

수시 | 17-5

자율주행차량에 대응한 첨단교통 인프라정책 방안연구-도로 운영방안을 중심으로-

A Study on the Smart Transportation Infrastructure Policy
to Respond to of the Age of an Autonomous Vehicle

오성호, 박종일, 윤태관

수시 17-05

자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안 연구 - 도로 운영방안을 중심으로 -

A Study on the Smart Transportation Infrastructure Policy
to Respond to the Age of an Autonomous Vehicle

오성호, 박종일, 윤태관

■ 연구진

오성호 국토연구원 연구위원(연구책임)

박종일 국토연구원 책임연구원

윤태관 국토연구원 책임연구원

■ 연구심의위원

이백진 국토연구원 연구위원

김호정 국토연구원 선임연구위원

이상건 국토연구원 선임연구위원

김대종 국토연구원 연구위원

김경석 공주대학교 교수

강경표 한국교통연구원 연구위원

약어목록

ABS	Anti-lock Brake System
ACC	Adaptive Cruise Control
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
AI	Artificial Intelligence
ARS	Automatic Response System
ASV	Advanced Safety Vehicle
AV	Autonomous Vehicle
AVI	Automatic Vehicle Identification
BA	Braking Assistance
BRT	Bus Rapid Transit
CA	Collision Avoidance
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control
CCTV	Closed Circuit Television
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport System
CNS	Car Navigation System
COOPERS	COOPerative systEms for intelligent Road Safety
COSMO	Cooperative Systems for sustainable Mobility and Energy Efficiency
CV	Connected Vehicle
CVIS	Cooperative Vehicle-Infrastructure System
DFS	Driver Feedback Sign
DMS	Dynamic Message Sign
DOT	Department of Transportation
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DSSS	Driving Safety Support Systems
ECU	Electronic Control Unit
ERTRAC	European Road Transport Research Advisory Council
ESP	Electronic Stability System
FCW	Forward Collision Warning
FHWA	Federal Highway Administration
GPS	Global Positioning System
HCM	Highway Capacity Manual
HIDO	Highway Industry Development Organization
HOV	High Occupancy Vehicle
ICT	Information Communications Technology
IoT	Internet of Things
ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act

ITS	Intelligent Transport System
KDI	Korea Development Institute
LCS	Lane Control Sign
LDM	Local Dynamic Map
LDWA	Lane Departure Warning Assistance
MPR	Market Penetration Rate
NAV	Non Autonomous Vehicle
NCSL	National Conference of State Legislatures
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NV	Night Vision
OBU	On-board Unit
RSE	Road Side Equipment
SAE	Society of Automotive Engineers
SIP	Strategic Innovation Promotion Program
TCS	Traction Control System
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
V2X	Vehicle to Everything
VDS	Vehicle Detection System
VICS	Vehicle Information & Communication System
VII	Vehicle Infrastructure Integration
VMS	Variable Message Sign
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments



1. 연구의 개요

1 연구의 배경 및 필요성

- 자율주행차량이란 스스로 도로 환경 인식, 위험요소 판단, 주행경로 계획, 차량 제어 등이 가능한 자동차를 뜻함
- 자율주행차량은 그 기술 수준에 따라 레벨 0~5로 나눌 수 있으며 (SAE, 2016, p.2) 2017년 현재 2단계 수준이고 2020년 3단계, 2025년 4단계를 예상함
- 자율주행차 상용화는 국민의 이동성과 편의성을 향상시켜 지역간 통행 증가와 궁극적으로 지역발전에 긍정적 영향을 미칠 것으로 기대됨
- 자율주행으로 인한 교통부문의 도입효과는 <표 1>과 같음

표 1 | 자율주행차량 도입에 따른 효과

유형	효과	상세내용
운전자	주행 편의성	운전자의 피로, 음주여부와 무관하게 주행 차내에서 운전 대신 기타 업무 가능
	주행 안전성	돌발상황에 대한 자동대응으로 운전자 인지반응 한계를 극복해 사고 감소
	주행 효율성	정보력을 바탕으로 최단 거리 검색 및 주변 사고 상황 등 파악을 통한 통행시간 단축
	초고속성	첨단기술과 안전성을 기반으로 초고속 주행이 가능해져 통행시간 단축
도로 운전자	도로 효율성	도로 낙하물 또는 사면붕괴 등에 즉각적 대응이 가능해져 사고 감소
	도로 안전성	짧은 차두거리 유지로 도로 용량 증가 및 정체 감소
	친환경성	불필요한 가·감속, 경제속도 유지 등으로 환경개선

자료: 저자 작성

- 국토교통부 예측에 따르면, 2020년 전후부터 레벨 3,4단계의 자율주행차량이 본격 상용화 될 시기까지 자율주행차량과 일반차량이 도로를 공유할 것으로 예상됨
- 이 때, 기존 도로인프라에 대한 인식 한계와 예기치 못한 돌발상황에 대한 대응력 부족 및 도로이용자 행태에 대한 이해 부족으로 안전문제가 제기됨
- 또한, 짧은 차두거리의 군집주행이 불가능해 도로 용량 극대화를 통한 도로이용 효율 향상 효과를 기대하기는 어려움
- 따라서, 자율주행차량의 효율을 극대화하기 위해 기존 첨단교통인프라 기술을 검토하고 자율주행차량의 도입 비율 및 시기에 따른 단계별 효율적 운영방안에 대한 정책 검토가 필요함

2 연구의 목적

- 본 연구는 자율주행차량의 기술 수준 및 국내·외 동향을 분석하고, 이에 따라 자율주행차량 도입비율에 따른 효율적 대응 단계를 1~3단계로 구분하여 각 단계별 정의와 자율주행차량 도입 기대효과에 대해 분석함
- 또한, 기존 첨단교통인프라에 대해 검토하고, 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라에 대한 정의를 통해 제시된 각 단계 별 자율주행차량의 효율을 극대화할 수 있는 첨단교통인프라 운영방안 모색을 목적으로 함

3 연구의 범위와 방법

- 기준년도는 2016년으로 하되 구득이 어려운 경우 가장 최근 자료를 활용함
- 레벨 5 자율주행차량 (SAE Standard J3016)을 기준으로 연속류 기본구간을 대상으로 첨단교통인프라 정책추진 방안을 제시함

2. 자율주행차량과 첨단교통인프라

1 자율주행차량

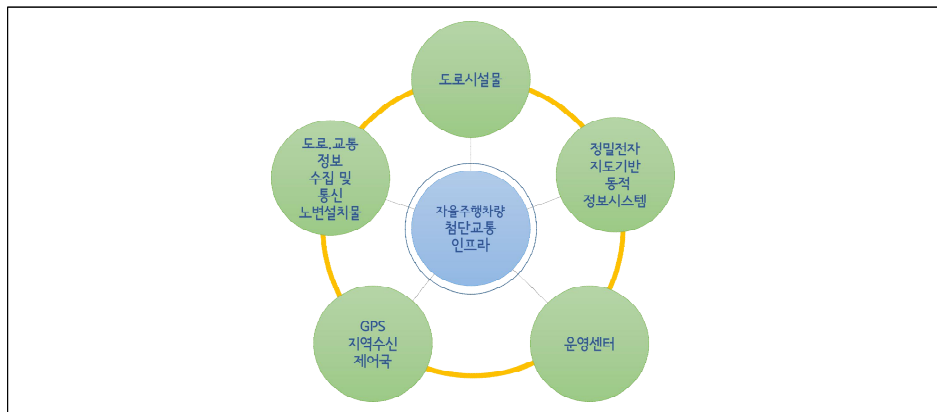
- 정부는 자율주행 차량 기술개발은 선진국보다 늦게 시작했지만 제도·기반시설 조기 구축으로 상용화시기를 단축해 2020년 자율주행차량 상용화(레벨 3의 부분적 자율주행)를 목표로 함
- 자율주행차량은 2020년 경 상용화되고 2030년에는 신규 자동차의 75%에 이를 것으로 예상 (이재관, 2015, p.3)
- 자율주행차량의 특성상 도로인프라, 자율협력주행차, 통신 및 기타 운영관리 시스템의 연계가 필수적이며 이를 위해서는 중앙정부의 협력 연구개발 및 역할 분담이 매우 중요
- 미국은 2017년 현재 총 33개 주가 자율주행차량 주행을 법적 허가 했으며, 2020년까지 첨단운전자보조시스템 (ADAS)을 장착한 자율주행차량 기술이 완성되어 제한적인 주행을 목표로 설정
- 유럽은 자율주행차량 로드맵에서 2018년 기술 검토 완료, 2021년까지 파일럿 테스트, 2022년 법제도 마련 후 2025년에 상용화를 예상하고 있음 (ERTRAC, 2015, p.35~37))
- 일본은 ‘전략적 이노베이션 창조프로그램 (SIP)’의 10대 과제 중 하나로 자율주행을 선정하고 2020년까지 시스템 개발 및 보급을 지원하여 2020년 후반 완전 자율주행 차량의 실현을 목표로 함
- 그러므로 자율주행차량과 첨단교통인프라 연계를 위한 현황 검토 및 정의, 효과적 정책제시를 통해 선진국의 자율주행차량 기술 개발 및 상용화 속도에 대응할 수 있을 것으로 기대함

2 첨단교통인프라

- 첨단교통인프라란 자율주행차량 관련 기반시설 뿐만 아니라 기존의 지능형교통체계 (ITS)부터 협력 지능형교통체계 (C-ITS)에 이르기까지 다양한 시스템을 포함함

- ITS (Intelligent Transport System)는 도로 설치물을 이용하여 교통정보를 수집 및 제공하는 장치가 첨단교통인프라로 정의됨
- C-ITS (Cooperative ITS)는 차량과 차량, 기반시설, 기타 통신을 통해 교통정보를 수집 및 제공하였으므로 첨단교통인프라는 노변설치물과 차량 내 설치장비(OBU)임
- 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라는 「자율주행차량과 일반차량의 안전하고 효율적 주행을 지원하는 모든 인프라」로 정의하고 도로시설물, 도로·교통정보 수집 및 통신 노변설치물(RSE), 정밀전자 지도기반 동적 정보시스템(LDM), GPS 지역수신 제어국, 운영센터 구성됨

그림 1 | 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라



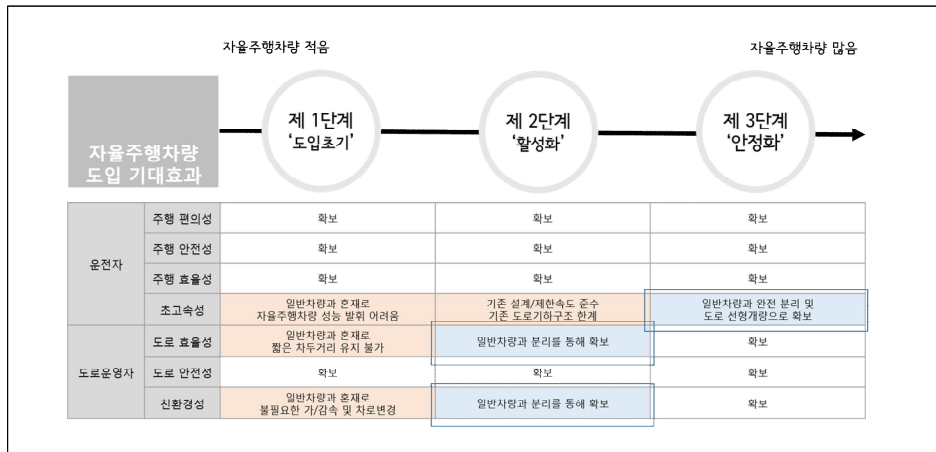
자료: 저자 작성

3. 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안

1 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응 단계

- 일반차량과 혼재 시, 자율주행차량 및 시스템은 일반 차량, 운전자, 도로 및 환경 조건, 교통상황 등에 영향을 받기 때문에 성능 및 그 효율을 극대화하지 못할 것으로 예상됨
- 자율주행차량의 도입에 따른 효율 극대화와 선진국에 비해 뒤쳐진 국내 자율주행 기술 개발 및 상용화 속도에 대응하기 위해 단계를 구분하고 단계별 전략적 첨단교통인프라 정책을 제시해야 함
- 대응 단계는 전체 차량 중 자율주행차량 도입 비율에 따라 도입초기, 활성화, 안정화 세 단계로 구분함

그림 2 | 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응 3단계



자료: 저자 작성

2 자율주행차량 전략적 대응 단계별 첨단교통인프라 정책

- 1단계에서는 자율주행차량의 운영을 위해 기존도로인프라의 첨단화를 통해 효율적이고 안전한 운전을 지원해야 함

- 각 첨단교통인프라의 구축방안은 <표 2>와 같음

표 2 | 첨단교통인프라 구축방안

첨단교통인프라	구축방안
도로시설물	<ul style="list-style-type: none"> · 자율주행차량의 인지성능 향상을 위한 차선 표시 방안 · 자율주행차량의 카메라의 시인성을 향상할 수 있는 도로표지 · 교통상충점의 기하구조 개선
교통상황정보 수집 노변설치물 (RSE)	· 기 설치된 RSE를 통해 다양한 정보를 송신하고, 선택적 정보를 수신할 수 있는 서비스 개발이 필요
정밀전자지도기반 동적정보시스템 (LDM)	· 정적·동적데이터의 가공 및 처리가 가능한 전자지도 개발을 통해 차량센서의 한계를 극복
GPS 지역수신·제어국	· 차량 및 특정 상황의 정밀한 위치 정보를 수집 및 가공할 수 있는 능력
운영센터	· 다양한 데이터를 저장·가공할 수 있는 용량·처리능력

자료: 저자 작성

- 2단계는 자율주행차량의 증가로 인한 일반차량과 혼재 주행에서 발생할 수 있는 이슈를 해결하기 위해 자율주행차량과 일반차량의 분리가 필요한 단계를 의미함
- 분리 운영을 위한 자율주행차량의 비율은 다음 수식을 통하여 산정함

$$V_{AV} \geq \frac{V_{NAV}}{N-1} \times W$$

여기서, V_{AV} =첨두시 시간당 자율주행차량 통행량

V_{NAV} =첨두시 시간당 일반차량 통행량

N =편도 차로수

W =가중치 ($W \leq 1$, 정책적 가중치, 작을수록 자율주행차량에 가중)

(자료: 저자 작성)

- 자율주행과 일반 차량 분리 운영 시, 자율주행차량의 군집 운행이 가능해져 도로용량 극대화 달성으로 도로 효율 향상과 불필요한 가·감속 및 차로변경을 최소화로 인한 온실가스 배출량 감소로 환경 개선효과가 기대됨
- 3단계는 안정화 단계로 자율주행차량 비율의 증가로 이에 따른 다양한 요구가 있을 것이며, 그 중 하나로서 초고속성에 대한 사회적 합의와 요구가 있을 것으로 예상됨

- 첨단 기술을 장착한 자율주행차량 비율의 증가로 인한 도로 안전성이 개선되고 이에 따른 초고속 통행에 대한 수요 증가로 도로 제한속도를 상향해야 할 필요성이 대두될 것임
- 기존 도로 기반시설 활용 시, 기 설계된 기하구조는 안전상의 문제로 제한속도를 상향시키기 어려워, 초고속 적합 설계의 신규 도로 구축 (자율주행차량 전용도로)이 필요함

표 3 | 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책 요약

단계	기대상황	자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책	
		정책案	고려사항
제 1단계 (도입초기)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반차량의 비율이 여전히 높은 상태 - 자율주행 기술로 인해 운전자는 운전 업무로부터 일정부분 해방 - 운전자 과실의 사고 급격히 감소 	기존 도로인프라 첨단화	고려사항
제 2단계 (활성화)	<ul style="list-style-type: none"> - 일정 비율 이상의 자율주행차량 도입 - 자율주행과 일반 차량의 서로 다른 특성으로 인해 발생하는 이슈를 해결하고자 교통류 분리에 대한 사회적 요구 증대 	기존 도로인프라 첨단화 + 교통류 분리 (전용차로)	- 자율주행과 일반 차량의 형평성 문제를 고려하여야 함 - 연속류 편도 3차로의 경우, 전체교통량의 33% 이상이 자율주행차량이면 전용차로 운영을 통한 교통류 분리가 적절함 $V_{AV} \geq \frac{V_{NAV}}{N-1} \times W$ 여기서, VAV=첨두시 시간당 자율주행차량 통행량 VNAV=첨두시 시간당 일반차량 통행량 N=편도 차로수 W=가중치 (W≤1, 정책적 가중치, 적을수록 자율주행차량에 가중)
제 3단계 (안정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행차량의 비율 증가와 성능 및 운영 모두 안정화된 상태 - 첨단기술을 통한 안전성 보장으로 초고속주행에 대한 수요 증가가 예상됨 	기존 도로인프라 첨단화 + 교통류 분리 (전용차로) + 초고속화 (전용도로)	- 초고속성 확보로 통행시간 단축 및 정시성 향상 - 향상된 교통서비스로 사회·경제적 부가가치 창조 - 물류비 감소 기대 - 자율주행차량 구입 의사 증가 효과 발생 기대

자료: 저자 작성

4. 결론 및 향후과제

1 결론

- 첨단교통인프라를 자율주행차량 시대 자율주행과 일반 차량의 안전하고 효율적 주행을 지원하는 모든 인프라로 정의하였고, 그 중 도로 운영방안에 중점을 두어 연구를 수행하였음
- 자율주행차량의 도입 비율에 따라, 제 1단계 (도입초기), 제 2단계 (활성화), 제 3단계 (안정화)로 구분할 수 있으며, 각 단계에 적절한 첨단교통인프라 정책을 제시해 자율주행차량의 효율을 극대화하려 함
- 제 1단계: 기존도로인프라의 첨단화, 제 2단계: 교통류 분리 (案: 전용차로 운영), 제 3단계: 초고속화 (案: 전용도로 구축)를 제안함

2 향후과제

- 기존 교통류 이론 및 서비스수준 평가방법을 이용하여 자율주행차량 도입 시 효과 분석을 수행하였으나, 자율주행차량의 특성을 고려한 교통류 이론 및 서비스 수준 평가방법이 새로 마련될 필요가 있음
- 완전 자율주행차량 (SAE 기준 Level 5) 및 연속류 기본구간을 대상으로 연구를 하였기 때문에, 자율주행차량의 각 기술 수준 (0~5 Level)별 도입비율에 따른 상세 분석이 진행되지 못하였음
- 효율적인 자율주행차량의 운영을 위해서 각 제조사 별 표준화를 통한 공통 플랫폼 개발은 물론이고 자율주행차량을 일반운전자가 이해하고 함께 도로를 공유할 수 있는 정책적 지원 또한 마련되어야 할 것임

차 례

CONTENTS

요 약	i
-----------	---

제1장 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적	3
2. 연구의 범위 및 방법	7
3. 선행연구검토 및 차별성	8
4. 연구의 기대효과	10

제2장 자율주행차량과 첨단교통인프라

1. 개요	15
2. 국내·외 자율주행차량 기술 및 정책 동향	21
3. 기존 첨단교통인프라 현황	28
4. 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정의	38
5. 시사점	42

제3장 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안

1. 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응단계	45
2. 자율주행차량 전략적 대응 단계별 첨단교통인프라 정책	49

제4장 결론 및 향후과제

1. 결론	65
2. 향후과제	67

참고문헌	69
------------	----

SUMMARY	72
---------------	----



CHAPTER 1

연구의 개요

- 1. 연구의 배경 및 목적 | 3
- 2. 연구의 범위 및 방법 | 7
- 3. 선행연구검토 및 차별성 | 8
- 4. 연구의 기대효과 | 10

A Study on the Smart Transportation
Infrastructure Policy to Respond
to the Age of an Autonomous Vehicle

연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구 배경

□ 자율주행차량이란 스스로 도로 환경 인식, 위험요소 판단, 주행경로 계획, 차량 제어 등이 가능한 자동차를 뜻함

- 자율주행차량은 인지, 판단, 제어의 3단계 주행 프로세스를 가지며 인지단계에서는 차량에 설치된 카메라, 센서 등의 첨단 운전자보조시스템 (ADAS)과 정밀지도 (LDM)를 통해 주변 환경을 인지하고 경로를 탐색함

- 이를 토대로 주행, 차로변경, 가감속, 추월, 정차, 회전 등 판단을 내리고 조향 및 가감속 제어를 수행하게 됨

□ 자율주행차량은 그 기술 수준에 따라 레벨 0~5로 구분되며 (SAE Standard J3016 기준) 2017년 현재 2단계 수준이고 2020년 3단계, 2025년 5단계 수준에 도달할 것으로 예상함

- 자율주행차량은 2020년 경 상용화되고 2030년에는 신규 자동차의 75%에 이를 것으로 예상됨 (이재관, 2015, p.3)

표 1-1 | 자율주행 기술 수준

SAE 레벨	자율주행 기술 수준
0	비 (非) 자율주행
1	운전자 보조 자율주행
2	일부 자율주행
3	조건부 자율주행
4	고 (高) 레벨 자율주행
5	완전 자율주행

자료: SAE (2016), p.2 자료 저자 재구성

□ 우리나라와 해외 선진국은 자율주행차량 기술개발과 법·제도 등
규제 개선을 통해 상용화에 대비하고 있음

- 우리나라 자율주행차량 기술개발 및 보급지원을 위해 관계부처
(국토교통부, 산업통상부, 미래창조과학부) 합동으로 세부추진
과제와 지원방안, 부처별 역할분담 방안을 발표함
 - 자율주행 차량 기술개발은 미국, 유럽국가 등의 선진국보다 늦게 시작
했지만 제도·기반시설 조기 구축으로 상용화시기를 단축해 2020년
자율주행 자동차 상용화(레벨 3의 부분적 자율주행)를 추진 중에 있음
 - 2014년 7월 미래창조과학부와 국토교통부 등은 ‘스마트카 일반도로
시험운행’을 위한 규제개선을 추진함
- 해외 선진국에서도 일반기준, 구조 및 기능, 운행 기준 등을 마련
하여 허가구역에 한해 자율주행차량의 시험운행을 허가하고
있음
 - 미국과 유럽 국가의 경우, 자율주행차량의 운행 허가를 위한 법적
제도 및 상용화에 따른 기술검토를 진행 중에 있음

□ 자율주행차량이 도입되면 운전자와 도로운영자 관점에서 다양한
효과가 예상됨

- 운전자 측면에서 주행 편의성, 주행 안전성, 주행 효율성, 초고속성
등의 기대효과가 예상됨
 - 주행 편의성은 자율주행으로 인해 운전자가 운전 업무로부터 해방
되어 기타 업무 수행이 가능함을 의미함
 - 주행 안전성은 교통사고의 90%를 차지하는 운전자 과실로 인한
사고에 대해 인간의 인지반응속도보다 빠른 자율주행차량의 성능
으로 인해 안전성을 향상시킴을 의미함
 - 주행 효율성은 자율주행차량의 첨단기술과 통신기술을 통한 정보교환
방식으로 인해 목적지까지 최단거리 또는 최소시간 주행을 가능하게
하고 주변 상황 인지력을 상승시킴을 의미함

- 초고속성은 자율주행차량 주행 성능을 기반으로 인간이 운전할 때에 비해 안전한 상태로 고속 주행이 가능함을 의미함
- 도로운영자 측면에서 도로 효율성, 도로 안전성, 친환경성 등의 기대효과가 예상됨
 - 도로 효율성은 자율주행차량의 군집주행을 통해 기존 도로를 보다 효율적으로 활용할 수 있음을 의미함
 - 도로 안전성은 도로 상에 발생할 수 있는 즉각 대응이 어려운 상황 (낙하물, 사면붕괴 등)에 대한 즉각적 대응으로 사고율이 감소함
 - 친환경성은 자율주행차량의 군집주행을 통해 일반차량 대비 가·감속 및 차로변경 빈도를 낮춰 교통환경을 개선할 수 있음을 의미함

표 1-2 | 자율주행차량 도입에 따른 효과

구분	효과	상세내용
운전자	주행 편의성	운전자의 피로, 음주여부와 무관하게 주행 차내에서 운전 대신 기타 업무 가능
	주행 안전성	돌발상황에 대한 자동대응으로 운전자 인지반응 한계를 극복해 사고 감소
	주행 효율성	정보력을 바탕으로 최단 거리 검색 및 주변 사고 상황 등 파악을 통한 통행시간 단축
	초고속성	첨단기술과 안전성을 기반으로 초고속 주행이 가능해져 통행시간 단축
도로 운영자	도로 효율성	도로 낙하물 또는 사면붕괴 등에 즉각적 대응이 가능해져 사고 감소
	도로 안전성	짧은 차두거리 유지로 도로 용량 증가 및 정체 감소
	친환경성	불필요한 가·감속, 경제속도 유지 등으로 환경개선

자료: 저자 작성

□ 하지만, 자율주행차량과 일반차량 혼재 시 예기치 못한 돌발상황으로 자율주행차량의 성능을 제대로 발휘하기 어렵거나 교통사고가 증가할 수 있음

- 국토교통부 예측에 따르면, 2020년 전후부터 레벨 3,4단계의 자율주행차량이 본격 상용화 될 시기까지 자율주행차량과 일반차량이 도로를 공유할 것으로 예상됨
- 혼재 시, 기존 도로인프라에 대한 인식 한계, 돌발상황에 대한 대응력 부족, 도로이용자 행태에 대한 이해 부족 등으로 안전 문제가 대두됨
- 또한, 짧은 차두거리의 군집주행이 불가능하므로 도로이용 효율성 향상을 기대하기 어려움
- 따라서, 자율주행차량의 도입 효과를 극대화하기 위해 기존 첨단 교통인프라 기술을 검토하고 자율주행차량의 도입 비율 및 시기에 따른 단계 별 효율적 운영방안에 대한 정책 검토가 필요함

2) 연구의 목적

□ 본 연구는 자율주행차량과 일반차량의 혼재 시, 기존 도로·교통 인프라의 효율적 활용을 통한 자율주행차량의 효율 극대화를 위한 정책 제시를 통해 자율주행시대에 대한 선제적 대응을 목적으로 함

- 자율주행차량 도입 비율 및 시기에 따라 단계를 구분하고 각 단계별 자율주행차량의 효율을 극대화 할 수 있는 정책을 제시함
- 제시된 정책을 통해 자율주행차량으로 인한 기대효과 극대화로 안전하고 편리한 도로 서비스 제공을 통해 국민 행복을 증진시킴

2. 연구 범위 및 방법

1) 연구 범위

☐ 시간적 범위

- 기준연도는 2016년으로 하되 구득이 어려운 경우 가장 최근 자료를 활용

☐ 내용적 범위

- 자율주행차량의 기술 및 정책 동향
- 기존 첨단교통인프라와 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정의
- 자율주행차량의 도입 (레벨 5 완전자율주행차량 기준)에 따른 전략적 대응 단계 구분
- 각 단계별 자율주행 효율 극대화를 위한 첨단교통인프라 정책 추진 방안

2) 연구의 방법

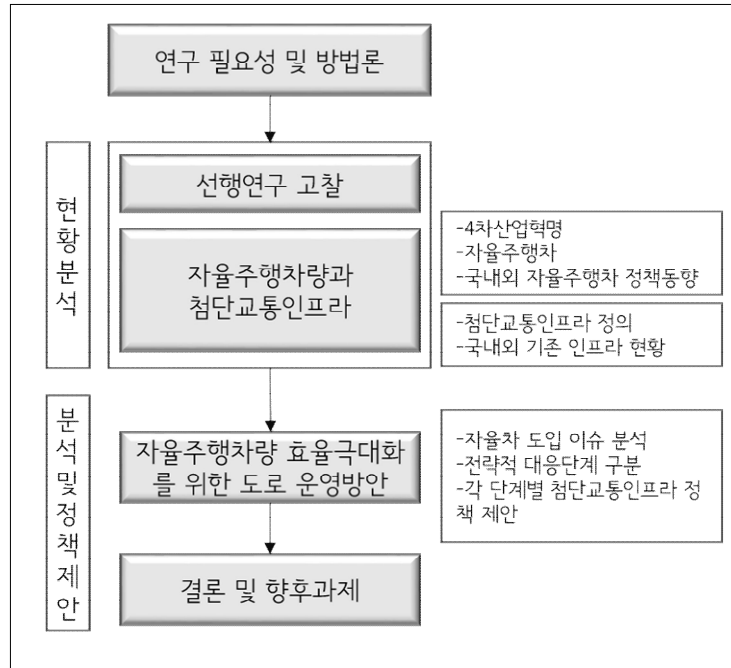
☐ 문헌검토

- 자율주행차량 기술개발 현황 검토
- 자율주행차량에 대한 국·내외 도입현황 및 정책 검토
- 교통류 분리 및 초고속교통 관련 연구자료 및 도입현황 검토
- 국·내외 기존 첨단교통인프라 현황 검토

☐ 외부 전문가 의견수렴

- 국토교통부의 정책수립자, 학계, 교통 연구기관 등의 관련 전문가 들로부터 자문회의를 실시하고 다양한 관점의 전문가 의견을 수렴

그림 1-1 | 연구수행 흐름도



자료: 저자 작성

3. 선행연구검토 및 차별성

1) 선행연구 현황

□ 국토교통부(2015)는 자율주행차량이 도로 기반시설과 협력하여 자동차 전용도로에서 자율주행(레벨2)이 가능하도록 지원하는 도로 시스템 기술 개발에 관한 연구를 진행함

- 이백진 외(2016)의 ‘첨단인프라 기술발전과 국토교통분야의 과제’ 연구에서 자율주행 자동차 도입에 따른 국토교통 분야의 영향에 대해 검토하고 및 향후 추진과제를 도출함
- 오성호 외(2013)의 ‘新 성장동력을 위한 전국도로망 재편’ 연구에서는 성장 패러다임의 변화에 따른 도로망의 기능으로 이동성

(빠름 도로)와 여가성(느림 도로)을 제시하고 초고속도로의 건설 필요성을 제시함

표 1-3 | 선행연구와의 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
주 요 선행 연구	1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 기획보고서 연구자(년도): 국토교통부(2015) 연구목적: 운전자 감시하에 제한적인 자율주행이 가능한 도로-자동차 협력시스템 개발 기획 	<ul style="list-style-type: none"> 기술동향 파악 미래 예측기법을 적용한 국토공간구조 전망 (시나리오 플래닝 기법) 국토미래에 대한 시뮬레이션 전문가 설문조사 	<ul style="list-style-type: none"> 관련 국내외 동향 및 환경분석 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 정책동향 분석 - 국내외 시장현황 및 전망 - 국내외 기술개발 동향 및 분석 연구개발과제 구성 및 추진전략 마련 연구개발의 타당성 검토
	기 타	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 첨단인프라 기술발전과 국토교통분야의 과제 <ul style="list-style-type: none"> - 자율주행 자동차를 중심으로 연구자(년도): 이백진 외(2016) 연구목적: 자율주행자동차 기술발전이 사람의 통행행태, 도시 및 국토 공간에 미치는 영향을 파악하고 바람직한 국토분야의 과제 도출을 목적 	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 협의체 및 세미나 개최 전문가 조사 및 정책수요 조사 일반인 설문조사 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 자율주행 자동차 기술개발 및 정책현황 자율주행 자동차 기술발전에 따른 국토공간 이용의 변화 자율주행 자동차 기술발전과 국토분야의 과제
	2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 新 성장동력을 위한 전국도로망 재편 연구자(년도): 오성호 외(2013) 연구목적: 미래 사회 및 가치관의 변화를 고려한 기존 전국도로망의 기능재편 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 통계 및 설문조사 관련기관과의 협동연구 관련 전문가 및 공무원 의견수렴 	<ul style="list-style-type: none"> 성장 및 성장동력의 변천사와 전망 성장과 전국도로망의 역할 신 성장동력과 도로의 기능 신 성장동력을 위한 전국도로망 재편방향 정책적 활용방안
본 연구		<ul style="list-style-type: none"> 4차 산업혁명에 따른 자율주행과 초고속화를 지원할 수 있는 첨단교통인프라 정책 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 기존 교통인프라 검토 관련 전문가 및 공무원 의견수렴 	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행차량 도입 초기 일반차량과 혼재 시 발생할 수 있는 문제점 분석 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책 추진방향 초고속교통체계에 대응한 첨단교통인프라 정책 추진방향

자료: 저자 작성

2) 본 연구의 차별성

- ☐ 선행연구들은 자율주행 자동차 도입에 따라 미치는 영향 분석, 기술 개발 등과 관련하여 향후 정부정책 수립 지원 및 추진과제를 제시하고 있으나, 자율주행차량 도입 비율 및 시기를 고려한 종합적인 점검이 이루어지지 않았음
- ☐ 본 연구는 자율주행차량 도입에 따른 교통부문 여건변화를 전망하고, 자율주행차량과 일반차량간의 혼재에 따른 효율적 운영을 지원 할 수 있는 첨단교통인프라 관련 정책추진 방안을 제시하고자 함

4. 연구의 기대효과

1) 정책적 기대효과

- ☐ 자율주행차량 도입에 대응하는 첨단교통인프라 정책 지원을 통해 자율차량과 일반차량 혼재 시 발생할 수 있는 안전성 및 도로이용 비효율성 등의 이슈를 해결하고 효율적인 운영방안을 제시할 수 있음
 - 자율주행 자동차 관련 국토교통부의 정책 지원
 - 국내 자율주행 자동차는 국토교통부, 미래창조과학부, 산업통상자원부의 정부부처 합동으로 사업을 적극 추진하고 있으며, 본 연구는 국토교통부의 향후 대응과제를 도출해 정책 지원
 - 자율주행차량 도입에 대응한 추진과제 도출
 - 지금까지 자율주행 자동차 관련 이슈들은 주로 자동차 기술개발 중심으로 논의됨
 - 첨단교통인프라 정책 지원에 대한 연구가 부족한 실정임
 - 국정과제 및 부처 정책추진계획 연관성
 - 현 정부 144개 국정과제 중 ‘87.항공, 해양 등 교통안전 선진화 : 스마트 하고 안전한 도로 구현 및 안전 인프라 확충’, ‘8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성’에 기여

2) 경제적 ·
사회적
기대효과

- 첨단인프라 정책 제시로 자율주행차량 시대 교통 기반시설 부문 국가
재원 낭비 방지를 위한 효율적 계획 수립을 지원하고, 사회적으로
국가경쟁력 향상 및 일자리 창출효과를 기대할 수 있음
- 자율주행차량 관련 도로·교통 기반시설의 중복 투자 및 재원 낭비
방지를 위한 한정된 재원의 효율적 지출 계획 수립 지원
- 도로-자동차-ICT 산업 관련 분야 및 자율주행자동차 관련 해외
시장 국가 경쟁력 향상 및 전문인력 양성을 통한 일자리 창출
효과 기대



CHAPTER 2

자율주행차량과 첨단교통인프라

- 1. 개요 | 15
- 2. 국내·외 자율주행차량 기술 및 정책 동향 | 21
- 3. 기존 첨단교통인프라 현황 | 28
- 4. 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정의 | 38
- 5. 시사점 | 42

A Study on the Smart Transportation
Infrastructure Policy to Respond
to the Age of an Autonomous Vehicle

자율주행차량과 첨단교통인프라

1. 개요

- 4차 산업혁명에는 2016년 다보스 포럼을 통해 전 세계로 확산되었고, 다양한 사업이 초연결성 (Hyper-Connected), 초지능화 (Hyper-Intelligent) 기반 하에 상호 연결된 지능화 사회로의 변화를 의미함
 - 4차 산업혁명 시대의 4가지 핵심 융합 기술은 다음과 같음
 - 사물과 ICT의 융합: 사물인터넷 (IoT)
 - 사람과 ICT의 융합: 사람과 장치를 연결하는 인터페이스
 - 운송수단과 ICT의 융합: 자율주행차량
 - AI (인공지능)와 Big data의 융합: 딥러닝 (Kotra, 2017, p.3)
 - 국내에서는 2016년 하반기 경제정책 방향에서 11대 신사업을 선정하여 R&D 지원 확대 (투자비의 최대 30% 세액공제)
 - 11대 신사업: 미래형 차, 지능정보, 차세대 SW/보안, 콘텐츠, 차세대 방송통신, 전자정보 디바이스, 바이오·헬스, 에너지신사업/환경, 융복합 소재, 로봇, 항공우주
 - 과학기술 전략회의, 4차 산업혁명 시대의 선제적 대비 차원의 9개 국가전략 프로젝트를 2016년 8월 선정
 - 신성장동력: 자율주행차량, 스마트시티, 경량소재, 인공지능, 가상/증강현실
 - 삶의 질 향상: 정밀의료, 바이오신약, 탄소자원화, 미세먼지 대응 (서동혁, 2016)

- 국토교통부에서는 2016년 10월, 4차 산업과 관련 7대 신사업을 선정하여 중점 추진 중에 있음
 - 7대신산업 : 자율주행차량, 드론, 공간정보, 해수담수화, 스마트시티, 제로에너지 빌딩, 리츠
- 자율주행차량은 4차 산업혁명의 핵심기술들을 바탕으로 ‘스스로 도로의 환경인식, 위험판단, 주행경로 계획, 차량 제어를 통해 안전하게 주행이 가능한 자동차’로 정의함
- 자율주행차량은 넓은 개념으로 <표 2-1>과 같이 구분 가능하며, 본 연구에서는 자율주행 자동차 (Autonomous Vehicle)에 국한하여 연구를 진행함

표 2-1 | 자율주행차량의 구분 및 정의

구분 및 명칭	정의	범위
스마트카 (Smart Car)	<ul style="list-style-type: none"> • 하위 무인/자율/자동주행 자동차를 포함하는 가장 광범위한 개념 • 차세대 정보통신 기술 접목으로 운전자에게 안전, 편의를 제공하는 인간 친화적 자동차 	높음
무인자동차 (Unmanned Vehicle, Driverless Car)	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자 탑승 없이 목적지까지 주행하는 차량 	
자율주행 자동차 (Autonomous Vehicle, Self-driving Car)	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자 개입 최소화로 독자적 주행이 가능한 차량 	본 연구
자동주행 자동차 (Automated Driving Car)	<ul style="list-style-type: none"> • 중형방향 모두에 대해 보조하는 차량 • 운전자가 주변 상황을 지속적으로 모니터링 해야 하고 언제든지 운전개입할 수 있는 차량 	낮음

자료: 구보람 외 (2017) 자료 저자 재구성

- 자율주행 자동차는 4차 산업혁명시대를 대표하는 기술로 장래 국토공간에 가장 핵심적인 변화 동인이 될 것으로 예측
- 자율주행차량은 그 기술 수준에 따라 레벨 0~5로 나눌 수 있으며 (SAE standard J3016 기준) 2017년 현재 2단계 수준이고 2020년 3단계, 2025년 5단계를 예상함

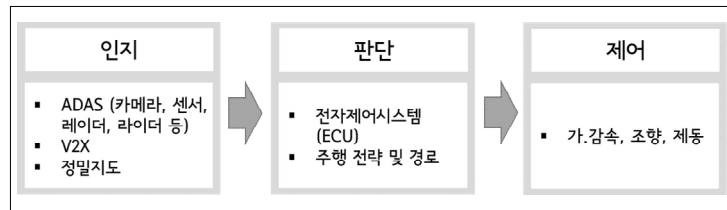
그림 2-1 | 자율주행 기술 수준

자율주행의 기술 수준 (Levels of driving automation)						
SAE 레벨	명칭	상세내용	조향 가/감속	주행환경 주시	문제발생 대응	운전 모드 시 시스템 지원사항
운전자가 주행 환경을 주시						
0	비(非)자율주행	운전자가 주행 전반의 모든 사항을 담당하는 단계	운전자	운전자	운전자	없음
1	운전자 보조	시스템이 주행을 보조 (조향 또는 가/감속)해도 운전자가 언제나 개입할 수 있어야 하는 단계	운전자, 시스템	운전자	운전자	일부 기능 지원
2	일부 자율주행	시스템이 주행을 보조 (조향과 가/감속)해도 운전자가 언제나 개입할 수 있어야 하는 단계	시스템	운전자	운전자	일부 기능 지원
자율주행시스템(Automated driving system)이 주행 환경을 주시						
3	조건부 자율주행	운전자의 필요시 개입이 요구되는 단계	시스템	시스템	운전자	일부 기능 지원
4	고(高)레벨 자율주행	운전자의 적절한 개입이 없어도 주행이 가능한 단계	시스템	시스템	시스템	일부 기능 지원
5	완전 자율주행	모든 주행을 자율주행시스템이 담당하는 단계	시스템	시스템	시스템	모든 기능 지원

자료: SAE (2016), p.2 자료 저자 재구성

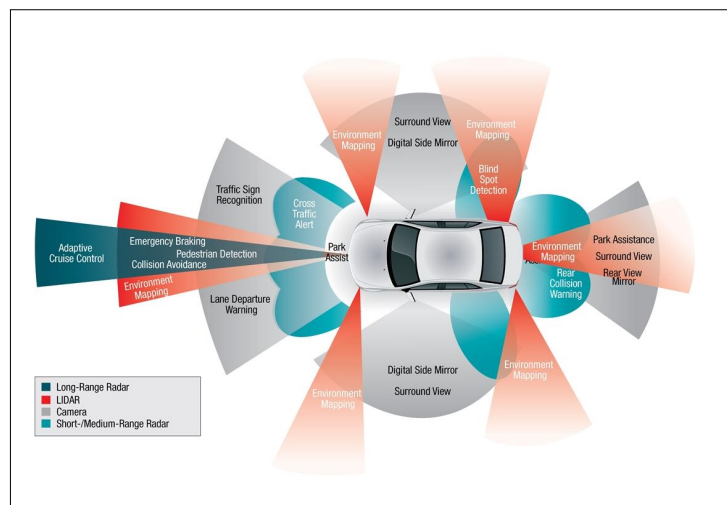
- 자율주행차량은 인지, 판단, 제어의 3단계의 주행 프로세스를 가지며 인지단계에서는 차량에 설치된 카메라, 센서 등의 첨단 운전자보조시스템 (ADAS)과 정밀지도 (LDM)를 통해 주변 환경을 인지하고 경로를 탐색함
- 이를 토대로 주행, 차로변경, 가감속, 추월, 정차, 회전 등 판단을 내리고 조향 및 가감속 제어를 수행하게 됨

그림 2-2 | 자율주행 프로세스



자료: 저자 작성

그림 2-3 | 자율주행 차량 첨단기술



자료: INSIGHTSIAS (2016)

- 위와 같은 특성으로 인해 자율주행차량은 도입 시 도로운영자 및 운전자 측면에서 다양한 장점이 있을 것으로 기대함
- 운전자 측면: 편의성, 안전성, 각종 정보를 통한 효율성, 초고속성 등
- 도로운영자 측면: 효율성 (도로 용량 증가, 정체감소), 안전성 (사고율 감소), 친환경성 (온실가스 배출량 감소) 등

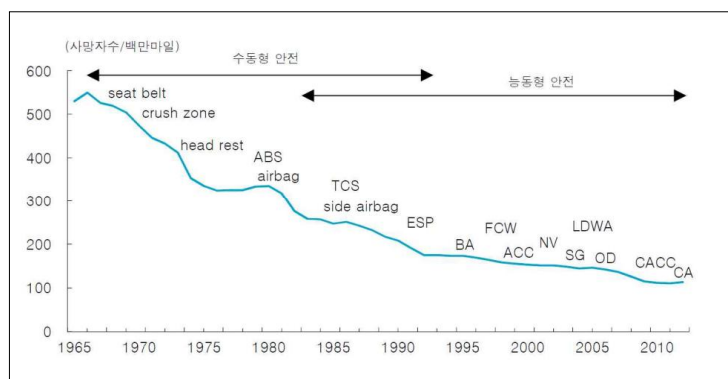
표 2-2 | 자율주행차량 도입에 따른 효과

	효과	상세내용
운전자	주행 편의성	운전자의 피로, 음주여부와 무관하게 주행 차내에서 운전 대신 기타 업무 가능
	주행 안전성	돌발상황에 대한 자동대응으로 운전자 인지반응 한계를 극복해 사고 감소
	주행 효율성	정보력을 바탕으로 최단 거리 검색 및 주변 사고 상황 등 파악을 통한 통행시간 단축
	초고속성	첨단기술과 안전성을 기반으로 초고속 주행이 가능해져 통행시간 단축
도로 운전자	도로 효율성	도로 낙하물 또는 사면붕괴 등에 즉각적 대응이 가능해져 사고 감소
	도로 안전성	짧은 차두거리 유지로 도로 용량 증가 및 정체 감소
	친환경성	불필요한 가·감속, 경제속도 유지 등으로 환경개선

자료: 저자 작성

- <그림 2-4>에서 첨단 자동차 안전기술 도입으로 인해 교통사고 사망자수가 감소하고 있는 것을 보여 주듯이, 자율주행 첨단기술 도입으로 인한 안전성 확보가 가장 중요한 장점임

그림 2-4 | 차량첨단기술 도입에 따른 전세계 교통사고 사망자수 변화



자료: 한국투자증권 자료를 인용한 글로벌기술협력기반육성사업 심층분석보고서 (2017) p.4
재인용 후 저자 일부 수정

- <그림 2-4>에 기술되어 있는 차량 첨단 기술의 영문 기술명 및 상세 내용은 <표 2-3>과 같음

표 2-3 | 차량 첨단기술 상세내용

약어 (기술명)	영문 기술명	상세내용
ABS	Anti-lock Brake System	회전축이 제동 시 완전 잠기지 않게 함으로 운전자의 핸들 조작을 가능하게 하고 미끄러짐 없이 최단거리로 차량을 정지하게 하는 장치
TCS	Traction Control System	마찰력이 적은 노면 주행 또는 코너링 시 휠 스핀 방지를 위해 구동력을 제어하는 장치
ESP	Electronic Stability System	차량자세제어장치로 코너링, 가속, 제동 시 각각 구동륜을 제어하여 미끄럼 방지하는 장치
BA	Braking Assistance	노약자, 여성 등과 같이 급제동시 다리 근력이 약한 운전자를 위해 급제동 상황을 판단하여 브레이크 압력을 높여주는 보조 장치
FCW	Forward Collision Warning	전방충돌경고장치로 주행 차선 전방의 자동차를 감지하여 충돌 회피를 목적으로 운전자에게 시각적, 청각적, 촉각적 경고를 주는 장치
ACC	Adaptive Cruise Control	일반 크루즈컨트롤 기능에 앞차와의 거리를 유지하여 가/감속하는 장치
NV	Night Vision	어둠 속에서 도로에 접근하는 보행자나 야생동물 등을 적외선 카메라로 포착해 그 이미지를 차량 내부의 디스플레이에 표출하는 장치
LDWA	Lane Departure Warning Assistance	차선이탈 경고장치로 주행하고 있는 차로를 운전자의 의도와 무관하게 벗어남을 방지하기 위해 운전자에게 시각적, 청각적, 촉각적 경고를 주는 장치
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control	차량간 통신과 센서 융합을 통해 전방 한 대 차량 뿐 아니라 교통류에 대해 인지하고 가/감속하는 장치
CA	Collision Avoidance	추돌방지 시스템으로 전방의 차량 뿐 아니라 장애물 등 위험요소를 파악하여 운전자에게 경고하는 장치

자료: 저자 작성

2. 국내·외 자율주행차량 기술 및 정책 동향

1) 국내

- 산업통상부, 국토교통부, 미래창조과학부는 자율주행 도입을 위해 부처별 역할분담 및 실행계획을 <표 2-4>와 같이 수립하여 효율적인 자율주행차량의 운영을 위한 기초를 다지고 있음

표 2-4 | 자율주행차량 범부처 공동추진 계획

주무부처	추진사업	전반기 (’16~’22)	후반기 (’23~’30)
산업통상자원부	창조경제 산업엔진 “자율주행”	산업부 주도	“완전 자율주행”목표 (차량/도로/ICT 통합)
국토교통부	스마트 모빌리티 “(반)군집주행” 스마트하이웨이 “첨단도로”	국토부 주도	-
미래창조과학부	이용자 중심 “교통서비스”	미래부 주도	-
범부처, 민간 공동		-	포럼/연구반 운영

자료: KEIT PD Issue Report (2014), p.42 저자 재구성

- 정부는 자율주행차량 기술개발 및 보급지원을 위해 관계부처 (국토교통부, 산업통상부, 미래창조과학부) 합동, 추진 및 지원 방향 및 부처별 역할분담 방안을 발표하는 등 중점추진 중
- 정부는 선진국에 비해 뒤처진 자율주행 차량 기술개발을 제도·기반 시설 조기 구축으로 상용화시기를 단축해 2020년 자율주행 자동차 상용화(레벨 3의 부분적 자율주행) 목표

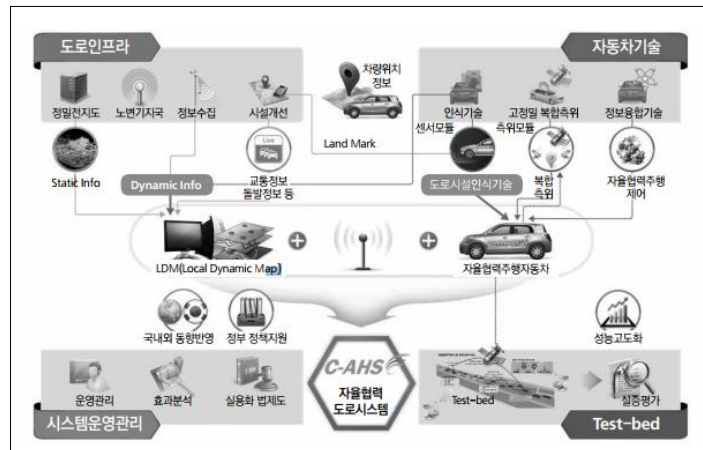
- 특히 자율주행은 도로 기반시설, 자율협력주행차, 통신 및 기타 운영관리 시스템의 연계가 필수적이며 이를 위해서는 중앙정부의 협력 연구개발 및 역할분담이 매우 중요
- 이를 위해 중앙정부는 2015년에 시행된 제3차 규제 개혁 장관회의를 통해 국토교통부를 중심으로 각 부처 간의 역할분담 및 협력연구 개발을 통해 효율적으로 대응하고 있음
- 핵심 기술인 통신, 정밀지도, GPS, 도로시설물 인식 등 자율협력주행 도로시스템 연구를 협력하여 진행 중에 있음

표 2-5 | 자율주행 관련 중앙정부의 협력체계

구분	세부내용	해당부처
규제개선 및 제도정비	시험운행 허가 제도 마련	국토부
	자율주행 시스템 임시운행 허용	
	시험운행 보험상품 개발	
	자율주행차량 부품테스트 및 기능안전성 강화	산업부
자율주행 기술개발 지원	자율주행 핵심부품 기술 개발 고도화	국토부, 산업부
	자율주행자동차 실증기구 지정	
	자율주행 실험도시(K-City) 구축	국토부
	해킹 예방기술개발 및 전문인력 양성 지원	국토부, 미래부, 산업부
	자율주행차량 근거리 시범서비스 사업	미래부
자율주행 지원 인프라 확충	정밀위치 제공 위성항법 기술개발	국토부
	차선표기 정밀 수치지형도 제작	
	자율주행 지원 도로인프라 개발·확충	
	차량의 통신 주파수 분배	미래부
	자율주행자동차 수용 사회적 공감대	산업부

자료: 제3차 규제개혁장관회의 「자율주행자동차 상용화 지원방안」(2015.5.)

그림 2-5 | 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 세부과제 연계도



자료: 진규동 (2015), p.10

- 2014년 7월 미래창조과학부와 국토교통부 등은 ‘스마트카 일반도로 시험운행’을 위한 규제개선을 추진하였고 국외에서도 일반기준, 구조 및 기능, 운행 기준 등을 마련하여 허가구역에 한해 자율주행차량의 시험운행을 허가하고 있음
- 국토교통부는 자동차관리법 개정 및 국토부고시(자동차관리법 시행규칙 제26조의 2 및 국토부고시 제 2016-46호 「자율주행 자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」)를 통해 2017년 3월 7일 자율주행차량의 허가증 교부 및 번호판 발부 등의 절차를 통해 자율주행차량의 실 교통상황 도로주행 임시운행을 허가했음

표 2-6 | 국내 자율주행차량 시험운행 기준 및 국외 기준과 비교

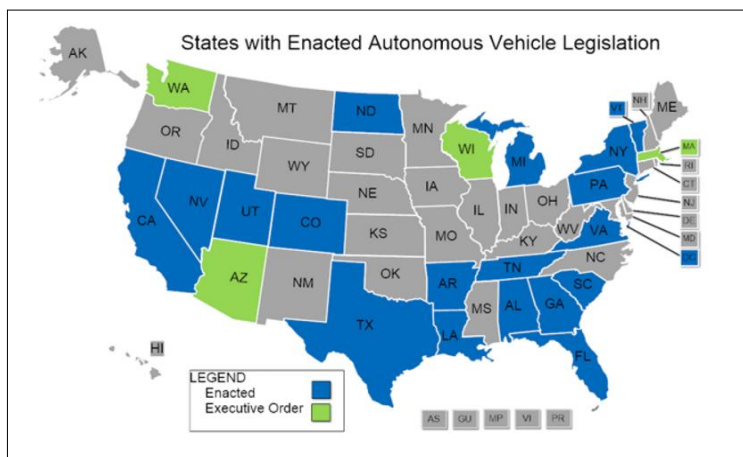
구분	대상	국내	국외		
			미국 (Nevada)	영국	네덜란드
시기	시험운행 허용시기	2016.2.	2011.6	2015.2	2015.7.
일반 기준	차종	전 차종	트레일러, 모터사이클, 4.5톤 초과차량 제외	전 차종	전 차종
	보험가입	소지	\$5M 보험증권제시	소지	소지
	사전주행	마일리지 기준 없이 충분한 사전주행 필요	16,000km 사전주행 필요	마일리지 기준 없이 폐도에서 사전주행 필요	사전주행 통해 고장 및 기능안전 검증 필요
	식별표시	자율차 임시운행 표지 부착	자율차 임시운행 표지 부착	규정 없음	규정 없음
구조 및 기능	고장감지 및 경고장치	필수	필수	필수	규정 없음
	운전자우선 자동전환	필수	필수	필수	규정 없음
	추가안전장치	최고속도제한 전방추돌방지	규정 없음	규정 없음	규정 없음
	운행기록장치	교통안전법의 운행기록장치	사고 30초전 센서데이터 기록 및 3년 보유	차량장치 작동기록	허가기관에 따라 운행상황 기록장치 장착 요구가능
	영상기록장치	필수	규정 없음	영상 및 음성기록 설치 가능	규정 없음
운행 기준	탑승인원	2인	2인	규정 없음	규정 없음
	사고발생보고	규정 없음	사고 및 교통법규단속 (10일 이내)	사고조사시 협조 및 관련기관 제출	규정 없음
허가구역		고속도로 1개, 국도 5개 구간	신청시 명시한 도로	4개 도시	허가 요청 시, 시험도로 신청

자료: EBN 뉴스기사 (2016.2.11.) 및 국토교통부 자료 저자 재구성

(1) 미국

- 2014년 미국 NHTSA는 사고 방지 및 감소 등의 이유로 승용차와 소형 트럭에 V2V기능을 의무화하는 방안을 입법예고함
- National Economic Council and Office of Science and Technology Policy (2015)에서 자율주행자동차를 이용한 도로 안전성의 급격한 향상을 위해 국가 중점사업을 추진하겠다고 발표함
- 2016년 2월 미국 교통국 (DOT) 산하 고속도로교통안전국 (NHTSA)은 구글 자율차의 컴퓨팅 시스템을 운전자로 인정함
- 2017년 총 33개 주가 자율주행차량 주행을 법적 허가 했으며, 현재 자율주행차량 관련 법 제정을 통과한 주 현황은 <그림 2-6>에 나타남
- 이러한 노력으로 미국 정부는 2020년까지 첨단운전자보조시스템 (ADAS)을 장착한 완성된 자율주행차량 기술로 제한적인 주행을 계획·추진함

그림 2-6 | 미국 자율주행차량 관련 법안 통과 주 현황 (2017.6. 현재 기준)



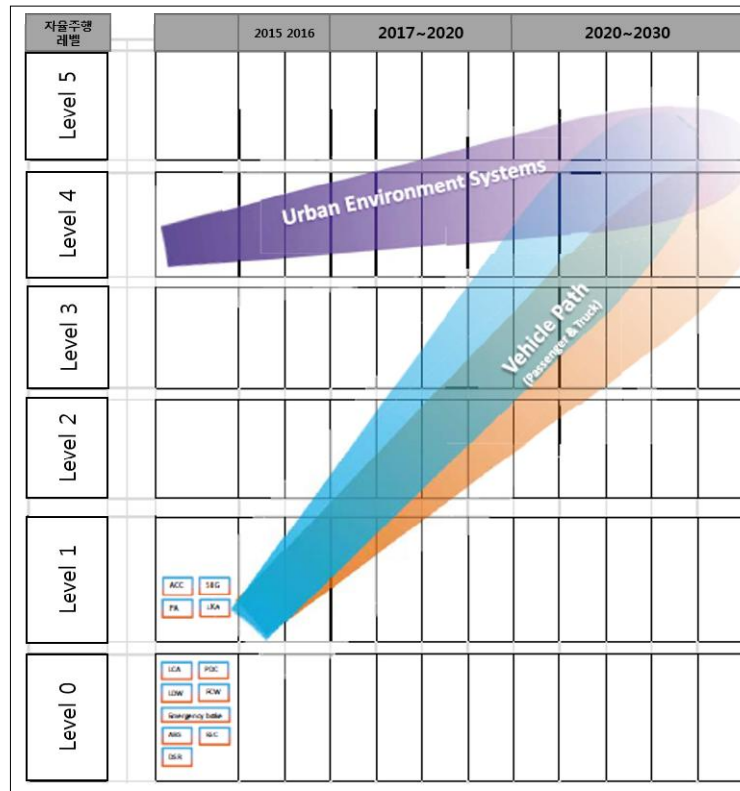
자료: NCSL (2017) Autonomous vehicles legislative database 웹사이트

(2) 유럽

- 유럽은 자율주행차량 로드맵에서 2018년까지 기술 검토를 마치고, 2021년까지 파일럿 테스트, 2022년 법제도 마련 후 2025년에 상용화를 예상하고 있음 (ERTRAC, 2015, p.35~37)

- 자율주행의 수준에 따른 유럽의 추진방향은 <그림 2-7>과 같으며 2025년에 완전자율주행이 가능할 것으로 예상함

그림 2-7 | 유럽 자율주행 차량 추진방향



자료: ERTRAC (2015), p.7 저자 재구성

- 유럽 교통 안전 위원회는 자율주행차량 관련 권고사항을 명시하며 안전성 강화 로드맵에 따라 자율주행차량 기술을 평가항목으로 추가하고 있음

- 또한, 상용화를 위해 교통안전 규제와 교통법의 주요 원칙에 대한 협약인 비엔나 협약을 개정하여 부분적 자율운행이 가능한 실정임
- 영국은 2015년 9월부터 법제화 추진 중이며 자율주행 관련 8개 프로젝트 (자율주행차량과 도로 간 정보 수집, 도시 정보, 음성 인식 서비스 등)에 약 2,000만 파운드 투자
- 독일은 자율주행 및 주행보조 시스템에 약 840만 유로 지원 및 독일 연방교육연구부는 이를 위해 약 5천만 유로 지원 계획 발표
- 프랑스는 2016년 미래를 선도할 9개 유망산업 중 하나로 자율주행차량을 선정하고 국가 차원의 기술개발을 적극 지원 중 (정보통신기술진흥센터, 2016, p.13)

(3) 일본 및 중국

□ 일본 도요타는 2012년 구글의 자율주행차량 협력 요청을 거부할 정도로 자율주행차량 개발 및 상용화에 회의적이었으나 최근 정부 중심으로 적극 추진 중임

- 하지만 최근 정부 중심으로 시험주행도로 (이바라기현 쓰쿠바시) 건설 등 적극 추진 중이며 도요타, 닛산 등 자동차 제조회사 역시 개발 추진 중임 (경향비즈, 2016.3.24., ‘일본, 자율주행차 시정 선점 가속페달’)
- 일본은 ‘전략적 이노베이션 창조프로그램 (SIP)’의 10대 과제 중 하나로 자율주행을 선정하고 2020년까지 시스템 개발 및 보급을 지원하여 완전 자율주행차량의 실현은 2020년 후반으로 계획 하였음
- 또한, 2020년까지 고속도로에 자율주행차량 전용차로 구축방안을 확정하고 도쿄 올림픽 개최에 맞춰 상용화 및 자율주행 버스, 택시 운영을 통해 홍보 예정임

표 2-7 | 일본 자율주행차량 상용화 방안

연도	상세방안
2016	이바라기 현 쓰쿠바시에 자율주행차량 시험주행장 건설
2018	고속도로 자율주행 실현
2020	특정 주차장 대상으로 자율주차 허용, 지정구역 자율주행 허용
	야간 장거리 트럭 운송에 군집 자율주행 실현
-	정부 주도로 지도 및 통신 등 공통분야 R&D
-	자율주행기술을 활용한 사업모델 구체화 추진
-	일본 주도의 국제 자율주행 규정 제정

자료: 일본경제산업성 및 국토교통성 웹사이트 자료 저자 재구성

- ☐ 중국은 2020년에 자율주행차량을 선보여 2030년까지 시민의 안전 및 편리를 도모하고 노인 및 맹인에게 자율주행차량 운전이 가능하도록 추진 중임 (전황수 외, 2015. p.134)

- 우한, 상하이, 충칭, 우후 등에 자율주행차량 시범구가 조성 또는 계획되고 있으며 자동차 공장을 둔 도시가 앞장서 활발히 진행 중임 (iPhomics, 2016.11.22., ‘한·중·일, 자율주행차 각축’)

3. 기존 첨단교통인프라 현황

- ☐ 본 절에서 기존 첨단교통인프라의 기술과 현황을 검토하고 4절에서 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라를 정의하고자 함
- ☐ 첨단교통인프라란 자율주행차량 뿐만 아니라 기존의 지능형교통체계 (ITS)부터 협력 지능형교통체계 (C-ITS)에 이르기까지 다양한 시스템을 포함함

1) 국내

□ 초기 ITS는 1993년 사회간접자본투자기획단의 ITS 도입 검토 후 건설교통부 (현 국토교통부)의 추진으로 중앙정부 중심의 ITS 추진 기반을 조성함 (류승기, 2014, p.144)

- 차량증가율 대비 도로증가율, 교통문제로 인한 사회비용 증가, 교통 구성요소 간 정보흐름의 단절, 인력에 의한 비효율적 교통운영 및 관리 등의 이유가 ITS 도입 근거가 됨 (한국개발연구원, 2014, p.35~37)
- 하지만, 도로와 차량이 분리된 검지·수집·제공 시스템을 통해 특정 지점 및 구간에 대해서만 서비스 제공이 가능하다는 단점이 있음
- ITS를 위한 첨단교통인프라는 크게 분리형과 통합형으로 구분할 수 있으며, 분리형은 교통정보 수집과 제공으로 분류할 수 있음

표 2-8 | ITS 교통정보 수집 및 제공 기술

구분		기술		적용 시스템
분리형	교통정보 수집	지점검지	VDS, CCTV	기존 ITS
		구간검지	AVI, Beacon	
	교통정보 제공	수동형	VMS, 교통방송, DFS, LCS	
		능동형	CNS, Website, ARS, 스마트폰	
통합형 (교통정보 수집·제공)		DSRC, 무선랜, WAVE		DSRC 기반 교통정보 시스템 UTIS 등

자료: 한국교통연구원 (2010), p.16, 33

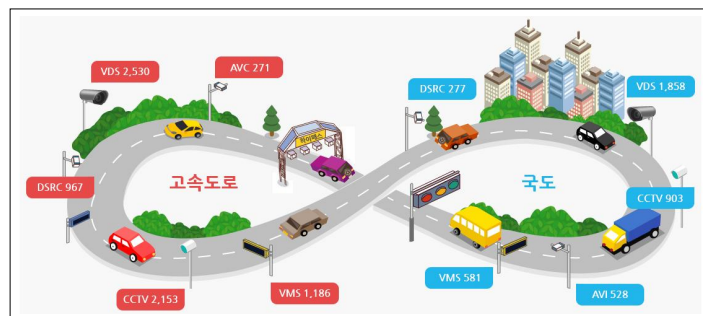
그림 2-8 | ITS 교통정보 수집 및 제공 기술



자료: 원주시교통정보웹사이트, Equipment World's 웹사이트 (검색일: 2017.12.8.)

- 현재 고속도로와 국도의 ITS 기반시설 구축 현황은 <그림 2-10>과 같으며 고속도로의 100%, 일반국도의 22.7%, 도시부 도로의 10.4%가 기 구축 운영 중임 (국토교통부 홈페이지 2017.6.27. 기준)

그림 2-9 | 국내 ITS 기반시설 구축 현황



자료: 국토교통부 홈페이지. 검색일: 2017.6.27.

표 2-9 | 국내 ITS 기반시설 구축 연장 및 장비대수

구분	관리기관	구간	구축연장 (km)	구축장비수 (대)
고속도로	한국도로공사	경부선 등 28개	3,670.5	6,156
	경기고속도로	평택화성선 등 3개	38.6	92
	서울춘천고속도로	서울양양선	61.4	126
	부산울산고속도로	동하선	47.2	88
	서울고속도로	서울외곽	36.3	63
	용인서울고속도로	용인서울선	22.9	46
	신공항하이웨이	인천국제 공항선	36.5	161
	인천대교	제2경인선	21.4	96
	천안논산고속도로	논산천안선	82.0	179
	신대구부산고속도로	중앙선	82.1	208
	제2서해안고속도로	-	42.6	75
계			4,141.5	7,290
국도	서울지방국토관리청	경기권	827.1	1,147
	원주지방국토관리청	강원권	194.6	214
	대전지방국토관리청	충청권	784.2	1,303
	익산지방국토관리청	전라권	305.0	411
	부산지방국토관리청	경상권	567.0	894
계			2,677.9	3,969

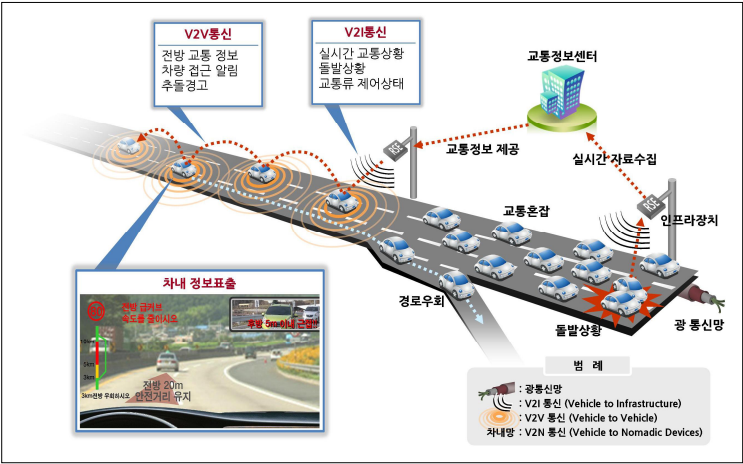
자료: 국토교통부 국가교통정보센터, 검색일: 2017.6.26.

- 앞서 언급한 단점을 극복하기 위해 차량과 차량/도로/기반시설 통신을 통한 C-ITS 개념을 2012년 발표함

- C-ITS란 도로교통시스템의 구성요소에 첨단기술을 적용하여 교통 운영 및 관리의 효율성 극대화, 이용자 편의 및 안전성 제고, 연료 소모를 통한 이산화탄소 배출량 감소 등의 미래형 교통체계임 (류승기, 2014, p.144)

- C-ITS는 차량 내 설치장비 (OBU)를 통해 교통정보를 수집 및 제공하는 시스템으로 기존 ITS의 통합형에서 진화한 서비스임

그림 2-10 | C-ITS 개념도



자료: 국토교통부 홈페이지. 검색일: 2017.6.27.

표 2-10 | 협력형교통기반시설 추진 현황

분야	단위	계	2015	2016
노변기지국	개소	79	34	45
돌발상황검지기	개소	7	-	7
보행자검지기	개소	-	3	3
신호제어기	개소	12	4	8
도로기상정보	개소	1	-	1
WAVE 통행료징수	개소	3	-	3
센터설비 H/W	개소	1	1	-
정밀지도	개소	13	13	-
센터 S/W개발	식	2	1	1

자료: 강경표 (2016), p.22

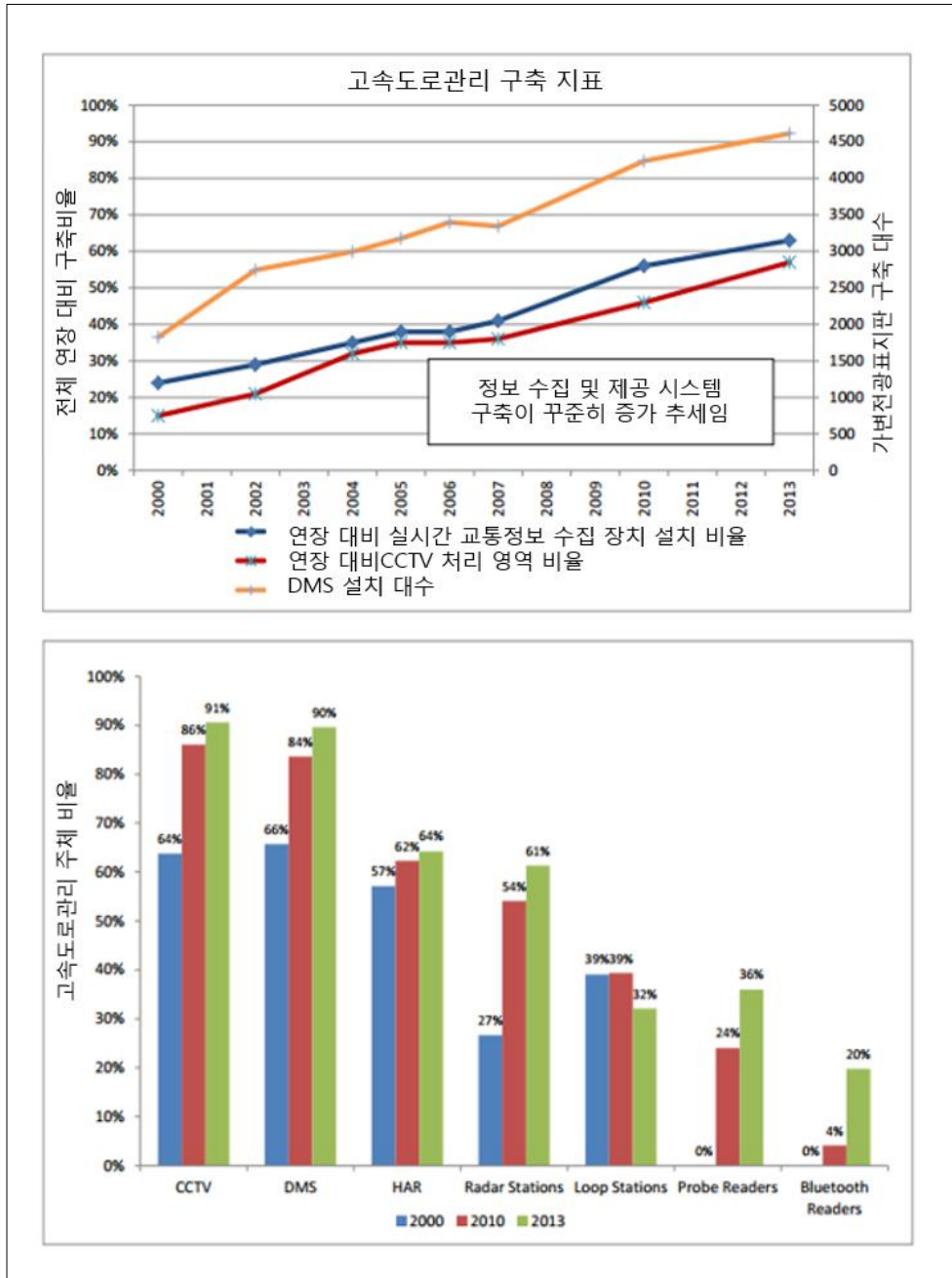
2) 국외

(1) 미국

□ 1970년 초부터 ITS 연구를 시작하여, 1991년 육상교통효율화법 (ISTEA) 제정 후 정부 및 민간 ITS America가 ITS 사업을 추진함

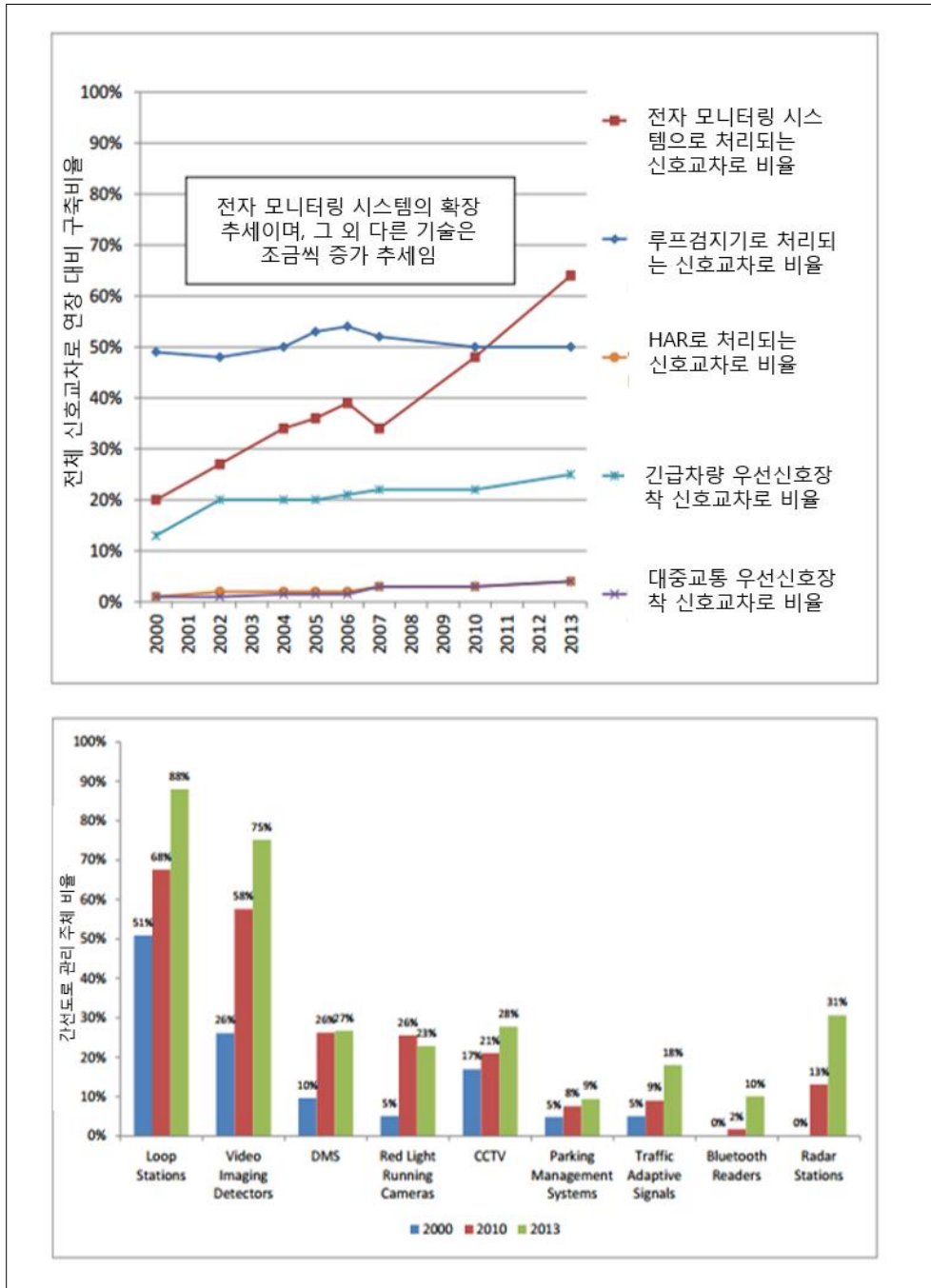
- 교통정보 수집 및 제공은 국내와 유사한 형태로 수행함
 - 수집: 영상검지기, CCTV, 레이더, 루프, AVI
 - 프루브 데이터 수집: 블루투스, GPS, 통행료지불, 휴대전화
 - 제공: 가변정보표출기 (DMS), 웹사이트, 스마트폰 어플리케이션
- 미국의 고속도로와 간선도로의 ITS 기반시설 구축현황은 <그림 2-11>, <그림 2-12>와 같음
 - 고속도로는 정보 수집 및 제공시스템 구축이 꾸준한 증가추세를 보임
 - CCTV와 DMS가 대부분 설치되어 있고, 루프검지기는 레이더와 프루브 리더로 대체되며, 블루투스 리더가 빠르게 증가하는 추세임
 - 간선도로의 경우 전자모니터링 시스템의 확장 추세를 나타내며 그 외 다른 기술은 조금씩 증가하고 있음
 - 신호교차로 모니터링을 위해 루프와 영상인식 검지기 사용이 증가하고 있으며, CCTV 도입, 교통감응신호, 블루투스 리더, 레이더가 2010년에서 2013년 사이 설치개소가 크게 증가함

그림 2-11 | 미국 ITS 기반시설 구축현황 (고속도로)



자료: U.S. Department of Transportation (2014), p.29 참고 저자 한글 번역

그림 2-12 | 미국 ITS 기반시설 구축현황 (간선도로)



자료: U.S. Department of Transportation (2014), p.21 참고 저자 한글 번역

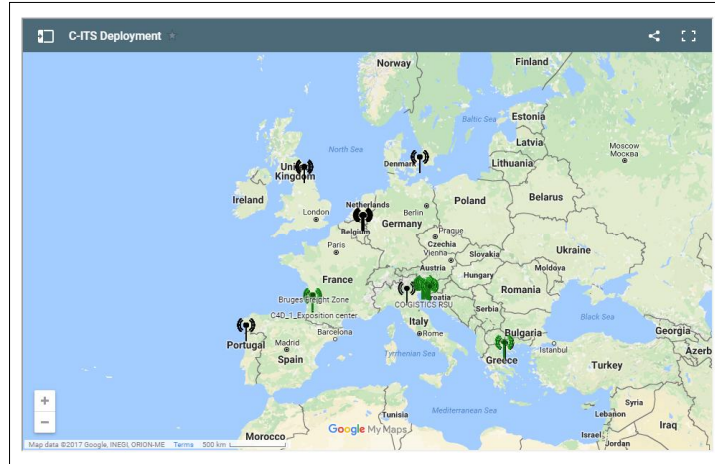
-
- ITS에서 차량간 통신의 C-ITS로 전환은 다음과 같이 진행되었음
 - 1998년 근거리무선통신 (DSRC) 주파수 5.9GHz 확보 후, V2I, V2V 통신 환경 구축을 위한 차량기반시설통합 (VII) 프로그램을 통하여 C-ITS 사업의 기반 마련
 - 그 후, 2009년 Intelligent Driver로 개명 후, WAVE 기술을 개발하여 2010년부터 미국 전역에 20만개의 노변기지국 (RSE)을 구축·운영함
 - 2011년~2013년 Safety Pilot Model Deployment 프로젝트를 통해 V2X 서비스를 테스트하였고 2020년까지 CV Pilot 프로젝트를 진행 중임

(2) 유럽

- 1986년 EUREKA 프로젝트의 PROMETHEUS R&D를 통해 교통효율 및 안전 증진을 위한 도로시설 및 관련 정보통신 시설 확충계획인 DRIVE 프로젝트가 추진됨
- 2008년 주파수 5.9GHz 확보와 더불어, C-ITS 관련 연구개발을 EC의 Framework programs (FP) 6 기반에서 추진하였고, 2002~2006년에는 세부 프로젝트로 CVIS, SAFESPOT, COOPERS를 추진함
- 2013~2015년, 사업화 준비 프로젝트로서 이탈리아, 오스트리아, 스웨덴 테스트베드 기반의 COSMO와 Compass4D¹⁾를 추진함

1) Competitiveness and Innovation Program (CIP)의 세부과제로 European Commissions 지원을 통해 도로 안전, 에너지 효율 향상, 도로 정체 감소 등의 목표로 진행하고 있는 pilot project임

그림 2-13 | 유럽 Compass4D C-ITS 구축현황



자료: www.compass4d.eu 웹사이트. 검색일: 2017.6.27.

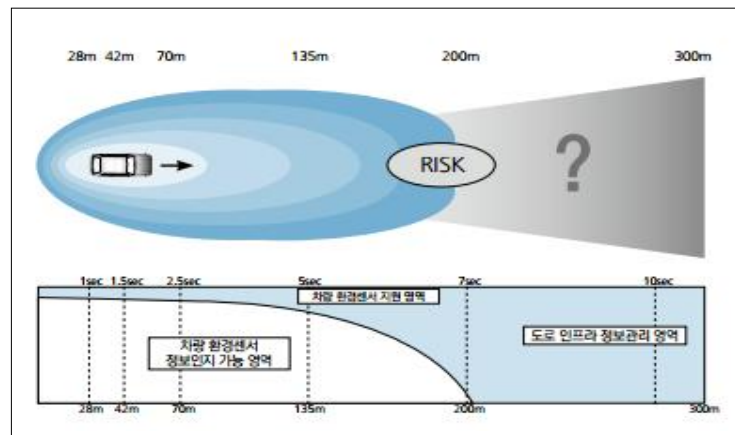
(3) 일본

- 1970년대부터 도시 내 교통처리를 위한 시스템 개발 후, 1980년 종합관제 시스템, 1996년 차량교통정보통신시스템 (VICS)을 추진하여 2016년 7월 현재 5,100만대 (전체차량의 63%) 설치 운영 중 (HIDO, 2016)
- C-ITS 개념 검증을 위해 Smartway, 첨단안전자동차 (ASV), 운전 안전보조시스템 (DSSS)을 추진하였고 현장실증을 위해 ITS Safety 2010을 추진하는 등 기존 근거리무선통신 (DSRC) 기반 시설을 통해 V2I 중심의 서비스 추진 중

4. 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정의

- 자율주행차량 자체 센서는 정보 인지에 한계가 있으므로 교통 안전과 도로 이용 효율 향상을 위해 첨단교통인프라와 차량의 연계가 중요함

그림 2-14 | 자율주행차량 센서 인지 한계성과 도로 인프라 정보관리 영역



자료: 진규동 (2015), p.8

- 도로인프라는 자율주행차량 성능의 한계점을 보완할 수 있는 교통정보 및 관련정보 (기상정보 등) 수집 장치와 측위 인프라로 GPS 오차를 극복하는 기술, 그리고 도로시설 등이 있음
- 또한, 이를 자율주행차량과 연계하기 위한 정보연계플랫폼으로서 전자정밀지도 (LDM)와 노변설치물 (RSE)이 있음 (진규동, 2015, p.9)
- 따라서, 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라의 정의는 다음과 같음

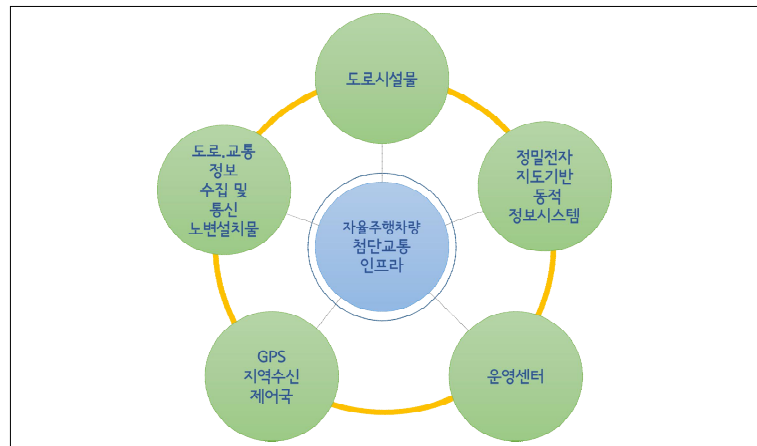
자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정의

「자율주행차량과 일반차량의 안전하고 효율적 주행을 지원하는 모든 인프라」로 정의하고 도로시설물, 도로·교통정보 수집 및 통신 노변 설치물 (RSE), 정밀전자 지도기반 동적 정보시스템 (LDM), GPS 지역수신·제어국, 운영센터를 포함함

자료: 저자 작성

- 정의된 첨단교통인프라는 자율주행차량 도입에 대응하기 위한 필수요소로서 다음 3장에서 각 요소의 상세 구축방안을 다루도록 함

그림 2-15 | 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라



자료: 저자 작성

1) 도로시설물

- 도로시설물은 자율주행차량과 일반차량 모두에 적합한 기하 구조로 설계된 도로와 자율주행차량의 인식을 위한 차선과 도로 표지, 자율차량과 일반차량 분리를 위한 차선도색 등이 있음

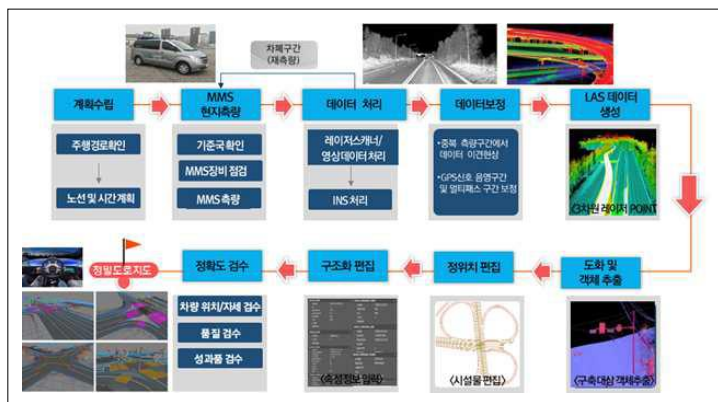
2) 도로·교통 정보 수집 및 통신 노면 설치물(RSE)

- 자율주행차량에 정보를 제공하기 위해서 도로·교통정보를 수집하여 차량 통신을 지원하는 노면설치물이 필요하며, 수집·통신 장치는 기존 ITS와 C-ITS의 장치 뿐 만 아니라 각종 정보 (예, 기상정보, 노면정보 등)를 수집할 수 있는 첨단 장비를 포함함

3) 정밀전자지도 기반 동적 정보시스템 (LDM)

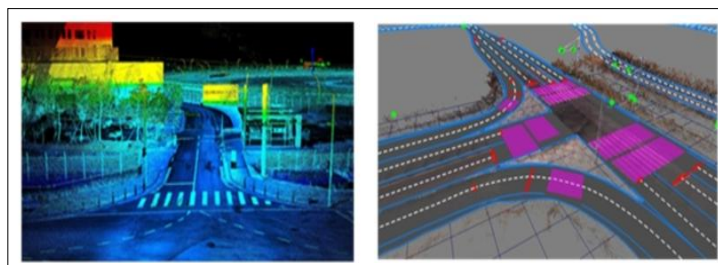
- 전자정밀지도는 자율주행에 필요한 규제선 (차선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선), 도로시설 (중앙분리대, 터널, 교량, 지하차도), 표지시설 (교통안전표지, 노면표시, 신호기) 등을 3차원으로 표현한 정밀 도로지도로 제작과정은 <그림 2-16>과 같음 (국토교통부 보도자료 2016.4.28.)

그림 2-16 | 전자정밀지도 제작 과정



자료: 국토교통부 보도자료 (2017.4.28.), '3차원 정밀도로지도'로 자율주행 시대 준비

그림 2-17 | 전자정밀지도 (좌: 점군 데이터, 우: 벡터 데이터)



자료: 국토교통부 보도자료 (2017.4.28.), '3차원 정밀도로지도'로 자율주행 시대 준비

그림 2-18 | 전자정밀지도 구축항목

정밀도로지도 구축 세부항목						추가 구축항목	
목록	구분인자	설정 항목	목록	구분인자	설정 항목		
차선 표시	(1) 규제선	① 중앙선 ② 유입구역선 ③ 차선 ④ 버스전용차선 ⑤ 전로변경경계선 ⑥ 가변차선	(1) 교통안전 표지		① 주의표지 10종 ② 규제표지 27종 ③ 지시표지 23종		
		① 길가장자리 구역선 ② 주차금지 표시선 ③ 정차주차금지 표시선			① 정차금지대 ② 유도선 ③ 유도면 ④ 전방방향 표시 ⑤ 차로변경 표시 ⑥ 오르막 경사면 ⑦ 횡단보도 ⑧ 자전거 횡단보도		
		① 정지선					
		① 차로중심선					
도로 시설	(1) 중앙분리대	① 중앙분리대 ② 무단횡단 방지시설 ③ 중앙분리대 개구부	(2) 노면표시				
		① 터널					
		① 교량					
		① 지하도로					
			(3) 신호기		① 신호기		

자료: 국토교통부 보도자료 (2017.4.28.), '3차원 정밀도로지도'로 자율주행 시대 준비

4) GPS 지역수신·제어국

- GPS는 일반 내비게이션에서 쓰이는 오차범위보다 최대 30배 정밀한 기술로 차선 기반의 위치 구분이 가능한 정밀 위성항법 기술을 의미함

5) 운영센터

- 운영센터는 차량-도로 연계협력 서비스를 위한 통합운영센터로서 주행 데이터 관리를 통해 자율주행 빅데이터 관리·공유 및 안전/교통상황 모니터링 기능을 수행함

5. 시사점

- 정부는 선진국에 비해 기술개발은 늦으나 제도·기반시설 조기 구축으로 상용화시기를 단축해 2020년 레벨 3의 부분적 자율주행을 목표로 함
 - 2020년 전후부터 레벨 3,4단계의 자율주행차량이 본격 상용화 될 시기까지 자율주행과 일반 차량이 혼재되어 자율주행차량의 성능발휘가 어렵거나 안전상의 문제가 있을 수 있음
 - 혼재 시 이러한 문제를 최소화하고 자율주행차량의 첨단기술을 통한 도로운영자 및 운전자 측면의 기대효과를 극대화하기 위해 자율주행차량기술은 도로인프라, 통신 및 기타 운영관리 시스템의 연계가 필수적임
 - 하지만, 정책 개발에 관련된 연구 진행이 미흡하므로, 자율주행 차량과 도로인프라 의 효율적 연계를 위해 3장에서 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응단계의 구분과 각 단계별 첨단교통 인프라 정책방안을 제시함



CHAPTER 3

자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안

- 1. 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응 단계 | 45
- 2. 자율주행차량 전략적 대응 단계별
첨단교통인프라 정책 | 49

A Study on the Smart Transportation
Infrastructure Policy to Respond
to the Age of an Autonomous Vehicle

자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안

1. 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응 단계

1) 대응 단계 구분의 필요성

- 국토교통부 예측에 따르면, 2020년 전후부터 레벨 3,4단계의 자율주행차량이 본격 상용화 될 시기까지 자율주행차량과 일반차량이 도로를 공유할 것으로 예상 (국토교통부 보도자료, 2017)
 - 이 때, 기존 도로인프라 인식 한계, 예기치 못한 돌발상황, 또는 도로이용자 행태에 대한 이해부족으로 교통사고가 증가할 수 있고, 군집주행 불가로 도로이용 효율 향상을 기대하기 어려움
 - 혼재 시, 자율주행차량 및 시스템은 일반 차량, 운전자, 도로 및 환경조건, 교통상황 등에 영향을 받기 때문에 성능 및 그 효율을 극대화하지 못할 것으로 예상되며 이에 따른 고려사항은 <표 3-1>과 같음

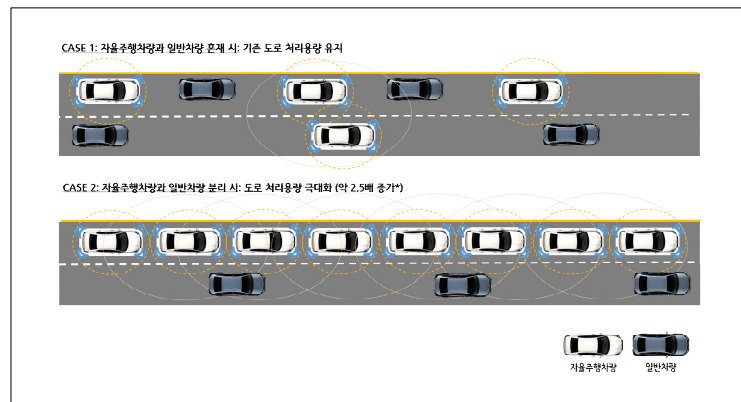
표 3-1 | 자율주행차량과 일반차량 혼재 시 고려사항

	고려사항
일반차량	일반차량의 성능을 고려한 일반차량-자율주행차량의 혼재 시 운행 방안
운전자	일반차량 운전자 과실로 인한 돌발상황에 대한 대응능력
도로 및 환경조건	도로 노면상태 및 기상조건 등에 대한 대응능력
교통상황	정체 또는 사고 등의 교통상황에 대한 대응능력

자료: 저자 작성

- 아래 제시된 그림과 같이 자율주행과 일반 차량이 혼재되어 주행하는 차로에 비해 분리한 경우가 군집주행 (짧은 차두간격)을 통해 도로 효율을 향상시킬 수 있음
 - 일반차량은 운전자 조작에 의존하므로 돌발상황 대비를 위해 선행·후행차량과의 충분한 거리 유지가 필요
 - 뒤따르는 차량이 자율주행차량이라 하더라도 일반차량 운전자가 느끼는 부담감과 일반 운전자의 돌발상황에 대한 대응을 위해 충분한 안전거리를 유지해야 하므로 자율주행차량 전용차로에 비해 차두거리가 길게 나타남

그림 3-1 | 자율주행과 일반 차량 혼재 및 분리 상황 비교



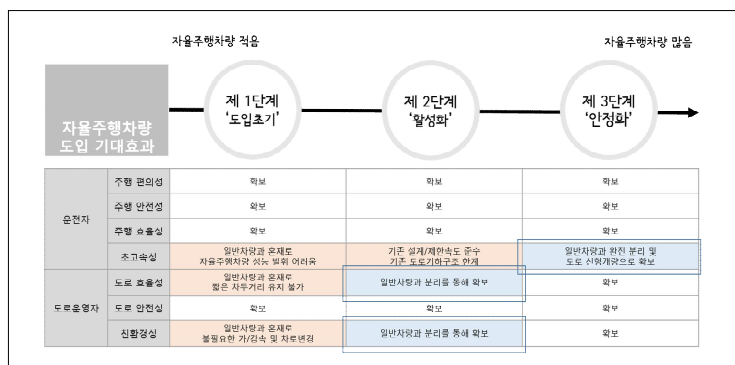
자료: 그림 저자 작성 (*표에 언급된 내용은 Tientrakool et al. (2011) 자료 참고)

- 따라서, 자율주행차량의 도입에 따른 자율주행차량의 특성이 지닌 효율 극대화와 선진국에 비해 늦었지만 국내 자율주행 상용화 시기가 늦춰지지 않게 하기 위해 대응 단계를 구분하고 단계별로 적절한 첨단교통인프라 정책을 제시해야 함

2) 전략적 대응 단계 구분

- 전체 차량 중 자율주행차량 비율에 따라 대응 단계를 크게 도입초기, 활성화, 안정화 세 단계로 구분함

그림 3-2 | 자율주행차량 도입에 따른 전략적 대응 3단계



자료: 저자 작성

(1) 제 1단계 (도입초기)

- 제 1단계는 자율주행차량 도입초기 단계로서, 일반차량의 비율이 여전히 높고, 자율주행차량의 인지·제어 기술로 인한 안전성 향상으로 운전자에게 운전으로부터 자유롭게 하는 편의성이 제공됨
- 하지만, 자율주행차량의 군집주행에 비해 일반차량과 혼재 차로에서 주행하므로 짧은 차두거리를 유지할 수 없어 도로 이용 효율이 개선되지 못함
- 그리고 일반차량의 가감속, 차로변경으로 인해 자율주행차량 역시 가감속, 차로변경의 빈도가 높아지므로 환경개선 효과가 없음
- 또한, 일반차량은 자율주행차량에 비해 인지 및 제어 능력이 떨어지기 때문에, 선행하던 자율주행차량의 돌발상황에 대처하지 못해 추돌사고가 발생할 가능성 등의 안전상 이슈가 제기됨

(2) 제 2단계 (활성화)

- 제 2단계는 자율주행차량 도입이 활성화되어 일정 비율 이상의 자율주행차량이 도로에 운행 중인 단계를 의미함
- 이 시기 일반차량과 자율주행차량의 분리를 통한 자율주행차량의 군집주행으로 도로이용 효율 향상 및 불필요한 가·감속, 차로변경 빈도 감소로 인한 온실가스 배출량 감소로 환경 개선효과 기대
- 하지만, 기존 도로 설계속도에 따른 제한속도로 인해 초고속 주행을 불가능함

(3) 제 3단계 (안정화)

- 제 3단계는 자율주행차량의 비율이 크게 증가하여 그 성능 및 운영의 모든 측면이 안정화 된 상태를 의미함
- 자율주행차량과 일반차량의 완전 분리를 통해 자율주행차량의 효율을 극대화 할 수 있는 단계로 정의함
- 도로 설계 시 초고속 주행에 적합한 기하구조로 설계속도를 향상 시켜 자율주행차량의 초고속 주행을 지원함

2. 자율주행차량 전략적 대응 단계별 첨단교통인프라 정책

1) 제 1단계 (도입초기)

(1) 기대상황

- 자율주행차량 기술 완성으로 실도로 운행이 허가 및 시작되는 시점으로 자율주행차량 비율이 일정 수준에 이를 때까지 일반 차량과 혼재 주행이 불가피함
- 자율주행차량의 운행을 위해 기존도로인프라에서 첨단교통인프라로의 변화를 통해 효율적이고 안전한 운전을 지원해야 함
- 자율주행차량 도입초기에 대응하기 위해서는 첨단교통인프라 구축이 마련되어야 효율적이고 안전한 자율주행차량의 운행이 보장될 수 있음
- 자율주행차량의 기술 레벨에 따라 도로인프라의 기술수준이 다르고, 완전자율주행은 차량과 도로의 보조, 협력이 아닌 연계 수준을 나타냄

표 3-2 | 자율주행차량과 도로 첨단교통인프라 관계

SAE Level	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
설명	비 (非) 자율주행	운전자 보조주행	일부 자율주행	조건 자율주행	고(高)레벨 자율주행	완전 자율주행
도로 인프라	-	-	기존 ITS 인프라	기존 C-ITS 인프라	첨단교통 인프라	첨단교통 인프라
키워드	차량-운전자	차량-운전자	차량-도로 <u>보조</u>	차량-도로 <u>협력</u>	차량-도로 <u>연계</u>	차량-도로 <u>연계</u>

자료: 저자 작성

(2) 첨단교통인프라 정책 및 효과분석

- 제 1단계에서는 도로·교통인프라의 첨단화를 통해 자율주행차량에 대응해야 하며, 첨단교통인프라 구축방안은 <표 3-3>과 같이 정의함

표 3-3 | 첨단교통인프라 구축방안

첨단교통인프라	상세 구축방안 및 기대효과
도로시설물	·자율주행차량의 인지성능 향상을 위한 차선 표시 방안 ·자율주행차량의 카메라의 시인성을 향상할 수 있는 도로표지 ·교통상충점의 기하구조 개선
교통상황정보 수집 노변설치물 (RSE)	·기 설치된 RSE를 통해 다양한 정보를 송신하고, 선택적 정보를 수신할 수 있는 서비스 개발이 필요
정밀전자지도기반 동적정보시스템(LDM)	·정적·동적데이터의 가공 및 처리가 가능한 전자지도 개발을 통해 차량센서의 한계를 극복
GPS 지역수신·제어국	·차량 및 특정 상황의 정밀한 위치 정보를 수집 및 가공할 수 있는 능력
운영센터	·다양한 데이터를 저장·가공할 수 있는 용량·처리능력

자료: 저자 작성

(3) 국내·외 유사정책 사례

- 자율주행차량의 정밀한 제어를 위해서는 위치기반의 정보와 제어 기술의 융합이 필수이며, 이를 위해 유럽, 미국 등에서 정밀지도 서비스와 도로에서 수집한 주행환경 정보를 통해 한계를 극복 하려는 기술개발이 진행 중임
- 일본은 자율주행차를 위한 도로 기술의 고도화로서 차선, 표지판, 도로구조 등을 개선하고 있으며, 이를 통한 최적성능 관리를 목표로 하고 있음
- 네덜란드는 자율주행차를 위해 각 차로에 대한 기상상황 이미지를 표출함으로서 시인성 확보가 향상될 수 있는 연구를 진행 중이며, 그 외 해외 프로젝트 (CVIS, Safespot)에서 자율주행을 위한 차선 마킹의 중요성에 대해 강조하고 있음 (국토교통부, 2015)

2) 제 2단계 (활성화)

(1) 기대상황

- 제 1단계 (도입초기)에서 제 2단계 (활성화)로 넘어가는 단계는 자율주행차량의 증가로 인한 일반차량과 혼재 주행에서 발생할 수 있는 이슈를 해결하기 위해 자율주행차량과 일반차량의 분리가 필요한 단계를 의미함
- 자율주행차량을 일반차량과 분리 운영 시, 자율주행차량의 군집 운행으로 인한 도로용량 극대화를 통한 효율 향상과 불필요한 가감속 및 차로변경을 최소화로 인한 온실가스 배출량 감소로 환경 개선 효과가 기대됨
- 2017년 4월 국토교통부는 자율주행차량 혼용시대 대비 도로 구조 개선 추진계획을 밝혔고 전용차로 구축 및 교통량에 따른 신호주기 조절로 자율주행차량의 제 성능발휘를 지원하도록 하는 연구 검토를 착수함

(2) 첨단교통인프라 정책 및 효과분석

- 자율주행차량의 비율이 일정 수준이 넘어설 경우, 자율주행차량과 일반차량의 분리를 통한 효율 향상을 위한 방안으로 자율주행차량 전용차로 운영이 필요함
- 자율주행차량 전용차로 설치 판단기준은 자율주행차량의 통행량과 일반차량 통행량에 대해 다음 수식과 같이 표현할 수 있음

$$V_{AV} \geq \frac{V_{NAV}}{N-1} \times W$$

여기서, V_{AV} =첨두시 시간당 자율주행차량 통행량

V_{NAV} =첨두시 시간당 일반차량 통행량

N =편도 차로수

W =가중치 ($W \leq 1$, 정책적 가중치, 작을수록 자율주행차량에 가중)

- 고속도로에서 차량 간 통신 (V2V)을 통해 용량을 273% 증가시킬 수 있고 교통정체로 인한 사회비용을 감소시킬 수 있음 (Tientrakool, 2011)
- 자율주행은 차량 간 통신을 통해, 운전자에 의한 일반주행에 비해 짧은 차두거리를 유지할 수 있는 특성상, 밀도를 고속도로 연속류 임계치인 44대/km/lane으로 유지한 상태로 빠른 속도로 주행이 가능함
- 교통류 분리를 위해 현재 국내 버스전용차로, 국외 다인승차로 (HOV Lane), 전기자동차 전용차로와 같이 자율주행차량 전용차로를 설치할 수 있음

그림 3-3 | 자율주행차량 전용차로 (안)



자료: 구글 이미지 검색 후 저자 이미지 수정 (www.google.com, 검색어: 버스전용차로, 검색일: 2017.6.27.)

- 전용차로 도입에 따른 기대효과는 다음과 같음
 - 기존 기반시설 사용으로 추가 구축비용 없이 도색 및 도로표지 설치 (표지판 또는 차선규제전광판(LCS))로 효율 극대화
 - 별도의 구축 기간이 소요되지 않아 공사 등으로 인한 기존 교통류 방해 없음

-
- 자율주행차량의 군집주행이 가능해 짧은 차두거리 유지로 도로 운영 효율 증가
 - 설치기준에 따른 최소 자율주행차량의 비율은 위에 제시된 수식 기준으로 편도 4차로 연속류의 경우 25%이며, 이 경우 일반차량에는 긍정적 또는 부정적인 효과 없이 자율주행차량의 속도 향상 효과가 나타남
 - 자율주행차량 비율이 증가할수록 일반차량의 통행속도 및 서비스수준 향상. 즉, 자율주행 전용차로는 임계밀도까지 일정한 속도로 주행이 가능하기 때문에 서비스수준 A를 유지하고, 일반차량은 자율주행 차량과 분리되어 기존 도로의 한정된 용량을 효율적으로 사용할 수 있으므로 밀도가 감소하여 서비스수준이 향상됨
 - 일반차로의 서비스수준 향상을 목표로 자율주행 전용차로 운영을 위해서는 아래 표에서 제시된 바와 같이 자율주행차량의 비율이 각각 31%, 43%되는 시점이 일반차로의 서비스수준이 E에서 D로 향상 되고, D에서 C로 향상되는 시점임
 - 즉, 자율주행차량의 비율이 25%가 되는 시점은 일반차로에 아무런 영향이 없기 때문에 전용차로 도입 시점이 될 수 있으며, 31%, 43% 되는 시점에 전용차로 도입 효과로서 일반차로의 서비스수준이 개선됨

표 3-4 | 자율주행차량 비율에 대한 서비스수준 분석결과

자율주행 차량 비율	자율주행 전용차로			일반차로		
	교통량 (pcphpl)	밀도 (pcpkmpl)	서비스 수준	교통량 (pcphpl)	밀도 (pcpkmpl)	서비스 수준
0%	각 차로 밀도 21로 서비스수준 E					
25%	2,500	22.7	A	2,500	22.7	E
30%	3,000	27.3	A	2,333	21.2	E
38%	3,800	34.5	A	2,067	18.8	E→D
40%	4,000	36.4	A	2,000	18.2	D
45%	4,500	40.9	A	1,833	16.7	D
48.85%	4,885	44	A	1,705	15.4	D

자료: 저자 작성

가정 및 전제사항

대상: 편도 4차로 설계속도 시속120km의 고속도로 (연속류 기본구간), 합류·분류부는 고려하지 않음
교통량: 10,000대/시간

서비스수준 산정: 연속류 기본구간은 밀도를 기준으로 서비스 수준을 산정함. 자율주행 전용차로의 경우 임계 밀도에서 제한속도 주행이 가능하므로 밀도와 무관하게 임계밀도까지는 서비스수준을 A로 가정함

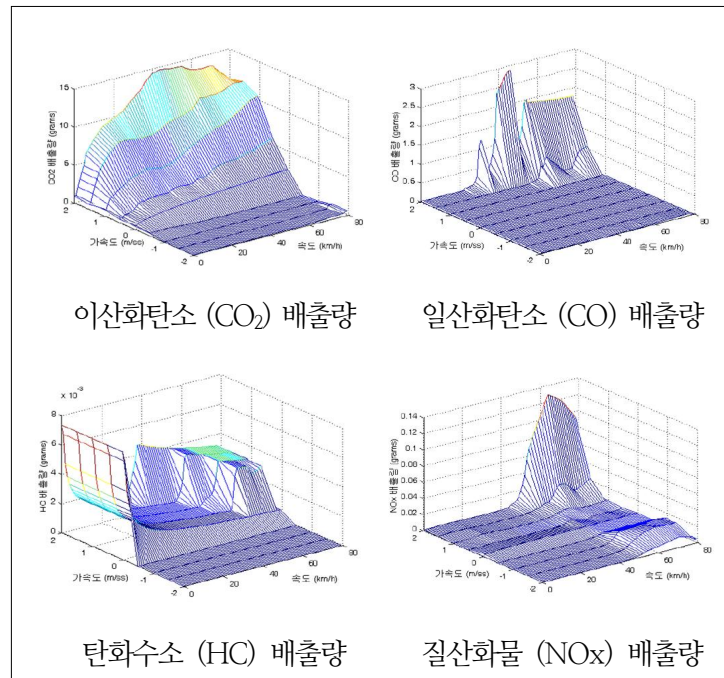
기타: 1) 자율주행 전용차로의 서비스수준은 임계밀도에서도 제한속도 (시속 110km) 유지 가능함

2) 앞의 수식에서 계산된 바와 같이 자율주행차량 비율 25% 이하는 고려하지 않음

참고자료: HCM (2013)

- 그 외, 특성이 다른 자율주행차량과 일반차량 교통류 분리로 안전 확보의 장점이 있음
- 또한, 자율주행차량의 불필요한 가·감속, 차로변경 감소로 온실가스 배출량 감소 효과를 기대함 (Anderson (2014), 한동희 외 (2011), p.114)

그림 3-4 | 속도 및 가속도에 따른 배출가스량



자료: 한동희 외 (2011), 차량 주행상태를 고려한 차량 배출가스 산정 모형 구축

- 반면, 전용차로 도입으로 인한 부정적 효과는 다음과 같음
 - 자율주행차량 통행량이 적을 시, 일반차량과의 형평성 문제 및 전체 네트워크의 서비스수준 저하 등의 문제점 대두
 - 합류 및 분류부에서 교통류 와해 현상 발생
 - 기존 버스전용차로 도입 구간에 시행 시, 상충문제
 - 위반차량 처리문제
 - 기존 도로설계 기하구조로 인한 초고속성 미확보

(3) 국내·외 유사정책 사례

- 캐나다 밴쿠버에서 미국 시애틀 (I-5 Highway) 150마일 (240Km) 구간에 HOV 차로를 활용, 자율주행차량 전용차로의 도입을 제안하였고 (David, 2017), 아랍에미레이트의 두바이도 자율주행 차량 전용도로 도입을 검토 중임
- 국내에서는 경부고속도로 버스전용차로가 대표적인 교통류 분리의 예임

그림 3-5 | 경부고속도로 버스전용차로



자료: 구글 이미지 검색 (www.google.com, 검색어: 버스전용차로, 검색일: 2017.6.27.)

- 고속도로 버스전용차로제 확대시행 타당성 분석 연구 (한국운수산업연구원, 2012)와 전기자동차 보급 확대를 목적으로 버스전용차로 내 전기차 운행 가능성 검토 연구가 수행되었음 (산업통상자원부, 2016)
- 국외 전용차로 관련 사례는 <표 3-5>와 같음

표 3-5 | 국외 전용차로 관련 사례

국가	대상	시작연도	상세내용
미국	버스	1969	뉴저지 링컨 터널 진입로를 대상으로 대중교통 정시성 및 이동성 증가를 위해 최초의 버스전용차로 도입 현재 약 200여 도시에서 다인승차로 운영중
	다인승차량 또는 요금지불차량	-	미국 캘리포니아, 텍사스, 조지아, 플로리다 주의 Express Lane
네덜란드	다인승차량	1993	유럽 최초로 HOV 차로 도입
스페인	다인승차량	1995	마드리드 A6 고속도로에서 HOV 차로 도입
영국	다인승차량	1998	HOV 차로 도입
프랑스	다인승차량	-	HOV 차로 도입
네덜란드	다인승차량	2001	HOV 차로 도입
노르웨이	전기자동차	2003	오슬로에서 HOV차로 내 전기차 주행 허용, 2005년 확대 운영

자료: 산업통상자원부 (2016), p.12~18 참고 저자 작성

3) 제 3단계 (안정화)

(1) 기대상황

- 자율주행차량 도입의 안정화와 더불어 자율주행차량의 효율 극대화를 위한 다양한 요구가 있을 것이며, 그 중 하나로서 초고속성에 대한 사회적 합의와 요구가 있을 것으로 예상됨
- 첨단 기술을 장착한 자율주행차량 비율의 증가로 인한 안전성 확보와 초고속 통행에 대한 수요 증가로 도로 제한속도를 상향해야 할 필요성 대두

(2) 첨단교통인프라 정책 및 효과분석

- 기존 도로 기반시설 활용 시, 기 설계된 기하구조는 안전상의 문제로 제한속도를 상향시키기 어려워, 초고속 적합 설계의 신규 도로 구축(자율주행차량 전용도로)이 필요함
- 설계속도 및 제한속도 향상 시, 교통량-속도-밀도 사이 관계식에 의해 자율주행차량 전용도로에서는 밀도는 최대 임계치 (44대/km/차로)로 유지 가능하고 속도가 증가할수록 교통량이 증가하게 되므로 각각의 속도에 따른 교통량은 다음과 같이 나타남
 - 밀도 44대/km/차로는 자율주행차량 기술이 완벽하다는 전제 하에서 도출한 값이므로 10%씩 밀도를 감한 시나리오에 대해 교통량을 추정함
- 교통량-속도-밀도 사이의 관계식

$$q = \mu \times k$$

q : 교통량
 μ : 속도
 k : 밀도

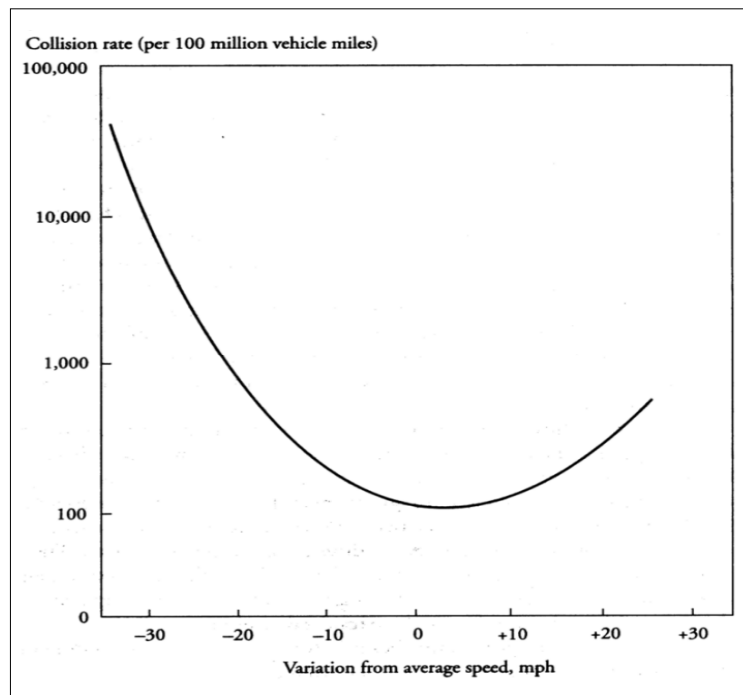
표 3-6 | 설계속도 향상에 따른 통과 가능 교통량 추정

	일반 연속류	신규도로 건설 시			
설계속도 (제한속도)	시속120km (시속110km)	밀도 (대/km/차로)	시속120km (시속110km)	시속140km (시속130km)	시속160km (시속150km)
교통량 (대/시간)	2,300	44	4,840	5,720	6,600
		40 (10%▼)	4,356	5,148	5,940
		35 (20%▼)	3,872	4,576	5,280
		31 (30%▼)	3,388	4,004	4,620
		26 (40%▼)	2,904	3,432	3,960

자료: 저자 작성

- 즉, 고속도로 최대 용량(서비스수준 F, 설계속도 시속 120km 기본 구간 기준)인 2,300대/시간에 비해 1.5~2배 이상의 용량을 사용함으로써 교통 효율성이 증가하게 됨
- 초고속화로 인한 안전성 문제에 대해서는 Solomon (1964)의 연구에서 교통사고는 개발차량의 속도가 원인이 아니고 주변 차량의 평균속도와 차이가 클수록 발생확률이 높다고 발표함
 - 즉, 제한속도 향상이 사고 발생확률과 직접적인 연관이 없으므로 도로의 초고속화와 도로 안전성 감소에는 연관관계가 없음을 의미함

그림 3-6 | Solomon curve (상대속도-사고율 관계 모형)



자료: Solomon D. (1964), Accident on main rural highways related to speed, driver, and vehicle

-
- 자율주행차량의 초고속성 확보를 위해 도로의 선형구조가 개선된 전용도로 구축이 필요하고, 그에 따른 기대효과는 다음과 같음
 - 자율주행차량의 초고속성 확보로 통행시간 단축 및 정시성 향상
 - 향상된 교통서비스 제공으로 사회·경제적 부가가치 창조
 - 자율주행차량을 이용한 물류시장 형성과 이로 인한 물류비 감소 기대
 - 전용도로 이용으로 인해 자율주행차량 구입의사 증가 효과 발생
 - 반면, 부정적인 효과는 다음과 같음
 - 신규 도로 건설 시 소요되는 시간 및 비용 문제 발생
 - 자율주행차량 전용도로망 계획 시, 기존도로와 연계 고려
 - 도로 구축, 합류부 및 분류부 선정 시, 이권 다툼 발생
 - 전토지보상문제 고려
 - 온실가스 배출량 감소로 인한 환경오염 및 소음 증가

(3) 국내·외 유사정책 사례

- 우리나라 고속도로의 제한속도는 대부분 시속 100km와 110km로 1970년 경부고속도로 개통이후 큰 변화가 없음
 - 최근 신문매체를 통해 서울~세종 고속도로의 설계속도가 시속 140km로 적용될 것이라는 보도가 있었으나 정부는 부인 (세종포스트, 2017)
- 국토교통부는 도로 서비스 질 향상을 위해 ‘초고속도로 선형설계 지침 마련 연구 용역’을 수행하여 초고속시대에 대응함
- 미국은 1974년 연방정부가 전국적으로 시속 55마일의 제한속도를 안전 및 연료소비 등의 문제로 설정한 후, 1987년 시속 65마일, 1995년 연방 규제를 폐지함 (매경프리미엄, 2017)
- 현재 대부분 시속 70~75마일로 제한속도를 설정하였고, 미국

네바다 (Nevada)주 북부 고속도로는 2017년 5월 초 제한속도를 시속 75마일에서 시속 80마일로 상향했음

- 독일 아우토반 (총 연장 11,000km)의 경우, 속도제한이 없지만 일부 구간에서는 주행속도를 제한(도시부 시속 100km~지방부 시속 130km)하고 있으나 효율적 도로운영, 유지관리, 안전관리로 인해 사고율이 매우 낮음
- 오스트리아는 속도 유연화 프로젝트를 통해 제한속도를 시속 80~160km로 교통흐름 최적화를 도모하고 2004년 “텔레메틱 계획안(Flexibilisierung von Geschwindigkeiten)”에 의거 속도 유연화 실험프로젝트 진행 후('05.9) 기존 고속도로로 확대 ('06.10) 적용함
- 일본 제2 동명~명신 고속도로 (총 연장 502km)는 사회적 합의를 통해 설계속도를 시속 120km에서 시속 140km로 하여 고규격 초고속도로 및 지능형 도로로 건설
- 속도 향상으로 인한 안전상의 문제는 미 연방고속도로국 (FHWA)의 ‘Effects of Raising and Lowering Speed Limits’ 보고서에 따르면 속도 향상이 아니라 주변 속도와 편차가 교통사고의 원인이라 분석함
- 전용도로의 경우, 국내 창원시는 ‘대형화물 전용도로’를 2017년 말까지 개통하여 창원산업단지와 마산항 사이 통행을 지원해 일반차량의 안전을 도모하고 화물차량의 정시성도 보장할 계획임
- 인천 또한 화물차량의 주거지 운행에 따른 문제점을 보완하고자 인천 중구 항동 일대에 전용도로 건설을 계획 중임
- 인도 정부의 경우 전기 화물차 전용도로를 건설할 계획을 발표함
- 그 외 간선급행버스 (BRT), 자전거, 보행자 전용도로도 교통류 분리의 한 가지 예가 될 수 있음

표 3-7 | 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책 요약

단계	기대상황	자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책	
		정책 案	고려사항
제 1단계 (도입초기)	<ul style="list-style-type: none"> - 일반차량의 비율이 여전히 높은 상태 - 자율주행 기술로 인해 운전자는 운전 업무로부터 일정부분 해방 - 운전자 과실의 사고 급격히 감소 	기존 도로인프라 첨단화	- 자율주행 관련 첨단도로인프라 정의 - 첨단도로인프라의 상세 구축방안 및 기술개발 연구 - 첨단도로인프라의 효율적 설치 및 운영방안 검토
제 2단계 (활성화)	<ul style="list-style-type: none"> - 일정 비율 이상의 자율주행차량 도입 - 자율주행과 일반 차량의 서로 다른 특성으로 인해 발생하는 이슈를 해결하고자 교통류 분리에 대한 사회적 요구 증대 	기존 도로인프라 첨단화 + 교통류 분리 (전용차로)	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행과 일반 차량의 형평성 문제를 고려하여야 함 - 연속류 편도 3차로의 경우, 전체교통량의 33% 이상이 자율주행차량이면 전용차로 운영을 통한 교통류 분리가 적절함 $V_{AV} \geq \frac{V_{NAV}}{N-1} \times W$ 여기서, VAV=첨두시 시간당 자율주행차량 통행량 VNAV=첨두시 시간당 일반차량 통행량 N=편도 차로수 W=가중치 (W≤1, 정책적 가중치, 적을수록 자율주행차량에 가중)
제 3단계 (안정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행차량의 비율 증가와 성능 및 운영 모두 안정화된 상태 - 첨단기술을 통한 안전성 보장으로 초고속주행에 대한 수요 증가가 예상됨 	기존 도로인프라 첨단화 + 교통류 분리 (전용차로) + 초고속화 (전용도로)	<ul style="list-style-type: none"> - 초고속성 확보로 통행시간 단축 및 정시성 향상 - 향상된 교통서비스로 사회·경제적 부가가치 창조 - 물류비 감소 기대 - 자율주행차량 구입 의사 증가 효과 발생 기대

자료: 저자 작성



4

CHAPTER

결론 및 향후과제

1. 결론 | 65

2. 향후과제 | 67

A Study on the Smart Transportation
Infrastructure Policy to Respond
to the Age of an Autonomous Vehicle

결론 및 향후과제

1. 결론

- 제 4차 산업혁명의 4대 핵심 융합 기술 중 하나인 자율주행은, 운송 수단과 ICT의 융합기술로서 2020년 전후부터 상용화를 앞두고 있음
 - 상용화에 대응한 연구 및 정책 방안 수립에 노력을 기울이고 있음
 - 국내에서는 산업통상부, 국토교통부, 미래창조과학부 등 부처별 역할 분담 및 실행계획을 수립하여 발표하는 등 중점 추진 중에 있으며, 2015년에 시행된 제 3차 규제 개혁 장관회의를 통해 국토교통부를 중심으로 협력연구개발을 통해 효율적으로 대응하고 있음
 - 미국을 비롯한 유럽, 일본, 중국 등은 국가 중점사업으로서 자동차 제조업체와 함께 연구 및 정책 수립을 진행 중이며, 자율주행차량의 법적 운행 허가 및 안전 규제·법안을 개정하여 자율주행차량에 대응할 수 있는 준비에 박차를 가하고 있음
- 첨단교통인프라를 자율주행차량과 일반차량의 안전하고 효율적 주행을 지원하는 모든 인프라로 정의하였고, 그 중 자율주행차량에 대응한 도로 운영방안에 중점을 두어 연구를 수행하였음
 - 도로시설물 (도로기하구조, 도로표지, 교통류 분리를 위한 차선 도색 등)
 - 교통상황정보 수집 노변설치물 (RSE)
 - 정밀전자지도기반 동적정보시스템 (LDM)
 - GPS 지역수신·제어국
 - 운영센터

□ 국토교통부 예측에 따르면, 2020년 전후부터 레벨 3,4단계의 자율주행차량이 본격 상용화 될 시기까지 자율주행차량과 일반차량이 도로를 공유할 것으로 예상됨

- 이 때 예기치 못한 돌발상황으로 자율주행차량의 성능 발휘가 어렵고 오히려 교통사고가 증가할 수 있는 문제점 등을 해결하기 위해 자율주행차량과 일반차량의 분리의 필요성이 대두됨

□ 자율주행차량의 도입 비율에 따라, 제 1단계 (도입초기), 제 2단계 (활성화), 제 3단계 (안정화)로 구분할 수 있으며, 각 단계에 적절한 첨단교통인프라 정책을 제시해 자율주행차량의 효율을 극대화하려 함

- 제 1단계 (도입초기)에서는 자율주행차량과 일반차량의 혼재 주행으로 인해 자율주행차량의 특성 중 안전성과 편의성은 확보가 가능함
 - 자율주행차량 도입 초기는 기존의 도로인프라의 첨단화를 위해 도로 시설물, 교통상황정보 수집장치, 정밀전자지도기반 동적정보시스템 (LDM), GPS 지역수신·제어국, 운영센터를 구축하여 자율주행차량의 운행을 지원해야함
 - 짧은 차두거리를 유지하며 군집주행을 하거나 불필요한 가감속 및 차로변경이 감소되거나 하는 등의 효과가 나타나지 않기 때문에, 2단계 활성화 단계의 교통류 분리의 사전 준비를 위해 지정차로제 또는 갓길차로 주행을 허용하는 등의 정책 검토가 가능함
- 제 2단계에서는 자율주행차량 전용차로 정책을 제시하며, 서비스 수준 산정 결과에 따라 자율주행차량의 비율이 25%, 38%가 되었을 때, 각각 일반차로의 부정적 영향이 없거나 서비스 수준이 한 단계 향상됨
 - 또한, 교통류 분리로 인한 자율주행차량의 효율성 및 친환경성이 확보 되는 효과가 나타남

- 제 3단계에서는 제 2단계에서 기존 설계도로의 분리된 차로를 운영함으로서 초고속성이 실현되지 못하는 문제를 해결하기 위해 선형 개량된 전용도로 구축 안을 제시함
 - 이는 향상된 교통서비스 제공을 통해 사회·경제적 부가가치를 창조하고, 물류비 감소 등의 장점을 불러올 것으로 기대됨
 - 전용차로 운영 시 발생할 수 있는 교통류 와해현상, 기존 버스전용차로와의 상충문제, 위반차량 처리 문제 등에 대해 제시하였음
 - 전용도로 구축 시, 거대한 인프라 구축 비용 및 기존도로와 연계성 확보 문제, 고속으로 인한 사고 심각도 증가 등의 문제점도 있으므로 전용도로 구축을 여러 방안 중 하나로 제시하며, 향후 충분한 정책적 판단이 고려되어야 함

2. 향후과제

- 기존 교통류 이론 및 서비스수준 평가방법을 이용하여 자율주행차량 도입 시 효과 분석을 수행하였으나, 자율주행차량의 특성을 고려한 교통류 이론 및 서비스수준 평가방법이 새로 마련될 필요가 있음
 - 기존 교통류 이론에서 제시하는 교통량-속도-밀도 곡선은 자율주행차량의 특성을 반영하지 못함
 - 밀도, 교통류율, 속도 등의 지표를 이용하여 서비스수준을 산정하는 방법론 역시 자율주행차량의 특성을 반영하지 못하고 있기에 이에 대한 연구가 필요함
- 완전 자율주행차량 (SAE 기준 Level 5) 및 연속류 기본구간 (4차로)을 대상으로 연구를 하였기 때문에, 자율주행차량의 각 기술 수준 (0~5 Level)별 도입비율에 따른 상세 분석이 진행되지 못하였음
 - 시뮬레이션을 활용한 각 수준 별 도입 비율에 따른 정책방안 연구가 필요함

-
- 연속류 기본구간 뿐만 아닌 연속류의 분류·합류구간, 단속류 구간 등을 고려한 연구가 필요함
 - 지정차로 도입효과 분석을 위해, 자율주행차량 비율 및 일반 승용, 승합, 화물 비율을 이용한 다양한 시나리오를 대상으로 전체 네트워크의 효과분석이 연구되면, 각 도로의 교통 특성 별 정책 대안 제시가 가능할 것으로 기대됨
 - 효율적인 자율주행차량의 운영을 위해서 각 제조사 별 표준화를 통한 공통 플랫폼 개발은 물론이고 자율주행차량을 일반운전자가 이해하고 함께 도로를 공유할 수 있는 정책적 지원 또한 마련되어야 할 것임

참고문헌

REFERENCE



- Ben Husch and Anne Teigen. 2017. A road map for self-driving cars.
- EBN (뉴스기사). 2016.2.11. 자율주행 자동차 서울-호법 고속도 운행 가능..“기술개발 탄력”.
- Equipment World’s 웹사이트 (검색일: 2017.12.8.)
- ERTRAC. 2015. Automated driving roadmap.
- HIDO (Highway Industry Development Organization). 2016. ITS in Japan.
- Highway Capacity Manual. 2013.
- INSIGHTSIAS (News Article). 2016.11.30. Insights into Issue: Autonomous Vehicle Technology.
- iPnomics, 2016.11.22., ‘한·중·일, 자율주행차 각축’
- JM Anderson, K Nidhi, KD Stanley, P Sorensen. 2014. Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers.
- KEIT PD Issue Report. 2014. 산업부의 자율주행 자동차 기술개발 방향.
- KOTRA. 2017. 4차 산업혁명시대, 첨단제품 개발 트렌드와 시사점.
- National Economic Council and Office of Science and Technology Policy. 2015. A Strategy for American Innovation.
- NCSL. Autonomous vehicles legislative database.
- Patcharinee Tientrakool·Ya-Chi Ho ·Nicholas F. Maxemchuk. 2011. Highway Capacity Benefits from Using Vehicle-to-Vehicle Communication and Sensors for Collision Avoidance. Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011 IEEE.
- SAE. 2016. Automated Driving-Level of driving automation are defined in new SAE International Standard J3016.
- Solomon D.1964. Accident on main rural highways related to speed, driver and vehicle, Bureau of Public Roads ,Department of Commerce, Washington, USA.

U.S. Department of Transportation. 2014. Deployment of Intelligent Transportation Systems: A Summary of the 2013 National Survey Results.

www.compass4d.eu 웹사이트. 검색일: 2017.6.27.

강경표. 2016. 자율주행자동차 시대를 대비한 교통부문 정책과제와 미래전략 (전문가 간담회 자료).

경향비즈, 2016.3.24., ‘일본, 자율주행차 시정 선점 가속페달’

구보람 외. 2017. 사용자 관점의 자율주행 단계 별 인터랙션 특징. 예술인문사회 융합 멀티미디어 논문지. 7(2). pp.351~359.

국토교통부 국가교통정보센터 웹사이트.. 검색일: 2017년 6월 26일

국토교통부 보도자료 (2017.4.28.), ‘3차원 정밀도로지도’로 자율주행 시대 준비

국토교통부 보도자료. 2017.11.24. 자율차 혼용시대, 미래도로 정책방안 연구검토 착수.

국토교통부 홈페이지 2017.6.27.

국토교통부. 2015. 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 기획보고서.

국토교통부고시 제 2016-46호. 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」.

글로벌기술협력기반육성사업 심층분석보고서. 2017. 유럽의 자율주행자동차 기술 및 정책 동향.

류승기. 2014. 미래 교통 C-ITS 기술 동향. 고양시: 한국건설기술연구원.

매경프리미엄 뉴스기사. 2017.5.27. 美고속도로 제한속도 상향 안전 위해 결정했다고?

산업통상자원부. 2016. 전기자동차 보급 확대를 목적으로 버스전용차로 내 전기차 운행 가능성 검토 연구. 세종시: 산업통상자원부

산업통상자원부. 2016. 전기차의 버스전용차로 운행 가능성 검토 연구.

서동혁. 2016. 글로벌 생산환경 변화와 제조업의 대응전략(발표자료). 세종시: 산업연구원.

세종포스트 뉴스기사. 2017.1.24. 국토부, “서울~세종 시속 140km 설계 사실무근”.

오성호·김홍석·김호정·박종일. 2013. 新 성장동력을 위한 전국도로망 재편. 세종시: 국토연구원.

원주시교통정보웹사이트 (검색일: 2017.12.8.)

이백진·김광호·박종일. 2016. 첨단인프라 기술발전과 국토교통분야의 과제 -자율주행 자동차를 중심으로-세종시:국토연구원.

이재관. 2015. 자율주행자동차 동향과 전망. 융합 Weekly TIP Vol.04.

자동차관리법 시행규칙 제26조의 2

전황수·고순주. 2015. 국내외 자율주행차 정책동향. Electronics and Telecommunications Trends Vol.30, No.5, 129-137.

정보통신기술진흥센터. 2016. 해외 자율주행자동차 정책동향.

제3차 규제개혁장관회의. 2015.5. 「자율주행자동차 상용화 지원방안」.

진규동. 2015. 스마트 자율협력주행 도로시스템 구상. 월간교통. 세종시: 한국교통연구원.

한국개발연구원. 2014. 2013 경제발전경험모듈화사업: 지능형 교통시스템 (ITS) 구축. 세종시: 한국개발연구원.

한국교통연구원. 2010. 도시부 간선도로 교통정보 수집·제공 방안 연구. 세종시: 한국교통연구원. 고양시: 한국건설기술연구원.

한국운수산업연구원. 2012. 고속도로 버스전용차로제 확대시행 타당성 분석 연구. 서울시: 한국운수산업연구원

한동화·이영인·장현호. 2011. 차량 주행상태를 고려한 차량 배출가스 산정 모형 구축. 대한교통학회지 제29권 제5호.

SUMMARY



A Study on the Smart Transportation Infrastructure Policy to Respond to the Age of an Autonomous Vehicle

Sungho Oh, Jongil Park, Taekwan Yoon

Keywords: Autonomous Vehicle, Strategic Policy for AV, AV Dedicated Lane, Smart Transportation Infrastructure Policy, The Age of Autonomous Vehicle

Recently, the ICT (Information Communication Technology) and advanced vehicle technology have brought the age of an autonomous vehicle. The autonomous vehicle (henceforth AV) can be operated without driver's conduction and also known as smart car, unmanned vehicle, self-driving car, and automated car. According to SAE (Society of Automotive Engineers), AV can be categorized into 0 to 5 levels as per its technology.

Since the AV technology is more advanced than traditional vehicle it is expected to cause numerous benefits such as safety, efficiency, sustainability benefits for road operators and convenience, safety, efficiency, and fast moving benefits for drivers with autonomous vehicle adoption. For example, AV can create and travel in the platoon with short spacing between vehicles. It helps to maximize road efficiency.

However, many experts argue that there should be some years when AVs share the road with traditional vehicles and it may cause issues due to different characteristics of each vehicle type. It also refers that an AV is not capable to bring us all benefits that we are expecting.

Therefore, this study aims to develop smart transportation infrastructure policy with AV adoption to mitigate these issues. Firstly, we investigated domestic and international

trend and research works for AV. Secondly, this study defines the smart transportation infrastructure for the age of an AV. Thirdly, 3 strategic stages to prepare AV adoption are determined and each stage includes strategic policy on the smart transportation infrastructure.

As a result, 3 stages, initiation, activation, and stabilization stages, are determined according to the AV adoption rate among total traffic volumes. The initiation stage requires to prepare all necessary transportation infrastructures such as road infrastructure (lane marking, road sign, geometric design, and others), road side equipment to detect obstacles on the road and communicate, local dynamic map, GPS receiver and control tower, operation center, and others.

At the activation stage, this study suggests an equation to determine whether an AV dedicated lane operation is feasible. Satisfying the equation indicates that traditional vehicles do not sacrifice for AV and even the traditional vehicles have improved LOS (Level of Service) when the AV rate exceeds 38%.

The stabilization stage is when an AV rate is considerably high and most drivers are familiar with AV. There must be social corporatism and needs on travel time reduction through fast moving under qualified vehicle safety technology. This study proposed one way to respond this need; AV dedicated road with high-speed geometric design. It will improve transportation service due to fast moving and can lower logistic costs.

Despite of the efforts, this study still has limitations. This study has applied traditional transportation theory such as traffic flow theory, LOS calculation for AV and it may cause wrong approach. We recommend to build new concept and theory that are appropriate to an AV. In addition, this study assumes that all AVs are level 5 (SAE standard) and further study may require to consider all levels and its adoption rate with various scenarios utilizing traffic simulation model.

수시 17-05

**자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안 연구
: 도로 운영방안을 중심으로**

지 은 이 오성호, 박종일, 윤태관

발 행 인 김동주

발 행 처 국토연구원

출판등록 제2017-0호

인 쇄 2017년 12월 30일

발 행 2017년 12월 30일

주 소 세종특별자치시 국책연구원로 5

전 화 044-960-0114

팩 스 044-211-4760

가 격 비매품

ISBN 979-11-5898-247-8

한국연구재단 연구분야 분류코드 B170500

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2017, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체와 네이버에서 제공한 나눔서체 등이 적용되어 있습니다.

자율주행차량에 대응한 첨단교통 인프라정책 방안연구-도로 운영방안을 중심으로-

A Study on the Smart Transportation Infrastructure Policy
to Respond to of the Age of an Autonomous Vehicle



제1장 연구의 개요

제2장 자율주행차량과 첨단교통인프라

제3장 자율주행차량에 대응한 첨단교통인프라 정책방안

제4장 결론 및 향후과제

KRIHS 국토연구원

(30147) 세종특별자치시 국책연구원로 5 (반곡동)
TEL (044) 960-0114 FAX (044) 211-4760

