

# 레벨 4 자율주행자동차의 제작 안전 가이드라인에 대한 고찰

이광구\* · 우현구\*

## A Study on Safety Guideline of Level 4 Automated Driving Vehicles

Gwang Goo Lee\*, Hyungu Woo\*

*Key Words: Automated driving system(자율주행시스템), Safety Guideline(안전 가이드라인), Safety element(안전항목), Guideline update(가이드라인 업데이트), User options(사용자 선택권)*

### ABSTRACT

Since automated driving system (ADS) has great potential to innovate various fields of automobile and mobility industries, major countries are establishing safety standards for autonomous vehicles to support technology development. However, in order to prevent technology development from being hampered by the safety standards for technologies still under development, safety guidelines are applied until the technologies are mature. For example, the safety 'guideline' for level 4 ADS was published in December 2020 by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea, while the safety 'standards' for level 3 ADS was promulgated in December 2019. In this study, the domestic safety guideline for level 4 ADS is analyzed with the guidelines of major advanced countries in terms of safety elements. As it takes a lot of time before the safety standards of level 4 ADS is introduced, it is expected that the safety guideline will be updated several times. As necessary considerations when updating the safety guideline, industry acceptance, harmonization between safety elements, validation methods of system performance, and the user options are discussed.

### 1. 서론

자율주행자동차는 치명적인 교통사고로부터의 안전 확보, 교통약자를 포함한 운전자의 편의성 극대화, 교통 혼잡 해소 및 배기가스 배출량 감소 등 자동차 기술의 여러 분야에서 혁신을 이끌어 낼 수 있는 커다란 잠재력을 갖고 있다.<sup>(1)</sup> 자동차산업의 기존 기술과는 달리 인공지능으로 대표되는 제어기술이 중요하기 때문에, 전통적인 자동차기업뿐만 아니라 IT 기업들도 자율주행자동차 개발의 치열한 경쟁에 대거 참여하고 있다. 자율주행자동차 기술을 선도하게 될 기업은 기존의 전통적인 자동차 시장뿐만 아니라 모빌리티 산업 전체를 주도할 수 있을 것으

로 예상되므로, 자동차기업 및 IT 기업의 다차원적인 합종연횡이 시도되고 있다.<sup>(2)</sup> 따라서 우리나라를 포함한 자동차 선진국들은 국가 단위의 기술개발 지원과 제도 구축에 적극적으로 나서고 있으며, 국내외 주요 자동차 제작사들은 자율주행자동차의 상용화를 위하여 치열한 노력을 경주하고 있다.<sup>(3)</sup>

기술수준의 적극적인 홍보가 중요한 기업들은 향후 2~3년 내에 레벨 4 자율주행자동차의 양산이 가능하다고 경쟁적으로 발표하고 있지만, 안전제도를 준비하는 각국 정부들은 2020년대 후반에 이르러서야 양산이 가능할 것으로 예상하고 있다.<sup>(4)</sup> 자율주행자동차가 양산되지 않은 시점에서 우세 기술이 어떤 방향으로 결정될지 예측할 수 없으므로, 자동차안전을 감독하는 각국의 기관들은 자율주행자동차 기술의 개발, 테스트 및 보급에 장애 요소가 될 수도 있는 안전기준의 선부른 도입을 지양하고

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

있다.<sup>(1)</sup> 하지만 기술개발과정에서 실도로 시험운행을 하는 자율주행자동차의 설계 및 제작을 위한 최소한의 프레임워크가 필요한 상황이다. 따라서 비규제적 접근방식을 통하여 다양한 신기술의 가능성을 장려하는 유연한 가이드라인이 발표되고 있다. 미국은 2016년에 공개된 자율주행자동차의 첫 번째 안전 가이드라인<sup>(5)</sup> 이후, 2020년의 네 번째 가이드라인에 이르기까지 자율주행자동차의 안전한 보급을 위한 정책 프레임워크를 순차적으로 발표해 왔다.<sup>(1,6-7)</sup> 미국의 안전 가이드라인은 ‘기술혁신’과 ‘국민안전’의 두 가지 목적을 달성하기 위한 세계 최초의 정부차원 지침으로서, 자율주행자동차의 안전에 대한 세계적인 영향력을 투사하고 있다. 미국 이외에도 호주(2017년), 일본(2018년), 캐나다, EU(2019년) 등의 주요 국가 및 지역도 자율주행자동차의 안전 가이드라인을 발표하였다.<sup>(8-11)</sup>

우리나라도 2016년 자율주행자동차의 실도로 시험운행용 임시운행허가제도를 도입한 이후, 레벨 3 자율주행자동차의 안전기준<sup>(12)</sup>과 레벨 4 이상 자율주행자동차의 가이드라인<sup>(4)</sup>을 발표함으로써 미래 자동차산업의 기반을 제도적으로 지원하고 있다. 레벨 4 자율주행자동차의 안전 가이드라인은 3대 안전 원칙에 대하여 세부적으로 13개 안전항목으로 구성되어 있으며, 안전기준이 마련될 때까지 제작자들이 참고할 수 있는 기본방향을 제시하여 제도적 불확실성을 제거할 수 있을 것으로 기대된다. 레벨 4 제작·안전 가이드라인의 일부 항목은 법적 구속력이 있는 자동차 안전기준으로 연계될 것으로 예상된다.<sup>(13)</sup> 또한 중간 과정에서 미국의 사례처럼 안전 가이드라인의 세부 항목 내용은 지속적으로 보완 및 수정될 것으로 보인다.

본 논문은 레벨 4 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인에 대한 기초 연구로서, 우리나라 및 해외 주요 자동차 선진국의 제작·안전 가이드라인에 대한 구성을 비교하고 국내 제작·안전 가이드라인의 항목을 상세하게 분석하고자 한다. 또한 향후 레벨 4 이상 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인이 보완 또는 확대될 경우, 고려해야 할 사항에 대해서 부분적으로 고찰하였다.

## 2. 국가 및 지역별 레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인

### 2.1. 레벨 4 자율주행시스템

일반적으로 자율주행자동차는 국제자동차공학회의 J3016

보고서에서 제시된 5개의 기준으로 레벨이 분류된다.<sup>(14)</sup> 레벨 4 자율주행자동차는 운영설계영역(Operation Design Domain, ODD) 내의 모든 동적주행작업(Dynamic Driving Task, DDT)에 필요한 결정을 시스템이 수행할 수 있고, ODD 범위를 벗어나지 않는 조건에서는 운전자에게 제어권 전환 요청을 하지 않는다. 또한 시스템이 모든 위험 상황에 대비(Fallback)할 수 있기 때문에, 운전자는 긴급 위험 상황에 대해 경계상태를 유지할 필요 없이 다양한 부수적인 활동을 할 수 있다.

레벨 3과 비교하여 레벨 4 자율주행시스템이 갖는 가장 큰 차이점은 DDT 환경에서 위험상황대처를 사람(레벨 3)이 아닌 시스템(레벨 4)이 수행한다는 점이다. 반면 시스템의 ODD 범위에 제한이 없고 모든 운전 구간에서 자율주행이 활성화되는 레벨 5와 비교하면, 레벨 4의 경우에는 ODD의 범위에 제한이 존재한다. 따라서 레벨 4 자율주행시스템은 소비자가 일반적으로 상상하는 자율주행자동차의 의미에 부합하기 시작하는 단계이지만, ODD 범위의 제한으로 인하여 ‘조건부 완전자율주행’ 기능을 제공한다.<sup>(3)</sup>

### 2.2. 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인 국내의 동향

미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)이 2016년에 발표한 세계 최초의 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인을 포함하여 주요 국가 및 지역에서 도입된 가이드라인 현황은 Fig. 1과 같다. 첫 번째 가이드라인 이후 세 차례에 걸쳐 수정 및 보완된 형태의 가이드라인을 추가한 미국과는 달리, 그 이외의 국가들과 EU는 현재까지는 첫 번째 가이드라인을 유지하고 있다. 하지만 미국의 사례를 보면, 안전기준 제정 단계에 이르기까지는 다른 국가나 지역에서도 자율주행자동차 기술의 발전과 동향에 맞춰 안전·제작 가이드라인을 지속적으로 업데이트할 가능성이 높다. 주요 국가 및 지역 중에서 미국과 EU의 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인의 안전 항목과 우리나라의 항목을 비교하여 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1에서 확인할 수 있듯이, 국가와 지역에 따라 자율주행자동차의 안전 항목은 대체로 유사하지만 지향하는 방향에 따라 항목의 구성이 다르다. EU의 경우 미국과 한국에서는 3개의 안전항목으로 분류한 ‘시스템안전(기능안전)’, ‘ODD’, ‘사물인지 및 대응(주행상황대응)’을 ‘시스템성능(System performance)’이라는 하나의 안전항목으로 통합하여 다루고 있다. 반면 ‘Fallback(비상

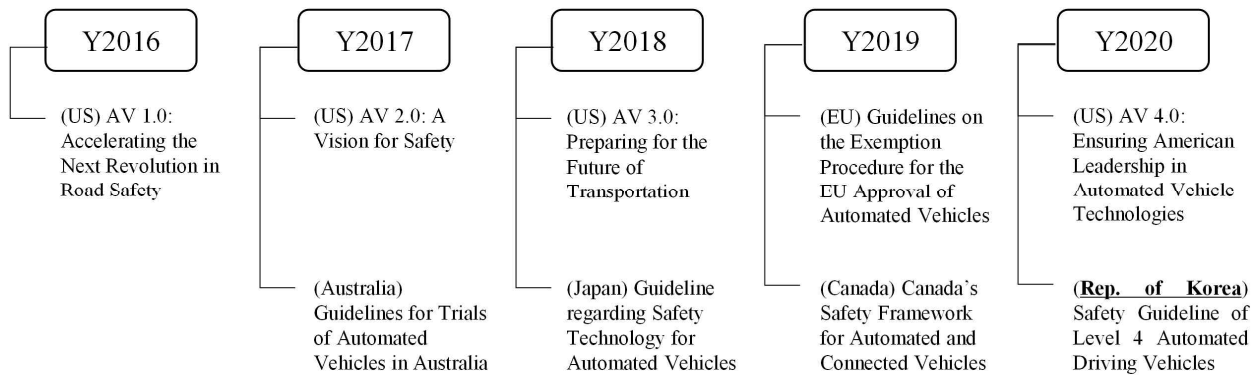


Fig. 1 Timeline of safety guidelines of automated driving vehicles by nation and region

Table 1 Safety elements of guidelines of US, EU, and Republic of Korea

	Rep. of Korea (2020)	US		EU (2019)
		AV 1.0 (2016)	AV 2.0 (2017)	
Target level	SAE level 4-5	SAE level 2-5	SAE level 3-5	SAE level 3-4
Safety elements	Function safety	System safety	System safety	System performance
	Operation design domain (ODD)	Operation design domain	Operation design domain	
	Driving situation response	Object and event detection and response (OEDR)	Object and event detection and response	
	Emergency response	Fallback (minimal risk condition, MRC)	Fallback (minimal risk condition)	Transition of the driving tasks
		Validation methods	Validation methods	Minimum risk manoeuvre
		Validation methods	Validation methods	Safety assessment and tests
	Human machine interface (HMI)	Human machine interface	Human machine interface	Driver/operator/passenger interaction
	Cybersecurity	Vehicle cybersecurity	Vehicle cybersecurity	Cybersecurity
	Communication safety			
	Crashworthiness and Post-crash system behavior	Crashworthiness	Crashworthiness	
		Post-crash behavior	Post-crash ADS behavior	
	Data recorders	Data recording and sharing	Data recording	Installation of event data recorders
	Consumer education and training	Consumer education and training	Consumer education and training	Information provision to AV users
		Federal, State, and local Laws	Federal, State, and local Laws	
		Registration and certification		
		Privacy		
Ethical consideration	Ethical consideration			
Autonomous connected driving system				
OTA software update				
No. of safety elements	13	15	12	8

대응) 항목은 ‘제어권 전환(Transition of the driving tasks)’과 ‘최소 위험 운전(Minimum risk manoeuvre)’의 두 개 안전항목으로 구분하였다. 미국의 경우 연방 국가이기 때문에 연방과 주 단위의 통일성(Federal, State, and local laws) 항목을 별도로 규정한 특징을 갖고 있다. 한국의 경우 레벨 4 자율주행자동차에 대한 제작·안전 가이드라인임을 강조하기 위하여 ‘자율협력주행시스템(Autonomous connected driving system)’ 항목을 별도로 정의하였다. 한편 미국의 AV 2.0 버전에서는 시스템 안전 항목에 간단히 언급되어 있고<sup>(1)</sup> AV 3.0 버전에서는 개발 중<sup>(6)</sup>이라고 서술된 ‘무선 소프트웨어 업데이트(OTA software update)’ 안전항목을 별도로 서술하고 있다. 다음 세부 항에서는 세계의 양대 선진 자동차 시장인 미국과 EU의 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인의 특징을 상세하게 설명한다.

### 2.2.1. 미국의 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인

미국 교통부는 2016년 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인(AV 1.0)을 발표하였다.<sup>(5)</sup> AV 1.0은 Table 1과 같이 레벨 2 이상의 자율주행자동차에 대하여 15개 안전항목으로 구성되어 있다. 적용 대상은 승용차, 트럭, 버스 등 모든 차종에 해당한다. 적용 기업은 기존 자동차 제작사, IT기업, 창업기업 등 미국 공공 도로의 사용을 목적으로 제작되는 자율주행시스템을 설계하거나 이를 활용하여 서비스를 제공하는 모든 기업을 포함한다. 특징적인 사항은 자동차의 승인체도로 자기인증을 채용하는 미국이 자율주행자동차에 대해서는 자기인증과 형식인증의 병행 활용을 고려했다는 점이다. 즉 제작사는 연방자동차 안전기준(FMVSS)으로 확인 가능한 사항에 대해서는 자기인증을 활용하고, 그 이외 사항에 대하여 형식승인을 받아야 한다.

AV 2.0은 자율주행기술의 도입에 방해가 되는 AV 1.0의 일부 규제 내용을 제거함으로써 AV 1.0을 대체하기 위하여 2017년 발표되었다.<sup>(1)</sup> 레벨 3.0 이상의 자율주행시스템에 대하여 개발, 시험 및 상용화 단계에서 법적 요구사항을 성문화하지 않는 비규제적인 방법으로 자율주행시스템의 안전성, 이동성, 효율성을 확보하고자 하였다. AV 1.0의 15개 안전항목 중 ‘등록 및 인증(Registration and certification)’, ‘개인정보 보호(Privacy)’, ‘윤리적 고려(Ethical consideration)’를 제외한 12개 항목으로 구성되었다.

AV 3.0 이후의 제작·안전 가이드라인은 이전 가이드

라인을 대체하기 위한 것이 아니라 보완하기 위해 발표된 것이다. AV 1.0에서 자기인증과 형식승인을 병행하기로 한 정책에 대하여 AV 3.0에서는 자기인증 접근방식이 안전 확보 및 혁신에 더 적합하다는 결론을 내린다. 또한 자율주행자동차의 정책 개발을 위하여 6대 원칙(① 안전 최우선, ② 기술 중립성, ③ 규정 현대화, ④ 일관된 규제와 운영환경 조성, ⑤ 자동화를 위한 적극적 준비, ⑥ 시민의 자유 보호 및 강화)을 발표하였다.<sup>(6)</sup> AV 4.0은 자율주행기술의 발전을 지원하기 위하여 연방 정부, 독립기관, 위원회 및 대통령 집행부 등 모든 이해관계자가 통합적으로 협력함으로써, 미래 운송 산업에서 미국이 지속적인 리더십을 확보할 수 있는 환경을 조성하기 위한 지침을 제공하고자 하였다.<sup>(7)</sup>

### 2.2.2. EU의 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인

EU의 제작·안전 가이드라인은 Table 1과 같이 8개 안전항목으로 구성되어 있다. 이는 미국(12개 항목)이나 우리나라(13개 항목)와 비교하여 상대적으로 적다. 하지만 시스템 성능(System performance)이 미국과 우리나라 가이드라인의 3개 항목으로 구성된 내용을 포괄하고 있기 때문에, 안전항목의 실질적인 개수와 내용에는 큰 차이가 없다.

여러 국가들로 이루어진 EU 지역의 특성으로 인해 EU의 제작·안전 가이드라인은 Table 2에 미국의 가이드라인과 비교하여 정리된 바와 같이 역내 회원국 사이의 통일성과 행정 간소화를 주요 목적으로 삼고 있다. EU 가이드라인의 특징은 EU가 형식승인체도를 운영하고 있다는 점을 반영하고 있다. 이는 ‘자율주행자동차 승인을 위한 ‘면제 절차’에 관한 가이드라인’으로 명명된 제목에서도 잘 드러난다.<sup>(11)</sup> 예측되지 않는 기술로 구현될 것으로 예상되는 레벨 3 이상의 자율주행자동차는 대량 생산되지 않기 때문에, EU에서 형식승인 면제를 신청하는 원칙과 절차를 규정하고 있다. 즉 EU의 한 회원국에서 형식승인 면제를 신청한 소량 생산된 자율주행자동차를 그 이외의 다른 회원국에서 임시 승인을 허가하는 절차를 서술한다.

EU의 제작·안전 가이드라인은 미국이나 우리나라의 가이드라인과는 달리 레벨 5 자율주행자동차를 포함하지 않고 있다. 또한 Table 1과 같이 ‘충돌안전’이나 ‘충돌 후 거동’ 항목이 결여되어 있다. 따라서 향후 가이드라인의 보완을 위한 업데이트가 예상된다.

Table 2 Comparison of safety guidelines between US and EU

	US	EU
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>비규제적인 측면에서 자율주행시스템의 안전성, 이동성, 효율성 확보</li> <li>복합 운송시스템의 자율주행 도입을 위한 정부 및 관련 기관의 방향 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율주행자동차의 국가별 임시 평가를 위한 회원국들의 관행 조화 및 평가의 상호인정 간소화</li> <li>공정한 경쟁과 투명성 보장</li> </ul>
적용대상 차량의 종류	저속 차량(low-speed vehicles), 승용차, 오토바이, 중형 차량(medium-duty vehicles), 대형 상업용 차량(대형 트럭, 버스 등)	원칙적으로 양산(series production) 차량에 대해서 적용(적은 생산 규모나 프로토타입의 경우 다른 승인 절차가 이미 존재)
적용 원칙	<ul style="list-style-type: none"> <li>준수 의무나 집행 메커니즘이 존재하지 않는 완벽히 자발적인 성격(entirely voluntary)</li> <li>관련 업체들은 ADS 테스트 및 보급 과정에서 안전을 확보하기 위한 다양한 접근법을 입증하는 '자발적인 자체 안전 보고서'를 대중에 공개할 것을 권고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(원칙) 제작사는 면제를 요구하는 요건과 비교하여 최소한 동등한 수준의 안전 및 환경보호가 보장된다는 것을 증명하는 시험과 시험결과를 설명해야 함</li> <li>(절차 1) 제작사는 EU의 한 회원국의 형식승인 당국에 신청함</li> <li>(절차 2) 회원국은 EU 집행위원회와 다른 회원국에 즉시 통보한다는 가정 하에 면제를 신청한 자동차 형식에 대해서만 자국 영토 내에서만 유효한 자동차 형식으로 임시 승인을 허가함</li> <li>(절차 3) EU 집행위원회는 기술위원회 투표를 통해 회원국이 해당 자동차 형식에 대한 EC 형식승인을 허가할 수 있는 여부를 결정함(집행위원회의 결정 이전에 다른 회원국들은 자국 영토에서 해당 자동차 형식의 임시 승인의 허용을 결정할 수 있음)</li> </ul>

### 3. 국내 레벨 4 제작·안전 가이드라인 분석

#### 3.1. 국내 레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인의 구성

Fig. 1에 정리된 것처럼 우리나라는 주요 자동차 생산국 중 가장 늦게 제작·안전 가이드라인을 발표하였지만, 경쟁 국가들의 앞선 사례를 벤치마킹하여 상대적으로 구체적인 제작·안전 가이드라인을 마련하였다. 특히 레벨 3 자율주행자동차의 안전기준을 세계 최초로 도입하였기 때문에,<sup>(12)</sup> 가이드라인은 주요 경쟁국가와는 다르게 레벨 4 이상의 자율주행자동차에 대한 내용으로 구성되었다.<sup>(4)</sup>

국내 자동차 안전 인증제도는 2003년부터 자기인증제도 방식으로 운영되고 있기 때문에,<sup>(15)</sup> 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인의 안전항목들도 기본적으로는 자기인증 접근방식에 입각한 미국의 가이드라인과 매우 유사하다.<sup>(1,6)</sup> 국내 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인은 Fig. 2와 같이 레벨 4 이상의 자율주행자동차가 확보해야 할 3대 안전 원칙인 시스템 안전, 주행 안전, 안전 교육 및 윤리적 고려에 대하여 13개의 세부 안전항목으로 구성되어 있다.

운행가능영역 내에서 자율주행시스템의 오류나 오작

동 및 사이버위협을 최소화하기 위한 '시스템 안전'은 Fig. 2에서와 같이 총 6개의 세부 안전항목으로 구성되어 있다. 레벨 4 이상의 자율주행자동차를 대상으로 하는 제작·안전 가이드라인의 특성 때문에, 도심도로 협력주행의 안전을 위한 '자율협력주행시스템'이 독립된 항목으로 포함되어 있다. 또한 '사이버보안' 항목 이외에 '통신안전' 항목을 별도의 세부 안전항목으로 포함하여 협력주행에 필요한 통신의 안전에 대한 지침을 제시하고 있다. 추가적으로 미국과 유럽의 제작·안전 가이드라인에는 별도의 안전항목으로 포함되지 않은 '무선 소프트웨어 업데이트'를 추가하여 상시적으로 발생할 수 있는 소프트웨어 업데이트의 안전을 고려하였다.

'주행 안전'은 도로 및 주변의 다양한 통행 객체와 상호작용을 통하여 사고 위험을 최소화하기 위한 안전 원칙으로 총 5개의 세부 항목으로 구성되어 있다. 미국의 제작·안전 가이드라인에서는 '충돌 안전성'과 '충돌 후 자율주행시스템 거동'으로 분리되어 있던 충돌 관련 안전항목을 국내 가이드라인에서는 하나로 통합하여 '충돌안전 및 사고 후 시스템 거동'으로 서술한 것이 차이점이다.

자율주행자동차가 언제나 인간을 우선적으로 고려하여 사용될 수 있도록 정의한 '안전교육 및 윤리적 고려'가 마지막 안전 원칙이다. 미국의 경우 AV 1.0에 포함되어 있던

레벨 4 자율주행자동차의 제작 안전 가이드라인에 대한 고찰



Fig. 2 Principles and elements of level 4 safety guideline of Republic of Korea

‘윤리적 고려’ 항목이 AV 2.0 이후에는 삭제되었고,<sup>(15-7)</sup> 유럽의 제작·안전 가이드라인에도 해당 항목은 존재하지 않는다. 하지만 자율주행자동차의 특성상 트롤리 딜레마와 같은 상황에서는 ADS의 프로그램이 윤리적 문제와 반드시 결부될 수 밖에 없다.<sup>(16)</sup> 국내 제작·안전 가이드라인은 사전에 다양한 이해관계자로부터 이끌어낸 합의가 ADS의 소프트웨어에 투명하게 반영됨으로써, 충돌상황 조건에서 자율주행자동차의 판단을 설명하도록 제안하고 있다.

3.2. 국내 레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인의 보완을 위한 고려사항

국토교통부는 레벨 4 자율주행자동차의 상용화시기를 2027년으로 예상하고, 제도적 기반 마련을 위하여 2024년까지 레벨 4 안전기준을 제정한다는 목표를 설정하고 있다.<sup>(4)</sup> 안전기준 제정 이전의 공백기를 위한 지침으로 발표된 제작·안전 가이드라인은 새롭게 부각되어 급격하게 변화하는 자율주행자동차의 기술동향을 고려할 때, 지속적인 업데이트가 필요할 수 있다. 따라서 2020년에 발표된 제작·안전 가이드라인의 보완 및 수정을 가정하면, 가이드라인 업데이트 과정에서 다음 세부 항목 같은 내용의 고려를 제안한다.

3.2.1. 산업계의 수용성 극대화

제작·안전 가이드라인의 주요 목적 중의 하나는 새로

운 자율주행자동차 기술을 규제하기 위한 것이 아니라, 안전을 확보하면서 동시에 새로운 기술개발을 진흥시키는 것이다.<sup>(1)</sup> 선진국에 비하여 상대적으로 뒤쳐진 국내 자율주행자동차 산업을 발전시키기 위해서는 ADS 분야에서 활동하는 다양한 기업(자동차 제작사, 부품 제조사, IT 기업 및 창업기업 등)이 수용하기 쉬운 가이드라인의 제시가 필요하다. 따라서 자율주행자동차 기술을 선도하고 있는 글로벌 IT 기업(Waymo, Apple 등)과 선진 자동차 제작사가 공개한 ADS 안전 보고서를 분석하여 국내 가이드라인에 적극적으로 반영할 필요가 있다. 이때 제작·안전 가이드라인의 내용이 기업의 규모에 관계없이 모든 기업이 공정하게 기술개발 경쟁에 참여하는 것을 방해해서는 안 된다. 또한 특정 기술을 보호하거나 배척함으로써 발생할 수 있는 기술경쟁력의 퇴보를 막기 위해서는 기술 중립적인 가이드라인을 제시해야 한다.

3.2.2. 세부 안전항목 사이의 조화

가이드라인의 안전항목은 Fig. 3과 같이 서로 연관되어 있다. 원주 위에 안전항목들을 표기한 것은 세부 안전항목이 다른 모든 항목들과 연결되어 있음을 의미한다. 특히 일부 안전항목의 세부 내용은 다른 특정 안전항목의 세부 내용과 더욱 긴밀하게 연결되어 있다. Fig. 3에서 이중 화살표가 있는 연결선으로 이어진 안전항목들이 그러한 사례이다. 예를 들면, ‘통신안전(Communication safety)’ 항목의 세부 내용들은 ‘사이버보안(Cybersecurity)’ 항목과 깊이 연관되어 있다. 두 안전항목 사이에 연관성이

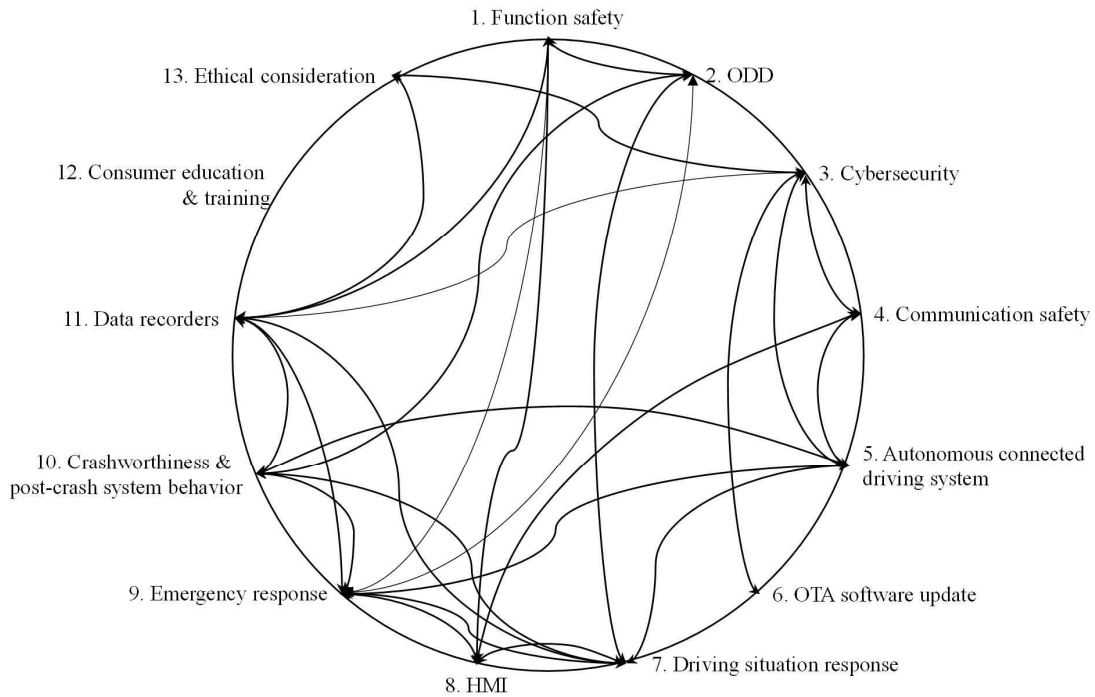


Fig. 3. Relationship between safety components of level 4 safety guideline of Republic of Korea (A connecting line with a double arrow indicates that the two connected safety elements are strongly related in the context of the guideline.)

너무 높으면, 중복되는 내용이 서술되거나 반대로 일부 내용이 누락될 수도 있다. 따라서 가이드라인의 세부 안전항목들은 세심히 검토되어 안전항목 간의 ‘상호배제 및 전체포괄(Mutually Exclusive Collectively Exhaustive, MECE)’의 원리가 적용되어야 한다. 즉 안전항목들의 세부 내용이 기본적으로는 상호 중복 없이 하나의 가이드라인으로서 완전한 전체를 이루는 조화가 필요하다.

### 3.2.3. 현행 안전항목 내용의 보완 및 수정

국내 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인에는 ISO 나 SAE에서 발표된 다수의 기술표준을 참조하도록 권유하고 있다. 예를 들면, 기능안전 항목의 ISO 26262 및 ISO PAS 21448, 사이버보안 항목의 UN Regulation No.155와 ISO/SAE 21434, 통신안전 항목의 SAE J2735, SAE J2945, IEEE 802.11p, IEEE 1609 시리즈, 3GPP Release 14~16, 데이터기록장치 항목의 UNECE/WP29 등이 있다. 하지만 현행 가이드라인에서 제시된 국제 기술표준들이 13개 안전항목을 만족시키기 위해 필요한 기술표준을 모두 포함하고 있지는 않다. 비록 아직 개발 중인 자율주행자동차 기술의 안전 확보를 위한 강제성이 없

는 비규제적 지침이지만, 만족해야 할 국제 기술표준을 조금 더 구체적으로 제시할 필요가 있다. 미국의 AV 3.0에서는 자율주행자동차의 세부 기능들의 안전 확보를 위한 국제 기술표준을 별도의 Table에 상세히 열거하고 있다.<sup>(6)</sup> 따라서 국내 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인을 업데이트할 때, 안전항목의 구현에 요구되는 국제 기술표준의 리스트를 별도로 정리하여 제시하면 가이드라인의 완성도를 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

Table 1에서와 같이 미국과 유럽의 가이드라인에는 자율주행자동차의 각종 기능에 대한 객관적인 검증방법을 별도의 안전항목으로 취급하고 있다(미국의 경우 Validation methods, EU는 Safety assessment and tests). 반면 국내 가이드라인에서는 객관적인 검증에 대한 별도의 안전항목이 없고, 개별 안전항목에 검증절차의 마련을 권고하고 있다. 현재는 총 4개의 안전항목(기능안전, 사이버보안, 주행상황 대응, HMI)에서 검증의 필요성이 확실하게 언급되어 있으나, 실제로는 거의 모든 안전항목에서 객관적인 검증이 요구된다. 따라서 모든 안전항목의 주요 기능에 대한 객관적인 검증방법을 별도의 독립적인 안전항목으로 추가할 필요성이 존재한다.

마지막으로 제작·안전 가이드라인에 운전자 또는 사

용자의 선택권을 보장하는 세부 내용의 보완이 요구된다. Fig. 2에서와 같이 가이드라인 구성의 3대 원칙 중 ‘시스템 안전’과 ‘주행 안전’의 핵심은 자율주행시스템의 소프트웨어 성능에 의해 결정된다. 따라서 시스템의 소프트웨어 업데이트는 자율주행자동차의 성능을 본질적으로 변화시킬 수 있다. 자율주행자동차의 구매 초기의 성능과 누적된 소프트웨어 업데이트 이후의 성능은 큰 차이를 보일 수 있다. 또한 업데이트된 소프트웨어의 배포 초기에는 사용자가 해당 소프트웨어의 성능 수준과 오류 유무를 평가하기 힘든 상황이다. 현행 제작·안전 가이드라인의 ‘무선 소프트웨어 업데이트’ 안전항목에서는 운전자의 권리로 인식될 수 있는 내용으로 ‘업데이트 정보의 사전 인지’와 ‘완료 후 성공여부’ 및 ‘소프트웨어 버전 확인의 용이성’만을 제시하고 있다. 하지만 정작 중요한 해당 소프트웨어 업데이트를 실시할 것인가에 대한 운전자의 선택권은 명쾌하게 제시되어 있지 않다. 차기 제작·안전 가이드라인의 업데이트 단계에서는 자율주행자동차의 소유권과 운행의 결정권 측면에서 사용자의 선택권을 심도 있게 고려할 필요가 있다.

#### 4. 결론

레벨 4 자율주행자동차의 제작·안전 가이드라인에 대한 기초연구로서, 안전항목을 중심으로 주요 자동차 선진 국가들과 국내의 가이드라인을 비교하여 차이점과 특징을 분석하였다. 우리나라의 제작·안전 가이드라인은 다른 주요 국가들과 비교하여 가장 뒤늦게 발표되었으나, 세계 최초로 레벨 4 이상의 자율주행자동차를 대상으로 설정하여 특색 있는 안전항목을 포함하고 있다. 3대 안전 원칙에 대하여 총 13개의 안전항목으로 구성된 국내의 제작·안전 가이드라인은 레벨 4 자율주행자동차의 안전 기준이 제정되기 전까지 국내 자율주행자동차의 기술발전을 장려하는 지침으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만 레벨 4 안전기준이 마련될 때까지는 아직 긴 시간이 남아 있기 때문에, 신기술의 등장과 발전을 반영할 수 있도록 가이드라인의 보완 및 수정을 위한 업데이트가 예측된다. 향후 국내 제작·안전 가이드라인의 업데이트를 위한 고려사항을 검토한 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 주요 자동차 선진국에 비하여 상대적으로 뒤쳐진 국내 자율주행자동차 산업을 발전시키기 위해서는 가이드라인에 대한 산업계의 수용성을 극대화할 필요가 있다. 자율주행자동차 산업에 종사하는 모

든 유형의 기업이 공정하게 경쟁할 수 있고, 특정 기술만을 보호하거나 배척하지 않는 기술 중립적인 가이드라인이 제시되어야 한다.

- 2) 제작·안전 가이드라인을 구성하는 안전항목들은 서로 긴밀하게 연관되어 있기 때문에, 안전항목들의 조화가 요구된다. 이를 위하여 세부 안전항목들 사이에는 상호배제 및 전체포괄의 원리가 적용되도록 안전항목들의 내용을 조율할 필요가 있다.
- 3) 현행 안전항목의 보완을 위하여 ① 13개 세부 안전항목의 구현에 요구되는 모든 국제 기술표준의 포함, ② 모든 안전항목의 주요 기능을 객관적으로 검증하는 방법을 서술하는 별도의 독립적인 안전항목 추가, ③ 운전자 또는 사용자의 선택권을 보장할 수 있는 안전항목의 보완을 제안하였다.

#### 후 기

본 연구는 국토교통부 ‘도심도로 자율협력주행 안전·인프라 연구’ 사업의 연구비 지원(과제번호 21PQOW-B152473-03)에 의해 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 또한 연구수행 과정에서 받은 경일대학교 용부중 교수님의 세심한 조언에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) NHTSA, 2017, “Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety”, Department of Transportation, US.
- (2) Automotive iQ, 2019, “The AV Ecosystem: How Oems, Ride-Sharing Companies And Suppliers Are Connecting To Develop Autonomous Cars”, (<https://www.automotive-iq.com>).
- (3) 이광구, 용부중, 우현구, 2020, “레벨 4 자율주행자동차의 기능과 특성 연구”, 자동차안전학회지, 제 12권, 제4호, pp. 61~69.
- (4) 첨단자동차기술과, 2020, “레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인”, 국토교통부.
- (5) NHTSA, 2016, “Federal Automated Vehicles Policy”, Department of Transportation, US.
- (6) NHTSA, 2018, “Automated Vehicle 3.0: Preparing for the Future of Transportation”, Department of Transportation, US.
- (7) NHTSA, 2020, “Automated Vehicle 4.0: Ensuring



- American Leadership in Automated Vehicle Technologies”, Department of Transportation, US.
- (8) Austroads, 2017, “Guidelines for Trials of Automated Vehicles in Australia”, The National Transport Commission, Australia.
- (9) Road Transport Bureau, 2018, “Guideline regarding Safety Technology for Automated Vehicles”, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan.
- (10) Transport Canada, 2019, “Canada's Safety Framework for Automated and Connected Vehicles”, Department of Transport, Canada.
- (11) Technical Committee—Motor Vehicles, 2019, “Guidelines on the Exemption Procedure for the EU Approval of Automated Vehicles”, the European Commission.
- (12) 첨단자동차기술과, 2019, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙: 제3절 자율주행시스템의 안전기준”, 국토교통부.
- (13) 우민제, 2020, “자율주행차 윤리·보안·안전 방향 가이드라인 3종 발표”, 김앤장 뉴스레터 ([www.kimchang.com/ko/insights](http://www.kimchang.com/ko/insights)).
- (14) SAE Int., 2018, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles”, Recommended Practice J3016 (Revised).
- (15) 한국교통안전공단, “자동차부품 자기인증이란?”, ([www.kotsa.or.kr/parts/pub/intro/introduce.do](http://www.kotsa.or.kr/parts/pub/intro/introduce.do)).
- (16) MIT Technology Review, 2015, ‘Why Self-Driving Cars Must be Programmed to Kill’, (<https://www.technologyreview.com/2015/10/22/165469/why-self-driving-cars-must-be-programmed-to-kill/>).