

자율주행자동차 KNCAP(자동차안전도평가) 도입 시 평가항목과 고려사항에 관한 연구

우현구* · 이광구*

A Study on Assessment Items and Considerations for Development of KNCAP of Automated Driving System

Hyungu Woo*, Gwang Goo Lee*

Key Words: KNCAP(Korean new car assessment program, 자동차안전도평가), ADS(Automated driving system, 자율주행자동차), Assessment Items(평가항목), Considerations(고려사항)

ABSTRACT

As an alternative to solving safety, environments, and aging problems, ADS (Automated driving system) in the global automotive market is actively being developed as a new growth industry. In time for the appearance of ADS, relevant regulations and assessment programs must also be developed. For example, safety standards for the Level 3 automated driving system were promulgated in December 2019 by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government. However, assessment programs such as KNCAP for autonomous functions of ADS have not yet been introduced in Korea as well as globally. The autonomous driving functions of ADS at Level 3 or higher must be capable to recognize, judge and respond to objects and events in a wide variety of complex situations. In this paper, we examined and studied the complex situations, considerations and assessment items that ADS must respond to in the interest of safety for passengers, pedestrians and other road users. We hope this paper will be helpful to develop an execution program in the future.

1. 서론

세계 자동차 시장에서 자율주행자동차는 안전, 환경, 노령화 등의 문제 해결을 위한 대안으로 각국 기업과 정부는 새로운 성장산업으로서 이의 개발에 적극적인 노력을 기울이고 있다.⁽¹⁾ 글로벌 기술동향을 살펴보면 2019년 아우디는 시속 60km 범위 내에서 레벨 3의 자율주행이 가능한 5세대 A8을 유럽 내 출시하였으나 유럽에서의 법규 미비로 자율주행 자동차를 판매하지 못하였다.⁽²⁾ 최

근 2021년 3월에 혼다가 레전드 세단을 100대 한정 판매하기 시작하였으며 세계 최초의 자율주행 레벨 3 양산차라고 할 수 있다.⁽³⁾ 이러한 레벨 3의 자율주행기능은 현재 각각의 개별적인 기술로서는 어느 정도 완성되어 있지만 종합적으로는 안전을 이유로 실제 사용에는 제한을 두고 있으며, 일본 정부가 2020년 11월부터 부분 사용이 가능하도록 승인하면서 ‘핸드 오버’ 타임이 길어졌으나, 우리나라를 포함한 대부분 국가는 자율주행 안전을 위해 차량 스스로 주행하는 시간을 매우 짧게 규제하고 있다.

이와 같이 자율주행자동차는 기술적인 완성도 뿐 아니라 안전기준, 인프라, 통신, 안전성 및 기능 평가 등의 제도와 관련 규정의 개발도 함께 이루어져야 한다. 우리나라

* 경일대학교 기계자동차학부, 교수
E-mail: combggy@kiu.kr

라에서는 세계 최초로 자율주행 레벨 3의 안전기준이 2019년 12월 31일 제정되어 발표된 바 있으며,⁽⁴⁾ 레벨 4의 안전기준도 국토교통부 산하 자동차안전연구원을 주축으로 현재 개발이 진행 중이며, 이를 위한 기초 연구가 발표된 바 있다.⁽⁵⁾ 현재 대부분의 국가에서 참조하고 있는 미국자동차공학회(SAE)의 J3016⁽⁶⁾의 분류에서 자율주행 레벨 3 이상에서는 자율주행자동차가 스스로 차량을 운행하는 단계이며, 이상 상황이나 돌발 상황에서도 운전전환요구에 따라 사람이 운전을 넘겨받기 전까지는 운행에 책임을 져야한다. 따라서 자율주행 시 최악의 상황에서도 스스로 위험최소화운행이 가능해야 하며, 이를 위해서는 모든 가능한 주행 상황을 고려할 필요가 있으며, 이러한 매우 다양하고 많은 경우의 수를 갖는 상황들에 대한 대응 능력 개발의 어려움은 자율주행자동차의 기술개발과 보급에 매우 큰 부담이다.

외국의 자율주행자동차 안전도평가 관련 동향을 살펴보면, 유럽에서는 2017년 발표한 'Euro-NCAP 2025 ROADMAP⁽⁷⁾'에서 다음과 같이 점진적인 도입 내용을 기술하고 있으며, 주요 내용은 아래와 같다.

- 1) 자율주행자동차의 점진적 개발 도입을 예상하며 이에 보조를 맞춰 단계별 평가 접근방식을 고려한다.
- 2) 초기에는 소비자들에게 자율주행시스템의 기능, 기술적 한계 및 HMI(human machine interface)를 소비자에게 알리는 데 초점을 맞춘다.
- 3) 안전한 자율주행을 위한 구체적인 시험 및 평가 절차를 개발 예정이다.

미국에서는 자율주행차 관련 시험과 관련하여 2020년 6월 'Automated Vehicle Transparency and Engagement for Safe Testing(AV TEST) Initiative⁽⁸⁾'를 교통부가 발표하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 연방정부, 주 정부, 지방 정부가 서로 협력하여 공식적인 자율주행자동차 시험 플랫폼을 개발하기로 하였다.
- 2) 출범 당시 토요타, 우버, 웨이모 등 제작자와 캘리포니아를 비롯한 9개 주와 9개 회사가 참여하였고, 2021년 초에는 연방정부, 주 정부, 지방 정부 및 제작자 등 총 52개 기관으로 확대되었다.
- 3) 참여자들 간에 시험 등 활동 정보를 공유하고 협력을 증진하며 자율주행자동차의 대국민 인식을 향상시키고자 한다.
- 4) 이니셔티브 결과는 향후 자율주행자동차에 대한 자동차안전기준 개발, 자동차안전도평가 방법 개발 등 안전성 평가 등에 활용될 것으로 전망된다.

호주의 경우는 현재 첨단운전자지원장치 평가에 초점을 맞추고 점차 차대차(V2V) 통신 및 차대인프라(V2X) 통신을 평가에 추가할 예정이나 도입 시기에 대한 구체적인 언급은 없는 형편이다.

한국자동차안전도평가(KNCAP, Korean New Car Assessment Program)는 자율주행 기능에 대해서는 아직 개발되지 않았으며, 외국의 경우에도 아직 개발되어 도입된 사례가 없고 각국이 준비 중인 단계이다. 본 논문에서는 자율주행자동차의 KNCAP의 도입을 위하여 NHTSA에서 발간한 'A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios⁽⁹⁾'을 비롯하여 국내외의 가용한 관련 자료를 바탕으로, 평가 항목이나 기준을 상세히 조사 연구하여, 향후 최종 안을 개발하는데 도움이 되고자 한다.

2. 자율주행자동차 KNCAP 도입 목적과 평가 항목 선정

2.1. KNCAP 도입 목적

KNCAP의 도입 목적은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 자율주행자동차의 안전도 및 신뢰성 향상을 가속화하여 정부의 상용화 정책에 부응한다.
- 2) 동일한 자율주행시스템(예: 부분 자율주행시스템 또는 조건부 완전자율주행시스템)에서도 제작자에 따라 세부 기능이 차이가 날 수 있다. 따라서 자율주행자동차 관련 소비자의 수용성 확보와 소비자의 선택권 보장을 위한 정보 제공이 필요하다.
- 3) 자율주행자동차의 기술개발 촉진을 위해 실도로 교통상황을 반영한 종합적인 평가방안 및 단계별 시행방안을 제시하고자 한다.
- 4) 긴급한 상황에서 사람(도로상의 사람 또는 탑승자)의 안전에 대한 자율주행자동차의 대응이 윤리적 관점에서 국민의 수용성을 고려함으로써 자율주행자동차의 조속한 상용화에 걸림돌 해소 및 근거를 마련하고자 한다.

2.2. KNCAP 평가 항목 선정

자율주행자동차 KNCAP 평가 항목 선정에 대한 기본 방향은 다음과 같다.

- 1) 자율주행자동차는 운전자, 탑승자, 보행자, 다른 도로 이용자(예: 자전거 타는 사람) 관점 및 윤리적

관점(트롤리 딜레마)에서 다방면으로 평가한다.

- 운전자, 탑승자 관점: 추종, 추월, 차로변경, 평행 주행 등 다른 자동차와 상호 작용
- 보행자 관점: 횡단보도 정지 등
- 다른 도로 이용자 관점: 자전거와 평행 주행 등 다른 도로 이용자와 상호 작용
- 윤리적 관점(트롤리 딜레마): 긴급한 상황에서 사람(도로상의 사람 또는 탑승자)을 보호하기 위해 어떤 판단을 내리는지 파악

2) 자율주행자동차 특성 고려

- “인지·판단·제어”라는 사람의 역할을 대신 수행하는 자율주행자동차 기능을 평가하는 것이므로 개별 장치의 기능 평가를 지양하고, 완성차 거동에 기반한 종합성능을 평가한다.
- 주어진 특정 교통상황을 극복하고 안전운행 수행 가능 여부를 완성차 거동 기반으로 평가한다.
- 특정 교통상황은 실도로 교통 특성, 운행 행태 등을 고려한 시험조건으로 평가한다.
- 고장, 인프라 미비, 악천후 등에 따른 기능 한계 상황에서 대응능력을 평가한다.
- 자동차 고장 또는 인프라 미비에 따른 시스템 한계상황 직면 시 적절한 운전전환 여부, 운전전환 실패 시 위험회피 주행능력 등을 평가한다.

3) 자율주행자동차의 운행 특성 고려

- 자율주행자동차의 운행가능영역을 제작자가 선언함에 따라 운전자는 운행가능영역 내에서 자율주행 기능을 활성화시켜야 한다.
- 운행가능영역의 우열을 판단할 수 있지만 이러한 우열이 자율주행자동차의 안전운행과 직접 관련이 있다고 판단하기는 현 시점에서 곤란하다.

4) KNCAP은 자율주행자동차의 자율주행 기능을 확인하는 차원에서 수행하고 자동차의 디자인(좌석 배열과 같은 내외부 등)은 고려하지 않는다.

5) 자율주행자동차의 자율주행 관련 기능 분야에서 기준으로 규제하기 어려운 분야(예: 물체의 인지 기능)는 평가 대상으로 포함하되 점수를 부여하는 대신 인지가능 범위를 확인한다.

6) 안전기준으로 제정하기에 시기적으로 아직 이르고 안전기준이 현실의 다양성을 대표하기에 곤란하며 광범위하다고 판단되는 관련 시험과, 제작자가 제공하는 정보의 적절성 등을 평가하기 위한 항목을 KNCAP 항목으로 선정한다.

7) 원격운영형 자율주행자동차(예: Transportation

Network Company)는 평가대상에서 제외한다.

8) 자율주행자동차의 상용화는 아직도 수년간의 연구 개발을 요구하므로 초기의 KNCAP 제도에서는 점수제 평가를 가급적 지양한다.

9) 제작자가 선언한 자율주행 기능을 확인하여 관련 정보 등을 제공함으로써 소비자가 자신의 요구에 적합한 자동차를 선정할 수 있도록 한다.

3. KNCAP 평가 항목

3.1. 기본 평가 항목

3.1.1. 인지기능 평가 항목

제작자가 제시 또는 주장하는 성능을 서류 등으로 확인하는 항목들로 아래 Table 1과 같다.

3.1.2. 소통부문 평가 항목

- 1) 소비자에게 정보 제공: 자율주행과 관련하여 용어의 명확성, 기능과 용어의 관계, 기능의 작동 방법 및 한계, 소비자 교육 제공 등
- 2) 운전자와 자동차 간 상호작용(HMI): 계기판에 자율주행 관련 시스템의 상태 표시, 자율주행 관련

Table 1 Assessment items for basic cognitive function

기초 인지 기능	물체 인지	도로 위에 있는 물체가 생물인지 무생물인지 여부와 종류 등의 인지 기능(예: 성인, 어린이, 횡 또는 종 방향의 자전거 이용자, 동물, 공, 기타 물체 등)
	신호등 인지	도로교통법 시행규칙(10) 별표 1~5 참조
	안전 및 노면 표시 인지	도로교통법 시행규칙 별표 6의 표지, 노면표지는 마모에 따른 인지율 확인, 노면표시용 도료의 재귀반사 성능 등을 고려한다.
	사건 인지	교통 수신호, 교통사고, 공사구간, 긴급자동차 등
운행 가능 영역	도로 환경 인지	포트홀, 물웅덩이, 침수도로, 빙판 도로, 눈 쌓인 도로, 가드레일, 중앙분리대 등
	위치 인지	GPS, 3-D 지도 등
	환경 인지	강우, 강설, 강한 횡풍, 안개, 조도, 야간에 가로등 유무, 날씨 데이터 등

- 시청각 안내, 공고의 명확성 등
- 3) 운전자에 대한 모니터링: 자동차안전기준 이외의 추가 모니터링 기능
- 4) 긴급 구조자가 자율주행자동차임을 인지하고 대응하며 탑승자를 구조할 수 있도록 안내하는 기능

3.2. 시나리오에 의한 평가 기준

3.2.1. 고속도로에서 고려사항들

자율주행자동차의 시험을 위한 시나리오를 선정하기 위해 고속도로를 분류하는 방법은 여러 가지가 있으나, 자율자동차 평가를 위한 교통상충(Traffic conflict) 유형 분석 및 도출을 위하여 자동차 주행경로의 변화, 자동차 간 상충 발생 등을 고려한 공간 구분이 필요하다. Table 2에서 고속도로를 구간별로 구분해 보았다. Table 3에서는 주행 시 교통상충을 유형별로 구분하였다. 고속도로에서 정상적으로 운행하는 일상적인 상황과 비정상적인 이상상황이 있을 수 있고, 이를 아래의 Table 4와 같이 분류하였다.

정상상황에서는 주변 자동차 흐름에 대응하여 차로유지, 차간거리 유지, 차로변경 등을 수행한다. 이상상황에서는 고장 및 위험상황 등에 안전하게 대처하고, 운행가

Table 2 Highway section class

구분 기준	고속도로 설계요령	고속도로 사고통계	도로용량 편람	고속도로 특성구간
고속도로 구간 분류	본선, 버스정류장, 톨게이트, 진출입시설, 교량, 터널	주행차로, 추월차로, 등판차로, 가감속차로, 진출입차로, 톨게이트, 간이정류장, 휴게소, 갓길	기본구간, 엇갈림 구간, 연결로 구간, 접속부	본선, 엇갈림 구간, 연결로 구간, 톨게이트, 터널,

Table 3 Classification by highway traffic conflict type

기본 교통상충 유형	<ul style="list-style-type: none"> • 분류, 합류
주행에 의한 교통 상충 유형	<ul style="list-style-type: none"> • 동일 차로 주행, 차로변경, 정지
다른 자동차 거동에 의한 교통상충 유형	<ul style="list-style-type: none"> • 동일 차로 주행 시 속도차이 발생에 따른 추돌 • 차로변경 시 좌우 끼어들기, 빠져나가기 • 정지 시 추돌

능영역 이탈 경고, 고장 경고, 비상운행 등의 경우에는 시스템이 사람에게 운전전환을 요구한다.

3.2.2. 도심도로에서 고려사항들

도심도로에서는 고속도로에서 보다 고려사항이 훨씬 많고 다양하며, 아래와 같이 요약하였다.

- 1) 도로이용 주체: 보행자, 4륜 이상 각종 자동차, 이륜자동차, 자전거, 개인이용수단(Personal Mobility), 긴급자동차 등 다양
- 2) 신호등, 교통안전표지판(노면표지 포함), 도로표지판 설치
 - 신호등: 4등식, 3등식
 - 신호교차로에서 좌회전 방식은 직진/좌회전 동시신호, 직진 후 좌회전, 좌회전 후 직진, 비보호 좌회전으로 다양
 - 신호교차로 또는 횡단보도 직전에 유턴 신호
 - 사람(주로 경찰) 조작에 의한 교통통제장치
- 3) 신호 없는 교차로
- 4) 속도제한: 보통 시속 30~50km
- 5) 횡단보도, 과속방지턱
- 6) 어린이보호구역(스쿨존), 어린이운송용 승합자동차
- 7) 저속 합류 및 분류
- 8) 버스전용차로 및 버스정류장: 가로변 버스전용차로 및 버스정류장, 중앙 버스전용차로 및 버스정류장
- 9) 회전교차로, 철도건널목

Table 4 Classification of situations on highways

상황 구분		세부 상황 종류
정상 상황 (안전주행 관련 상황)	차로 유지	단독 주행, 전방 등속, 전방 감속, 전방 급감속, 전방 가속, 등속 끼어들기, 감속 끼어들기, 빠져나가기, 정체상황, 전방 정지자동차
	차로 변경	단독, 옆 차로 자동차 존재, 옆 차로 및 전방 자동차 존재, 제한조건, 제한조건 저속 상황
	잘못 인지	도로 굴곡, 가드레일, 옆 차로 자동차
이상 상황	운전 전환 요구	<ul style="list-style-type: none"> • 직선도로 계획된 운전전환요구 • 직선도로 차선 불량 • 곡선도로 차선 불량 • 직선도로 고장 자동차
	위험 상황	<ul style="list-style-type: none"> • 직선구간 사고 상황: 전방 추돌, 끼어들기 추돌, 정면충돌, 차로변경 직전 추돌, 동시 차로 변경 • 진출입로 사고 상황: 진출 자동차 충돌, 진입 자동차 충돌, 끼어들기 추돌, 단순 추돌

- 10) 임시구간(공사구간)
- 11) 예상하지 못한 도로상의 이동 물체(동물 등) 및 정지 물체(낙하물, 자동차 등), 사건
- 12) 신호위반 자동차, 무단횡단 보행자 등

3.2.3. KNCAP 시험 평가 항목

위절에서 기술한 바와 같이 고속도로와 도심도로에서의 고려 사항들은 굉장히 다양하고 자율주행 시 맞이할 매우 많은 경우의 수의 상황들이 있어서 이 모든 상황들에 대해 테스트하여 평가하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 있을 것이다. 따라서 KNCAP 수행기관의 시설 보유 여부, 평가에 소요되는 비용 및 시간 대비 효과성을 고려하고, 안전운행에 중요하고 사고위험성이 크다고 판단되는 항목들을 KNCAP 시험 평가 대상으로 선정하여 아래와 같이 정리하고자 한다. 또한 자율주행자동차에 대한 의무 규정인 안전기준도 현재 추가로 계속 개발 중이어서, 만약 아래의 항목이 반영되어 안전기준에 포함된다면 KNCAP에 해당 항목을 포함시킬 필요는 없을 것이다.

3.2.3.1. 고속도로 기반 시험 항목

3.2.3.1.1. 고속도로 일반 자율주행능력 시험

시험목적은 다음과 같다.

- 1) 고속도로를 대표할 수 있는 구간을 재현하여 주행 하면서 자율주행 시스템의 안전운행 능력 평가
- 2) 횡단 및 종단 선형 주행, 직선로/곡선로 등속 및 가감속, 터널 진출입 기능 평가
- 3) 본선 진출입, 합류, 톨게이트 진출입, 차로변경 등의 기능 평가

주요 시험내용은 다음과 같다.

- 1) 교통정체 시 자동차 추종
- 2) 차로변경 및 추월 (방향지시등 점등 확인)

3.2.3.1.2. 교통상충 상황 회피능력 시험

시험목적은 다음과 같다.

- 1) 자율주행 중인 자동차 전방에서 일어나는 다른 자동차와의 상충상황 발생을 방지하는 기능 평가
- 2) 예상된 또는 예상되지 않은 사건에서 교통상황을 지시하는 작업 영역과 사람에 대응하여 상충상황을 방지하는 기능 평가
- 3) 소방차, 구급차, 사고 수습 구난차 등 긴급자동차에 대한 대응

주요 시험내용은 다음과 같다.

- 1) 전방 위험상황 회피를 위한 비상제동 및 좌우 상황별 차로변경
- 2) 예상하지 못한 끼어들기/빠져나가기를 포함한 차로변경 감지 및 대응
- 3) 긴급자동차 감지 및 대응

3.2.3.1.3. 외부환경 대응능력 시험

시험목적은 다음과 같다.

- 1) 운행가능영역 경계 또는 이탈에 따른 시스템 대응능력 평가, 야간 및 기상 악화 등 시스템 한계 상황 등
 - 2) 저하된 성능에 대한 모니터링 및 대응 평가
- 주요 시험내용은 다음과 같다.

- 1) 운행가능영역 이탈의 예상 시 운전전환요구 적절성 평가
- 2) 운행가능영역 경계 전환
시스템의 능력을 벗어난 예상치 못한 날씨 또는 조명 상태 감지 및 대응(폭풍우 등), 자동차 제어 손실 감지 및 대응(예: 도로 마찰 감소), 위치 작동조건 또는 구성요소 오작동에 따른 제한을 포함한 시스템 연결/해제 조건 감지 및 대응 등

3.2.3.1.4. 고장모드 능력 시험

시험목적은 다음과 같다.

- 1) 시스템 고장, 시스템 성능저하 등 상황에서 시스템 대응능력 평가
 - 2) 저하된 성능에 대한 모니터링
 - 3) 위험회피 운행 적정성 등 평가
- 주요 시험내용은 다음과 같다.

- 1) 성능저하 모니터링(고장-안전/고장-운영 메커니즘 시험)으로 자동차, 시스템 또는 구성요소 수준 고장 또는 결함(예: 전원 손실, 감지 실패, 감지 방해, 컴퓨팅 실패, 결함 처리 또는 응답)과 관련된 조건의 감지 및 대응
- 2) 주행차로를 벗어날 수 없는 경우 최소위험조건으로 전환
- 3) 갯길에 주차하거나 자동차를 최소위험상태로 전환
- 4) 사이버 공격 등 치명적 또는 위험 초래 사건의 감지 및 대응

3.2.3.2. 도심도로 기반 시험 항목

3.2.3.2.1. 차로유지 및 자동차 추종 시험

시험목적은 다음과 같다.

- 1) 교통정체 등으로 인하여 자동차가 같은 차로를 느

리게 움직이는 경우가 상당히 빈번하게 발생하므로 정지 및 출발, 비상제동에 대한 대응을 포함하여 앞 자동차 따라가기

2) 이와 같은 경우 다른 자동차 뒤에서 안전한 거리와 동일 차로를 유지하면서 주행하는 자율주행시스템 기능 평가

주요 시험내용은 자동차 추종 및 비상제동에 대한 대응이다.

3.2.3.2.2. 차로변경 시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 자율주행시스템 기능을 갖춘 자동차가 경우에 따라 차로를 변경하여 적절한 차로에 있을 필요가 있다.

2) 앞 자동차 따라 차로변경, 인접 차로에 다른 자동차가 있는 곳에서 차로 변경 등 자율주행시스템 기능 평가
주요 시험내용은 다음과 같다.

1) 추월 또는 위험최소화운행을 위한 차로변경 및 차로변경 시 시인성 향상(예: 방향지시등, 비상점멸 등 점등 확인)

2) 내 차로에 들어오는 자동차 감지 및 대응

3) 주행차로에서 벗어난 주정차

3.2.3.2.3. 교차로 운행시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 신호 및 무신호 교차로에서 직진, 좌·우회전으로 운행 시 자율주행시스템 기능 평가

2) 회전교차로, 유턴 시 자율주행시스템 기능 평가
주요 시험내용은 다음과 같다.

1) 무신호 교차로에서 회전하는 자동차 감지 및 대응

2) 적색 신호 무시 자동차 감지 및 대응

3.2.3.2.4. 진출입램프 등 운행시험

시험목적은 진출입 램프, 교통통제장치, 철도건널목 등을 감지 및 대응하는 자율주행시스템 기능 평가이다.

주요 시험내용은 일방통행, 가파른 곡선 및 경사진 도로 구간인 진/출입 램프에서의 진출입 주행이다.

3.2.3.2.5. 운행가능영역 경계 전환시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 예상치 못한 날씨, 조명상태, 도심도로 경계 이탈 등 운행가능영역을 벗어나는 상황에서 사람에게 운전전환요구 없이 최소위험상태에 도달하는 자율주행시스템 기능 평가

2) 저하된 성능에 대한 모니터링

주요 시험내용은 자동차 제어 손실 감지 및 대응(예: 도로마찰 감소 포함)이다.

3.2.3.2.6. 보행자 및 어린이 보호시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 도로에서 안전하고 적시에 보행자를 감지하고 양보하는 자율주행시스템 기능 평가

2) 자율주행자동차가 교통통제장치가 활성화된 어린이운송용 승합자동차에 접근할 때 이 승합자동차에 대응하여 안전하고 적시에 정지할 수 있는 자율주행시스템 기능 평가

주요 시험내용은 다음과 같다.

1) 보행자 감지 및 대응

2) 도로에서 보행자(교차로나 횡단보도를 걷지 않음) 감지 및 대응

3) 어린이운송용 승합자동차 감지 및 대응

3.2.3.2.7. 다른 자동차 대응시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 위급상황, 긴급상황 등 주행조작과 관련된 상황은 즉시 감지하고 적절하며 신속한 대응 여부 평가

2) 예상되지 않은 사건에서 교통상황을 지시하는 사람에 대응하여 상충상황을 방지하는 자율주행시스템 기능 평가

주요 시험내용은 다음과 같다.

1) 내 차로로 들어오는 자동차 감지 및 대응

2) 예상하지 않은 끼어들기를 포함한 차로변경 감지 및 대응

3) 예상하지 못한 빠져나가기 감지 및 대응

3.2.3.2.8. 성능저하 모니터링 및 대응시험

시험목적은 다음과 같다.

1) 성능저하를 감지하고 적절한 고장-안전 및 고장-운영으로 대응하는 기능 평가

2) 시스템의 성능 관련 고장으로 인해 필요 시 위험최소화운행의 실행 여부 검증

주요 시험내용은 다음과 같다.

1) 자동차, 시스템 또는 구성 요소 수준의 고장 또는 결함(예: 전원 손실, 감지 실패, 감지 방해, 컴퓨팅 실패, 결합 처리 또는 응답)과 관련된 조건의 감지 및 대응

2) 주행차로를 벗어날 수 없는 경우 최소위험조건(주어진 주행이 완료될 수 없거나 완료되지 않아야 할

때 충돌위험을 줄이기 위해 자율주행시스템이 비상대비책을 수행하여 자동차를 이동)으로 전환

- 3) 성능저하 시 갓길에 주차하거나 자동차를 최소위험 상태로 전환

3.2.3.2.9. 고장완화 전략시험

시험목적은 자율주행시스템에 하나 이상의 고장이 발생한 경우에도 계속 운영되는지 여부를 평가하는 것이다.

주요 시험내용은 고장을 비롯하여 사이버 공격 등 치명적 또는 위험 초래 사건의 감지 및 대응이다.

3.2.3.3. 트롤리 딜레마 시나리오 기반 시험 항목

자율주행자동차는 복잡한 상황을 인지하고 판단하기 위하여 대부분 인공지능을 사용하고 있다. 관련하여 자율주행자동차가 직면한 윤리적 문제로 대표적인 것이 트롤리 딜레마이다. 이는 사고가 불가피할 때 자동차의 소프트웨어가 선택 가능한 사고 중 어떤 것을 선택하는지에 관한 것이며, 사회적으로 가장 많이 언급되고 논란이 있는 시나리오 중 하나이다.^(11~13)

자율주행자동차의 트롤리 딜레마와 관련한 판단 기능의 주요 특징은 다음과 같다.

- 1) 트롤리 딜레마 같은 긴급 상황에서 자율주행자동차가 내리는 결정모델은 어떻게 이루어지는지 알 수 없는 블랙박스(black box)와 같은 모델이다.
- 2) 이에 대응해 사회는 설명 가능한 인공지능(explainable AI- white box model)을 요구하는 경향이 증대하고 있다.
- 3) 자율주행자동차의 인공지능시스템은 지속적인 학습으로 개발 또는 규제에 대응보다 앞서 갈 수 있다.

트롤리 딜레마에 대한 평가항목 검토 배경은 다음과 같다.

- 1) 실제 도로에서 교통사고의 결과가 단순해 보이더라도 그 원인과 과정에서는 많은 요인이 있을 수 있다.
- 2) 긴급 상황에서 자율주행자동차는 탑승자의 안전과 보행자 또는 제3자의 안전 중에서 누구에게 우선순위를 두고 어떠한 방법으로 긴급 상황을 해결해야 할 것인지를 매우 짧은 시간 내에 결정해야 한다.
- 3) 자율주행자동차가 실제 일으킬 사고가 매우 희박하더라도 단 1건의 사건이 사회적으로 큰 파장을 불러올 수 있으며, 그 결과에 따라 자율주행자동차의 도입에 부정적인 영향을 초래할 수 있다.
- 4) 자율주행자동차가 향후 수년 내에 보급되기 시작하여 매우 희귀한 유형의 사고가 일어나기 전에 트롤리

딜레마에 대하여 사회적·윤리적으로 충분한 논의가 이루어져야 할 것이다.

- 5) 트롤리 딜레마에 대하여 사회적으로 합의된 정답은 없지만 많은 사람들이 큰 관심을 보이고 있다. 설문조사에 의하면 자율주행자동차의 탑승자가 본인과 본인의 가족일 경우와 그렇지 않을 경우, 보행자 또는 제3자의 안전에 대한 생각에서 사람들은 이중적이고 상반된 입장을 취하고 있다. 동·서양 문화권, 개인(나이, 성별 등)에 따라 어린이, 노인 등의 안전에 대한 우선순위 생각이 다를 수 있다.
- 6) 따라서 이 항목을 자율주행자동차의 KNCAP 평가항목으로 선정하면 이러한 문제들에 대해 규제 이전에 유용한 논의를 할 수 있는 계기가 될 것으로 판단된다.

트롤리 딜레마와 관련해 추구해야 할 선행 목표는 아래와 같다.

- 1) 자율주행자동차의 인공지능 판단은 일관성을 유지해야 한다.
- 2) 자율주행자동차의 인공지능 판단은 사회적·윤리적 수용성을 갖추어야 한다.
- 3) 자율주행자동차의 인공지능 판단은 자율주행자동차의 원활한 보급에 저해되지 않아야 한다.

트롤리 딜레마 시나리오 선정 기준은 다음과 같다.

- 1) 평가를 단순화하기 위해 자율주행자동차의 선택지를 두 가지로 설정
- 2) 트롤리 딜레마 관련 탑승자 및 보행자를 최소 인원으로 한정
- 3) 자율주행자동차의 제동장치 고장 또는 예기치 않은 보행자의 등장에 따라 시나리오 설정
- 4) 관련 사람은 단순히 사람의 외관상 키로 성인 또는 어린이 정도로만 구분(나이, 성별, 직업 배제)

트롤리 딜레마의 예시적 시나리오 2가지는 다음과 같다.

- 1) 제동장치 고장 시 탑승자와 보행자의 선택
시험목적은 자율주행시스템의 제동장치가 고장 났을 때 탑승자의 안전이 보행자의 안전보다 우선하는지 파악하는 것이다. 주요 시험내용은 횡단보도에서 보행자 1명이 있을 때 보행자 또는 옆의 전신주와 충돌 상황이다.
- 2) 어린이와 성인 중 자율주행자동차의 선택
시험목적은 어린이가 자율주행자동차 앞에 갑자기 뛰어들었을 때 옆에 있는 성인과 어린이 중 누구를 피하는지 파악하는 것이다. 주요 시험내용은 도로에서 어린이 1명이 자율주행자동차 앞에 갑자기 뛰어들 때 옆의 성인 또는 어린이와 충돌 상황이다.

4. KNCAP 단계별 시행 시기

자율주행을 위해서는 모든 가능한 주행 상황을 고려할 필요가 있으며, 이러한 매우 다양하고 많은 경우의 수를 갖는 상황들에 대한 대응 능력 개발의 어려움은 자율주행 자동차의 기술개발과 보급에 매우 큰 부담이다. 자율주행 자동차의 상용화와 보급 측면에서 현재 레벨 3의 차량도 제대로 출시되지 않은 단계로서 아직도 수년 혹은 그 이상 기간의 연구 개발이 필요하다고 판단된다. 따라서 SAE J3016 기준 레벨 3에 해당하는 우리나라의 고속도로 기반의 부분 자율주행시스템과 레벨 4에 해당하는 도심도로 기반의 조건부 완전자율주행시스템에 KNCAP의 도입은 아직 시간이 더 필요하며, 항목에 따라 단계적인 도입이 바람직하다. 제반 여건과 여러 상황을 고려하여 KNCAP의 도입과 시행시기를 Table 5와 같이 단계별로 제안하고자 한다.

Table 5 Time of implementation for KNCAP

평가항목		시행시기			
		1 단계	2 단계	3 단계	4 단계
기본항목(인지기능, 소통부문)		○			
고속도로 기반 평가 항목	① 고속도로 일반 자율주행능력 시험		○		
	② 교통상충 상황 회피능력 시험		○		
	③ 외부환경 대응능력 시험		○		
	④ 고장모드 능력 시험		○		
도심도로 기반 평가 항목	① 차로유지 및 자동차 추종 시험			○	
	② 차로변경 시험			○	
	③ 교차로 운행시험			○	
	④ 진출입램프 등 운행시험			○	
	⑤ 운행가능영역 경계 전환시험			○	
	⑥ 보행자 및 어린이 보호시험			○	
물체 및 사건의 감지와 대응능력	⑦ 다른 자동차 대응시험				○
	고장모드 능력	⑧ 성능저하 모니터링 및 대응시험			○
		⑨ 고장완화 전략시험			
트롤리 딜레마 평가				○	

주) 1단계: 부분 자율주행시스템의 국내출시년도 다음해 시행
 2단계: 부분 자율주행시스템의 국내출시년도 3년 내 시행
 3단계: 조건부 완전자율주행시스템의 국내출시년도 2년 내 시행
 4단계: 조건부 완전자율주행시스템의 국내출시년도 3년 내 시행

5. 결 론

레벨 3 이상의 자율주행자동차의 자율주행 기능은 매우 다양하고 복잡한 상황들에서 물체와 사건을 인식하고 판단, 대응해야하는 과제를 안고 있다. 자동차의 안전도 평가도 이를 고려하여 평가 항목이 만들어져야 하며, 현재 기초적인 연구 개발이 이루어지고 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 KNCAP의 도입 목적과 평가 항목의 선정 기준에 대해 살펴보았으며, 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 자율주행 기능에 대한 NCAP(신차안전도평가)은 우리나라를 포함해 전 세계적으로도 현재 아직 시행되고 있지 않으며, 자율주행자동차의 보급에 따라 단계별로 도입되리라 예상된다.
- 2) 자율주행 기능을 인지 기능, 소통 부문, 시험 시나리오에 의한 평가로 나누어 평가 항목과 고려 사항들을 살펴보았다.
- 3) 고속도로와 도심도로에 기반한 시험 항목을 선정하고 구체적인 상황에서 대략적인 시험 내용을 제안하였다.
- 4) 자율주행에서 많은 관심과 논란이 예상되는 트롤리 딜레마에 대하여 살펴보고, 테스트를 단순화하여 대표적인 2가지 시나리오로 제안하였다.
- 5) KNCAP의 단계별 도입 및 시행 시기를 제안하였다.

후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(21PQOW-B152473-03)으로 수행된 연구입니다.

참고문헌

- (1) 백장균, 2020, “자율주행차 국내외 개발 현황”, KDB 미래전략연구소 산업기술리서치센터, 산업은행 조사월보, 제771호 17.
- (2) 박종록, 김한해, 2019, “자율주행기술” KISTEP 기술동향브리프, 한국과학기술기획평가원, 2019-16호.
- (3) 정호인, 2021, “막히면 DMB, 레벨3 자율주행 ‘혼다 센싱’ 탑재한 레전드 출시”, <http://www.autoherald.co.kr/news/articleView.html?idxno=40231>.
- (4) 국토교통부, 2019, 자동차 및 자동차부품의 성능과

- 기준에 관한 규칙 제 111조.”
- (5) 이광구, 용부중, 우현구, 2020, “레벨 4 자율주행자동차의 기능과 특성 연구”, 자동차안전학회지, 제 12권, 제 4호, pp. 61~69.
 - (6) SAE Int., 2018, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles”, Recommended Practice J3016 (Revised).
 - (7) 2017, “Euro NCAP 2025 ROADMAP”, <https://cdn.euroncap.com/media/30700/euroncap-roadmap-2025-v4.pdf>.
 - (8) NHTSA, 2020, AV TEST Initiative, <https://www.nhtsa.gov/automated-vehicle-test-tracking-tool>.
 - (9) NHTSA, 2018, “A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios”, DOT HS 812 623.
 - (10) 경찰청, “도로교통법시행규칙”, 행정자치부령 제142호.
 - (11) MIT Media Lab, The social dilemma of autonomous vehicles, <https://www.media.mit.edu/publications/the-social-dilemma-of-autonomous-vehicles/>.
 - (12) The Thorny Challenge of Making Moral Machines Ethical Dilemmas with Self-Driving Cars, https://www.nim.org/sites/default/files/medien/2327/dokumente/awad_ea_ai_vol_11_no_2_eng.pdf.
 - (13) <https://www.moralmachine.net/>.