

국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER



KRIHS POLICY BRIEF • No. 785

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 강현수 • www.krihs.re.kr

자율주행에 대비한 도로 계획·관리에 대한 정책제언

윤서연 연구위원, 이재현 부연구위원, 김상록 부연구위원

요약

- 1 자율주행은 도로시설의 특성에 영향을 받으며, 연속류에서 단속류 시내구간으로 확산될 것으로 전망
- 단, 물류 분야는 군집주행으로 비용절감 및 운송효율화 가능 시 확대 예상
- 2 「도로법」은 도로종류를 건설·관리 주체에 따라 정의하고 있어 시설의 특성 반영이 미흡함
- 이러한 분류는 시설의 특성과 관리 수준은 정확히 반영하지 못하며, 관리정보 또한 통합 어려움
- 3 미국과 유럽은 자율주행자동차를 지원하는 도로인프라 등급 마련을 연방정부 및 유럽연합 차원에서 추진
- 국내에서도 향후 높은 수준의 자율주행 기술 상용화 시에도 유효한 자율주행 지원 도로 정의 필요
- 4 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」(이하 자율주행자동차법)의 「자율주행 안전구간」을 보완·세분화한 자율주행 지원 도로 등급 필요
- 현재는 「도로법」의 자동차전용도로를 인용하여 자율주행 안전구간을 정의하고 있어 이에 대한 개선 필요
- 5 자율주행 지원 도로인프라를 마련하기 위해서는 자율주행 지원 도로등급을 이용한 계획 수립 필요
- 현 도로분류를 자율주행 지원 수준에 따라 재분류하고 이에 기반한 계획 수립 필요

정책제언

- ① (자율주행 지원 도로 등급 및 관리기준 마련) 현재는 자율주행 안전구간을 초기 자율주행에 적용할 수 있도록 자동차전용도로 중에서 지정하게 되어 있으나, 향후 기술발전 및 자율주행 도로범위 확대를 고려하여 미래에도 유효한 도로인프라 등급 마련 필요
- 물리적 시설, 디지털 인프라(정밀도로지도, 동적정보, 통신 등)의 수준을 반영한 자율주행 지원 도로 등급을 마련하고, 등급별 도로관리 기준을 설정하여 전국의 도로관리청이 등급에 적합한 도로관리 기준을 준수하도록 규정 필요
- ② (자율주행 지원 도로인프라 계획 수립) 현 도로체계를 자율주행 지원 도로등급으로 재분류하여 자율주행 지원 도로인프라 마련 목표치 설정, 예산근거 마련 등 계획 수립에 활용

1. 도로 특성을 고려한 자율주행 이용 확산의 전망

자율주행은 도로시설의 특성에 따라 확산될 것으로 예상

자율주행 기술의 발전은 신호등이 없는 연속류(Uninterrupted flow) 도로에서 단속류(Interrupted flow) 시내 구간의 방향으로 이뤄질 것으로 예상, 실생활에서의 이용은 비용-수익 구조 등을 고려하여 확산이 이뤄질 것으로 예상

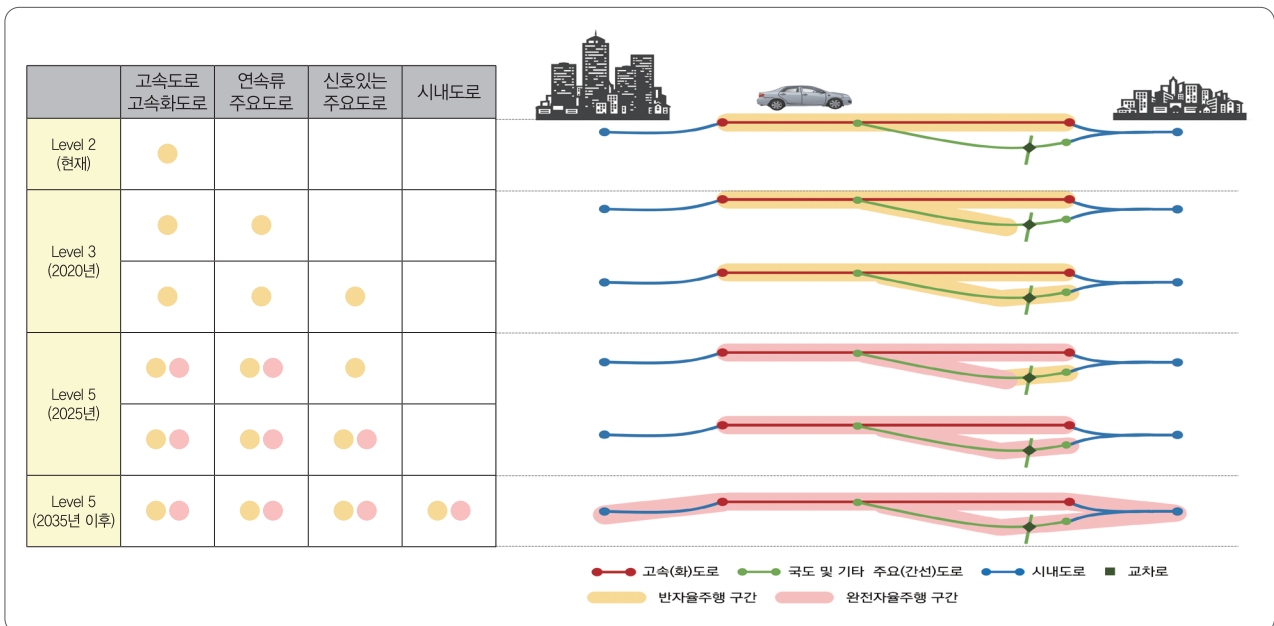
표 1 자율주행 기술 단계별 발전 시나리오

구분	발전 시나리오	설명
Lv.2 (2018년)	① 연속류 시험구간 자율주행	신호등 없는 자동차 전용도로 시험구간 자율주행
	② 자율주차	자율주행 기능을 통한 자동주차
	③ 연속류 고속구간 자율주행	신호등 없는 자동차 전용도로 고속구간 자율주행
Lv.3 (2020년)	④ 연속류 자율주행	신호등 없는 자동차 전용도로 자율주행
	⑤ 단속류 자율주행	신호등 있는 주요도로 자율주행
Lv.4 (2025년)	⑥ 연속류 완전 자율주행	신호등 없는 자동차 전용도로 운전자 개입 없는 완전 자율주행
	⑦ 단속류 완전 자율주행	신호등 있는 주요도로 운전자 개입 없는 완전 자율주행
Lv.5 (2035년 이후)	⑧ 완전 자율주행	전체 도로(비포장도로, 보행자혼합도로 등) 운전자 개입 없는 완전 자율주행

출처: 국무조정실 2018, 5.

승용차의 경우, 단계별 자율주행 기술이 탑재된 차량이 출시되면 개인의 결정으로 차량의 이용여부가 결정되므로 기술도래 시점과 유사하게 확산이 이뤄질 것으로 예상되며, 도로 위의 활용은 아래와 같이 도식화할 수 있음

그림 1 승용차 자율주행 이용의 확산



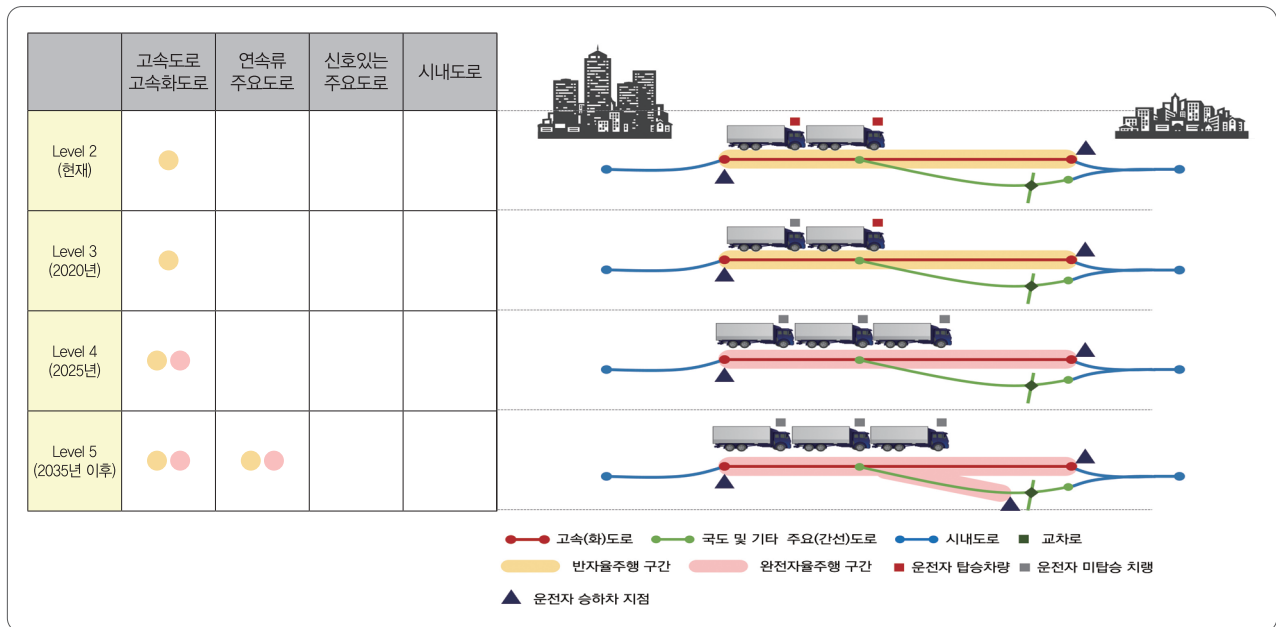
출처: 윤서연 외 2019, 59.

물류 분야 자율주행은 군집주행으로, 비용절감 및 운송 효율화 가능 시 확대 예상

물류(트럭)에 대해서는 고속도로 등 연속류에 대한 군집주행을 지원하기 위해 연속류와 단속류가 연결되는 지점에 차량 정차 및 운전자 승하차를 위한 인프라가 필요할 것으로 예상되며, 이를 아래와 같이 도식화함

- 맥킨지의 분석에 의하면 연속류 도로상에서 운전자 미탑승 차량을 운전자 탑승 차량과 군집주행 가능해질 때 물류산업에 유의미한 비용절감이 발생하므로, 이 시점에 트럭 군집주행을 지원하는 인프라 필요 (McKinsey 2018)

그림 2 화물차 자율주행 이용의 확산



출처: 운서연 외 2019, 60.

2. 자율주행시대를 위한 도로관리의 현황 진단

「도로법」은 도로종류를 건설·관리 주체에 따라 정의하여 시설의 특성 반영 미흡

건설 주체에 따른 이와 같은 분류는 건설과 관리의 법적인 책임을 명시하기는 하지만, 시설의 특성과 관리 수준을 정확히 반영하지 못함

- 시내 일반국도나 특별광역시도, 지방도, 시군구도 등은 여러 지자체가 권역으로 나누어 건설·관리하고 있어, 동일한 도로종류에 속하더라도 시설수준에 일관성이 없고 관리 기준도 달리 적용되고 있음
- 자율주행을 지원하는 일관된 도로분류 및 관리 체계를 마련하고자 할 때 적용이 어려움

자율주행자동차법은 자율주행 안전구간¹⁾을 「도로법」의 분류에 따라 정의

자율주행 안전구간을 「도로법」의 자동차전용도로 중에서 지정하도록 되어 있어, 관련 제도의 유효성 검토 필요

- 자동차전용도로의 지정과 해제가 의무사항이 아니기 때문에 자동차전용도로 수준의 시설임에도 지정되지 않거나, 자동차전용도로의 기능을 상실한 뒤에도 해제되지 않는 경우 존재
- 현재 자율주행 안전구간의 정의는 연속류 자율주행이 가능한 3단계 자율주행을 기준으로 하고 있어, 향후 높은 수준의 자율주행 기술이 상용화 시에도 유효한 자율주행 지원 도로 정의 필요

- <사례 1> 용인서울고속도로와 접속되는 311번 지방도
 - 고속도로와 직결되고 자동차전용도로 시설을 갖추고 있으나 지정되지 않은 사례
- <사례 2> 양재대로 양재나들목~수서나들목 구간(국도 제47호선, 국지도 제23호선, 서울특별시도 제92호선 구간)
 - 1989년 자동차전용도로 지정 이후 횡단보도 설치 등으로 자동차전용도로 기능을 상실하였으나 해제되지 않음

도로관리청별로 별도의 도로관리시스템을 구축하고 있어 통합 정보로써 활용이 어려움

고속국도에 대해서는 한국도로공사가 'Hi-유지관리'를 통해 도로를 관리하며, 국도에 대해서는 국토교통부가 한국건설기술연구원과 한국국토정보공사에 위임하여 다양한 도로관리시스템을 운영하고 있음

- 지방도·시군구도에 대해서는 지자체 여건에 따라 서로 다른 수준으로 도로관리시스템을 구축하여 활용하고 있으며, 시스템 현황을 중앙에서 파악할 수 있는 체계가 존재하지 않음

자율주행 지원 도로에 대한 기초 기술이 개발 중이라 이를 실용화하기 위한 틀 마련 필요

정부 주도 연구개발 사업에서 개발된 자율주행 지원 도로인프라 기술을 효율적으로 실제 도로망에 적용할 수 있는 기준 및 계획 마련 필요

표 2 자율주행 관련 정부 주도 연구개발 사업 현황

대분류	소분류	과제명	완료시점
도로 및 교통시설	도로교통 안전시설	자율협력주행을 위한 LDM(Local Dynamic Map, 동적정보시스템) 및 V2X(Vehicle to Everything, 차량·사물 통신) 기반 도로시스템 개발(스마트 자율협력주행 도로시스템 개발-스마트 자율 군집주행도로)	2020년 1월
		자율주행 지원을 위한 도로변화 신속 탐지, 갱신, 기술 개발·실증(자율주행 지원을 위한 도로변화 신속 탐지 기술 개발·실증)	2021년 1월
		도심도로 자율협력주행 안전인프라 연구	2021년 12월
교통계획 및 운영	교통운영 및 정보관리	자율주행자동차 차량·운전자 제어권 전환 안전성 평가기술 및 사회적 수용성 연구	2020년 1월
		자율협력주행 환경 도로교통 통합보안 인증시스템 및 이상탐지 기술개발	2022년 12월
		도심도로 자율협력주행을 위한 동적정보 플랫폼 기술 개발	2021년 12월
	V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발(V2X 기반 상용차 군집주행 운영기술 개발)	2021년 1월	
	대중교통 및 연계환승체계	자율주행 기반 대중교통시스템 실증 연구	2021년 1월
자동차	친환경 자동차	대용량 BRT 자율주행 및 전기동력 시스템 실증연구	2022년 12월
	IT융합 자동차	자율주행자동차 안전성 평가기술 및 테스트베드 구축	2018년 1월
		자율주행 기반 카셰어링 서비스 시험운영 연구	2018년 12월

출처: 국토교통과학기술진흥원 (<https://www.kaia.re.kr>, 2020년 10월 6일 검색) 과제현황 자료를 저자가 정리.

1) 자율주행자동차법 제6조(자율주행 안전구간의 지정) ① 국토교통부장관은 자율주행자동차의 운행 지원을 위한 인프라 등을 고려하여 「도로법」 제48조제1항에 따른 자동차전용도로 중 안전하게 자율주행할 수 있는 구간(이하 "자율주행 안전구간"이라 한다)을 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 지정할 수 있다.



3. 자율주행 지원 도로 수준을 정의한 해외사례

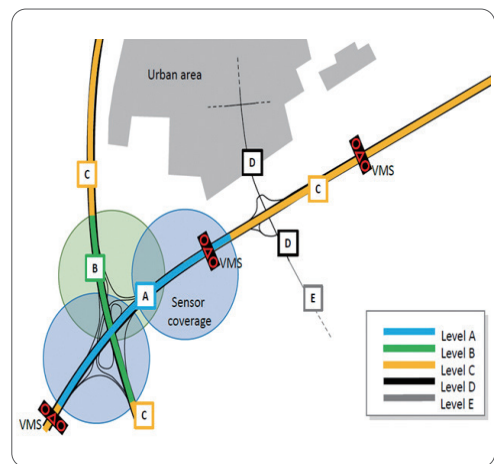
[유럽] 기존 인프라에 디지털 인프라가 결합된 수준에 따라 5단계 기준 마련

자율주행 전환기에 기존 자동차와 자율주행차의 공존을 지원할 수 있는 도로 인프라를 준비하기 위해 'INFRAMIX 프로젝트'를 추진하고 자율주행 지원 도로수준 도출

표 3 ISAD 단계별 구분
(Infrastructure Support Levels for Automated Driving, 자율주행 지원 도로 수준)

구분	단계	정의	인프라가 제공하는 정보			
			디지털 지도	VMS, 사고, 날씨 등	미시 교통 상황	속도, 차간거리, 차선 등
디지털화된 인프라	A	교통류 최적화를 위해, 실시간 차량 흐름을 기반으로 자율주행차를 안내	○	○	○	○
	B	인프라가 자세한 교통상황을 인지하고 실시간으로 자율주행차에 제공	○	○	○	
	C	모든 동적/정적 인프라 정보가 디지털 형태로 자율주행차에게 제공 가능	○	○		
기존 인프라	D	교통표지를 포함한 디지털 지도 정보 이용 가능, 신호등·도로공사 등은 자율주행차가 스스로 인지해야 함	○			
	E	디지털 정보가 없는 기존 인프라. 센서에 의한 자율주행				

그림 3 ISAD 개념 도식화



출처: ERTRAC 2019, 7의 내용을 저자 번역 후 재정리.

출처: ERTRAC 2019, 8.

[미국] 물리적 인프라의 자율주행 적합도 및 도로 설계·운행을 포함한 4단계 기준 제시

차량과 도로 간 통신, 머신비전*을 통한 감지, 도로설계 및 운영 세 분야를 네 가지 수준으로 나누어 등급 제시

* 시각정보를 받아들이는 센서와 자동으로 시각정보를 해석하는 소프트웨어(머신러닝, IoT, 빅데이터, 클라우드 기술 등)를 결합하여 자율주행 시 주변환경에 대한 정보를 자동으로 해석할 수 있는 기술

표 4 차량-도로 간 연결성 등급 시스템 프레임워크 개요

분야	개선·유지관리가 필요한 수준	현재 최신 수준	향후 1-5년 이내 적합한 수준	10년 후 적합한 수준
차량과 도로 간 직접 통신	<ul style="list-style-type: none"> 광케이블, 셀룰러 없음 노변 통신장치가 없음 신호제어장치 통신연결 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 광케이블 및 셀룰러 존재 신호제어시스템이 표준 지침을 따름 V2I 불가능함 	<ul style="list-style-type: none"> 통신 및 인프라가 V2I 가능 신호제어장치는 통신과 연결되어야 함 	<ul style="list-style-type: none"> 5G 통신 신호장치에서 차량에 정보를 전송 가능 인프라가 정보 전달
머신비전을 통한 감지	<ul style="list-style-type: none"> 도로자원이 디지털화되지 않음 교통표지와 노면표시형식이 표준지침을 따르지 않음 신호체계 업그레이드 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 도로자원이 디지털화(전산화)됨 교통표지, 노면표시, 신호체계가 표준 지침을 따름 	<ul style="list-style-type: none"> 주요도로 또는 지역에 대한 디지털 지도 작성 신호 및 노면표시가 자율주행용 시인성 지침을 따름 신호에 대한 시야를 확보하고, 반사가 적은 소재로 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 교통표지와 도로표시가 미래 머신 비전과 처리과정에 적합해야 함 미래 자율주행차가 신호를 어떻게 감지할지에 대해 향후 연구 필요
자율주행차 위한 도로 설계 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> 도로의 기하학적 구조, 신호제어장치가 표준 지침을 따르지 않음 포장상태 불량 	<ul style="list-style-type: none"> 도로의 기하학적 구조, 신호제어장치가 표준 지침을 따름 도로 포장 양호 	<ul style="list-style-type: none"> 인프라의 기하학적 구조가 CV(Connected Vehicles), AV(Automated Vehicles)의 길 찾기를 고려하여 설계 네비게이션 장치가 V2I 연결이 가능해야 함 추가적인 연구 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 인프라의 기하학적구조와 네비게이션 장치가 CV, AV에만 맞춰서 설계되어야 함 추가적인 연구 필요

출처: Christopher M. Poe, et al, 2020, 3의 내용을 저자가 번역 후 정리.

4. 자율주행에 대비한 도로 계획·관리를 위한 정책제언

자율주행 지원 도로등급 및 등급별 관리 기준 마련 필요

물리적 시설, 디지털 인프라(정밀도로지도, 정보제공 수준, 통신 등)의 수준을 반영한 자율주행 지원 도로등급을 마련하고, 적합한 도로관리기준을 준수하도록 규정 필요

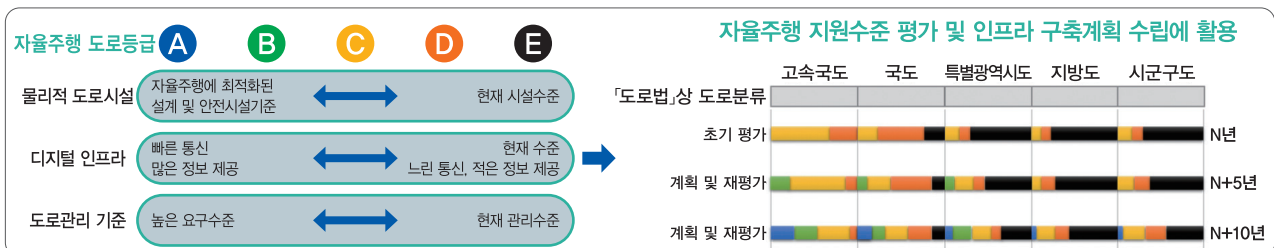
- 자율주행 지원 도로등급별로 적합한 도로관리 기준을 마련하고, 전국의 도로관리청에서 동일하게 적용할 수 있도록 제도화

자율주행 지원 도로등급에 기반한 자율주행 지원 도로 인프라 구축계획 수립 필요

현 도로체계를 자율주행 지원 도로등급으로 재분류하여 자율주행 지원 도로인프라 계획 수립에 활용

- 도로구간별로 자율주행 지원 등급을 평가하고, 자율주행 지원 도로 목표 등급 및 지원 시점을 설정하여 도로인프라의 수준을 계획적으로 높여나가기 위해 활용
- 구간별 자율주행 지원 도로등급을 집계하여 자율주행 지원 도로인프라 구축의 총량적 계획을 수립하고, 자율주행인프라 구축의 물량 산정 및 예산마련의 근거로써 활용

그림 4 자율주행 지원 도로등급 마련(A: 가장 높은 수준의 자율주행 지원, E: 가장 낮은 수준의 자율주행 지원) 및 계획 수립



출처: 윤서연 외 2019, 84의 내용을 바탕으로 저자 재작성.

참고문헌

- 국무조정실. 2018. 자율주행차 선제적 규제혁파 - 자율주행차 분야 선제적 규제혁파 로드맵 발표. 11월 7일, 보도자료.
 국토교통과학기술진흥원 홈페이지. (<https://www.kaia.re.kr>, 2020년 10월 6일 검색).
 도로법. 2020. 제16912호(2월 4일 타법 개정); 자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률. 2020. 제7453호(6월 9일 타법 개정).
 Christopher M. Poe, Ph.D. and P.E. 2020. Connected Roadway Classification System Development. NCHRP Project 20-24, Task 112. Texas: A&M Transportation Institute.
 ETRAC. 2019. Connected Automated Driving Roadmap. Brussels: ETRAC.
 McKinsey. 2018. Route 2030: The fast track to the future of the commercial vehicle industry. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/route-2030-the-fast-track-to-the-future-of-the-commercial-vehicle-industry#> (2020년 10월 6일 검색).

※ 본 자료는 국토연구원에서 기본과제로 수행한 '윤서연·김준기·이재현·김상록, 2019. 자율주행시대에 대응한 도로관리체계 연구. 세종: 국토연구원'의 내용을 수정·보완해 정리한 것임.

윤서연 국토인프라연구본부 연구위원(syyoon@krihs.re.kr, 044-960-0333)

