이다 센서를 개발하고 있었다. 폭스바겐이 2021년 뮌헨모터쇼(AA 2021)에서 발표한 도심 자율주행 차량에 아르고AI의 장거리 라이다가 탑재되기도 했다. 눈에 상대적으로 안전한 파장인 1550nm 대역과 비슷하게 1400nm를 사용했다. 또한, 아르고AI는 여러 도시에서 자율주행 서비스를 진행해 나가고 있었다. 다만, 수익 모델이 없고 큰 액수의 현금 소모가 계속 이루어지고 있다는 단점이 있었다. 5~6조 원 대의 투자금액을 소모한 상황에서 앞으로 더 많은 투자가 이루어질 수밖에 없었다는 점에서 아르고AI의 폐업은 어쩔 수 없는 측면이 있다. 폭스바겐이 2022년 쉐프-이노비즈-ST마이크로를 연계하는 자율주행프로세서-자율주행 라이다센서-제어용 프로세서 업체들과 계약을 진행한 점도 중요한 시사점이 된다. 즉, 완전자율주행에 대한 비전은 미뤄지지만, 레벨 3/4에 대한 현실적인 자율주행 투자에 집중한다는 의미로 해석해 볼 수 있다.

애플의 상황도 비슷하다. 당초 목표로 했던 애플카는 운전석이 없는 형태의 레벨 4/5 수준의 차량이다. 보도에 따르면, 애플은 완전 자율주행의 상용화는 일단 포기하고, 운전석이 있는 형태의 차량을 2026년에 상용화하게 될 것으로 예상된다. 완전자율주행의 미래는 일단 미뤄두지만, 운전자와 자율주행 AI가 공존하는 형태의 현실적인 자율주행을 진행하게 될 것으로 생각해 볼 수 있다.

코로나19 이후의 전세계적인 경제 위기 상황에서 많은 비용이 드는 투자는 어려워지고 있다. 자율주행 측면에서도 비슷한 상황이 진행되고 있다. 앞으로 주요 자동차사를 중심으로 자율주행 플랫폼의 안정화가 진행되면서 현실적인 자율주행 진화가 예상된다. 또

한 자율주행 프로세서와 자율주행 라이다 센서의 양산은 기존 자율주행 업체들에게도 도움을 주면서 자율주행 시장의 발전을 이끌 것으로 예상된다.

## 주요 자동차사들의 자율주행 플랫폼 안정화

주요 자동차사들은 자율주행 프로세서-라이다 센서-자율주행 소프트웨어로 이어지는 자율주행 플랫폼의 안정화와 양산에 노력하고 있다. 볼보 2024년, 벤츠 2024년, 폭스바겐 2026년 등의 주요 로드맵으로 볼 때, 2025년~2027년 정도에는 주요 자동차사들의 자율주행 플랫폼이 안정화될 것으로 예상된다. 테슬라가 자체 프로세서를 양산하면서 자율주행 플랫폼을 안정화한 것과 같이 주요 자동차사들의 자율주행 플랫폼도 안정화되면서 자율주행 진화가 빨라질 전망이다.

볼보는 2022년 11월에 새로운 자율주행 플랫폼을 적용한 EX90을 공개했다. 이 차량에는 엔비디아의 고성능 자율주행 프로세서인 오리온(Orin)과 루미나의 고성능 라이다 아이리스(Iris)로 초당 254조회 연산이 가능한 254 TOPS 성능의 오리온 프로세서와 250m를 볼 수 있는 라이다 아이리스가 장착된다. 이 외에도 8개의 카메라, 5개의 레이더, 16개의 초음파 센서가 탑재된다. 자율주행용 고성능 프로세서-자율주행 센서-자율주행 소프트웨어를 통합한 형태의 자율주행 플랫폼의 본격적인 적용과 상용화가 시작된다고 볼 수 있다. 다만 볼보는 당초 예정했던 2023년 EX90 양산 계획을 두 번 연기하여 2024년으로 미뤘다. 양산 계획이 연기되는 이유로는 소프트

[ CES 2023에 전시된 볼보 EX90와 루미나 라이이다 ]



웨어 통합 이슈가 제기된다. 하드웨어 플랫폼과 함께 SDV(소프트웨어 정의 자동차, Software Defined Vehicle)의 진화를 위한 소프트웨어 플랫폼 안정화도 중요한 이슈가 되고 있다.

벤츠는 2024년 엔비디아-루미나를 적용한 차량을 상용화할 계획이다. 또한 폭스바겐은 2026년 자율주행차 상용화를 위해서 쉐프-이노비즈-ST마이크로와 협력하고 있다. 지난 2022년 5월 쉐프와 자율주행 프로세서에 10억 유로, 이노비즈와 라이이다 센서에 40억 달러의 계약을 체결한 바 있다.

### 프로세서-라이이다-소프트웨어 플랫폼의 진화

프로세서 업체들의 움직임도 빨라진다. 엔비디아는 2022년 9월 열린 GTC 2022에서 차세대 자율주행 프로세서 플랫폼인 '엔비디아 드라이브 토르(Thor)'를 공개했다. 초당 2천조의 연산이 가능한 2000 TOPS의 성능을 바탕으로 2025년부터 자율주행차 양산을 지원할 계획이다. 오린 프로세서로 당분간 자율주행차의 상용화를 지원하고, 향후 토르를 통해서 자율주행-인포테인먼트-차량 제어를 통합한 통합 ECU를 지원한다는 계획이다. 모빌아이도 지난 CES 2022에서 EyeQ 울트라 자율주행 프로세서의 본격적인 상용화 일정을 2025년으로 발표한 바 있다. 두 회사에 비해서 상대적으로 늦었던 쉐프도 폭스바겐과 계약을 체결하면서 경쟁에 본격적으로 참여했다.

CES 2023에서는 후발주자인 암바렐라의 성장이 주목된다. 엔비디아 오린 프로세서보다 속도가 빠르고 전력소모가 적은 CV3 프로세서를 기반으로 경쟁에 참여했다. 암바렐라는 컨티넨탈과 보쉬의 레벨 2~4 자율주행 플랫폼에 관련 프로세서를 공급한다고 발표했다.

자동차사의 자체 프로세서 개발 노력도 계속된다. 폭스바겐은 2022년 10월 중국의 시프로세서 업체인 호라이즌로보틱스에 큰 투자를 진행했다. 호라이즌로보틱스는 자체 개발한 시프로세서를 중

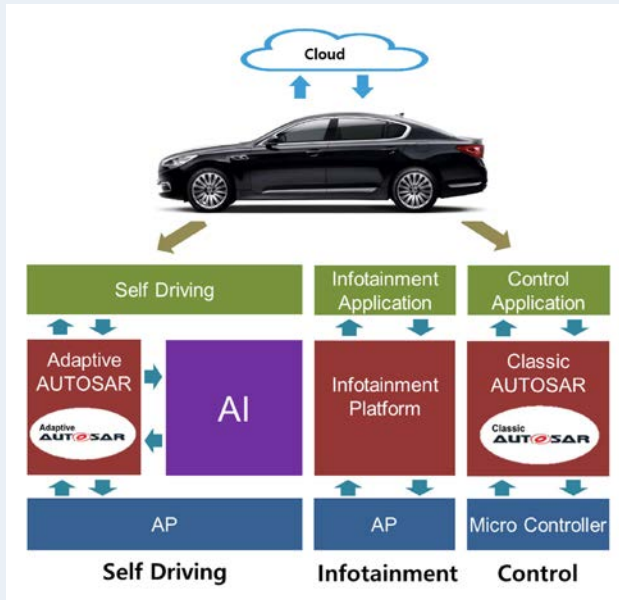
국 자동차사에 공급해 왔다. GM크루즈는 2022년 9월에 2025년까지 자율주행 프로세서 등 여러 칩들을 자체 개발하겠다고 발표한 바 있다.

라이이다 센서 업체들의 양산 노력도 계속되고 있다. 루미나(볼보, 벤츠), 이노비즈(폭스바겐), 셉톤(GM) 등 대량 양산 계약을 진행한 라이이다 업체들은 양산 설비를 갖추고 본격적인 양산에 돌입할 예정이다. 기존 자동차사 자율주행 차량 라이이다의 대부분을 차지했던 발레오도 CES 2023 발표를 통해서 '스텔란티스와 2024년 레벨 3 양산 계약을 바탕으로 고성능 라이이다 경쟁에서 앞서 가겠다'고 밝혔다. 다만, 센서 장착 위치, 클리닝 시스템, 내구성 등에서 세부적인 과제가 아직 남아있는 것으로 보인다. 이러한 과제들을 풀어가면서 고성능 라이이다 시장이 본격적으로 열리게 될 전망이다.

또한 주요 자동차사들의 소프트웨어 구조도 안정화된다. 주요 자동차사들은 SDV의 구현을 위해서 노력하고 있다. 또한, SDV 구조를 바탕으로 자율주행-인포테인먼트-제어 모듈의 소프트웨어를 통합하기 위해서 많은 노력을 기울이고 있다. 고성능 프로세서에 맞춰, 자율주행(어댑티브 오토사)-인포테인먼트(인포테인먼트 플랫폼)-제어(클래식 오토사)의 소프트웨어 구조를 통합하고 안정화해 나갈 것으로 보인다. 벤츠-MB.OS, VW-VW.OS, 볼보-Volvo Cars.OS, 토요타-Arene OS 등 주요 자동차사의 소프트웨어 플랫폼 구조는 유사하게 발전해 나가고 있다. 현대도 모빌진 어댑티브(자율주행)-인포테인먼트플랫폼(인포테인먼트)-모빌진 클래식(제어)의 소프트웨어 플랫폼 구조를 안정화해 나가고 있는 상황이다.

자율주행 프로세서와 센서를 연결하는 대용량 네트워크 구조도 진화하고 있다. 센서 ECU에서의 자체 판단이 아닌 센서 데이터를 프로세서에서 모아서 처리하기 위해서 대용량 네트워크의 진화가 필요하게 된다. 국제 표준에서는 ASA와 MIPI-APHY가 경쟁 중이다. 우리나라의 비이에스아이(VSI)는 ASA 표준 통신 칩을 세계 최초로 개발하여 BMW 등 여러 업체와 개발 협력을 진행 중에 있다. CES 2023

[ 자율주행 및 SDV를 위한 플랫폼 구조의 진화 ]



[ VSI 고속네트워크 칩을 통한 이미지 센서와 엔비디아 오린 프로세서 연결 ]



에서 이스라엘 발렌스는 모빌아이(프로세서, 카메라), 이노비즈(라이다), 스마트레이더시스템(4D 이미징 레이더), 발렌스(MIPI A-PHY)를 연계하는 자율주행 플랫폼을 전시한 바 있다.

이처럼 2025~2027년 정도에는 주요 자동차사들의 차세대 자율주행 플랫폼이 본격적으로 상용화될 전망이다. 플랫폼의 안정화는 자율주행 시장에서 큰 변화를 가져오게 된다. 안정화된 플랫폼을 바탕으로 도심 자율주행과 자율주행 서비스로 무게 중심이 크게 옮겨갈 것으로 예상된다.

웨이모, 바이두, 모셔널, GM크루즈 등의 노력도 관련해서 참고해 볼 필요가 있다. CES 2023에서 웨이모는 중국 지리자동차의 전기차 브랜드인 지커와 협력한 로보택시를 전시했다. 그리고 차량을 중국 지리자동차와 함께 공유 서비스 제공을 위해 맞춤 설계한 차량을 전시했다.

고속도로에서 도심으로, 자율주행의 진화

주요 자동차사의 플랫폼 안정화는 관련 시장에서 큰 변화를 가져오게 된다. 이미 라이다 업계에서는 옥석가리기가 진행 중이다. 이처럼 기존 자율주행 관련 스타트업들의 80~90%는 사라질 것으로 예상된다. 대신 자동차사의 자율주행이 레벨 4 시범 서비스를 기점으로 본격적으로 도심으로 들어오면서 도심 자율주행을 위한 다양한 기술들이 필요하게 될 것으로 예상된다.

2020년 테슬라의 FSD V8은 고속도로에서 진화하여 도심 주행이 가능하도록 했다는 의미를 갖는다. 하지만 이후 V9, V10에서 보듯이, 테슬라도 아직 복잡한 도심에서의 주행을 위해서는 더 많은 학습과 시행착오가 필요한 상황이다.

주요 자동차사들도 안정화된 플랫폼을 바탕으로 본격적인 도심 자율주행에 돌입하게 된다. 현재 여러 나라에서 다양한 도심 자율주행 서비스가 진행되고 있다. 자동차사가 고속도로에서 도심으로 자율주행을 확대하는 것처럼 기존 자율주행업체들도 주행 가능한 도시를 늘려 나가게 된다. 또한, 구글 웨이모, GM 크루즈 등의 운전자 없는 자율주행 택시 시범 서비스도 확장하고 있다. 다만, 정차로 인한 교통 체증 유발, 공사 현장 멈춤, 소방차/경찰차 대응 미숙 등 샌프란시스코 GM 크루즈 자율주행 사건 사례처럼 앞으로 해결해야 할 문제들이 많이 남아 있는 상황이다.

도심 자율주행 진화를 위해서는 복잡한 도심에 대한 가상화, 도심 정밀지도 구축, 비정형 데이터에 대한 인식, 실시간 정보 수집 시스템 구축, 자동차와 보행자의 움직임 예측 등 도심 자율주행을 위한 기술이 많이 필요하게 된다. 앞으로 자율주행에서는 도심 자율주행의 중요성이 높아질 전망이다.

2023 자율주행 주요 전망 및 대응 전략

2023년에는 주요 자동차사들의 자율주행 레벨 3 차량이 확산될 전망이다. 기존 혼다, 벤츠에 현대, 볼보 등이 가세하면서 자율주행 레벨 3 차량 운영이 확산될 예정이다. 이와 함께 도심 자율주행 택시/셔틀도 늘어난다. 자동차사가 만드는 자율주행 셔틀이 본격적으로 상용화되면서 자율주행 셔틀 시장도 발전될 전망이다.

배송을 위한 자율주행 트럭도 상용화를 준비한다. 자율주행 업체들의 수익성을 제고해 줄 것으로 보이는 자율주행 트럭은 앞으로 관련 시장의 발전에 큰 도움을 줄 것으로 보인다.

앞으로 자율주행 진화를 위해서는 여러 방향성이 필요하다. 자율주

[ 2022 테슬라 시데이, 디지털 트윈 기반 움직임 예측 및 자율주행 판단기술 시연 ]



출처: 테슬라

행 플랫폼 안정화, 레벨 4 차량 설계 및 다양한 차량 설계, 라이다 및 4D 이미징 레이더 양산, 도심 자율주행을 위한 노력, 자율주행 서비스를 위한 준비 등을 들 수 있다.

자율주행 플랫폼 안정화를 위해서는 다양한 노력이 필요하다. 전반적인 자율주행 플랫폼 구조의 설계와 함께 프로세서, 전용 네트워크 설계가 요구된다. 우리나라가 약한 자율주행 프로세서 분야에서는 프로세서 개발과 프로세서 기반 SW 개발에 대한 현실적인 접근이 필요한 게 사실이다. SDV를 위한 소프트웨어 구조와 관련 소프트웨어 설계는 앞으로 더욱 중요해질 전망이다. 어댑티브 오토사와

자율주행 AI의 연계 및 인포테인먼트와 사용성 설계는 지속적인 투자가 필요하다.

레벨 4 차량 진화를 위해서 폴백(fallback) 상황의 구동을 위한 부품 이중화 설계가 요구된다. 조향-가속-제동 등 구동 시스템의 부품 이중화와 함께 네트워크, 연산 플랫폼에서의 이중화 및 보안도 필요하게 된다. 이러한 이중화를 바탕으로 다양한 차량 설계로 진화하게 된다.

[ 2023 자율주행 주요 전망 ]

- 레벨3 자율주행차 확산
- 도시 자율주행 택시/셔틀 확산 및 자동차사가 만드는 자율주행 셔틀 등장
- 상용화를 준비하는 자율주행 트럭
- 자율주행 전기전자 SW 플랫폼 상용화 노력
- 레벨4 자율주행 진화를 위한 준비 및 다양한 자율주행 차량 설계
- 라이다 센서의 대량 양산 시작 및 4D 이미징 레이더 확산
- 도심 자율주행을 위한 노력
- 자율주행 서비스를 위한 준비

[ 2023 자율주행을 위한 세부 전략 ]

2023 기술적인 방향성	세부전략
자율주행 전기전자 SW플랫폼 상용화 노력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행 플랫폼 구조설계</li> <li>• 자율주행 프로세서에 대한 준비</li> <li>• 자율주행 차량용 네트워크 개발</li> <li>• SDV구조 확립</li> <li>• 어댑티브 오토사/자율주행AI연계</li> <li>• 인포테인먼트 및 실내 사용성 제고</li> </ul>
레벨 4 자율주행 진화를 위한 준비 및 다양한 자율주행 차량 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이중화 설계</li> <li>• 사용자 용도에 맞는 다양한 차량 설계</li> </ul>
라이다 센서의 대량 양산 시작 및 4D 이미징 레이더 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 라이다 센서 원천기술 및 양산 노력</li> <li>• 라이다 센서 스타트업-부품사/자동차사 연계 개발</li> <li>• 4D 이미징 레이더 원천 기술 개발</li> <li>• 4D 이미징 레이더-부품사/자동차사 연계</li> </ul>
도심 자율주행을 위한 노력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도심 모델링 및 디지털 트윈 구축</li> <li>• 도심 실시간 정보 수집 체계 구축</li> <li>• V2X 및 인프라 구축</li> <li>• 자동차 및 보행자 움직임 예측</li> <li>• 가상 공간에서의 움직임 예측 및 판단 기술 개발</li> <li>• 도심 자율주행 시범 서비스 확장</li> <li>• 자율주행 도심 정보보호 가이드라인 마련</li> <li>• 비정형 데이터 인식 및 대응</li> </ul>
자율주행 서비스를 위한 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행 시범 서비스 발굴</li> <li>• 서비스에 맞는 차량 설계 및 사용자 인터페이스 설계</li> </ul>

라이다 센서 및 4D 이미징 레이더에 대한 투자도 필요하다. 라이다 센서와 4D 이미징 레이더 센서 모두 기존 스타트업에 더해 주요 부품사들의 로드맵도 발표되고 있다. 우리나라 센서 스타트업과 부품사 및 자동차사를 연계한 양산 전략이 요구된다. 또한, 관련 원천 기술에 대한 투자도 필요한 상황이다.

앞으로 도심 자율주행이 중요해지면서 도심 자율주행을 위한 노력도 필요해진다. 도시를 가상화에서 디지털 트윈으로 구축하고, 여기에 실시간 정보 수집과 디지털 트윈 반영 노력이 요구된다. 이와 함께 주요 회사들이 제시하는 비전처럼, 가상화 된 시스템에서 움직임을 예측하고 이에 기반하여 제어 전략을 결정하는 종합적인 판단 시스템에 대한 구현도 필요하다. 안전성 제고를 위한 V2X 등 인프라 구축 노력과 함께 개인 정보 보호를 고려한 시스템 구축도 필요하다.

미래 자율주행 서비스의 발굴과 차량 설계 노력도 필요하게 된다. 다양한 자율주행 서비스의 발굴과 함께, 이에 맞는 차량 설계 및 인터페이스 설계 노력도 중요할 것으로 예상된다.

**자율주행 특이점을 향한 투자와 노력**

자율주행 시장은 당분간 현실적인 자율주행 진화에 노력할 것으로 예상된다. 특히 주요 자동차사의 자율주행 플랫폼의 안정화는 앞으로 자율주행 패러다임을 크게 바꾸게 된다.

자율주행 플랫폼 안정화를 위한 기술 개발, 자율주행 센서의 상용화 노력과 함께 도심 자율주행을 위한 노력이 중요해지는 상황이다. 이를 위해서는 기술적인 발전과 함께 제도적인 노력도 필요하게 된다. 우리나라 산-학-연-관의 유기적인 노력으로 미래 자율주행 시장을 주도할 수 있기를 기대해 본다.

# 자율주행자동차 관련 국내·외 정책 동향



**정광복**  
자율주행기술개발혁신사업단  
사무국장

## PART 1. 자율주행자동차 기술 현황

### 자율주행자동차 산업 동향

자율주행자동차 시장은 세계적으로 연평균 40% 이상의 성장세로 시장규모는 2030년 6,565억달러로 2020년 대비 약 93배 성장할 것으로 예측하고 있다. 글로벌 컨설팅 기업 맥킨지는 2023년 1월 자율주행차량 시장이 2035년까지 최대 4,000억달러(약 487조 8,000억원)의 시장성장을 전망하고 있다.

KDB산업은행 '자율주행차 글로벌 산업 동향' 보고서에 따르면 글로벌 자율주행 자동차 시장은 현재 레벨0에서 레벨2의 주행보조 수준에 머물러 있으나, 레벨3 이상의 자율주행자동차 비중이 2021년 0.5%에서 2030년 54.1%로 확대될 것으로 전망했다. 또한 글로벌 레벨3 이상 자율주행자동차 시장규모는 2025년 1.5천억 달러에서 3035년 1조1천억 달러로 성장할 것으로 전망했다.

정보통신기획평가원 '2021 ICT 기술수준조사 및 기술경쟁력분석 보고서'에서는 2021년 기준 국내 자율주행차 기술 수준이 세계 최고 기술국인 미국 대비 88.4%로 2019년에 비해 3% 좁혔고, 기술 격차는 1.2년으로 2019년 1.4년에 비해 0.2년 줄었다. 우리나라는 경쟁국 대비 기술 수준이 크게 상승했으며, '자율주행 플랫폼 및 서비스' 기술 수준에서 상대적으로 크게 상승했다.

[ 표 1 ] 2021년 자율주행자동차 기술수준 및 기술격차

평가지표	한국	미국	일본	중국	유럽
기술수준(%)	88.4	100	89.4	95.2	98.2
기술격차(년)	1.2	0.0	1.1	0.6	0.3

출처 : 정보통신기획평가원, 2021 ICT 기술수준조사 및 기술경쟁력분석 보고서, pp81-88





오펠 E-Fuels C3-Mobility

가이드하우스 인사이트(Guidedhouse Insights)에서는 자율주행자동차를 개발하는 기업을 대상으로 4개 그룹(Leaders, Contenders, Challengers, Followers)으로 구분하여 순위를 발표하고 있다. 가이드하우스 인사이트는 향후 10년간 자율주행자동차 출시가 예상되는 기업을 대상으로 비전, 시장진출전략, 파트너, 생산전략, 과학기술, 제품기능, 판매·마케팅, 품질·신뢰성, 제품 포트폴리오, 지속성 등 10여 가지 항목을 조사해 100점 만점으로 평가한 보고서를 발간한다. 2023년 1분기 보고서에 따르면 리더 그룹은 인텔 모빌아이, 구글 웨이모, 바이두, GM 크루즈 등의 순으로 포함돼 있고, 우리나라는 경쟁자 그룹에 모셔널(Motional, 현대자동차그룹)과 도전자 그룹에 오토노머스A22가 포함됐다.

## PART 2. 국내 자율주행자동차 정책 동향

### 자율주행자동차 정책 동향

우리나라는 지난 2018년 11월 국무조정실을 중심으로 22개 기관이 참여하는 산·연·관 협의체를 구성하여 '자율주행차 분야 선제적 규제혁파 로드맵'을 제시하였다. 로드맵에서는 운전주체, 차량장치, 운행, 인프라 등 4대 영역에서 30개 규제 이슈를 발굴하였다. 4대 영역의 주요내용은 운전주체를 사람에서 시스템으로 확대하고, 안전한 자율주행차의 제작 및 안정적 주행을 위한 안전기준을 마련하였다. 또한, 사고발생시 민·형사 책임소재 재정립 및 보험규정을 정비하고, 자율주행에 필요한 영상정보·사물위치정보 수집·활용을 허용하였다.

[ 표 2 ] 자율주행기술 기업 순위

순위	2023년	2021년	2020년	2019년	2018년
1	Mobileye	Waymo	Waymo	Waymo	GM
2	Waymo	Nvidia	Ford Autonomous Vehicles	GM Cruise	Waymo
3	Baidu	Argo AI	Cruise	Ford Autonomous Vehicles	Daumier-Bosch
4	Cruise	Baidu	Baidu	Aptive	Ford
5	Motional	Cruise	Intel-Mobileye	Intel-Mobileye	Volkswagen Group
6	Nvidia	Motional	Aptive-Hyundai	Volkswagen Group	BMW-Intel-FCA
7	Aurora	Mobileye	Volkswagen Group	Daumier-Bosch	Aptive
8	WeRide	Aurora	Yandex	Baidu	Renault-Nissan Alliance
9	Zoox	Zoox	Zoox	Toyota	Volvo-Veoneer-Ericsson-Zenuity
10	Gatik	Nuro	Daumier-Bosch	Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance	PSA

출처 : Guidehouse Insights Leaderboard: Automated Driving Systems

[ 표 3 ] 자율주행 기술발전에 따른 단계적 추진

순위	2019년~2020년	2021년~2022년	2023년~2025년	2026년~2030년
4대 인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>통신방식 연구반</li> <li>고속도로(5500km) 정밀지도 구축</li> <li>수도권 교통관제 시스템 10개소</li> <li>신호등, 표지 등 인식도 개선 착수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통신방식 결정</li> <li>주요거점 교통관제 시스템 34개소</li> <li>인식도 강화 시범사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량통신망 전국구축</li> <li>신호등, 표지 등 전국 30% 통일</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전국 도로 11만km 정밀지도</li> <li>교통관제시스템 전국 확대</li> <li>교통안전시설 전국 구축</li> </ul>
제도	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전자 기능 정의</li> <li>자율차 사고조사 위영</li> <li>레벨3 제작안전기준 및 보험제도 마련</li> <li>레벨4 제작 가이드라인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전자 준수 규정</li> <li>자율차 성능검증 체계</li> <li>운전면허체계 개선안 마련</li> <li>데이터 보안기준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전자 의무 정의(영상시청 허용 등)</li> <li>레벨4 성능검증 체계</li> <li>운전자/제조사 사고책임 규정</li> <li>운전금지 특례</li> <li>위치정보 수집 허용</li> </ul>	
서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>데이터 공유 검토</li> <li>통신요금제도 개선</li> <li>자율노선서비스시운행</li> <li>자율셔틀 시운행</li> <li>전동킥보드 실증</li> <li>PAV 개발</li> <li>가상도시 기반 환승시스템 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대중교통 운영체계 마련</li> <li>자율셔틀 50대</li> <li>로봇모빌리티 시운행</li> <li>개인이동수단 안전 기준 개정 검토</li> <li>스마트시티내 환승시스템 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보안모델 개발 실증</li> <li>자율주행 대중교통 도입</li> <li>화물차 군집주행 도입</li> <li>공공부문 서비스</li> <li>PAV 비행실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAV 서비스 활성화</li> </ul>

출처 : 산업통상자원부, '미래자동차 산업 발전전략' 보도자료

[ 표 4 ] 자율주행자동차 시범운행지구 지정 현황

시범운행지구 명칭	면적 또는 연장	관할 시도	위치
강남 자율주행자동차 시범운행지구	20.4km <sup>2</sup>	서울특별시	서울시 강남구 및 서초구 일대
청계천 자율주행자동차 시범운행지구	8.8km	서울특별시	서울시 청계천로 일부 구간
다이나믹 원주 자율주행자동차 시범운행지구	10km	강원도	원주시 반곡관설동 일원
강릉시 자율주행자동차 시범운행지구	15.8km	강원도	강릉시 경포동, 교동, 중앙동, 흥제동, 초당동, 포남동, 옥천동, 송정동, 견소동, 강문동 일원
경기도 시흥시 배곧 자율주행자동차 시범운행지구	12.8km	경기도	경기도 시흥시 배곧동 및 정왕 34동 일원
전남 순천시 자율주행자동차 시범운행지구	9.2km	전라남도	전라남도 순천시 일원
전라북도 새만금 고군산 자율주행자동차 시범운행지구	2.8km <sup>2</sup> /41.6km	전라북도	전라북도 군산시 새만금 일원
경기도 판교제로시티 자율주행자동차 시범운행지구	1.34km <sup>2</sup> /0.53km	경기도	경기도 성남시 분당구 및 수정구 일원
광주광역시 특수목적 자율주행자동차 시범운행지구	4.4km <sup>2</sup> /14.2km	광주광역시	광주시 수완지구, 평동산업단지, 빛그린산업단지, 첨단2지구 일원
대구 자율주행 시범운행지구	19.3km <sup>2</sup> /22.6km	대구광역시	대구시 수성구, 달성군 일부 구역
상암 자율주행자동차 시범운행지구	6.6km <sup>2</sup>	서울특별시	서울시 상암동 일원
세종 자율주행 상상 시범운행지구	27.12km <sup>2</sup> /22.9km	세종시	세종시 일원 등
부산 오시리아 자율주행자동차 시범운행지구	4.75km	부산광역시	부산시 오시리아 관광단지 일부 구간
익산시 자율주행자동차 시범운행지구	10.7km	전라북도	전북 익산시 익산역 일대
충청권 광역교통망 자율주행자동차 시범운행지구	32.2km	충청북도 세종시/대전광역시	오송역~세종터미널-반석역 BRT 구간
제주국제공항-중문관광단지(평화로) 자율주행자동차 시범운행지구	2.226km <sup>2</sup> 41.6km	제주도	평화로 일부 구간, 제주시, 서귀포시 일부 구역

출처 : 국토교통부, 자율주행자동차 시범운행지구 지정 고시 자료

[ 표 5 ] 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 개정

성능기준 구분	상세 내용
자동차로유지 지원기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전자가 자율주행 기능 해제 즉시 차량을 제어하는 기능</li> <li>• 자동차로유지기능 활성화 조건 사항</li> <li>• 자동차로유지기능 작동 중 운전자 조작 입력에 대한 판단 기능</li> <li>• 자동차로유지기능 제한사항</li> </ul>
부분 자율주행시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부분 자율주행시스템 작동 시 감지 범위</li> <li>• 운전자의 운전전환 요구 관련 사항</li> <li>• 위험최소화은행 작동 관련 사항</li> </ul>
운전자 모니터링 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전자의 착석, 안전띠 착용, 운전가능 여부 등의 감지</li> <li>• 운전자 상태 확인을 통해 이상 활동 감지 및 경고</li> </ul>
자율주행정보 기록장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기록장치에 저장되어야 하는 항목 정의</li> <li>• 기록장치의 데이터 최소 저장기간 및 용량 정의</li> <li>• 기록장치의 내구성 관련 사항</li> </ul>

출처 : 국토교통부, 자율주행자동차 시범운행지구 지정 고시 자료

정부는 지난 2021년 12월 국정현안점검조정회의를 통해 로드맵 1.0에 이어서 '자율주행차 규제혁신 로드맵 2.0'을 마련했다. 로드맵 2.0에서는 레벨3 자율주행차 출시를 시작으로 2027년 레벨4 자율주행차가 상용화될 수 있도록 차량, 기반조성, 서비스 3개 분야에 대해 총 40개 규제혁신 과제를 마련하였다. 특히 레벨4 자율주행차 상용화에 필요한 기준을 마련하고, 실증이 활발한 자율주행 셔틀 등 서비스에 필요한 과제도 집중적으로 보완하였다.

### 자율주행자동차 입법 사례 분석

우리나라는 지난 2014년 자동차관리법에 자율주행자동차의 법적 정의와 임시운행허가 제도를 포함하며 자율주행자동차에 대한 입법을 시작하였다. 자율주행자동차의 대표적 법률은 2019년 4월에 제정된 자율주행자동차의 규제샌드박스인 '자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률(이하 자율주행차법)'이 있다. 자율주행차법은 전체 6장에 44개의 조항으로 구성돼 있고, 본 법률을 근거로 2023년 5월 기준으로 16곳의 자율주행자동차 시범운행지구를 지정하여 운영하고 있다.

국토교통부는 지난 2019년 12월 자율주행시스템에 대한 정의와 승용자동차에 대한 레벨3의 부분 자율주행시스템 안전기준을 규정한 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(이하 자동차 규칙)'을 개정하였다. 주요 내용은 부분 자율주행시스템의 안전기

준을 자동차로 유지 지원기능의 성능기준, 운전자 모니터링 시스템의 성능기준, 자율주행정보 기록장치의 성능기준 등으로 구분하여 규정하였다.

최근에는 커넥티드 자동차, 사이버보안 관리체계, 소프트웨어 업데이트 등 정의를 신설하고, 자동차 사이버보안 관리체계 인증제도 도입과 자동차 소프트웨어 업데이트에 관한 준수사항 등을 규정한 자동차관리법 일부개정법률안이 국회 국토교통위원회에 발의되어 심사 중에 있다. 유엔 유럽경제위원회(UNECE, United Nations Economic Commission for Europe) 산하 자동차기준조화포럼(WP29)에서는 지난 2020년 6월 자동차 사이버 보안 관리체계와 소프트웨어 업데이트에 관한 국제기준을 마련한 바 있다. 우리나라도 지난 2020년 12월 국내 자동차 사이버보안의 안전성을 확보하고 자동차산업 지원을 위해 자동차 사이버보안 가이드리인을 발표하였다.

## PART 3. 국외 자율주행자동차 정책 동향

### 국제협약 사례 분석

자동차의 주행에 관한 국제협약은 1949년 체결된 '제네바 협약(Geneva Convention on Road Traffic)'과 1968년 체결된 '비엔나 협약(Vienna Convention on Road Traffic)'이 있다.

제네바 협약은 도로교통에 관한 국가간의 일정한 통일된 규칙을 제정하고자 체결된 조약이다. 본 협약은 차량의 기계 및 안전 장비에 대한 기준과 도로표지판, 신호 등에 관한 내용을 담고 있다. 비엔나 협약은 국제적으로 도로교통 운영을 위해 도로표지판과 신호 등 표준 교통규칙을 제정하여 교통안전을 증진시키기 위해 만든 국제적 조약이다. 본 협약은 제네바 협약을 대체하기 위해 체결하였으나, 2022년 10월 기준 제네바 협약 당사국 102개국 중 일부 국가인 87개국만을 포함하고 있다. 협약국은 서로 간에 다른 국가에서도 차량의 합법성을 인정받을 수 있다.

두 협약의 기본 원칙은 운전자가 존재하고 차량을 통제할 것을 요구하고 있다. 비엔나 협약에서는 제8조1항에 모든 차량에는 운전자가 있어야 하고, 제8조5항에는 모든 운전자는 자신의 차량을 제어할 수 있어야 한다고 규정하고 있다. 또한 제13조1항에는 차량의 모든 운전자는 모든 조작을 항상 수행할 수 있는 위치에 있어서 모든 상황에서 차량을 통제해야 한다고 규정하고 있다. 제네바 협약에서도 제8조1항에 모든 차량에는 운전자가 있어야 하고, 제8조5항에는 운전자는 항상 차량을 통제할 수 있어야 하며, 제10조에는 차량의 운전자는 항상 차량의 속도를 통제하고 있어야 한다고 규정하고 있다. 이러한 규정 내용들은 자율주행시스템의 개발로 인해 상충되고 있다.

먼저 2014년 비엔나 협약의 개정이 이루어졌다. 개정 제안 내용에는 ADS 등 운전자를 지원하는 차량시스템 적용으로 인해 일부 규칙 내용과의 상충이 발생한다고 지적하였다. 이에 따라 2014년 3월 비

엔나 협약 개정안을 채택하였다. 개정 내용에는 제8조5항의2에 차량이 주행하는 방식에 영향을 미치는 차량 시스템은 차량, 장비 및 차량의 부품에 장착되어 운영조건을 만족하는 경우 제8조5항 및 제13조1항을 만족하는 것으로 하고, 차량이 주행하는 방식에 영향을 미치는 차량 시스템이 운영조건을 만족하지 못하는 경우에는 차량 시스템은 운전자에 의해 중단되고 종료될 경우 제8조5항 및 제13조1항의 운전자 통제 요건을 만족하는 것을 간주한다는 내용을 담고 있다. 제네바 협약도 2014년 차량이 주행되는 방식에 영향을 미치는 시스템을 포함하는 개정안을 제시하였으나, 협약국들에 의해 거부되었다. 비엔나 협약은 2020년 개정을 통해 제1조 자율주행시스템 및 동적제어에 대한 정의를 추가하였고, 제34조의2에 자율주행 관련 조항이 추가되었다.

자율주행시스템의 정의는 하드웨어와 소프트웨어를 사용하여 차량의 동적 제어를 지속적으로 행사하는 차량 시스템으로 동적 제어는 차량 이동에 필요한 모든 실시간 운영 기능을 수행하는 것으로 정의하고 있다. 여기서 차량의 횡방향 및 종방향 움직임 제어, 도로 모니터링, 도로교통 상황에 대한 대응, 운행계획 및 신호 전달 등이 포함돼 있다.

최근에는 원격주행에 대한 논의가 이루어지고 있다. 영국은 2019년과 2021년에 원격 주행에 관한 제안서를 제출하였다. 제안서에는 원격 주행시스템, 원격 운전자, 원격주행 서비스를 제공하는 자, 개발자 및 제조업자, 승객에 대한 요건 등이 언급돼 있다. 원격 주행시스템은 원격 운전자가 적절한 시각 및 청각 정보를 수집할 수 있어야 하고, 원격 운전자에게 주행상황과 주행시스템 작동정보를 제공해야 한다. 또한 차량상태에 대한 정보와 차량의 동적제어 등의 내용을 담고 있다. '원격 운전자'는 시스템에서 동적제어를 요구받는 경우 실행할 수 있는 신체적·정신적 역량을 갖추어야 하고, 해당 국가의 면허를 보유하고 있어야 하며, 자율주행 차량을 운전할 때에는 자율주행시스템을 원격으로 제어할 수 있어야 한다는 내용이 포함되어 있다. '원격주행 서비스를 제공하는 자'는 원격 운전자의 안전

[표 6] 특정자동운행 업무종사자의 구성 및 개요

구분	관련 조항	주요 업무
특정자동운행 실시자	제75조의16 / 제75조의19 제75조의26 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정자동운행 허가를 받은 자</li> <li>주임자 등 업무종사자를 정하고 교육과 배치 및 업무 지정</li> </ul>
특정자동운행 주임자	제75조의20 ~ 제75조의23	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정자동운행의 모니터링 및 비상시 운행 종료 등의 조치</li> <li>해당 차량 동승 중 교통사고 발생시 신고 등 사고대처</li> </ul>
현장조치업무 실시자 등	제75조의19 / 제75조의23	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시자와 주임자의 지시에 따른 현장 대처</li> <li>특정자동운행 교통사고에 대한 현장 대처 및 부상자 구호 등</li> </ul>

출처 : 박준환, 운전자가 없는 자율주행을 고려한 일본의 도로교통법 개정 동향과 시사점, 이슈와 논점 (2022.09.23)

[ 표 7 ] 독일 자율주행 레벨4 탑재 차량의 주행 관련 당사자의 의무

자율주행 관련 당사자	주요내용
보유자 (Halter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통안전과 차량의 환경적합성을 준수할 의무와 이를 위해 필요한 예방조치를 실시할 의무</li> <li>• 자율주행기능에 필요한 시스템의 정기적 보수를 책임질 의무</li> <li>• 차량주행과 관련이 없는 다른 교통규정을 준수하도록 예방조치를 실시할 의무</li> <li>• 기술감독이 업무를 이행하도록 보장할 의무</li> </ul>
기술감독 (Technische Aufsicht)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체운전기동 상황과 관련하여 차량시스템을 통해 시각, 청각 또는 기타 인식할 수 있는 방식으로 고지된 경우 대체운전기동 기능을 활성화할 의무</li> <li>• 자율주행기능 비활성화에 대해 차량 시스템이 시각, 청각 또는 기타 인식할 수 있는 방식으로 고지된 경우 이 기능을 즉시 비활성화할 의무</li> <li>• 차량의 기능 상태에 대한 기술 장비의 신호를 평가하고 가능하면 교통안전을 위해 필요한 대책을 취할 의무</li> <li>• 차량이 최소위험상태로 변환될 경우 즉시 차량탑승자와 연락을 취하고 교통안전을 위해 필요한 대책을 취할 의무</li> </ul>
제조사 (Hersteller)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기전자적 구조의 안전성을 연방자동차청 및 담당 관청에 입증할 의무</li> <li>• 차량에 대한 위험평가를 실시하고 위험평가 실시 방식과 차량의 중요 요소가 위험평가의 틀 안에서 밝혀진 위험에 안전하다는 사실을 연방자동차청 및 담당관청에 입증할 의무</li> <li>• 자율주행에 필요한 무선통신의 충분한 안전성을 입증할 의무</li> <li>• 각 차량의 시스템을 설명하고 주행설명서를 작성하여 차량이 자율주행기능 기술 장비 조건과 손상 발생 시 요구되는 조건을 충족한다는 사실을 연방자동차청에 설명하고 주행설명서에 기술할 의무</li> <li>• 기술의 작동방식, 특히 주행기능 및 기술감독의 업무 수행과 관련된 내용을 전달할 수 있도록 주행에 관여하는 자에게 차량에 대한 교육을 실시할 의무</li> <li>• 차량, 차량의 전기전자적 구조 또는 차량과 관련된 전기전자적 구조에 대한 조작을 인지했을 때, 특히 차량의 무선통신에 대한 무허가 접근이 발생했을 때 이를 즉시 연방자동차청과 연방 및 주 법률에 따른 담당 기관 등에 즉시 알리고 필요한 대책을 취할 의무</li> </ul>

출처 : 박진애·조경희, 독일과 일본의 자율주행 레벨4 관련 입법례, 최신외국입법정보 (2022.11.01)

운행을 위해 휴식을 보장해야 하고, 적절한 업무처리 및 건강검진 등을 제공해야 한다. ‘개발자 및 제조업자’는 원격 주행시스템이 시각적 문제나 과도한 정보 등을 제공하지 않도록 하고, 규정된 요건을 준수해야 하며, 안전을 위해 소프트웨어 업데이트 이용을 보장해야 한다. 또한 원격 운전자의 운행능력을 실시간 점검하는 방법을 고려해야 한다. 마지막으로 ‘승객’에 관한 사항은 관련 규정을 준수해야 한다고 간단히 언급돼 있다.

자율주행자동차를 위한 보안기준, 자동운행장치 정의, 정보기록장치, 자동운행장치 정비 등에 관한 조항을 마련하였고, ‘도로교통법’에서는 자동운행장치를 포함하고, 이를 통해 자동차를 사용하는 행위를 운전전에 포함하였다. 이후, 2022년 레벨4 이상의 자율주행을 위한 전면 개정을 처리해 2023년부터 시행하였다. 이는 레벨4 수준의 특정자동운행의 정의, 허가기준, 관련 업무종사자 등에 대한 내용을 포함하고 있다.

### 일본 사례 분석

일본 정부는 지난 2017년 ‘미래투자전략 2017’을 발표하면서 2020년까지 고속도로에서 레벨3 이상의 자율주행차 상용화와 특정지역에서의 레벨4 자율주행 서비스 목표를 제시하였다. 또한 2025년을 목표로 고속도로에서의 레벨4 자율주행 상용화 등을 설정하였다. 이를 위해 2025년 이전까지 레벨3와 레벨4 수준의 자율주행시스템의 상용화를 위한 도로교통 관련 법·제도의 재검토를 진행하고 있다.

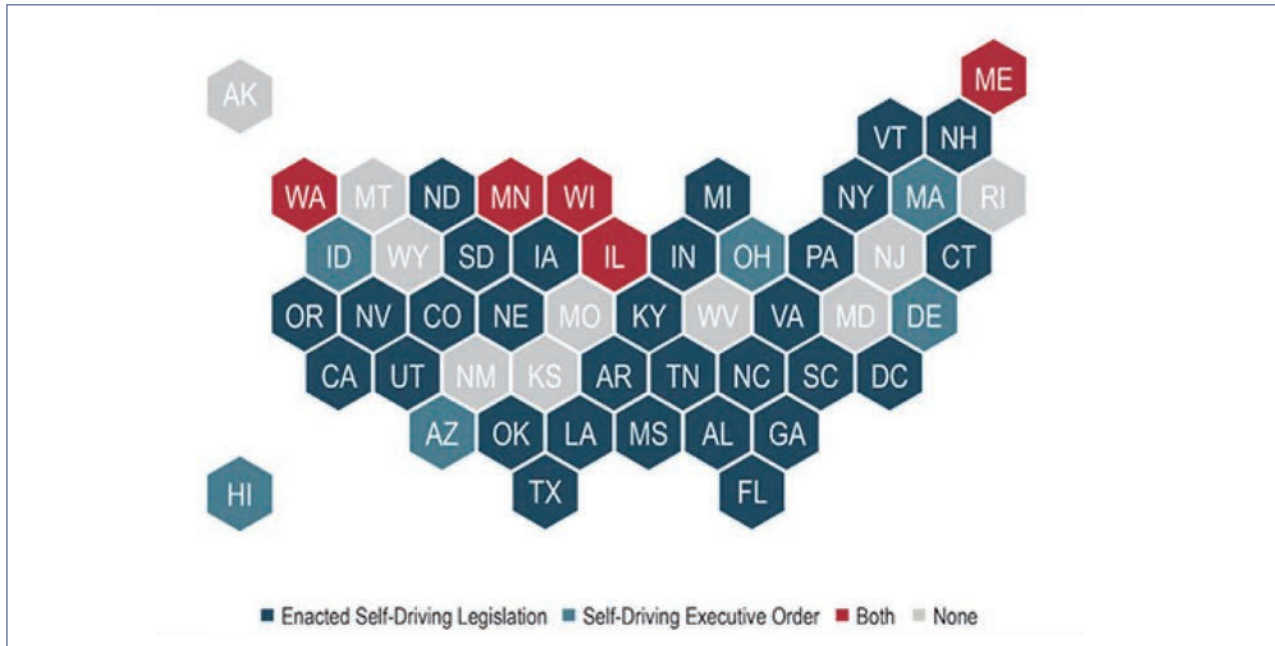
2018년 9월에는 레벨3 또는 레벨4의 자율주행시스템을 가진 승용차, 트럭 및 버스 도입에 따른 안전요건 및 기준이나 평가방법 등을 담은 ‘자율주행차 안전기술 가이드라인’을 발표하였다. 2019년에는 ‘도로운송차량법’ 및 ‘도로교통법’을 개정하며 자율주행자동차의 도로 주행 허용을 위한 법적 근거를 마련했다. ‘도로운송차량법’은 자

### 독일 사례 분석

독일은 2017년 도로교통법을 개정하여 레벨3 및 레벨4 자율주행차의 운행을 허용했으나, 운전자가 없는 무인자율주행차는 허용하지 않았다. 이후 2021년 도로교통법 및 자동차의무보험법 개정안이 독일 연방 상원을 통과하면서 세계 최초로 무인자율주행차 상용화를 위한 제도적 기반을 마련하게 되었다.

무인자율주행차 운행과 관련해 보유자(Halter), 기술감독관(Technische Aufsicht), 제작사(Hersteller)의 의무에 관한 사항을 신설하였다. 기존 도로교통법에서는 일반 차량과 동일하게 보유자와 운전자였으나, 개정 내용에는 기술감독관과 제작사를 추가하였고 보유자의 의무범위도 확대하였다.

[ 표 8 ] 美 주별 법률 및 행정명령 제정 현황



출처 : www.sae.org

### 미국 사례 분석

미국은 2017년 자율주행자동차 활성화를 위해 자율주행차량의 시험과 차량의 안전을 확보하고 연방정부의 불합리한 제한을 일부 면제해 주는 SELF DRIVER Act와 이를 보완한 AV Start Act를 발의하였으나 통과되지 못하였다. 반면 자율주행 기술의 발전에 따라 주 정부의 관련 입법은 증가하였다. 2011년 자율주행자동차의 운행을 허가한 네바다 주를 시작으로 21개 주와 워싱턴 D.C는 자율주행자동차 관련 법안을 통과시켰다.

미국 도로교통안전국(NHTSA)은 지난 2016년 9월에 레벨3에서 레벨5까지의 자율주행차에 대한 성능지침과 차량면허, 보험 등 주 정부의 역할, 미국 연방 자동차 안전 표준 적용 등의 내용을 담은 보고서인 'Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution In Roadway Safety'를 2020년 1월까지 4차례 발표하였다.

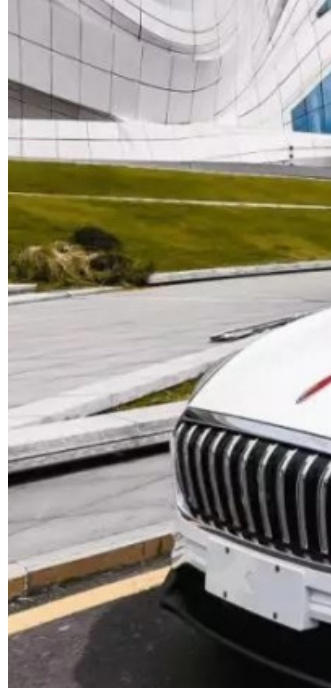
[ 표 9 ] 美 연방정부의 자율주행시스템 정책

발표시기	정책보고서	주요내용
2016년 9월	Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution In Roadway Safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율주행차 성능지침</li> <li>주 정부의 역할</li> <li>기존 제도의 적용 등</li> </ul>
2017년 9월	Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>ADS 안전요소(자율적 지침 등)</li> <li>정부의 기술 지원(정부의 역할 및 입법사례 등)</li> </ul>
2018년 10월	Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>AV에 대한 6가지 원칙 제시</li> <li>자동화 및 안전</li> <li>자동화에서의 역할(5대 전략), 향후 계획 등</li> </ul>
2020년 1월	Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율적인 시장 촉진을 위한 이해관계자의 원칙 등 제시</li> <li>정부의 활동 사례</li> </ul>

출처 : www.transportation.gov(미국 교통부)



# 완전 자율주행, 과연 가능할까?



2016년을 기억한다. 당시 BMW그룹과 인텔 모빌아이 연합전선은 2021년 완전 자율주행 상용화를 약속했다. 많은 자동차 회사들이 이와 비슷한 목표치를 제시했다. 그런데 2021년으로부터 2년이나 지난 지금, 우리는 아직 완전 자율주행차를 살 수 없다.

오히려 뭔가 꽉 막혀있는 모양새다. 레벨 3 자율주행 상용화마저도 잔걱음이다. 업계 전반의 분위기도 좋다고 말하긴 힘들다. 완성차는 물론 소프트웨어나 하드웨어 제조사 모두 예외는 없다. 일부 완성차 업체들이 자율주행 분야의 투자를 크게 줄이거나 중단했다. 세계 3위의 자율주행 업체 아르고 AI는 사업 종료 선언했고, 미국의 라이다 제조사 아우스터와 벨로다인은 합병을 발표했다. 판이 크게 흔들리는 모양새다.

자율주행 시대가 빠르게 도래할 방법이 없는 건 아니다. 극단적이지만 당장 내일부터 직접 운전을 불법으로 규정하고, 모든 자동차가 자율주행으로만 다니게 한다면 상용화는 가능하다. 극단적인 비유라고 생각할지 모르겠지만, 오히려 이쪽이 더 합리적일 수도 있다. 우리의 생각과 외모가 모두 다르듯 운전하는 방법은 모두 다르고, 이는 결국 예측 불가능한 영역에 있기 때문이다.

## 기술의 완성도를 높이긴 힘들고, 인식 변화도 어렵다

이렇다 보니 자율주행이 아직 완성형이라고 보기에는 힘들다. 자율주행은 라이다 등이 주변의 사물을 탐지하는 '센싱', 이 데이터를 취합해 소프트웨어가 자동차를 어떻게 움직일지를 판단하는 '프로세싱', 자동차를 제어하는 '액션'이라는 세 가지 단계를 거쳐 작동하는

데, 차량을 직접 제어하는 액션을 제외하면 아직 센싱과 프로세싱의 분야에서는 갈 길이 멀다.

여러 차례 외신들을 통해 보도되고 있는 자율주행차들의 사고도 센싱과 프로세싱의 오류로 발생한다. 2016년 발생한 테슬라의 첫 번째 오토파일럿 사고는 센싱의 영역과 관련돼 있다. 센서가 흰색 트레일러와 하늘을 구분하지 못했고, 이는 자율주행차가 직사광선이 심한 날에는 흰색 차나 차선, 그리고 하늘을 제대로 구분할 수 없다는 걸 보여줬다. 이 사고가 '흰색' 차체보다 '높은 곳에 있는 하늘을 인지하지 못하는 카메라의 한계 때문이라고' 생각할 수도 있었지만 레이더나 라이다가 이 문제에 완전한 해결책을 제시하는 것도 아닌 느낌이다.

2018년 발생한 우버의 자율주행차 사망사고가 대표적으로 우버의 자율주행차는 레이더와 라이다 모두를 사용했지만, 자전거 운전자를 인지하지 못하고 그대로 사고를 일으켰다.

프로세싱의 문제로는 2019년에 발생한 구글 웨이모의 첫 사고를 들 수 있다. 당시 웨이모가 운행 중이던 크라이슬러 퍼시피카 자율주행차는 도로 옆의 모래주머니를 피하려다가 옆 차선의 버스를 들이받는 사고를 냈다. 일시적으로 정차했다 다시 출발할 것인지, 모래주머니를 피해 옆 차선으로 주행할 것인지를 두고 프로세서가 치열한 고민에 빠졌을 테다. 반대 차선에서 들어오는 버스가 어떻게 움직일지 예측하지 못한 문제도 있었다.

이런 사고는 '책임'의 문제로 귀결된다. 자율주행차에서 사고가 발생했을 경우, 책임을 제조사에게 물어야 하는지, 운전자에게 물어야 하는지, 운행을 허가한 관계 부처에 물어야 할 것인지다. 아직 이와 관





련된 내용이 명확하게 정리된 나라는 없고, 만들어진다 하더라도 차이는 클 것이다.

이런 책임 소재를 분명히 하기 위해 주행기록장치를 의무화하자는 주장도 나온다. 사람이 운전했을 때에도 피할 수 없는 사고였는지, 사람이 운전했다면 피할 수 있었을 텐데, 시스템이 제대로 대처하지 못했는지를 따져보자는 것이다. 문제는 이 영역이 아직 공백 상태로 모두가 동의할 만한 객관성을 갖추기 어렵다는 점이다.

데이터와 시간, 즉 '양'의 문제도 있다. 자율주행을 구현하기 위해서는 현재의 내비게이션보다도 더욱 정밀한 지도 데이터가 필수다. 센서의 감지 범위 바깥에 있는 도로의 상황을 미리 예측하고 대응해야 하기 때문이다.

아직 지도가 얼마나 정밀해야 하는지에 대한 기준도 명확하지 않다. 레벨 2에서 연동되는 정밀지도는 '자동차의 위치가 4차선 중 2차선에 있다' 정도였지만, 레벨 3 이상부터는 자동차가 차로의 왼쪽에 가까우는지, 오른쪽에 가까우는지, 차선을 어느 정도 넘어갔는지 정도의 정확도까지 필요하다.

이 데이터의 양과 시간 문제는 상당한 과제다. 우리나라의 고속도로만 쪽 늘어놓아도 4800km 이 도로의 데이터를 충분히 쌓아 자유롭게 시뮬레이션할 수 있어야 양산화가 가능하다. 도로가 완벽하게 인지되지 않았다면 자율주행은 물론, 레벨 3도 불안전할 수밖에 없다.

고속도로만의 문제도 아니다. 레벨 4 이상의 완전 자율주행은 사실상 모든 도로에 대응할 수 있어야 한다. 도심은 물론 주택가의 좁은 골목길까지 무한대에 가까운 길을 데이터베이스화해야 하는데, 수시로 발생하는 공사로 인해 측정된 데이터가 일주일 만에 쓸모 없어질지도 모를 일이다.

## 자동차 회사들도 방향을 틀고 있다

이렇다 보니 자동차 업계 전반에서도 회의적인 반응이 등장하고 있다. 지금처럼 투자가 위축되는 시점에서 언제 상용화될지 모를 자율주행에 막대한 돈을 쏟아붓는 게 부담이기 때문이다. 자율주행이 아니어도 SDV, 전동화 등 자동차 업계가 써야 할 연구개발 자금은 차고 넘친다.



박홍준  
모터그래프 기자

실제로도 여건이 좋지않은 않다. 제너럴모터스(GM)는 지난해 자율주행 사업부 크루즈의 매출이 1억 200만 달러, 비용 지출은 33억 달러라고 밝혔다. 웨이모는 구글과 외부 투자자로부터 57억 달러 이상을 조달했지만, 구글의 주주들은 웨이모에 대한 지출을 줄이려는 압박을 받고 있다. 결국 자율주행 기술을 직접 개발하는 대신 상용화 후 구입하는 방식을 고민하는 곳들도 생겨나고 있다. 아르고에 수조원대의 투자를 집행했던 포드가 대표적이다. 존 라울러 포드 최고재무책임자(CFO)가 최근 아르고와의 협업 철회 발표 직후 "(자율주행)기술을 직접 만들 필요가 없다는 결론을 내렸다"라고 밝힌 게 대표적이다.

자율주행 스타트업에 투자를 집행하는 것만의 문제도 아니다. 애플은 완전 자율주행을 포기했다. 블룸버그 등 일부 외신 보도에 따르면, 이른바 '애플카'는 스티어링 휠과 가감속 페달까지 없는 완전자율주행차 출시 계획을 철회하고, 출시 시점도 2026년으로 미뤘다.

폭스바겐그룹은 아우디 주도 하에 2025년 상용화를 예고한 자율주행 프로젝트 '아르테미스'를 상용차 사업부 트라톤 그룹으로 이관했다. 자율주행에 대한 근간이 완전히 뒤집혔다고 할 수는 없지만, 제한된 구간에서의 플래투닝(군집주행)과 승차공유 등의 모빌리티 서비스 중심으로 전략을 수정한 것으로 보인다.

일부 자동차 회사들은 자율주행 대신 당장의 주행 보조 시스템을 고도화하는 데 집중하고 있다. 볼보가 대표적이다. 출시를 앞두고 있는 EX90은 레이더는 물론 루미나의 라이이다 센서와 구글의 HD 지도, 코어 컴퓨팅 기술까지 갖고 있다. 자율주행을 구현하기 위한 준비는 충분히 되어있지만, 이들은 본래의 가치인 자동차의 안전성을 높이는 데에만 집중하고 있다.

현대차그룹도 자율주행에 대해 예전만치 적극적이진 않다. 정의선 회장은 지난 4월 뉴욕모토쇼에서 국내 언론들과 만나 "자율주행 상용화보다 오히려 도심항공모빌리티(UAM)가 더 빨리 상용화될 것으로 본다"라고 말했다는 정도다. 실제로도 현대차그룹 내부에서는 자율주행 상용화에 대해 상당히 보수적으로 접근하고 있다. 레벨 3 수준의 고속도로 자율주행(HDP) 기능은 당초 올해 제네시스 G90과 기아 EV9에 탑재될 예정이었지만 연식 변경 및 신차 출시 이후로도 구체적인 적용 시점을 언급하지 않고 있다.

테슬라처럼 기술 임팩트를 공격적으로 가져가서 팬덤도 쌓고, 브랜드 인지도를 끌어올리고자 하는 방향과는 대비된다. 현대차그룹은 자율주행차 양산 후에도 문제가 발생하지 않도록 최대한 신뢰성을 쌓는 데 집중하고 있는 것으로 보인다.

## 지시부진한 정책, 다른 나라는?

결국 상용화를 앞당기고 기술을 선도하기 위해서는 정책적인 지원과 관련 법령을 정비하는 게 필요한데, 우리나라는 아직 이와 관련한 의미 있는 움직임을 찾아보기 어렵다. 간담회, 시범운행 등 보이는 부분과 달리 내실은 그리 충실하지 못하다. 우리나라에서 자율주행이 속도감 있게 진행되지 못하는 이유다.

미국도 사정은 마찬가지다. 레벨 3 자율주행차 판매를 허용하면서도 세부 규정은 각 주(州) 정부에 맡겼다. 주법이 모두 다르다 보니 자동차 업체 입장에서는 혼란스러울 수밖에 없다. 가령 캘리포니아는 모든 자율주행차 운전자에게 책임을 부과하는 반면, 네바다는 차량 소유주가 아닐 경우 면제시키고 있다.

그나마 레벨 3 자율주행 정책이 안착한 나라는 독일과 일본뿐이다. 독일은 2017년 세계 최초로 레벨 4 완전 자율주행 관련 입법에 착수하는 등 관련 정책에서 단연 앞서있다. 우리나라와 달리 자율주행차의 일반도로 운행이 허가됐고, 지난해에는 의무보험제도 관련 법도 개정했다. 일본은 우리의 자동차관리법과 같은 '도로운송차량법'을 개정하고, 자동차 성능 안전기준에 '자동운행장치' 즉, 주행 보조 시스템과 자율주행 성능을 평가할 수 있는 안을 마련했다. 도로교통법 개정을 통해 레벨 3를 상용화 시켰고, 작동기록을 보존하도록 하는 주행기록장치 의무화도 명시했다. 레벨 4를 위한 연구도 착실히 진행되고 있다. 무인버스와 택시를 운행할 법적 근거를 마련했고, 토요타, BYD 등 주요 기업들과 함께 하네다, 나리타, 나고야공항에서 버스를 포함한 각종 지상조업 차량을 무인화하기 위한 연구를 이어왔다.

## 자율주행에 필요한 SW 인력도 태부족

자율주행을 위한 방대한 데이터를 처리하기 위해서는 관련 인력을 총원하는 것도 필수다. 자율주행은 기술적인 참신함과 별개로, 절대적인 데이터를 기반으로 한 확률 및 검증과의 싸움이기 때문이다. 예상치 못한 시나리오나 소프트웨어에서 발생할 수 있는 오류를 모두 제거해야 한다. 방대한 데이터에서 유효한 것을 끌어내고 이를 알고리즘에 적용하기 위한 많은 노력이 필요하다.

문제는 인력이다. 한국자동차연구원 분석에 따르면, 국내의 차량용 소프트웨어 인력은 1000여 명 미만인 반면 미국의 소프트웨어 관련 인력은 3만 명 이상으로 추정되고 있다. 이렇다 보니 내연기관 분야에서 국산화율 99%를 달성한 것과 달리 미래차 소프트웨어 국산화율은 40%에 미치지 못하는 것으로 알려졌다. 업계는 최소 1만 명



웨이모 출처: 오토헤럴드



소넷 출처: 자율주행자동차

가량의 인력이 확보되어야 할 것으로 보고 있다. 정부가 차량용 소프트웨어 인력 양성을 검토하고 있지만, 아직 이와 관련해 명확한 청사진도 나오지 않은 상황이다.

자동차만의 문제가 아니다. 소프트웨어 업계 전반의 인력난이 심각하다. 소프트웨어정책연구소 발표에 따르면, 향후 5년간 우리나라에 필요한 SW 인력은 35만 3000명 수준이지만, 이 기간 공급 예상 인력은 32만 4000명이다. 단순 숫자만으로도 연간 6,000여 명이 부족한 게 현실인 셈이다. 소프트웨어정책연구소(SPRI) 조사에 따르면, SW 전문 인력은 2017년 22만 6,000명에서 2019년 27만 명으로 연평균 9.2%가량 늘고 있지만, IT나 SW 외 타 산업, 즉 자동차 산업 등과 같은 곳에 종사하는 SW 전문 인력 수는 18만 9,000명에서 27만 명으로 연평균 19.5%씩 늘고 있다. 곳곳에서 SW 인력 수요가 폭증하고 있는데, 이는 앞으로 공급될 인력 수가 이를 받쳐주지 못하고 있다는 방증이다.

## 자율주행, 결국 시간의 문제일까?

자율주행에 대한 모든 조건이 갖춰졌다고 해도 '윤리의 벽을 넘어야 한다. 기계의 판단을 사람과 같은 수준으로 믿고, 맡기고, 책임지게 할 수 있느냐는 것이다. 이른바 '트롤리 딜레마'로 사고에 직면했을 때 운전자를 보호하고 10명의 보행자를 칠 것인지, 콘크리트 벽을 들이받아 운전자를 죽일 것인지를 시나리오가 주로 언급된다.

이때 인공지능이 어떻게 판단해야 할지를 정하는 주체는 누가 되어야 할까. 정부일까 자동차 업계의 자율일까? 아니면 운전자가 개별적으로 설정할 수 있도록 해야 할까? 우리는 아직 모르는 게 너무도 많다. 이렇다 보니 자율주행차에 대한 신뢰도는 여전히 정체되고 있다. 해외 조사 결과들을 봐도 대부분 국가에서 절반가량의 운

전자가 자율주행차를 믿지 못하고 있다. 미국자동차협회(AAA) 조사에서는 운전자 4명 중 3명이 자율주행차를 믿지 못한다는 조사까지 나왔다. 우리나라는 물론 레벨 3 자율주행차라도 제공되는 국가가 제한적이다. 결국 레벨 5, 완전한 자율주행은 불가능한 일일지도 모른다는 이야기가 나오는 이유다. 자율주행차가 아무런 문제 없이 세계 일주를 할 수 있다면, 그제야 많은 이들이 자율주행을 신뢰하지 않을까.

물론 시간이 해결할 문제일 수도 있다. 자율주행차가 어떤 성격을 갖췄고, 어떻게 움직인다는 이해가 생긴다면, 대다수가 자율주행차를 그대로 받아들일 것이기 때문이다.

에스컬레이터의 비상 스위치를 예로 들 수 있을 것 같다. 비상정지 버튼을 누르는 순간 에스컬레이터는 멈춰 선다. 한 명의 끼임 사고는 막을 수 있지만, 에스컬레이터에 서 있던 다른 사람들은 비상정지 충격에 넘어져 다칠 수도 있다. 그렇다고 에스컬레이터가 멈추는 속도를 낮추자니 끼인 사람이 심하게 다치거나 죽을지 모르는 일이다. 돌이켜보면 에스컬레이터가 정말 위험하지만, 이제는 많은 이들이 에스컬레이터에 익숙하다. 많은 사람들이 에스컬레이터가 급정지하면 위험하다는 걸 인지하고 있고, 제조사들과 운영 기관도 반드시 손잡이를 잡고 안전선 안에서 있을 것을 권고한다. 우리가 전기차 충전에 익숙해졌듯, 자율주행 기술에 대한 인식이 마련되기까지는 어느 정도의 시간이 걸릴까.

# 자율주행의 눈, 자율주행 인지센서 개발현황 및 향후 전망

## 자율주행의 눈, 인지센서의 개념

인지센서는 자율주행자동차가 안전하게 주행할수 있도록 도로환경, 차량/보행자, 차선/표지판/신호 등과 같은 다양한 형태의 동적/정적 객체 및 장애물을 식별한다. 사고발생위험도 및 안전한 주행경로 생성이 가능하도록 사람의 눈과 같은 역할을 하는 센서로, 카메라/라이다/레이더/초음파 센서 등의 부품/시스템이 이에 해당한다.

자율주행기술의 최종목표는 인간이 운전하는 것 보다 높은 주행 안전도 및 신뢰도 확보를 통한 안전한 이동을 목표로 다양한 형태의 인지센서들이 개발 및 적용되고 있으며 현재 자율주행 자동차에 활용되는 센서는 [그림]과 같이 카메라, 레이더, 라이다, 초음파센서 등이 적용되고 있다.

(카메라센서) 카메라는 주변 환경을 촬영하여 이미지로 출력하는 센서이다. 가격이 다른 센서들에 비해 저렴하며 딥러닝 기술을 활용한 객체, 차선, 신호 등 인식 등의 다양한 정보를 제공할 수 있고, 높은 해상도로 주변을 세밀하게 구분할 수 있다는 특징이 있다.

하지만 정확한 거리 정보를 알기 어려워 감지된 물체의 위치를 파악하기 힘들고 이를 보정하는 추가적인 작업이 소요된다. 그리고 주변 환경의 밝기나 색상에 크게 영향을 받아 악천후, 그림자, 야간 등의 시정이 좋지 않은 상황에서 시야 및 작동이 제한될 수 있다는 단점이 있다.

(레이더센서) 레이더는 전자기파를 이용해 주변 환경을 탐지하는 기술로서 물체의 거리, 속도, 상대적 각도 등을 측정하는데 높은 성능을 보인다. 그리고 안개, 눈, 비 등과 같은 날씨 조건에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다.

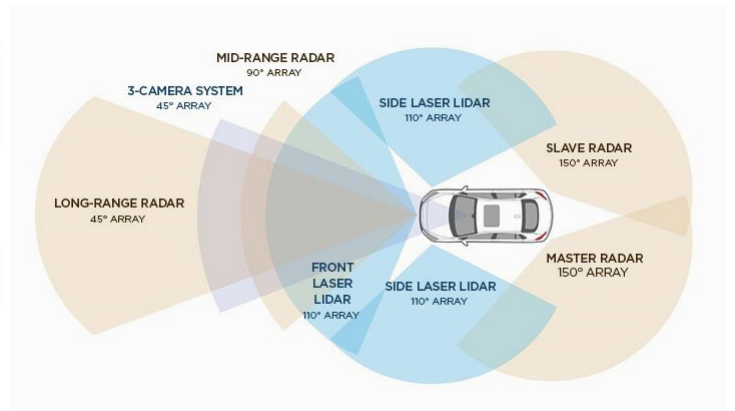


노형주  
한국자동차연구원  
반도체-센서기술부문 실장

[그림 1] 자율주행 인지센서 유형 및 적용기술



출처: 한국자동차연구원

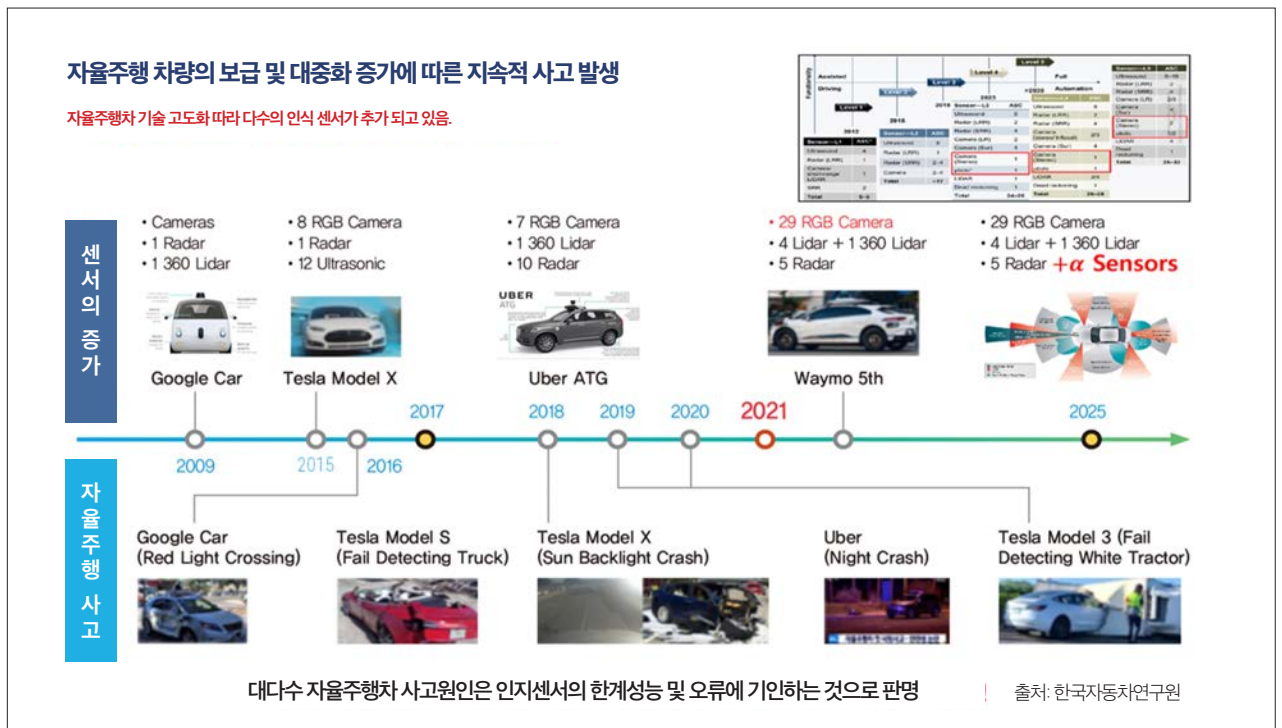


그러나 레이더에 사용되는 파장(Radio Frequency)은 작은 물체를 감지하거나 물체의 형태나 속성을 파악하는 데 제한이 있어, 다른 차량이나 벽, 건물 등과 같은 장애물을 구분하는 데 어려움이 있고 이에 따라 복잡한 주행 환경을 정확하게 인식하는 데 한계가 있다. 따라서 레이더는 정확도를 높이기 위해 자율주행 차량에서 단독으로 사용되기 보다는 다른 센서와 함께 사용이 필요하다. (레이다센서)레이다는 레이저를 이용해 주변 환경의 거리, 방향, 위

치 등을 측정하는 센서로 초당 수백만 회 이상의 레이저를 방출하여 주변 환경을 빠르게 스캔하여 높은 해상도와 매우 정확한 거리 측정 능력을 갖추고 있다.

이를 통해 라이다는 실시간으로 주행 경로를 계산하고 조정하는데 매우 유용하며, 라이다를 탑재한 자율주행 차량이 복잡한 환경에 노출되어도 주변 환경을 빠르고 정확하게 인식할 수 있다는 특징이 있다.

[그림 2] 자율주행 기술고도화에도 불구하고 인지센서 한계성능으로 인한 안전사고 증가



[ 그림 3 ] 자율주행 인지센서 유형 및 적용기술



출처: 한국자동차연구원

## 배경 및 필요성

(자율주행사고 증가) 다양한 센서를 장착한 자율주행차량이 개발되어 운행되면서 다양한 자율주행차량에 의한 사고가 발생하고 있으며, 특히 주변 환경을 인식하는 센서의 주변 환경 변화에 따른 미인식 및 오인식에 의한 다양한 인명사고가 발생하고 있다.

\* 2011년 처음으로 미국 Nevada 주에서 자율주행차 관련법을 제정한 이후로 자율주행차의 사고 보고도가 증가하여 일반인의 불안감 증대

\* 테슬라(美) 모델S가 자율주행 충돌(16) 및 모델X 고속도로 자율주행 사고(18)

테슬라 안전보고서(2022)에 따르면 AutoPilot 자율주행 차는 431만 마일당 1건, 인간 운전차량은 140만 마일당 1건의 사고가 발생한 것으로 파악되어 자율주행기능 탑재의 필요성을 보여주고 있지만 미국 도로교통안전국(NHTSA)에서 테슬라 AutoPilot, 자율주행 소프트웨어(FSD) 탑재 충돌사고차량에 대한 전수조사 및 관련자료 제출을 요청하는 등 자율주행기술의 불완전성에 대한 우려 역시 커지고 있다.

이를 해결하기 위해서 인간 동등 수준 또는 그 이상의 인지센서의 성능확보가 필요하나, 아직 기존 가시객체 검출이 가능한 인지센서 만으로는 인간 수준의 인지능력을 확보하지 못하고 있어 Lv4

이상의 완전자율주행 구현 및 보급이 상당 기간 늦춰질 것으로 예상되고 있다.

(센서 한계성능) 현재 상용화된 카메라, 레이더, 라이다의 경우 차량에 장착되는 위치 및 운행조건, 날씨/주변환경 등 외부환경 요인에 의해 센서의 검출 및 인식 성능에 명확한 한계가 존재하며 현재까지 발생된 자율주행차량의 주된 사고원인이 이러한 인지센서의 오인식/미인식 등에 의한 오동작에 기인하고 있는 것으로 판명되고 있다.

\* 야간, 강우, 강설, 안개 등 악천후 기상조건에 대해 각 인지센서 별 검출 및 대응 성능이 상이하며 명확한 한계성능이 존재함

\* 자율주행서비스기술이 우버 및 구글과 같이 전통적인 완성차업체가 아닌 IT 기업 중심으로 개발되면서 센서 및 제어기에 대한 안전설계부족, 단위부품 및 시스템에 대한 검증 부족 등으로 인한 다수의 인명사고 발생으로 인해 자율주행 기술에 대한 불안감 증폭 및 신뢰도가 저하 되는 등 다양한 문제 발생

이러한 문제점 해결을 위해 카메라, 레이더, 라이다, 초음파센서 등 기존 가시객체 검출센서의 성능고도화 및 한계성능 극복을 위한 다양한 시도들이 이뤄지고 있다.이와 더불어 블랙아이스, 강우시 노면정보 및 포트홀 식별, 보행자 진위정보 식별 등 비가시위협 및 비가시 객체 검출이 가능한 새로운 형태의 인지센서 기술개발이 가속화되고 있다.

[ 그림 4 ] 자율주행차량용 카메라/레이다/라이다 성능고도화 및 개발전략



출처: Next generation Perception Sensors for Autonomous Driving In North America & Europ,Forecast to 2030, Frorst& Sullivan, June 2020

### 산업 및 기술동향

기존 가시객체 검출이 가능한 인지센서는 흑한의 날씨에 대한 한계 성능확보, 고해상도, 높은데이터 생산성 확보, 3D 공간분해능 확보를 통해 객체에 대한 검출 및 인식성능을 고도화 하는 방향으로 개발이 가속화되고 있다.

카메라는 8M이상의 고해상도화, 140dB이상의 HDR성능확보, 열 영상카메라 적용 등을 통한 야간 객체 검출성능 확보, 전방/측방/후방 등 360도 풀커버리지가 가능한 카메라 모듈 기술 고도화 등이 빠르게 이뤄지고 있다.

아울러 전통적인 객체 검출 방식뿐만 아니라 딥러닝 기반 통합 다중스케일기반 학습을 통해서 인식 예측 성능 및 신뢰도가 급격히 발전 중이며, 열화상 기능 등을 통해서 먼지나 연기로 사람이 카메라 이미지에서 숨겨져도 감지할 수 있는 기능이 추가 개발 중에 있다.

라이다의 경우 다양한 실리콘 기반 센서 기술을 통해 차량 장착성이 용이하고 대규모 양산화가 가능한 소형화된 Mems Lidar 및 Solid-State 방식의 Non-Scanning Lidar 등 다양한 형태로 개발이 진행되고 있으며, 특히 7백만 포인트 이상의 고해상도와 같은 데이터 생산성 향상을 기반으로 객체검출 및 분류성능 고도화, 비정형

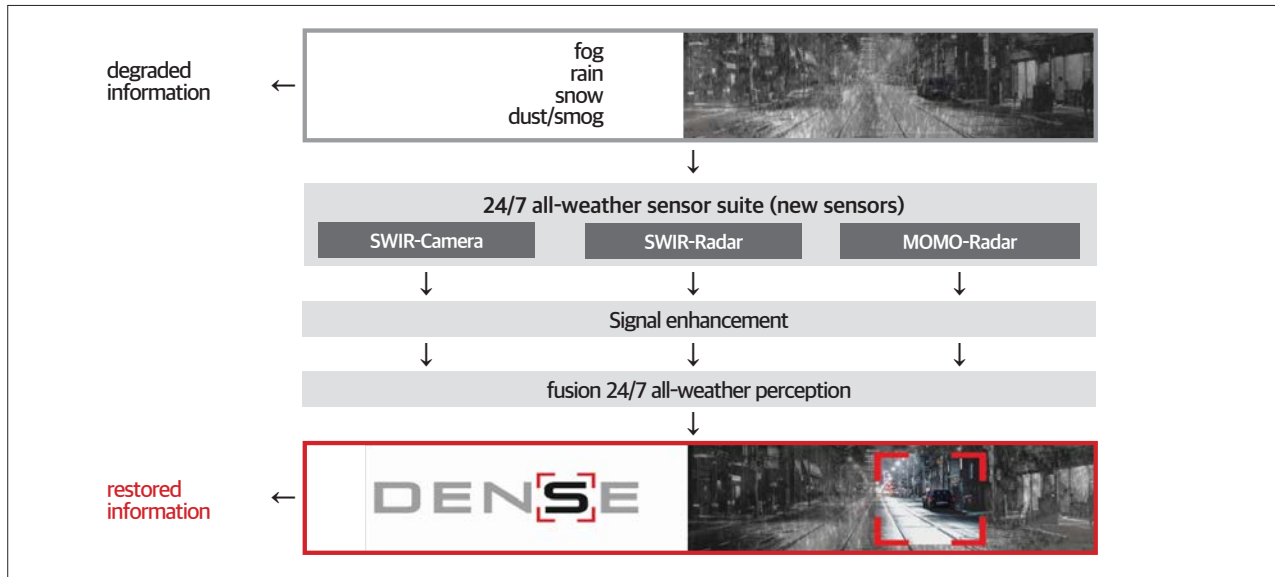
[ 그림 5 ] 자율주행 주요 인지센서별 주요 성능지표 및 특징점 비교, IDTechEX, 2023

Autonomous driving sensor comparison				
Features	USS	Camera	Radar	Lidar
Type	Active	Passive	Active	Active
Frequency	200kHz	400-800THz	100GHz	100,000 GHz
Form factor	Small	Medium	Small-Medium	Medium-large
Detection range	Short	Medium-long	Short, medium, long	Short, medium, long
Object distance	No	No	Yes	Yes
Distance accuracy	Medium	Low for stereo	Low	High
Velocity accuracy	Poor	Poor	Very high	Medium, or high(for FMCW)
Field of view	Mid or 360'	Small(typical)	Medium	Medium
Object interpretation	Low	High	Low	Low-Medium
Angular resolution	No	High	Medium	High
3D object shape	Poor	Good if 3D	Poor	Good
Color recognition	No	Yes	No	No
Robust to weather	High	Low	high	Medium
Robust to low light	High	Low	high	High
Robust to high illumination	High	Low	high	Medium
Solution maturity	High	high	high	Low, to Medium(for flash)
Pros	Closest distance, valuable	colour, classification, passive detection	integration, weather/light robustness	High resolution
cons	Range, accuracy	weather/light robustness, poor depth estimation, passive detection	Angular resolution, identification	Price, Weather, robust, integration, inadequate in object recognition
Price today	\$ 2-5+ECU	\$ 35-60 \$ 100-250(Satellite)	\$ 35-250	\$ 250+

Copyright © IDTechEx. Use in accordance with distribution licence

출처: Next generation Perception Sensors for Autonomous Driving In North America & Europ,Forecast to 2030, Frorst& Sullivan, June 2020

[ 그림 6 ] 악의 조건 극복을 위한 유럽의 DENSE 프로젝트



객체 인식성능 확보가 가능한 형태로 고성능화가 이뤄지고 있다.

레이더의 경우 3D 공간분해능 확보가 가능한 4D이미징레이더로 개발이 진행되고 있으며 이를 통해 기존 레이더의 한계성이었던 객체분류, 객체인식, 보행자 및 동물 인식성능 확보가 가능한 형태로 고도화가 진행 중이다.

아울러 소형화 및 저가화를 통해 초음파 센서를 대신하여 고성능 자동주차 센서로도 개발 중이며, 다양한 거리의 검출이 가능한 레이더 개발 및 양산화가 이뤄지고 있다.

### 차세대 인지센서 개발동향 및 개발 주안점

악의 주행조건 상황을 해결하기 위해 유럽에서는 '18년부터 DENSE(aDverse wEather eNvironmental Sensing systEm) 프로젝트를 시작하였으며, 해당 악의조건을 극복하는 것이 가능한 SWIR 계열의 다양한 비가시 객체 검출 카메라, SWIR-Lidar 및 MIMO-레이더 등을 개발하고 있다.

(SWIR 카메라) 기존 카메라 기반 센서와 다르게 악의 조건을 극복하기 위한 SWIR 기반의 카메라는 900nm~2,500nm 대역의 파장을 사용하여 일반 가시광선 카메라 (450nm~950nm)로는 확인할 수 없는 수많은 정보를 습득하는 것이 가능하여 안개 상황 등의 비가시 환경에서 우수한 투과력을 기반으로 비가시 식별 성능을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다.

(열영상 카메라) 안개·비·먼지·연무 등 시정거리 확보가 어려운 주행조건하에서 LWIR (8~14um)파장 대역의 에너지 투과율이 가시광 영역대보다 우수하여 야간,안개, 연무 및 차량, 보행자, 동물 등 동적객체 인식성능이 매우 뛰어난 장점을 가지고 있다. 고레벨 자율주행을 위해서 다양한 환경 조건 및 악의 상황을 해결할 수 있는 기술 및 자율주행차량의 다양한 주행 및 장착성 조건을 고려한 센서 및 인식기술 개발이 필요하다.

(인지예측기술 향상) 현재의 상황 인식기술에서 벗어나, 앞으로의 상황을 예측할 수 있는 기술로 진화가 필요하며 자율주행 차량은 일반도로뿐만 아니라 혼잡한 교통상황 및 골목길과 같은 돌발상황이 빈번히 발생가능한 주행공간 내에서도 충분한 인식성능 확보가 매우 중요하다.

(차세대 인지센서 개발 중요) 레벨 4이상 완전자율주행 구현을 위해서는 현재 차량에 장착된 가시객체 검출 외 블랙아이스, 눈, 포트홀, 강우시 노면표식과 같은 비가시 위협객체 검출, 표면재질 인식을 통한 보행자 진위 식별, ToF 라이다의 한계성능인 안개/연무 등에 의해 가려진 객체 검출 등이 가능한 새로운 유형의 차세대 인지센서 개발 및 지원을 통해 자율주행 신뢰도 및 국가 산업경쟁력 확보가 중요하다.

\* 3D 의미추론 카메라: 다중분광(Multispectral)과 능동적 거리센싱(Active Depth Sensing)을 이용하여 대상 객체의 표면 재질 및 상태 정보 기반의 비가시위협 객체(Non-Visible Threat Object) 식별이 가능하여 검출 대상체의 주요 구성성분(피부, 면, 얼음, 물, 블랙아이스, 금속 등) 인식 등이 가능



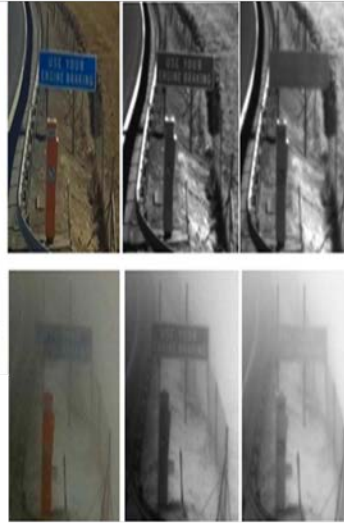
[그림 7] All-Weather vision for automotive safety: which Spectral band, Valeo



[Example of images recorded in the fog tunnel with the four different Cameras]

Camera	Fog density for pedestrian detection
Visible RGB	Moderate (visibility range = 47 ± 10m)
Extended NIR	High (visibility range = 28 ± 7m)
Extended SWIR	High (visibility range = 25 ± 3m)
LWIR	Extreme (visibility range = 15 ± 4m)

[Fog thickness for pedestrian detection at 25m with the different cameras]



VIS NIR SWIR

ADAS FUNCTION	CameraSpectral band Day fog, using headlights			
	VIS	NIR	SWIR	LWIR
Pedestrian, Bicycles, Animals, detection	◆	◆◆	◆◆	◆◆◆◆
Vehicle shape recognition	◆	◆◆	◆◆	◆◆
Traffic signs recognition	◆	◆◆	·	··
Road marking detection	◆	◆◆	◆◆	·

Comparison of performances of ADAS functions using VIS, NIR, SWIR, LWIR Cameras, Day fog & headlights

[그림 8] ISO34502 정의 ODD 및 OEDR 조건별 인식대상 및 인식가능 센서유형 정의

OEDR List	OEDR 내용	인식가능	Mono	Stereo	LiDAR	Radar	V2X	Senso
Speed Limit changes	속도제한/변화	정지표지판(Stop Sign)/ 양보 표지판(Yield Sign) 속도제한 표지판(Speed Limit Sign)/ 횡단보도 표지판(Crosswalk sign) 철길건널목 표지판(Railroad crossing)/스쿨존 표지판(School Zone)/공사구간 표지판(Work Zone Sign)	○	○			○	○
Encroaching, Oncoming Vehicles	근접 및 대향차량	근접 중 또는 대향 주행 중인 자동차, 이륜차 (Opposing/Adjacent vehicle encroaching)	○	○	○	○	△	○
Vehicle Following	전방차량	감속 중인 전방 차량, 이륜차 (Lead vehicle decelerating/stopped/accelerations/turning)	○	○	○	○	△	○
Relevant Stopped Vehicles	정차차량	주차 차량(lead vehicle parking)	○	○	○	○	△	○
Relevant Lane Changes/Cut-ins	차로 변경 및 컷인차량	차로변경 차량(Vehicle changing lanes) 컷인 차량(Vehicle changing lanes)	○	○	○	○	△	○
Relevant Static Obstacles in Lane	차로 내 정적객체	낙하물(Debris static in lane)		○	○	○		○
Dynamic Object in Lane	차로 내 동적객체	동적 객체(Dynamic object in lane/moving into/out of lane)		○	○	○		○
Work Zones	공사구간	교통콘(Traffic cone)	○	○	○			○
Relevant Safety Officials	안전관리	교통 수신호(Other Traffic Control devices)	○	○				○
Relevant Access Restriction	접근 제한	접근제한 표지판(Stop/Turn/Change lane) /주행차로 및 공원 진출입	○	○			○	○
Relevant Dynamic Traffic Signs	동적 교통 표시	신호등(Intersection signals)/철길건널목 신호(Railroad crossing sign) 스쿨존 신호(School zone signals)	○	○			○	○
Relevant School Buses	스쿨버스	스쿨버스(School bus stopped in lane/in adjacent lane/ in opposing/undivided lane)	○	○			△	○
Relevant Emergency Vehicles	긴급 차량	경찰차, 구급차, 소방차 등(Emergency vehicle static/passing/encroaching/ driving wrong direction/violating precedence;교통위반)	○	○			△	○
Relevant Pedestrians	보행자	보행자(Pedestrians crossing road-inside or outside)	○	○	○	○		○
Relevant Pedalcyclists	자전거	자전거, 킥보드(Pedalcyclist riding in lane/in adjacent lane/ in dedicated lane/crossing road)	○	○	○	○		○
Relevant Animals	동물	차로 내 동물(Animals static in lane), 차로 진출입 동물(Animals moving into/out of lane)	○	○	○	○		○
Relevant Vehicle Cut-out/Reveal	컷아웃 및 출현차량	컷아웃 차량(Vehicle cutting out)	○	○	○	○	△	○
Relevant Roadway Entry	도로 진출입 차량	도로 진출입 차량(Vehicle entering roadway)	○	○	○	○	△	○
ODD Boundary Transition	ODD 영역 변화	철도 건널목(Railroad crossing)/스쿨존(School zone)					△	○

기타필수 Detection List	인식내용	인식대상	Mono	Stereo	LiDAR	Radar	V2X	Senso
노면 표시	차로정보	자차선 정보/다차선 정보/횡단보도/정지선/평행선	○	○			△	○
도로 환경	도로 환경 검출	노면상태(dry, wet, snow, icy)/노면종류(asphalt, off-road, flat, bumpy)	○	○			△	○
주행가능 공간	주행가능 영역	도로 경계(Road boundary)/주행가능 영역(Free space)		○	○		△	○
주행 환경	주행 환경 정보	날씨환경(Clean/wet/snow)/교통류(원활, 혼잡)	○	○			△	○
오염물질	오염 물질	카메라 오염물질(눈, 낙엽, 물자국 등)	○	○				○

\* 4D 주파수변조방식이다: 4D(3D+속도) 센싱을 통한 사물 인식, 공간 위치 인식, 위험 상황 감지 등 자율주행을 가능하게 하는 주파수변조방식(FMCW, Frequency Modulation Continuous Wave)을 적용하여 기존 ToF 방식 라이더의 한계성능인 안개/연무 등에 의해 가려진 객체 인식 가능

\* 메타물질 다각도 편광카메라: 4in1 타입 다각도 편광기능을 이용하여 픽셀 단위로 여러 각도에서 일어나는 반사와 섬광을 감소시켜, 야간 강우시 수막 현상에 의해 보이지 않는 노면표시 및 포트홀, 역광/반사광으로 인해 소실되는 정보, 투명한 물체 등 비가시 위협객체 검출 및 인식 가능

(인공지능 인식SW 신뢰성 확보 중요) Lv4 자율주행은 인공지능 기반의 다양한 객체속성과 주행 및 판단의도 기술개발 등이 매우 보편화 될 것으로 보이며 이를 위해 동적인 장애물의 경우 회피, 정차 또는 돌발상황 등을 판단하기 위해 3차원 위치, 크기, 진행방향, 장애물의 종류(차량, 보행자, 동물 등)와 주변 장애물의 속성 파악이 가능해야 하며 아울러 인공지능SW의 단순오류 외에도 외부의 물리적 공격 및 적대적 노이즈 패턴 등 외부환경요인 등에 의한 오류 대응성능 확보 등이 매우 중요하다.

## 자율주행 인지센서 성능검증 표준화 현황

ISO TC22 SC33 WG9(테스트 시나리오)에서는 시나리오기반 자율주행 시스템 평가 표준 프로세스를 개발하기 위해 실제 주행 및 사고 데이터 분석을 기반으로 차량, 운전자, 주행 환경 등의 제반 요소를 고려하여 다양한 레벨의 자율 주행차의 성능 평가를 위한 테스트 시나리오를 자동적으로 생성하고 시험을 수행하여 그 결과

를 저장하고 공유하여 운용할 수 있는 국제표준 제정을 진행하고 있다.

\* ISO/WD 34501: 자율주행 3단계 이상의 시스템에 적용 가능한 테스트 시나리오에 대한 용어 및 정의를 규정, ODD 연계 예측 가능한(Foreseeable)/예방할 수 있는(Preventable) 시나리오 사이의 관계 정의, 시나리오와 실제 환경변수의 구제화 정도에 따라 기능적, 논리적, 구체적 시나리오로 구분하여 정의하고 있음

\* ISO/WD 34502: 자율주행 시스템 테스트 시나리오를 위한 가이드라인 및 엔지니어링 프레임워크와 시나리오 기반 안전평가 프로세스를 규정하는 것이 목적이다. 본 표준안은 아직 예비단계이지만 일본에서 진행되고 있는 시나리오 기반 안전평가 프로세스(JAMA Framework Ver3.0) 개념을 소개하는 자료를 기반으로 표준안이 개발되고 있음

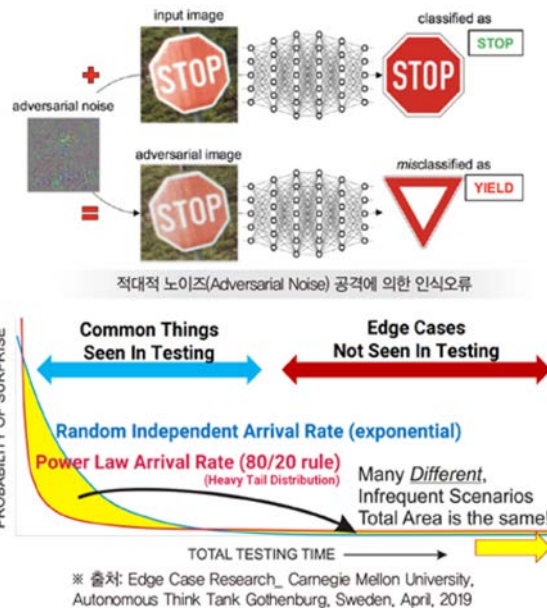
\* ISO/WD 34503: 본 표준안에서는 ODD 정의 포맷, ODD 속성 간의 관계 표현법, 조건적 속성값에 대한 표현법 등을 규정하고 있음

\* ISO/WD 34504: 본 표준안에서는 하나의 완성된 테스트 시나리오를 구성하기 위해 필요한 정보를 전달하기 위해 시나리오 속성 및 분류와 관련된 내용을 정의하고 있으며 현재는 ASAM 표준인 OpenX format을 이용하여 진행되고 있음

또한 Lv4 이상의 자율주행을 위해서 다양한 ODD(operational design domain) 상황에서의 대응성능 확보 및 조도/날씨/계절적 환경 변화 등 악의 주행 조건에서도 강건하게 작동할 수 있는 센서가 요구되고 있다.

이러한 센서의 기능을 평가하기 위해서 악의 조건에서 자율주행을 위한 인식 및 제어가 정확히 되는지에 대한 성능검증을 목표로 표준 시나리오가 제정되고 있다. (참고: JAMA 자율주행차량 테스트 프레임워크\_Automated\_Driving\_Safety\_Evaluation\_Framework\_Ver3.0)

[그림 9] 인공지능 인식취약조건 및 인식오류 대표 사례



## 맺음말

불과 2~3년전만 해도 완전자율주행의 상용화가 목전에 다가온 것과 같은 착시가 있었지만 자율주행기능을 탑재한 차량의 본격적인 보급, MaaS(Mobility as a Service) 시장의 급성장과 그로 인해 급증한 자율주행서비스 시범운행 등에 따른 인명사고 발생 등 자율주행에 대한 불안전성과 문제점이 대두되고 있다.

따라서 이러한 자율주행자동차의 주행안전도 향상 및 신뢰도 확보를 위해서는 기존 인지센서의 성능고도화뿐만이 아니라 한계성능 극복 및 전천후 활용이 가능한 새로운 형태의 인지센서분야에 대한 과감한 투자 및 신사업 발굴 등 개발지원을 통해 국내 기업의 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 산업생태계 조성이 이뤄질 수 있을 것 기대한다.

[그림 10] 자율주행 평가 및 검증관련 국제표준 진행 현황

국제기준 및 표준화기구		관련 표준화 추진 현황		
인지센서	ISO TC22 SC31 WG9 (자율주행을 위한 센서 인터페이스)	• ISO 23150 센서 인터페이스(2023.05, 제정완료, IS****단계)		
	ISO TC22 SC32 (전기전자 부품 및 시스템)	• ISO 26262 기능안전 • ISO/PAS 21448 의도된 기능에 관한 안전 • ISO 13228 차량용 라이다 성능 시험방법(PWI**단계) • ISO 13389 차량용 레이더 성능 시험방법 (PWI단계)		
	ISO TC04 WG 14 (차량 경고 및 제어 시스템)	• IEEE P2020 차량 시스템 이미지 품질평가		
인지예측 융합 부품 및 시스템	ISO TC04 WG 14 (차량 경고 및 제어 시스템)	Lv.2 AD 시스템 ISO 11270 ISO 15622 ISO 15623 ISO 17361 ADAS 시스템	Lv.3 AD 시스템 ISO 23792	Lv.4 AD 시스템 ISO 23374 ISO 22737
Lv.4 자율주행 테스트	UN ECE WP.29 GRVA VMAD (자율차 평가검증)	Lv.3 이상 자율주행기능에 대한 새로운 평가 및 검증을 위한 국제 기준 및 가이드라인 제정 중(2023.01 GRVA-15-26e Track Changes)		
	ISO TC22 SC33 WG9 (자율주행시스템 테스트 시나리오)	• ISO 34502 테스트 시나리오 기반 안전평가의 엔지니어링 프레임워크 및 프로세스 (2022.11, 제정완료, IS****단계) • ISO 34503 테스트 시나리오 ODD 분류체계 (2023. 05, 제정 진행 중, IS****단계) • ISO 34504 테스트 시나리오 속성 및 분류(DIS*** 단계) • ISO 34505 테스트 시나리오 평가(AWI****단계)		

\*\* PWI(Preliminary Work Item)    \*\*\*DIS(Draft international Standard)    \*\*\*\*AWI(Approved Work Item)    \*\*\*\*\*IS(International Standard)

[그림 11] 센서단품 성능평가관련 국제표준 및 표준진행 현황

카메라	라이다	레이더
IEEE P2020 Standard for automotive system image quality(2016.12)	ISO 13228 Road vehicle - Test method for automotive lidar(202.09)	IEEE P31116 Standard for automotive RADAR performance & testing method(2021.09)

SG #0: IQ requirement/specification Std.  
SG #1: LED Flicker Std  
SG #2: IQ for Viewing Std  
SG #3: IQ for Computer Vision Std  
SG #4: Camera Subsystem Interface Std.  
SG #5: IQ Safety Std  
SG #6: Customer perception of IQ Std

SG #0: Scope of Lidar type installed in vehi  
SG #1: The definition of "Road Vehicles"  
SG #2: The common performance specs  
SG #3: Performance variation caused by Envi-Condition  
SG #4: The union od both ADAS/AD scenarios  
※ ISO TC22 SC32 AGH1 - PWI 13228 Road vehicles -Test. method for automotive lidar(라이다 유형, 적용차량 형태, 라이다 성능, Test methods 등에 대한 Scope 정의 중, 2022.09-)  
※ IEEE P2936 - Standard for test methods of automotive LIDAR performance(2020.09)

SG #0: Static performance metrics  
SG #1: Dynamic or Scenario-dependent features  
SG #2: Radar Testing methods  
SG #3: Radar interference mitigation methods  
※ ISO TC22 SC32 AGH1 - PWI 13389 Test. method of detection performance of millimeter-wave radar(레이더 평가항목, 평가시나리오, Test methods 등에 대한 Scope 정의 중, 2022.11)  
※ SG: Subgroup/Sp.scope

구분	기본성능	인식성능	제어성능	인식취약성
카메라	선명도(MTF), 다이나믹레인지(HDR) 등 12개 항목	객체종류, 객체ID 등 10개 항목	객체상태, 헤딩각, 곡률 등 6개 항목	Adversarial Noise, Edgecase
라이다	Point Cloud, Density, Angular reresolution 등 14개 항목	객체종류, 객체ID 등 14개 항목	객체상태, 상대속도, 객체인지유지 시간 등 6개 항목	interference
레이더	azimuth coerage, detection range accuracy 등 13개 항목	-	객체상태, 상대속도 등 5개 항목	interference

# 황도연

오비고 대표

# 미래차 트랜스포머 SDV 글로벌 TOP3 SW 플랫폼 도전하는 오비고



## SDV, 자동차 산업의 새로운 시대를 예고

최근 자동차 산업에서 중요한 화두는 단연 소프트웨어 중심 자동차(SDV, Software Defined Vehicle)이다. 사전적으로 SDV는 소프트웨어(SW)로 하드웨어(HW)를 제어하고 관리하는 자동차를 의미한다. 지금까지 자동차는 하드웨어 관점에서 신뢰할 수 있는 부품 공급망을 갖추고 조립 과정을 통해 우수한 품질의 자동차를 만들어 내는 것으로 충분했지만 SDV는 새로운 시대를 암시한다. 전통적인 자동차 산업의 완성차 기업, 부품사, 그리고 소비자패턴까지 새로운 변화를 예고하며 앞으로 자동차 산업에서 핵심 경쟁력의 변화, 새로운 부가가치가 어떻게 변화할지 상징적으로 보여준다.

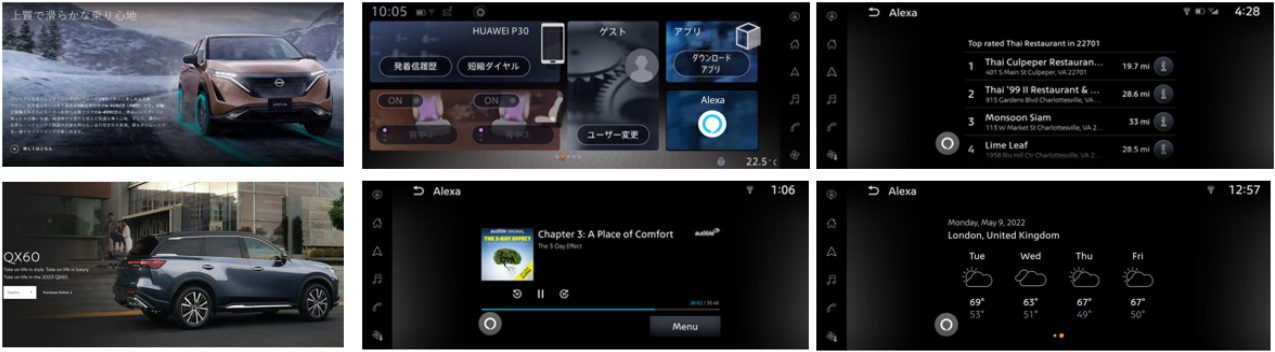
우리 자동차 산업 역시 글로벌 최고 수준인 하드웨어 기술을 앞으로 소프트웨어와 접목하여 새로운 경쟁력을 갖추어야만 전장 부품과 자율주행, SW플랫폼 등 새로운 비즈니스 기회를 만들 수 있기에 차량용 SW 플랫폼 전문기업인 오비고와의 만남은 특별하다. 올해로 창업 20주년을 맞은 소프트웨어 전문기업 오비고만의 생생한 스토리를 황도연 대표를 통해 담아봤다.

## 창업 20주년을 맞은 소프트웨어 전문기업 오비고

소프트웨어 시장에서 20년 동안 새로운 시장을 찾고 시장의 요구에 맞는 기술력을 갖추기란 쉽지 않다. 오비고는 임베디드 소프트웨어 기업으로 출발해 다양한 산업에서 소프트웨어 시장을 개척해 왔다.

“지금의 오비고는 모빌리티 소프트웨어 플랫폼 회사지 2003년 저희 시작은 휴대폰용 브라우저 개발 회사로 출발했고 기술력을 바탕으로 휴대폰에서 자동차로 사업영역을 넓혀왔습니다. 저는 삼성전자에서 10년 넘게 기술 기획 업무를 경험했고 또 에릭슨이나 외국계 기업에서 또 기술 영업과 기술 사업을 했는데 오비고에서 20년을 돌아보면 벤처기업, 특히 기술 스타트업에서 기술 기획과 기술 영업이 가장 필요한 능력이었다는 것 같습니다”

창업 후 오비고는 휴대폰용 브라우저 시장에서 삼성, LG, 모토로라, 에릭슨 등 휴대폰 업계의 글로벌 기업들을 고객사로 유치하며 글로벌 휴대폰 브라우저 시장의 약 20%를 점유하는 글로벌 3위 업체로 성장했다.



## 휴대폰은 시작일 뿐 모든 디바이스에 네트워크시대 올 것

단기간에 휴대폰용 브라우저 시장에서 성과를 낸 오비고는 새로운 시장으로 눈을 돌렸다.

“모바일 시장 경험을 통해 저는 앞으로 휴대폰 산업에서 발생한 변화, 곧 네트워크를 기반으로 한 서비스가 다른 디바이스 분야로 확장할 것으로 예상했고 그 과정에서 새로운 기회를 만들 수 있다고 판단했습니다. 특히 사람들이 머무는 공간인 가정에서의 TV 산업, 그리고 주요 이동수단인 자동차 산업에서 네트워크 기반의 서비스가 확대될 것으로 보고 확대한 것이 현재 오비고가 차량용 소프트웨어 플랫폼 회사가 된 계기가 되었습니다.”

출발은 2009년 차량용 인터넷 브라우저 국책과제로 오비고는 이 과제의 결과물을 활용해 20여 종의 현대기아차에 브라우저를 탑재하며 가능성을 입증했다. 2009년 당시 휴대폰 시장조차 아직 스마트폰과 피쳐폰이 공존하던 시기 자동차 산업에서 필요한 소프트웨어는 내비게이션이면 충분한 시절로 완성차 기업에서 특별한 관심을 가질 이유가 없어 보인다. 스타트업인 오비고가 대기업을 상대로 어떻게 시장성을 입증하며 개척했을까?

“차량용 브라우저 시장을 예상하고 개발했지만 비즈니스 상황은 어려웠습니다. 자동차 시장에서 브라우저 수요를 찾아야 하는데 저희는 자동차 시장에서 New-comer로 비즈니스 인프라가 전혀 없는 상태였죠. 국내 완성차 기업을 만나기는 어려웠고 컨설팅 업체를 통해 해외 시장에서 먼저 영업을 시작했습니다. 그렇게 처음으로 저희 고객이 된 완성차 기업이 바로 BMW로 글로벌 부품사인 컨티넨탈을 통해 브라우저를 기반으로 화면이 보이는 UI를 개발해 공급하게 되었습니다.”

해외 영업을 통해 성과를 만든 오비고는 현재 전 세계 주요 완성차 기업은 물론이고 대다수의 글로벌 Tier 1 기업들과 협력 관계를 맺고 있다. 국내 레퍼런스를 쌓고 이를 바탕으로 해외 시장에 진출하는

것이 순서라면 오비고는 달랐다. 수요를 찾아 눈높이를 높여 글로벌 시장부터 공략한 것이 시장 개척에 성과를 갈랐다.

## 소프트웨어 기업 국제 표준화를 따라가지 말고 선도해야

오비고는 해외 영업을 위해 남다른 방식으로 시장 공략을 병행했다. 휴대폰 임베디드 소프트웨어 기업으로 전문성을 갖고 있다고 해도 자동차 시장은 다르다. 까다로운 완성차 기업의 요구 조건과 높은 품질기준 등 쉽지 않은 난관들을 극복한 오비고만의 노하우는 무엇일까?

“소프트웨어 산업에서 규모의 시장을 만들고 유리한 경쟁력을 갖추려면 처음부터 글로벌 시장에서 성공할 수 있는 기술력을 확보해야 하는데 해당 산업 분야의 국제 표준화에 기업이 보유한 기술을 가이드라인이 되도록 도전하는 것이 효과적인 전략이 될 수 있습니다. 국내 기업들이 표준화의 가치를 정확히 보고 있지 못한 것 같습니다. 단순히 국제 표준화 관련 행사나 세미나에 참석하고 글로벌 동향을 파악하는 수준에서는 경쟁력 확보와는 멀어지고 후발주자로 뒤처지게 됩니다. 오히려 자사 기술을 기반으로 표준화에 대한 스펙을 만들고 표준화의 가이드라인으로 인정받도록 적극적으로 노력해야 합니다.”

항도연 대표와 오비고는 핸드폰용 브라우저 시장에서도 표준화 과정에 참여해 표준화 중에서 가장 큰 W3C(인터넷 표준화)에도 컨트리뷰터로 등록되어 있다. 자동차산업에 진출하면서도 마찬가지였다.

“핸드폰 브라우저 시장보다 더 적극적으로 노력했습니다. 저희 최초 고객인 BMW와 랜드로버 등 글로벌 완성차 기업과 함께 제니비(GENIVI) 브라우저 및 차량용 기기 접속규격 표준화를 정하는 네트워크 전문가그룹으로 활동했고 2012년에는 국내 기업 최초로 글로벌 차량표준화 기구 제니비로부터 최우수 공로상을 수상하게 되었습니다. 표준화를 통해 저희 기술력에 대한 신뢰를 쌓고 기업 인지도 역시 높이는 좋은 계기가 된 것은 분명합니다.”

오비고는 2012년 이후 벤츠, 르노, 미쓰비시 등 세계적인 완성차 기업들과 협력을 확대하게 된다. 차량용 브라우저에 있어 오비고의 신뢰도가 국제 표준화를 통해 더욱 향상되었기 때문이다.

### 차량용 소프트웨어 시장 세부분야 다양해 개발할 분야 많아

자동차 시장에서 오비고의 역할은 기존 휴대폰 시장보다 더 크다. 임베디드 브라우저 이외의 다양한 영역으로 확장했기 때문이다. 모빌리티 소프트웨어 플랫폼을 지향하는 오비고의 사업분야에 대해 들어봤다.

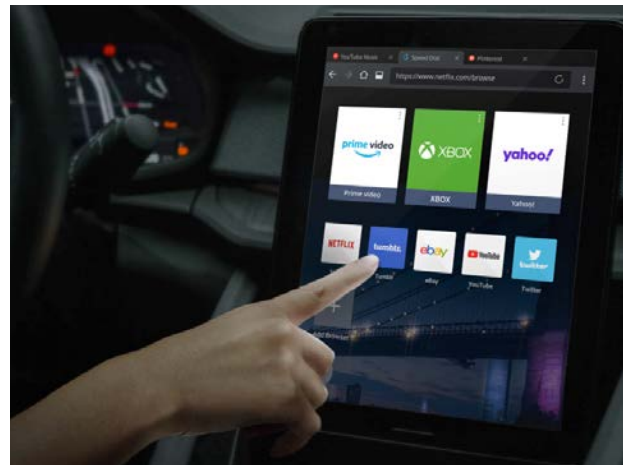
“익숙한 휴대폰 시장과 비교해 설명한다면 스마트폰에서 가장 많이 사용하는 것이 앱(Application)이고 그 외에 브라우저와 새로운 앱 설치를 위해 앱 스토어를 사용합니다. 이를 위해 전용 브라우저와 앱, 앱 스토어가 만들어져야 하고 개발사를 위한 SDK 공급도 필요합니다. 저희 오비고는 자동차 소프트웨어 시장에서 자동차만의 네트워크를 만들어 가고 있습니다. 세부적으로 차량용 브라우저, 차량용 앱 프레임워크, 차량용 앱 스토어, 그리고 개발을 위한 SDK 등을 모두 개발하고 있습니다. 오비고의 전 직원이 현재 130명으로 이중 개발인력이 100명을 차지할 정도로 기업 역량이 대부분이 개발에 집중돼 있고 나머지 인원들은 최소로 운영할 정도로 자동차 소프트웨어 산업은 개발 분야가 넓고 해야 할 일도 많습니다.”

실제 오비고는 자동차 소비자를 위해 다양한 서비스를 제공해 왔다. 초창기 내비게이션, 음악, 날씨, 뉴스, 등 정보성 서비스, 그 이후에 TV와 모바일 TV, 세계 최초로 왓치나 웨이브 OTT 서비스, 르노 자동차에 공급한 인카페이먼트, CU 편의점이나 SPC 파리크라상, 던킨도너츠 이용을 자동차에서 주문하고 픽업하는 주문형 서비스 등 주요 IT기업들 역시 오비고의 파트너로서 함께 해 왔다.

### 완성차 기업들의 소프트웨어 강화 오비고는 어떻게 보는가?

소프트웨어의 중요성이 커지면서 글로벌 완성차 기업들이 적극적으로 개발인력을 확보하고 소프트웨어 플랫폼 등 차체 개발 역량을 강화하고 있다. 폭스바겐은 3천 명이 넘는 개발인력을 충원했고 6천 명까지 늘릴 계획이며 포드 역시 천 명 넘는 신규 인력을 채용하고 있다. 오비고와 같은 전문기업 입장에서 완성차 기업들의 행보를 어떻게 해석하고 준비해야 하는가?

“저희에게는 기회라고 생각합니다. 앞으로 자동차 시장에서 완성차의 역할은 기존 하드웨어 조립에서 소프트웨어 중심 자동차, 즉 소프트웨어를 통해 안전하게 하드웨어를 제어할 수 있는 자동차라는 새로운 경쟁력을 확보해야 합니다. 시장의 변화를 고려한다면 지금



완성차 기업들의 대규모 투자는 당연한 준비과정이고 완성차 기업만의 문제가 아니라 동시에 소프트웨어 공급망 역시 기존 하드웨어와 마찬가지로 새로운 체인을 구성할 것으로 생각합니다. 이런 과정이 기존 Tier 1 기업들에게 역할을 더할 수도 있고 새로운 Tier 1이 등장할 수 있습니다. 또 Tier 2, Tier 3 등 SDV 시장의 공급망을 갖추는 과정은 자동차 산업 전 분야에서 일어날 것이기 때문에 저희에게 오히려 더 다양한 기회가 될 것으로 보고 있고 시장에서 저희에게 요구하는 기술을 갖추어야 할 시기라고 생각합니다.”

### SDV시대 자동차 소프트웨어 산업 체인지 메이커 역할 중요해

최근 현대자동차는 2025년까지 글로벌 시장에서 판매되는 모든 차종에 무선 소프트웨어 업데이트(OTA, Over-the-Air)를 기본 적용하고 업데이트를 통해 소프트웨어를 기반으로 지속적으로 진화하는 자동차라는 새로운 고객 경험을 제공하겠다고 밝혔다. SDV 시대에 맞춰 자동차 산업의 새로운 체질 변화는 완성차 기업만의 노력으로는 달성하기 어렵다. 하드웨어 부품사들의 소프트웨어화가 필요하고 나아가 자동차 산업에 필요한 소프트웨어 기업들의 적극적인 참여도 절실하다. 오비고는 이런 미래 SDV 시장에서 어떤 역할을 기대하고 있을까?

“일반적으로 차량용 소프트웨어라고 하면 내비게이션처럼 쉽게 눈에 보이는 인포테인먼트나 자율주행 소프트웨어를 생각합니다. 그러나 SDV개념에서 자동차의 거의 모든 하드웨어가 소프트웨어와 융합해야 합니다. 예를 들어 헤드램프(전조등) 제조사에게 소프트웨어는 중요하지 않거나 생각해 본 적이 없는 영역이지만 SDV 개념에서는 헤드램프는 주변 환경에 맞춰 자동으로 최적의 운전환경을 제공해야 합니다. 야간 국도 주행 중 반대편 차량을 감지한 카메라로부터 데이터를 전송받고 교차 시점에 하향등으로 전환하고 다시 상향등으로 재전환하는 새로운 기능이 갖춰야만 합니다. SDV개



념을 충족하려면 헤드램프 부품사에도 소프트웨어가 필요한 셈이죠. 헤드램프는 하나의 예일 뿐 이외에 더 많은 자동차 부품들이 소프트웨어와 융합하게 되고 이를 하나의 운영체제안에서 안정적으로 운영하려면 자동차만의 네트워크가 필요하게 되고 그 중심에 저희 오비고와 같은 차량용 소프트웨어 플랫폼 기업의 역할이 중요하다고 생각합니다.”

미래차 시장에서 생존하려면 우리 자동차 부품업계는 전기전자, 소프트웨어 등 새로운 기술을 접목하는 데 속도를 내야 한다. 이제 하드웨어 업체들도 소프트웨어 분야에서 글로벌 경쟁력을 갖추는 것만이 부품업체들의 생존 전략이기 때문이다. 그럼에도 국내 하드웨어 제조업체의 기술 역량은 부족한 상황으로 기술 인력 확보가 어려워 개발 기획과 추진 등 실제 제조 현장에서 소프트웨어 융합은 매우 더딘 상태다.

“서비스 차원에서 보면 서드파티(Third Party)와의 협력에서도 저희 오비고의 역할은 분명합니다. 예를 들어 주차 서비스의 경우에도 국내에만 카카오톡 휴맥스 등 다양한 서비스가 있지만 여러 완성차기업의 다양한 모델을 대상으로 서비스를 개발하기는 어렵습니다. 이런 서비스 시장에 표준화를 통해 완성차기업의 수요에 맞게 공급해주는 역할도 저희 오비고의 역할이 될 것으로 생각합니다.”

### 스마트폰과 카인포테인먼트, 비슷할 뿐 완전히 달라

스마트폰은 보급 이후 일상에서 흔히 사용해 왔던 다양한 전자제품 시장을 잠식해 왔다. MP3플레이어, 디지털카메라, 내비게이션까지 스마트폰은 올인원 디바이스라는 개념하에 앞으로 SDV 시대에서도 가장 큰 경쟁자를 스마트폰으로 보는 시각도 존재한다. 황도연 대표에게 스마트폰과 다른 카인포테인먼트 시장을 어떻게 만들어 가야 할지 물었다.

“첫째 휴대폰과 차량용 소프트웨어 시장은 완전히 다르지만 아직 운전자에게 사용환경에 차이를 맞춘 서비스를 제공하지 못하고 있다고 생각합니다. 일반적으로 소비자는 차를 타면 무조건 빨리 출발하고 운전을 해야 합니다. 운전자는 스마트폰과는 완전히 다른 환경에 놓입니다. 여유롭게 메시지를 보거나 글을 쓸 수 없으며 검색도 할 수 없죠, 반면 휴대폰은 충분히 여유 있는 상황에서 이용하게 됩니다. 안정성 측면이나 사용편리성 측면에서 완전히 다른 UX를 고려해야 합니다.

둘째, 서비스 공급자 입장에서 시장 파이가 다릅니다. 국내 휴대폰 중 스마트폰 보급률이 95%로 회선 기준으로는 5천 만대 이상입니다. 반면 앱 설치가 가능한 국내 자동차 시장은 연간 100만대 이하이고 이를 다시 완성차별로 구분하면 BMW의 경우 연간 2만 대입니다. 공급자 입장에서 수익성을 기대하기 어려운 크기지만 개발비는 더 필요합니다. 공급자에게 아직 매력이 없는 상태입니다. 마지막으로 제품 주기가 다릅니다. 휴대폰 앱은 수시로 업데이트를 하지만 자동차의 경우 국내 완성차는 분기별로, 외산 자동차는 일 년에 1-2회 업데이트하는 수준입니다. 이렇게 완전히 다른 환경임에도 휴대폰과 동일한 서비스 시장을 기대해선 안됩니다. 휴대폰과 달리 자동차에는 킬러 앱 중심으로 움직일 것으로 생각합니다.”

카인포테인먼트 시장을 휴대폰과 동일하게 보고 접근하는 것은 앞으로 자동차 산업에서 서비스가 창출한 부가가치를 놓치게 될 것이다. 제한적인 UX 환경에서 황도연 대표가 보는 차량용 앱 서비스 가치는 어떤 것인지 들어봤다.

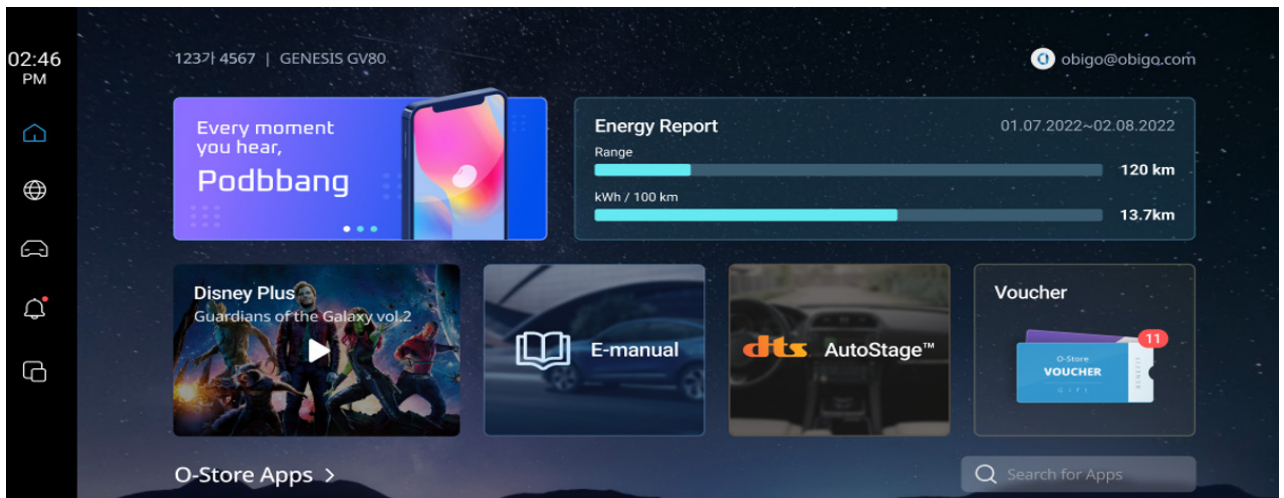
“지금까지 앱 스토어에서 제공하는 서비스는 음악, 날씨, 뉴스 등 인포테인먼트 중심으로 휴대폰과 차이가 없어 자동차만의 고유한 사용성을 기대하기 어렵습니다. SDV 시대에는 상황이 달라질 겁니다. 차량용 앱 스토어의 영역은 더 넓어집니다. 예를 들어 하드웨어적으로 같은 배터리지만 BMS업데이트를 통해 주행거리가 의미 있는 수준으로 향상된다면 유료화된 서비스라도 수요를 기대할 수 있습니다. 또 고속도로에서 자주 사용하는 스마트크루즈 기능에 인터체인지 자동 감지 기능을 제공하는 업데이트가 있다면 충분한 수요를 기대할 수 있죠”

오비고는 이미 차량용 앱 스토어를 출시했고 앞으로 앱 스토어 생태계를 지속 발전시키고 킬러 콘텐츠 서비스를 발굴 개발할 계획이다.

### 소프트웨어 인재 육성, 청년 눈높이에 맞는 새로운 접근 필요해

4차산업혁명 이후로 우리 정부의 소프트웨어 인력 양성은 중요한 정책 목표 중 하나로 매년 강조해 왔다. 2021년 소프트웨어정책연





구소의 발표에서 앞으로 5년 동안 SW 분야 신규 인력 수요가 35만 3000명일 것으로 예상하고 필요한 SW 인력 양성을 위해 대학을 통해 11만 명, 정부의 SW 인재양성 사업에서 21만 4000명 육성 총 32만 4000명이 양성될 것으로 전망했으나 정작 현장은 언제나 인력 부족을 호소한다. 지방에 있는 중소기업들은 더욱 심각한 상황이다. 무엇이 문제일까?

“개인적인 생각이지만 인재 육성을 위한 지원보다는 새로운 소프트웨어 생태계가 필요하다고 봅니다. 개발인력이 부족한 것은 학생들의 관점이 큰 원인입니다. 대부분 수도권 학생들은 대기업, 예를 들어 삼성전자나 글로벌 IT기업인 카카오, 네이버 등 소위 인기 유망기업 취업을 희망하고 라이더 제조기업이나 램프 제조기업에 취업하려는 학생은 거의 없습니다.

학생들에게는 당연한 선택으로 대기업을 포기하고 공장에 취업하려는 개발자를 기대하는 것은 현실적이지 않습니다. 아무리 인재를 양성해도 필요한 곳에 공급되지 않는 것이 지금의 현실로 이런 문제를 해결하려면 소프트웨어 산업에 새로운 생태계를 제시해야 한다고 봅니다. 구체적으로 제조업 거점 지역별로 소프트웨어 센터를 만들고 소프트웨어 기업을 육성, 지역 대학생들을 고용하고 지역 수요 기술 개발과 국책과제를 수행하는 방식입니다. 현재 국내 지방대학들의 경쟁력이 위축되고 존폐위기까지 몰린 상황으로 지역 학계와 산업계가 거점 소프트웨어 기업을 중심으로 새로운 생태계를 만드는 것이 대안이 아닐까 생각합니다.”

## 중장기적인 사업 목표 모빌리티 서비스 플랫폼 회사

코로나로 인한 공급망 문제로 침체기를 맞았던 자동차 산업이 회복하고 있다. 특히 전기차 시장도 정책적 혜택보다는 소비자의 순수

한 선택을 받기 위한 본격적인 가격 경쟁의 시대로 접어들어 앞으로 전기차 보급확산과 자동차의 소프트웨어화는 더욱 빨라질 것으로 보여 차량용 소프트웨어 플랫폼 시장의 새로운 성장 동력을 기대하기 충분하다.

“저희 사업은 기술적으로 보면 브라우저, 앱, 앱 스토어가 있었지만 지금 사업의 중심은 다 클라우드로 옮겨가고 있습니다. 서비스는 모두 API를 통해 제공됩니다. 그런 API가 차에 표현되는 것들은 브라우저가 될 수도 있고 안드로이드 앱이 될 수도 있고 클라우드로 API만 필요할 수도 있습니다. 그래서 저희는 API게이트웨이 기술을 집중 개발하고 서드파티에 있는 정보들을 모아서 차에 제공해 주는 모빌리티 서비스 플랫폼 회사가 되고자 합니다. 서드파티 파트너들은 저희를 통해서 서비스의 API만 열어주면 운전자에게 제공할 수 있고 완성차 업체나 Tier 1 같은 대기업들은 다양한 서비스를 오비고를 통해 쉽게 해결할 수 있습니다.

마지막으로 소비자들은 지금과 다른 새로운 모빌리티 서비스를 만나게 될 겁니다. 또 중장기적으로는 인포테인먼트 시스템에서 벗어나 SDV 영역인 5가지 차량용 소프트웨어 영역으로 기술과 서비스를 확장, 글로벌 Top3 소프트웨어 기업으로 성장하고자 합니다.”

오비고는 2025년까지 국내 자동차 브라우저 시장의 80% 점유와 해외에서 점유율 20%를 목표로 하고 있다. 그만큼 기술 경쟁력과 차량용 소프트웨어 시장에 대한 전문성을 갖췄다. 바쁜 일정에도 불구하고 인터뷰에 응한 황도연 대표께 감사드리며 오비고가 SDV 시대 자동차 소프트웨어 글로벌 강자로 성장하길 응원한다.

Valeo

김만규

발레오모빌리티코리아 대표

# 한국의 성공이 발레오의 성장 발레오모빌리티코리아의 비전과 도전



자동차산업은 특정 국가에 국한된 사업이 아닌 글로벌 공급망과 가치 사슬로 이어져 있다. 특히 전동화, 자율주행 그리고 SDV까지 지금까지 경험하지 못한 새로운 변곡점들이 등장해 지금까지 지켜온 우리 자동차 산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 글로벌 트렌드를 파악하는 것이 중요할 것이다.

모빌리티 인사이트에서는 올해 창립 100주년을 맞이한 발레오코리아의 김민규 대표를 통해 글로벌 부품사가 보는 자동차 산업의 동향과 앞으로 자동차 산업의 핵심 경쟁력 중 하나인 소프트웨어 융합, 인재육성 등 우리 자동차 산업의 미래를 위한 인사이트를 담아봤다.

## 창립 100주년 발레오는 어떤 회사

발레오는 1923년 프랑스 생투앵에서 외젠 뷔송(Eugene Buisson)이 클러치의 마찰제를 공급하며 시작했다. 이후 클러치, 트랜스미션 부품 등 자동차 산업의 다양한 부품을 공급하면서 발레오는 현재 세계 최고 수준의 글로벌 부품사로 발전했다. 발레오라는 이름을 가지게 된 건 1980년 이탈리아 자회사의 이름인 Valeo(라틴어, I am well)로 그룹을 통합하면서부터다. 100년간 지금의 발레오를 만든 경영 방식과 비즈니스 전략은 무엇일까?

“자동차 산업은 글로벌 시장을 놓고 사업할 수 있는 매력적인 산업으로 경쟁이 치열합니다. 저희 발레오는 TTM(Time to market) 측면에서 시장에서 요구하는 혁신성을 가장 빠르게 공급할 수 있는 기업에 초점을 맞춰 왔습니다. 인수합병을 통한 규모의 성장보다는 신기술의 가능성 검증, 기술 확보와 가속화를 위한 합작사 그리고 100% 발레오화라는 경영 방식으로 지금껏 자동차 산업에서 혁신의 리더십을 선점하며 시장 흐름을 리딩하는 기업으로 성장한 것 같습니다.”

발레오코리아에서 2008년부터 근무한 김민규 대표는 기계 공학과 팩토리 오토메이션을 공부한 엔지니어 출신이다.

“저는 엔지니어링을 공부하면서 남다른 기술을 갖고 제 이름을 걸건 제조업을 일구는 꿈을 갖고 있었습니다. 졸업 후 중공업 회사 연구소, 국책연구원에서 일했고 SL에서 LED application 업무를 하였습니다. 그 와중 자동차공학회 및 모터쇼에서 자동차 첨단 안전장치인 ASV(Advanced Safety Vehicle)를 접하면서 사업 개발이나 세일즈 등 분야에서 한국 자동차 산업에 ADAS의 개척자 역할을 하고 싶었습니다. 평소 적극적으로 의견 개진을 하는 편이라, 당시만해도 소통의 제한이 상대적으로 적은 해외 기업을 고려하다가 2008년 발레오가 ADAS 분야로 한국에 진출하면서 발레오코리아에서 일하게 되었습니다.”

## 자율주행 분야 발레오 독보적 스펙트럼!

지금 자동차 산업의 화두는 자율주행과 전동화 두 가지로 보인다. 자율주행 분야에서 발레오는 어떤 글로벌 부품사보다 넓은 포트폴리오와 다양한 제품군을 보유하고 있다.

“우리가 알고 있는 자율주행을 단계별로 구분해 보면 레벨 0~레벨 3단계까지의 자율주행 기술의 핵심은 첨단 운전자 보조 시스템, ADAS 기술을 기반으로 합니다. 운전 중 주변 환경을 인식, 판단해 안전하면서도 운전자의 조작을 최소화하

면서 운전을 할 수 있도록 도와주는 기술로 발레오는 1993년 초음파 센서를 활용해 프로그래머블 울트라소닉 센서를 세계 최초로 개발, 양산하면서 ADAS 시장에 진입하였습니다. 이후 레이더 기술이나 카메라 기술로 확장하면서 ADAS 시장에서 확고한 경쟁력을 키워나가고 있습니다. 현재 자율주행에서 가장 주목받고 있는 라이다 센서 역시 전 세계에서 양산 사례가 발레오가 유일합니다. 자율주행의 경우 계속해서 나아가야 할 기술적 목표들이 많으나 현재 발레오는 자율주행 쪽 센서와 시스템에서 가장 다양하고 넓은 제품 포트폴리오를 갖추고 있고 더 나아가 센서 퓨전, 데이터 퓨전 등 보다 자동화된 자율주행에 필요한 커넥티드 분야의 기술 개발에도 선도적인 역할들을 해가면서 시장 우위를 꾸준히 강화하고 있습니다. 지금까지와 마찬가지로 자율주행 역시 원천 기술 확보가 가장 중요할 것 같습니다.”

### 전동화 신중한 접근 필요해 충분히 준비하되 면밀히 봐야

최근 몇 년간 자동차 산업의 패러다임 변화는 예측하기 어려울 정도다. 그 변화의 가장 큰 요인 중 하나가 바로 전동화로 도요타, 폭스바겐, 현대차 등 전통의 글로벌 OEM보다 테슬라의 주식 가치는 훨씬 높다.

“발레오는 도요타의 플러그인 하이브리드와 마일드 하이브리드 등 저전압 제품을 이미 사업화했고 최근 테슬라와 중국 전기차 시장의 급속한 성장으로 2017년 고전압 분야의 전문성을 갖춘 지멘스와 합작사를 설립했습니다. 작년에 오너십을 확보하고 풀 배터리 시스템에서도 새로운 경쟁력 선점을 위해 노력하고 있습니다.”

2023년 상반기 통계들이 나오기 시작했다. 올해 상반기 글로벌 집계를 살펴보면 미국, 중국 등 주요 전기차 시장에서 성장하고는 있으나 성장률은 줄었다. 이제 개화를 시작한 전기차의 성장세 감소를 어떻게 보는가?

“개인적으로 저는 지금을 전기차 시대라고 말할 수 있는지에 대해 조금 더 지켜봐야 한다고 생각합니다. 전기차 시대가 도래한 이유는 친환경성 때문으로 기후위기와 탄소중립이 전동화의 핵심 배경입니다. 폐배터리 문제와 전기를 생산하는 발전소와 인프라에서 이산화탄소 발생량은 전체 이산화탄소 배출량의 85% 이상이고, 모빌리티에서 나오는 이산화탄소는 약 4~5%로 수준입니다. 지금까지의 전동화 배경에 시장의 니즈보다 경제적 이유로 정책적인 육성 계획에 시장이 따라가고 있다는 생각이 듭니다. 전 세계적으로 전기차에 대해 막대한 보조금이 지급되는데 전기차로 산업에 이익이 있는 국가들에서 특히 보조금을 많이 시행하는 것 같습니다. 그러나 재정 한계를 고려하면 앞으로 전기차는 가격, 편의성, 성능에서 내연기관차,



하이브리드차, 수소차와 동등한 경쟁을 해야 하고 또 세계적인 에너지 가격의 상승과 높은 전기차 차량 가격을 고려한다면 정책적인 지원을 통해 1차 수요층, 즉 소위 얼리어답터들의 구매가 완료되는 시점 이후 전개될 전기차 시장을 살펴봐야 합니다. 물론 완성차 기업들이 3만 불 대 저가형 전기차를 만들고 소비자의 선택을 받을 수 있도록 발전할 것은 분명하므로 기술적인 준비는 충실히 해야 하지만 전기차 시장을 절대적으로 보고 맹신하는 것은 조금 이른 시기라고 생각합니다.”

### 글로벌 시장의 변화 Local to local, 로컬라이제이션 가속화

2020년 팬데믹 이후 글로벌 시장에 분명한 변화가 일어나고 있다. 특히 자동차 산업은 특정 국가만의 사업이 아니라 글로벌 공급망을 통해 산업계 전반이 활발히 움직이는 시장이기에 글로벌 동향을 파악하고 적극적인 대처가 중요하다. 이미 일 년 넘게 계속되는 우크라이나와 러시아 전쟁, 중국의 경제침체, 미국과 중국의 무역 갈등 등 자동차 산업계가 주목할 국제 동향은 무엇인가?

“현재 자동차 산업을 포함한 글로벌 경제 흐름의 새로운 반전에 주목해야 하며 그것은 세계화(Globalization)에서 지역화(Localization)로의 전환이라는 흐름입니다. 중국은 전 세계의 공장이었지만 정치 상황으로 인해 제어 불확실성이 상시 존재하고 또 우크라이나에서 발생한 지역 분쟁으로 인한 공급망 불안 등 이런 일련의 사건들 속에 글로벌 시장이 대륙별로 새롭게 형성되는 것 같습니다. Local to Local이라고 말씀드릴 수 있는데 지금 동향을 보면 북중미는 미국과 캐나다는 기술과 소비를 멕시코는 생산을 주도하고 있고 아시아는 한국, 중국, 일본이 시장과 기술을 이끌고 중국, 베트남, 인도와 아세안이 주요



생산지로 주목 받고 있습니다. 유럽에서는 서유럽이 시장과 기술, 동유럽이 생산을 맡는 등 지역별로 시장이 분할하고 그 지역에 맞는 새로운 역할로 조정되면서 글로벌 시장이 여러 시장으로 분리되는 것으로 느껴집니다. 완성차 기업들이 느끼는 공급망 위기와 시장 보호라는 의중도 있는 것으로 보입니다. 발레오 역시 한국에 대한 투자나 한국의 역할 이런 측면에서 보면 지역화(Localization)의 전략을 선도적으로 실행하고 있음을 보여준다고 할 수 있습니다.”

### 지역화되는 자동차 산업 국내 자동차 산업의 방향성은?

김민규 대표 말대로 팬데믹이후 시장은 새로운 흐름은 달라졌다. 특히 작년 자동차 산업의 빅이슈로 떠오른 미국의 인플레이션 방지법(IRA) 이후 올해 5월 프랑스에서도 녹색산업법안을 공개했다. IRA와 마찬가지로 유럽연합(EU)에서 생산된 전기차를 구매해야만 소비자에게 보조금을 지급하도록 규정할 가능성이 커 글로벌 시장의 새로운 동향은 수출 시장을 목표로 하는 국내 자동차 산업에 더 큰 영향을 미칠 것으로 보인다.

“아시아 시장에서 동북아 삼국인 한국, 중국, 일본의 영향력은 절대적입니다. 이중 한국은 시장 규모에서 불리합니다. 또 우리나라는 비용면에서도 이미 하이 코스트 국가입니다. 이런 상황에서 제조업이 생존을 위해 새로운 저가형 생산기지, 예를 들어 중국에서 베트남으로 다시 인도네시아로 이동하는 것보다는 생산 비용에 영향을 받지 않는 제품이나 사업들을 육성하는 것이 바람직합니다. 우리나라의 경쟁력은 분명합니다. 공장 수율에서 한국의 생산거점들은 최고 수준입니다. 4차 산업혁명으로 매뉴얼 라인이 아닌 완전 자동화 라인을 통해 한국에서 생산한다면 불리하다고만 볼 수 없습니다. 또 우리나라

라는 다양한 국가들과 FTA를 체결해 신생 생산거점으로 떠오르는 국가들과 비교해 장점을 갖고 있습니다. 이런 환경들은 저희 발레오 코리아가 발레오그룹을 설득하는 논리이기도 한데 우리나라의 자동차 산업계가 우리나라의 장점을 경쟁력으로 이어가야 한다고 생각합니다. 새롭게 떠오른 SDV 개념에서 본다면 자동차가 이제 하나의 컴퓨터로서 하드웨어 역시 전자 하드웨어로 업그레이드해야 합니다. 지금까지 한국이 키워 온 하드웨어 경쟁력은 매우 우수하기에 이를 바탕으로 새로운 전자 하드웨어 시장에서 우리 자동차 산업의 경쟁력을 키우는 것은 불리하지 않다고 생각합니다.”

### 하드웨어 부품 트랜스포밍 브릿지 통해 탐색과정 필요해

2021년 우리 정부는 2030년까지 자동차 부품 1,000개 기업을 미래차 기업으로 전환하기 위해 자동차부품기업 미래차 전환 지원전략을 발표했다. 내용을 살펴보면 미래차 전환 종합지원 플랫폼을 구축하고 부품 산업계 내 브릿지를 만들어 자동차 산업 경쟁력을 확보하겠다는 것인데 성과에 대해 회의적인 의견들이 많다. 발레오는 국내 부품업계의 미래차 전환에 대해 어떻게 보는가?

“제가 말씀드리기에는 큰 주제이나 하드웨어 제품을 생산하던 부품 기업에게 미래차 부품 전환은 상당히 난해한 과제입니다. 이는 기업 규모의 문제가 아닌 한 기업의 DNA를 바꿔야 하는 일이기 때문이죠. 세계적인 부품사들 역시 미래차 부품기업으로 전환하기 위해 막대한 자금을 투자하고도 만족스러운 결과를 만들지 못한 경우가 많습니다. 개인적으로 가장 먼저 말씀드리고 싶은 점은 이 어려운 과제를 매우 촉박한 시간에 해결할 과제로 보는 것은 문제라고 생각합니다. 정부가 정책에서 언급한 브릿지는 매우 중요합니다. 예를 들어 자동



차 부품 중 렌즈 제조 기술을 보유한 기업은 라이더 센서의 렌즈 쪽을 모터 기술을 보유한 회사면 라이더에 들어가는 모터를 만들기 위해 라이더를 제조사가 원하는 스펙을 이해하고 충족할 수 있도록 개발해야 합니다. 이런 성과를 만들기 위해서는 브릿지를 통해 계속 새로운 요구 조건을 접하고 시도해야 합니다.”

### 미래 소프트웨어 경쟁력 어떻게 어떤 방향으로?

전동화와 자율주행에 이어 최근 자동차 산업의 이슈인 SDV 개념까지 더해져 앞으로 소프트웨어 인력 수요가 더 늘어날 것으로 보인다. 특히 기존의 하드웨어 제조사들 역시 앞으로는 SDV 개념에 따라 시장에서 경쟁력을 갖추려면 하드웨어 소프트웨어의 융합 개발이 무엇보다도 중요한 시점이다. 우리나라 소프트웨어 인력 육성에 대한 김민규 대표의 생각을 물었다.

“앞으로 자동차 산업에서 소프트웨어 경쟁력은 매우 중요합니다. 지금 한국뿐 아니라 전 세계적으로 소프트웨어 인력난에 처해 있지만 그만큼 우리만의 소프트웨어 경쟁력을 확보하면 산업 경쟁력은 더욱 높아질 겁니다. 발레오는 한국, 유럽, 미국, 인도 등 다양한 개발 거점을 갖고 있습니다. 발레오의 소프트웨어 팩토리 센터들이 바로 그것인데 모든 팩토리 센터들이 같은 일을 하는 게 아니라 지역에 최적인 업무를 진행하고 있습니다. 인도와 한국의 인건비 차이는 적어도 5배~10배까지로 기업은 인도에서 할 수 있는 개발업무를 한국에서 진행할 이유가 없기 때문입니다. 반면 소프트웨어 개발의 스펙트럼은 매우 다양합니다. 우리나라만의 차별적인 경쟁력을 확보할 수 있는 분야를 정의하고 해당 분야의 인재들을 육성할 수 있도록 정책적인 지원이 필요하다고 생각합니다.”

### 학생들은 시야 넓히고 사회 인식도 달라져야

“또 하나 말씀드리고 싶은 건 저 역시 엔지니어로서 엔지니어 길을 꿈꾸는 학생들에게 전하고 싶은 이야기가 있습니다. 안목을 넓혀 다양한 엔지니어로서 꿈을 키워 갔으면 좋겠습니다. 저희가 기업 설명회를 개최하고 학생들과 면담을 해보면 우리나라 청년들의 시야가 좁다는 것을 알 수 있습니다. 그들이 생각하는 좋은 회사는 한국 대기업, 한국의 IT 기업들로 한정돼 있습니다. 소프트웨어 분야에서 일 하겠다면서도 임베디드 소프트웨어, 하드웨어와 연관된 소프트웨어를 전혀 생각하지 않고 단순히 코딩하는 엔지니어만을 선호합니다. 사회적 인식도 학생들과 다르지 않습니다. 이런 상황에서는 글로벌 경쟁력을 갖추기 어렵습니다. 제가 가장 아쉬운 모습 중 하나가 유럽에 있는 발레오 글로벌 연구소에 가면 다양한 국적의 사람들이 있습니다. 유럽에 있는 연구소인데도 중국, 인도, 파키스탄, 이집트 등 인력이 유럽인 보다 많으나 한국인은 단 한 명도 없습니다. 이게 현재 우리나라 소프트웨어 산업의 현실이기도 합니다.”

### 발레오코리아는 발레오와 한국을 위해 일한다.

한국에서 발레오는 명목상의 회사가 아니라 실질적인 한국기업으로서 긴 역사를 갖고 있다. 첫 시작은 대구에서 클러치 디스크, 클러치 커버, 릴리스 베어링, 페이싱, 유압제품 및 토크 컨버터를 생산하는 평화발레오로 설립 36년으로 긴 역사를 갖고 있다. 이외에도 카팩발레오, 삼성발레오 등 발레오의 한국 투자는 다양하다. 발레오의 이런 투자는 무슨 의미일까?

“현재 발레오는 한국에 5개의 R&D센터를 경주, 대구, 안양, 창원, 수원에서 운영하고 있으며 다양한 제품군을 포괄하고 있습니다. 개인적으로 발레오코리아는 유럽 자본으로 설립한 회사지만 실제 운영의 중요한 부분들은 한국인들이 담당하며 회사의 대표 역시 한국인



으로 한국기업이라고 할 수 있습니다. 작년 한국에서 발레오 패밀리가 만들어 낸 매출이 2조 5천억 정도이고 앞으로 더 많은 매출을 달성할 계획으로 자동차 분야에서 이미 수천 명의 직원을 고용하고 있고 매년 수백 명의 신규 채용을 통해 비즈니스를 키우면서 생산 및 연구개발 역량 측면으로도 확대할 것입니다.”

작년 발레오는 대구국가산단에 자율주행차 부품 분야 육성을 위해 5천600만 달러(728억 원)를 신규 투자를 결정하고 단계 사업계획 내에서 ADAS(첨단보조주행장치) 자율주행용 인지센서 및 조향센서 등을 개발·양산할 계획을 밝혔다. 본격적인 미래차 부품에서도 한국에 대한 발레오 투자는 계속될 것으로 보이는데 발레오가 보는 한국의 매력은 무엇인가?

“대구는 발레오 패밀리 기업들이 모여있어 다양한 효과를 거둘 수 있습니다. 특히 하드웨어와 소프트웨어 융합 개발과 제품이 앞으로 발레오의 중요한 경쟁력이라고 볼 때 기계 부품 기업과 전자 관련 계열사가 거점 내에서 시너지를 일으킬 것으로 보고 있습니다. 또 대구 지역은 다양한 자동차 부품기업들이 있어 지역 기업들과 함께 미래 자동 부품으로의 전환에 협력하고 발레오코리아가 브릿지 역할을 함으로써 발레오와 지역 업체가 함께 성장하는 에코시스템을 만들어 갈 수 있을 것으로 생각합니다.”

### 창업의 꿈 접게 한 발레오만의 매력

김민규 대표를 보면서 신념이 강한 엔지니어로의 모습이 자주 느껴진다. 자신의 이름을 건 제조회사를 꿈꾸던 그에게 발레오는 어떤 회사인가? 김민규 대표가 느끼는 발레오의 매력과 엔지니어를 꿈꾸는 예비 자동차 산업 종사자들에게 전하고 싶은 메시지는 무엇인가?

“제 이름을 건 제조업을 하고자 했던 제 꿈의 이유는 경제적으로 큰

성공을 하겠다는 동기보다 자신의 이름을 건 만큼, 그만큼의 책임감을 통해 내가 속한 세대에 기여 하는 의미 있는 삶을 살고 싶었기 때문입니다. 발레오에서 저의 이런 목표들이 채워지고 있다고 생각합니다. 특히 제 주장과 의견이 강한 저에게 공평한 기회, 지위나 나이에 상관없이 서로 자신의 의견을 말하고 상대방을 설득하며 협의할 수 있는 발레오의 수평적인 문화가 가장 큰 매력입니다. 예비 자동차 산업 종사자들에게 전하고 싶은 제 의견은 보이지 않는 것을 보려고 노력했으면 좋겠습니다. 현재 발레오코리아에서 많은 프랑스 학생들이 일하고 있습니다. 제도적인 지원도 있겠지만 새로운 것, 경험하지 못한 분야에서 가능성을 찾으려는 태도가 동기부여라고 생각합니다. 지금 발레오코리아의 프랑스 학생들보다 열 배 스무 배 많은 한국 청년들이 세계 여러 나라에서 자신의 가능성을 찾길 응원합니다.”

인터뷰를 위해 발레오코리아를 방문했을 때 깜짝 놀랐다. 대표이사 방에 열 명이 넘는 직원들이 모여 앉지도 않은 채 서로 토론하고 있었기 때문이다. 김민규 대표가 말한 발레오의 경쟁력은 어쩌면 수평적인 문화와 새로운 도전을 추구하는 관점이 그 힘일지 모른다. 마지막으로 바쁜 일정에도 시간을 허락해 인터뷰에 응해준 김민규 대표에게 다시 한번 감사의 말씀을 드린다.

# 자율주행 관련 HD Map 이슈 및 시사점

전현주 한국자동차연구원 산업분석실 선임연구원

## KATECH INSIGHT

- ◆ 차량용 고정밀지도(High Definition Map)는 다양한 계층의 정보를 높은 정밀도로 담은 지도로 주로 자율주행에 그 목적이 있으며, 대개 전문장비를 갖춘 차량이 실 주행을 통해 수집한 데이터로 제작됨
- ◆ 자율주행 실현과 관련하여 업계에서는 HD Map의 필요성에 대해 상반된 입장이 공존하고 있는데, 이는 HD Map 산업의 발전을 위해 제작·활용 측면에서 새로운 접근 방식이 요구됨을 시사함

### 차량용 HD Map, 자율주행 활용이 주목적

기존 지도들은 지리 정보를 도로(Road) 단위의 2차원으로 담고 있으나 HD Map은 차선(Lane) 단위까지 상세한 정보를 3차원으로 담고 있는 것이 차이점으로 자율주행에서 HD Map은 단순히 길을 알려주는 지도가 아니라 인지 범위를 확장시키는 “센서”로서 기능한다.

아직 단일화된 표준 구조가 있는 것은 아니지만 관련 업계에서는 통상 도로(Road Model), 차선(Lane Model), 측위(Localization Model) 등 3단계의 계층(Layer) 구조로 HD Map을 구성한다. 세부적으로 도로 계층은 위상(topology), 진행 방향, 고도, 경사 등의 정보로 구성되어 길 찾기에 활용되고 차선 계층은 도로 유형·폭, 정

지 구역, 속도 등의 정보로 구성되어 실시간 자율주행 의사결정에, 측위 계층은 교통 신호, 표지판 등의 정보로 구성되어 지도상에서 차량 위치를 빠르고 정확하게 파악하는데 활용된다.

HERE, TomTom, DeepMap 등의 전문 업체 외에도 Intel(Mobileye), Google(Waymo) 등 빅테크의 자율주행 부문 등도 자체 개발, M&A 또는 제휴 등 다양한 방법으로 HD Map 사업 전개 중이며 완성차 업체들은 주로 전문업체 등에서 개발한 HD Map을 활용하는 방향으로 접근하고 있다.

### [ 차량용 지도의 진화 ]

연도	지도 유형	특징	정확도
1930	종이 지도	2차원, 도로 수준	
1990	디지털 지도	2차원, 도로 수준	5~10m
2000	발전된 디지털 지도	디지털 지도(ADAS 지원 포함)	50cm
2010	HD Map	3차원, 디지털 지도(차선 단위)	10~20cm

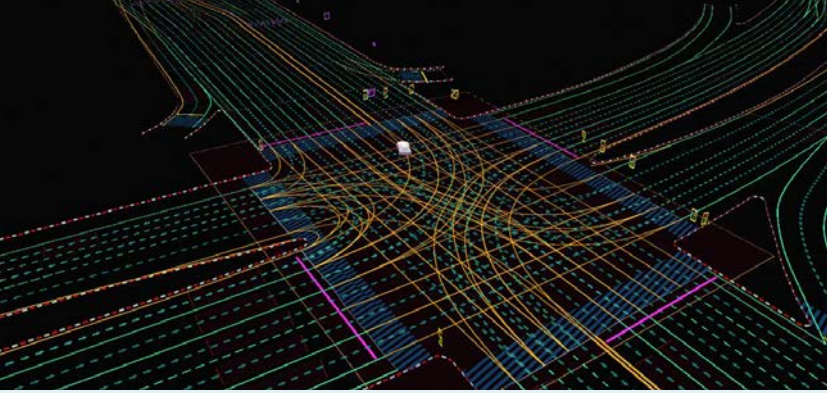
### [ HD Map 주요기업 ]

국가	기업명	국가	기업명
중국	AutoNavi	중국	Momenta
중국	Baidu	중국	Navinfo
미국	Carmera (Toyota)**	미국	Navmii
미국	Civil Maps	미국	Nvidia
일본	Dynamic Map Platform	네덜란드	TomTom
네덜란드	Here	미국	Uber
미국	Mapbox	미국	Ushr (DMP)**
스웨덴	Mapillary	미국	VoxeMaps
이스라엘	Mobileye (Intel)**	미국	Waymo

\* 출처: (左) Liu, Wang and Zhang(2019), High Definition Map for Automated Driving: Overview and Analysis

\*\* Carmera, ushr는 각각 Toyota, Dynamic Map Platform(日 완성차사의 투자를 받은 HD Map 기업)에 인수





### 특수 차량이 실 도로주행하여 제작, 많은 자원을 요하는 것이 단점

HD Map의 구축과정은 수집과 분석처리 과정으로 구분되며 수집에서는 라이다, HD카메라, 레이더, 위성항법장치(GPS) 등 Mobile Mapping System(MMS)를 탑재한 차량이 도로 및 주변 지형지물의 위치와 시각정보를 수집하고 데이터센터에서 분석·처리하게 된다.

MMS 차량 기반 HD Map 구축은 그 자체로 많은 비용을 요하며 지도 최신화가 까다로운 것이 단점이다. 비용면에서는 고성능 시스템을 탑재한 차량을 기준으로 MMS 차량 가격은 대당 10억원 수준(추정)에 달하며, 다수 차량을 동시에 운용할 경우 차량의 유지·관리에도 많은 비용이 소모되고 있으며, 지도 최신화면에서도 MMS 차량이 이미 매핑된 지역을 반복 주행해야 하므로 HD Map 커버리지를 확대·유지하는데도 많은 자원이 소모된다.

\* 전통적인 방법에서는 MMS 차량이 수집한 데이터를 조사원이 추가적으로 측정하는 절차를 통해 검증(기준점 측량)

### Tesla 등은 HD Map 사전구축에 부정적, 최근 중국 일부 기업도 가세

Tesla는 도로 환경이 지속적으로 변화하므로 정밀도 높은 지도를 사전적으로 생산·사용하기 어렵다는 입장으로 이보다는 센서로 수집한 데이터를 이용하여 차량이 인간 운전자처럼 즉석에서 환경을 식별·판단해야 한다는 관점이다. Tesla의 차량은 카메라로부터 실시간으로 수집한 영상 데이터 등을 바탕으로 주변 환경을 좁은 범위의 지도 및 주변 차량 등으로 구성된 3D 벡터 공간으로 만들고 이를 바탕으로 자율주행을 구현한다. 이러한 접근법을 바탕으로 자율주행을 구현할 경우, 항상 최신 정보를 바탕으로 자율주행을 구현할 수 있으므로 HD Map의 사전 구축이 불필요해진다는 장점이 있다.

중국의 Huawei는 HD Map에 의존하지 않는 자율주행 시스템(ADS 2.0)을 개발하고 2023년 내 적용 예정이며, Horizon Robotics·Xpeng도 2023년내에 HD Map에 의존하지 않는 솔루션·시스템

#### [ 고정밀도로지도 제작과정 ]



\* 출처: 국토지리정보원, 2021년



출시 계획을 발표했다. 이러한 중국 기업들의 전략변경 배경은 ① Tesla가 지적한 HD Map의 본질적 문제점(비용·최신성\*), ②중국 내 고정밀지도 규제 강화, ③센서 융합 기술 발전으로 HD Map 사전 구축 없이도 자율주행 구현이 가능하다는 판단 등이 있는 것으로 추정된다.

\*자율주행에 활용하기 위해서는 일 주 단위 정도로는 갱신이 되어야 하나 현재 중 업체에서는 월·분기 단위로 갱신하고 있으며 커버리지도 고속도로, 고속화 도로 포함 30만km로 도심 도로 총길이의 약 3%에 불과한 수준

\*자세한 내용은 한국자동차연구원 이슈브리핑 제25호(중국 자율주행 관련 기업 고정밀지도 의존도 낮추려 시도)참고

## HD Map 진영 기업들은 완전자율주행 필수 요소로 보고 사업 전개

Tesla 등의 접근 방식은 센서의 인지 범위 한계로 단거리의 환경 정보만으로 자율주행을 구현해야 하며 센서가 정상적으로 작동하기 어려운 환경에서 자율주행 구현이 어렵다는 입장이다. 구축된 HD Map을 활용하는 경우 센서의 신호가 약해지거나 오인식될 가능성이 높은 조건(악천후, GPS 음영지역 등)에서도 높은 정확도로 현재 위치를 파악하고 자율주행 의사결정을 내릴 수 있다. 또 Tesla 등의 방식으로 완전자율주행을 구현하는 경우 엄청나게 많은 컴퓨팅 자원(일각에서는 10,000 TFLOPS 수준으로 추정)이 요구되는데 HD Map이 제반 환경 리소스를 전담하는 방식으로 요구 사양을 낮출 수 있다.

기존 HD Map 방식의 단점을 보완하기 위해 크라우드소싱을 활용한 매핑(Crowdsourced mapping), 엣지 컴퓨팅 활용(Edge mapping), 카메라 기반 매핑 및 AI를 활용한 자동화 등 다양한 방안을 시도 중이다. 크라우드소싱(Crowdsourced)으로 경쟁·협력업체 간 데이터 공유 또는 고성능 MMS 및 중저성능 MMS에서 수집

한 정보 융합이 가능하며 엣지(Edge) 컴퓨팅으로 MMS가 확보한 고용량 원시데이터를 차량에서 기초 분석·처리하여 용량을 줄이고 데이터센터에 빠르게 전송할 수 있게 한다. 또한 택시·승차공유업체 등과의 협력을 통해 일반 소비자용 카메라로 도로 변화를 감지·기록하고 활용할 수 있으며, AI를 이용해 HD Map 구축과정에서 비용·시간이 많이 소요되는 단계를 자동화·간소화하여 비용을 절감할 수 있다.

HD Map 진영 기업들은 HD Map 사업 추진 기반 확보를 위해 인공지능·매핑 기업을 인수하거나 제휴하여 기술을 확보하고 있으며, 타 지역의 사업 확대를 위한 현지 기업과의 파트너십 또는 지도기업·수요기업 간 비즈니스 관계 구축 등 추진하고 있다.

1. Nvidia는 HD Map 개발기업 DeepMap을 인수(2021)하고 자율주행차용 지도 플랫폼 Nvidia Drive Map 정식공개(2022)
2. TomTom과 HELLA Aglaia 간 데이터를 결합하여 최신성을 강화하고 TomTom Autostream을 통해 서비스 제공
3. 네덜란드 HERE은 2022년 BMW와 협력관계를 바탕으로 BMW 7시리즈에 Here HD Live Map 탑재
4. Google은 HD Map을 출시하고 Google Automotive Services를 통해 볼보 'EX90', 폴스타 '폴스타3'에 제공 예정

## HD Map의 필요성 논란 지속될 전망, 단점 해소와 응용처 확장 필요

HD Map의 필요성은 자율주행의 실현 조건에 대한 관점과 맞닿아 있어 그 논란이 지속될 전망이며, 관련 산업이 발전하기 위해서는 단점을 해소하고 사업의 응용처를 확장하는 것이 필요하다. Tesla 등은 레벨 2 수준의 자율주행을 빠르게 실현하는 전략을 선택하며 HD Map을 사전 구축하여 활용하지 않으나 레벨 3, 4 이상의 자율주행 실현을 위해 HD Map 사용을 배제하기 어렵다는 입장도 견재하다. HD Map 진영의 성공을 위해서는 비용 절감 및 최신성 유지와 함께 차량에서 자율주행용 외 디스플레이와 결합한 AR·VR 서비스 이용 등 관련 데이터를 활용한 확장성을 증명해야 하고, HD Map 관련 데이터 및 기술을 GPS 음영 등으로 도심 내 작동이 어려운 무인 이동체(배송로봇 등)에 적용하거나 스마트 시티, 플랜트·물류센터 관리에 활용하는 등 지속 가능한 비즈니스 모델을 제시하여야 한다.

# 수소 모빌리티의 개화를 돕는 암모니아

**양재완** 한국자동차연구원 산업분석실 책임연구원  
**이호중** 한국자동차연구원 미래모빌리티사업단 책임연구원

## KATECH INSIGHT

- ◆ 수소 모빌리티 보급 확대를 위해 에너지 전달체인 수소 자체의 저장·수송이 관건이 되는 가운데, 최근 암모니아가 수소의 저장·운송을 개선할 수 있는 유력한 수단으로 부상하고 있음
- ◆ 특히 암모니아 열분해 장치와 수소 연료전지를 패키징한 시스템은 대형 상용차·선박·항공기 등에 활용 잠재력이 높으므로, 암모니아 활용의 기술적·경제적 허들을 낮추는 노력이 필요함

### 수소 모빌리티 보급 확대, 에너지 전달체인 수소 자체의 저장·운송이 관건

수소는 높은 질량 에너지 밀도를 가진 청정 에너지원으로 질량 기준으로 수소 에너지 밀도는 120MJ/kg에 달하며, 이는 리튬이온 배터리(1~2MJ/kg 내외)의 수십 배, 가솔린·디젤(45MJ/kg 내외) 등 화석연료의 2~3배에 달해 연료전지나 내연기관 등을 통해 구동력을 발생시킬 수 있어 자동차, 기차, 선박, 항공기 등 다양한 모빌리티 분야에 적용하려는 시도가 늘고 있다.

다만 수소 모빌리티의 상용화를 위해서는 수소 생산 이외에도 저장, 운송, 충전 과정이 요구되므로 관련 인프라를 확대하여 산업 선순환을 달성하는 것이 당면 과제로 현실적으로는 수소의 높은 가치에도 불구하고 수소를 일상적으로 공급·활용하기 위한 인프라가 부족한 관계로 경제성 확보가 지연되고 있으며 이는 수소

모빌리티 보급을 제한하는 요인이 되어 왔다. 그 가운데 최근 암모니아(NH3)가 수소의 저장·운송을 개선할 수 있는 유력한 수단으로 부상하고 있다. 암모니아는 산업 전반에 흔히 사용되는 화학물로 비료·요소수 등에 100년 이상 활용된 무기화합물로 연간 약 1.5억 톤(Statista, 2022년)이 생산되며, 질소(N)와 수소(H) 원자로만 구성되어 연소 시 이산화탄소(CO2) 대신 일부 질소 산화물만을 배출해 그 자체로 완전한 친환경 물질이라고 볼 수 없으나 고온 열분해(Cracking)\*를 거치면 해로운 부산물 없이 수소로 탈바꿈하는 잠재력을 보유하고 있다.

\* 암모니아는 약 650°C의 고온에서 수소(H2)와 질소(N2)로 열분해되며, 이 분자들은 이(二)원자분자로서 온실가스의 특성을 갖지 않아 기후 변화를 유발하지 않음

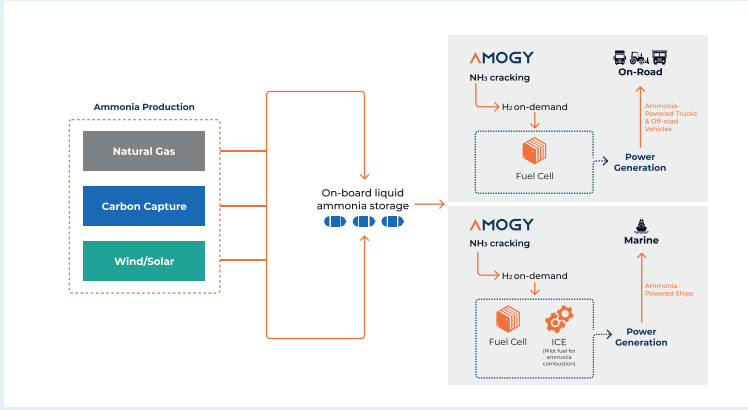
### [ 암모니아와 수소의 특성 비교 ]

구분	암모니아	수소
분자식	NH3	H2
비등점	-33.5°C	-253°C
발화점	651°C	535°C
질량 에너지 밀도	18.9MJ/kg	120MJ/kg
체적 에너지 밀도	12.7MJ/L	8.5MJ/L

### [ Amogy의 암모니아 기반 수소연료전지 트럭 실증 차량 ]



\* 출처: 한국에너지기술연구원, Ammonia as a Marine Fuel(by NTU), Amogy \*\* 체적 에너지 밀도는 액화 시 기준



또한 체적 에너지 밀도가 높아 저장·수송이 용이하고 기 보급된 인프라를 활용할 수 있는 이점도 갖고 있는데 21년 기준 전 세계 64개국 490개의 시설에서 암모니아가 생산되고, 120개 이상의 항구에 암모니아 터미널이 구축되어 있어 암모니아 생산 및 국가 간 수송을 위한 인프라가 상당히 갖추어진 상태다.(Ampower 外) 수소와 비교 시 암모니아는 질량 에너지 밀도는 상대적으로 낮으나 체적(부피) 에너지 밀도는 오히려 더 높고 액화가 용이\*하여 선박·차량 등을 통해 더 많은 양의 에너지를 한 번에 수송할 수 있다는 강점이 있다.

\* 암모니아는 액체가 기체로 변하는 비등점이 -33.5°C로 LPG(-42°C)보다도 높고, 상온에서도 약 10atm의 압력을 가하면 액화되는 반면에 수소는 비등점이 -253°C로 극저온에서만 액화가 가능하다는 차이가 있음.

### 일부 기업은 암모니아 열분해 장치와 연료전지 패키징으로 모빌리티 등에 적용 개시

최근 Amogy 등 일부 기업들은 암모니아의 장점에 착안하여 수소의 저장·수송은 암모니아를 활용하되, 현장(on-site)에서 암모니아를 열분해하여 수소를 추출한 후 연료전지를 작동시키는 시스템을 개발했다. 미국 스타트업인 Amogy는 암모니아 열분해 장치와 수소연료전지를 패키징하여 UAV, 트랙터, 트럭\* 등에 적용 가능성을 입증하였으며, 최근에는 2023.4Q 목표로 암모니아 기반 선박용 수소연료전지 파워팩을 개발 중이고 이스라엘 기업인 Gencell은 액상 암모니아를 활용하는 저온 알칼리 연료전지(Alkaline Fuel Cell)를 통해 원하는 장소에서 바로 전력을 생산하고 산업용 디젤 엔진을 대체하기 위한 사업을 전개 중이다.

\* 2021년 5kW급(UAV), 2022년 100kW급(트랙터), 2023년 300kW급(트럭) 실증 완료 후 최근 선박용 1MW급 개발 중

### 배터리에 전적으로 의존할 수 없는 다양한 모빌리티 분야 활용 가능성 높아

암모니아 기반 수소연료전지 기술이 상용화될 경우, 구동 배터리 충전에 긴 시간이 요구되는 상용차나 무거운 배터리 탑재가 여의치 않은 선박·항공 분야의 친환경화를 빠르게 달성할 수 있다. 최근 Tesla의 Semi 등 배터리 기반 대형 상용차는 그 기능성에도 불구하고 긴 충전 시간이 시장 수용성을 저해할 가능성이 있고, 선박·항공기 등도 중량 문제로 배터리에 전적으로 의존하기에는 현실성이 부족하다. 반면 체적 에너지 밀도가 높은 액상 암모니아를 상용차, 선박, 항공기 등에 실어 연료전지를 거쳐 전기 구동할 경우, 충전 시간을 단축할 수 있고 배터리 중량 증가에 따른 에너지 효율 감소도 최소화할 수 있다. 한편, 암모니아를 연료전지가 아닌 내연기관에 활용하는 기술은 완전히 친환경적인 대안은 아니나 이산화탄소 배출 저감 가능성이 있으므로 장기적인 로드맵 하에서 모빌리티 활용 가능성이 있다. 中 광저우차(GAC)는 2023년 액상 암모니아 기반 승용차용 엔진을 개발하였고 HD현대중공업 등은 선박용 암모니아 엔진을 개발 중인데, 이러한 엔진에서 배출되는 질소계 오염물질은 촉매 등으로 제어될 수 있다.

### 수소 모빌리티의 개화 돕는 암모니아 활용의 기술적·경제적 허들 낮춰야

현 단계에서는 고농도 암모니아는 인체 접촉 시 피해를 유발할 수 있고 인화성이 높은 암모니아 위해성 문제 해결을 통한 소비자 수용성 제고, 암모니아 기반 수소 연료전지 상용화 연구\*, 암모니아와 유사한 역할을 하는 액상유기수소운반체(LOHC) 연구 등이 요구된다. 암모니아-수소 관련 산업이 규모의 경제를 확보할 수 있도록 암모니아와 수소연료전지를 연계한 분산형 지역 발전 시스템, 가정·건물 내 비상 전원 시스템 등 다양한 응용처를 발굴하는 것도 필요하다.

\* 충전 등의 과정에서 암모니아 유출을 방지하는 기술, 암모니아와 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)의 상호작용 연구, 암모니아에 대해 내식성을 가지는 소재 연구 등

# 배터리 교환식 전기차의 가능성과 필요성

이서현 한국자동차연구원 산업분석실 선임연구원

## KATECH INSIGHT

- ◆ 배터리 교환식(Battery Swapping) 전기차는 충전시간·전력부하관리·배터리 회수 등 문제를 보완할 수 있다고 평가되나 소비자 수용성·표준화·안전성 등 단기 해결이 어려운 문제를 안고 있음
- ◆ 배터리 교환식은 유선충전의 단점을 보완하는 기술로서 가능성은 갖고 있으나, 현행 기술·시장 여건 등을 고려할 때 그 필요성은 제한적일 수 있음

### 전기차 유선충전 방식의 단점 보완하는 기술로 배터리 교환식 전기차 거론

전기차 충전방식으로 현재 유선충전이 일반적으로 사용되나, 충전시간 등 단점을 보완하는 대안으로서 교환소에서 배터리 모듈 또는 팩을 교환하는 배터리 교환식(Battery Swapping)이 검토되고 있다. 전기이륜차(e2w)의 경우 배터리 팩 표준화가 진행되며 배터리 교환식이 보편화된 데 비해 배터리 교환식 전기차(e4w)의 경우 중국 기업 중심으로 투자가 지속되고 있고 전기이륜차용 배터리 팩을 초소형 모빌리티, 전기사륜차(e4w) 등에 적용하려는 시도는 존재하나 실효성은 아직 낮다고 평가된다.(2023.3월 日 Honda 경차 N-VAN의 개조 전기차 등)

배터리 교환식 전기차 및 교환소, 교환 서비스 기업은 대다수가 중국 기업이다. 일반 소비자에 배터리 교환식 전기차를 일정 대수 판매하는 기업으로는 중국의 NIO가 거의 유일하나 창업 이래 계속 적자를 기록 중이며 NIO 외에 중국 자동차 제조사 Geely, BAIC 등도 배터리 교환식 전기차를 생산하나 택시·카셰어링 등에 제한적 활용된다. 한편 대형전기상용차\*의 경우 일각에서는 주행 경로가 일정하여 배터리 교환소를 특정 구간에만 설치하면 되므로 배터리 교환식이 성공할 가능성이 높다고 평가한다.

\*중국 중대형트럭(重卡) 판매량 중 배터리 교환식 전기차 비중은 2022년 1.8%→2030년 27.7%로 증가 전망(开源证券)

### 배터리 교환식 전기차는 충전시간·전력부하관리· 배터리 회수 등에 장점이 있다는 평가가 존재

일반적으로 배터리 교환에는 약 5분이 소요되므로 수십 분 이상 이 소요되는 유선충전 대비 충전시간을 단축할 수 있으나 급속충전 기술이 발전하면서 격차가 줄어들고 있다. 최근 현대차그룹, 美 Lucid, 中 Xpeng 등이 800V 아키텍처 적용을 통해 유선 급속 충전 속도를 크게 개선하고 있는데 아이오닉5·6 등 현대차그룹 E-GMP 기반 전기차는 약 18분 만에 전기차 배터리 잔량을 10%에서 80%까지 충전 가능하다. 또 교환소에서 전력 수요를 고려하여 배터리를 사전에 충전하므로 전력부하관리가 유선충전 방식도 원격제어 기능을 적용하면 충전을 탄력적으로 조절할 수 있어 전력부하관리 능력을 개선할 수 있다. 영국은 지능형 전력 수요관리를 위해 2022년 6월부터 가정용·직장용 완속 충전기에 원격제어 기능 적용을 의무화했으며, 일본도 2023년 3월부터 충전기에 원격제어 기능 적용을 의무화하는 방안을 검토 중이다.

### 단배터리 교환·구독 서비스에 대한 소비자 수용성, 표준화, 안전성 등 문제는 단기 해결이 어려움

車 제조사는 배터리 교환·구독 서비스\*를 통해 배터리를 쉽게 회수할 수 있으며 새로운 수익도 창출할 수 있으나 배터리 교환·구독 서비스에 대한 소비자 수용성이 단기에 개선되기는 어려울 전망이다. 中 NIO는 배터리 교환식 전기차를 2022년 약 12만 대 판매했으며 배터리 교환소를 계속 증설하는 성과를 보이고 있으나 이는 소비자 수용성을 높였다고보다 공격적인 무료 배



터리 교환 서비스에 기인한 바가 크다. NIO는 무료 배터리 교환 서비스를 2020. 10. 11. 이전 구매자에는 평생 무제한, 2020. 10. 11.~2023. 6. 11. 구매자에는 월 4~6회 제공했으나 적자를 줄이기 위해 2023. 6. 12. 이후 구매자에는 유료 옵션을 선택해야 월 4회 제공한다. 또 NIO는 유럽진출 당시 배터리 구독 옵션만 제공했으나 소비자 반응이 좋지 않아 2달 만에 배터리 구매 옵션을 제공했다. 이는 세제 혜택으로 신차 판매 중 법인차량의 비중이 50% 수준으로 높은(산업동향 Vol. 95 '脫하이브리드를 지향하는 EU 친환경 경차 정책' 참조) 유럽에서도 배터리 소유권 분리 방식에 대한 소비자 수용성은 높지 않다는 점을 시사한다.

\*배터리 회수 촉진책으로 배터리 위치를 추적하는 캐넥티드 기술을 적용하는 방식, 배터리 회수 협력 시 보상을 지급하는 방식 등도 있으나 전기차 제조사는 수익성이 높은 교환·구독 서비스(BaaS) 방식을 선호할 것으로 생각됨

또한 규격이 표준화되지 않아 다른 제조사 전기차 간에 배터리 교환소 교차 이용이 어렵다. 중국 CATL, 미국 Ample 등이 모듈식 배터리 교환 솔루션을 개발하고 표준화를 추진하고 있으나 한계가 존재한다. 최근 中 배터리 기업 CATL은 모듈식 배터리 교환 솔루션 Choco-SEB(승용차용), QJ(대형상용차용)을 발표, 다양한 제조사의 차와 호환할 수 있다고 주장하나 전기차 제조사들의 수용 가능성은 낮을 것으로 예상된다. 또 中 배터리 충전·교환 서비스 기업 Aulton은 다양한 제조사\*의 차에 배터리 교환 서비스를 제공하는 협업 관계를 맺고 있으나, 협업 대상은 대부분 배터리 분야 경쟁력이 약한 제조사이다.

美 스타트업 Ample은 모듈 용량을 낮춰 교환소 설비 비용을 절감하고 다양한 차와 호환할 수 있다고 주장하나, 일반적 전기차에 필요한 전력량을 공급하기 위해서는 모듈 수십 개를 교환해야 하

[ 유선충전 대비 배터리 교환식 전기차의 상대적 장·단점 ]

구분	배터리 교환 서비스 종류	설명
장점	충전시간 단축	유선충전보다 충전시간을 단축할 수 있음. 단 급속충전 기술개발로 격차가 줄어들 수 있음
	전력부하관리 용이	배터리 교환소에서 배터리 충전을 일괄 관리하므로 전력부하관리가 용이해짐
	배터리 회수 용이	배터리를 교환 서비스 기업이 관리하므로 배터리 회수·재활용이 용이해짐
	소비자 부담 경감	초기 구매비용이 낮아지고 배터리 감가분이 없어 잔존가치가 높게 보존되므로 소비자 부담이 경감된다는 견해 존재 (단 中 NIO의 non증 중고차는 무료 배터리 교환 서비스 혜택을 승계할 수 없으며 중국에서도 배터리 교환식 전기차 중고 거래는 아직 활발하지 않음)
	배터리 성능 유지	배터리를 교환 서비스 기업이 관리하므로 배터리 성능을 양호한 수준으로 유지할 수 있음
단점	소비자 수용성	배터리-전기차 간 소유권 분리 방식에 대한 소비자 수용성은 단기 개선이 어려울 전망
	대량의 배터리 필요	전기차 대수보다 더 많은 수의 배터리를 갖춰야 하므로 원자재 수급·배터리 비용 부담 가중
	안전성 문제	배터리 교환을 반복하는 과정에서 결합부가 노후되어 안전 문제가 발생할 가능성 존재
	높은 교환소 건설·운영유지 비용	교환소 건설비용이 유선충전소 건설비용보다 높는데다 전기차 배터리 교환에는 로봇 등 자동화 설비가 반드시 필요하므로 대중화가 진행되어도 운영유지 비용 또한 낮추기 어려움
	표준화 문제	규격이 표준화되지 않아 다른 제조사 전기차 간에 배터리 교환소를 교차 이용하기 어려우며, 현재 시장 점유율을 고려할 때 배터리 교환소가 유선충전소와 입지 경쟁에서 이기기 어려움 中 배터리 기업 CATL, 美 배터리 교환 스타트업 Ample은 모듈식 배터리 솔루션을 개발하여 표준화를 추진하고 있으나 전기차 제조사는 타사와의 차별성 유지를 위해 이를 수용하지 않을 가능성이 높음

[ 현행 전기 승용차, 대형상용차용 배터리 교환 서비스 현황 및 비교 ]

(단위:kWh, 위안/월, 위안/kWh)

구분	기업명	배터리 교환 서비스 종류	배터리용량 (kWh)	기본요금 (위안/월)	충전 요금 (위안/kWh)	비고	
승용차	中 NIO	표준	75	980	13.07	배터리는 CATL이 공급. 표준·대용량 배터리별 에너지밀도는 142.1, 185.4Wh/kg이며 車 가격 할인 폭은 7만, 12.8만위안	
		대용량	100	1,680	16.80		
	中 Aulton	BAIC EU급속 배터리 교환식	45	458	10.18	Aulton은 현재 주로 택시, 카셰어링에 교환 서비스를 제공하며 배터리·전기차는 자체 생산하지 않음. 배터리 교환식 옵션 선택 시 BAIC 車 가격 할인 폭은 5만위안	
	中 CATL	Choco-SEB (巧克力换电块)	모듈 1개당 26.5	399	15.06	필요에 따라 모듈 3개까지 탑재 가능. 에너지밀도 160Wh/kg 이상이라 주장	
	美 Ample	Ample	모듈 1개당 2.5	-	-	명시한 바 없으나 교환소에서 하루에 50kWh 배터리 48개를 교환 가능하다고 했으므로 모듈 20개까지는 탑재 가능	
유선	국가별 충전사업자별로 기본요금·충전요금이 상이하여 직접 비교는 어려움. 보통 중국에서 가정용 충전기를 이용한 완속충전 요금은 약 0.6위안/kWh, 상업용 전기를 사용하는 공공충전기 급속충전 요금은 약 1.6-1.8위안/kWh						
대형 상용차	교환	中 CATL	Qiji (骐骥)	모듈 1개당 171	-	-	필요에 따라 모듈 3개까지 탑재 가능. 에너지밀도 500Wh/kg라 주장
	유선	현재는 J3068 완속충전만 이용 가능. 급속충전 규격 ①-③이 개발되고 있으며 모두 2024년 출시 목표 ① Megawatt Charging System(유럽 주도): 1,250V, 3,000A, 출력 3.75MW / 45분 내 완충 목표 ② Tesla Megacharger(북미 주도): 1,000V, 불명, 출력 1MW 이상 / 30분 내 70% 이상 충전 목표 ③ Ultra-ChaoJi(일-중 주도): 세부 내용은 불명(2021년 당시 1,500V, 600A×2, 출력 1.8MW 목표)					

므로 교환시간이 길어져 장점이 희석된다.

한편 2023년6월 말 中 Geely의 카셰어링 차량에서 배터리가 주행 중 분리되는 사고 발생하는 등 배터리 교환을 반복하는 과정에서 결합부가 손상·노후되어 안전 문제가 발생할 가능성이 있다.

\* FAW, Dongfeng, Changan, SAIC, BAIC, GAC, Dongfeng-Nissan, Hozon 등 16개사로 알려져 있음

**대형전기상용차의 경우 배터리 교환식 도입 가능성 높다고 평가되나 실제 필요성은 주요국의 운전자 법정 의무 휴식시간 규정 등에 따라 달라질 것**

中 CATL은 Qiji를 통해 대형상용차 배터리를 수 분 내에 교환할 수 있어 수익을 높일 수 있다고 주장하나 충전시간이 단축되어도 법정 의무 휴식시간으로 인해 운전자의 편익에는 큰 차이가 없을 수 있다. 우리나라는 화물차를 2시간 이상 연속 운전한 운전자에 15분 이상, 일본은 화물차를 4시간 이상 운전한 운전자에 30분 이상, 중국은 자동차를 4시간 연속 운전한 운전자에 연속 20분 이상, 미국은 화물차를 8시간 이상 운전한 운전자에 연속 30분 이상, EU는 3.5톤( 26.7월부터 2.5톤) 이상 화물차·승차정원 10인 이상인 승용차를 4.5시간 연속 운전한 운전자에 45분 이상의 휴식을 의무화해 미국·유럽에서 개발 중인 대형전기상용차 급속충전 규격은 의무 휴식시간 내 70% 이상 충전을 목표하는데, 이들 규격이 출시되면 유선충전과 배터리 교환식 간 가동률 차이는 크지 않을 전망이다. 다만 의무 휴식시간 규정은 운전자에게만 적용되

로 법인 소유의 대형전기상용차를 운전자가 교대하여 운전한다면 배터리 교환식을 도입함으로써 급속충전을 도입했을 때보다 더 높은 가동률을 달성할 수도 있다.

**배터리 교환식은 유선충전의 단점을 보완하는 기술로서 가능성이 있으나, 현행 기술·시장 여건 등을 고려할 때 필요성은 제한적일 수 있어**

전기이륜차의 경우 전 세계적으로 배터리 교환식이 보편화되고 있으므로 우리나라 기업도 배터리 교환식 전기이륜차 및 그 교환소 보급, 교환 서비스 운영 등에서 새로운 사업 기회를 창출할 수 있다. 그러나 배터리 교환식 전기차(e4w)를 보급하기 위해서는 여러 난제를 해결해야 하며, 주요국의 현행 법·제도상 배터리 교환식 대형상용차의 도입 필요성 또한 제한적일 수 있다.

# 한국자동차산업의 경쟁력, 한국자동차연구원이 함께 합니다! 한국자동차연구원 기술이전



KATECH

한국자동차연구원은  
핵심기술인 소재기술, 시스템기술, 부품기술과  
보안기술인 평가환경구축기술, 검증 기술, 신뢰성 기술을  
개발 및 전수하고 있습니다.

한국자동차연구원 기술이전 홈페이지 통해  
더 많은 정보를 확인할 수 있으며,  
기술이전 상담신청이나 기술이전 설명회 참가 신청 등  
기술이전과 관련된 다양한 서비스를 제공하고 있습니다.

<https://tlo.katech.re.kr>



한국자동차연구원  
우수기술 이전문의

담당자: 손민구 책임 Tel\_041-559-3060 mgson@katech.re.kr  
문환식 책임 Tel\_041-559-3055 hsmun@katech.re.kr

기술이전이란 기업이 기존 사업확장 및 신사업 창출 등을 위해 필요한 기술을 KATECH으로부터 제공받아 자체 실시할 수 있도록 전수 받는 것입니다.

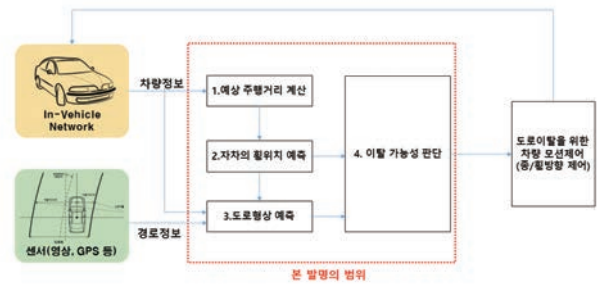


# 도로이탈방지를 위한 이탈예측 장치 및 방법

고정된 TLC를 이용하여 도로이탈유무만을 판단함으로써 복잡한 연산과 많은 예외처리를 생략하고 차량 궤적과 도로 형상에 곡률을 반영하여 이탈 판단의 성능을 향상시키는 방법임.

## 개발상태

- 파일럿규모의 기본성능 평가완료

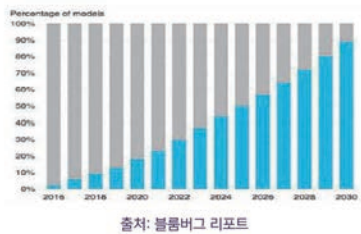


## 우수성

- TLC를 실시간으로 계산하던 기존의 방식에서 고정된 TLC를 이용하여 도로의 이탈유무만을 판단함으로써 복잡한 연산을 간략화함
- 직선으로 단순화 하였던 차량궤적과 도로형상에 곡률을 반영하여 이탈판단의 성능을 향상시킴



시장동향	활용분야
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloomberg 보고서에 따르면 2030년까지 전체 자동차의 90%가 첨단운전자지원 시스템을 장착할 것이라는 전망예측</li> <li>• 최근 ISO에서 신규적용되는 도로이탈 방지(RBDPS, Road Boundary Departure Prevention System) 기능의 경우, 차선의 이탈을 일부 수용하는 LKAS/ LDWS와는 달리, 철저한 이탈방지를 수행해야 함. 따라서 도로이탈판단 기능과 예측장치기능의 중요도가 높아짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LKS 및 LDWS가 적용된 양산차량</li> <li>• 횡방향제어시스템이 적용되는 자율주행시스템</li> </ul>



## 지식재산권 현황

NO.	특허명	출원일	출원번호	등록번호
1	자선이탈 예측 장치 및 방법	2020. 11. 16	10-2020-0153014	-

# 돌발상황 시 주변차량 경로예측 알고리즘 개발을 위한 학습데이터 가공 방법

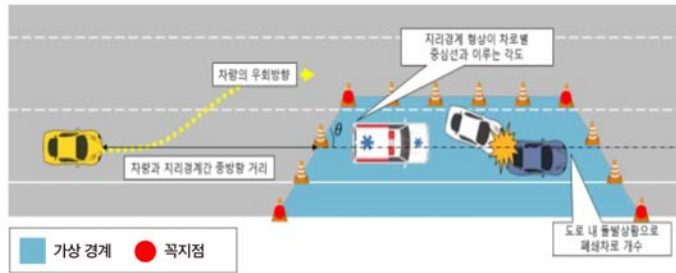
본 발명은 자율주행에 사용되는 인공지능을 기계 학습시키기 위하여 학습 데이터 가공 시스템이 학습 데이터를 가공하는 방법이다  
 - 돌발상황 지리경계(geo-fence)를 정의하는 볼록포(Convex-hull) 및 꼭지점(Vertex) 정보를 지리경계(geo-fence)의 Context 정보로 가공하는 특징을 갖고 있다.

## 개발상태

- 기본 성능검증 및 시제품 제작

## 우수성

- 돌발상황을 단순 event로만 보지않고 지리경계(geo-fence)의 형상, 지리경계(geo-fence) 영역과 차량간 거리, 차량의 우회방향 등 Context 정보를 수집할 수 있어 돌발 상황에 대해 입체적이고 다양한 데이터를 얻을 수 있다.

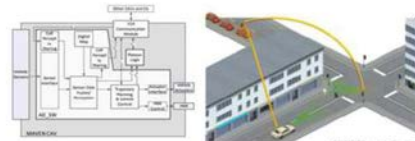


실도로 상 돌발상황 지리경계(geo-fence) 정보 예시

시장동향	활용분야
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 자율주행차 시장규모는 2025년 약 3조 6193억 원, 2030년 약 15조 3404억 원, 2035년에는 약 26조 1,794억 원을 달성하여 연평균 40.0% 성장할 것으로 예상됨.</li> <li>• 정부주도 하 자율주행자동차의 확산에 대해 2020년 5월 자율주행자동차상용화촉진 및 지원에 관한 법률(자율주행자동차법)을 제정, 2024년까지 자동차와도로 간무선통신망, 3차원 정밀 지도, 통합관제시스템, 도로 표지 등 4대 인프라를 구축할 예정임</li> <li>• 국내의 경우 영상센서 및 레이더 센서를 활용한유고 상황의 인지 기술을 활발히 진행되고 있음(독일 MAVEN 프로젝트)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행차 경로생성 알고리즘</li> </ul>

< 국내 자율주행차 시장 전망(20년~35년), 출처 : KISTI >

구분	2020년	2025년	2030년	2035년	CAGR(%)
조건부 자율주행 (레벨3)	1,493	28,55	80,753	114,610	33.6
완전 자율주행 (레벨4 이상)	15	7,341	72,65	147,183	84.2
합계	1,508	36,19	153,404	261,794	41.0



자주행차와 통신호체계를 연계하여 돌발 상황 현장을 제어하는기술예시

## 지식재산권 현황

NO.	특허명	출원일	출원번호	등록번호
1	돌발상황 발생시 주변 차량 경로 예측 알고리즘 개발을 위한 학습 데이터 가공 시스템 및 그 방법	2021. 12. 24	10-2021-0187757	

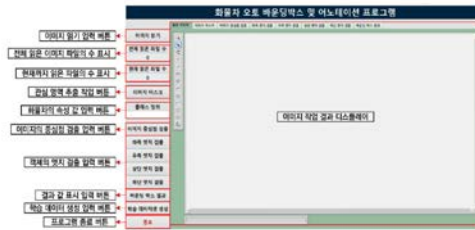
| 스마트자동차기술 | 전력기반 자동차 기술 | 배터리 기술 |

# 화물차 이미지 딥러닝을 위한 데이터 가공 모듈

본 발명은 시 기반 과적 의심차량 단속을 위한 화물차의 이미지 학습 데이터 셋을 자동으로 생성하기 위해 발명되었다. 작업자의 개입을 최소화하여 화물차의 이미지 학습 데이터 셋을 자동 생성하여 작업 시간을 단축할 수 있다.

## 개발상태

- 실제 환경에서 성능검증 추진



## 우수성

- 화물차의 이미지 학습데이터 셋을 자동으로 실제 값을 생성하여 작업시간을 단축하고 작업자의 개입을 최소화하여 데이터 셋을 자동생성한다.
- 객체 검출 및 추적에 사용되는 딥러닝 모델을 학습하기 위한 학습 데이터 셋을 제공한다.

시장동향	활용분야
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정보통신기술 발전과 코로나19로 인한 비대면 기술 수요 증가 등으로 공공데이터 개방 건수가(2021년 기준) 지난해에 견줘 63.4% 증가 한 것으로 나타났다. 국내 데이터 산업 시장도(2021년 기준) 지난해 19조 원 규모를 돌파했다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시 데이터 학습에 필요한 자동 이미지 셋 생성 시스템</li> </ul>



## 지식재산권 현황

NO.	특허명	출원일	출원번호	등록번호
1	화물차 이미지 딥러닝을 위한 데이터 가공 모듈	2022. 10. 21	10-2022-0136325	10-2481976

## 자율주행 주요 키워드

## Issue &amp; Keyword

### 수요응답형 교통수단 DRT(Demand Responsive Transport)

DRT는 승객 요청에 따라 운행 노선과 시간이 정해지는 응답형 교통수단이다. 시내버스가 정해진 노선을 따라 일정한 시간 간격을 정해 달리는 반면 DRT는 승객들의 호출을 받아 상황에 따라 최적의 운행 노선을 구성해 운행하는 게 특징이다.

승객감소로 인해 정기적인 대중교통 운영이 어려운 농어촌 지역이나 도심의 심야시간대 교통 불편 해소 등 주로 대중교통이 원활하지 못한 지역이나 상황에 대안으로 고려되고 있다. 승용차, 승합차, 미니버스 등 차종의 제한은 특별히 없다.

국내에도 수요응답형 교통수단 사례는 다양하지만 2021부터 2년간 운행했던 인천 송도와 영종도의 I-MOD의 경우 적자를 감당하지 못해 올해부터 운영을 중단될 만큼 적자 해소를 위한 해법이 필요하다. 앞으로 고령화와 저출산으로 인해 교통약자나 교통취약지역이 증가할 것으로 보여 자율주행 레벨 4 기술이 꼭 필요한 분야 중 하나다.

### V2X(Vehicle to Everything)

V2X는 유·무선 통신망을 이용하여 주변 차량 및 도로 인프라 등과 정보를 교환하거나 공유하는 기술을 의미하며 차량과 차량간(V2V, Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라간(V2I, Vehicle to Infrastructure), 차량과 보행자간(V2P, Vehicle to Pedestrian), 차량과 모바일 기기간(V2N, Vehicle to Nomadic Device) 통신도 포함한다. 라이다, 레이더, 카메라 등 센서의 인식 범위 한계를 보완해 인식이 어려운 상황에서 주변 환경 인지에 큰 도움을 줄 수 있다.

국내에서는 기존 WAVE 기술과 이동통신 기술을 기반으로 차량간 통신에 적합하도록 개장된 무선 통신 기술인 C-V2X 기술을 놓고 아직 통신방식을 결정하지 못한 상태다

### 운전자 모니터링 시스템 DMS(Driver Monitoring Systems)

DMS는 운전자 모니터링 시스템으로 최근 부상하고 있는 안전 기술 중 하나이다. 카메라를 통해 운전자를 모니터링해 주의가 산만해지거나 졸음 상태가 되면 경고해 사고 발생을 예방하는 기술이다. 운전 중 휴대전화 사용, 흡연, 음식물 섭취 등 운전자의 상태 확인이 가능하며 운전자의 얼굴에서 안구의 움직임, 눈꺼풀 깜빡임 등을 파악해 졸음 상태도 모니터링 한다.

첨단 운전자 보조 시스템인(ADAS) 기술과 함께 앞으로 운전자의 안전도를 더 높일 것으로 기대할 수 있다. 특히 미국에서는 앞으로 판매되는 모든 신차에 운전자 모니터링 시스템 적용 의무화를 위한 법제화 노력이 진행되고 있다.

### 차량용 무선 업데이트 OTA(Over the Air)

차량 소프트웨어 업데이트를 무선으로 할 수 있는 기술이다. 과거와 달리 최근 내비게이션은 스마트폰처럼 자동 무선 업데이트를 통해 최신 지도 및 소프트웨어를 업데이트하는 것이 가능한데 인포테인먼트를 비롯한 차량 제어기의 소프트웨어의 무선 업데이트 보편화 될 전망이다.

무선 업데이트는 대규모의 차량에 대한 즉각적인 업데이트가 가능한 장점을 갖고 있고 차량의 소프트웨어화가 발달함에 따라 차량 성능 개선 등 유료화 서비스를 통해 장기적으로 수익성도 역시 기대할 수 있다. 특히 자율주행과 관련하여 OTA는 정기적인 업데이트를 통해 자율주행차량의 성능 향상에 필요한 기술이다.

안정적인 OTA 구현을 위해서는 부분적인 업데이트를 지원하는 차분 업데이트 (Incremental update), 업데이트 실패 시 복구를 지원하는 메모리 이중화 기술, 다운로드 시 다른 조각을 가능하도록 하는 백그라운드 다운로드, 업데이트를 자동으로 설치하는 자동 설치 기술이 필요하다.



## 자율주행트랙터

늘어나는 곡물 수요와 달리 최근 농촌 고령화와 농촌인구 이탈로 인해 농업의 노동력 부족은 심각한 상태다. 이런 상황으로 자율주행 기술이 가장 빠르게 발전하는 분야가 바로 농업이다. 그중 트랙터는 농가에서 자주 사용하는 농기기로 별도의 자율주행 단계를 갖고 개발 중이다.

NH3	Lv. 0	Lv. 1	Lv. 2	Lv. 3	Lv. 4
-33.5℃	원격제어식	자동조향	자율주행	자율작업	무인자율작업
자동화 범위		조향	조향 변속	조향 변속 작업	조향 변속 작업 지능
기술특성	리모트컨트롤 이용 제어	자동 직진 조향	자동 경로 생성·추종	경로생성·추종 + 작업기제어	무인완전자율 주행·작업

현재 우리나라에서는 LS엠트론, 동양물산, 대동공업 등 국내 주요 농기계 전문 기업들이 레벨 1은 완전구현 단계 수준이고 레벨 2와 레벨 3 기술도 부분적으로 개발한 상태다. 2022년 CES에서 세계 최대 농업용 중장비 업체인 미국 존 디어가 완전자율주행 트랙터 8R을 공개한 만큼 기술 격차 해소를 위한 노력이 필요하다.

## 통합 모빌리티 서비스 MaaS(Mobility as a Service)

서비스로서의 이동수단이라는 뜻으로 사용자에게 버스, 택시, 철도, 공유차량 등 다양한 이동수단에 대한 정보를 제공하는 새로운 모빌리티 서비스를 말한다.

MaaS는 인구 증가에 따른 교통 수요 해결, 도시 환경 문제 개선, 안전한 차량 운행, 개인화된 승객의 요구 사항 해결이라는 네 가지 비전을 제시하는 미래형 서비스 모델로 자율주행 기술이 뒷받침되어야만 현재 공유되는 비전을 실현할 수 있을 것으로 본다.

제한적이지만 로보택시의 24시간 운행이 시작된 만큼 앞으로 통합 모빌리티 서비스를 통해 편리하고 안전하며 깨끗한 지속 가능한 모빌리티 서비스를 기대해 본다.

## 자율주행 BRT BRT(Bus Rapid Transit)

BRT는 도로에서 버스의 통행을 일반 차량과 분리하여 정시성과 수용량을 높은 대중교통 시스템을 말한다. 도시철도와 비교하면 수송 능력이 떨어지지만 저렴한 건설비로 도심 경전철의 효과를 기대할 수 있다.

국제 기준으로 보면 서울, 부산의 중앙버스전용차로 역시 BRT로 구분되나 국내에서는 이를 보통 분리해서 본다. BRT의 장점에 자율주행 기술을 도입한 자율주행 BRT는 새로운 모빌리티 서비스의 이동 수단 중 하나가 될 것으로 예상된다.

## 4D 이미징 레이더 (4D imaging Radar)

자율주행 센서 중 하나인 라이다 센서 대안으로 4D 이미징 레이더가 주목받고 있다. 4D 이미징 레이더는 전파를 송수신하는 안테나를 수평, 수직으로 배치하여 물체의 대략적인 모양을 인식할 수 있도록 하는 레이더 센서이다. 일반적으로 4D 이미징 레이더는 3차원 객체 인식과 함께 객체의 속도 인식까지 가능하다는 점을 고려해 4D라는 명칭을 사용하고 있다.

4D 이미징 레이더를 적용할 경우 기존 레이더의 오인식 가능성을 크게 낮출 수 있는 장점과, 카메라, 라이다 센서와 비교해 기상 조건에 제약이 적은 장점이 있어 자율주행 센서 중 하나로 기대받고 있다. 4D 이미징 레이더는 해상도도 있어 라이다와 비교하면 많이 떨어지지만 대량 양산 시 가격 경쟁력을 가질 것으로 본다.



# 모빌리티 인사이트 독자 후기 설문 참여해주세요!

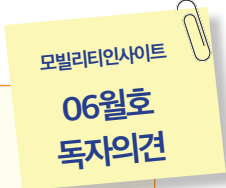
격월간 <모빌리티 인사이트>는 미래 모빌리티 핵심기술 개발 이외에도 정책 연구와 기업 지원 등을 확대하여 우리 자동차산업이 급변하는 산업 패러다임의 변화에 선제적으로 대응할 수 있는 기반을 마련하기 위한 자동차산업 정보지입니다. 모빌리티인사이트는 한국자동차연구원 홈페이지(www.katech.re.kr)를 통해서도 보실 수 있습니다.

모빌리티 인사이트에서는 독자 설문 이벤트를 통해 참여해 주신 독자 30명을 선정하여 <모빌리티 인사이트>에서 준비한 소중한 선물의 드립니다. 독자 여러분의 다양하고 솔직한 의견이 발전에 큰 힘이 됩니다. 많은 참여 부탁드립니다.

- 참여 기간 : 2023년 9월 10일 부터 ~ 10월 22일까지
- 참여 방법 : 온라인 설문
- 참여 대상 : 모빌리티 인사이트 독자 누구나
- 당첨자 선정 및 발표 : 무작위 랜덤 추첨, 당첨자 개별 공지 예정 (경품은 8월 25일 일괄 발송 예정/ 관련문의 02-2661-6786)
- 응모 방법 : 1. 우측 상단의 QR코드를 이용해 모빌리티인사이트 독자 설문 이벤트 접속 (온라인 : <https://url.kr/rc2tmv>)  
2. 간단한 개인정보 입력(경품배송정보로 활용)  
3. 설문조사 문항을 읽고 설문 작성



1. 자동차 관련 정보나 지식을 주로 어디서 습득하십니까? (중복 선택 가능)
  - 온라인 뉴스
  - 자동차 전문 매거진
  - 기타(카페/블로그 등)
  - 컨퍼런스 세미나 등 행사 참석
  - 주변 자동차 업계 지인
2. 미래 모빌리티 산업으로의 패러다임 전환에 따라 본인이 평소 가장 관심을 갖는 분야를 선택 바랍니다 (중복 선택 가능)
  - 자율주행
  - 도심형 항공모빌리티(UAM)
  - 기타
  - 친환경 차량(전기차, 수소차 등)
  - 컨넥티비티 & 인포테인먼트
3. 한국자동차연구원이 출간하는 [모빌리티 인사이트]는 구독자에게 원내 R&D 기술에 대한 다양한 정보를 제공하고자 노력하고 있습니다. 내용 습득에 있어, 이해도 수준은 어떻게 생각하십니까?
  - 이해가 잘 된다
  - 어려운 내용이 많아 이해하기 어렵다
  - 보통이다
  - 기타
4. [모빌리티 인사이트]가 자동차 산업의 방향을 제시하는데 있어 유용한 정보 채널이 될 것이라고 생각하십니까?
  - 매우 그렇다
  - 그렇다
  - 아니다
  - 그렇다
  - 기타
  - 보통이다
5. [모빌리티 인사이트]에 추가적으로 바라는 점을 자유롭게 작성 부탁드립니다.



### 이용석님

이슈얼에 대해 많이 알게 되었고 유익한 정보들 감사합니다. 자주 보고 있는데 매호마다 아니더라도 분기별로 분기별로 자동차 산업 통계들 특히 국가별 자동차 판매량 등 정확한 정보가 있었으면 좋겠습니다.

### 이희재님

내연기관자동차도 현재 중요한 부분을 차지하고 있는데, 전기차, 수소차 등의 핫이슈뿐만 아니라 내연기관의 이슈도 다루어 주면 좋겠습니다, 전기차,수소차 등의 핫이슈를 다룰 때 함께 내용을 러치해 줄 방안이 있을지 모르겠는데 내연기관의 생존방법 또는 이와 유사한 내용 등을 부탁드립니다.

### 박소정님

탄소중립이 화두가 되면서 바이오 연료에 대해 공부 중이었는데, 모빌리티 인사이트 보면서 많은 정보 얻어갑니다! 앞으로 인포테인먼트에 쓰이는 소재에 대해서 다뤄주시면 감사하겠습니다.

### 강혜빈님


유익한 정보 감사드립니다. 최근에 전기차 및 수소차 관련해서 탄소중립 이슈가 대두되고 있는데 관련 분야의 내용을 다뤄주셔서 유익하게 공부할 수 있었습니다.

대한민국 기술혁신이 시작되고 뻗어나가는 곳,  
혁신의 플랫폼 KIAT가 우리 산학연을 응원합니다.

우리가 산업기술 강국이 되기까지 걸어온 길에는  
많은 기업, 대학, 연구소의 땀이 스며 있습니다.

기술혁신을 위한 산학연의 노력이 더 나은 삶으로 이어지도록  
한국산업기술진흥원이 뒷받침하겠습니다.





국내 자동차 산업의  
지속적인 혁신과  
성장 동력 발굴을 위한  
미래기술 개발 역량 강화에  
앞장서겠습니다.  
한국자동차연구원



모빌리티 인사이트 08월호

[www.katech.re.kr](http://www.katech.re.kr)

발행인 : 나승식

발행처 : 한국자동차연구원

충청남도 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303

TEL\_041.559.3114 / FAX\_041.559.3068

편집/디자인 : 브랜드캐스트(주) TEL\_02.2661.6786

※ 본 「모빌리티 인사이트」에 실린 보고서는 연구진이나 집필자의 개인적인 견해이므로 한국자동차연구원의 공식적인 의견이 아님을 말씀드립니다.

Copyright(c) 2023 KATECH(Korea Automotive Technology Institute) All right reserved.