

과제
번호

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()발간등록번호()
2020년 국토교통연구기획사업 최종 보고서

R&D / 2020-연구기획-

미래환경변화 대응
도로인프라
혁신기술개발
기획
최종보고서

2020

국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원
국
토
교
통
부

미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 [중점분야2] 최종보고서

2020. 12. 01.

주관연구기관/ (주)리디자인엑스
협동연구기관/ 국토연구원
한국교통연구원

국토교통부
(전문기관) 국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획’(연구개발 기간 : 2019. 12. 02~ 2020. 12. 01)
과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020. 12. 01.

주관연구기관명 : (주)리디자인엑스	(대표자) 김 지 영(인)
협동연구기관명 : 국토연구원	(대표자) 강 현 수(인)
협동연구기관명 : 한국교통연구원	(대표자) 오 재 학(인)

주관연구기관책임자:	김	지	영
협동연구기관책임자:	김	준	기
협동연구기관책임자:	우	승	국

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호		해당 단계 연구 기간	2019.12.02 -2020.12.01 (12개월)	단계구분	1차년도/1차년도						
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업									
	세부사업명										
연구과제명	대과제명	미래 환경변화 대응 도로인프라 혁신기술 개발 기획									
	세부과제명										
연구책임자	김 지 영	해당단계 참여연구원 수	총 : 10 명 내부: 10 명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 200,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:200,000천원						
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 10 명 내부: 10 명 외부: 명	총연구비	정부: 200,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:200,000천원						
연구기관명 및 소속 부서명	(주)리디자인엑스 국토연구원 한국교통연구원			참여기업명							
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:							
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:							
※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음											
연구개발성과의 보안등급 및 사유											
9대 성과 등록·기탁번호											
구분	논문	특허	보고 서 원문	연구시설·장 비	기술요 약 정보	소프 트 웨어	화합 물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호			○								
국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황											
구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월 일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호			
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)								보고서 면수 [중점분야2] 244			

요약문

연구의 목적 및 내용	▪ 본 연구의 목적은 미래환경 변화에 대응한 새로운 도로를 구현하기 위해 첨단기술과 융복합하여 도로인프라의 가치 제고 및 성능을 향상하는 도로인프라 혁신기술개발 사업을 기획하는 것으로, 도로인프라 R&D 관련 대내외 환경분석을 기반으로 사업설계 및 중점추진과제를 기획하고, 사전타당성 조사를 수행함				
연구 개발 성과	▪ 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 사업 총괄기획보고서 - 도로인프라 관련 대내외 환경분석 (STEEP분석, 현안분석, 정책니즈 분석) - 국내외 도로인프라 부문의 정책, 시장, 연구개발동향 조사 - 국내 도로인프라 부문의 R&D 역량 진단, 기술수준 조사 - 국내외 도로인프라 부문의 특허분석 - 국내 도로인프라 관련 기술수요조사 및 분석 - Top-down 및 Bottom-up 종합분석 기반의 본 사업의 중점분야 도출 - 본 사업의 비전-목표 체계 도출 - 중점분야별 핵심과제 도출 및 과제제안요구서(RFP) 도출 - 전체 총괄 과제 로드맵 - 본 사업의 추진체계 및 사업관리 절차 도출 - 사업의 사전타당성 조사 (정책적, 기술적, 경제적) ▪ 3대 중점분야별 기획보고서 - 중점분야별 정책, 연구개발 동향 조사 - 중점분야별 핵심과제 및 과제별 목표, 성과 도출 - 과제제안요구서(RFP) 도출 - 기대효과				
연구개발성 과의 활용계획 (기대효과)	▪ 본 연구결과는 「미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발」 사업 시행의 중장기적 R&D 예산 확보를 위한 근거자료로 활용 ▪ 국내외 도로인프라 R&D 관련 대내외 환경분석 및 국내외 현황조사 결과를 기반으로 미래지향적인 도로인프라 R&D 사업/과제의 포트폴리오 수립에 활용 가능 ▪ 국내 도로인프라 관련 대형 R&D사업 기획결과에서 정립된 도로인프라 R&D의 개념/범위, 중점연구분야 등은 이후 도로인프라 산업발전 및 인력양성 수립의 기초자료로 활용 가능 ▪ 본 연구결과에서 정립된 로드맵 등 시나리오 기반 시각화 산출물은 도로인프라 분야 R&D사업 결과물의 산업적응에 대한 기본 정책자료로 사용함으로써 미래 도로인프라 R&D 비전/목표 등 대한 공감대 형성에 활용				
국문핵심어 (5개 이내)	도로인프라	도로혁신	스마트도로	4차 산업혁명	예비타당성
영문핵심어 (5개 이내)	Road Infra	Road Innovation	Smart Road	4 th Industrial Revolution	Feasibility

목 차

I. 화물차 안전운행 기술개발	1
1. 연구배경 및 필요성	1
2. 국내외 현황조사	13
2-1. 국내외 정책동향	13
2-2. 국내외 기술/시장 동향	30
2-3. 특허분석	69
3. 연구목표 및 범위	82
3-1. 기본개념 및 범위	82
3-2. 연구개발 목표	85
3-3. 연구과제 전체구성 및 연계	86
3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성	90
4. 핵심과제 구성 및 내용	95
4-1. [핵심과제3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발	95
4-2. [핵심과제4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발	101
4-3. [핵심과제5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발	107
5. 연구추진 로드맵	112
6. 소요예산	113

6-1. 연도별 소요예산	113
6-2. 예산항목별 소요예산	115
7. 위험요인 및 해결방안	117
8. 기대 및 파급효과	120
8-1. 과학기술적 측면	120
8-2. 사회경제적 측면	121
9. RFP	125

II. 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술 147

1. 연구배경 및 필요성	147
2. 국내외 현황조사	152
2-1. 국내외 정책동향	152
2-2. 국내외 기술/시장 동향	159
2-3. 특허분석	168
3. 연구목표 및 범위	181
3-1. 기본개념 및 범위	181
3-2. 연구개발 목표	184
3-3. 연구과제 전체구성 및 연계	190
3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성	191
4. 핵심과제 구성 및 내용	193
4-1. [핵심과제6] 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술개발 ..	193

4-2. [핵심과제기] 자율주행커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발	196
5. 연구추진 로드맵	202
6. 소요예산	203
6-1. 연도별 소요예산	203
6-2. 예산항목별 소요예산	205
7. 위험요인 및 해결방안	209
8. 기대 및 파급효과	210
8-1. 과학기술적 측면	210
8-2. 사회경제적 측면	210
9. RFP	212

표 목 차

[표 1-1] 도로화물 물동량 예측 2017-2045	1
[표 1-2] 자율주행차량의 잠재적 편익과 비용	3
[표 1-3] 차종별 교통사고 및 치사율 추이	7
[표 1-4] 과적 차량 통행이 도로포장에 미치는 영향	8
[표 1-5] 화물차 관련 교통사고, 파업 사례	9
[표 1-6] 기술발전에 따른 미래 물류상	14
[표 1-7] 사회구조 변화에 따른 미래 물류상	15
[표 1-8] 경제구조 변화에 따른 미래 물류상	16
[표 1-9] 환경·안전/보안 이슈 증대에 따른 미래 물류상	16
[표 1-10] 디지털 운행기록계 해외사례	22
[표 1-11] 운행기록의 배열순서 - 교통안전법 시행규칙 [별표 5] <개정 2013.3.23>	23
[표 1-12] EU 로드맵	24
[표 1-13] Automated Road Transport Call(EC)	26
[표 1-14] Automation Program Organization(ITS-JPO)	27
[표 1-15] 축중기 설치조건	31
[표 1-16] 고속축중기 성능평가 기준	31
[표 1-17] 고속축중기 운영 현황	32
[표 1-18] 성능평가 결과	32
[표 1-19] 도로법 및 도로교통법에 따른 세부단속기준	33
[표 1-20] 화물자동차 운행 위반 관계 법령 현황	34
[표 1-21] 지난 5년간 과적 적발 현황	35
[표 1-22] 주요 해외국가의 과적단속 기준	35
[표 1-23] 주요 과적단속방법	35
[표 1-24] 일본 과적차량 단속방법 예시	36
[표 1-25] 도로특성에 따라 고정식 단속시설을 활용한 단속방법	36
[표 1-26] 노면 낙하물 발생사고 현황, 한국도로공사	41
[표 1-27] 적재불량 관련 사고발생 현황, 한국도로공사	41

[표 1-28] 유형, 용도에 따른 화물차 대수 현황	43
[표 1-29] 적재불량 단속 현황, 한국도로공사	45
[표 1-30] 낙하물 수거현황, 한국도로공사	45
[표 1-31] 전략도로망 주요 성과 지표 및 성과(2016-17년)	46
[표 1-32] e-하이웨이 실증 추진 현황	50
[표 1-33] 군집주행 컨소시엄 기술개발 내용	55
[표 1-34] 군집주행 관련 연구 및 내용	55
[표 1-35] 군집주행 사용사례 및 레벨 정의	57
[표 1-36] 연차별 세부 기술개발 목표	59
[표 1-37] 트럭 platoon에 따른 결과와 필요한 변화	66
[표 1-38] 화물차 안전운행 기술개발 사업 기본개념 및 범위	82
[표 1-39] 「화물차 안전운행 기술개발」 핵심과제 및 주요내용	83
[표 1-40] 핵심과제3: 세부기술별 연구개발 목표	87
[표 1-41] 핵심과제4: 세부기술별 연구개발 목표	88
[표 1-42] 핵심과제5: 세부기술별 연구개발 목표	89
[표 1-43] 핵심과제 3: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토	92
[표 1-44] 핵심과제 4: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토	93
[표 1-45] 핵심과제 5: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토	94
[표 1-46] 핵심과제3: AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발 주요내용	95
[표 1-47] 핵심과제3 세부기술별 연구목표 및 주요내용	98
[표 1-48] 핵심과제3 예상 핵심성과 및 지표	99
[표 1-49] 핵심과제3 구성기술 성과지표	100
[표 1-50] 핵심과제4 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리 기술 개발 주요내용 ..	101
[표 1-51] 핵심과제4 세부기술별 연구목표	104
[표 1-52] 핵심과제4 예상 핵심성과 및 지표	105
[표 1-53] 핵심과제4 구성기술 성과지표	106
[표 1-54] 핵심과제5 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전확보기술 개발 주요내용	107
[표 1-55] 핵심과제5 세부기술별 연구목표	109
[표 1-56] 핵심과제5 예상 핵심성과 및 지표	110
[표 1-57] 핵심과제5 구성기술 성과지표	111
[표 1-58] 핵심과제 3, 4, 5: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵	112
[표 1-59] 핵심과제별, 연도별 소요예산	113
[표 1-60] 핵심과제 3: 세부기술별, 연차별 소요예산	113

[표 I-61] 핵심과제 4: 세부기술별, 연차별 소요예산	114
[표 I-62] 핵심과제 5: 세부기술별, 연차별 소요예산	114
[표 I-63] 핵심과제 3: 예산항목별 소요예산	115
[표 I-64] 핵심과제 4: 예산항목별 소요예산	115
[표 I-65] 핵심과제 5: 예산항목별 소요예산	116
[표 I-66] 사상사고 1건당 도로교통사고비용, 2016년도 교통사고비용 추정. KOTI	123
[표 I-67] 2004년 기준 과적차량으로 인한 사회적 비용 추정결과	123
[표 I-68] 과적차량 단속으로 인한 경제적 편익	124
[표 I-69] 핵심과제 3 RFP	125
[표 I-70] 핵심과제 4 RFP	133
[표 I-71] 핵심과제 5 RFP	140
[표 II-1] 자율주행자동차 사고 사례	147
[표 II-2] 도로교통법 개정(안) 신·구문 대비표	153
[표 II-3] 지자체 조례 제정 현황	154
[표 II-4] 스마트시티 챌린지 공유형 전동킥보드 사업	155
[표 II-5] 스마트 모빌리티 연구개발 사업	155
[표 II-6] 규제샌드박스 실증사업 현황	156
[표 II-7] 국내 개인형이동수단 공유 서비스 현황	159
[표 II-8] 국내 자율주행 셔틀 서비스 현황	165
[표 II-9] 해외 자율주행 셔틀 실증 현황	165
[표 II-10] 핵심과제 6, 7: 세부기술별 연구개발 목표	187
[표 II-11] 핵심과제 구성 및 내용	190
[표 II-12] 핵심과제 6: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토	191
[표 II-13] 핵심과제 7: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토	191
[표 II-14] 세부기술 6-1: 기술개발 목표 및 내용	194
[표 II-15] 세부기술 6-2: 기술개발 목표 및 내용	194
[표 II-16] 세부기술 6-3: 기술개발 목표 및 내용	195
[표 II-17] 세부기술 6-4: 기술개발 목표 및 내용	195
[표 II-18] 세부기술 7-1: 기술개발 목표 및 내용	197
[표 II-19] 세부기술 7-2: 기술개발 목표 및 내용	198
[표 II-20] 세부기술 7-3: 기술개발 목표 및 내용	198
[표 II-21] 세부기술 7-4: 기술개발 목표 및 내용	199

[표 II-22] 세부기술 7-5: 기술개발 목표 및 내용	199
[표 II-23] 세부기술 7-6: 기술개발 목표 및 내용	199
[표 II-24] 핵심과제6: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵	202
[표 II-25] 핵심과제 6, 7: 연도별 소요예산	203
[표 II-26] 핵심과제 6: 세부기술별, 연도별 소요예산	203
[표 II-27] 핵심과제 7: 세부기술별, 연도별 소요예산	204
[표 II-28] 세부기술 6-1: 예산항목별 소요예산	205
[표 II-29] 세부기술 6-2: 예산항목별 소요예산	205
[표 II-30] 세부기술 6-3: 예산항목별 소요예산	206
[표 II-31] 세부기술 6-4: 예산항목별 소요예산	206
[표 II-32] 세부기술 7-1: 예산항목별 소요예산	206
[표 II-33] 세부기술 7-2: 예산항목별 소요예산	207
[표 II-34] 세부기술 7-3: 예산항목별 소요예산	207
[표 II-35] 세부기술 7-4: 예산항목별 소요예산	208
[표 II-36] 세부기술 7-5: 예산항목별 소요예산	208
[표 II-37] 세부기술 7-6: 예산항목별 소요예산	208
[표 II-38] 핵심과제 6 RFP	212
[표 II-39] 핵심과제 7 RFP	217

그 림 목 차

[그림 1-1] 생활물류 서비스 수요의 변화, 월간 국토. 2020년 11월	2
[그림 1-2] 2017년 대비 2040년 화물물동량 증감률	2
[그림 1-3] 물류분야 자율주행 기술 적용 분야 개념도	4
[그림 1-4] 운전자 보조 자율주행기술 개발 사례: Mercedes-Benz 社の Future Truck 2025	5
[그림 1-5] 화물차 군집주행 기술개발 사례:	5
[그림 1-6] 최근 3년간(2016~2018년) 사업용 화물차 야간 교통사고 치사율 비교	7
[그림 1-7] 도심 물류 인프라 디자인(물류 주차수용 모델)	10
[그림 1-8] 화물차 운행에 의한 도로노면 피로하중 분석	11
[그림 1-9] IoT 이미지 머신러닝 기반 하중 실태파악	12
[그림 1-10] 국가물류기본계획(2016~2025) 내 물류의 미래상	13
[그림 1-11] 생활물류 산업의 달라질 모습	19
[그림 1-12] 한국판 뉴딜의 구조	20
[그림 1-13] 자율주행차 상용화 지원방안 추진 로드맵	21
[그림 1-14] 자율주행자동차 상용화 추진일정	21
[그림 1-15] 교통안전공단 운행기록분석 시스템	23
[그림 1-16] Automated Freight Vehicle Development Path	25
[그림 1-17] 일본 자율주행 로드맵	26
[그림 1-18] 일본 트럭군집주행 로드맵	27
[그림 1-19] Truck Platooning Early Deployment Assessment. Phase 1. FHWA	28
[그림 1-20] Truck Platooning system	28
[그림 1-21] Truck Platooning Early Deployment Assessment Phase 2 FOT 노선	29
[그림 1-22] 네덜란드 트럭군집주행 로드맵(TNO)	29
[그림 1-23] 고속충증기의 사용	30
[그림 1-24] 신뢰도 분석 결과	32
[그림 1-25] 과적차량 운행제한 기준	33
[그림 1-26] 네덜란드의 Video-WIM 시스템	37
[그림 1-27] 프랑스의 LS-WIM 현장시험	38
[그림 1-28] 프랑스 VID-WIM 과적단속 프로그램	38

[그림 1-29] VID-WIM 시스템을 이용한 과적단속 시스템	39
[그림 1-30] Video-HS-WIM 시스템을 이용한 과적단속 시스템	39
[그림 1-31] 스위스의 WIM 네트워크 지도	39
[그림 1-32] 북미지역의 WIM 시스템	40
[그림 1-33] MS-WIM과 카메라를 연동한 과적단속시스템	40
[그림 1-34] 대만의 LS-WIM + Static Weigh scale 검문소	41
[그림 1-35] 화물차에서 발생한 노면잡물	42
[그림 1-36] 잉글랜드 전략도로망(SRN)	46
[그림 1-37] 국가전략도로망(안) 선정 절차	47
[그림 1-38] 국가전략도로망(안) 도출 결과	47
[그림 1-39] 연구 추진 절차	47
[그림 1-40] 국가 전략간선도로축 선정 결과	47
[그림 1-41] 일본 중요물류도로 개념	48
[그림 1-42] 중요물류도로 선정 예시	49
[그림 1-43] 캘리포니아 화물차 전용차로	50
[그림 1-44] I-710 서비스수준	51
[그림 1-45] I-710 Corridor Project에서 승인된 Alternative 5C	51
[그림 1-46] I-75 화물차 전용차로 구간 및 조감도	52
[그림 1-47] V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술개발	53
[그림 1-48] 대형트럭 고속도로 군집주행 국내 최초 시연	53
[그림 1-49] Cooperative Automation 연구 개요	54
[그림 1-50] Energy ITS Platooning Concept(일본 경제성)	58
[그림 1-51] 자동 운전 시스템의 상용화 및 서비스 예상 시기	59
[그림 1-52] 일본의 관민 ITS 구상과 연도별 추진 로드맵	61
[그림 1-53] 실증실험 확인과제 및 개요 및 정부 목표 조기 달성을 위한 향후 정책	63
[그림 1-54] 화물차 군집주행과 도로포장 영향	67
[그림 1-55] Effect of tyre wander on pavement rutting (Said, 2013)	68
[그림 1-56] The ROADDEX rutting classifications	68
[그림 1-57] 화물차 차축과 타이어 위치에 따른 도로포장 영향	68
[그림 1-58] 화물차 안전운행 기술(BA) 연도별 특허동향	69
[그림 1-59] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 특허동향 및 점유율	70
[그림 1-60] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 기술 성장 단계	71
[그림 1-61] 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술 특허현황	72

[그림 1-62] 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술 구간별 특허동향	73
[그림 1-63] 화물차 안전운행 기술(BA) 기술별 기술 성장 단계	74
[그림 1-64] 화물차 안전운행 기술(BA)의 기술별 상위 출원인 TOP10 현황	75
[그림 1-65] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황	76
[그림 1-66] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향	77
[그림 1-67] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 기술별 특허현황	78
[그림 1-68] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 최신 특허동향	79
[그림 1-69] 화물차 안전운행 기술(BA) 기술별 최신 특허동향	79
[그림 1-70] 4차산업 D.N.A를 이용한 화물차 운송안전 향상기술 개발 사업범위	84
[그림 1-71] 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로인프라 관리 혁신기술 개발 사업범위	84
[그림 1-72] 화물차 군집주행 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전확보기술 사업범위	84
[그림 1-73] 미래 스마트 융복합 물류 기술개발 사업기획 사업범위(생활물류)	91
[그림 1-74] 공급-제조-유통-고객 간의 물류활동 범위	91
[그림 1-75] 유사 이미지 검색 기반 검체 검출	97
[그림 1-76] 미래스마트 융복합 물류기술개발 사업기획 (물류 혁신기술개발 3대 중점분야)	118
[그림 1-77] K-Road 사업 예시	119
[그림 1-78] 국내화물 수송량 및 수송 분담률	122
[그림 11-1] 자율주행자동차의 확산 전망	150
[그림 11-2] 개인형 이동수단	152
[그림 11-3] 수단별 이동거리	153
[그림 11-4] 미국자동차공학회(SAE) J3016 표준	157
[그림 11-5] 미국자동차공학회(SAE) J3016 표준	157
[그림 11-6] 국토교통 비전 2045	158
[그림 11-7] 국내 공유 개인형이동수단 앱 이용자 현황	160
[그림 11-8] 전동킥보드 앱 이용자 현황	160
[그림 11-9] 전동킥보드 앱 이용자 구성	160
[그림 11-10] 미국 개인형이동수단 이용자 수 추이	161
[그림 11-11] 국내 개인형이동수단 시장 규모	161
[그림 11-12] 국내 개인형이동수단 형태별 시장점유율	161
[그림 11-13] 해외 개인형이동수단 기업가치 및 투자액	162
[그림 11-14] 해외 개인형이동수단 시장 규모	162
[그림 11-15] 쏘카 자율주행차량	163

[그림 II-16] 우버 자율주행 택시	163
[그림 II-17] Pony.ai 자율주행 택시	164
[그림 II-18] 벤츠-보쉬 자율주행 택시	164
[그림 II-19] 세계 자율주행자동차 시장 규모	166
[그림 II-20] 국내 자율주행자동차 시장 규모	166
[그림 II-21] 차량공유서비스 시장 전망	167
[그림 II-22] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 연도별 특허동향	168
[그림 II-23] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 국가별 특허동향 및 점유율	169
[그림 II-24] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 국가별* 기술 성장 단계	170
[그림 II-25] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술 특허현황	172
[그림 II-26] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술 구간별 특허동향	173
[그림 II-27] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 기술별 기술 성장 단계	173
[그림 II-28] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 기술별 상위 출원인 TOP10 현황	174
[그림 II-29] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황	175
[그림 II-30] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향	176
[그림 II-31] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 기술별 특허현황	177
[그림 II-32] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 국가별 최신 특허동향	178
[그림 II-33] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 최신 특허동향	179
[그림 II-34] 미래 교통환경(모빌리티) 대응 인프라 설계·운영 기술 연구개발 범위	181
[그림 II-35] 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 형태	182
[그림 II-36] 자율차와 PM 친화적 도로 상상도 (미국 LA 월셔대로)	183

I. 화물차 안전운행 기술개발

1. 연구배경 및 필요성

■ 전자상거래(온라인(인터넷, 모바일) 쇼핑거래) 증가로 인해 소규모 화물배송, 생활물류 시장 중심으로 화물수요 지속 증가 예측

- 우리나라의 도로화물 총 물동량은 2017년 18억 5천만톤에서 지속적으로 증가, 2045년 23억 4천만톤으로 약 1.26배 증가할 전망¹⁾이며, 생활물류(B2C) 시장 중심으로 성장

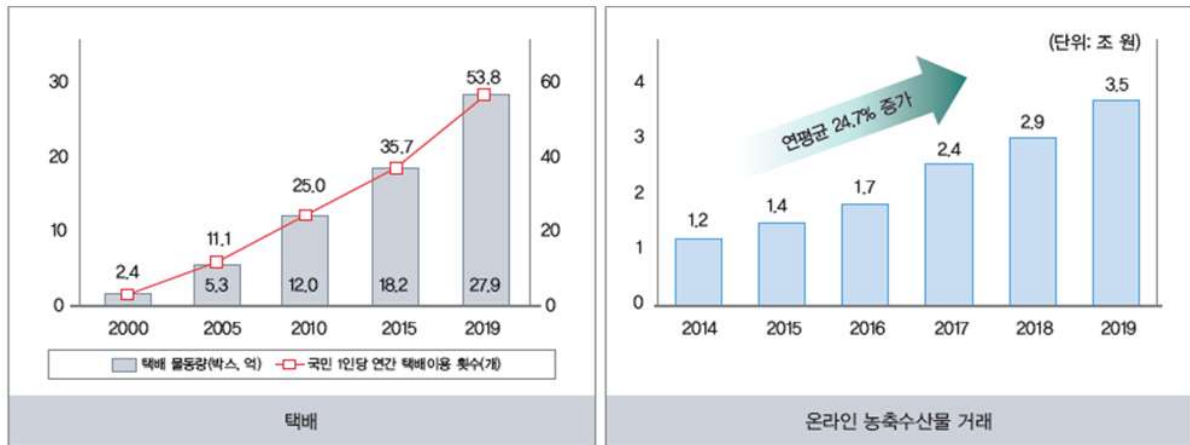
[표 1-1] 도로화물 물동량 예측 2017-2045

(단위 : 천 톤)

구분	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045
물동량	1,854,011	1,932,050	2,042,240	2,131,261	2,224,548	2,288,632	2,344,471

- 우리나라의 일평균 화물차 통행수의 경우 2017년 451만대에서 2020년 463만대, 2045년 551만대로 증가할 것으로 전망하며, 중량 등급별 통행량 변화는 소형화물차가 354만대→387만대, 중형이 58만대→85만대, 대형이 51만대→78만대로 증가할 전망
- '08~'25년 사이 EU의 화물 운송량은 약 20% 증가할 것으로 예측(World Transport Report)되며, 쇼핑통행의 많은 부분이 각 가정의 소규모 화물배송으로 전환됨에 따라 2045년까지 화물 운송량이 45% 증가할 것으로 예측(Beyond Traffic 2045)
- (사회구조 변화에 따른 물류운송 수요증가) 1인 가구의 급격한 증가, 인터넷·모바일기술의 발달로 인해 국내외 전자상거래시장의 규모 지속 성장
 - * '17년 국내 전자상거래 시장규모 78조원 초과 (전년대비 19.2% ↑)
 - * 해외직구 수요증가에 의한 전국 물동량 지속적 증가 ('17년, 4.3% ↑)
- 택배물동량은 '14년 기준 약 1.62억 개/월에서 '16년 기준 약 1.92억 개/월로 2년간 약 19% 성장 (매출액 지난 10년간 123.2% ↑)
- 국내화물의 도로 수송량은 '16년 기준 91.1%로 수송부분 중 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 집계됨 (국토교통부 국가지표체계)

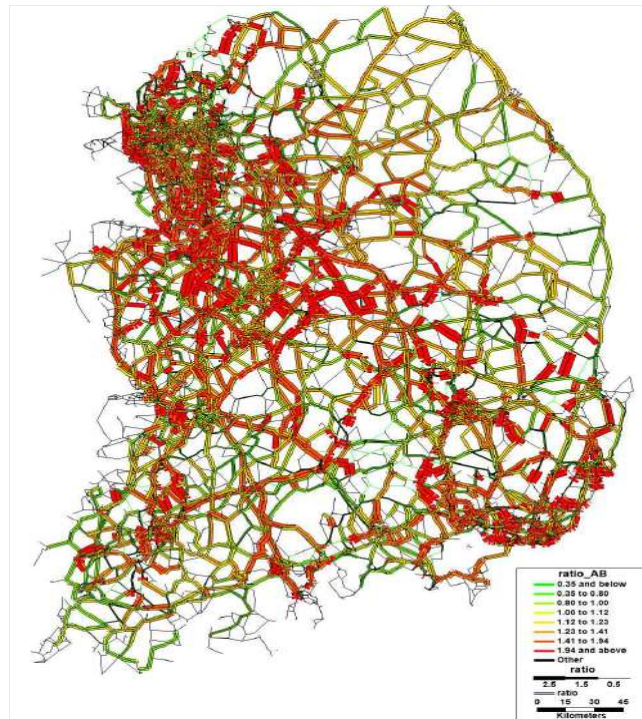
1) 전국화물 O/D 전수화 및 장래수요예측, 한국교통연구원, 2018.12



[자료] 통합물류협회, 통계청

[그림 1-1] 생활물류 서비스 수요의 변화, 월간 국토, 2020년 11월

- 장래 국토변화 시나리오에 따른 통행 패턴 시뮬레이션 결과 2017년 대비 2040년 화물 물동량이 수도권 및 고속도로 등 주요 간선도로를 중심으로 크게 증가하는 것으로 분석



[자료] 물류중점도로 해외 사례 및 시사점(국토연구원, 2019)

[그림 1-2] 2017년 대비 2040년 화물물동량 증감률

■ 자율주행 상용화는 화물운송부분에서 가장 먼저 확산될 것으로 예상

- 초기 자율차는 주요운행구간(고속도로)에서의 자율주행 난이도 및 리스크, 운전기사 부족 등으로 인한 수요로, 트럭과 차량공유 업체 등을 중심으로 확산될 것으로 예상되며, 이러한 자율차의 점유율(이동거리) 증가로 도로 인프라에의 영향 및 니즈 증가 예상

- 자율주행 기술은 이동체에 출발지와 목적지를 입력하면 이동체 스스로 최적의 주행 경로를 선택하여 자율적으로 주행하도록 하는 시스템을 의미
 - 자율주행은 크게 외부 정보를 입력받는 인지 프로세스, 주행 상황을 판단하고 의사결정을 수행하는 판단 프로세스, 판단에 따라 차량을 조작하는 제어 프로세스에 따라 진행
 - 또한, 자율주행은 차간거리유지기술(Highway Driving Assist, HDA), 측·후방경보기술(Blind Spot Detection, BSD), 긴급자동제동기술(Autonomous Emergency Braking, AEB), 차선이탈경보기술(Lane Departure Warning System, LDWS), 차선유지지원기술(Lane Keeping Assist System, LKAS), 정속주행기술(Advanced Smart Cruise Control, ASCC), 혼잡구간주행기술(Traffic Jam Assist, TJA) 등의 세부 기술에 의해 실현
 - 자율주행차 시장은 2020년에 전체 자동차 시장의 2%인 2,000억 달러를 달성할 것으로 예상되며 이후 2035년까지 1조 2,000억 달러에 달할 것으로 전망

[표 1-2] 자율주행차량의 잠재적 편익과 비용

	편익	비용, 문제점
내부 (사용자 영향)	· 운전자 피로 저감 및 생산성 향상 -이동 중 일하거나 쉴 수 있음 · 운전자가 없는 이동체 -비운전자를 위한 독립적인 이동성으로 운전자의 운전 부담과 교통비용 감소 · 운전기사 고용비용 절감 -택시 및 상업운송 수송기사 비용 절감	· 차량구매비용 증가 -추가적인 차량장비, 서비스 비용 등이 필요함 · 사용자의 추가적인 위험부담 -시스템 장애, 플래투닝, 더 빠른 속도, 총 이동거리 증가 등에 의한 충돌 발생 · 보안 축소 -정보 오남용(해킹), 위치추적 데이터 노출 등에 대한 위험
외부 (그 외 영향)	· 안전성 증대 -충돌 위험과 보험비용 감소 · 도로 용량 증가 및 비용 감소 -교통 효율화로 인해 교통량이나 배기량 비용 감소 · 주차비용 절감 -목적지에 주차를 하려는 수요 감소 · 에너지소비 및 오염원 감소 -연료 효율성 증가 · 차량공유 뒷받침 -차량/승차 공유 촉진	· 부가적인 위험 -도보이용자 위험, 범죄활동 위험 · 교통 문제 -배기가스 및 오염원 관련 비용 증가 · 사회적 자산 우려 -도보, 자전거, 환승 등의 합리적인 이동 선택지 감소 · 고용 감소 -운전기사 일자리 감소 · 인프라 구축비용 증가 -도로설계 및 유지보수필요

[자료] Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implication for Transport Planning(Litman, 2020)

- 자율주행 기술은 옥내 물류시설(물류센터 등) 내 하역, 옥외 물류시설(항만, 공항 등) 내 하역, 간선 화물 운송, 라스트마일 화물 운송 등 다양한 환경에서 다양한 목적으로 적용 가능하며, 옥내 물류시설에서는 피킹 작업자들의 작업 편의성과 효율성을 증대시키기 위하여 자율주행 기반 자동화 기술이 개발되어 사용
 - 아마존社は 다수의 자율주행 소형 이송체를 물류센터에 투입하여 피킹 작업에 이용하고 있으며, 피킹을 위해 사람이 랙으로 이동하는 대신 소형 이송체가 랙을 작업자에게 운반
 - 옥외 물류시설에서는 작업장 혼잡을 줄이고 작업자 안전을 확보하기 위해 자율주행 기술을

도입하려고 하고 있음

- 간선 화물운송을 위한 자율주행 기술도 연구가 진행되고 있으며 이는 운전자의 부주의(졸음운전, 과속 등) 등으로 인한 간선 도로에서의 사고를 예방 가능할 것으로 전망
 - * (예) 다임러社は 메르세데스 벤츠 퓨처 트럭 2025라는 프로젝트를 통해 자율주행 시스템을 개발
- 개발된 자율주행 시스템은 미국에서 운행될 화물 트럭에 장착되어 네바다주 정부로부터 정식 도로 운행을 할 수 있는 허가증을 취득
- 라스트마일 배송을 위해 단거리용 무인택배 로봇 등이 개발되고 있으며, 예로 스타십테크놀로지社は 자율주행 로봇을 기반으로 한 근거리 식료품 배달 서비스를 제공. 제작사 측에 따르면 건당 배송비용을 1달러 이하로 낮출 수 있다고 하며 주문 후 5~30분 이내에 배송이 이루어짐. 현재 전 세계 몇몇 대도시에서 서비스 제공
- 현재 물류분야에서는 자율주행기반 화물운송·운반서비스 물류 창고내 무인지게차, 무인이송장비(KIVA 등), 항만 CY용 AGV 등 제한된 구역에 한정된 자율주행기반 운송서비스가 개발되어 활용
 - 최근 현대, 벤츠, BMW 등 글로벌 자동차 메이커들 중심으로 고속도로 자율주행 시범 사업을 시행하였으며 일부 국가에서는 구간 운행 허가를 시도하는 등 실용화를 위한 준비단계에 있음
 - 이를 통하여 향후 화물 터미널간 간선 화물운송과 라스트마일 화물운송 등과 같이 일반 도로에서의 자율주행기반 화물 운송서비스로 확대될 것. 다음 그림은 DHL에서 구분한 자율주행차 적용 분야를 나타내고 있음



[자료] Self-Driving Vehicles-The road to the future?, DHL, 2014

[그림 1-3] 물류분야 자율주행 기술 적용 분야 개념도

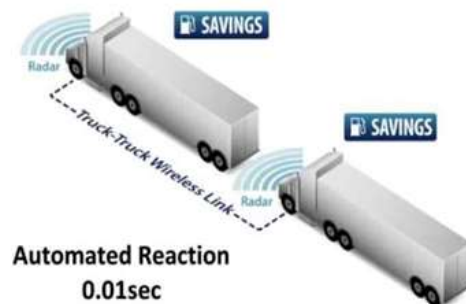
- 자율주행기술은 현재 안정적 주행이 가능한 고속도로를 위주로 법정 속도와 위기상황에서의 브레이크 작동, 안전운행거리 등이 규정되고 관련 기술이 개발되고 있으나 향후 궁극적으로는 완전무인 자율차량으로 발전할 것



[자료] https://roadstars.mercedes-benz.com/en_GB/magazine/transport/04-2014/future-truck-2025-autonomous-driving-is-feasible.html

[그림 1-4] 운전자 보조 자율주행기술 개발 사례: Mercedes-Benz 社の Future Truck 2025

- 자율주행기반 간선화물서비스는 일차적으로는 운전자 보조수단으로서 안전도의 향상을 기대할 수 있으며 완전자율주행이 달성되면 장거리 화물운전 인력 확보의 어려움과 근로 시간 누적에 따른 사고 방지를 달성할 것



[자료] 구글 이미지 검색 'platooning truck', <https://www.google.co.kr/imghp?hl=ko> (2017.2.15.)

[그림 1-5] 화물차 군집주행 기술개발 사례:

(좌) Volvo 社の Convoy truck, (우) 미국 네바다주에서 테스트된 Peloton Tech convoy robot truck

- 궁극적으로는 군집자율주행을 통하여 고속도로의 시간당 자동차 통과대수를 증대하는 도로 용량의 확대를 기대할 수 있으며, 군집 자율주행 화물차량²⁾기술은 최근까지 Volvo 스페인 바르셀로나의 Sartre Project가 대표 사례로 성공적 시범 주행한 바 있음

■ 화물차 증가 및 주행방식 변화가 예상됨에 따라, 도로 인프라 안전에의 영향요인 증가

- 화물차 사고는 증가추세이며, 화물차 과적, 적재불량으로 인해 교통사고 유발 및 대형화 뿐 아니라 도로시설물인 교량, 포장의 파손을 촉진시키는데 중요한 원인이 되고 있음

- * 고속도로에서 연 3만대 이상의 과적 고발조치, 차축 조작으로 단속 회피사례 증가중
- * 적재물을 고정하지 않고 도로를 주행하는 비율은 53.4%(日 12.8%), 적재화물 이탈사고 증가

2) Truck Convoys: 선두차량은 운전수에 의하여 수동으로 주행되고 따르는 차량은 앞차의 리드에 따라 자율주행되는 형태를 말함

- 물류(화물차 및 물동량)의 증가와 화물차 군집주행(Truck Platooning) 도입으로 인해 차량하중, 주행방식 변화(headway, Tyre wander 등)로 도로포장 및 교량, 구조물 등의 영향을 예상하는 연구결과 증대
- 현재 화물차 과적, 적재불량 검지시스템 자동화, 정밀화 뿐 아니라 미래 화물차 주행방식 변화로 인한 도로 인프라 위험요소를 선제적으로 예측, 대응할 수 있는 기술개발 필요
- 화물차 적재불량은 다른 운전자를 위협하는 중대한 불안 요소이며, 실제 화물낙하로 인한 사고도 빈번하게 발생
 - * '16-'18 고속도로 낙하물 수거 78.8만건, 낙하물충격 사고 129건, 사망 2명
 - 도로교통법(경찰)과 화물차법(지자체)에 적재불량 처벌규정*이 있으나, 적재안전 개선이 미흡하며, 특히 화물차법 단속은 매우 저조**
 - * (도로교통법) 적재물 추락방지 위반 시 운전자 범칙금 4~5만원, 벌점 15점
(화물차법) 적재화물 이탈방지 의무 위반시 운행정지 30~90일(과징금 60만원)
 - ** 연간 적재불량 단속 : 도로교통법 약 2.7만건('14-'16 평균) vs 화물차법 100건 미만(추정)
 - 화물차법 시행규칙에 '적재화물 이탈방지 기준'*이 규정되어 있으나, 구체성이 부족해 실제 적용이 어려움
 - * 화물이 떨어지지 않도록 고임목·체인·벨트·로프 등으로 '충분히' 고정해야 함, (나무) 한쪽으로 쏠리지 않게 적재, (자동차) 화물이 이탈하지 않도록 적재부에 고정
 - 화물 낙하방지에 효과적인 폐쇄형 적재함은 설치가 저조*하나, 해외사례, 다양한 화물 유형 등 감안 시 의무화는 곤란한 실정
 - * CCTV를 통한 화물차 도로통행 표본조사 결과 국내 27% vs 일본 58%('17. 교통안전공단)
- 화물차 사고는 대형 교통사고로 이어질 가능성이 높고 화물차는 일상적으로 도로를 파괴하는 주범³⁾
 - 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, TAAS)에 따르면, 고속도로 화물차 관련 사고는 증가 추세이고, 치사율도 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높은 편⁴⁾으로, 교통사고 심각도는 차량의 중량과 속도에 의해 결정되는 사고 당시 충격량과 유관⁵⁾
 - 또한, 규정보다 많은 화물을 적재한 과적 차량은 무게중심이 차량의 위쪽에 있어 브레이크를 밟아도 차가 완전히 멈추기까지 걸리는 시간이 늘고 차가 뒤집히는 경우가 발생함
 - 즉, 차체와 화물의 무게로 인해 중량이 크고 주로 고속도로를 이용하는 화물차는 대형 사고 유발 가능성이 높음
 - * 최근 3년(2015~2017년)간 화물차 사고의 치사율은 그 외 차종의 치사율(3년 평균 1.7배) 또는 전체 교통사고 치사율(3년 평균 1.8배) 대비 높음

3) 뉴시스, 화물차 사고 사망 비중 매년 증가...작년 51.7% 달해, <https://newsis.com/view/?id=NISX20200306_0000945203>(검색일: 2020.4.6.); 연합뉴스, 화물차, 교통사고 치사율 2배 육박...과속과적 집중단속, <<https://www.yna.co.kr/view/AKR20190930158100004>> (검색일: 2020.4.6.)

4) 강찬모, 정연식, 장유진, 순서형 프로빗 모형을 적용한 고속도로 화물차 사고 심각도, 대한토목학회논문집, 39(3), 2019.6.

5) Aarts and van Schagen, "Driving speed and the risk of road crashes: A review." Accident Analysis & Prevention, Vol. 38, No. 2, 2006.

[표 1-3] 차종별 교통사고 및 치사율 추이

(단위 : 건, 명, %)

차종	구분	2015	2016	2017
합계	발생건수	232,035	220,917	216,335
	사망자수	4,621	4,292	4,185
	부상자수	350,400	331,720	322,829
	치사율	1.99	1.94	1.93
화물차	발생건수	29,027	26,283	28,349
	사망자수	1,034	974	990
	부상자수	44,752	40,168	42,768
	치사율	3.56	3.71	3.49
승합차	발생건수	10,306	9,310	11,325
	사망자수	222	192	241
	부상자수	17,109	15,171	18,830
	치사율	2.15	2.06	2.13
승용차	발생건수	153,368	147,037	143,274
	사망자수	2,317	2,103	2,050
	부상자수	239,399	227,761	220,780
	치사율	1.51	1.43	1.43
기타	발생건수	39,334	38,287	33,387
	사망자수	1,048	1,023	904
	부상자수	49,140	48,620	40,451
	치사율	2.66	2.67	2.71

[자료] 도로교통공단, TAAS.; 상용차신문, 사업용화물차 교통사고, 비사업용의 2.2배, 2019.7.9. 재인용.

- 한국교통안전공단에 따르면 지난 3년간(2016~2018) 발생한 사업용 화물차의 교통사고를 분석한 결과, 야간 교통사고 100건당 사망자 수가 9.34명으로 교통사고 11건에 1명꼴로 사망자가 발생한 것으로 나타남
 - 분석결과를 세부적으로 살펴보면, 3년간 사업용 화물차로 인한 교통사고 사망자는 8.81% 증가하여, 사업용 차량과 비사업용 차량 전체의 교통사고 사망자가 감소한 것과는 반대되는 경향을 보임
 - 특히 사업용 화물차 교통사고를 시간대 별로 살펴보면, 22시부터 06시까지의 야간 교통사고 치사율 평균이 9.34로, 전체 교통사고 치사율 1.87의 4.99배, 사업용 화물차 평균 치사율 3.85의 2.42배 높은 것으로 나타남

* 치사율 : 교통사고 100건당 교통사고 사망자수



주) 치사율: 교통사고 100건당 교통사고 사망자 수/야간: 22시~06시

[자료] TAAS 교통사고분석시스템, 도로교통공단

[그림 1-6] 최근 3년간(2016~2018년) 사업용 화물차 야간 교통사고 치사율 비교

- 운송 화물의 품목의 종류나 무게에 따라 도로 파손은 물론 심한 경우 유류나 화학약품 등으로 인한 주변 오염 및 폭발까지 초래할 가능성 존재⁶⁾

- 도로파손은 차량으로 인한 충격과 피로하중, 진동, 기후변화 등에 따라 파손상태나 정도가 다양하게 나타나나, 그중 대형 화물차량의 과적으로 인한 파손의 정도가 가장 심함⁷⁾
- 한국도로공사 연구에 따르면, 적재중량을 초과한 과적 화물차는 도로의 수명을 많게는 절반 가까이 단축⁸⁾하는 것으로 분석됨
 - * 화물차가 도로포장 수명에 미치는 영향(도로공사 연구결과): 축하중이 10t 이하인 화물차의 시멘트 도로포장 수명을 100으로 봤을 때, 11t 이하는 87%, 12t 이하는 80%
 - * 축하중 화물차 1대가 도로에 미치는 영향은 10t일 때, 승용차 7만대, 15t일 때, 39만 대와 유사
- 과적 화물차는 도로 시설물에 과도한 충격을 주어 포장 파손 등을 야기시킴
- 축하중이 11톤인 화물차가 운행하는 것은 승용차 11만대 통행과 같은 도로파손을 야기하고 있음

[표 1-4] 과적 차량 통행이 도로포장에 미치는 영향

축하중	도로포장에 미치는 영향	파손비율
10톤	승용차 7만대 통행과 같은 도로파손	1.0배
11톤	승용차 11만대 통행과 같은 도로파손	1.5배
13톤	승용차 21만대 통행과 같은 도로파손	3.0배
15톤	승용차 39만대 통행과 같은 도로파손	5.5배

- 과적으로 인한 도로파손비용은 연간 약 605억 원이 발생하는 것으로 추정됨
 - 연간 연 포장보수비 및 교량보수비에서 포장보수비의 33%⁹⁾, 교량보수비의 10%¹⁰⁾를 과적에 의한 것으로 추정
 - 2018년도 집행된 연간 포장보수비(1,176억 원), 교량보수비(2,172억 원) 중 과적으로 인한 파손비용은 포장보수비 388억 원, 교량보수비 217억 원으로 약 605억 원 발생

■ 국내 주요 특수·특별 화물·차량 운송·운행 경로의 전략적 관리 및 도로구조·교통 안전성 확보 기술 및 통합 관리 체계 개발 필요

- 도로의 상시 반복적 운행이 불가피한 국가 전략 자원(군수품, 에너지 자원, 주요 산업 설비 등), 수출입 화물 및 건설기계, 유해물질, 폭발물 등 위험물의 안전하고 원활한 운송·운행 보장 방안 마련이 필요함

6) 상용차신문, 사업용화물차 교통사고, 비사업용의 2.2배, 2019.7.9.
 <<http://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=10799>> (검색일: 2020.4.6.)

7) 중도일보, 도로위의 흉기 과적차량, 이제는 근절돼야, 2020.3.13.
 <<http://www.joongdo.co.kr/main/view.php?key=20200204010001088>> (검색일: 2020.4.6.)

8) Autoherald, [특집 1] 불법 부추기는 '가변축'-도로의 무법자'과적',
 <<http://www.autoherald.co.kr/news/articleView.html?idxno=32993>> (검색일: 2020.4.6.)

9) 축하중에 따른 포장수명 33% 감소 적용, 한국도로공사 도로교통연구원 연구결과 제공, 2012

10) Directory of Significant Truck Size and Weight research, NCHRP 20-07, 2011

- 파업·재해·재난 등으로 인한 국가적 물류마비 또는 이에 준하는 긴급 사태 발생 시 긴급 수송이 필요한 물자 운반 차량 및 대형 특수·특장 차량·기계 등 복구 차량의 원활한 운송·운행을 보장할 수 있어야 함
 - 국가 여객 및 물류 흐름에 중요한 역할을 담당하는 간선도로에 대하여 질 높은 균질의 이동서비스를 제공을 위한 국가간선도로망의 투자 및 운영의 혁신적인 효율화 방안 마련 필요
 - 이용량이 높은 도로에 대하여 국가 전략간선도로축을 지정하여 이를 중앙정부 등에서 집중적으로 관리함으로써 도로의 품질을 높이고 수준 높은 도로서비스 제공을 기대할 수 있음
- 특히 대형 사고로 인한 간선도로축 통제, 파업 등으로 인한 물류 마비 사태가 지속적으로 발생하고 있으며, 이로 인한 경제적 손실을 최소화 할 필요가 있음

[표 1-5] 화물차 관련 교통사고, 파업 사례

구 분	사 례
위험물 사 고	· 2005년 11월 1일 중부 내륙고속도로 달성2터널에서 미사일 추진체 운반하던 트럭에 화재가 발생하여 추진체가 폭발하는 사고 발생
	· 2015년 10월 26일 중부내륙고속도로 상주터널 내부에서 시너 운반 트럭이 터널 벽면을 충돌한 후 폭발하였으며, 20여명의 인명 피해 발생
간선축 통 제	· 2010년 12월 13일 서울외곽순환고속도로 중동나들목 인근 부천고가교 하부에서 화재 사고 발생
	· 교량 상판 재시공을 위해 3개월 동안 해당 구간이 전면 통제되었으며, 교량 복구비용으로 약 150억 원, 통행 시간 증가 등 사회적 손실 비용이 약 2,160억원 발생
	· 2015년 12월 3일 서해안고속도로 서해대교 사장교 구간에 낙뢰로 인한 케이블 손상 사고 발생
	· 케이블 재시공을 위해 해당 구간이 17일간 전면 통제되었고, 복구 비용으로 약 15억 원 소요
파 업	· 2020년 2월 17일 순천완주고속도로 사매2터널에서 교통사고로 인한 화재가 발생해 48명의 사상자 발생
	· 터널 보수를 위해 해당 구간이 34일간 전면 통제되었고, 복구 비용으로 약 37억 원 소요
	· 2003년 5월 약 2주간 이어진 화물연대 파업으로 수출 가전, 타이어 등의 물류 운반에 차질을 겪었으며, 약 6,500억 원의 피해 발생
	· 2008년 6월 유가 급등으로 인해 화물연대가 일주일간 파업을 하였으며, 이 기간 운송 거부율이 70%에 달하였고, 한국무역협회에 접수된 직접 피해 신고액만 1억 5,040만 달러로 집계
	· 2012년 6월 화물연대가 5일간 파업을 하였으며, 이 기간 운송 거부율은 약 20%

- 산업기술의 발달로 점차 증가하는 초대형·고중량 화물·차량의 상시·반복적 운송·운행 수요를 해소하고, 이로부터 도로구조·교통 및 도로 이용자의 안전을 담보할 수 있는 도로망 구축·관리 기술 및 체계를 개발할 필요가 있음

■ 물류효율화를 위한 대형 화물차량의 통행비중 향상에 따른 도로 성능 및 유지관리에 대한 연구개발의 필요성 확대

- (미국 FHWA과 EU Horizon2020의 Twinning 프로그램(2017)) 미국 FHWA와 유럽 Horizon2020이 연계한 도시화물 운송과 관련된 프로젝트를 진행중
 - [Design, Capacity and Location of Urban Freight Infrastructure in and integrated mobility plan for Santiago De Chile] MIT Megacity Logistics Lab에서는 산티아고 데

칠레의 도심 리모델링 계획을 위해 정부의 통합 모빌리티 전략계획에 데이터 기반 화물관리 관점을 제공함, MIT는 인프라 설계를 위해 공간 대기열 이론을 사용하여 공공 의사결정에 필요한 정보를 제공하는 새로운 접근방식을 개발

- (제공정보) 지역에 대한 조사, 관찰 및 차량의 GPS 정보를 활용하여 지역의 화물별 주차 인프라의 용량, 종류 및 조성위치, 지방화물규제(시간, 차량형, 위치기반 접근제한 등)의 설계를 통해 효율적인 기반시설 이용 지원방안을 설계



[그림 1-7] 도심 물류 인프라 디자인(물류 주차수용 모델)

- (미국 North Dakota Truck Harmonization Study(2017)) North Dakota 교통부가 UGPTI(Upper Great Plains Transportation Institute)와 협력하여 North Dakota의 표준 상용트럭의 크기와 중량제한 변경에 따른 서부의 다른 주 사이에서 트럭 운행시 영향 및 잠재적인 시사점을 도출하는 것이 목적으로, 대상은 총 차량 중량 12.8만 파운드(약 5.8만 Kg)이상의 트럭, 트랙터, 트레일러 등의 차량에 대해 조사
 - (주요 연구내용) North Dakota에서 트럭과 관련있는 구성요소들을 종합적으로 고려하여 트럭의 법적 중량 제한 변경에 대한 잠재적 영향을 분석
 - ① 포장, 교량, 도로연결, 도로의 기하학적 구조 등을 포함하는 운송 기반구조의 잠재적 영향 분석
 - ② 입법, 규제, 집행
 - ③ 안전, 추락, 치사 위험
 - ④ 에너지 효율 및 대기질 변화
 - ⑤ 합법적인 트럭 크기 및 중량 변경으로 인한 교통 운영 영향 등에 대한 조사 실시
 - (주요 연구결과)
 - ① 트럭의 적재 증가에 따라서 화주 비용 감소 등 연간 \$140M~\$228M의 경제적 이익

기대 및 트럭의 크기와 적재 증가시 도로상의 운행 트럭수 감소 예상

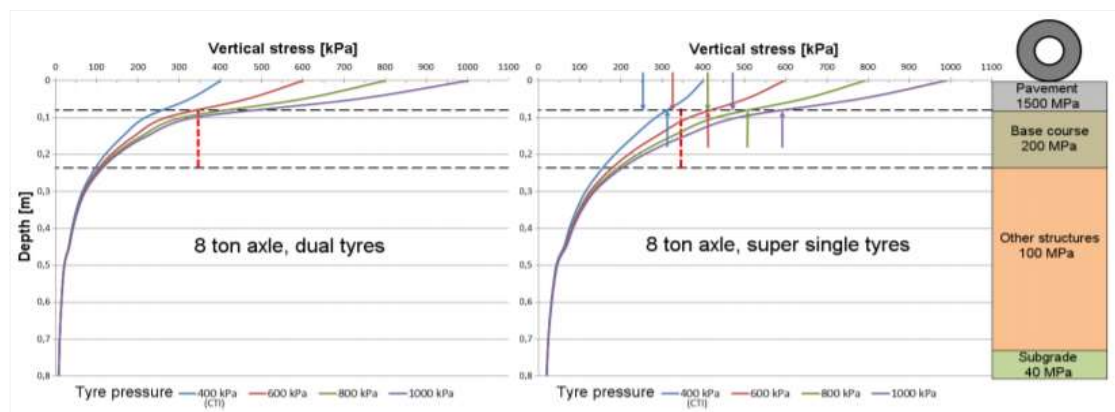
- ② 트럭 중량증가로 인한 교량의 영향분석 결과 주 전체의 교량 교체에 \$2.26B (약 2.7조원) 상당의 비용 발생
- ③ 지방도로에서는 더 길어진 트럭을 수용하기 위한 더 큰 회전반경 등 도로의 기하학적 구조가 필요하며, 로컬지역의 도로교차로 변경 수요분석을 통해 \$130M(약1천5백억 원)~\$306M(약 3천6백억원)의 비용이 발생하는 것으로 추산됨

- 미국 NCHRP 20-114 「Multimodal Freight Transportation」¹¹⁾에서는 신기술*과 운영사례들이 화물 운송시스템과 서플라이 체인의 변혁을 가져오고 있는 가운데, 시장과 기술의 트렌드가 수송체계, 안전, 환경에 미치는 영향 등에 대한 시사점을 제공하는 연구를 수행

* 화물 시스템과 서플라이 체인의 변혁을 가져오고 있는 신기술 예시: 스마트시티 기술, 트럭 플레투닝기술과 자율주행트럭, 드론, 3D프린팅, 배송 크라우드 소싱 등 다양한 기술

- 5~10년 정도의 중장기 멀티모달 로드맵 작성을 목표로, end-to-end의 강조, 사회적·기술적·경제적·환경적 영향 규명, 공공 영역에서의 의사결정능력 향상(화물 시스템의 데이터 수집방법 개발 필요) 및 지식적 확충, 현재와 미래의 잠재적 제도 문제 해결 등을 고려
- 또한 NCHRP 20-102의 Modal Application 부문에서는 자율주행 기반의 화물운송 시스템에 대한 지역에서의 영향에 대한 연구를 수행

- 북유럽 도로협력조직인 ROADEX Network¹²⁾, 핀란드 Roadscanners 社¹³⁾ 등에서는차륜이 주행하는 좁은 폭(타이어와 노면의 마찰면)을 마모성이 향상된 자재로 조성, 보수하여 화물차의 군집주행으로 인한 집중하중 발생 부위의 파손에 대한 예측 및 대응기술 연구 수행



[그림 1-8] 화물차 운행에 의한 도로노면 피로하중 분석

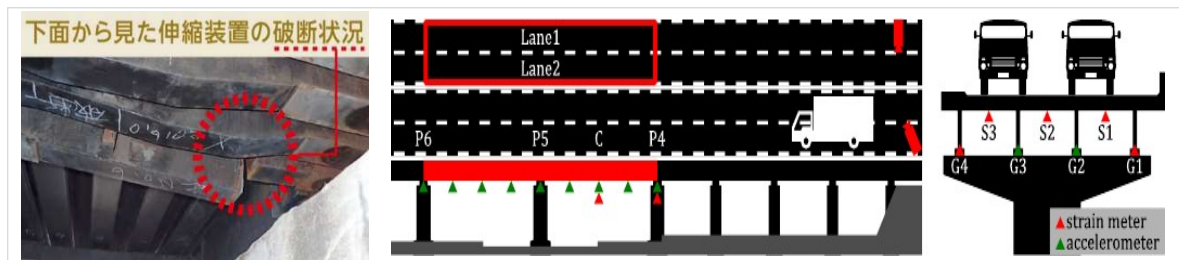
11) <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=4153>

12) https://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/10/ROADEX_Axle_Tyre_Prestudy_15102014%20Final.pdf

13) https://connectedautomateddriving.eu/wp-content/uploads/2018/05/Timo-Saarenketo_Roads-for-Intelligent-Transport.pdf

■ 화물차 과적단속 및 도로포장 손상을 감소시키기 위한 예방, 관리, 평가체계 등과 관련한 연구개발의 필요성이 증가

- 해외에서는 화물차의 과적이 도로 기반시설의 수명단축 및 교통사고 증가의 주요 원인으로 규정하고, 안전에 미치는 영향과 차량 적재정책의 수립을 위한 정보수집 및 평가기술 등의 개발을 진행하고 있음
- (일본 도쿄대) IoT와 이미지 머신러닝 기술을 활용하여 고속도로와 일반도로의 교량 노선 등에서의 실증을 목적으로 노면-접합부-바닥면에 작용하는 정적, 동적 차량의 하중에 대한 광범위한 파악 및 평가기술의 개발을 진행하였으며, 이를 통해 도로인프라 장치의 실태하중 및 응력의 상세한 검토를 통한 충격하중의 영향 실태조사, 주변에 발생한 손상의 조기발견을 위한 모니터링 기술개발에 활용 기대



[그림 1-9] IoT 이미지 머신러닝 기반 하중 실태파악

- (브라질의 리우데자네이루 연방대) 화물차량이 도로 인프라에 미치는 경제환경적 영향을 5가지 유형으로 분류*하고, 시스템 다이내믹스 모델(SDmodel)을 사용하여 도로운송에서 과적과 운송비용, 사고예방 및 도로인프라 유지보수와 관련된 항목간의 관계를 평가하기 위한 연구개발을 진행
- * ① 도로 운영비용(에너지 및 인건비), ② 도로 기반시설 손상에 따른 유지관리비용, ③ 교통혼잡으로 인해 도로 이용자에게 부과되는 지연비용, ④ 소음·수질·토양·대기오염 등의 환경비용 ⑤ 물질 및 제품손상으로 인한 사고비용
- (국내) 현재 국내의 화물차 관련 도로부문 연구는 선제적 과적단속 및 고성능 고속주행중 차량 중량 측정 시스템의 개발 등에 집중되어 수행중
- 도로관리의 효율화를 위하여 국토교통부 산하 건설사업정보시스템(건설CALS)에서 보유중인 데이터와 외부 관련정보를 연계, 과적, 비탈면, 도로점용, 보상비 예측의 4개 중점 분야에 대한 데이터 처리 및 표출 등의 서비스기술 연구개발 진행

[참고] 도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(CALS) 빅데이터 서비스 기술개발

- '18.04~'20.12, 주관 한국건설기술연구원
- (주요 연구내용) 과적예방과 단속업무를 지원하기 위한 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측모델 개발과 화물차량 중량센서 기반의 선제적 과적관제 및 예방기술을 개발
- (활용방안) 화물차량 중량센서 성능평가 기준 마련, 선제적 과적관제기술 개발을 통한 실시간 중량과 위치정보에 의한 GIS 기반 과적예방체계 구축 등

[참고] 건설사업정보시스템(건설CALS)

- 건설사업의 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 전 과정의 정보 관리를 위하여 건설사업 관리·시설물 유지관리·건설 인허가·용지 보상·건설CALS 포털의 5개 시스템을 개발하여 운영
- (시설물유지관리시스템) 준공 이후 교량, 터널 등 시설물의 자원 및 이력관리, 점검진단 및 보수보강관리, 과적단속 등의 자료관리

2. 국내외 현황조사

2-1. 국내외 정책동향

■ [국내] 국가물류기본계획(2016~2025)

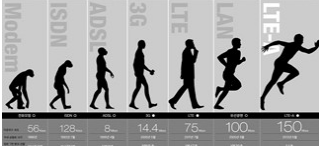
- 「국가물류기본계획(2016~2025) 수립연구」(국토부·해수부, 2015)는 5년 단위로 10년간 물류 정책 방향을 제시하는 법적 기본계획 수립을 위한 연구로서 기본계획에서는 국내외 물류 환경 변화 분석과 미래사회 전망을 통해 2016~2025년의 물류정책 추진전략과 추진과제를 제시
- 미래사회의 키워드를 기술의 발전, 사회구조의 변화, 경제구조의 변화, 환경적안전/보안적 이슈증대 네 가지를 통해 물류의 미래상 제시



[그림 I-10] 국가물류기본계획(2016~2025) 내 물류의 미래상

- (기술발전) 주요 변화상으로 세계적인 기후변화 대응정책에 따라 환경 부하를 줄일 수 있는 교통 생산체제로 기술적 전환 추세로 자연재해, 재난·테러 등의 증가에 대응하기 위한 기술개발 증가
 - * 연료전지 지게차, 전기/LNG 화물자동차 추진선 등 배기가스 저감을 위한 운송수단 개발
 - * 비파괴기술을 활용한 싱크홀 위험지도 작성, 영상분석 소프트웨어를 탑재한 CCTV, 재난용 무인기·로봇 등
- IoT를 비롯한 SNS, 웨어러블 기기에서 생산되는 데이터 양이 급증하고, 기업 내외 정형·비정형 데이터 분석이 보편화되어 사물들을 유·무선 네트워크로 연결하여 정보를 공유하는 IoT 기술이 생활가전, 병원, 자동차, 선박 등 다양한 분야에 접목되고 있음
- 소비자 기호가 다양해짐에 따라 소품종 대량생산 체제에서 생산 자동화를 통한 다품종 소량 다빈도 체제로 전환되어 변화에 더욱 빠르고 유연하게 대처하기 위한 '생산 유연화'가 산업 자동화의 주요 트렌드로 부상
- 다양한 웨어러블 스마트 기기의 등장과 함께 가상현실 증강현실 생체모방 기술 등이 접목되어 활용범위가 넓어짐
 - * 삼성과 소니는 스마트폰과 결합해 가상현실(VR)을 즐길 수 있는 헤드셋 형태의 기기를 출시해 게임과 엔터테인먼트 시장 등에 영향('14.12)
 - * 패러트(프랑스)는 헤드셋과 스마트폰 연동을 통해 심장 박동수, 운동 중 몸 상태 체크 등의 측정이 가능한 헬스케어 기기 발표('15.1)

[표 1-6] 기술발전에 따른 미래 물류상

주요 키워드	기술발전에 따른 미래 물류상	
그린&라이프 이노베이션	· 소비자의 물류서비스 접근 및 활용체계 변화→오픈 클라우드 물류 플랫폼 · 친환경 소재 포장기술 및 자원순환형 물류체계 확산 · 대중교통 및 공공 인프라를 물류 인프라로 활용	 [미래형 전기트럭]
기술융합, ICT 융합 (지능화, 가상화)	· 가상/증강현실기술과 웨어러블기기 등 융합 · 다양한 첨단 운송수단 등장(자능형 자동차, 드론 등) · 사물인터넷, 위치 인텔리전스 기술 등의 확산→물류 서비스의 실시간/자동/개별맞춤화 확대	 [신개념 운송수단]
정보통신망 확대 및 빅데이터 시대	· 오픈 클라우드 물류 플랫폼 확산 · 실시간 유연 물류처리 요구→옴니채널 24시간 다수의 소량 다품종 개별 주문 · 빅데이터 분석→예측 배송, 위험 예측 관리	 [증강현실 기술이 접목된 피킹 장비]
제조 자동화 및 유연화 기술 확대	· 전통적 제조·생산방식이 3D 프린팅 제조방식으로 대체→재고형 창고 감소, 제조·유통·물류활동 동시 수행(공급사슬 변화) · 물류현장에 자동화 로봇기술 도입 보편화	 [물류산업의 속도경쟁]
자원확보 기술, 의료기술 발달	· 신규 에너지원을 활용한 친환경 수송수단 보급 · 의약품 물류 등 신규 물류 비즈니스 확장	

- (사회구조 변화) 주요한 내용으로 세계적인 고령화 속도증가 및 저출산으로 인한 생산인구 감소, 국가간 소득격차, 경제적/법적/사회적 제약에 따른 국가간 인구이동 증대, 다수의 메가시티와 메가로폴리스(megalopolis) 등장으로 인한 도시산업구조의 변화

* (65세 이상 인구) '10년 5.3억명(7.7%) → '50년 14.9억명(15.6%)

* (우리나라 생산가능인구(15~64세)) '17년부터 감소 시작, '60년 49.7%까지 감소 예상(통계청, '15.11) / 1~2인 가구 증가전망('15년 53% → '25년 62%)

- 정보 생산주체 변화 및 유통채널 급증에 따른 개인권한 확대로 편재형 서비스의 제공 증가, 생산 및 재생산, 유통 및 소비의 주체가 정부나 기업 중심에서 개인중심으로 변화, 정보경제 구조의 변화에 따른 다양한 서비스 증가 및 품질변화로 소셜미디어, 스마트폰을 이용한 소셜네트워크 소비 활성화에 따른 새로운 비즈니스 모델 등장
- 근로소득 비중 하락으로 소득과 자산의 격차 확대 및 소수 편중현상 심화되고, 개발도상국 국민들도 기대수명, 영양공급, 에너지 사용량, 교육기간 등 삶의 지표가 개선되고 선진국과의 격차가 감소중

[표 1-7] 사회구조 변화에 따른 미래 물류상

주요 키워드	사회구조 변화에 따른 물류미래상	
인구구조 변화 (고령화, 저출산)	- 노령화 및 저출산 지속→배송인력 등 물류인력 부족 - 근력의존적 작업을 도와주는 로봇장비 보편화 - 소량다빈도 주문 물류증가→무인택배 등 편의 물류 서비스 확산 - 고령화 인구 고용환경 조성 및 실버 물류서비스 발달	 [물류산업에 로봇도입]
도시화로 인한 메가 도시 확대	- 빌딩 공동물류 서비스 도입 및 화물 통합 처리 - 저소음·저공해 물류활동 및 지하물류시스템 확산 - 수송수단의 대량화, 고속화, 지능화	 [지하 물류시스템]
개인권한 확대 (스마트폰, 소셜 미디어 등)	- 고객이 집하 및 배송 등 물류프로세스에 직접 참여하는 크라우드(crowd) 물류¹⁴⁾ 확산 - 스마트폰과 클라우드 기술→배송직원간 정보·노하우 공유 - 신선·냉동 식품 증가→특수가공 및 포장법 확산	 [주민친화형 물류시설]
경제적 양극화 심화 및 삶의 질 중요성 부각	- 공정한 계약, 공정한 근로, 환경 친화적 물류활동 - 물류인프라 낙후 지역에서 협력적 사업 모델 확대 - 대도시와 이외 지역에 대한 물류서비스 양극화 - 지역주민과 공유할 수 있는 물류시설 확산 - 물류현장근로자의 주5일제 근무, 기계화 자동화 등 3D 업종이 아닌 물류근로여건 및 복지향상 - 여성과 노령자, 외국인 노동자가 쉽게 일하는 일터	 [스마트폰, SNS를 통한 개인의 물류시장 참여 및 권한 확대]

- (경제구조의 변화) 중국의 감속성장, 보호무역주의 증가, 국제 분업체제 약화 및 투자회복의 지연 등의 영향으로 세계 경제성장세가 둔화
 - 세계 경제성장 둔화 영향 외에 한국은 중국과의 산업협업구조에서 경쟁구조로 전환, 높은 가계부채, 낮은 임금상승률, 민간소비 부진과 원화강세 등에 따라 국내 경제성장률 둔화
 - 모바일커머스 확대, 결제 시스템 향상, 유명브랜드 온라인 진출 등 산업간 융복합 촉진에 따른 전자상거래 시장 활성화
 - * (세계 전자상거래 시장규모, 산자부) ('12) 1.06 → '15년 1.77 → '17년 2.35조 달러
 - * (알리바바) 온라인 플랫폼을 구축하여 전세계에 다양한 상품을 B2B, B2C 사이트에서 판매하면서 M&A등을 통해 결제 회사(Alipay), 물류회사(菜鸟, 차이나오토), IT클라우드회사(알리클라우드), 금융회사(蚂蚁金服, 마이핀무) 등 융복합 생태계 구축
 - 미국·유럽 등 서구권 중심의 글로벌 무역노선 및 교통물류네트워크가 중국을 중심으로 재편되어 동남아지역으로 생산기지가 이동하더라도 완성된 제품이 주로 중국시장에서 판매되므로 아시아 역내 무역망 강화

14) 소비자를 집하 및 배송에 참여시키거나 자금 조달의 주체로 활용하는 등 개인의 일상을 물류 프로세스에 통합시키는 물류

[표 1-8] 경제구조 변화에 따른 미래 물류상

주요 키워드	경제구조 변화에 따른 물류미래상
경제의 글로벌화 및 국제물류 네트워크 다원화	· 새로운 국제 물류루트 및 지구촌 싱글 물류네트워크를 통한 글로벌화 및 물류지도 변화 · 북극항로, 수에즈, 파나마 운하 확장 및 북방물류 대비한 “유라시아 북방교통물류네트워크” 연계 · 통일된 한반도 물류 인프라체계 구축 및 연계 교통 물류 체계 효율화  [국제물류루트 및 지구촌 싱글 물류네트워크]
경제적·정치적 권력의 분산 (글로벌라이제이션)	· ‘세계화’와 ‘지역화(현지화)’가 결합된 글로벌라이제이션 확산 · 역외조달에 이어 사회·경제 변화에 따른 “니어쇼어링, 백쇼어링, X-쇼어링” 등 새로운 조달전략 가속화  [자국산업 보호를 위한 보호무역주의]
산업 및 일자리 고도화	· 물류서비스 수준 고도화와 전문직 일자리 증가 · 4PL업체, 슈퍼그리드 물류¹⁵⁾ 등 차세대 물류기업 장악 · 디지털화된 근린집단 내 물류수요 유발, 협력 경쟁자들과 인프라 및 서비스 공유 → “공유경제 물류” · 배송 등 단순일자리 자동화 기술로 대체, 전문직 일자리 증가  [디지털화된 근린집단 내 공유경제]
지식기반 경제 심화	· 전자상거래 유통·물류시장 확장 및 글로벌화 · 디지털 라이프 스타일의 확산으로 “전자물류마켓 및 “옴니채널 물류¹⁶⁾” 활성화 → 고객중심 물류서비스 제공 · 제조-유통-물류-소비자 B2B, B2C, M2C, C2C, O2O 융합  [온라인/오프라인 경계가 없는 옴니채널]

- (환경·안전·보안 이슈 증대) 폭염, 가뭄, 태풍, 홍수 등 기후변화 심화로 인한 재난위험이 증대되고, 중국·인도 등 신흥경제국의 고성장으로 세계 에너지 및 자원 소모가 ‘30년에는 현 수준의 1.4배 수준으로 증가할 것으로 전망되어 국제적 환경규제 강화로 인한 저탄소 경제체제 시작
- 뉴욕 9.11 테러(‘01), 파리 테러(‘15) 등 국제테러와 국제분쟁 증가, 사회안전사고 증가로 미래 위험 증가하여 각국의 보안강화 및 국경봉쇄로 인해 물류보안이 새로운 수출입 장벽으로 작용

[표 1-9] 환경·안전·보안 이슈 증대에 따른 미래 물류상

주요 키워드	환경·안전·보안 이슈 증대에 따른 물류미래상
가용자원 고갈 및 기후변화 심한 지구환경	· 기후변화협약 준수를 위한 세계적 동조 →물류산업 온실가스 감축 적극 동참 압력 증가 · 기후변화, 세계에너지 수요 증가, 자원의 희소성 문제 해결을 위한 대체에너지 및 친환경 화물운송체계 전환 -‘친환경 자동화물운송시스템’ 범용화 -선박 대형화 및 연비 높고 많이 싶은 친환경 선박(Eco-shipping) 발주 일반화 전망 * Maersk, MOL, 에버그린, OOCL 등 18,000TEU급 이상 선박 발주 건조 중  [친환경 자동운송시스템]

15) 글로벌 공급사슬 네트워크를 활용하여 제조업체, 유통업체, 물류업체를 통합하는 물류체계

16) 소비자가 온라인, 오프라인, 모바일 등 다양한 경로를 통해 상품검색 및 구매 가능한 유통·물류서비스

주요 키워드	환경·안전/보안 이슈 증대에 따른 물류미래상	
	· 환경적 문제 대응을 위한 공정물류 활성화 -폐기물 및 재활용 서비스 및 통합환경 솔루션 활성화	 [폐기물 및 재활용 서비스 및 통합환경 솔루션]
분쟁증가 및 국가 차원의 안보강화	· 국내외 보안제도 연계 및 대테러 방지를 위한 글로벌 물류 보안제도 정착노력 · 위험물 감지 및 탐색 기술, 화물/운송수단 위치 추적 및 모니터링 기술 등 기술개발 촉진 · 글로벌 수출입 물류보안 강화로 기업물류비 부담 지속 증가 · 상주터널 시너 폭발, 외곽순환도로 중동 나들목 유조차 화재 등 위험물 운송 관리 및 규제 강화 · 위험물 사고제로 등 실시간 화물 운송관리 시스템 구현 · 위험물 물류표준화, 위험물 정보 제공, 위험물 운송법규 강화 · 실시간 화물 관제/모니터링 시스템 및 대응체계 구축	 [글로벌 물류보안체계-차세대 스마트 컨테이너] [위험물 운송차량 실시간 추적 및 관리 시스템]

■ [국내] 자율주행 교통물류 기본계획 수립 연구(20.7)

- 규제특례를 통해 자율주행 서비스 실증을 지원하는 등 자율주행차 상용화·기술개발 촉진을 위한 「자율주행차법」 제정·시행(20.5.1)에 따라, 자율주행차의 도입·확산과 자율주행 기반 교통물류체계의 발전을 위한 ‘자율주행 교통물류 기본계획’ 수립 필요

「자율주행차법」 제4조(기본계획의 수립)

「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」 제4조(기본계획의 수립) ① 국토교통부장관은 자율주행자동차의 도입·확산과 자율주행 기반 교통물류체계의 발전을 위하여 다음 각 호의 사항이 포함된 자율주행 교통물류 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 5년마다 수립하여야 한다.

1. 자율주행 기반 교통물류체계 지원정책에 관한 기본방향 및 목표에 관한 사항
2. 자율주행자동차의 안전, 운행 지원을 위한 인프라 및 자율주행 기반 교통물류체계의 연구개발 계획에 관한 사항
3. 자율주행협력시스템과 정밀도로지도의 구축에 관한 사항
4. 자율주행자동차의 안전, 운행 지원을 위한 인프라 및 자율주행 기반 교통물류체계와 관련된 국제협력에 관한 사항
5. 그 밖에 자율주행 기반 교통물류체계와 관련하여 대통령령으로 정하는 사항

- 「자율주행차법」에 근거하여 체계적으로 정책을 수립·이행하고, 민간 예측 가능성을 제고하기 위한 1차 기본계획(21~25) 수립 추진
- 자율주행 서비스 사업화, 자율주행 운행기반 조성, 기술연구·개발 등 자율주행차 상용화 촉진 및 교통물류체계 변화에 대응하기 위한 현황분석, 추진 전략 및 구체적 추진계획 마련 등 기본계획 수립 추진

【 「자율주행 교통물류 기본계획 수립 연구」 주요 내용 】

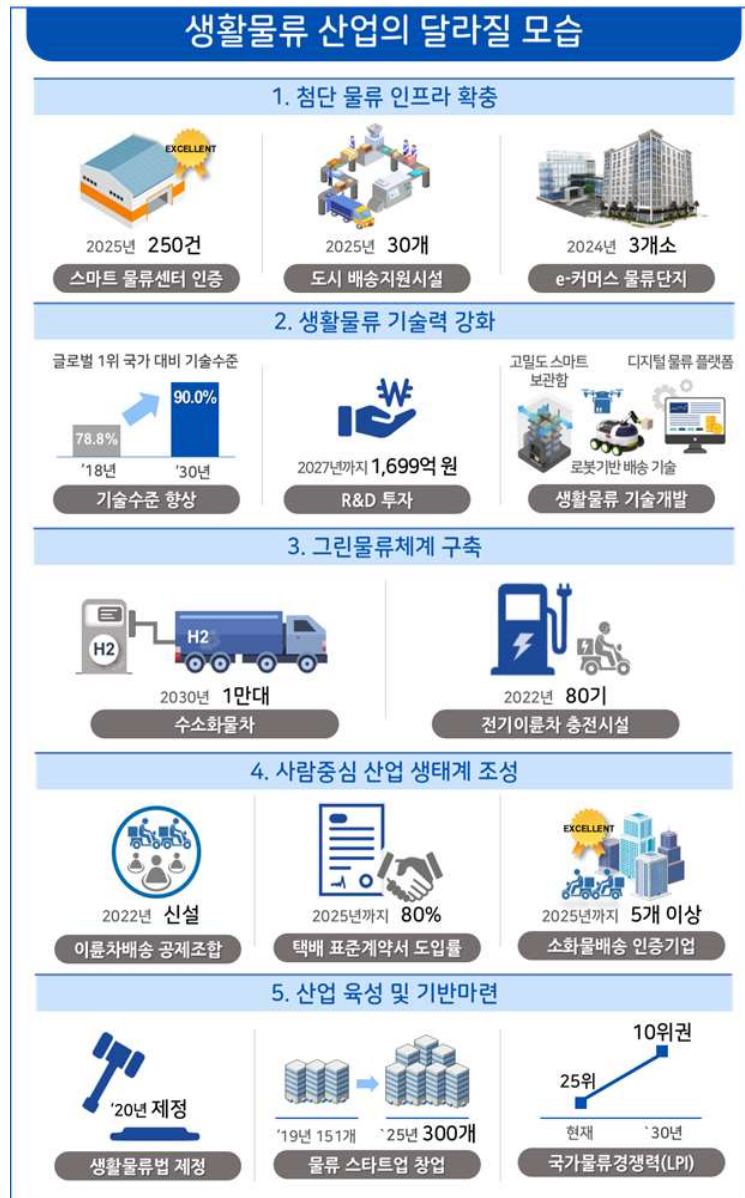
- ① 자율주행 교통물류 관련 국내외 현황 조사 및 여건 변화 전망
 - 국내외 법·제도·정책 현황 조사, 전망 분석 및 시사점 도출
 - 국내외 자율주행 모빌리티 서비스에 관한 기술개발 현황 조사, 전망 분석 및 시사점 도출
 - 관련 산업 규모 등 현황 조사, 전망 분석 및 시사점 도출
 - 자율주행차의 안전, 운행자원을 위한 인프라* 및 자율주행 기반 교통물류체계 관련 현황 조사, 전망 분석 및 시사점 도출
 - 자율주행협력시스템, 정밀도로지도 등 포함
 - 관련 국제협력(국제기준 등) 현황 조사, 전망 분석 및 시사점 도출
 - 기타 자율주행 교통물류 체계에 관련한 사항
 - ② 자율주행 교통물류 기본계획(안) 마련
 - 기본계획의 비전, 전략 등 기본방향 설정
 - 기본계획의 목표 설정, 추진과제 및 기대효과 도출
 - 관련 법령의 정비 등 제도 개선에 관한 사항
 - 자율주행차의 안전, 운행자원을 위한 인프라 구축방안 및 '자율주행차 시범운행지구'의 지정, 운영 방안
 - 관련 자율주행 모빌리티 서비스 및 기술개발 목표 및 추진방안
 - 관련 산업 생태계 조성, 인력양성, 일자리에 관한 사항
 - 상용화 추진을 위한 민간협력 및 국제협력에 관한 사항
 - 기타 자율주행 교통물류 체계에 관하여 필요한 사항
 - 추진과제의 단계별 추진계획 및 자원확보·투자계획 방안
 - ③ 기본계획에 따른 연도별 시행계획 마련
-

■ [국내] 생활물류 발전방안(20.9)

- 정부는 생활물류* 산업을 체계적으로 육성·관리하고, 지속 가능하고 포용적 산업구조로 혁신하기 위하여 '제114회 현안조정회의'에서 관계부처 합동으로 「생활물류 발전방안」 발표(20.9.24)
 - * 택배, 소화물배송(배달대행, 퀵서비스 등), 온라인 농·수산물 거래 등
 - 물류산업을 산업여건 변화에 대응하기 위해 ① 디지털 혁신 자체 ② 물류 인프라 부족 ③ 경유 중심 고탄소 산업구조, ④ 종사자 사회안전망 미흡 등에서 개선이 요구되며 5대 추진전략으로 ① 첨단 물류유통 인프라 확충, ② 물류유통 시스템 스마트화, ③ 그린 물류체계 구축, ④ 사람 중심 산업 생태계 조성, ⑤ 산업육성 기반마련 및 지원 강화 마련
 - “세계를 선도하는 K-물류 구현”을 목표로, 3대 정책방향(스마트 물류, 그린 물류, 사람중심 물류)을 제시, 발전방안의 주요내용은 다음과 같음
-

【 「생활물류 발전방안」 주요 내용 】

- ① (첨단 물류인프라 확충) 구리·화성·의정부 e-커머스 물류단지 조성(230만㎡), 도심 배송 지원시설 30개소 이상 확충, 전국 수산물 콜드체인 인프라 구축
 - ② (물류·유통시스템 스마트화) 3기 신도시를 K-물류 시범도시로 조성, 통합물류서비스 개발, 농·축·수산물 온라인 거래 플랫폼 구축, 첨단물류 R&D 추진
 - ③ (그린물류 체계 구축) '30년까지 수소화물차 1만대 보급, 배달용 전기이륜차, 전기화물차 전기지게차 등 전기운송 수단 도입 확대, 친환경 포장재 개발
 - ④ (사람중심 산업 생태계 조성) 택배·배달종사자 산재보험 가입 확대 등 사회안전망 구축, 표준계약서·택배종사자 권고안 등 연성 노동기준 마련, 산업 실태조사 추진
 - ⑤ (산업육성 기반마련 및 지원강화) 생활물류법 및 수산물유통관리법 연내 제·개정, 유망 스타트업 패키지 지원, 입지규제 개선 및 산업 상생 생태계 마련
-



[그림 I-11] 생활물류 산업의 달라질 모습

■ [국내] 「한국판 뉴딜」 종합계획(20.7)

- 코로나19 사태로 인한 경기침체 극복 및 구조적 대전환 대응을 위하여 “한국판 뉴딜 종합계획”을 발표(20.7), 범 국가적 사업으로 추진 중으로 SOC 디지털화 분야의 스마트 물류체계 구축이 12대 과제중 하나로 선정



[그림 1-12] 한국판 뉴딜의 구조

【「한국판 뉴딜」 주요 내용】

- ① (육상물류) 중소기업 스마트 공동물류센터(11개소), 대형 E-커머스 물류단지 조성(의정부, 화성, 구리), 스마트물류센터 인증제 도입
- ② (해운물류) 항만배후단지 스마트 공동물류센터(2개소), 항만 통합 블록체인 플랫폼* 확대
* 항만내 작업 정보 실시간 공유로 컨테이너 반출입, 배차예약 등 환적 효율화(부산항 시범운영 중)
- ③ (유통) 농산물 등 공공급식 식자재 거래·관리 통합플랫폼 및 농산물 온라인 경매 플랫폼 구축기타 국내 정책동향
- ④ (물류R&D) 로봇·IoT·빅데이터 활용 첨단배송 등 물류기술 개발

■ 기타 국내 정책동향

- 「미래성장동력 발굴·육성계획」수립 및 13대 미래성장동력 확정(14.3.19, 제11차 경제관계장관회의)을 통해 ‘스마트(자율주행)자동차’를 13개 미래성장동력(9개 전략사업, 4대 기반사업) 중 주력산업 고도화를 위한 1순위 전략사업으로 선정
- (국토교통 R&D 중장기전략) 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략에 의하면 차량 간, 차량-도로 간 통신 및 위치정보 빅데이터의 효율적 관리를 통해 안전하고 막힘이 없는 자율주행도로 구현이 3대 중점 프로젝트로 선정
- (제3차 규제개혁장관회의) ‘자율주행 자동차 상용화 지원방안’(15.5.)으로 ‘20년 자율주행자동차(일부 Level 3) 상용화를 정책목표로 확정하였으며, 관련 산업을 활성화 하고 자동차 안전도를 높여 국민의 신체와 재산을 보호할 필요가 있는 분야로 성격상 민간분야보다는 국가 정책에 의해 계획되고 추진되어야 소기의 목적 달성이 가능하다고 발표



[그림 1-13] 자율주행차 상용화 지원방안 추진 로드맵

- (제5차 규제개혁장관회의) 자율주행자동차 상용화 지원을 위한 규제혁신(16.5.)으로 단계별 목표, 정부지원 및 이벤트에 대한 추진일정을 제시하고 각 세부 과제별 추진일정 및 소관부처를 명시함



[그림 1-14] 자율주행자동차 상용화 추진일정

■ [국내] 화물자동차 디지털 운행기록장치 의무장착¹⁷⁾

- 국토해양부 버스, 택시 등 사업용자동차별로 디지털 운행기록계의 의무장착 시기를 규정한 「교통안전법 시행령」 개정안을 2011년 개정
 - 운행기록장치(DTG)는 장착이 의무화되어 있으나 활용이 미진하고, 최고속도제한장치·차로이탈경고장치는 임의 해제*하는 사례 발생
 - * 최고속도제한장치($\leq 90\text{km/h}$)를 해제한 화물차가 경찰 과속단속에 적발(3년간 3만건)
 - 1톤 초과 화물차 DTG 장착을 의무화하여(14) 운전습관 개선, 교통수단안전점검 등에 활용 중이나 기록제출* 미흡(제출률 30%)
 - * 화물차는 교통행정(민자체계)의 제출 요청이 있는 경우에만 운행기록 제출 (반면 노선버스는 주기적 제출 의무화로 운행기록 제출률 100%)

17) 운행기록분석시스템 사용자 설명서(간편 매뉴얼), 2013

- 국토교통부 등 관련부처는 ‘화물차 교통안전 강화방안(20.2)’에서 운행기록 제출 편의를 개선하고 데이터 수집 효율을 높이기 위해 무선 통신 기능을 갖춘 모바일 DTG 보급을 확산 계획*

* 유가보조금 카드적립금(약 320억원 + 年 50억원)을 활용한 모바일DTG 장착 지원방안도 검토

- 수집한 운행기록은 운전자별 맞춤형 안전교육, 화물차 위험운행 지역의 교통시설 개선 및 단속장비 확충 등에 광범위하게 활용
- 디지털 운행기록계란 속도, 브레이크 가속페달 사용, 위치정보, 운전시간 등 운전자의 운행특성을 기록하여 과속 및 급가감속과 같은 난폭운전을 근본적으로 예방하는데 도움을 줄 수 있는 장치
- EU 29개국 및 일본·중국 등 선진국에서는 사업용자동차를 대상으로 디지털운행기록계 장착이 의무화되어 있으며, 국내에서는 사고다발업체를 대상으로 한 디지털 운행기록계 시범운영 결과('06년, 교통안전공단), 교통사고가 약 30% 감소된 것으로 분석

〈교통안전공단 시범운영결과〉

* 교통사고지수 23% 감소 : '05년 1.37 → '07년 1.06
 사망사고건수 48% 감소 : '05년 23건 → '07년 12건
 부상사고건수 17% 감소 : '05년 992건 → '07년 825건

[표 1-10] 디지털 운행기록계 해외사례

나라	관계 법령	주요 내용
EU	EC 561/2006	· 유럽 29개국 디지털운행기록계 장착 의무화 ('06.5~)
일본	여객자동차운수사업법 화물자동차운수사업법	· 사업용자동차를 대상으로 장착 의무화
중국	GB/T 19056-2003	· 사업용자동차를 대상으로 장착 의무화('06.3~)
이집트	ES:5815/2007	· 사업용자동차를 대상으로 디지털운행기록계 장착('09.10~)
호주	부분법제화	

- 디지털 운행기록계의 장착의무화 제도를 시행함과 동시에 운행기록을 과학적으로 분석하여 운전자의 운전습관을 근본적으로 개선할 수 있는 운행기록 분석시스템*도 구축하여 운영중

* 차량에 설치된 표준운행기록장치에 기록되는 차량 순간속도, 분당엔진회전수(RPM), 브레이크 신호, GPS, 방위각, 가속도 등의 자료를 분석하여 운수회사와 운전자에게 제공. 이를 통해 운수회사의 교통안전관리를 지원하고, 운전자 개개인의 운전습관에 긍정적인 변화를 주어 운전자 스스로가 안전운전을 할 수 있도록 지원해 주는 시스템



[그림 1-15] 교통안전공단 운행기록분석 시스템

[표 1-11] 운행기록의 배열순서 - 교통안전법 시행규칙 [별표 5] <개정 2013.3.23>

항 목		자릿수	표기방법	표기시기
운행기록장치 모델명		20	오른쪽으로 정렬하고 빈칸은 '#'으로 표기	최초 사용 시 등록
차대번호		17	영문(대문자) · 아라비아숫자 전부 표기	"
자동차 유형		2	11: 시내버스 17: 특수여객자동차 12: 농어촌버스 21: 일반택시 13: 마을버스 22: 개인택시 14: 시외버스 31: 일반화물자동차 15: 고속버스 32: 개별화물자동차 16: 전세버스 41: 비사업용자동차	"
자동차 등록번호		12	자동차등록번호 전부 표기 (한글 하나에 두 자리 차지, 빈칸은 '#'으로 표기)	"
운송사업자 등록번호		10	사업자등록번호 전부 표기 (XXXXYYZZZZ)	"
운전자코드		18	운전자의 자격증번호로, 빈칸은 '#'으로 표기하고 중간자 '-'는 생략	자동차 운송사업자 설정
주행거리 (km)	일일주행거리	4	00시부터 24시까지 주행한 거리 (범위: 0000 ~ 9999)	실시간
	누적주행거리	7	최초등록일로부터 누적한 거리 (범위: 0000000 ~ 9999999)	"
정보발생 일시		14	YYMMDDhhmmsssss	"

			(연/월/일/시/분/0.01초)	
차량속도(km/h)		3	범위: 000 ~ 255	"
분당 엔진회전수(RPM)		4	범위: 0000 ~ 9999	"
브레이크 신호		1	범위: 0(off) 또는 1(on)	"
차량위치 (GPS X, Y 좌표)	X	9	10진수로 표기 (예: 127.123456*1000000⇒127123456)	"
	Y	9		
위성항법 장치(GPS) 방위각		3	범위: 0 ~ 360 (0 ~ 360°에서 1°를 1로 표현)	"
가속도 (m/sec ²)	ΔV_x	6	범위: -100.0 ~ +100.0	"
	ΔV_y	6		
기기 및 통신 상태 코드 (백업 수집 주기 내)		2	00: 운행기록장치 정상 11: 위치추적장치(GPS수신기) 이상 12: 속도센서 이상 13: RPM 센서 이상 14: 브레이크 신호감지 센서 이상 21: 센서 입력부 장치 이상 22: 센서 출력부 장치 이상 31: 데이터 출력부 장치 이상 32: 통신 장치 이상 41: 운행거리 산정 이상 99: 전원공급 이상	"

■ [유럽] 군집주행 실증을 통한 기술검증 및 수용성(운전자, 일반운전자 등) 강화 연구 추진

- ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)는 일반승용차, 화물차 등을 대상으로 총 4단계의 기술개발 과정 ("Research → Demo → Regulation/Standards → Industrialization") 으로 자율주행 기술개발 마일스톤을 정의
 - 특히, 화물차의 경우 '19년 Cooperative ACC(Adaptive Cruise Control)를 시작으로 군집주행 기술 개발을 목표로 하고 있음
 - ERTRAC 로드맵상 '19~'20년 CACC 화물차(Level 1) 군집주행 개발, '20~22년 자율주행 화물차(Level 2) 군집주행 개발, '22~'26년 고속도로 파일럿 군집주행(Level 4)으로 계획

[표 1-12] EU 로드맵

유럽 (ETRTAC 발간)		
	Passenger Cars	Commercial Vehicle
	Park Assistance (Lv.2)	-
2016	Traffic Jam Assistance (Lv.2) : 30KPH 이하의 차선유지, Stop&Go 교통체증운전지원	
2018	Traffic Jam Assistance (Lv.3) : 자동차전용도로에서 60KPH까지 교통체증운전지원, 차선변경기능 포함	
2019	-	Truck - C-ACC Platooning : 운전자가 모든 기능에 책임을 지는 협조형 차간거리 제어
2020	Parking Garage Pilot (Lv.4) : driverless valet parking	Truck -Terminal Parking
2020	Highway Chauffeur (Lv.3, ≤130KPH)	Highway Chauffeur (Lv.3, ≤90KPH)

	: 자동차전용도로에서 진출입로, 추월 자동주행. 시스템 한계 도달시 운전자에게 수동운전 요청	
2022	-	Truck Platooning: V2V 기반의 군집주행
2024	Highway pilot (Lv.4, ≤130KPH)	Highway pilot with ad-hoc platooning (Lv.4, ≤110KPH)
	:자동차 전용도로에서 진출입로, 추월, 차선변경 자동주행. 일반조건에서는 수동운전 요청없음. V2V 연계	
2030	Fully automated private vehicle (Lv.5)	Fully automated Trucks (Lv.5)
	: 운전자는 목적지만 입력. 완전자동주행. 30년은 대략적인 목표(추정)	

[자료] ERTRAC

- 트럭 군집주행에 대한 EU 로드맵에서는 2020년 군집주행(SAE Level2) 상용화, 2025년 multi-brand 군집주행(SAE Level 4) 상용화를 목표로 하고 있으며, 기술개발은 2020년 군집주행(SAE Level 3~4), 2025년 군집주행(SAE Level 5)를 목표로 하고 있음

Automated Freight Vehicle Development Path

Automation Level	Established	2017	2018	2019	2020	2022	2024	2026	2028	2030	...
Level 5: Full Automation				Autonomous vehicles confined areas		Autonomous vehicles on dedicated lanes/roads/areas			Autonomous Hub-to-Hub on public roads		
Level 4: High Automation					Truck Terminal Automation		Highway pilot with ad-hoc Platooning		Highly Automated Trucks on public roads		
Level 3: Conditional Automation			Traffic Jam Chauffeur	Highway Chauffeur							
Level 2: Partial Automation						Automated Truck Platooning					
Level 1: Driver Assistance											
Level 0: Driver Assistance & ADAS beyond human capability to act.											

[자료] ERTRAC

[그림 I-16] Automated Freight Vehicle Development Path

- EU H2020 프로그램에서 다양한 브랜드와 크기별 군집주행을 구현하기 위해 'Multi-brand Platooning in real traffic conditions' ART-03-2017(Topic identifier)를 통해 2018년부터 multi-brand 군집주행을 추진중

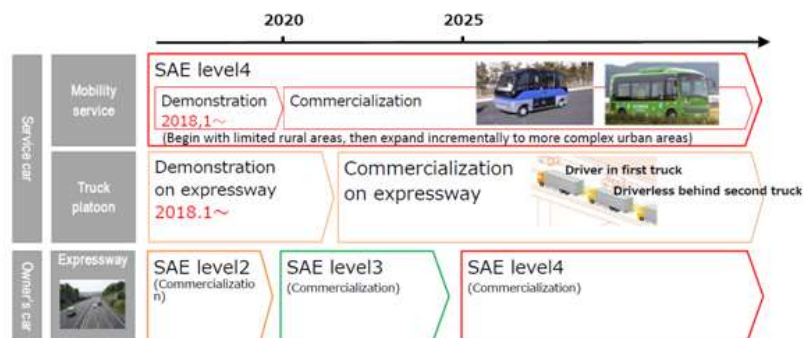
[표 1-13] Automated Road Transport Call(EC)

Topic	Title
Automation Road Transport 01	Automation pilots for passenger car
Automation Road Transport 02	ICT infrastructure to enable the transition toward road transport automation
Automation Road Transport 03	Multi-Brand platooning real traffic conditions
Automation Road Transport 04	Safety and end-user acceptance aspects of road automation in the transition period
Automation Road Transport 05	Road infrastructure to support the transition to automation and the coexistence of conventional and automated vehicles on the same network
Automation Road Transport 06	Coordination of activities in support of road automation
Automation Road Transport 07	scaled demonstration of urban road transport automation

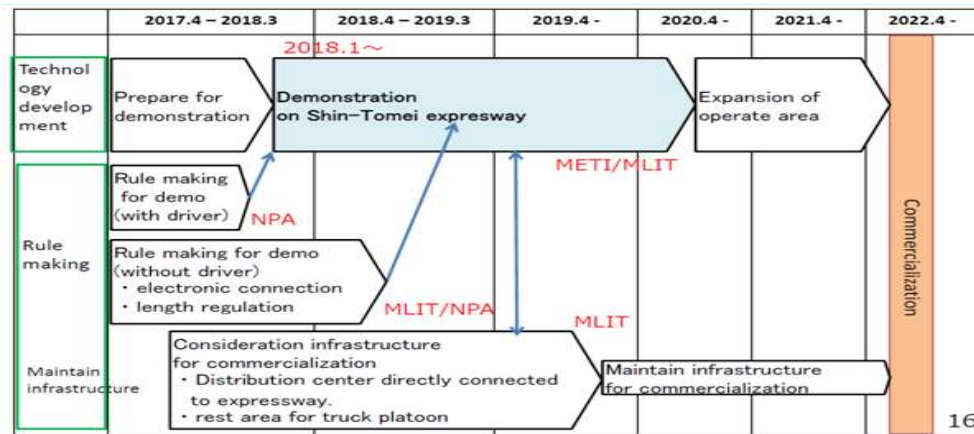
- 유럽 자동차 산업계와 NGO 등으로 구성된 협의체인 GEAR2030은 군집주행에 필요한 HMI와 관련한 원칙을 포함한 ‘The Report of the High Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union (GEAR 2030)’을 통해 차량간 최소 거리 등에 대한 규제완화를 주장하고 있음

■ [일본] ‘20년을 목표로 세계 최첨단 ITS를 활용한 자동주행 시스템 구축 목표, ‘14년 6월 ‘개혁신 2020’ 프로젝트와 관련하여 트럭의 군집주행을 향후 과제로 선정, 경제산업성은 ‘16년 예산안에 트럭에 의한 군집주행에 대한 연구개발비 투자 책정

- Energy ITS 사업을 통해 에너지 절감 및 온실효과 방지, 인력부족 해소를 목적으로 화물차 군집주행 기술을 개발 및 실증하였으며, 실증결과 에너지 사용량 15% 저감, 이산화탄소 배출량 2.1% 저감이 가능할 것으로 전망
- 일본 정부 ‘미래투자회의’는 물류업계의 심각한 인력부족을 해소하기 위해 ‘18년부터 신토메이(新東名) 고속도로에서 트럭 군집주행 실증
- 일본 군집주행 로드맵에 의하면 ‘21년까지 기술개발, 실증, 제도정비를 거쳐 ‘22년 상용화 예정(Level 3)이며, ‘25년부터 Level 4 상용화 예정임



[그림 1-17] 일본 자율주행 로드맵



[그림 1-18] 일본 트럭군집주행 로드맵

■ [미국] 부분적 자율주행 기술인 군집주행이 교통흐름 개선 및 연료절감 효과를 고려하여 군집주행에 필요한 법안 마련 중

- (텍사스) Peltron Technology社와 협력하여 군집주행 테스트 진행, (네바다, 버지니아) 규제 완화를 통해 군집주행 시험 승인
- 교통부 ITS JPO는 Automation 프로그램 기술개발을 위해 ITS전략계획(15~19년)을 수립하고 교통시스템 성능 향상 분야에서 반자동 군집주행을 추진 중
 - CACC, Speed Harmonization 등은 C-ITS에서 개발된 서비스 기술을 고도화하는 것으로 교통효율성(Mobility) 향상을 목적으로 함

[표 1-14] Automation Program Organization(ITS-JPO)

[Enabling Technology] 미래기술, 디지털 인프라의 평가 및 가이드			
Digital Infrastructure		Communications	Technology Research
[Safety Assurance] 차선유지기술의 기능안전, 자율주행자동차 보안기술 등			
Electronic Control Systems	Functional Safety and Electronics Reliability	Cybersecurity	Human Factors
[Transportation System Performance] 속도동질화 기술개발 및 테스트, 자율차 종방향 제어 및 시뮬레이션, 반자동 군집주행, 차선변경/합류 원천기술 연구			
Cooperative Adaptive Cruise Control, Speed Harmonization, and Platooning		Lateral Control	First/Last Mile and Transit Operations
[Testing and Evaluation] 자율주행차 안전기능, 평가방법			
Interoperability		Testing Methods	Benefits Assessment
[Policy and Planning] 자율차 표준 및 정책			
Standards	Federal Policy Analysis	Stakeholder Engagement	Transportation Planning

- 미국 교통부는 ‘Truck Platooning Early Deployment Assessment’ 프로그램을 운영중으로 Level 1 Truck Platooning에 대한 현장평가 실시

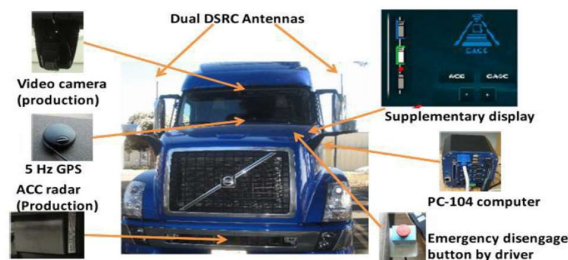
* Level 1 Truck Platooning은 운전자가 횡방향을 제어하고 차량은 종방향 제어(가감속)만 수행

- Adaptive Cruise Control (ACC)를 기반으로 화물차 군집주행을 수행하고 Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)를 위해 V2V 통신을 사용
- 프로그램의 목표는 일반적인 운영환경하에서 화물차 군집주행의 행태에 대한 이해와 주 및 지역 이해당사자에게 화물차 군집주행 관련 규제에 대한 의사결정을 지원하기 위함
- 역동적인 환경하에서의 리스크와 불확실성을 관리하기 위한 단계별 접근방법을 적용. 1단계는 2019년 3월~12월 동안 진행되었으며 파일럿 컨셉과 제안 개발이 목적이었으며, 2단계는 2020년 9월에 시작되어 2022년 12월 완료될 예정으로 현장 운영테스트(Field Operational Test)를 진행중



[그림 I-19] Truck Platooning Early Deployment Assessment. Phase 1. FHWA

- 현재 진행중인 'Truck Platooning Early Deployment Assessment Phase 2' FOT의 개략적인 내용은 다음과 같음
 - (프로젝트 참여기관 및 역할) California PATH (team lead and technology supplier), Roly's Trucking (fleet operator), Westat (human factors) and Cambridge Systematics (partnership), Noblis (independent evaluator)
 - 화물차 군집주행을 위해 PATH-CACC 기능을 갖춘 4대 화물차를 이용하게 되며, 3대는 CACC/platooning에 사용되며 한 대는 control truck 역할을 담당



[출처] California PATH

[그림 I-20] Truck Platooning system

- 현장 테스트를 위한 노선은 아래 그림과 같으며 California에서 Texas간 I-10도로 1,400 마일에서 이루어질 예정으로 California, Arizona, New Mexico, Texas주를 거치게 됨



[자료] California PATH

[그림 I-21] Truck Platooning Early Deployment Assessment Phase 2 FOT 노선

- [네덜란드] TNO 로드맵에 의하면 '20년부터 multi-brand 군집주행(Level 3)을 구현, '25년 이후부터 모든 EU 자동차도로에서 국경간 통과 기능을 목표(Level 4)로 추진 중

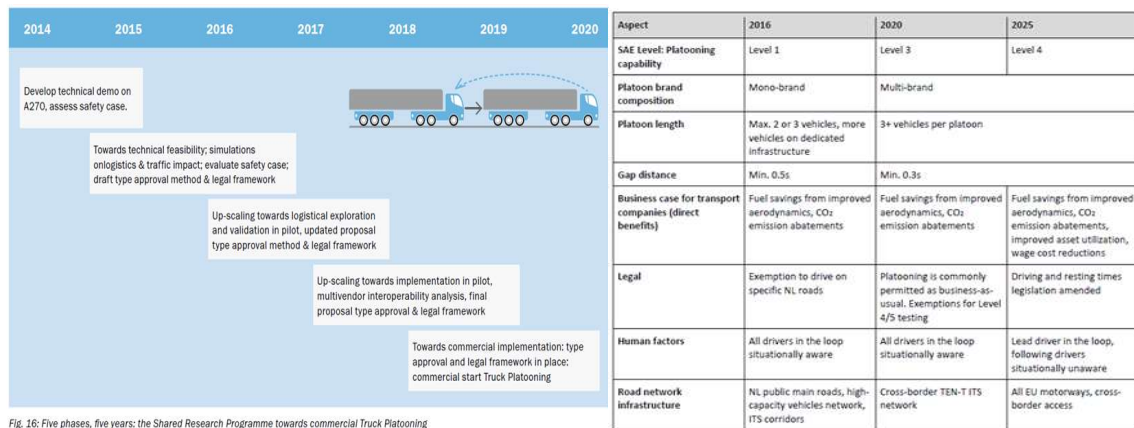


Fig. 16: Five phases, five years: the Shared Research Programme towards commercial Truck Platooning

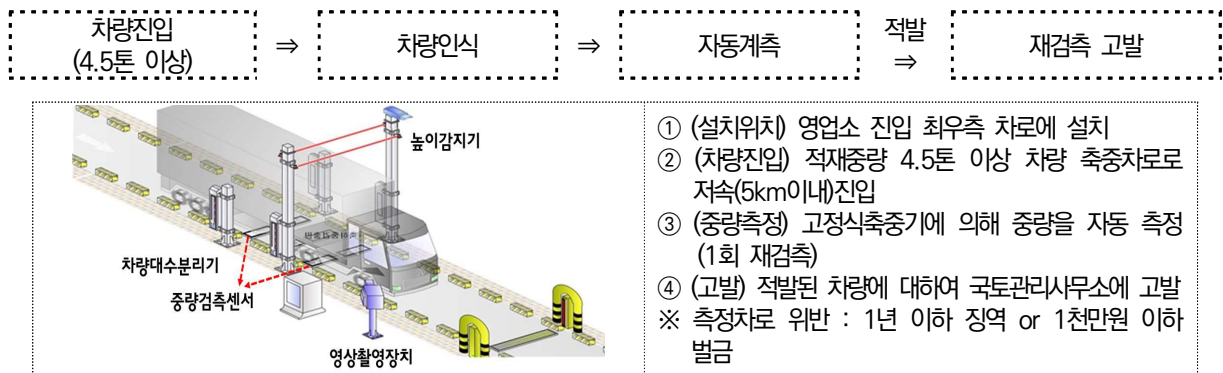
[그림 I-22] 네덜란드 트럭군집주행 로드맵(TNO)

2-2. 국내외 기술/시장 동향

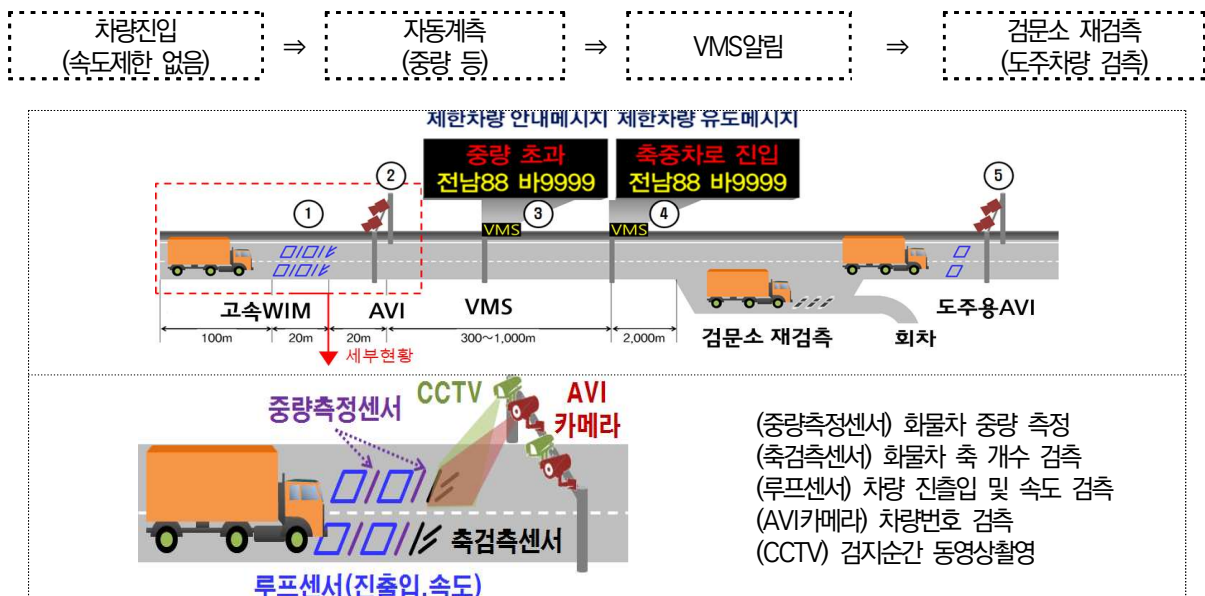
2-2-1. 과적단속

■ [국내] 고속 과적단속 도입

- 고속도로 영업소 저속축중기 통과시 축중조작 등을 통해 본선으로 유입되는 과적차량 근절 및 스마트톨링 도입 대비 무인·무정차 과적시스템 현장적용 필요
- 과적차량 단속방법은 다음과 같이 저속축중기 및 고속축중기 방식으로 구분 가능
 - (저속축중기) 고속도로 영업소 진입시 진입차로에 설치된 검측센서를 통해 화물차량의 축중 및 총중량을 자동으로 계측하는 시스템으로 계측을 위해서 화물차량은 시속 5km/h 이내로 진입하여야 함



- (고속축중기) 고속축중기는 고속도로 본선상에 설치되어 계측을 위한 차량의 감속없이 축중 및 총중량을 계측하는 시스템으로 HS-WIM으로 불리기도 함



[그림 1-23] 고속축중기의 사용

- (설치조건) 축중기는 정확한 중량 계측을 위하여 평탄한 노면을 전제로 다음과 같은 기준을 만족하는 곳에 설치되어야 함

[표 1-15] 축중기 설치조건

포장	평탄성	기하구조	횡단경사	곡선반경
무균 콘크리트	IRI 2.0 ↓	종단경사1% ↓	횡단경사2% ↓	R≥2,650m

● 고속도로 고속축중기 도입경위

- (‘08~’10) 고속축중기 활용 무인 과적단속시스템 개발 연구
 - * 축중조작 등을 통해 본선에 유입되는 과적차량 근절을 위해 연구 시행
 - (‘10.12) 개발된 고속축중기 도입 연구를 위해 3개소 설치
 - * 설치위치 : 경부선 김천-왜관, 중부내륙선 선산(25.9억)
 - * 고속축중기 소프트웨어 최초 개발로 운영결과 오차율 과대(총중량 7%, 축중량 14%)
 - (‘12. 7) 다양한 현장적용 검토를 위해 시범운영용 3개소 설치
 - * 설치위치 : 남해선 진교, 서해안선 당진, 영동선 복수원(10.5억)
 - * 소프트웨어 개선을 통한 성능개선 시행(총중량 5%, 축중량 10%)
 - (‘14~’16) 고속축중기를 단속용으로 활용하기 위해 국책과제로 공인 성능평가체계 기준개발 연구 시행
 - * 공인된 성능평가 기준이 없을 경우 단속용으로 활용 불가
- ⇒ 시범운영결과로 고속축중기 성능평가 기준 신설(국토부 고시, ‘16.11)

[표 1-16] 고속축중기 성능평가 기준

평가항목		중량정확도(%)		차량번호 인식률(%)	매칭 정확도	회피주행 검지율(%)
		총중량	축하중			
평가 등급	최상급	≥95%	≥90%	≥95%	100%	≥90%
	상급	95), ≥93	90), ≥85	95), ≥85%	100%	90), ≥80%
	중급	93), ≥90	85), ≥80	85), ≥80%	-	-
	중하급	<90%	<80%	<80%	-	-

* 단속용으로 활용할 경우 ‘최상급’ 등급 필요

- (‘15.12) 스마트톨링 전면도입 결정(‘15.1)에 따라 본선상 과적단속 필요로 동경주 부근에 고속축중기 설치(3.2억)
 - * 본선영업소를 통과한 차량중량과 고속축중기로 검측된 중량의 신뢰성 검증
- (‘18.12) 신뢰성 추가검증을 위해 광주영업소 인근에 고속축중기 설치(8.0억)

● 고속축중기 운영 현황

- (운영현황) 총 8개소 중 현재 2개소(4개 차로) 운영 중

[표 1-17] 고속축중기 운영 현황

설치년월	노선(장소)	이 정	구 간	차로수	비 고
2015.12	동해선(동경주)	86.8k	남포항TG → 동경주IC	2	시범 사업
2018.12	호남선(광 주)	87.8k	북광주IC → 광주TG	2	

* 6개소는 장비노후화 및 수리비용 과다로 5~7년 운영 후 운영중지 상태

- (성능평가 결과) 동경주는 ‘상급’으로 단속용 활용이 어려움

* 시기/대상 : 정기성능평가 매년 1회 시행 / 계근된 32톤이상 화물차 2대

* 평가방법 : 차량별 10회/차로 주행(속도별 등속운행, 총 40회)

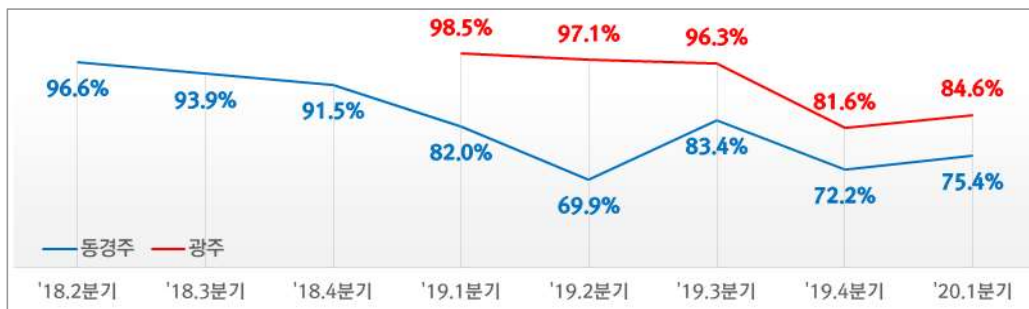
[표 1-18] 성능평가 결과

구분	일자	중량정확도(%)		차량번호 인식률	매 칭 정확도	회피주행 검지율
		총중량	축하중			
동경주	'19년 12월	상 급	상 급	최상급	최상급	최상급
광 주	'19년 12월	최상급	최상급	최상급	최상급	최상급

- (신뢰도분석 결과) 설치 후 운영기간이 경과함에 따라 총중량 신뢰도 하락

* 시기/대상 : 매분기 1회 시행 / 운행중인 32톤이상 화물차(1~4만대/분기)

* 평가방법 : 운행중 차량의 저속축중기 검측중량과 고속축중기 검측중량 비교



[그림 1-24] 신뢰도 분석 결과

* (동경주) 운영 3년 후('18년3분기)부터 총중량 신뢰도 지속적 하락

* (광 주) 운영 1년 후('19년4분기)부터 총중량 신뢰도 하락

● 고속축중기 문제점

- (신뢰도) 단속용으로 활용시 ‘최상급’ 수준을 지속 유지하여야 하나, 시간 경과에 따라 중량 정확도가 하락하는 등 성능 미비점 발생

- (비용) 고속축중기* 설치비용(2차로 기준 개소당 7억)이 과다하고, 연간 유지관리 비용은 저속차로의 약 10배 소요(0.08→0.8억/차로)

* 전국 약 1천개소(모든 IC~IC구간) 설치비 7천억원, 유지관리비 약 2천억원/년

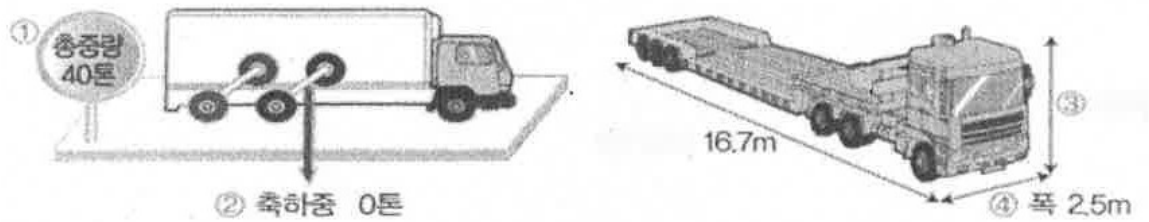
* 고속축중기 주요센서의 경우 사용연한인 약 5년마다 재설치 필요(2.5억/개소)

- (운영) 고속축중기 단속과 관련하여 적발차량 재검측을 위한 본선상 검측소 확보*가 현실적으로 어려우며, 고속축중기 단속지점 회피주행으로 단속 실효성 감소, 본선 포장하부에 설치된 센서(수입산) 등 주요부품 고장시 즉각적인 조치 어려워 단속공백 불가피

* 과적단속은 국토부 훈령(차량의 운행제한 규정)에 의거 재검측 필수

■ [국내] 과적차량 단속 관련 법적 근거

- 과적차량은 도로법 및 도로교통법에 의거하여 단속되고 있으며 각각을 살펴보면 다음과 같음
- 도로법에 의한 운행제한 위반차량 단속 근거
 - (법적근거) 도로법 제77조~제80조 및 같은 법 시행령 제79조~제81조
 - * 운행제한 기준 : 총중량 40톤, 축중량 10톤, 길이 16.7m, 폭 2.5m, 높이 4.0m



[그림 1-25] 과적차량 운행제한 기준

- (과태료) 도로법 제77조 제1항~제3항을 위반한 자*에게 500만원 이하의 과태료를 부과
 - * 운행제한을 위반한 운전자, 차량 임대차 계약상 임차인의 화물적재 관리의무를 위반한 자, 운행제한 위반의 지시·요구 금지를 위반한 화주·화물자동차 운송사업자·화물자동차 운송주선업자 등
 - * 위반의 정도 및 횟수에 따라 30~300만원 과태료 부과(도로법 시행령 제105조)
- 도로교통법에 의한 적재제한 위반차량 단속근거
 - (법적근거) 도로교통법 제39조 및 같은 법 시행령 제22조
 - * 운행상의 안전기준 : 적재중량의 110%, 자동차 길이의 110%, 높이 4.0m, 자동차의 후사경으로 뒤쪽을 확인할 수 있는 범위
 - (벌점·벌칙) 도로교통법 제93조, 제156조 및 같은 법 시행령 제93조, 제94조에 따라 운전면허의 취소·정지, 벌점, 범칙금 부과
 - * 도로교통법 제39조제1항 또는 제4항을 위반하여 화물자동차를 운전하는 경우
 - * 벌점 15점, 범칙금 5만원

[표 1-19] 도로법 및 도로교통법에 따른 세부단속기준

구분		운행제한 위반 (도로법)	적재중량 위반 (도로교통법)
세부 단속 기준	폭	2.5m	후사경으로 후방 확인 가능 범위
	길이	16.7m	자동차 길이의 110%
	높이	4m (또는 4.2m)	4m (또는 4.2m)
	중량	축하중 10톤 또는 총중량 40톤	차량 등록증상 적재 가능량의 110%
법령 관리주체		국토교통부	경찰청

● 화물자동차 운행 위반 관계 법령 현황

[표 1-20] 화물자동차 운행 위반 관계 법령 현황

위반항목	운행제한	적재제한 (적재중량, 적재용량)	화물자동차 안전규정	자동차 안전규정	자동차 안전기준
관련법	도로법제77조 시행령제79조	도로교통법제39조 시행령제22조	화물자동차법 제11조제20항	교통안전법 제55조	자동차관리법 제29조
단속 대상 차량	모든 화물자동차	모든 화물자동차	모든 화물자동차	여객자동차 화물자동차 총중량20톤이상 사업용화물특수차 (차로이탈경보장치)	모든 자동차
적재 방법 등	-	화물이 떨어지지 않도록 덮개, 고정조치(적재불량)	화물이 떨어지지 않도록 덮개, 포장, 고정조치(적재불량)	-	불법변경
설치 의무 장치	-	-	최고속도제한장치 무단해체, 조작금지	운행기록장치, 차로이탈경보장치	-
제한 기준	폭	2.5m (허용오차+10cm)	후사경으로 후방 확인가능 범위	-	-
	길이	16.7m (허용오차+20cm)	자동차 길이의 110%	-	-
	높이	4m(또는 4.2m) (허용오차+10cm)	4m(또는 4.2m)	-	-
	중량	축하중 10톤 또는 총중량 40톤 (허용오차+10%)	차량등록증상 최대 적재량의 110%	-	-
벌칙	과태료 (30~300만원)	범칙금 (5만원) 벌점 (15점) 과태료 (적재불량)	운행정지, 감차	과태료 (50~150만원)	과태료 (3~100만원)
처벌대상	원인행위자 (운전자, 차량임차인, 화주, 운송 업자 등)	운전자	운송사업자 운수종사자	여객자동차 운송사업자 화물자동차 운송사업자 및 운송가맹사업자	차주, 운전자
단속인원	도로관리청 관계공무원, 운행제한단속원	경찰공무원	시·도의 관계 공무원, 한국교통안전공단 임·직원, 위탁받은 기관의 임·직원	시·도의 관계 공무원, 교통시설안전진단기관 임·직원, 위탁받은 기관의 임·직원	시·도의 관계 공무원, 한국교통안전공단 임·직원, 위탁받은 기관의 임·직원
주관부서	국토교통부 (도로시설안전과)	경찰청	국토교통부 (물류산업과)	국토교통부 (교통안전복지과)	국토교통부 (첨단자동차기술과)

■ 단속한계

- 지난 5년간(2015년~2019년) 고속도로만 연 3만대 이상 고발 조치될 정도로 과적 차량이 지속 발생되고 있음

[표 1-21] 지난 5년간 과적 적발 현황

구 분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
고발(건)	31,253	36,812	34,916	30,768	26,426

- 특히, 2회 이상 위반하는 상습과적차량이 매년 30% 이상 차지하고 있음
 - 2015년 9,805대 31.4%, 2016년 12,229대 33.2%, 2017년 10,490대 30%
- 축중차로 통과 시 축조작 등 적재량 측정 방해행위*의 다양화로 단속에 어려움이 있으며, 단속회피를 위해 일반 하이패스차로로 진입하는 4.5톤 이상의 화물차가 지속 발생되고 있음
- 이동단속반 집중단속 시 해당영업소 40톤 이상 화물차 비율은 최대 6.3%감소되나 인근 영업소의 40톤 이상 화물차 진입이 증가되는 풍선효과가 발생함

■ 주요 해외 국가의 과적단속 관련 현황

● 단속 기준

[표 1-22] 주요 해외국가의 과적단속 기준

구분	대한민국	미국	일본	대만	영국
단속권한	국토부	주 정부	공안위원회	고속공로국	국무부
위임기관	한국도로공사	경찰 및 지방 공무원	경찰 및 지방 공무원	경찰	경찰 및 지방 공무원
단속기준	4.5톤이상 차량 일괄적용	차종별로 상이	차종별로 상이	차종별로 상이	차종별로 상이
중량 최대 제한값	축중 : 10톤 총중 : 40톤	축중 : 9.1톤 총중 : 11~36톤	축중 : 10톤 총중 : 20~36톤	축중 : 미단속 총중 : 3.5~43톤	축중 : 8.55톤 총중 : 3.5~44톤
화물차 운영형태	대부분 지입제	직영	직영	직영	직영
처벌대상	운전자 (예외 : 화주 등)	운전자, 운수사업자, 화주	운전자, 운수사업자, 화주	운전자, 운수사업자	운전자, 운수사업자
과태료	50만원 ~ 300만원	2만원 ~ 1,785만원	9만원 ~ 300만원	40만원~한도없음 (초과중량비례)	~ 720만원
고속축중기	시험용	1차 선별용	1차 선별용	미사용	미사용

- (단속 방법) 대부분의 유럽연합 국가들은 단속의 주체가 경찰로, 고속축중기(WIM)를 통하여 과적의심차량 선별 및 DB 구축·활용하며 주로 경찰 주체의 이동단속 위주

[표 1-23] 주요 과적단속방법

이동단속	집중단속	화주/운송사업자 경고
· 거의 모든 유럽연합 국가 · 고속축중기(WIM)를 이용하여 과적의심차량을 선별 · 경찰이 이동단속차량을 이용하여 최종 단속	· 슬로베니아, 네덜란드, 프랑스 · 특정 날짜나 시간을 선정하여 특정 노선에서 집중 단속 시행	· 네덜란드, 프랑스 · WIM 누적 DB를 활용하여 주요 위반업체에 대한 집중단속 · 경고문, 권고사항문 등 발송하여 과적 사전 예방

- 일본은 총중량에 대한 기준은 대체로 까다로운 편이며, 중차량에 대한 허가제를 실시하고 있음
특히 국토교통성은 '08년 10월부터 특수차량 통행에 관한 지도단속 강화하여 지도단속기지

(검문소)와 차량중량자동계측장치(고속축중기) 연계 단속 시행중

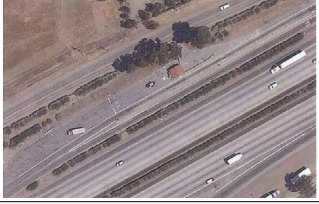
* 2007년 5월 전국평균 허가위반 52%, 무허가 38%, 허가준수 10%

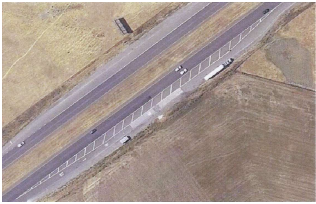
[표 1-24] 일본 과적차량 단속방법 예시

차량중량 자동계측장치	지도단속기지
 중량을 자동 계측하여 과적, 허가 유무 등 판정, 위반사업자에 대한 지도경고서 송부	 검문소에서 화물의 분리이송, 중량경감 등을 지시

- 일본의 과적자에 관한 처벌은 도로운송법, 화물자동차운송사업법에 따라 과적 운수사업자에 대한 행정처분과, 도로교통법, 과적재 차량운전 요구 등의 금지에 따른 화주에 대한 벌칙, 도로교통법, 위반 점수 및 범칙금 승무원(운전자)에 대한 벌칙 적용
- 미국의 경우 도로의 특성에 따라 고정식 단속시설을 활용한 단속 위주로 총 5단계의 시설규모를 구분하여 적용

[표 1-25] 도로특성에 따라 고정식 단속시설을 활용한 단속방법

시설단계	특징	비고
	Class A · 본선 고속축중기(선별) · WIM · 계중기 · 차량 및 장비 검사소	우리나라의 고속축중기로 화물차량 선별시스템을 보유한 고정식 검문소와 유사 Class A, B에는 경찰부서장(1), 경사(2), 사무원 및 검차원 다수로 구성
	Class B · 본선 고속축중기(선별) · WIM · 계중기 · 차량 및 장비 검사소	
	Class C · 본선 고속축중기(선별) · WIM · 계중기 · 적재물 보관장	
	Class D · 중량측정장치	Class A, B에 대한 보조적인 시설

	Mini-site	이동단속 포인트
	· 단속 공간만 확보	

■ 세계 각국의 WIM(Weigh-In-Motion) 시스템 활용 사례

- 1980년대 중반 파에조세라믹(Piezoceramic) 센서를 이용한 WIM 시스템이 최초로 화물차량의 중량검측에 활용하기 시작한 이후, 현재 세계 각국에서 도로교통의 운영에 있어서 과적이 도로구조물과 차량의 안전사고에 끼치는 영향이 주요 요인으로 인식되고 있으며 일부 국가는 통행비용을 실제 운송거리 및 차량 무게에 따라 부과하는 경우도 있어 이러한 추세에 따라 WIM 시스템을 이용한 과적화물차량의 단속 및 통제, 교통운영 관리기법은 자국의 교통 환경 및 도로교통 법령체계에 따라 다양한 형태로 활용
- [네덜란드] WIM 시스템을 이용하여 직접 과적단속하는 시스템을 운용중으로, 전국 10개소에 카메라와 연동시킨 피에조쿼츠(Piezo-quartz) 형식의 센서를 이용하여 24시간 실시간 검지를 하고 있으며, 과적 검지차량에 대해서 번호판 영상판독을 통해 차주에게 경고장을 발송하는 제도를 운영중



[그림 I-26] 네덜란드의 Video-WIM 시스템

- [프랑스] 저속축중기와 카메라를 연동한 과적단속(VID-WIM)을 시행
 - (LS-WIM(저속축중기)) 2004년 축중기의 계량효율 증진을 위해 반자동화된 LS-WIM 시스템 구축하고 현장시험을 통해 2005년도에 형식승인을 취득. 주행속도 시속 12km 이하에서 총중량 오차는 3.5%, 축중량 오차는 5.5%이며, 계량효율은 시간당 60~100대(화물차)



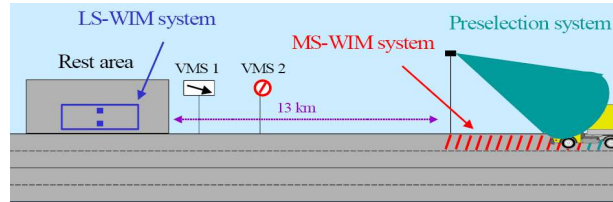
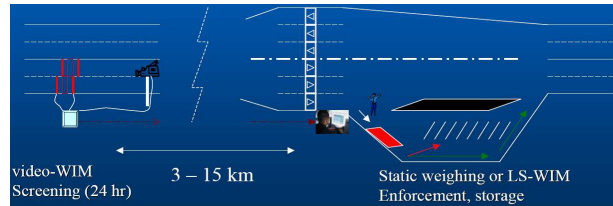
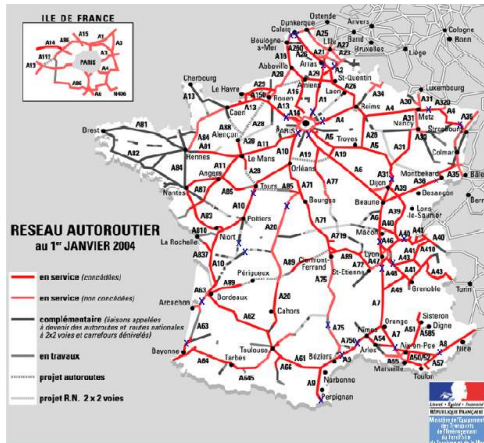
[그림 I-27] 프랑스의 LS-WIM 현장시험

- (카메라를 연동한 과적단속(VID-WIM)) HS-WIM(고속측중기)과 카메라를 연동하여 과적의심차량을 1차 단속을 통해 과적검문소로 유도하는 시스템을 구축. 센서의 종류는 피에조세라믹 형식의 센서를 이용하였고, 과적검문소에서의 계량은 일반적인 정적 축중계 또는 LS-WIM을 이용하여 실제 과적여부를 판정. 1차 단속에 의한 단속의심차량의 실제 과적 비율은 약 80~100%



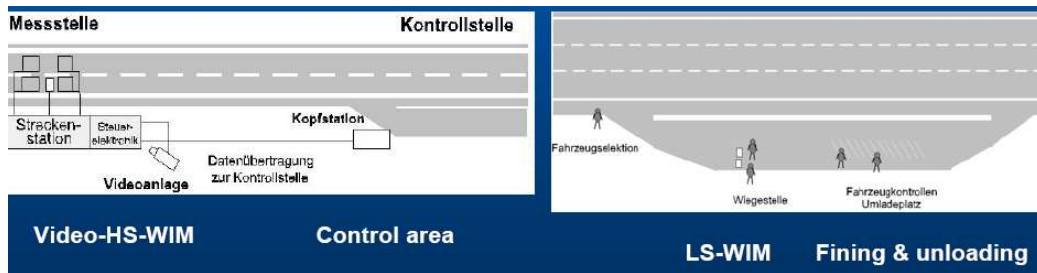
[그림 I-28] 프랑스 VID-WIM 과적단속 프로그램

- 비디오카메라와 연계한 VID-WIM 시스템을 이용하여 프랑스 전역에 주요 단속지점을 선정하여 과적관리 시스템을 구축. 단속방법은 아래의 그림과 같이 1차적으로 카메라와 연동시킨 고속 축중기를 이용하여 과적의심차량을 선별하고 VMS를 이용하여 과적의심차량을 전방 3~15km 지점에 있는 검문소로 유도한 다음 정적 축중기 또는 저속 축중기를 통해 실제 과적여부를 판정하는 방법을 사용
- 현재 프랑스에서는 MS(Multi-sensor)-WIM을 이용하여 측정값의 정확도를 향상시키는 연구가 진행 중이며, 이를 통해 향후 완전 자동 통제 시스템 구축을 위해 연구가 함께 진행 중



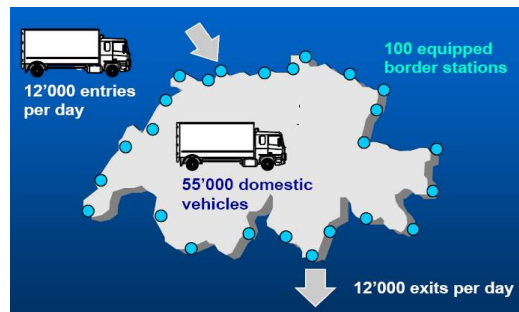
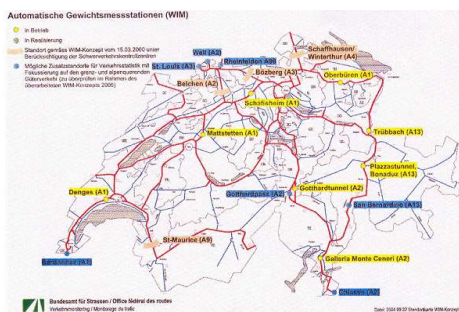
[그림 I-29] VID-WIM 시스템을 이용한 과적단속 시스템

- (독일) 다양한 형태의 WIM 시스템을 이용하여 약 40개소에서 과적단속을 시행중. 프랑스에서처럼 고속충증기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 적용하고 있고, 정확도 향상을 위해 기존의 저속충증기(Bending Plate 형식) 시스템을 고속충증기(Piezo-quartz 형식)로 교체사업 실시



[그림 I-30] Video-HS-WIM 시스템을 이용한 과적단속 시스템

- (스위스) 지리적으로 유럽의 중앙에 위치하고 국경 전체가 육상으로 다른 나라들과 연결되어 있어 육상을 통한 물류의 이동이 매우 복잡하고 빈번. 스위스 국경을 관통하는 화물차량이 진입, 진출 각각 하루 평균 12,000대 이고 국내 이동량 역시 55,000대 가량이며, 100여개의 물류기지가 운영됨. 따라서, 스위스에서는 이러한 방대한 화물교통류를 관리하기 위하여 WIM 시스템을 이용한 WIM-Network 구축중



[그림 I-31] 스위스의 WIM 네트워크 지도

- (캐나다, 미국) 고속측중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 사용. 특히 미국에서는 ITS 기술요소를 접목시킨 화물차 정보체계 및 화물차 정보망(CVISN Program : Commercial Vehicle Information System and Network Program)을 구축하여 중량자료, 안전사고 기록 등의 화물차 정보를 통합 관리자료로 데이터베이스화하여 운영 중. 화물차에는 DB와 연동이 가능한 전자인식표를 부착하여 운영하고, WIM 시스템에서는 화물차의 하량 및 하중정보를 검지할 수 있는 리더기를 포함



(a) 캐나다 과적단속 시스템



(b) 미국 WIM 시스템의 AVI Reader

[그림 I-32] 북미지역의 WIM 시스템

- (일본) 고속 측중기와 카메라를 연동하여 직접단속을 실시. 특징적인 것은 고속 측중 계량을 위해 피에조센서를 Multi-sensor로 구성을 하여 측정값의 정확도를 향상시킴으로서 직접단속에 따른 계량결과의 신뢰성 향상에 노력



[그림 I-33] MS-WIM과 카메라를 연동한 과적단속시스템

- (대만) 1990년대 초에 WIM 시스템을 도입하여 일반적으로 LS-WIM과 정적 측중기를 이용하여 과적단속 수행. 유럽이나 북미에서와 같이 HS-WIM과 카메라를 연동한 1차 단속이 아니라 검문소내로 화물차를 진입시킨 이후에 저속을 유도한 상태에서 LS-WIM을 이용하여 1차 계량한 후 과적의심차량에 한하여 2차적으로 정적 측중기를 이용한 상세 계량 실시
- 일부 고속도로에서 HS-WIM을 통한 화물차 정보수집이나 HS-WIM과 카메라를 연동하여 직접단속을 수행하기도 하나 허용오차범위를 20%로 적용



[그림 I-34] 대만의 LS-WIM + Static Weigh scale 검문소

- [말레이시아] LS-WIM 단속 검문소가 약 50개소 운영중이고, HS-WIM을 32개소 운영. 이러한 단속의 효과로 1998년 48%에 달하던 과적화물차 비율이 2001년 36%로 감소하는 성과

2-2-2. 적재불량 단속

■ 노면잡물에 의한 사고 지속 발생

- 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로 상에서 노면잡물로 인한 교통사고는 총 217건, 2명의 사망자 및 23명의 부상자가 발생했고, 화물차 등 적재불량으로 인해 발생하는 사고는 총 454건, 5명의 부상자가 발생함

[표 I-26] 노면 낙하물 발생사고 현황, 한국도로공사

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
사고(건)	48	46	43	40	40
사망(명)	-	-	-	2	-
부상(명)	8	6	3	6	-

[표 I-27] 적재불량 관련 사고발생 현황, 한국도로공사

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
사고(건)	124	102	47	86	95
사망(명)	-	-	-	-	-
부상(명)	3	-	1	-	1

■ 노면잡물에 의한 2차 대형사고 위험성 부각

- 특히, 판스프링과 같이 도로에 떨어진 낙하물들은 ‘교통안전을 위협하는 시한폭탄’이 되고 있으며, 야간 주행 시 낙하물들은 운전자가 쉽게 발견하기 어려워 차량에 직접 충격이 되거나 운전자가 이를 피하려다가 치사율이 높은 2차 사고로 커지게 됨

* 2018년 1월, 고속도로에 낙하된 판스프링이 주행 중이던 차량에 날아가 운전자가 사망하고 동승자가 중상을 입는 사고가 발생함
당시 경찰은 사고 현장을 지나는 양방향 차량 1만여 대를 일일이 분석하는 등 수사에 나섰지만 결국 낙하 차량은 발견하지 못함

* 고속버스가 화물차 뒤를 따라가는 중 도로 위에 있는 낙하물(합성수지 원료 포대)을 피하려다 화물차와 추돌하는 사고, 중앙 분리대를 박고 멈춰 선 화물차량에서 적재물이 떨어지고 그것을 피하려던 차량이 급제동을 하면서 화물차 및 승용차 4대가 잇따라 추돌하는 대형사고 발생 등



화물차량 측면에 쏙혀 있는 판스프링



판스프링이 노면에 떨어져 있는 모습

[그림 1-35] 화물차에서 발생한 노면잡물

- 하지만, 낙하 당시 영상이나 목격자가 없으면 원인 차량을 찾아내기조차 어려워 사고 책임을 명확하게 밝힐 수 없어 피해자가 손해를 자기 부담으로 안기 쉬우며, 낙하물에 의한 피해를 도로관리 주체에 책임을 무는 소송이 이어지는 등 사회적 문제로 부각되고 있음

■ 소형 개방형 적재함 화물차의 적재불량 심각

- 2016년 도로교통공단에서 조사한 화물차 운행 실태 조사결과를 살펴보면, 전국 고속도로 운영 노선 중 연장길이 및 3년간 화물차 평균 교통량 등을 고려하여 선정된 18개 노선, 36개 지점에서 조사된 56,038대 전체 조사 차량 중 1/3이 화물차였으며 이중 50% 이상이 소형화물차였음
 - 개방형 적재함 화물차 적재 상태를 분석한 결과 소형 및 중형 화물차에 비해 비정형 적재물을 주로 수송하는 대형 화물차의 ‘상부 초과’ 및 ‘측후면 초과’ 비율이 높았으나,
 - 적재물의 고정 상태는 소형, 중형, 대형 화물차 모두 적재물을 안전하게 고정하고 운행하는 경우는 30%도 되지 않았음
- 2018년 한국교통안전공단에서 우리나라 및 일본 도쿄에서 화물자동차 1,300여대를 대상으로 적재실태를 조사한 결과를 보면, 적재물을 고정하지 않고 도로를 주행하는 비율이 일본은 약12.8%였던 반면 우리나라는 53.4%로 나타남
 - 적재함이 설치된 ‘박스형’ 화물자동차와 적재함이 설치되지 않은 ‘카고형’ 화물차 가운데 일본의 경우 박스형 화물차 비율이 57.7%로 우리나라(26.7%)보다 높음
 - 카고형 화물차의 경우 적재된 화물이 떨어지지 않도록 덮개 및 고정장치 둘 다 사용한 경우는 우리나라에서 11.3%, 일본의 65.5%에 비해 낮게 나타남
- 2020년 한국도로공사에서 수행한 고속도로 진출입시설 안전관리실태 결과를 분석해보면, 적재물 덮개를 씌우지 않는 등 적재불량으로 고발이 가능한 화물차가 하이패스 나들목을 통하여 48시간 동안 79대에 이르러 시간당 1.6대의 적재불량차량이 아무런 제지 없이 고속도로를 이용하고 있음

■ 적재불량을 야기하는 개방형 적재함 화물차* 비중이 가장 큼

- 2019년 말 기준 전체 화물차 등록대수 3,592,586대 중 개방형 적재함 화물차는 2,602,666대 (72.4%)로 화물차 중 대다수를 차지하고 있음
- 화물차 등록대수를 유형별, 용도별, 톤수별로 살펴보면 일반형, 덤프형, 밴형에서 모두 1톤이하의 화물차가 가장 많은 것으로 나타남

[표 1-28] 유형, 용도에 따른 화물차 대수 현황

유형별	용도별	전체(대)
일반형	화물픽업형	309,178
	화물카고형1톤이하	1,779,618
	화물카고형3톤이하	174,183
	화물카고형5톤미만	131,632
	화물카고형8톤미만	75,068
	화물카고형10톤미만	13,203
	화물카고형12톤미만	7,824
	화물카고형12톤이상	56,892
	화물카고형계	2,238,420
	소계	2,547,598
덤프형	화물덤프형1톤이하	32,396
	화물덤프형5톤미만	15,324
	화물덤프형12톤미만	6,967
	화물덤프형12톤이상	381
	소계	55,068
밴형	화물밴형1톤이하	416,907
	화물밴형5톤미만	3,964
	화물밴형5톤이상	210
	소계	421,081

[참고] 개방형 적재함 화물차 [화물차 유형별 세부기준(자동차 관리법 시행규칙 제2조)]

- 일반형 화물차는 주로 카고 트럭으로 불리며 물품적재장치의 윗부분이 개방되어 있고, 측면과 후면은 적재함 바닥과 힌지로 연결하여 개방할 수 있는 구조로 신속한 상하차가 가능함
 - 덤프형 화물차는 적재함 한쪽을 들어올려 중력에 의해 화물이 쏟아져 내릴 수 있도록 한 트럭으로 적재함 상부는 개방되어 있으며,
 - 밴형 화물차는 주로 탑차로 불리며, 적재함 상부가 막힌 박스형으로 제작한 차량을 말함.
 - 특수용도형 화물차는 운송하는 화물 특성 및 사용 용도에 따라 적재함이나 적재대를 특수하게 제작한 차량으로 그 종류는 다양함
- * 즉, 개방형 적재함 화물차는 일반형, 덤프형 화물차 전체와 특수용도형 화물차 중 일부가 해당되며, 폐쇄형 적재함 화물차는 밴형 화물차 전체와 특수용도형 화물차 중 일부가 해당됨. 여기서는, 특수용도형 화물차 모두를 적재함 화물차에 포함

■ 적재불량 단속 활동 및 인력 운영의 한계 존재

- 과적 및 적재불량 차량 등 운행제한 차량에 대한 단속은 국토교통부 산하기관인 국토사무소와

한국도로공사 그리고 경찰청의 교통경찰관과 고속도로순찰대에서 수행중임

- 한국도로공사는 도로법 제77조 1항에 의거 동법 시행령 제79조에서 정하는 차량에 대하여 고속도로 진입을 단속하고 있고, 고속도로 순찰대는 도로교통법 제39조(승차 또는 적재의 방법과 제한)에 근거하여 위반 차량 발견시 '통고처분'으로 단속하고 있음
- 한국도로공사는 운행제한 차량에 대한 직접적인 단속권이 없어 적발된 차량에 대해서는 계도 및 고발조치를 취하고 있으며, 과적단속의 경우 고속도로 요금소의 계측장치와 이동식 축증기 확충 등을 통하여 지속적으로 과적차량에 대한 점검을 강화하고 있음
- 적재불량차량의 경우는 TCS차로의 경우 영업소 입구 근무자가 고속도로에 진입하는 적재불량차량을 대면 단속하고, 일반 하이패스 차로와 영업소 축증차로의 경우는 단속용 CCTV에 녹화된 영상자료를 사후 판독하여 적재불량차량을 선별하여 스마트국민제보(경찰청)로 고발 조치하고 있음
- 현재 AI 영상인식 기반 적재불량 자동단속시스템을 일부 축증차로에 구축하여 시범운영중에 있음
- 또한, 도로법 시행령 제79조에서 정하고 있는 운행 제한 차량 중 높이초과 차량은 고속도로 진입 시 레이저 센서를 이용하여 자동으로 단속하고 있으나 높이 외에 폭, 길이 등을 자동으로 검측하는 기술은 현재 적용되고 있지 않고 있으며 관련 근무자들의 육안 단속에 크게 의존하고 있음
- 국토교통부 산하기관 국토사무소에서는 '도로법'에 의거하여 국도상의 운행제한차량을 단속하고 있으며 국토사무소 관할 구역 내 국도의 고정식 검문소와 이동식 검문소를 통해 주로 과적차량 및 과적으로 인한 적재불량차량을 단속함
- 고정식 검문소는 산업단지 인근 주요 국도에 설치되어 있으며, 저속축증기, 계증기 등을 설치하여 과적 및 과적 적재에 의한 적재불량차량을 단속함
- 이동식 단속은 관할 구역 내 도로의 여건, 화물차량의 통행량 및 통행시간을 고려하여 관할 구간을 순찰하며 과적이 의심되는 차량에 대해 이동식 축증기 및 줄자 등으로 과적, 차량의 재원등을 측정하고 있음
- 경찰의 경우, 단속장비(이동식 축증기, 계증기 등) 미비로 인해 실질적으로 과적단속은 이루어지고 있지 않으며, 육안으로 판단 가능한 운행제한차량을 단속함

■ 적재불량으로 인한 사고 위험 여전히 노출

- 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로에서 적재불량 단속 및 낙하물 수거현황을 살펴보면, 운전자들은 낙하물 사고의 위험에 노출되어 있음

[표 1-29] 적재불량 단속 현황, 한국도로공사

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
소계(건)	96,491	72,120	75,641	78,532	80,352
계도·화차	29,061	31,121	34,892	35,061	35,566
경찰고발	67,430	40,999	40,749	43,471	44,786

[표 1-30] 낙하물 수거현황, 한국도로공사

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
수거건수(건)	227,341	276,523	254,352	256,716	251,548

- 이처럼, 교통안전에 지대한 영향을 끼치는 개방형 화물차의 적재불량에 대한 단속은 관리자의 육안으로만 추진되다보니 단속의 한계가 발생하고 있음
- 특히, 국도의 경우 도로관리자가 적재불량차량을 단속 할 수 있는 방법이 존재하지 않는 실정으로 적재불량차량이 국도를 통행하기 수월한 상태임
- 다차로 하이패스 확대, 스마트 톨링 시스템 구현 등으로 “적재불량 개방형 소형화물차”의 고속 도로진입 관리 약화는 고속 주행 시 교통안전에 큰 위험을 끼칠 수 있음
- 이에, “적재불량 개방형 화물차”에 대한 적절한 검측 및 통제 기술이 도입되어야 하며 도로법에서는 제한하고 있지만, 현재 육안으로만 단속하여 단속실적이 전무한 길이 16.7m(굴절 또는 연결차 19m), 폭 3m 이상인 차량에 대한 자동계측 시스템이 개발되어야 함

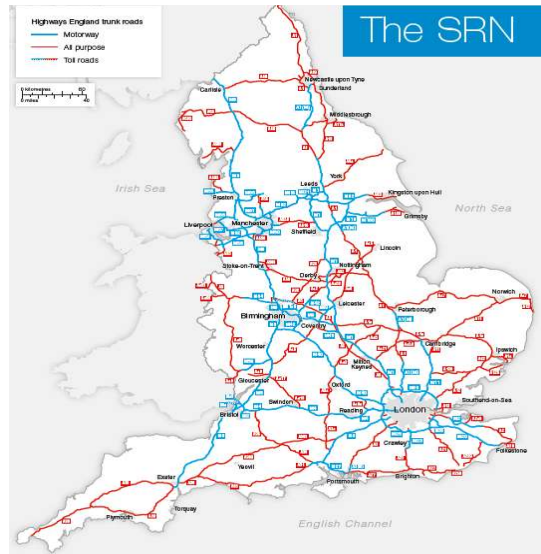
2-2-3. 화물차 전략노선

■ 전략도로(Strategic Road)

- 영국 교통부는 전략도로망(SRN : Strategic Road Network)이라는 개념을 수립하여 인프라 관리와 투자를 효율적으로 진행하고 있음
- 전략도로망은 4,432마일의 고속도로와 A도로로 구성되어 있으며, 잉글랜드 총 도로망의 약 2.6%를 차지하지만 가장 빈번하게 이용되는 도로망으로 총 도로통행량의 33%를 차지하고, 하루 400만대 이상의 차량이 화물 및 여객을 수송함
- 1년 동안 약 10억 톤의 화물이 전략도로망으로 운송되었으며, 다른 모든 도로와 교통수단을 합친 것보다 더 많았으며 통행량은 1993년 이후 50% 이상 증가했으며, 2041년 까지 31% 더 성장할 것으로 예상하고 있음
- 이러한 전략도로망의 지속적 관리와 투자 효율을 위해 주요 성과 지표를 설정하고 관리하고 있으며, 전략도로망 투자와 관리를 위한 5개년 계획인 ‘Road Investment Strategy 2(RIS2) : 2020-2025’를 수립하였음

[표 1-31] 전략도로망 주요 성과 지표 및 성과(2016~17년)

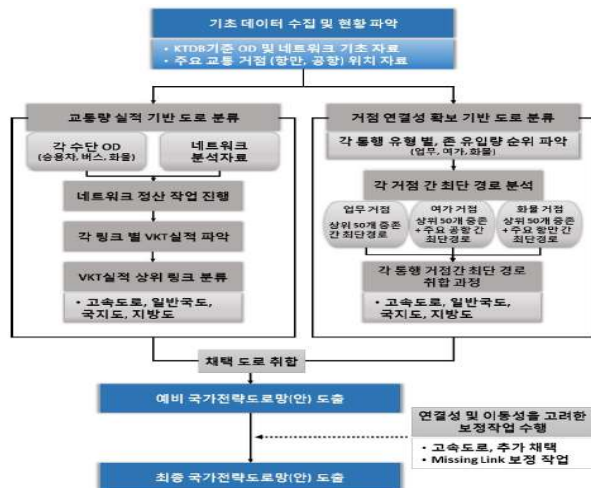
성과 지표	2016~17년 실적
2020년 말까지 사망 또는 중상자 수 40% 감소	6.1% 증가
도로 사용자 만족도 90% 달성	89.11%
포장의 95%가 보수가 필요하지 않은 상태로 유지	94.3%
원활한 교통 흐름을 위해 연간 97%의 차로 가용성 보장	98.41%
2020년까지 최소 12억 1,200만 파운드의 자본 지출 절감	1억 3,900만 파운드 절감
평균 지연(차량마일 당) 시간 보고	차량마일 당 8.95초 지연
2020년까지 소음 발생 지역 1,150곳 이상 완화	73개 소음 지역 완화



[그림 1-36] 잉글랜드 전략도로망(SRN)

● 국가전략도로망 지정 및 관리방안(국토연구원, 2017)

- 국토연구원에서는 기존 도로등급별 운영의 한계를 보완하고 도로의 종합적 관리 및 새로운 SOC 정책 기조에 부합하기 위해 ‘국가전략도로망’이라는 개념을 제시하고 연구하였음
- 국가전략도로망을 ‘각 통행 거점 간 신속한 이동성과 안전성 그리고 환경성 등의 보장을 통하여 국가 경쟁력강화와 국민생활 편의 증진에 핵심적으로 기여하고 있는 도로망’으로 정의하고 교통량 중심의 주요 간선도로를 선정함
- 이를 통해 KTDB에 구성된 32,264km의 도로 중 24.4%인 7,879km를 국가전략도로망(안)으로 제안하고 보다 과학적 방법론 개발을 통한 국가전략도로망 선정·관리 필요성과 SOC 예산의 효율적 집행을 위해 전략도로망 개념의 도입의 필요성 제시



[그림 I-37] 국가전략도로망(안) 선정 절차



[그림 I-38] 국가전략도로망(안) 도출 결과

● 국가 전략간선도로축의 지정 및 운영방안 - 수도권을 중심으로(한국교통연구원, 2017)

- 한국교통연구원에서는 국가 여객 및 물류 흐름에 중요한 역할을 담당하는 간선도로에 대하여 질 높은 이동서비스를 제공을 위해 국가간선도로망의 투자 및 운영의 혁신적인 효율화 방안을 마련하고, 이용량이 높은 도로에 대해 국가 전략간선도로축을 지정하여 이를 중앙정부에서 집중적으로 관리함으로써 도로의 품질을 높이고 수준 높은 도로 서비스를 제공하고자 '전략간선도로축' 개념을 제시하고 연구하였음
- 이 연구에서는 고속도로 및 민자도로를 제외한 수도권 지역에 한해 교통량 중심의 주행경로를 분석하여 국가 전략간선축을 선정하였음
- 간선도로축에 대해 통일된 관리체계를 구축하고, 중요도에 따라 전략축의 등급을 구분하며, 도로망의 시설 보완 및 유지관리 필요성을 제안하였음



[그림 I-39] 연구 추진 절차

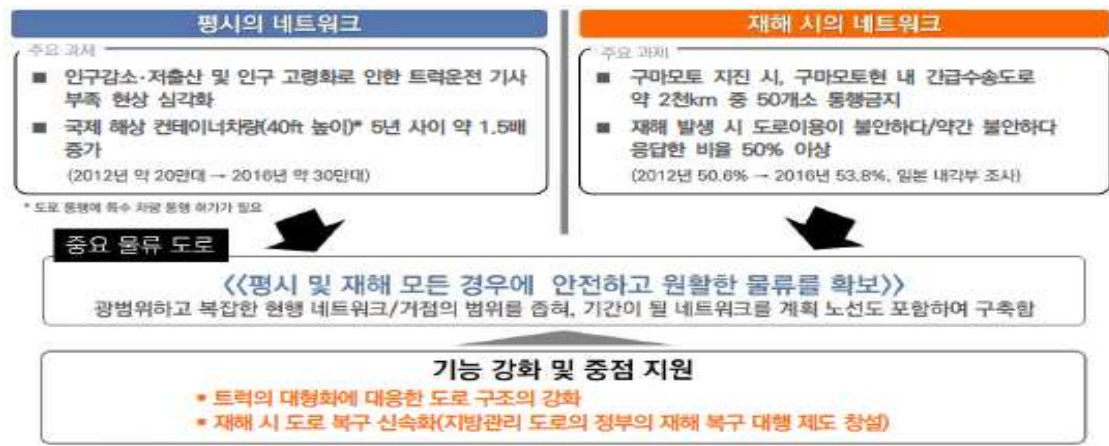


[그림 I-40] 국가 전략간선도로축 선정 결과

■ 물류 중점도로

● 일본의 중요물류도로

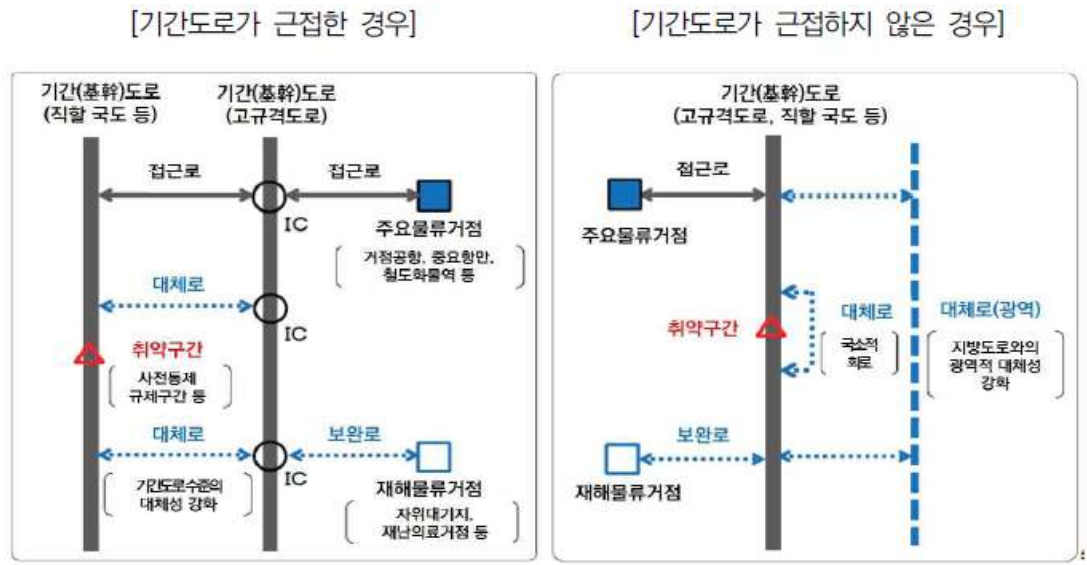
- 일본 재무성은 경제 선순환 확대와 대규모 재해 시 네트워크 확보의 관점에서 도로 정책에서 차지하는 물류의 중요성이 높아짐에 따라 2019년 예산 중 “효율적인 물류 네트워크 강화” 항목에 전년도 대비 29% 증액된 4374억 엔(약 4조 5천억 원)을 배정하였음
- 이와 함께 일본 국토교통성도 물류 네트워크 강화, 물류 시스템 효율화 등의 대책을 국가의 주요 시책으로 내걸고 2018년 3월 도로법 개정을 통해 안정적인 도로 물류망 확보를 목적으로 하는 ‘중요물류도로’ 제도를 수립함



[자료] 물류중점도로 해외 사례 및 시사점(국토연구원, 2019)

[그림 1-41] 일본 중요물류도로 개념

- 중요물류도로는 평상시와 재해 시에 있어서 중요한 물류 거점을 연결하는 간선도로와 접근도로를 중요물류도로로 지정하고 필요한 기능 강화 및 지원책을 실시하는 제도임
 - 초대형 트럭이 원활하게 통행함으로써 효율적인 물류수송이 이루어질 수 있도록 도로 인프라의 하드웨어(시설 구조 등), 소프트웨어(네트워크, 운영방안) 정비 추진전략이 포함됨
- * 기존 약 10만km에 걸쳐 지정된 긴급수송도로가 대형 재난 발생 시 제대로 된 기능을 하지 못한다는 문제를 네트워크 재구성을 통해 해결
 - * 또한 재난의 유형 및 피해 정도와 관계없이 국가 차원에서 신속히 복구를 진행할 수 있도록 도로법 개정
 - * 국제 해상 컨테이너 적재 트럭의 급격한 증가 및 상용차의 대형화에 대응하기 위한 도로 인프라 구조 강화



[자료] 물류중점도로 해외 사례 및 시사점(국토연구원, 2019)

[그림 1-42] 중요물류도로 선정 예시

- 2019년 4월 약 3만 5천km 구간이 중요물류도로로 선정되었으며, 대체로 및 보완로는 약 1만 5천km를 지정하였음

* 약 87.1% 구간이 고규격간선도로 및 직할도로를 대상으로 지정되었으며 그 외 약 4500km 구간은 주요 거점지역의 라스트 마일(Last Mile) 기능을 하는 도로가 선정됨

- 2019년 7월 국제 해상 컨테이너를 운반 대형 차량이 특별한 허가 없이 도로를 통행할 수 있는 도로 구간을 지정하여 공표하였음. 도로 관리자가 도로인프라 구조 등의 관점에서 지장이 없다고 인정하는 구간에 한정하여 일정 이상의 요건을 충족하는 특수 차량 통행 허가가 불필요하도록 조치하였음

● 유럽의 e-하이웨이

- 유럽연합은 지속가능한 사회로의 전환을 위해서 내연기관차의 생산을 중단함으로써 운송 부문의 화석연료 사용을 줄이려는 시도 중이며, 이러한 노력의 일환으로 화물 운송차량의 탈화석연료화가 시급하나 배터리의 한계로 인해 전기차량의 상용화에 한계가 있었음
- 이러한 문제를 해결하고자 전력을 충전하며 달릴 수 있는 도로, ERS(Electric Road System)가 등장하였으며 화물운송 중심의 팬터그래프식 전기충전도로인 e-하이웨이가 유럽 및 미국에서 실증되고 있음

* 팬터그래프식(Pantograph concept 또는 Conductive overhead)의 경우 열차 및 전차에 전력을 공급하는 데 사용되는 시스템과 유사하며 이미 오랜 기간 입증된 안정적인 기술 유형으로 ERS에서는 트럭 위의 팬터그래프를 통해 전력을 공급 받는 형태임

* 기존의 도로인프라에 전력선만 구축함으로써 비내연 화물차의 주행이 가능토록 하며 승용차와 트럭의 혼재 상황에서도 본선의 교통 흐름에 큰 영향이 미치지 않는 반면 현재의 설계 개념으로는 중형차량(버스 및 트럭)을 대상으로만 적용할 수 있다는 한계 존재

- 시스템의 설치비용이 비교적 낮고 운영 효율성이 높으며 안정적으로 유지관리 할 수 있는 팬터그래프식 전기충전도로는 현재 e-하이웨이의 명칭으로 스웨덴, 미국, 독일에서 실증중

[표 1-32] e-하이웨이 실증 추진 현황

스웨덴	미 국	독 일
		
2016년 6월 세계 최초의 e-하이웨이 개통 및 실증 시작(E16 고속도로: 2km) 스카니아사가 제작한 하이브리드 트럭 사용 스웨덴 교통국(Trafikverket)의 자금 지원 프로젝트	2017년 11월 남부 캘리포니아 고속도로 실증 시작(1.6km) 다양한 대체 연료 기술을 갖춘 하이브리드 트럭 테스트 LA 롱비치 인근 항구와 철도를 연결하는 화물운송 처리를 위해 운영	2019년 5월 프랑크푸르트 근처의 아우토반 6마일(약 10km) 구간 개통 지멘스사가 건설을 담당하였으며 독일 정부의 1400만 유로(17억 원) 투입 2022년까지 실증 실험 진행

■ 화물차 전용차로(Truck Only Lane)

● 캘리포니아 I-5

- 미국은 화물차 전용차로가 거의 없으나, 캘리포니아에서는 2개의 화물차 전용차로를 운영하고 있음
 - * Northbound and southbound I-5 in Los Angeles County at the State Route 14 split. 약 2.5마일 구간에 운영 중이며, 경사로에서 저속의 화물차를 일반 교통류와 분리하기 위한 목적. 약 30년간 운영 중
 - * Southbound I-5 in Kern County at the State Route 99 junction near the Grapevine. 약 0.35마일 구간이며, I-5, 99의 차량 합류부 하류에 화물차 합류부를 배치
- 화물차 전용차로에서는 화물차는 해당 차로로 강제로 이동하게 되나, 일반 승용차는 화물차 전용차로 사용이 금지되는 것은 아님

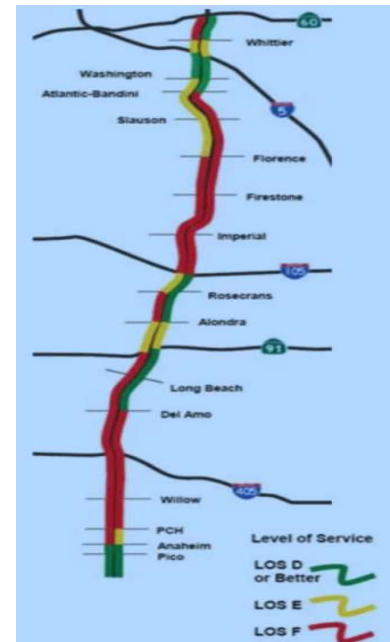


[그림 1-43] 캘리포니아 화물차 전용차로

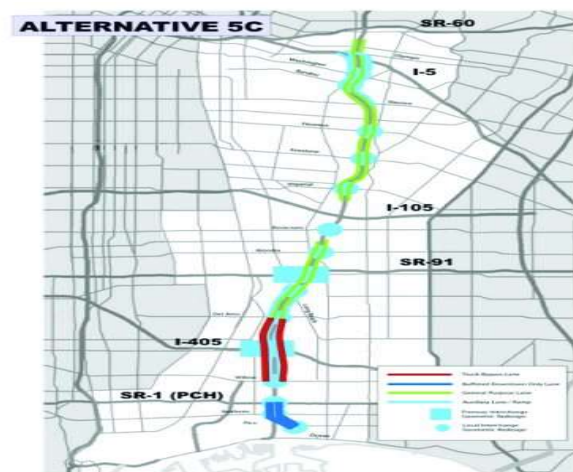
- 화물차 전용차로의 최고 제한속도는 55mph이며, 대상 차량은 차축이 3개 이상인 트럭, 트레일러, 폭발물 운반 차량, 스쿨버스 등이며, 세부적인 사항은 캘리포니아 차량법 22406조(Section 22406 of California's Vehicle Code)에서 정의하고 있음

● 캘리포니아 I-710 Corridor Project

- 캘리포니아 교통부(Caltrans)와 로스앤젤레스 카운티 교통국(Metro)은 롱비치 항과 버논을 연결하는 18마일의 고속도로(I-710) 개량 및 확장계획 수립
- I-710은 두 지역의 물동량 이동을 담당하는 주요 도로이며, 화물차 뿐만 아니라 지역 이동 차량 등으로 인해 병목현상과 혼잡이 발생함. 실제로 I-710의 많은 구간이 하루 종일 서비스수준(LOS) E 또는 F를 나타냄
- 항구 지역의 물동량은 2008년 1,400만 TEU였으나, 2035년에는 약 4,300만 TEU로 증가할 것으로 예상됨. I-710은 화물차의 주요 이동 경로로 지속적으로 이용될 것이며, 혼잡이 가중될 것으로 예상됨
- 이에 따라 2018년 3월 1일 로스앤젤레스 카운티 교통국 이사회는 I-710을 현대화하기 위해 개선 프로젝트를 승인했으며, 60억 달러의 예산을 통해 화물차 우회 차로(Truck Bypass Lane), 대기질 개선, 보행자 이동성 향상 등을 추진할 계획
- 특히 Willow - Del Amo 구간에 화물차 우회 차로를 설치하여, 화물차 전용차로를 운영할 계획임



[그림 I-44] I-710 서비스수준



[그림 I-45] I-710 Corridor Project에서 승인된 Alternative 5C

● 조지아 I-75

- 조지아주 교통부(GDOT)는 사바나 항구가 계속 확장됨에 따라 혼잡한 I-75 North에서 2040년까지 화물차 통행량이 2배가 될 것으로 예상하고 있음

- 이에 따른 혼잡 완화를 위해 18억 달러의 비용으로 Macon에서 애틀랜타 남동쪽의 McDonough까지 I-75 / 475에 화물차 전용차로를 건설할 예정임
- 40마일 구간에 화물차 진출입을 위한 입구와 출구가 있고 물리적 장벽으로 일반 차선과 분리할 계획이며, 통행료는 부과하지 않을 예정임
- 화물차 전용차로는 2024년에 I-75 Commercial Vehicle Lanes project를 통해 건설을 시작하여 2028년에 완료될 예정이며, 화물차 전용차로를 통해 정체를 40% 줄일 수 있을 것으로 기대하고 있음

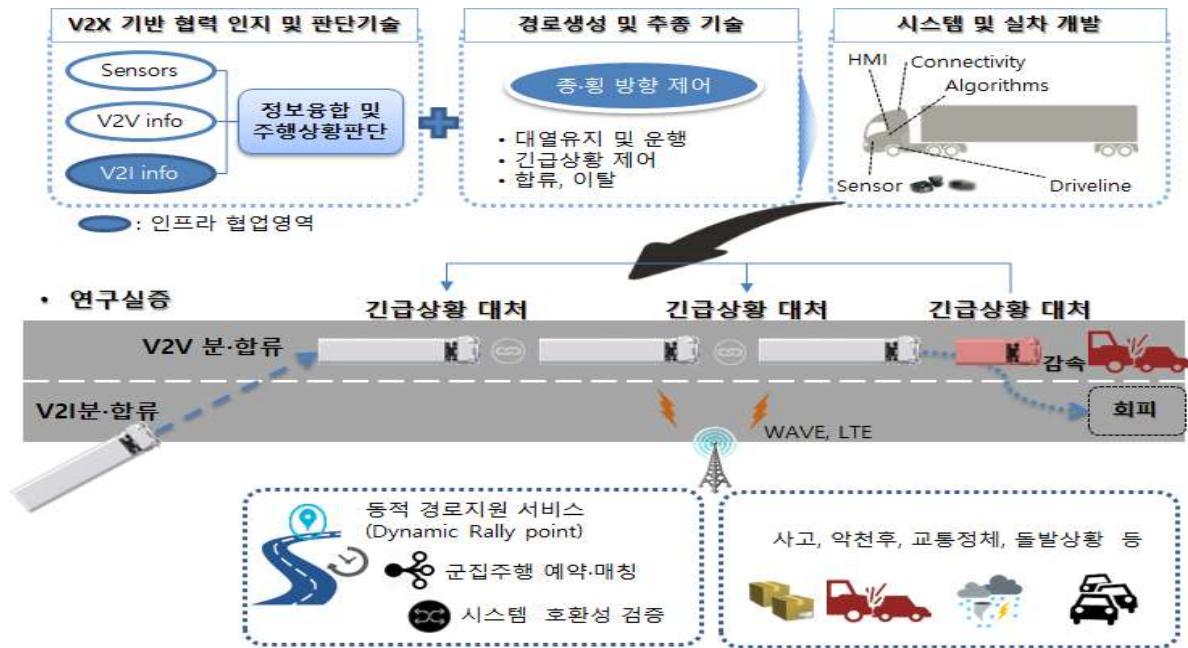


[그림 1-46] I-75 화물차 전용차로 구간 및 조감도

2-2-4. 화물차 군집주행

■ [국내] 화물차 군집주행 기술개발

- 국내에서는 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 차량과 협력하여 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발을 진행중
 - (차량제어) 안정적인 연결성(V2X)을 유지하며, 기본적인 동작모드(합류 · 이탈, 긴급/이상 상황)별 주행시나리오에 의해 통합적으로 인지 · 판단 · 제어를 실행하는 차량기술 개발
 - (인프라) 도로교통 정보 인프라(V2X)가 지원되는 자동차전용도로에서 실시간 위치기반으로 도로교통 정보를 제공하며, 다양한 서비스 시나리오를 통해 군집주행의 안전성과 효율성(군집형성 등)을 향상하는 서비스 인프라 시스템 개발 및 연구실증



[그림 I-47] V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술개발

- * 화물차종류 : 6×2 트랙터 + 트레일러(40ft)가 연결된 화물차량
- * 차량속도 : 90km/h
- * 차량간격 : 0.5s(Time gap)
- * 최대 군집대열 대수 : 3대
- * 대상으로 : 자율협력주행, C-ITS 시설물이 설치된 자동차 전용도로

■ [국내] 현대차, 대형트럭 고속도로 군집주행 국내 최초 시연

- 2019년 11월 현대자동차가 국내 최초로 고속도로 내 대형트럭 군집주행(Platooning) 시연
이 시연은 2018년부터 시작된 국토교통부 주관의 정부과제의 일환으로, 해당 정부과제에는 국토교통부 외 한국도로공사, 현대자동차, 국민대학교 등 민관산학이 함께 참여
- 시연은 여주 스마트하이웨이(여주시험도로)에서 트레일러가 연결된 최대중량 40톤급 대형트럭 엑시언트 2대로 진행



[그림 I-48] 대형트럭 고속도로 군집주행 국내 최초 시연

- 시연 기술은 ▲군집주행 생성 ▲타 차량 컷 인/컷 아웃(Cut-in/Cut-out) ▲동시 긴급 제동 ▲V2V(Vehicle to Vehicle : 차량 대 차량) 통신 기술 등으로 안전을 위해 최고 속도는 60km/h로 제한
- 군집주행 모드로 전환된 이후 후방 트럭은 최소 16.7m 간격을 유지하며 앞에 가는 차량의 가속, 감속에 맞춰 실시간 제어가 이뤄지며, 운전자는 엑셀레이터 및 브레이크 페달에 발을 올려 놓을 필요가 없어 운전 피로도 경감
- 현대자동차는 국토교통부 주관의 대형트럭 군집주행 정부과제 수행을 통해 군집차량 차간거리 축소, 도로교통 인프라 정보 활용 등 고 단계의 군집주행 기술 개발에 역량을 집중할 계획
- 현대차는 지난해 8월 현대글로벌비스와 협업, 영동고속도로와 제2경인고속도로 40km 구간에서 실제 해외로 수출되는 자동차 부품을 탑재한 대형트럭으로 자율주행 기술 시연에 성공하였으며 당시 구현 기술은 자율주행 3단계(미국자동차공학회(SAE) 기준) 수준

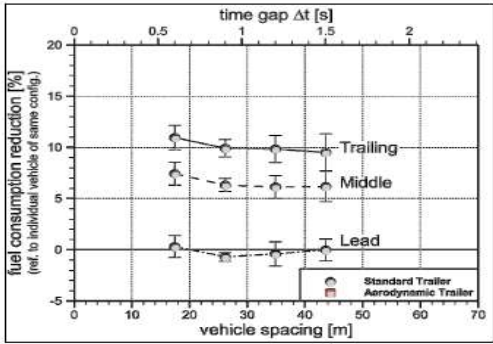
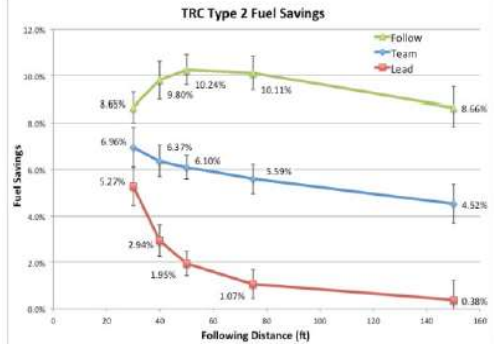
■ [미국] 미국은 교통부(ITS JPO) 주도로 COOPERATIVE AUTOMATION 연구를 추진하고 있으며, 이중 화물차 연료비 절감 10%를 목표로 군집주행 기술개발 중



[그림 I-49] Cooperative Automation 연구 개요

- CACC Platooning(SAE Lv.1) 군집주행 기술개발은 2개 컨소시엄(Caltrans/Volvo, Auburn Univ/Peterbilt)을 통해 기술개발을 완료하였으며, 이를 통해 연비절감 효과를 검증함

[표 1-33] 군집주행 컨소시엄 기술개발 내용

구분	Caltrans/Volvo	Auburn Univ/Peterbilt
대열구성	3대	2대
연비 절감효과	– 최대 11% 절감 	최대 10.24% 절감 
특이 사항	– ACC기능 장착 – 전방차량은 수동운전 또는 ACC적용 – 차량간격은 time headway 사용 – 운전자 친화형	– 비즈니스 케이스 분석 – 공기역학 시뮬레이션 및 분석 – 군집대열 형성 모델링 – 교통영향 모델링

- 현재 수행중인 군집주행 관련 연구는 ‘Truck Platooning Human Factors Study’, ‘Truck Platooning Impacts on Bridges(1단계 구조안전), Truck Platooning Early Deployment Assessments(1단계) 연구를 수행 중

[표 1-34] 군집주행 관련 연구 및 내용

구분	내용
Truck Platooning Human Factors Study	• Question – How will other road users respond to and navigate around a “wall of trucks” on the freeway? • Approach – Driving Simulator study with test subjects. • Focus areas, impacts on – Merging in between, ahead of, or behind platoon trucks. Visibility of road signs. • Variables – Number of trucks and spacing between trucks. Displays on trucks or roadside indicating truck platoon operation status.
Truck Platooning Impacts on Bridges	• Objective – Recommend load models for bridge evaluation – Propose design specification modifications • Interim reports – Parametric Analysis (Spring 2019) – Sample Bridge Analysis (Fall 2019) – Proposed Load Rating Methodology (Spring 2020) – Potential Impacts of Platooning on Design (Spring 2020)
Truck Platooning Early Deployment Assessments	• Goal – To measure the safety and operational impacts of truck platooning on truck drivers, surrounding traffic and infrastructure on select public roadways. • Strategy – Partner with industry, shippers, and state agencies and leverage planned early deployments of truck platooning. • Approach-Issue a two-phase Broad Agency Announcement – Phase 1: Develop plans and proposal for evaluation of in-service truck platoons. Up to 3 awards, 9-month period of performance. – Phase 2 : Conduct evaluation. Number of awards TBD, only Phase 1 awardees eligible.

■ [유럽] 유럽연합은 SARTRE, COMPANION, Euro Truck Platooning Challenge, ENSEMBLE 프로젝트를 기술개발 단계에 따라 순차적으로 진행하고 있음

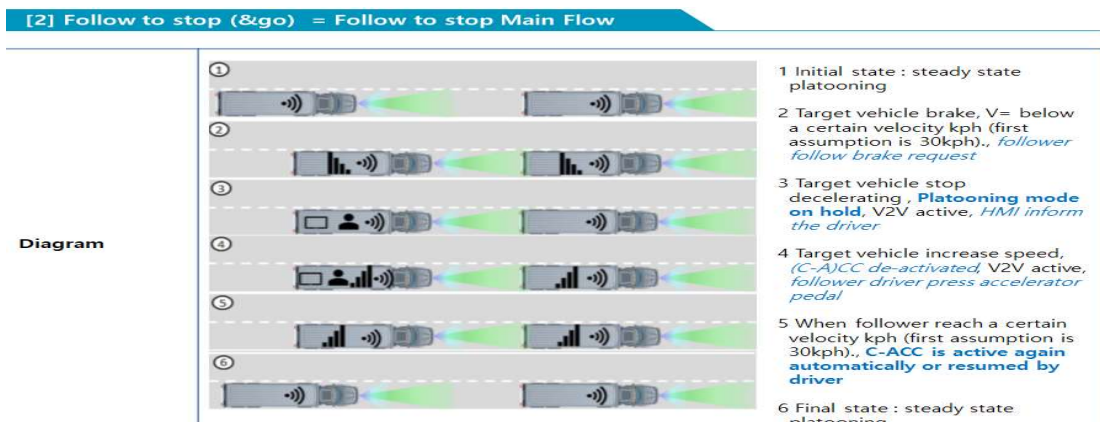
- SARTRE 연구에서는 군집차량 기술개발에 초점을 맞추어 기술개발을 진행하였고, COMPANION에서는 개발된 군집주행 기술을 적용시키기 위한 인프라와의 협력방안을 모색하였으며, Euro Truck Platooning Challenge에서는 이때까지의 연구성과를 바탕으로한 군집주행 성능검증과 사회적수용성 향상을 위한 대규모 챌린지를 계획하고 실행하였음
- 마지막으로 ENSEMBLE 프로젝트는 군집주행 표준마련을 위한 연구과제로 이때까지의 군집주행이 단일 브랜드간의 군집대열형성이라면 향후 상용화를 위해 이종 브랜드간 군집대열 형성을 위한 상호호환성 및 표준마련을 목표로 함
- 따라서 현행 군집주행 기술 연구개발을 위해서는 ENSEMBLE 프로젝트의 중간결과 등을 모니터링할 필요성이 있음
- (ENSEMBLE 프로젝트) 2020년 Multi-Brand기반 실제물류도로에서 정보 교환 및 안전중심의 군집주행 실행
 - TNO 주관으로 유럽 6개 OEM(DAF, DAMLER, IVECO, MAN, SCANIA, VOLVO), 부품업체, 물류업체, 자동차 협의, 법규기관 등 참여
 - 개발 내용
 - ①실제 물류에서 C-ITS통신을 사용한 Multi-Brand기반 군집주행의 견고성 입증
 - ②Multi-Brand 간 상호 운용성, 강인성, 신뢰성 보장의 군집주행 시스템 개발
 - ③군집주행 기능 및 전략에 대한 표준화
 - ④군집주행 통신 규약과 메시지, 안전 메커니즘의 표준화
 - ⑤지능형 교통 및 물류 정보 시스템과의 통합
 - ⑥효율성 향상을 위한 군집화 전략/물류 최적화 분석
 - ⑦교통흐름에 대한 영향도 분석
 - (단계별 연구성과 공개) 복수 완성차의 공통 표준인 White Label 트럭내용 공개 및 안전 및 운영서비스와 연계된 SOTIF (Safety Of The Intended Functionality) 등 내용 발표

[표 1-35] 군집주행 사용사례 및 레벨 정의

구분	내용
D2.2 V1 Platooning use-cases, scenario definition and Platooning Levels	군집주행 레벨정의
D2.4 Functional specification for white-label truck	white-label 트럭 플랫폼 요구 사항 및 사양에 대한 정의
D2.8 Platooning protocol definition and Communication strategy	플랫폼화 지원 계층 프로토콜 정의
D2.6 Functional specification for intelligent infrastructure & Platooning coordination services - Strategic and Services Layers	인프라 연계기술 개발

세부내용

· 군집주행 Use-Case



· ENSEMBLE 군집주행 레벨

구분	Platoon level A	Platoon level B	Platoon level C
Longitudinal automation	Leading truck: manual or advanced assist system (e.g. ACC) Following & trailing vehicle: Autonomous longitudinal control (CACC, CAEB, Cxxx, ..)	Leading truck: manual or advanced assist system (e.g. ACC) Following & trailing vehicle: Autonomous longitudinal control (CACC, CAEB, Cxxx, ..)	Leading truck: manual or advanced assist system (e.g. ACC) Following & trailing vehicle: Autonomous longitudinal control (CACC, CAEB, Cxxx, ..)
Lateral automation	Driver Optionally: in lane by system (standalone vehicle)	<i>In lane + lane changes (coordinated)</i>	<i>Full automation from A to B</i>
Operation area	Triggered by driver in dedicated areas (e.g. highway)	<i>Dedicated areas (e.g. highway)</i>	<i>Dedicated areas (e.g. highway + parking areas)</i>
Fault tolerance	Longitudinal degradation functionality	<i>Longitudinal & lateral degradation functionality</i>	<i>Longitudinal & lateral degradation functionality</i>
Platoon engaging	Only from behind (by single truck & existing platoon)	<i>From behind (by single truck & existing platoon) and from the front by single truck</i>	<i>From behind (by single truck & existing platoon), from the front by single truck and merging of single trucks in existing platoon</i>
System & environment monitoring	System itself + Driver (environment)	System itself	System itself
Fall-back of the DDT (dynamic driving task)	Driver; as long it is safe and the driver can react in time	System (for x seconds)	System

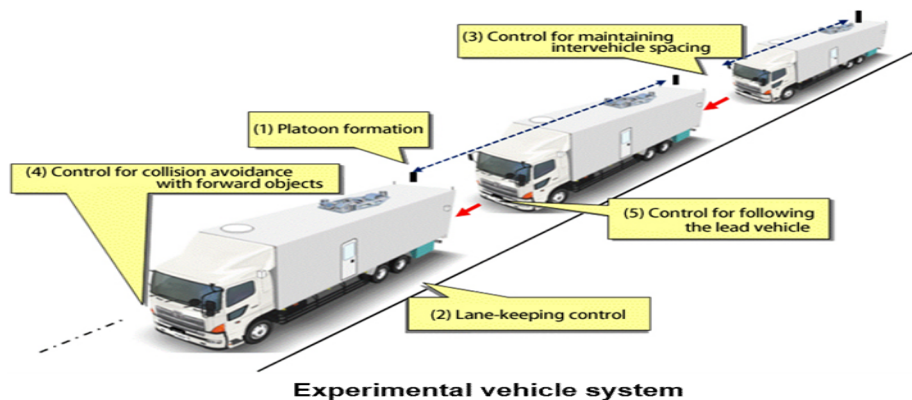
※ 공개자료 예시

Name	Category	Description
D2.10	Deliverables	Iterative Process Document and "Item Definition"
D2.1	Deliverables	Requirements Review from EU projects
D2.11	Deliverables	Fist version Hazard Analysis and Risk Assessment and Functional Safety Concept
D2.13	Deliverables	SOTIF Safety Concept
D2.2	Deliverables	V1 Platooning usecases, scenario definition and Platooning Levels
D2.4	Deliverables	Functional specification for white-label truck (Operational & Tactical layers)
D2.6	Deliverables	V1 Functional specification for intelligent infrastructure (Strategic/Services layers)

■ [일본] 정부 주도로 다양한 과제 및 프로그램 시행 중

- 일본 경제성 주관의 국가과제인 Energy ITS는 군집주행 차량기술개발과 에너지 절감을 위한 ITS 기술개발을 목적으로 2012년까지 연구개발을 추진함

* 비공용도로에서 차량속도 80kph, 차량간격 10m로 테스트하는 것을 목표로 수립하였으며, 연구수행결과 연비절감 효과는 15%로 측정되고 시뮬레이션 결과 도로용량은 40% 증대되는 것으로 결과도출



[그림 I-50] Energy ITS Platooning Concept(일본 경제성)

- 일본은 SIP-Adus 전략프로그램을 마련하고 군집주행 연구개발 로드맵을 수립 단계별로 현재 연구를 수행하고 있음
- * SAE Lv.2 기술개발은 2021년을 목표로 하고 있으며 추종차량이 무인화가 되는 기술은 2022년 이후 개발하는 것으로 목표를 정하고 있음

[Table 5] Expected timing of commercialization and service of automated driving systems^{※1}

	Level	Technology expected to be realized (example)	Expected timing of commercialization etc.
Sophistication of automated driving technologies			
Private vehicle	Level 2	Semi-autopilot	By 2020
	Level 3	Autopilot	Circa 2020 ^{※3}
	Level 4	Fully automated driving on expressways	Circa 2025 ^{※3}
Logistics service	Level 2 and above	Truck platooning on expressways with the trailing vehicle being manned by a driver	By 2021
		Truck platooning on expressways with the trailing vehicle being unmanned	From 2022
	Level 4	Fully automated driving of trucks on expressways	From 2025 ^{※3}
Transport service	Level 4 ^{※2}	Unmanned autonomous driving transport services in specified areas	By 2020
	Level 2 and above	Automated driving of buses on expressways	From 2022
Sophistication of driving support technologies			
Private vehicle		Sophisticated driving safety support systems (tentative name)	(early 2020s) It may vary depending on future discussions.

(※1) At the expected timing of commercialization, technologies of remote automated driving systems and automated driving systems of Level 3 and above must be consistent with treaties concerning road traffic. In addition, the expected timing of commercialization shall be reviewed based on the domestic and overseas industrial and technology trends, including overseas trends in the development of automated driving systems.

(※2) Though unmanned autonomous driving transport systems range from SAE Level 0 to 5 by definition, it is expected that the unmanned autonomous driving transport system of Level 4 will be realized by 2020.

(※3) The timing is set as a target time by which the government should make efforts to enable commercialization by private companies.

[그림 1-51] 자동 운전 시스템의 상용화 및 서비스 예상 시기

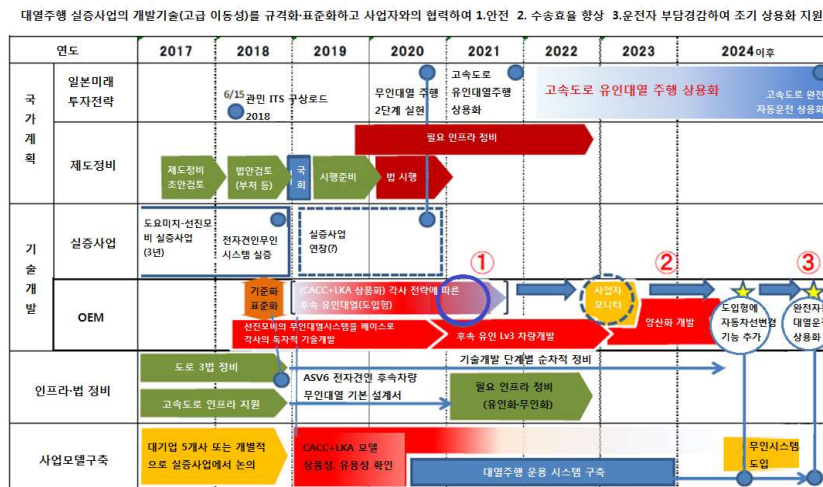
- 세부 기술개발 목표를 살펴보면 연차별로 아래와 같음

[표 1-36] 연차별 세부 기술개발 목표

구분	목표
2021년	CACC+LKA 기능개발(차량간격 30~35m)
2023년	중·횡방향 동기화 (속도 80kph 차량간격 22m)
2025년	추종차량 무인화 및 차량간격 10m

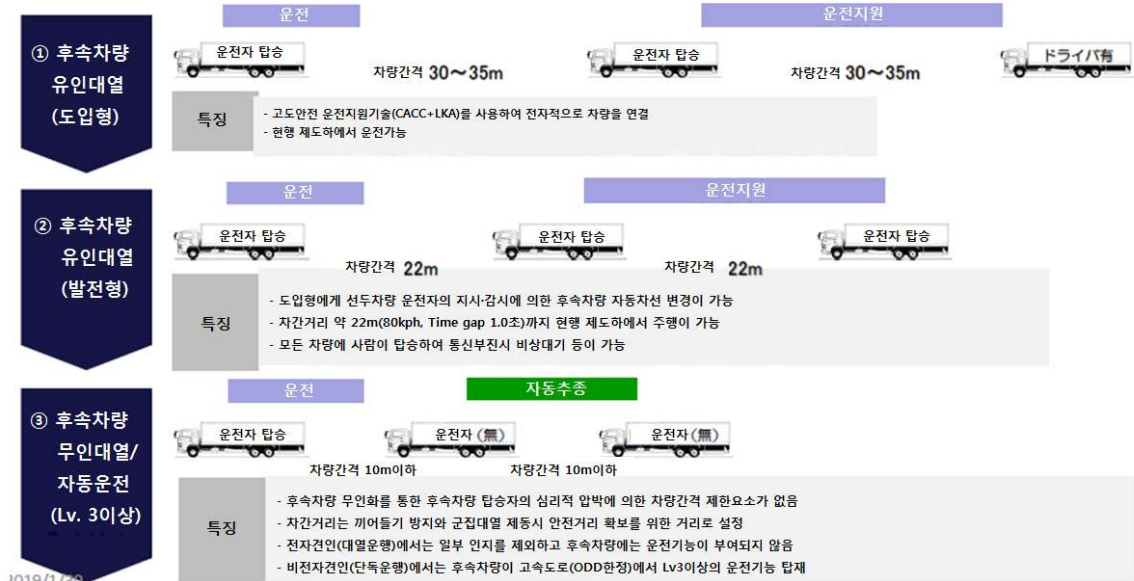
· 기술개발 로드맵

자동차 공업협회 트럭 대열주행 로드맵



自工会 大型車技術企画検討会

· OEM 기술개발 세부내용



● 자동 운전에 따른 도로 공간의 모습¹⁸⁾

- 고속도로에서 트럭 대열주행에 관한 일본 정부의 목표는 2020년도에 신토메이 고속도로에서 후속 차량 무인 대열주행을 기술적으로 실현하고, 2021년까지 고속도로에서 후속 차량 유인 대열주행의 상업화, 2022년도 이후에 고속도로 (도쿄~오사카 간)의 후속 차량 무인 대열주행 상용화를 실현하는 것
- 2017년도부터 국토교통성과 경제산업성이 신토메이 고속도로와 죠신에츠 자동차도로에서 실시한 후속 차량 유인 대열주행 시스템 실증실험에서는 노면의 구획선이 사라지거나, 분기점의 점선 불연속 등에 의한 차선 인지 오차 및 각 차량의 가감속 성능의 차이 등에 의한 차간거리 유지 제어 편차 등의 과제가 있음을 확인. 또한, 분합류부와 차선 감소부에서 주변 차량이 유입 어렵거나 대열차량 사이에 인터럽트 사례 발생, 인터럽트 차량이 대열차량 사이에 장시간 체류 등의 문제를 확인
- 또한 2018년도부터 실시된 후속 차량 무인 대열주행 시스템 실증실험에서는 고정밀 GPS를 이용한 GPS 위치 정확도의 저하에 의한 차선 유지 정밀도 저하, 강우, 강설, 짙은 안개 등 날씨의 변화에 따른 센서에 미치는 영향, SA/PA에서 보행자와의 뒤엎힘, 대열 연장이 길어서 합류부에서 일반차량과의 뒤엎힘 등의 과제가 확인됨

18) 자동 운전에 따른 도로 공간의 모습 "중간 보고서 - 정부 목표 달성을 위해 도로 인프라가 시급하게 해결해야 할 사항 제언 -" (2019년 11월26일, 자동 운전에 따른 도로 공간에 관한 검토회)



[그림 1-52] 일본의 관민 ITS 구상과 연도별 추진 로드맵

● 고속도로 트럭 대열주행 시스템을 위한 추가 검토사항

- (상용화 보급시 전용 주행공간의 확보) 상업화후의 보급 상황을 주시하면서 대열차량의 증가에 따라 일반 차량과의 뒤열힘 등 안전성 확보의 관점에서 구조적으로 분리하는 등 전용 주행공간의 확보에 대해 검토

전용 주행공간에서는 트럭 대열주행 이외에도 현재 이중 연결 트럭과 자가용 자동차의 자동운전 (레벨 3 이상) 자동차의 보급 등도 고려한 활용에 대한 검토

- (GPS 위치 정확도 저하 대책을 위한 지원) 고정밀 GPS를 포함한 GNSS 및 고정밀 3차원 지도 등 위치 정보의 오차를 보정하기 위해 정확한 위치 정보를 제공하는 위치 표지판 및 그 위치 정보를 정기적으로 취득할 수 있는 시스템을 구축

터널, 고가하부 등 특정된 장소나 구간의 GNSS 측위 정밀도 저하에 대응하기 위해 자석 마커의 정비 등에 의해 인프라 측면에서 자기위치 특정을 지원

- (물류 거점의 정비) 일반 차량이나 보행자와 대열 차량의 뒤열힘을 방지하기 위해 대열 형성·분리 공간을 갖춘 물류 거점 등의 정비에 대해 검토해야한다. 이때 기존의 SA/PA 확충, 민간 물류시설의 활용 등을 포함한 도로 관리자와 물류 업계의 역할 분담을 검토. 미래에 물류 거점뿐만 아니라 고속버스 이용자의 거점이 될 가능성도 감안하는 것이 중요
- (합류 지원 시설) 전용의 주행공간이 확보될 때까지 일반 교통의 혼재가 예상되므로 특히 합류부에서 합류 지원 시스템이나 해외에서도 도입이 확산되고 있는 램프 미터링 등

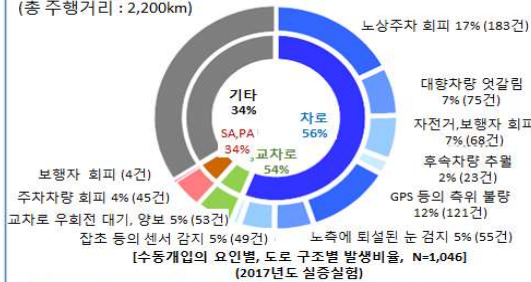
- 기술적·제도적 검증, 안전성의 확인을 신속하게 진행

주행 차선 전방의 장애물에 대해 여유를 가지고 차선 변경을 할 수 있도록 예측 정보의 제공에 대해 검토하는 것이 중요

실증실험에서 확인된 과제

일반도로 제한지역

•자율운전을 계속할 수 없는 사건에 의한 수동개입 발생
(총 주행거리 : 2,200km)



진로 노상 주차에 의한 수동개입 (183건)



진행방향 보행자로 인한 수동개입 (68건)



GPS 등의 측위 불량으로 인한 수동개입 (121건)



노측에 퇴설된 눈 검지로 인한 수동개입 (55건)

고속도로 대열 주행

•대형차량의 합류 저해



합류하는 대형차량(버스)에 대해 대열트럭이 본선 측에서 접근했기 때문에 버스나 트럭(일반차량)이 합류하지 못하고 정차



•GPS 측위 정밀도의 저하

	평균(m)	최대 (m)	σ(m)
본선	0.17	0.53	0.08
강릉시본선	0.08	0.31	0.07
차로변경	0.20	0.44	0.06
좌우분류	0.05	0.37	0.07



방음터널(신동명고속)

자율운전에 필요한 측위 정밀도(0.5m)은 대체로 확보. 교량이나 네트 통과시 측위 정밀도 저하 (최대 0.53m)

•SA/PA내 보행자와 얽힘



SA/PA 주행중 도로를 횡단하는 보행자가 차량에 접근했기 때문에 드라이버에 의한 조작(브레이크 제어)



주요 실증 실험의 개요

중산간 지역의 휴게소 등을 거점으로 한
자율운전 서비스 실증 실험

- 전국 미치노에키(道の駅) (1160개)의 약 80 %가 중산간 지역
- 휴게소 주변에 병원이나 쇼핑 시설 등 일상 생활에 필요한 기능 집적

•휴게소 등을 거점으로 한 자율 운전 서비스 실증 실험

- 2017년~ : 단기 실증실험 (1 주일 정도)
⇒ 전국 18개소에서 실시
- 2018년~ : 장기 실증실험 (1 ~ 2개월 정도)
⇒ 현재 전국 6 곳에서 실시
- 2020년까지 사회구현 목표

<기술적 검증>



전용 주행 공간 확보 방안



도로 차량 연계기술 검증

<비즈니스 모델의 검증>



貨客 혼재에 의한 농산물 등의 수송



IC 카드에 의한 요금징수채산성 검증

고속도로 대열 주행 실증 실험

- 트럭 운전사 부족 문제에 대한 해결책으로 선두 차량만 유인
- 후속차량은 무인인 트럭 대열 주행을 실현 기대

•주로 신토메이 고속도로에서 실증실험 실시

- 2017년 : 후속 차량 유인 실증실험 (연장 약 63km)
- 2018년 : 후속 차량 무인 시스템 실증실험 (연장 약 63km)
- R 원년 : 후속 차량 무인 시스템 실증실험 (6/25~)
(실험 구간 연장 약 133km, 다양한 주행 환경)

<2018년 공용도로 실증실험>



•최대3대 대열 형성

- 모든 차량에 운전자가 탑승하여 드라이버 책임에서 운전
- 운전지원기술 (CACC ※ 1)에 의해 가속 브레이크 자동 제어 가능
- 선행 차량 추적 시스템은 추종주행, 차로유지·차로변경 자동제어 가능

(※1) CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control) : 協調型車間距離維持支援システム
通信で先行車の車両制御情報を受信し、加速減速調整や車間距離を一定に保つ機能

중간보고 (안)에서 정부 목표 조기 달성을 위한 향후 정책

정부 목표

일반도로 제한지역

제한지역에서의 무인 자동운전 이동 서비스 (레벨 4) 2020년 까지
" (대상 지역 및 범위 등의 확대) 2025년 목표

고속도로 대열주행

후속차량 유인 대열주행 시스템의 상용화 2021년 까지
후속차량 무인 대열주행 시스템의 상용화 2022년 이후

• 자기 위치 특정을 위한 인프라의 지원



유도선에 의한 도로 차량
맞춤형 지원



자석 마커에 의한 버스 정류장 등에
안정적인 진입 제어를 위한 인프라 지원

• 자동운전에 대응한 주행 공간의 확보

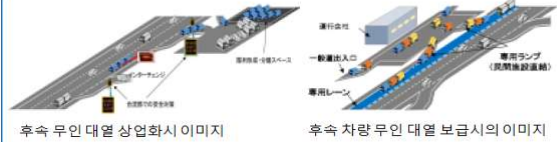


자동운전 차량이 주행하는 것을 명시한
노면 표시 도안 통일



히타치 BRT 사례 (이바라키 현 히타치시)

지역 요구를 근거로 전용 공간에서 다른 차선
에서 진입을 막기 위한 분리시설 등의 구조



후속 무인 대열 상용화시 이미지

후속 차량 무인 대열 보급시의 이미지

• 상용화 보급시 전용 주행 공간의 확보

- 일반 차량과의 뒤임 등 안전성 확보를 통한 전용 주행 공간의 확보

• GPS 측위 정밀도 저하 대책을 위한 지원

- 자기 위치 특정을 위한 위치 표지판 및 위치 정보를 얻을 수 있는 시스템
- 터널, 고가 하부 등 GPS 위치 정확도 저하시 자석 마커의 정비 등



측위 보정 표지판(독일)

• 물류 거점의 정비

- 대열 형성·분리 공간을 갖춘 물류 거점 등의 정비

• 합류 지원 시설의 정비

- 전용 공간이 확보될 때까지 합류부에서 합류 지원 시스템과 램프 미터링 등의 기술적 제도적 검증

[그림 1-53] 실증실험 확인과제 및 개요 및 정부 목표 조기 달성을 위한 향후 정책

■ [국외] 화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 영향 분석

- MANTRA¹⁹⁾ 프로젝트 최종보고서에서는 화물차 군집주행에 따른 도로인프라의 영향에 대한 내용을 분석²⁰⁾
 - 화물차 군집주행 운영으로 인한 도로인프라 영향측면에서 자동화가 증가함에 따라 일종의 진화가 예상된다는 것이 분명한 점. 한 가지 예는 차량제한 시스템 (vehicle restraint system)과 같은 안전보호 장비(equipment)에 대한 요구사항임. 레벨 2 platoon의 경우 차량제한 시스템은 강화가 필요할 수 있으므로 레벨 2 platoon은 아마도 적절한 차량 제한 시스템이 장착된 특정 경로에서만 가능할 것
 - 그러나 레벨 4 platoon (자동 타이어 압력 모니터링 시스템 사용) 및 인적 오류 기능성의 제거로 인해 기본적으로 차량제한 시스템을 모두 수동적으로 보호할 필요는 없음. 또한 단속은 앞으로 더 중요한 역할을 할 것임이 분명하며 단속은 connectivity and automation (예, 트럭이 적재를 더 많이 할 경우 비활성화 시작)을 통해 막대한 편익을 얻을 수 있음

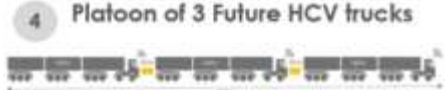
19) MANTRA : Making full use of Automation for National Transport and Road Authorities – NRA Core Business

20) Consequences of automation functions to infrastructure. Deliverable D4.2, April 2020

[표 I-37] 트럭 platoon에 따른 결과와 필요한 변화

		Platoon of 2 common truck+trailers 3		Platoon of 3 Future HCV trucks 4	
		Consequences	Necessary changes	Consequences	Necessary changes
Pavement	Asphalt pavement	차축 사이의 포장 이완 기간이 짧아져 열화에 대한 더 큰 영향 (rutting, 미끄럼 저항) 예상. 북부 국가에서는 스파이크 타이어로 인한 추가 영향. 수명주기 모델 및 포장관리 시스템을 잠재적으로 조정할 수 있음. Rutting에 대한 영향은 후속 차량의 측면 트랙 정확도에 따라 크게 좌우됨.	초기 연구에 따르면 대안으로 사전 정의된 휠 경로 오프셋을 통한 잠재적 긍정 효과는 성능 저하를 방지하는 데 도움이 될 수 있음. 이 결과는 교통관리 방안에 대한 잠재력뿐만 아니라 추가 평가 필요.	차축 사이의 포장 이완 기간이 짧아져 열화에 대한 더 큰 영향 (rutting, 미끄럼 저항) 예상. 북부 국가에서는 스파이크 타이어로 인한 추가 영향. 수명주기 모델 및 포장관리 시스템을 잠재적으로 조정할 수 있음. Rutting에 대한 영향은 후속 차량의 측면 트랙 정확도에 따라 크게 좌우됨.	초기 연구에 따르면 대안으로 사전 정의된 휠 경로 오프셋을 통한 잠재적 긍정 효과는 성능 저하를 방지하는 데 도움이 될 수 있음. 이 결과는 교통관리 방안에 대한 잠재력뿐만 아니라 추가 평가 필요.
	Concrete pavement	추가된 차축의 조인트에 대한 스트레스 증가. 차축하중이 콘크리트 포장에 영향을 초과하지 않을 경우 변화는 없음	휠 경로에서 조인트 강화에 대한 연구 필요	추가된 차축의 조인트에 대한 스트레스 증가. 차축하중이 콘크리트 포장에 영향을 초과하지 않을 경우 변화는 없음	휠 경로에서 조인트 강화에 대한 연구 필요
	Ramps and junctions	램프와 정선에 진입할 때는 platoon을 해제해야 함. 치수 및 중량 제한은 기존 트럭과 동일하므로 새로운 영향 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	램프와 정선에 진입할 때는 platoon을 해제해야 함. 현재 개별 차량의 길이 (25.5m)는 여전히 최대 값 초과. 각 국가는 25.5m 길이의 HCV에 대한 램프 및 정선의 설계변수를 평가해야 함. 자세한 조사 필요.	NRA는 이러한 트럭들의 진출입이 가능한 설계 변수를 위한 교통관리 규정을 수립하기 위해 경사로 설계에 대한 자세한 정보 필요
	Emergency bays /Shoulder	비상 주차대는 ODD 요건에 따라 이상적으로는 500m보다 또는 넓은 길어깨가 있어야 함. 비상 주차대의 길이는 200m 이상이어야 함.	각 NRA는 현재 네트워크를 평가하고 잠재적 platoon 경로를 결정.	비상 주차대는 ODD 요건에 따라 이상적으로는 500m보다 또는 넓은 길어깨가 있어야 함. 비상 주차대의 길이는 400m 이상이어야 함.	각 NRA는 현재 네트워크를 평가하고 잠재적 platoon 경로를 결정.
	Road marking	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
	General road design	원형 교차로, 경사, 곡선 등 platoon에 도전과제가 될 가능성이 있음.	가시거리, 경사, 곡선의 새로운 정의. 비상 주차대 필요성 증가로 도로 횡단면에도 영향. 그러나 platoon이 유리한 특정 대중 교통경로를 식별하는 대신 전체 네트워크에 대해 이 모든 것을	HCV platoon은 어느 곳에서나 운행할 수 없음. HCV platoon이 원형 교차로, 경사, 곡선 등을 통과할 수 없는 경우가 있음.	가능한 특정 지역에서만. 도로 네트워크 평가 필요. 경로를 구성하는 교통관리. 별도의 차선이 필요할 수 있음.

		Platoon of 2 common truck+trailers 3 		4 Platoon of 3 Future HCV trucks 	
		Consequences	Necessary changes	Consequences	Necessary changes
			변경하는 것은 너무 과함.		
	Rest areas/service stations	휴식시간이 짧기 때문에 장기적으로 공간이 줄어들 수 있음.	즉각적인 변화 확인되지 않음	주차면 길이가 충분하지 않을 수 있음	주차 슬롯(길이)에 대한 설계 지침 평가
Bridges	Bridge structures	이동하는 platoon의 총 동적 하중은 기존 교량 설계 시나리오를 초과. 오래된 교량은 잠재적으로 재계산 및 강화 조치가 필요할 수 있음.	교량 검사를 기반으로 필요한 교량 평가. 잠재적으로 제한 필요.	이동하는 platoon의 총 동적 하중은 기존 교량 설계 시나리오를 초과. 오래된 교량은 잠재적으로 재계산 및 강화 조치가 필요할 수 있음.	교량 검사를 기반으로 필요한 교량 평가. 잠재적으로 제한 필요.
	Joints/Dilatations	추가 차축은 조인트 전후 팽창력을 증가시켜 팽창 전후의 도로 결함 위험을 높임.	개발 모니터링, 추가 연구 필요	추가 차축은 조인트 전후 팽창력을 증가시켜 팽창 전후의 도로 결함 위험을 높임.	개발 모니터링, 추가 연구 필요
	Bearings	이동하는 platoon의 총 동적 하중은 기존 교량 설계 시나리오를 초과. 오래된 교량은 잠재적으로 재계산 및 강화 조치가 필요할 수 있음.	교량 검사를 기반으로 필요한 교량 평가. 잠재적 제한 필요.	이동하는 platoon의 총 동적 하중은 기존 교량 설계 시나리오를 초과. 오래된 교량은 잠재적으로 재계산 및 강화 조치가 필요할 수 있음.	교량 검사를 기반으로 필요한 교량 평가. 잠재적 제한 필요.
	Rails	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
Tunnels	Structure	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
	Tunnel wall finish	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
	Ventilation	없음	즉각적인 변화가 확인되지 않았습니다	밀집된 트럭 수에 따라 비상 환기시스템 재평가가 필요할 수 있음. 환기 시스템을 업그레이드해야 할 수도 있음.	공기역학과 흐름 평가 연구 필요
	Lighting	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
	Emergency system	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	적합성 확인을 위한 모니터링 시스템	잠재적으로 터널 전방에서 platoon 해체 요청. 특히 장 터널 (tunnel directive and above)에서는 새로운 비상 라우팅 및 시스템이 필요할 수 있음. Platoon내 주행 트럭 수가 많아 화재 보	Platoon이 해체되지 않을 경우 경보를 설정하기 위한 교통관리 및 모니터링 시스템 설치

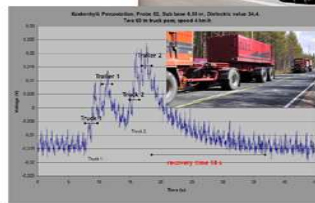
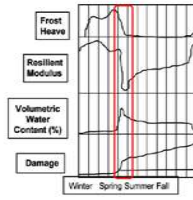
					
		Consequences	Necessary changes	Consequences	Necessary changes
				호 문제	
Road equipment & Drainage	Road signs (non-digital)	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화가 확인되지 않음. 디지털 복제를 보장하기 위한 TN-ITS 표준. 비현실적이고 필요하지 않은 것으로 간주되는 범 EU 차원의 표시 표준화.	ODD 요구사항에 따라, 운영에 따른 추가 결과 없음	즉각적인 변화가 확인되지 않음. 디지털 복제를 보장하기 위한 TN-ITS 표준. 비현실적이고 필요하지 않은 것으로 간주되는 범 EU 차원의 표시 표준화.
	Gantries	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	없음	즉각적인 변화가 확인되지 않았습니다
	Vehicle restraint systems	특히 중요한 지역 (교량, 댐)에서 차량제한 시스템을 강화하고 더 높은 하중에 대한 새로운 표준 필요. 운전자 실수가 여전히 발생하므로 L2에서 특히 중요.	허용 경로를 신중하게 선택. 위험구역 차량제한 시스템의 개선 또는 교통관리 방법 개선	즉각적인 변화가 확인되지 않음. 디지털 복제를 보장하기 위한 TN-ITS 표준. 비현실적이고 필요하지 않은 것으로 간주되는 범 EU 차원의 표시 표준화.	L4 트럭에 타이어 압력 모니터링 시스템이 있어야 함. 특정 경로만 추가 평가 필요
	Noise protection walls	추가적인 소음이 현 방음벽 설계변수를 넘어설 수 있음.	소음 연구 수행, 잠재적 추가 소음 차단 요구사항	추가적인 소음이 현 방음벽 설계변수를 넘어설 수 있음.	소음연구 수행, 잠재적 추가 소음차단 요구사항
	Road drainage	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음	없음	즉각적인 변화 확인되지 않음
Toll systems		모든 곳에서 자동화된 차선 필요. 잠재적으로 새로운 통행료 범주 구현.	새 범주를 식별하는 기능. 충격은 더 높은 통행료로 정당화.	모든 곳에서 자동화된 차선 필요. 잠재적으로 새로운 통행료 범주 구현.	새 범주를 식별하는 기능. 충격은 더 높은 통행료로 정당화.

- 자율주행기술의 발전에 따라 나타날 것으로 우려되는 또 다른 부작용 중 하나는 도로 포장과 관련된 이슈라 할 수 있음. 이는 비단 도로 포장만 관련된 것이 아니라, 차량의 하중이 커다란 영향을 미치는 교량과 같은 구조물에도 영향을 미칠 것으로 판단됨. 특히, 자율주행기술 중 가장 먼저 상업화가 실현될 분야의 하나로 여겨지는 화물차 군집주행(Truck Platooning)이 도입될 경우 이러한 영향은 더욱 빠르게 다가올 것으로 예측
- 이와 관련된 연구는 거의 이루어지지 않고 있어 도로관리 및 운영기관에서는 자율주행에 따른 도로 포장 및 구조물의 안전성 확보 방안 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단.
- 다음 그림은 핀란드에서 진행한 연구내용으로 화물차 군집주행에 따른 도로 포장 파손과 이에 대한 대안을 제시한 내용으로 향후 이러한 부분에 대하여 지속적인 관심과 연구 개발이 필요할 것으로 판단²¹⁾

AUTONOMOUS VEHICLES AND ROAD MAINTENANCE - CHALLENGES

PLATOON DRIVING PROBLEMS:

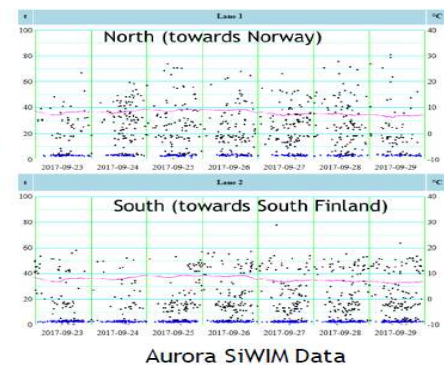
- seasonal changes (porewater pressure)
- weak subgrade soils (pumping)



What should the EC and local authorities take into account when giving regulations and licensing CAD (Connected and Automated Driving) and heavy traffic?

- Problems related to tyre wander have to be solved for both trucks (deformations) and cars (studded tyres or polishing)
- Platoon driving on weak subgrade roads, during spring thaw and after freeze-thaw
- Mandatory reporting and control systems:
 1. Truck total weights
 2. Axle weights
 3. Tyre pressures
 4. The use of winter tyres

Liabilities

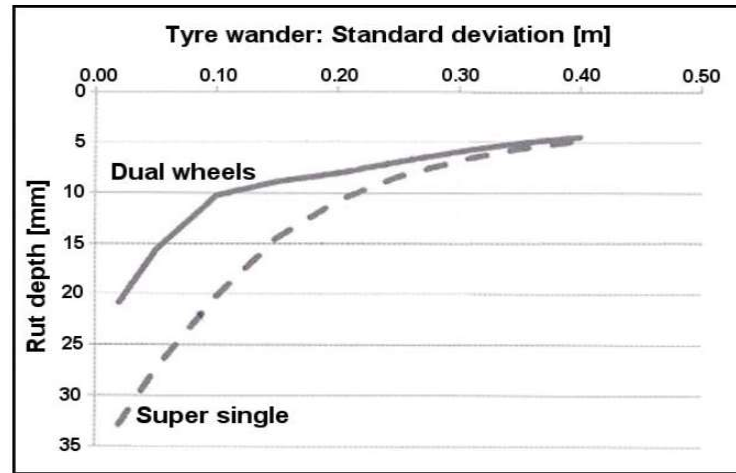


[자료] Roads for Intelligent Transport, Timo Saarenketo. PhD. Adj.Prof, CEO, Roadscanners Group Copyright

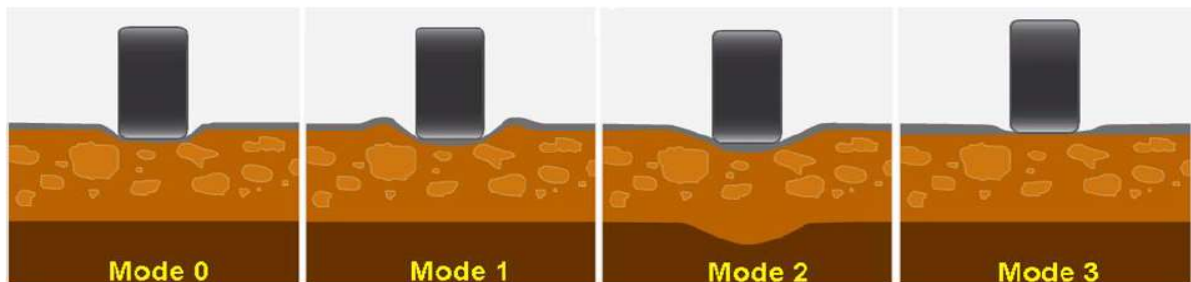
[그림 1-54] 화물차 군집주행과 도로포장 영향

- 도로 포장구조에 대한 화물차 군집주행의 부정적인 영향은 대략적으로 a) tyre wander(타이어가 주행중 좌우로 이동하는 현상)의 감소로 인한 영향 및 b) platoon의 영향으로 구분할 수 있음
 - 자율주행차량의 Tyre wander 감소는 인간 운전자의 경우 3.5m 폭의 차로에서 횡방향으로 약 40cm의 편차로 운전하는 반면 자율주행차량의 경우 도로 횡단면의 동일한 구역을 지속적으로 정확하게 주행하게 됨을 의미. 북유럽 국가들 승용차의 경우 타이어에 장착된 stud로 인한 포장 rutting의 증가를 야기 시킬 것. 다른 나라들에서는 포장면의 급속한 polishing과 마찰력 감소 문제를 야기 시킬 수 있음
 - 중차량의 경우 tyre wander 감소로 인해 특히 bound layer가 상대적으로 얇은 층 (< 200mm)에서 급격한 포장 피로 증가가 발생하고 장기적으로는 더 깊은 심도의 포장까지 영향을 미치게 될 것. 한편 Platooning의 경우는 연약한 subgrade에서 pumping 문제를 발생시킬 수 있으며 봄철 해빙기동안 공극수압(pore water pressure)의 증가로 인한 영구적인 변형으로 이어질 것(Saarenketo 2018c)

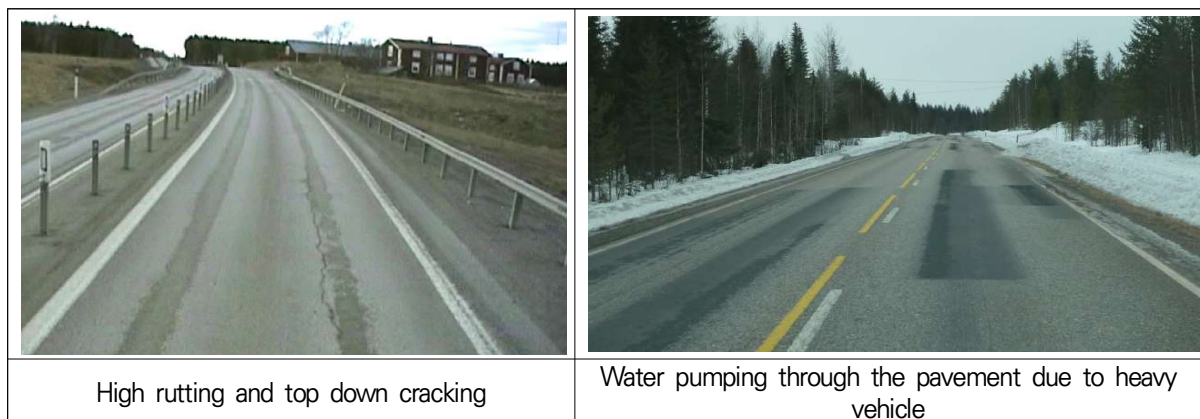
- Tyre wander와 포장 파손(rut)과의 관계는 다음 그림을 통해서 확인할 수 있듯이 타이어의 횡방향 이동이 적을수록 포장 파손은 급속이 일어나 최대 6배 이상 도로 포장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상²²⁾



[그림 1-55] Effect of tyre wander on pavement rutting (Said, 2013)



[그림 1-56] The ROADEx rutting classifications



[그림 1-57] 화물차 차축과 타이어 위치에 따른 도로포장 영향

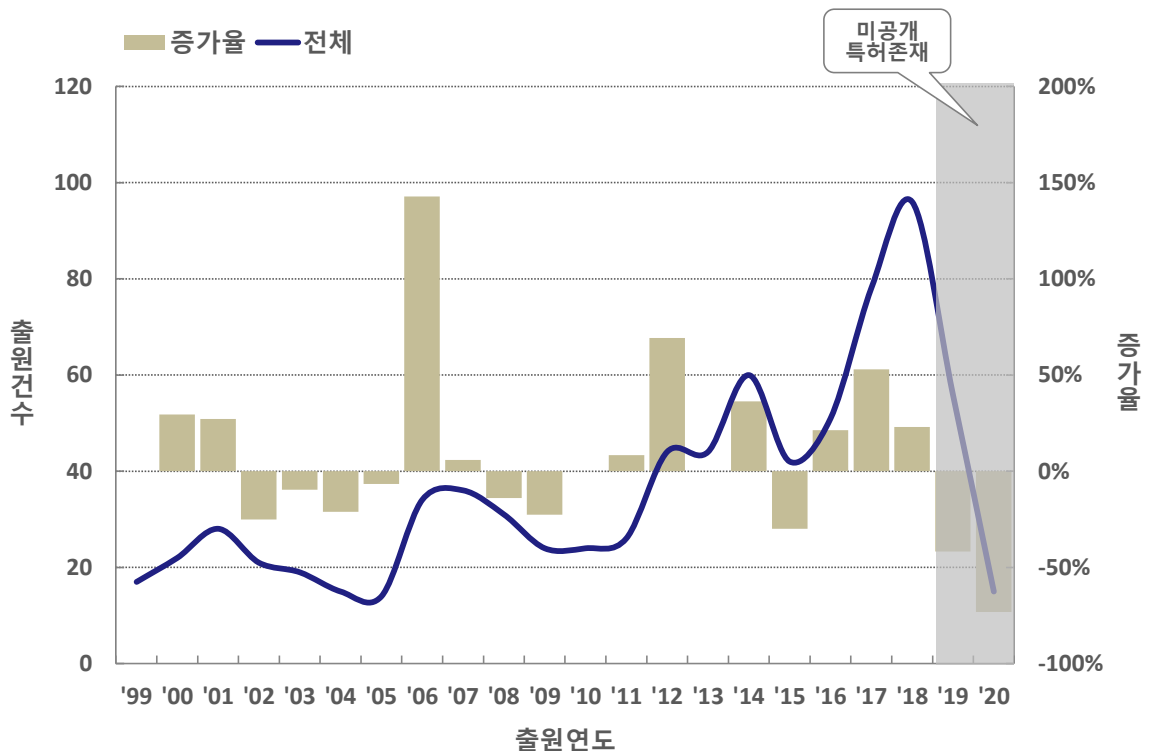
22) EFFECT OF AXLE AND TYRE CONFIGURATIONS ON PAVEMENT DURABILITY-A PRESTUDY. Petri Varin, Timo Saarenketo. 2014

2-3. 특허분석

2-3-1. 국가별 특허분석

■ 전체 특허동향

- (전체 연도별 특허동향) 출원연도를 기준으로 화물차 안전운행 기술(BA)에 대한 출원건수 현황과 출원 증가율을 통해 출원 증감 추이를 살펴봄



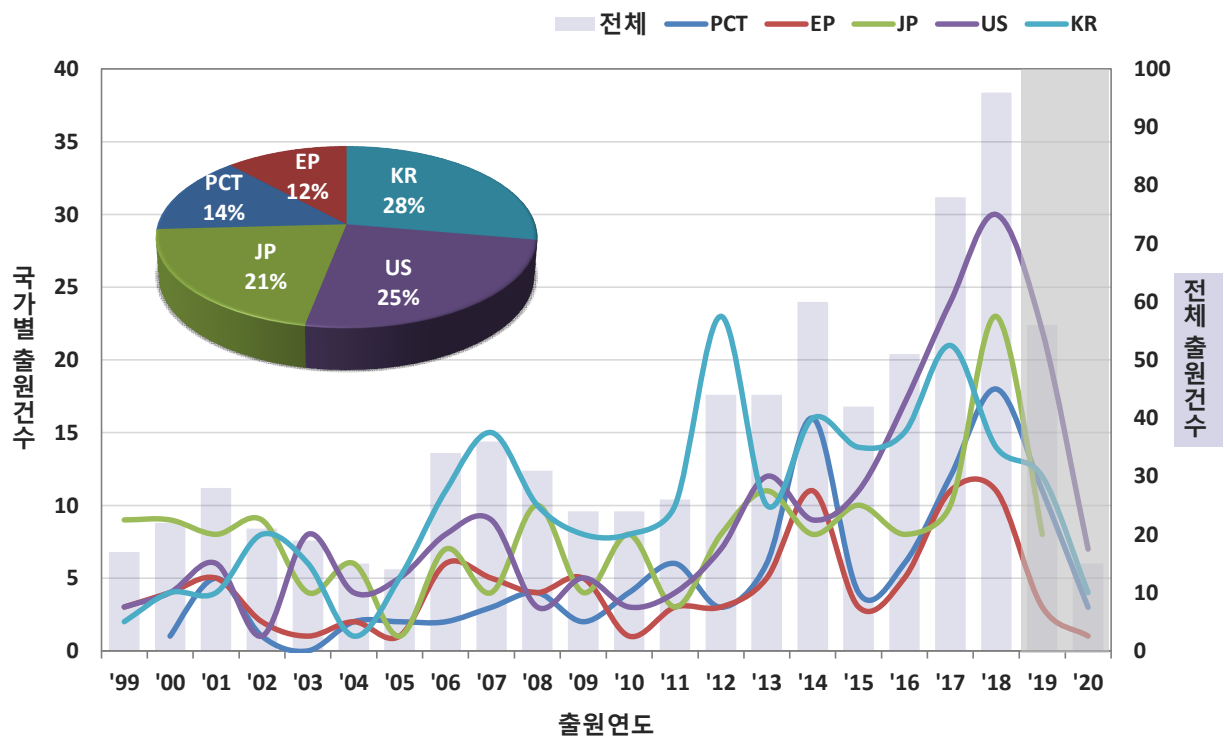
[그림 1-58] 화물차 안전운행 기술(BA) 연도별 특허동향

- 화물차 안전운행 기술(BA)분야 특허 797건에 대한 출원연도별 특허동향*을 살펴보면, 1999년 이후, 다소의 증가, 감소를 반복하다 2018년 가장 많은 특허출원이 이루어지며, 전반적으로 증가추이를 보이고 있음

* 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있어, 2019~2020년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로, 2018년까지의 유효데이터를 기준으로 의미를 파악함

■ 출원국 특허동향

- (출원국 연도별 특허동향 및 국가별 점유율) 출원연도를 기준으로 각국에서의 특허 출원건수 현황을 통해 출원 증감 추이와 국가별 점유율을 파악하고자 함

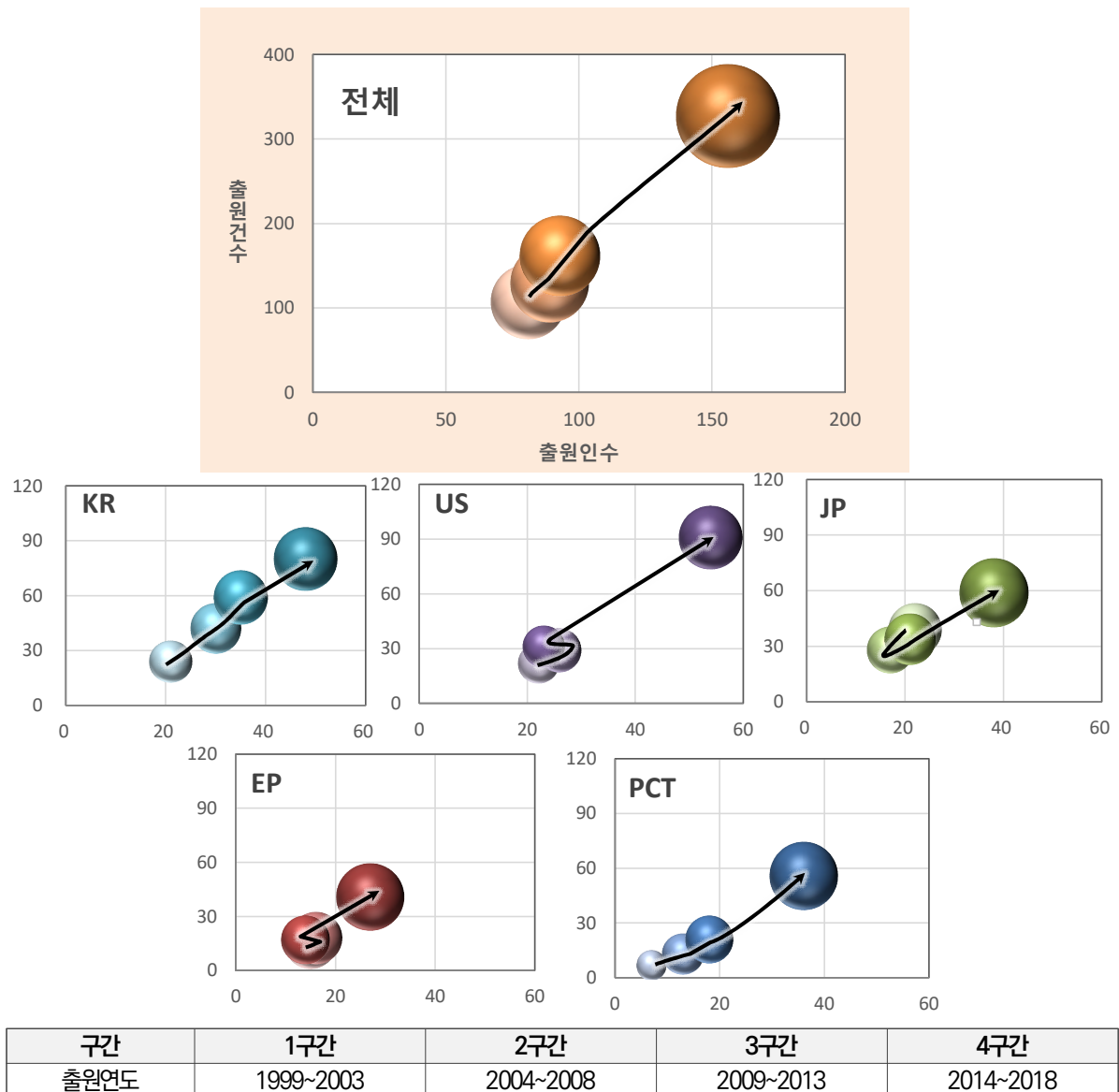


[그림 1-59] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 특허동향 및 점유율

- 화물차 안전운행 기술(BA)의 국가별 점유율에 있어서는, 한국이 28%로 가장 많은 점유율을 나타내고 있으나, 미국이 25%, 일본이 21%, PCT 14%, EP가 12%의 점유율을 보이며, 한 국가에 의한 출원이 주도되지는 않는 것으로 분석됨
- 출원연도별 특허동향에서는, 한국은 2012년에 가장 많은 특허 출원이 이루어졌으며, 일본과 미국은 점차 증가하는 추이를 보이며, 2018년 가장 많은 특허를 출원한 것으로 분석됨
 - PCT와 EP는 2010년대 후반에 특허 출원이 활발하게 진행된 것으로 분석됨

■ 국가별 기술성장 단계

- (국가별 기술 성장단계) 화물차 안전운행 기술(BA) 분야 전체 및 국가별 특허 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함



[그림 1-60] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 기술 성장 단계

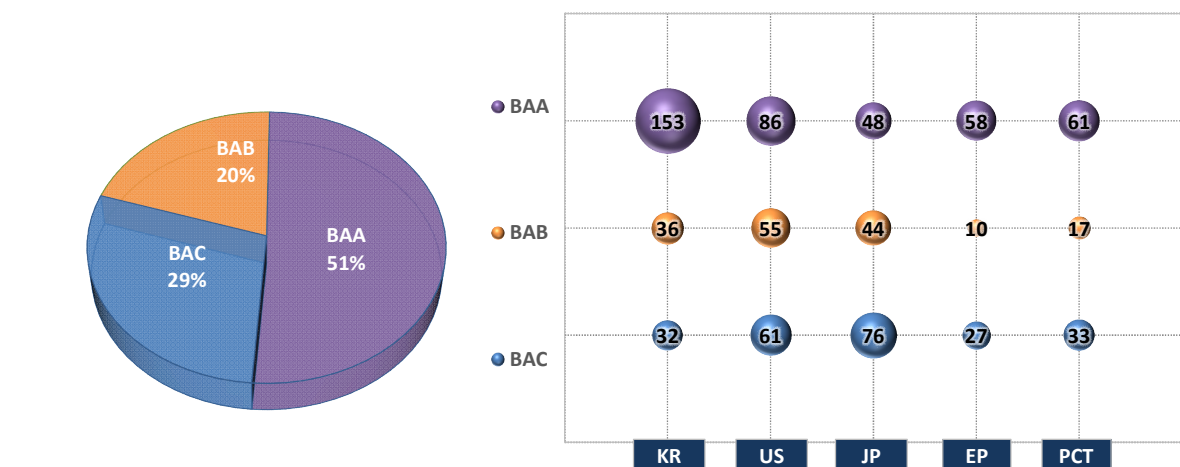
- (전체) 화물차 안전운행 기술(BA)분야 전체 포트폴리오로 분석한 기술성장 단계는 1구간에서 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, 연구개발 및 시장에서의 경쟁자 진입이 활발하게 진행되는 “성장” 단계인 것으로 분석됨
 - 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 대폭 증가하는 것으로 나타나, 최신 시장이 급성장 하는 것으로 분석됨
- [한국] 한국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
- [미국] 미국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 3구간까지 출원 건수와 출원인 수가 정체를 보이다가 4구간에서 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

- 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 대폭 증가하는 것으로 나타나, 신규 경쟁자들에 의한 연구개발이 활발한 것으로 분석됨
- (일본) 일본특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 3구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 정체 후, 4구간까지 증가하는 것으로 나타나 “성장”단계로 분석됨
- (EP) EP특허의 포트폴리오 분석 결과, 1구간에서 3구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 정체 후, 4단계까지 출원 건수와 출원인 수 모두 증가하는 것으로 나타나, “성장” 단계로 분석됨
- (PCT) PCT특허의 포트폴리오 분석 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

2-3-2. 세부기술 특허분석

■ 세부기술 특허현황

- (세부기술 특허현황) 화물차 안전운행 기술(BA) 분야의 세부기술 분석을 통해, 세부 기술의 현황 및 국가별, 구간별 특허동향을 파악함



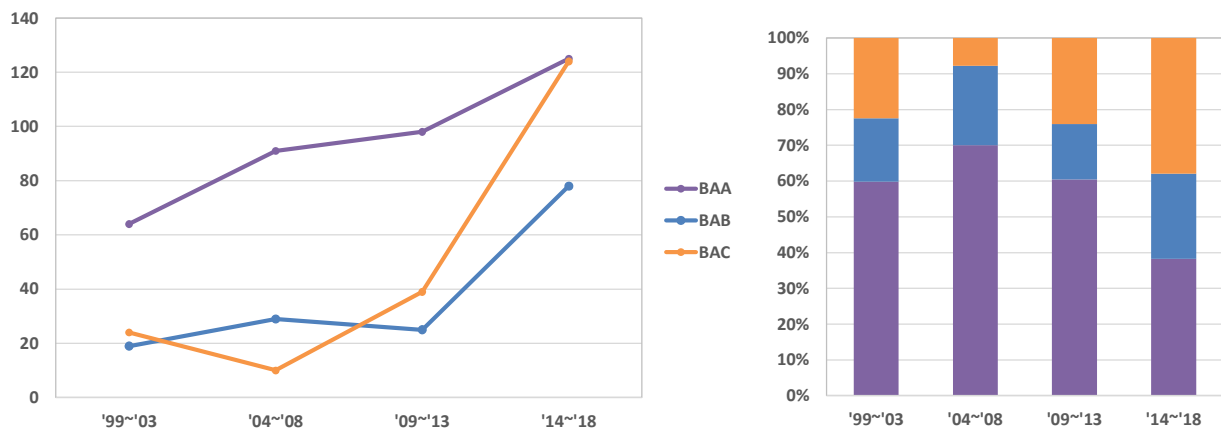
분류코드	세부기술
BAA	AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술
BAB	화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술
BAC	화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술

[그림 1-61] 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술 특허현황

- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야는 3개의 세부기술로 나뉘어지며, AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)이 51%로 절반을 넘게 차지하고 있으며, 다음으로 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)이 29%, 화물운송 통행방식

(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)이 20%의 순으로 점유율을 기록함

- 국가별 세부기술 특허현황을 살펴보면, 한국, 미국, EP, PCT에서는 AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA) 가장 많은 점유율을 나타내고 있는 반면, 일본은 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)에 대한 특허에 가장 집중하여 출원한 것으로 분석됨
- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야의 세부기술을 기준으로 국가별 특허현황을 살펴보면, 세가지 기술분야 각각 한국, 미국, 일본이 우위를 나타내고 있는 것으로 분석됨
 - AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)은 한국특허가 가장 많으며, 다음으로 미국, PCT, EP 일본 순으로 나타남
 - 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)은 미국특허가 가장 많은 특허출원이 진행되었으며, 다음으로 일본, 한국, PCT, EP의 순으로 나타남
 - 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)은 일본 특허가 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타나며, 다음으로 미국, PCT, 한국, EP의 순으로 나타남

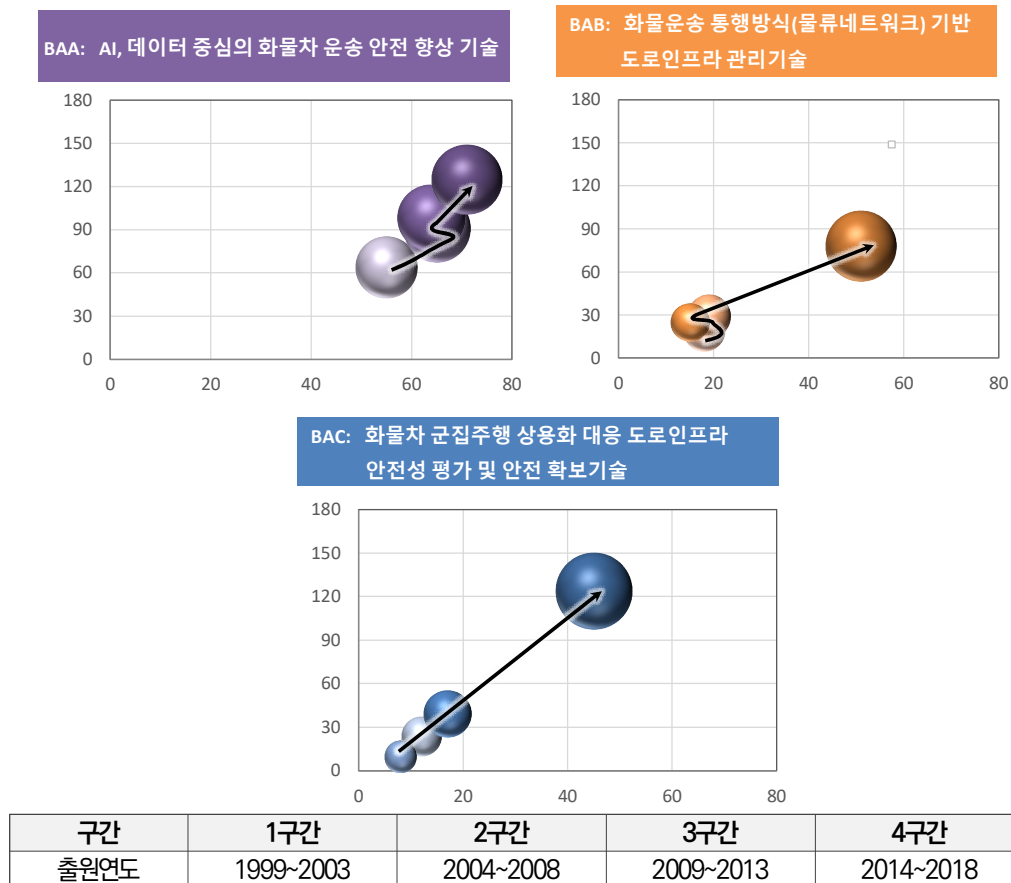


[그림 1-62] 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술 구간별 특허동향

- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야에서 세부기술의 출원구간에 따른 출원동향을 살펴보면, 3개의 세부기술 모두 '14~'18구간에서 출원이 증가하고 있으며, 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)이 가장 급증한 것으로 분석됨
 - AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)은 구간별로 출원이 증가하지만, 구간별 점유율에서는 점차 감소하는 반면, 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)은 구간별 출원 건수와 구간별 점유율이 모두 증가하는 것으로 분석됨

■ 세부기술 기술성장 단계

- (세부기술 기술성장 단계) 화물차 안전운행 기술 (BA)의 세부기술별 특허 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원 건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함

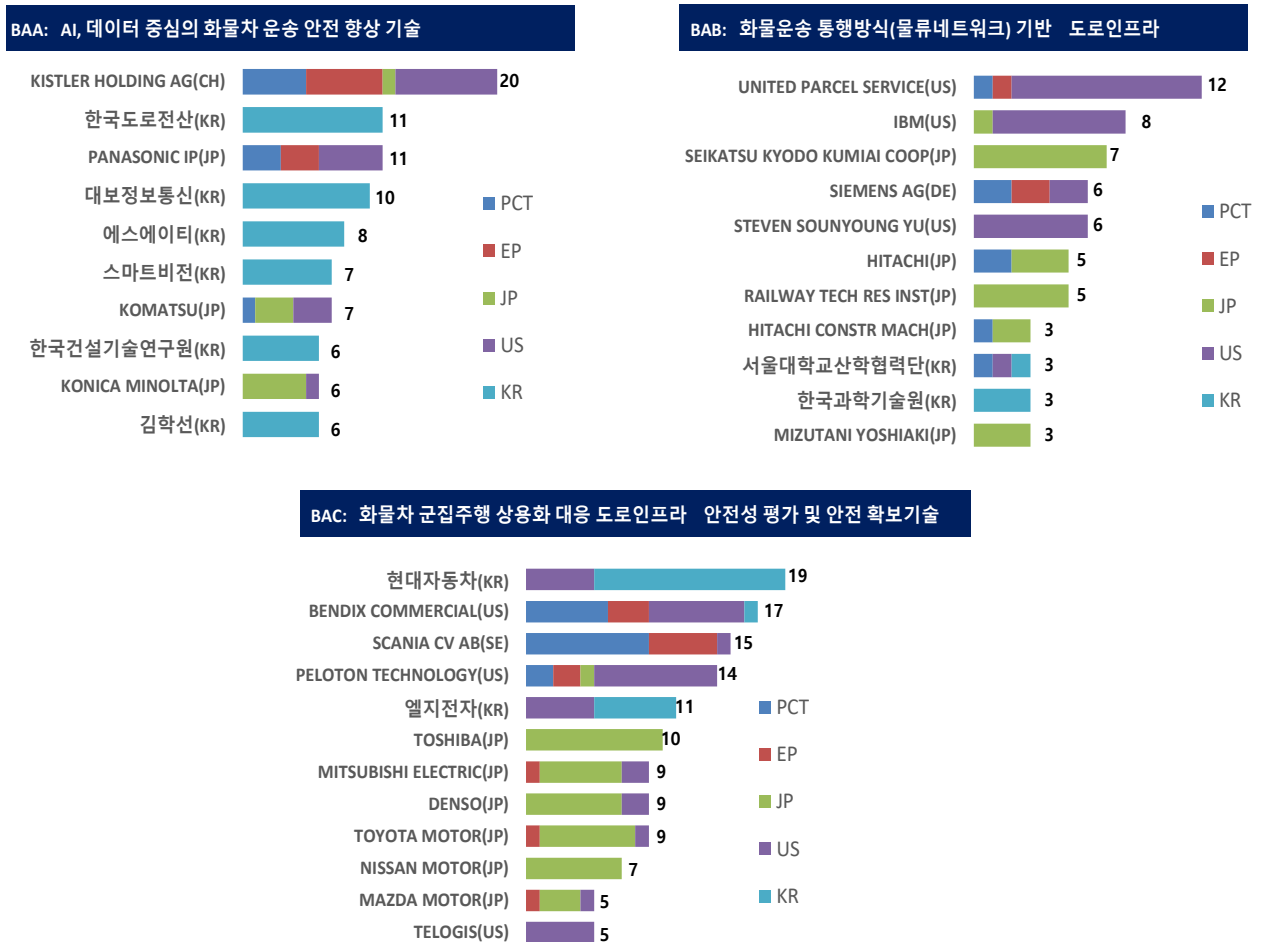


[그림 I-63] 화물차 안전운행 기술(BA) 기술별 기술 성장 단계

- (AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)) 해당 세부기술의 특허 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 2구간까지 출원 건수와 출원인 수가 증가하고, 3구간에서는 정체 후 4구간까지는 다시 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
- (화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)) 해당 세부기술의 특허 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 3구간까지 출원 건수와 출원인 수가 정체를 보이다가 4구간까지는 급증하는 것으로 나타나, “성장” 단계로 분석됨
- (화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)) 해당 세부기술의 특허 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4구간까지 출원 건수와 출원인 수가 꾸준히
- 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

■ 세부기술 주요출원인 TOP10

- [세부기술 주요출원인 TOP10] 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술별 상위 출원인 10위까지 현황을 통해, 세부기술들의 주요 경쟁자를 파악함



[그림 I-64] 화물차 안전운행 기술(BA)의 기술별 상위 출원인 TOP10 현황

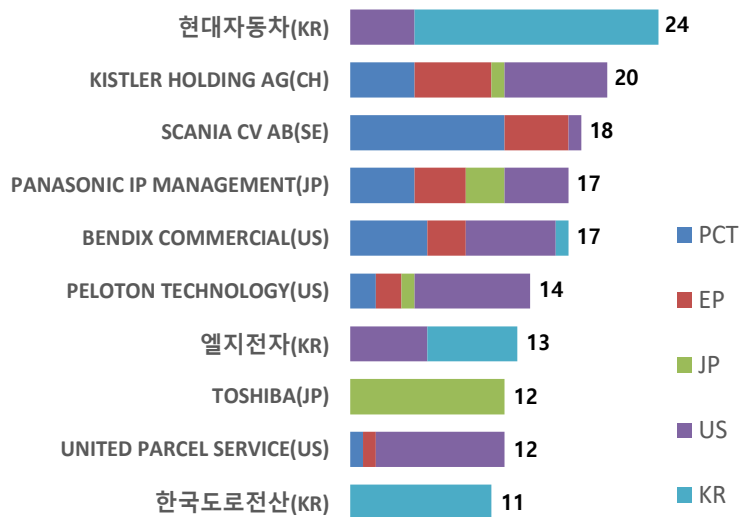
- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야의 세부기술별 상위 출원인 분석 결과,
 - AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)에서는 스위스 국적의 KISTLER HOLDING AG가 20건의 가장 많은 특허 진수를 기록하고 있고, 미국과 EP, PCT에 특허를 모두 보유한 것으로 분석되었으며, 해당 세부기술의 상위 출원인으로는 한국과 일본 국적의 출원인들이 우세한 것으로 분석됨
 - 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)에서는 미국 국적의 UNITED PARCEL SERVICE가 12건의 출원으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 자국내 특허출원이 가장 활발한 것으로 분석되었으며, 해당 세부기술의 상위 출원인으로는 일본과 미국 국적의 출원인이 우세한 것으로 나타남

- 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)에서는 한국 국적의 현대자동차가 19건으로 가장 많은 특허 출원을 보유하고 있으며, 자국 특허 이외에도 미국에도 특허를 출원한 것으로 분석되며, 해당 세부기술의 상위 출원인들의 국적별로는 일본 국적의 출원인이 우위를 나타내는 것으로 분석됨

2-3-3. 주요 출원인 특허분석

■ 상위 출원인 TOP10 특허동향

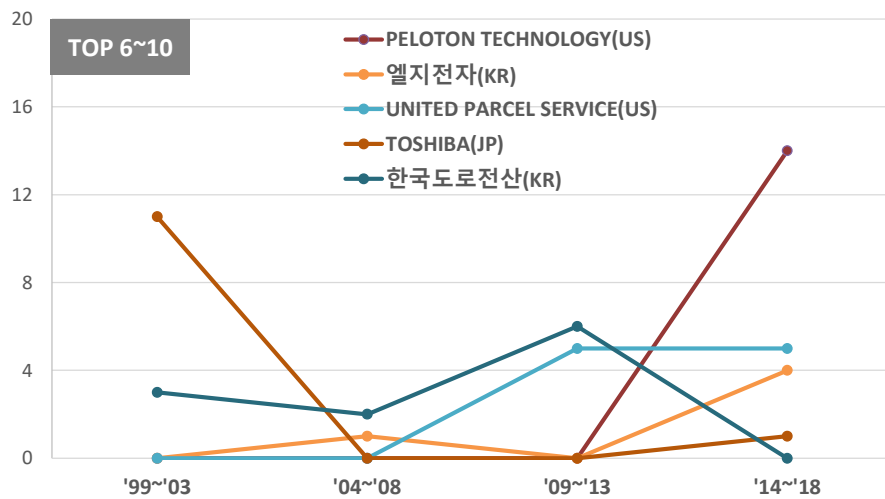
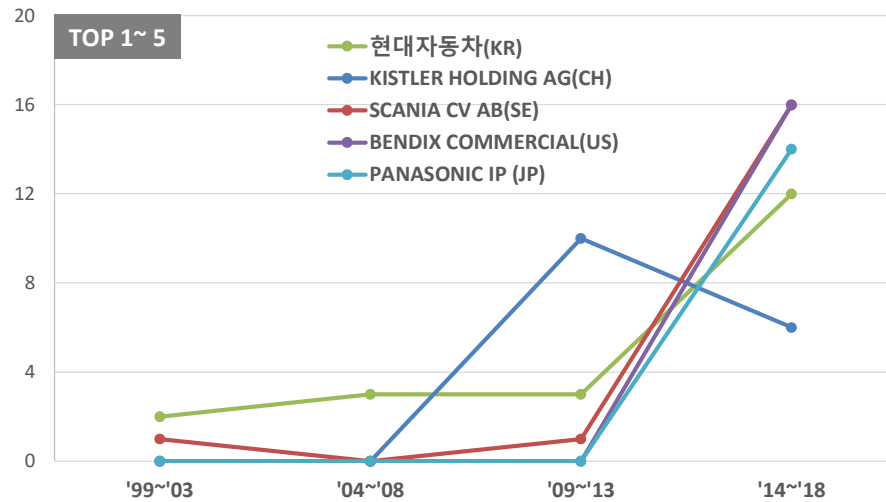
- (상위 출원인 TOP 10) 화물차 안전운행 기술(BA)의 상위 출원인 10위까지를 선정하여, 해당 출원인들의 국가별, 기술별 출원현황을 분석함



[그림 1-65] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황

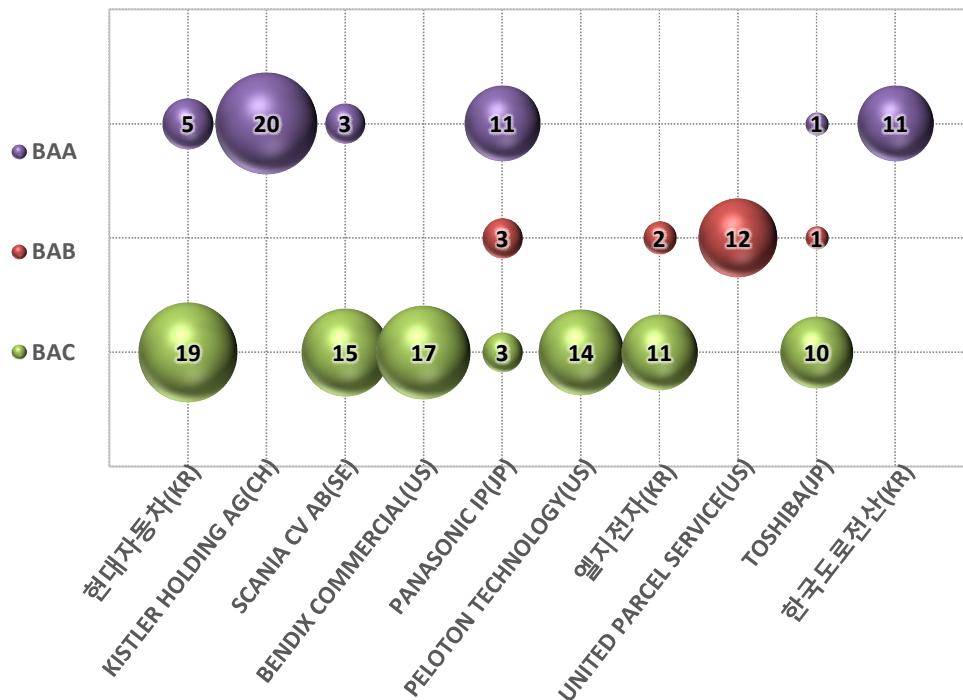
- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야의 전체 특허에 대해 출원 건수를 기반으로 상위 출원인 10위까지 선정한 결과, 다양한 국적 출원인들이 상위에 링크된 것으로 분석됨
- 상위 출원인 TOP10의 현황을 살펴보면, 현대자동차가 24건의 특허출원으로 1위를 기록하고 있으며, 다음으로 2위 KISTLER HOLDING AG, 3위 SCANIA CV AB, 공동 4위 BENDIX COMMERCIAL과 PANASONIC IP MANAGEMENT, 6위 PELOTON TECHNOLOGY, 7위 엘지전자, 공동 8위로 TOSHIBA와 UNITED PARCEL SERVICE, 10위로 한국도로전산이 자리매김하고 있음
- 상위 10위 출원인들의 국가별 특허출원 건수를 살펴보면, 대부분 자국 출원을 많이 한 것으로 분석되며, 2위의 KISTLER HOLDING AG, 공동 4위 BENDIX COMMERCIAL과 PANASONIC IP MANAGEMENT는 해외 특허 확보에도 노력을 보이며, 1위 현대자동차와 7위 엘지전자 역시 미국특허 출원을 보유하고 있어, 상위 출원인들 전반적으

로 자국 특허 뿐만 아니라 해외특허 확보 노력이 진행되는 것으로 분석됨



[그림 1-66] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향

- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야 상위 출원인 TOP10의 출원구간별 특허동향을 분석한 결과, 1위에서 5위 사이 출원인 중 2위 KISTLER HOLDING AG를 제외하고는 최근 '14~'18 출원구간에 특허출원이 집중되어 있는 것으로 분석됨
- TOP 6~10위 중에서는 6위의 PELOTON TECHNOLOGY가 최근 '14~'18 출원구간에 가장 가파르게 출원이 증가한 것으로 분석됨



[그림 1-67] 화물차 안전운행 기술(BA) 상위 출원인 TOP10 기술별 특허현황

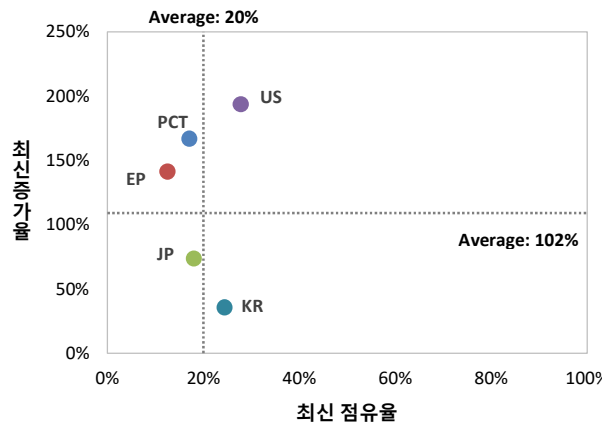
- 화물차 안전운행 기술(BA) 분야 상위 출원인 TOP10의 기술별 특허현황을 살펴보면, 전반적으로 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC) 분야에 특허 출원이 집중된 것으로 분석됨
- 4위의 PANASONIC IP MANAGEMENT는 AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)에 특허 출원이 집중되어 있으나, 세부기술 3가지에 대한 특허출원을 보유하고 있고, 공동 8위로 TOSHIBA도 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)에 특허출원이 집중되어 있으나 3개의 세부기술 모두 특허를 보유한 것으로 분석됨

2-3-4. 최신 특허분석

■ 국가별 최신 특허동향

- (국가별 최신 특허동향) 화물차 안전운행 기술(BA)특허를 국가별로, 이전구간('09~'13) 특허 대비 최신구간('14~'18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상국가와 최신 시장주도 국가를 파악함

구분	특허건수			최신 증가율	최신 점유율
	전체	이전구간 (‘09~‘13)	최신구간 (‘14~‘18)		
KR	221	59	80	35.6%	24.5%
US	202	31	91	193.5%	27.8%
JP	168	34	59	73.5%	18.0%
EP	95	17	41	141.2%	12.5%
PCT	111	21	56	166.7%	17.1%
전체	797	162	327	101.9%	100%



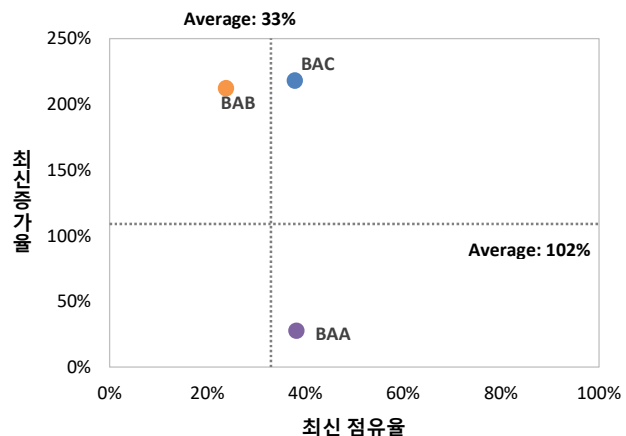
[그림 1-68] 화물차 안전운행 기술(BA) 국가별 최신 특허동향

- 화물차 안전운행 기술(BA)의 국가별로 알아본 최신 특허동향 분석결과, 미국이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 나타나, 최신 시장을 주도하고 있는 것을 분석됨
 - 최신 증가율은 미국이 가장 높은 것으로 분석되며, 다음으로는 PCT와 EP순으로 나타나며, PCT와 EP는 최신 점유율에서 평균 이하의 값을 기록함
 - 최신 점유율은 미국이 가장 높고, 다음으로는 한국순으로 나타나고 있으며, 한국은 최신 증가율에서 가장 낮은 값을 보임

■ 기술별 최신 특허동향

- [기술별 최신 특허동향] 화물차 안전운행 기술(BA)특허를 세부기술별로, 이전구간(‘09~‘13) 대비 최신구간(‘14~‘18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상기술과 최신 시장주도 기술을 파악함

구분	특허건수			최신 증가율	최신 점유율
	전체	이전구간 (‘09~‘13)	최신구간 (‘14~‘18)		
BAA	406	98	125	27.6%	38.2%
BAB	162	25	78	212.0%	23.9%
BAC	229	39	124	217.9%	37.9%
전체	797	162	327	101.9%	100%



[그림 1-69] 화물차 안전운행 기술(BA) 기술별 최신 특허동향

- 화물차 안전운행 기술(BA)의 세부기술별로 알아본 최신 특허동향 분석 결과, 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 분석되어, 최신 시장을 주도하는 기술로 나타남
- AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)은 최신 점유율은 평균 이상으로 나타나지만 최신 증가율은 평균 이하로 분석되며, 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)은 최신 증가율에서는 평균 이상을 나타내지만 최신 점유율은 평균 이하로 분석됨

2-3-5. 화물차 안전운행 기술(BA) 특허분석 결론

- 화물차 안전운행 기술(BA) 특허 797건의 특허 분석결과, 연도별 특허동향에서는 2018년 가장 많은 출원으로 증가추이를 보이고, 기술성장 단계에서 “성장” 단계로 분석되어, 향후 출원이 꾸준히 증가할 것으로 전망됨
- 국가별 분석결과, 한국이 28%로 가장 많은 점유율을 나타내고 있으나, 미국이 25%, 일본이 21%, PCT 14%, EP가 12%의 점유율을 보이며, 한 국가에 의한 출원이 주도되지는 않는 것으로 분석됨
- 국가별 성장단계분석에서는 5개국 모두 “성장”단계로 나타남
- 세부기술 모두 “성장” 단계로 분석되어, 향후 세부기술에 대해 꾸준히 증가할 것으로 기대되며, 세부기술 중 AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)이 특허 점유율에서 가장 높게 나타나고, 해당 분야는 한국특허가 가장 많이 출원된 것으로 분석됨
- 기술분류별 특허 점유율에서는 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리 기술(BAB)은 미국특허, 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)은 일본특허가 높게 나타나며, 세부기술 모두 ‘14~‘18구간에서 출원이 증가하고 있으며, 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)가 가장 급증하며, 구간별 점유율에서도 증가하는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 10위까지의 분석결과, 1위는 현대자동차가 차지하고 있으며, 다양한 국적의 출원인이 분포하고 있고, 전반적으로 해외특허 확보 노력이 진행되고 있는 것으로 분석되며, 1위에서 6위 출원인들은 최근 ‘14~‘18 출원구간에 활발한 특허출원을 기록하고 있는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 TOP10 분석결과, 1위 현대자동차, 2위 KISTLER HOLDING AG, 3위 SCANIA CV AB, 공동 4위 BENDIX COMMERCIAL과 PANASONIC IP MANAGEMENT,

6위 PELOTON TECHNOLOGY, 7위 엘지전자, 공동 8위로 TOSHIBA와 UNITED PARCEL SERVICE, 10위 한국도로전산이 자리매김하고 있음

- 상위 10위 출원인들의 국가별 특허출원 건수를 살펴보면, 대부분 자국내 출원을 많이 한 것으로 분석되며, 2위의 KISTLER HOLDING AG, 공동 4위 BENDIX COMMERCIAL과 PANASONIC IP MANAGEMENT는 해외 특허 확보에도 노력을 보이고 있고, 1위 현대자동차와 7위 엘지전자 역시 미국특허 출원을 보유하고 있어, 상위 출원인들 전반적으로 자국내 특허 이외에도 해외특허 확보 노력이 진행되는 것으로 분석됨

- 상위 출원인 TOP10의 기술별 특허현황을 살펴보면, 전반적으로 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC) 분야 기술에 출원이 집중된 것으로 분석되며, 4위의 PANASONIC IP MANAGEMENT는 AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상 기술(BAA)에 특허출원이 집중되어 있으나, 세부기술 모두에 대한 특허출원을 보유하고 있고, 공동 8위로 TOSHIBA 도 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC) 분야에 특허출원이 집중되어 있으나 세가지 세부기술 특허 모두 보유한 것으로 분석됨

- 화물차 안전운행 기술(BA)에 있어 미국이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 최신 시장을 주도하고 있는 것을 분석되며, 세부기술 중에서는 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보 기술(BAC)이 최신 시장을 주도하는 것으로 분석되어, 해당 기술 분야 및 미국에 특허확보 노력이 요구됨

3. 연구목표 및 범위

3-1. 기본개념 및 범위

- 본 기획연구는 “화물차 안전운행 기술개발” 사업의 기본개념과 범위를 4개의 방향을 통해 사업의 기본개념과 범위를 선정

[표 1-38] 화물차 안전운행 기술개발 사업 기본개념 및 범위

사업 기본방향	내용	본 사업연계
[방향1] 연구목적, 기능, 특성 기반의 중점분야를 유형화, 특성에 따라 전략적 지원	4대 중점분야 1.【현안해결형】도로안전 현안대응 혁신기반 솔루션 2.【미래변화 대응형】교통산업 혁신연계 안전 자원 기술 3.【도로인프라 혁신형】첨단기술 융복합 도로 안전 고성능화 기술 4.【혁신기반 구축형】도로산업 혁신을 위한 기반연구	[1-1] 교통사고 예방을 위한 도로기술 [1-2] 재난재해 예측-저감-대응 체계 [2-1] 화물차 대응 도로 성능 및 유자관리 [2-2] 미래 교통환경(모빌리티) 대응 인프라 설계·운영 [3-1] 첨단기술 기반 고기능 포장 [3-2] 도로인프라 예측-진단-관리 [4-1] 미래혁신 Seeds 발굴을 위한 도전연구 [4-2] 연구성과 사업화 지원연구
[방향2] 기술 융복합 기반의 ‘이용자가 체감’하는 ‘도로 이용자 안전’ 향상을 위한 혁신집중	•미래 대내외 환경변화 분석 등을 기반으로 도로부문에서 해결이 시급한 현안 과제 및 대응이 필요한 혁신과제로 도출된 도로인프라의 안전성 향상 및 도로이용자의 안전확보를 위해 필요한 서비스, 솔루션 개발·제공을 위한 혁신역량을 집중 •Bigdata, IoT, ICT, AI, Network 등 4차 산업혁명 기반 첨단기술을 수용 접목하여 융복합함으로써 전통적인 도로부문의 혁신과 산업의 고부가가치화를 유도	•화물차 적재불량 등으로 인한 도로 이용자에 대한 직접적인 안전 위협(교통사고, 사망률 등)과 과적으로 인한 도로자산이 파손 등과 직접 연계되어 있으며, 이러한 문제들의 해결을 통해 시장·사회에서 도로 안전서비스로 적용 및 확산되거나 타 관련 산업으로 연계될 수 있음 •AI, 영상분석, DTG data, 화물차 군집주행기술 등 4차 산업혁명 기반의 첨단기술을 화물차 운송 및 도로 성능, 유자관리에 활용
[방향3] 정부의 정책적 니즈에 부합하는 도로 주변산업을 포함한 산업육성 지원	•제1차 국가도로종합계획(2016-2020)에서는 ‘경제활성화를 지원하고, 미래를 준비하는 도로’를 비전으로 경제, 안전, 행복, 미래의 핵심가치 측면에서 4대 목표와 추진과제를 제시하고 있으며, 본 사업은 이러한 국토부 소관 상위계획의 추진방향을 반영 •국토교통과학기술연구개발종합계획(2018-2027)에서는 혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통을 비전으로 국가경쟁력, 삶의질 만족도, 연구환경 만족도향상을 목표로 제시하고, 이를 위한 4대 추진전략을 제시하였으며, 이러한 전략적 방향을 본 사업에 반영	•목표 2의 철저한 안전관리로 사고예방’의 주요 추진 과제 중 도로 교통사고 예방을 제시하고, 도로안전 개선을 위한 위험요소를 사전에 개선, 취약구간에 대한 시설개선, 사고예방을 위한 안전시설 확충, 보행자 및 고령자 사고예방을 위한 시설 확충을 제시 •‘추진전략 1 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성’, ‘추진전략 2 기술융합을 통한 새로운 가치창출’, ‘추진전략 3 사람중심의 국토교통기술’, ‘추진전략 4 미래지향적 R&D 시스템도입’의 추진전략을 제시함

[방향] 본 사업 외 他 주변산업(교통, 물류 등)관련 사업간 상호, 전후 연계·협력 강화	•[전방 : 기술개발 단계별 연계 자율주행, 물류, 건설, 교통 등 현재 국토부 및 타부처에서 추진 및 기획하고 있는 도로인프라 주변 연관산업의 혁신기술개발 사업과의 개방적, 전략적 협업체계 구축을 통해 시의성있고 일관성있는 도로인프라 연구개발을 지원 •[후방 : 성과활용 및 사업화연계] 본 사업에서 도출된 성과의 타 사업에서의 활용 또는 기술사업화 지원 관련 사업과 연계지원함으로써 성과 활용 및 확산 극대화를 유도	•본 사업은 도로 인프라를 구축, 이용, 활용하는 주변 연관산업과 밀접한 관련성을 갖고 있으며, 연관산업에서 개발되는 혁신적인 기술들이 산업발전의 추세에 맞추어 도로인프라에 적용될 수 있는 체계로, 자율주행, 물류, 건설, 교통 등 국토부 및 타부처에서 추진중인 연관산업과 관련을 갖고 있음 •사업을 통해 창출되는 성과를 활용하여 관련 부품, 제품의 기술사업화와 연계가 가능하여 새로운 시장을 개척할 수 있게 지원함으로써 연구개발 성과의 활용성 측면에서 확산을 극대화할 수 있음
---	--	---

■ 본 사업 “화물차 안전운행 기술개발”의 사업범위

- [정의] 신속·정확한 화물적재 검지, 관리 및 화물차 주행방식 변화 대응 도로안전기술
- 핵심과제
 - 화물차의 과적(축조작), 적재불량 검지·단속 자동화 및 정확도 향상을 위한 시스템(AI, 데이터 등 활용·연계) 개발, 구축 및 운영기술의 개발이 필요
 - 현재 도로인프라에 고려되지 않은 화물차 군집주행(truck platooning)등과 같은 화물차 주행방식 및 물류네트워크 운영방식 변화에 따른 도로포장 및 교량, 구조물의 변화 예측 및 대응 기술개발 필요

[표 1-39] 「화물차 안전운행 기술개발」 핵심과제 및 주요내용

핵심분야	주요 내용
AI, 데이터 중심의 화물차 운송안전 향상기술 개발	· 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발 · 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, 화물차 DB연동 기술 개발 · 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발
화물운송 통행방식 (물류네트워크) 기반 도로인프라 안전 기술개발	· 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발 · 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발 · 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발
화물차 군집주행 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전확보기술	· 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발 · 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 · 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 · 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발 · 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발

- 본 사업의 주요 대상은 주요 물류 발생거점간 운송과 관련되어 도로 인프라에서 이루어지는 화물운송과 관련되어 도로 인프라 이용자와 도로 인프라의 안전에 영향을 미치는 과적, 적재 불량 검지, 단속, 관리기술을 개발범위로 설정



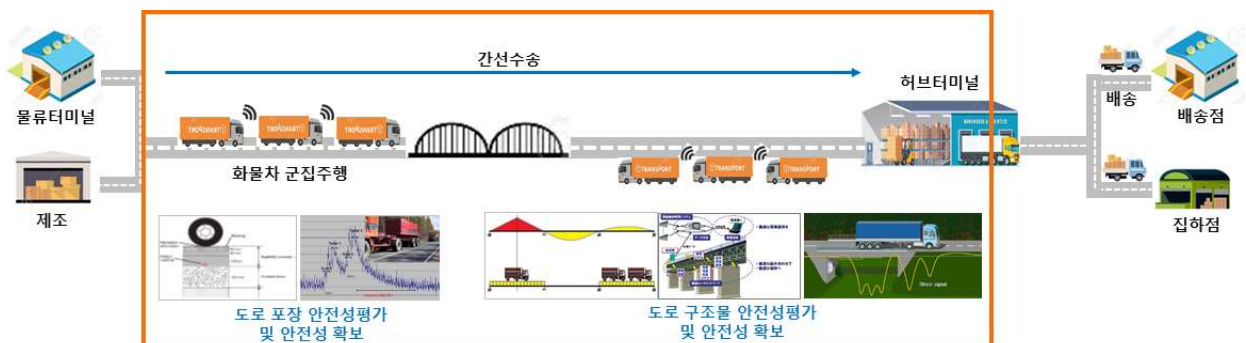
[그림 1-70] 4차산업 D.N.A를 이용한 화물차 운송안전 향상기술 개발 사업범위

- 최근의 코로나 사태 등에 따른 언택트 경제의 활성화와 더불어 화물운송량 증가가 예상되고 있어 국가경제에 중요한 부분을 차지하는 화물운송망의 국가 전략적 차원에서의 지정과 운영을 위한 기술개발이 포함됨



[그림 1-71] 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로인프라 관리 혁신기술 개발 사업범위

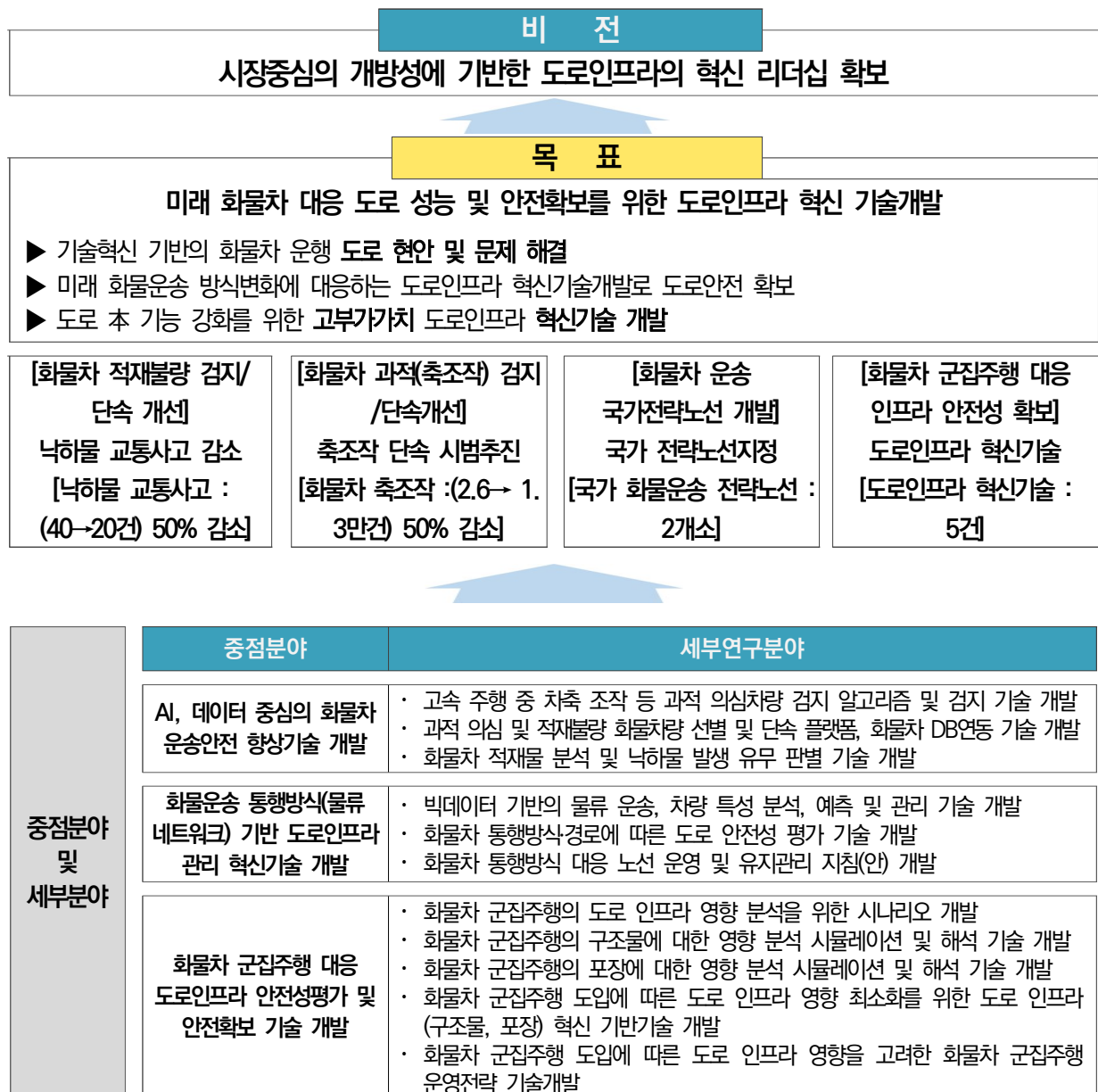
- 또한, 자율주행기술 발전으로 인하여 자율주행분야중 가장 먼저 상용화가 예상되는 화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 특히, 구조물 및 도로 포장에 대한 영향을 분석하고 이에 대한 혁신적인 기술을 개발범위에 포함



[그림 1-72] 화물차 군집주행 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전확보기술 사업범위

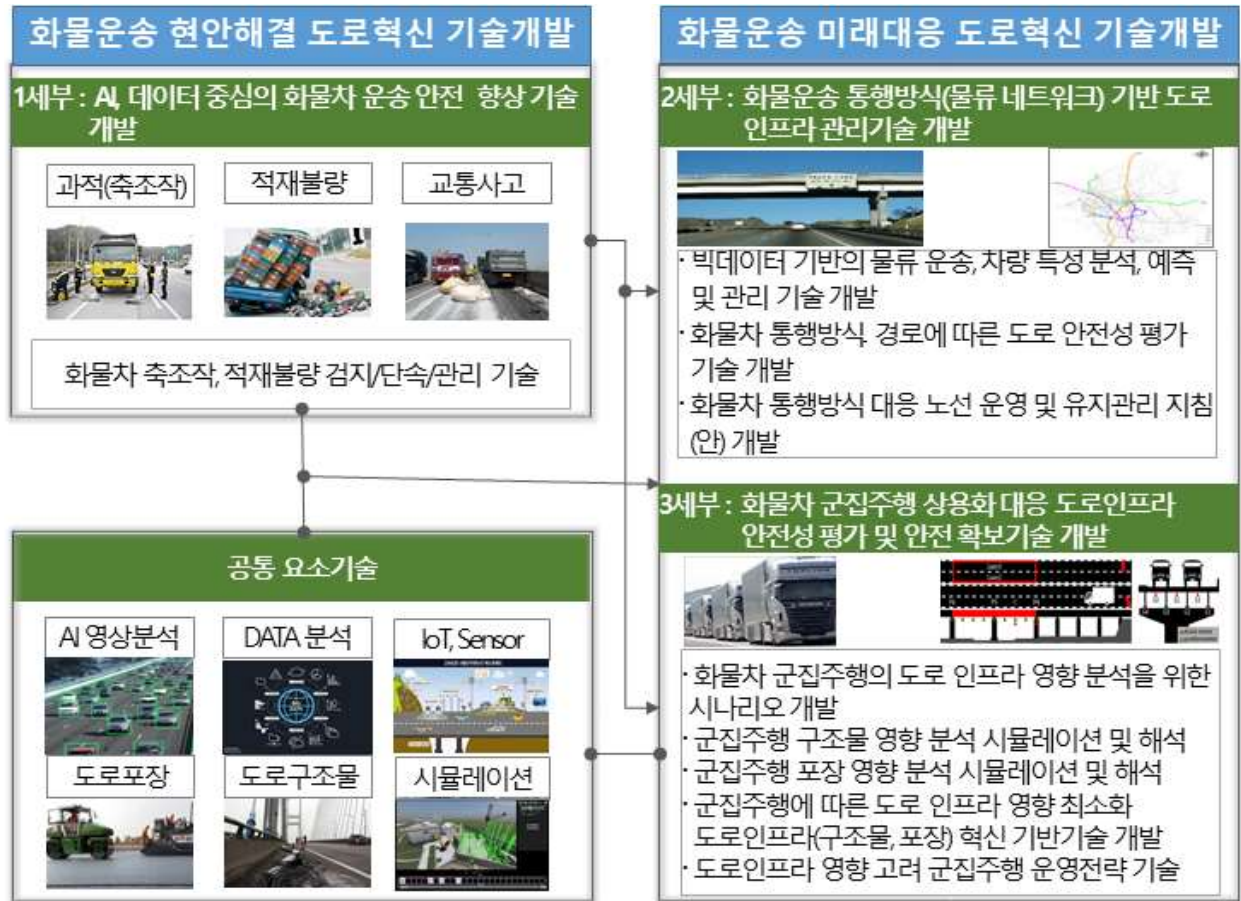
3-2. 연구개발 목표

- 본 기획연구는 국가물류체계에서 중요한 위치를 차지하고 있는 화물차 운송의 주행방식 변화 등 미래환경변화에 대비한 혁신적인 도로인프라의 안전관련기술 개발을 위한 것으로 기술적, 경제적, 사회적 측면을 고려한 연구구성 및 추진전략을 마련
- 본 연구의 목표는 화물 수송량 증가등에 따른 화물차의 증가 및 주행방식 변화에 따라 화물차 과적, 적재불량 검지기술, 화물차 군집주행 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전기술 확보기술, 화물운송 통행방식 기반 도로 인프라 안전기술 개발 포함하여 설정



3-3. 연구과제 전체구성 및 연계

3-3-1. 과제 체계구성



- 본 기획과제는 화물차 증가에 따른 화물차 과적(축조작), 적재불량으로 인해 발생하는 교통사고 및 교통사고의 대형화뿐만 아니라 주요 도로시설물인 포장, 교량과 같은 구조물 파손을 촉진시키는 원인이 되고 있어 이를 예방하고 효율적으로 단속할 수 있는 기술을 개발하는 것으로 4차 산업혁명의 주요 기폭제인 D.N.A.(Data-Network-AI) 기술을 이용하여 화물차 과적(축조작) 및 적재불량 단속 방법을 발전시켜 도로인프라를 이용하는 국민의 교통 안전성 향상은 물론, 도로관리기관에 지속적인 비용을 발생시키는 도로인프라 유지관리비용 절감을 위한 기술 개발을 목표로 하고 있음
- 최근 낙하물로 인한 교통사고 사상자 발생 등 사회문제가 되고 있는 화물차 적재불량을 실시간으로 검지하고 이를 확인할 수 있는 기술을 개발함으로써 도로이용자의 안전성 향상시킬 수 있으며, 도로파손의 가장 커다란 원인중 하나로 꼽히고 있는 과적차량의 축조작 운행관행을 검지하여 단속할 수 있는 기술을 개발하고자 함

- 정부에서 의욕적으로 추진중인 미래차 산업발전전략과 맞물려 화물차 군집주행 실현의 가능성이 높아지고 있는 상황에서 화물차 군집주행 실현시 도로인프라, 특히 교량 등 구조물과 도로포장에 미치는 안전성을 평가할 수 있는 기술과 이를 대비한 안전확보기술을 선제적으로 개발함으로써 미래 화물운송의 변화에 대응한 도로인프라 안전성을 확보하고자 함
- 언택트 시대 등을 맞이하여 화물운송량이 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있으며, 최근 생화물류의 급증현상 등이 나타나고 있어 어느 때보다 도로화물운송의 중요성이 높아지고 있으며, 국가경제에서도 주요한 역할을 담당하고 있는 물류운송노선의 안전성을 확보할 수 있는 기술의 개발이 필수적임
- 이러한 과제들은 미래 화물차 운송의 변화에 대응하여 도로의 성능을 유지하고 안전성을 확보와 관련하여 화물차 과적, 적재불량 검지기술, 화물차 군집주행 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전기술 확보기술, 화물운송 통행방식 기반 도로 인프라 안전기술 개발의 전반적인 연구를 체계적으로 수행하기 위해 각 세부연구들이 매우 밀접하게 연결되어 있음

3-3-2. 핵심과제 세부기술별 연구개발 목표

■ [핵심과제3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발

[표 1-40] 핵심과제3: 세부기술별 연구개발 목표

세부기술	세세부기술	성과지표(성과물)	개발목표 스펙	설정근거
세부기술 3-1 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발	문형식 표지판 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발	차량 영상 촬영장치	인식률 95% 이상 달성	· 도로교통법 적용 90%, · 단속 관련 5% 성능 9
	화물차량 제원(길이, 폭) 자동측정 시스템 개발	차량 제원 측정 장치	측정 결과 정확도 90% 이상 달성	· 도로교통법 적용 90%,
	수집된 차량의 영상 정보와 화물차 차량 정보 연동하는 정보수집장치 개발	정보수집장치	영상정보와 화물차 등록 정보 일치율 100%	-
	과적 의심 및 적재불량 차량 자동 판정 알고리즘 개발	과적 및 적재불량 판정 프로그램	과적 의심 및 적재불량 판정 정확도 95% 이상	· 단속 관련 5% 성능 9
	무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적하중 계중 시스템 개발	무선통신 기반 이동식 계중기	측정 결과 동시 전송	-
세부기술 3-2 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발	화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 측정된 화물차 중량 정보가 실시간으로 통합되는 화물차 DB 서버 구현	화물차DB 통합 클라우드 서버	전송률 95% 이상 정확도 95% 이상	· 단속 관련 5% 성능 9
	과적 의심 및 적재불량 차량을 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 회차 유도를 할 수 있는 시스템 개발	과적 의심 및 적재불량 차량 알람 시스템	고속도로 진입 전 과적 의심 및 적재불량 차량 인지율 95% 이상 상황실 전파 95% 이상	· 단속 관련 5% 성능 9
	CCTV에서 과적의심 및 적재불량 차량을 검출, 영상에 태깅하는 기술	검지 및 태깅 시스템	CCTV에서 과적 의심 및 적재불량 차량 인지율	· 단속 관련 5% 성능 9

	개발		95%이상, CCTV상에 태깅율 95% 이상	
	이동단속반에게 태깅된 차량 경로를 전송할 수 있는 시스템	차량정보 전용 송수신 단말기	이동식 단말기로 차량정보 전송율 95% 이상	· 단속 관련 95% 성능
	단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발	이동식 영상 촬영장치	이동식 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량 인지를 90% 이상	· 도로교통법 적용 90%
	과적 의심 및 적재불량 차량을 검출하고 태깅의 처리속도를 향상시키기 위한 영상 전처리 알고리즘 개발	영상 전처리 알고리즘	검출 및 태깅 처리속도 50% 이상 향상	-
세부기술 3-3	화물차 통합 정보 서버에서 고속도로 진입 전, 중, 후의 영상을 비교 분석하여 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발	영상 비교분석 장치	고속도로 진입, 중, 후의 적재물 변화 인식율 95% 이상	· 단속 관련 95% 성능
화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발	수집된 노면잡물과 화물차 적재영상을 비교 분석하여 노면잡물 원인을 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술	영상 비교분석 장치	화물차 적재물과 노면잡물과 매칭율 95% 이상	· 단속 관련 95% 성능
	과적/적재불량 감지 시스템 운영 효율성 향상을 위한 시스템 최적 설치, 운영방안	시스템 운영효과 분석서	검지 시스템 최적 설치, 운영을 위한 평가기준	-

■ [핵심과제4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발

[표 1-41] 핵심과제4: 세부기술별 연구개발 목표

세부기술	세세부기술	성과지표(성과물)	개발목표 스펙	설정근거
세부기술 4-1	빅데이터 기반 화물특성 분석을 통한 물류거점 별 화물차량 운행 특성 분석 기술 개발	화물차량 운행특성 분석 보고서	DTG등 빅데이터 기반 화물차량 운행특성 분석 보고서	-
빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발	우리나라 산업구조 변화에 따른 화물차량 통행 예측 모델 개발	예측 기술서	예측 모델 교통량 오차(최근 5년간) -고속도로 20% 이내 -국도 25% 이내	· 교통량 예측 오차 ±20% 내외(해외사례)
	m-DTG 기반 차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기술	차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서	차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서 1건 이상	-
	m-DTG 정보 분석 및 활용 기술	m-DTG 활용 서비스 제안서	· 제안 서비스 10개 이상 · 실증 서비스 5개 이상	-
세부기술 4-2	교량 및 화물차 특성에 따른 교량 영향 분석 기술	영향분석 보고서	· SCI급 논문 게재 : 3편 이상	-
화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 기술	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼 1건 이상	-
	안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 기술	안전성 평가 보고서	안전시설에 따른 안전성 평가 보고서 각 1건 이상	-
	개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 기술	등급화 기준 제안서	고속도로, 국도 안전성 등급화 기준 제안서 및 평가 결과서 각 1건 이상	-

세부기술 4-3 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발	한국형 전략도로 선정 기법	전략도로 선정 매뉴얼	전략도로 선정 매뉴얼 1건 이상	-
	화물차 전용차로 운영 기술	전용차로 운영 매뉴얼	· 전용차로 운영 대상 구간 3개 이상 · 전용차로 운영 매뉴얼 1건 이상	-
	화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술	화물차 기반 안전시설 기준 제안서	화물차 기반 안전시설 기준 제안서 1건 이상	-
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안)	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침	전략/비전략도로, 고속도로/국도 노선 운영 지침서 각 1건 이상	-
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별 유지관리 지침(안)	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 유지관리 지침	전략/비전략도로, 고속도로/국도 시설별 유지관리 지침서 각 1건 이상	-

■ [핵심과제5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발

[표 1-42] 핵심과제5: 세부기술별 연구개발 목표

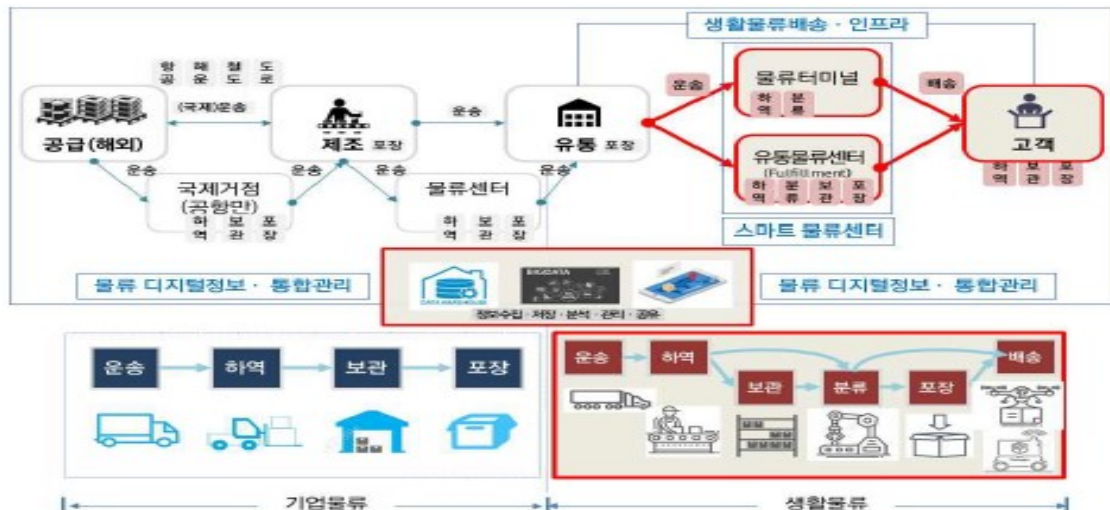
세부기술	세세부기술	성과지표(성과물)	개발목표 스펙	설정근거
세부과제 5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발	화물차 군집주행 use case 시나리오 및 제원 특성 개발	시나리오 개발서	군집주행 use case 10건 이상	-
	화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발	군집주행 영향분석 시나리오	영향분석 시나리오 15건 이상	-
	화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발	동적하중 분포 분석서	인프라별 동적하중 분포 분석	-
세부과제 5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발	교량 영향분석 보고서	동적효과 및 시뮬레이션 5종 이상	-
	화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(WIM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발	동적효과 특성 측정 테스트 베드	동적효과 특성 측정 테스트 베드 2개소	-
	실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발	검측 데이터 기반 시뮬레이션 분석	실시간 (100ms) 데이터 기반 시뮬레이션 분석기술	· V2X Latency 요구사항 참고
세부과제 5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발	포장영향 메커니즘 분석기술서	포장 부위별 영향 메커니즘 분석서	-
	화물차 군집주행의 포장영향 특성(permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발	포장가속실험 기술 보고서	포장가속실험 : 20만회 이상	· 포장가속시험시험 기준 (한국도로공사)
	포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발	포장가속실험 평가절차서	평가절차 표준화	-
	화물차 군집주행에 따른 도로포장	포장구조 해석 보고서	도로포장 강화기술	-

	영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발			
세부과제 5-4	화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계기법 개발	구조물 영향 저감 설계서	교량형식별 설계기법 : 2종 이상	· PSC I형교, 라멘교, 강박스형 등
화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발	화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발	도로포장 강화설계법	포장단면별 개선기법 및 기법	-
	화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발	유지관리 지침서	유지관리 지침서 2종	-
	화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발	영향분석 운영 시스템	실시간 모니터링 시스템	-
세부과제 5-5	도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발	군집주행 운영기술 지침	화물차 군집주행 운영 가이드라인	-
영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발	도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발	군집주행 최적 노선 선정	군집주행 최적노선	-

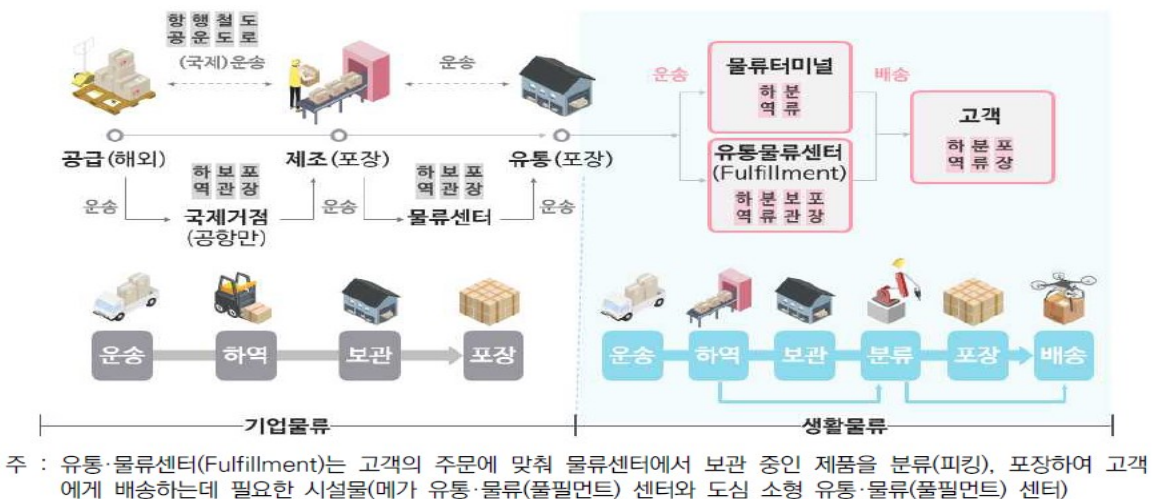
3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성

■ 미래 스마트 융복합 물류 기술개발 사업기획 (2020)

- 수혜 대상인 기업(B2B)물류와 생활물류(X2C: B2C, C2C, M2C) 서비스로 구분하고 각각 물류 활동 범위에 따라 물류 공급 사슬(Supply chain)에 기반을 두어 화물 운송영역(운송수단과 운송장비)과 물류시설(센터/창고/터미널 등 시설과 시설내외 장비), 물류통합정보관리 영역을 대상
 - 고부가가치 융복합 물류산업 최근 주요 이슈와 정책적 지원근거, 시급성, 기존 R&D 과제의 중복성 등을 고려하여 생활물류 영역상의 스마트 물류센터와 생활화물 배송을 주요대상으로 하되 물류 정보 통합·관리 분야는 물류활동 전반을 적용대상



[그림 1-73] 미래 스마트 융복합 물류 기술개발 사업기획 사업범위(생활물류)



[그림 1-74] 공급-제조-유통-고객 간의 물류활동 범위

- 본 과제는 “미래 스마트 융복합 물류 기술개발 사업기획”의 사업대상인 화물 운송영역(운송수단과 운송장비)과 물류시설(센터/창고/터미널 등 시설과 시설내외 장비), 물류통합정보관리 영역을 대상과는 달리 주요 물류시설간 운송부분에 대한 도로 인프라 혁신기술에 초점을 맞추고 있어 차별성이 있음
- 또한, 생활물류 영역상의 스마트 물류센터와 생활화물 배송을 주요 연구개발 대상으로 하고 있어 주요 물류거점간 운송의 기반이 되는 도로인프라 혁신을 연구개발사업 범위로 하고 있는 본 과제는 차별성을 갖고 있음

■ [핵심과제3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발

[표 1-43] 핵심과제 3: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

기존 연구과제			검토결과
과제명/수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
중양아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발 (주)유디엔에스	국토교통과학기술진흥원	· 고성능 HS-WIM의 중양아시아 시장 개척을 위한 기술 현지화/고도화 및 합작회사 기반 구축"이므로, 중양아시아 현지조건은 국내 상황과 기후, 성능인증 기준 및 통신 및 운영환경이 상이하기 때문에 현지 환경에서 정확성, 내구성을 확보할 수 있는 기술개발	· 고속축중기(HS-WIM) 성능 개선을 위한 연구개발과제로 본 사업에서 목표로 하는 축조작 단속기술 개발과 관련되어 중복없음
도로교통 시스템 운영유지보수 관리비용 최소화 및 해외 시장 개척을 위한 원격검침형 AVC/ VDS/ WIM 융복합 시스템 개발과 Class I 급 PVDF 센서 국산화 노바코스	국토교통과학기술진흥원	· Class I 급 PVDF센서 국산화를 통해 센서부에서 발생하는 검출파형으로 주행차량 제원(전장, 축수, 축거, 윤거, 윤거비, 윤폭비, 하중 등)의 정확도를 높이고, 입력신호 증폭을 이용한 Threshold level 방식 적용과 입력신호 On/Off시간 오차 최소화의 피에조센서 처리기술적용 신뢰성 확보 · 온도센서 일체형 WIM/AVC Class I 급 센서를 통해 교통류의 바탕이 되는 신뢰성 높은 Raw데이터는 물론 노면의 온도를 검지하여 상습결빙 등으로 인한 안전사고에 대응하며, 센서 원격 검지 기능을 통해 센서 이상 시 유지관리 편리성 증대	· AVC/ VDS/ WIM이 융복합된 Class I 급 PVDF센서 기술 개발과제로 본 사업과 중복없음
주행차량 중량측정을 위한 매트릭스 WIM 센서 시스템 실용화 연구 인팩비전	국토교통과학기술진흥원	· 프로토타입의 고속 WIM 센서를 활용하여 국내의 특성에 적합한 고속 WIM 센서를 개발하고 검증	· 과적 단속을 위한 WIM 센서 기술개발과제로 본 과제와 중복성 없음
광섬유 센서 기반 과적단속 및 제어시스템 상용기술 개발 (주)에스에이티	국토교통과학기술진흥원	· Fiber-optic WIM 센서 및 광신호 제어부 : 광섬유 기반의 센서와 광 신호처리 시스템 · 스마트 과적단속 시스템: WIM 시스템(구성: 광섬유 WIM 센서, 광신호 처리기, WIM 제어기)과 연계시스템(영상장치, VMS, 운영시스템 등)을 이용하여 스마트 톨링 환경하에서 최적의 과적단속을 수행할 수 있는 시스템	· 과적 단속을 위한 Fiber-optic WIM 센서 및 연계시스템 기술개발과제로 본 과제와 중복성 없음
영상기반 축조작 단속 시스템 (주)에이치엠씨	국토교통과학기술진흥원	· 1차 및 2차 영상을 획득하고, 획득된 영상에서 전처리, 에지추출, 대표선 추출 및 비교를 통하여 축조작을 검출한다. 축조작 차량 단속 모니터링 시스템 개발 - 기존 WIM 시스템과 연동 가능한 축조작 차량 단속 모니터링 시스템을 개발	· 영상기반의 축조작 단속시스템 개발과제로 고속도로 진입로(저속환경)에서의 단속 기술로 본선주행차량(고속환경) 단속 기술개발과제인 본 과제와 중복성 없음
초음파 센서 및 CCTV카메라를 이용한 화물차량 높이, 폭, 적재불량감지시스템 개발 안양과학대학	국토교통과학기술진흥원	· 대형화된 화물차량의 차고 및 차폭을 정밀급 센서를 이용한 정확한 검측과 화물차량의 적재 불량 차량을 감시하는 CCTV 카메라에서 촬영된 다수의 영상으로 적재 불량을 확인하고 기존 중량검측 시스템의 영상과 동기화 하여 단속근거를 확보하는 연계 방안을 수립	· 적재불량 차량의 제원을 검지하는 시스템으로 본 과제와 중복성 없음
도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(CALS) 빅데이터 서비스 기술개발 한국건설기술연구원	국토교통부	· 과적예방과 단속업무를 지원하기 위한 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측모델 개발과 화물차량 중량센서 기반의 선제적 과적관제 및 예방기술 개발 · 건설사업의 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 전과정의 정보 관리를 위하여 건설사업관리, 시설물 유지관리, 건설 인허가, 용지보상, 건설 CALS 포털의 5개 시스템을 개발하여 운영	· 과적단속 최적 위치/시기 예측모델 개발과제로 본 과제와 중복성 없음

■ [핵심과제4] 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리 기술 개발

[표 1-44] 핵심과제 4: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

기존 연구과제			검토결과
과제명/수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
미래 스마트 융복합 물류 기술개발 사업기획 한국교통연구원	국토교통 과학기술 진흥원	- 수혜 대상인 기업(B2B)물류와 생활물류(X2C: B2C, C2C, M2C) 서비스로 구분하고 각각 물류활동 범위에 따라 물류 공급 사슬(Supply chain)에 기반을 두어 화물 운송영역(운송수단과 운송장비)과 물류시설(센터/창고/터미널 등 시설과 시설내 외장비), 물류통합정보관리 영역을 대상 - 생활물류 영역상의 스마트 물류센터와 생활화물 배송을 주요대상으로 하되 물류 정보 통합 관리 분야는 물류활동 전반을 적용대상	본 과제는 기업물류와 생활물류를 연계하는 도로인프라의 혁신기술을 개발하는 과제로 중복없음
국가전략도로망 지정 및 관리방안 국토연구원	국토연구원	- 기존의 도로관리기관 중심의 국가도로관리체계를 도로의 간선기능 중심의 전략도로망 통합관리체제로 점차 발전시켜 나가기 위한 기초연구로써, 국가전략도로망의 개념을 정립하고 지정 및 관리방안을 제안 - SOC 투자예산의 효율적 집행방안의 하나로 국가전략도로망 개념의 도입과 선정, 그리고 향후 관리 방안에 대한 기초연구	기존의 도로관리기관 중심의 도로관리체계를 도로의 간선기능중심으로 통합관리하기 위한 연구로 화물운송에 중점을 맞추고 있는 본 과제와 중복없음
유라시아 교통물류 네트워크 구축 기반기술 개발 한국교통연구원	국토교통 과학기술 진흥원	유라시아 교통물류 네트워크 구축을 위한 국가별 교통물류 활동 및 인프라 실태분석 및 개선방안 도출, 유라시아 교통물류 활동 전자화 및 가시화를 위한 정보공유 플랫폼 구축 타당성 분석 및 정보화 전략 수립, 단절 없는(Seamless) 유라시아 화물수송체계 구현을 위한 첨단물류 기술 과제 도출 및 상세기획	동아시아 차원의 교통물류 네트워크 구축을 위한 기획 과제로 본과제에서 대상으로 하는 국내 화물운송 기반 도로 인프라 관리기술과 중복없음

■ [핵심과제5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술 개발

[표 1-45] 핵심과제 5: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

기존 연구과제			검토결과
과제명/수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 한국도로공사	국토교통과학기술진흥원	- 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 차량과 협력하여 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발 (차량제어) 안정적인 연결성(V2X)을 유지하며, 기본적인 동작모드(합류·이탈, 긴급/이상상황)별 주행시나리오에 의해 통합적으로 인지·판단·제어를 실행하는 차량기술 개발 (인프라) 도로교통 정보 인프라(V2X)가 지원되는 자동차전용도로에서 실시간 위치기반으로 도로교통 정보를 제공하며, 다양한 서비스 시나리오를 통해 군집주행의 안전성과 효율성(군집형성 등)을 향상하는 서비스 인프라 시스템 개발 및 연구실증	화물차 군집주행을 위한 차량 측면에서의 기술개발 및 도로인프라와의 협력주행 기술을 개발하는 과제로 화물차 군집주행에 따른 도로 인프라의 안전성 평가 및 안전성확보 기술개발을 위한 본 과제와는 차별성이 있음
친환경적 물류 네트워크를 위한 군집주행 기법의 최적 적용 및 운영 전략 세종대학교	국토교통과학기술진흥원	물류네트워크 상에서의 차량 군집 형성 시 군집 수, 군집 내 차량 순서, 차량 운행 경로 등에 따라 연료 효율, 환경 오염방지 등의 영향이 달라져 군집주행의 친환경적 효용이 차이가 날 수 있다. 본 연구에서는 이를 극대화할 수 있는 군집주행 기법의 최적 적용 및 운영 전략 알고리즘을 Operations Research 기법 및 Machine Learning 기법 중 하나인 Reinforcement Learning을 통해 도출	화물차 군집주행 형성 및 운행을 위한 최적의 군집주행 운영전략 알고리즘 및 운영전략 기술개발 과제로 군집주행에 따른 도로인프라 안전성확보 기술개발과 제인 본 과제와 중복성 없음
자율협력기반 화물차 교통관리기술 개발 및 평가 한양대학교	국토교통과학기술진흥원	자율협력주행환경에서의 화물자동차 교통을 관리할 수 있는 기술의 개발과 그 효과를 평가하는 기술을 개발하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 화물차 교통관리기법을 자율협력환경기반 화물차 교통관리를 통해 고속도로 교통안전 및 운영효율성을 증진시키기 위한 기법으로 정의하였다. 공간적 범위를 고속도로로 설정하였으며, 시간적 범위는 연구개시일로부터 총 3년간으로 설정	화물차 자율협력주행 기술 상용화시 고속도로에서의 화물차 운영 효율성 확보를 위한 교통관리기술 개발 과제로 본 과제와 중복성 없음

4. 핵심과제 구성 및 내용

4-1. [핵심과제3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발

■ 주요내용

[표 1-46] 핵심과제3: AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발 주요내용

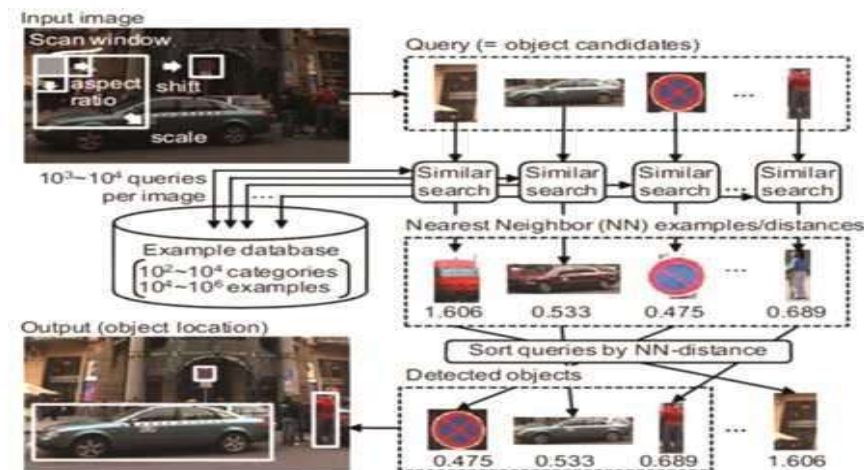
과제명	AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발
배경 및 필요성	· 화물차는 전체 등록차량 중 15%에 불과하나, 대형사고 치사율이 높아 화물차 관련 교통안전 향상 기술 필요 - 2019년 말 기준, 우리나라 자동차 등록대수는 23,677,366대이며 이중 화물차는 3,592,586대 (15.2%)이며, 개방형 적재물 화물차는 2,602,666대(72.4%)임 - 고속도로 교통사고 사망자 수는 최근 감소 추세이나 전체 사망사고 중 화물차 관련 사고로 인한 사망자 비율은 2015년 43%에서 2019년 51.7%로 8.7% 증가함 - 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면, 최근 5년간(2015년~2019년) 화물차 사고는 증가 추세이며 치사율은 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높음 · 과적 차량은 도로 시설물에 과도한 충격으로 포장 파손 등을 야기시키며, 막대한 사회적 비용이 발생하게 함 - 과적 차량 통행이 도로포장에 미치는 영향을 살펴보면, 축하중 15톤인 화물차 운행은 승용차 39만대 통행과 같은 도로파손을 야기킴 - 과적으로 인한 도로파손 비용은 2018년도 기준 연간 약 605억원이 발생하는 것으로 추정 · 적재불량으로 인한 교통사고가 지속 발생되고 있으며, 2차 대형사고를 일으켜 사회적 이슈화가 되고 있으며 강력한 단속이 요구되고 있음 - 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로 상에서 노면잡물로 인한 교통사고는 총 217건, 2명의 사망자 및 23명의 부상자가 발생했고, 화물차 등 적재불량으로 인해 발생하는 사고는 총 454건, 5명의 부상자가 발생함 - 판스프링과 같이 도로에 떨어진 낙하물들은 운전자가 쉽게 발견하기 어려워 차량에 직접 충격이 되거나 운전자가 이를 피하려다가 치사율이 높은 2차 사고로 커지게 됨 - 낙하 당시 영상이나 목격자가 없으면 원인 차량을 찾아내기조차 어려워 사고 책임을 명확하게 밝힐 수 없어 피해자가 손해를 자기 부담으로 안기 쉬우며, 낙하물에 의한 피해를 도로관리 주체에 책임을 무는 소송이 이어지는 등 사회적 문제로 부각되고 있음 · 화물차 적재 및 운행실태를 조사한 결과, 여전히 적재불량으로 고발이 가능한 화물차가 아무런 제지 없이 도로를 이용하고 있으며 교통사고 위험에 노출되어 있음 - 2016년 도로교통공단 조사결과에서는 비정형 적재물을 주로 수송하는 대형 화물차의 '상부 초과' 및 '측후면 초과' 비율이 높았으며, 적재물의 고정 상태는 소형, 중형, 대형 화물차 모두 적재물을 안전하게 고정하고 운행하는 경우는 30%도 되지 않았음 - 2018년 한국교통안전공단에서 우리나라 및 일본 도쿄에서 화물자동차 1,300여대를 대상으로 적

	재실태를 조사한 결과를 보면, 적재물을 고정하지 않고 도로를 주행하는 비율이 일본은 약 12.8%였던 반면 우리나라는 53.4%로 나타남 - 2020년 한국도로공사에서 수행한 고속도로 진출입시설 안전관리실태 결과를 분석해보면, 적재물 덮개를 씌워지 않는 등 적재불량으로 고발이 가능한 화물차가 하이패스 나들목을 통하여 48시간 동안 79대에 이르러 시간당 1.6대의 적재불량차량이 아무런 제지 없이 고속도로를 이용하고 있음 · 도로관리기관에서는 과적 및 적재불량 단속을 활동하고 있으나 법적 제한 및 인력 운영의 한계로 과적 및 적재불량 차량이 지속 발생하고 있음 - 지난 5년간(2015년~2019년) 고속도로에서만 연 3만대 이상 과적차량 고발 조치가 있었음. 특히, 2회 이상 위반하는 상습과적차량이 매년 30% 이상 차지하고 있음 * 2015년 9,805대 31.4%, 2016년 12,229대 33.2%, 2017년 10,490대 30% - 특히, 축중차로 통과 시 축조작 등 적재량 측정 방해행위의 다양화로 단속에 어려움이 있으며, 단속회피를 위해 일반 하이패스차로로 진입하는 4.5톤 이상의 화물차가 지속 발생되고 있음 - 검문소에서 가변 축을 내려 정상 통과 후 유류비용 및 타이어 교체 비용 절감을 위해 주행 중 다시 차축을 들어 과적을 유발하는 경우 빈번히 발생 * 이동단속반 집중단속 시 해당영업소 40톤 이상 화물차 비율은 최대 6.3%감소되나 인근 영업소의 40톤 이상 화물차 진입이 증가되는 풍선효과가 발생함 - 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로에서 적재불량 단속 및 낙하물 수거현황을 살펴보면, 매년 25만톤 이상의 낙하물이 수거되고 있으며, 약 8만건 정도 적재불량으로 단속되고 있는 실정임
세부목표	· 고속주행 중 차축 조작 등을 통한 과적단속 회피 및 적재불량 차량 단속을 위한 검지기능 및 알고리즘 개발 · 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발 · 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발 · 연구개발 기술 실증을 위한 테스트 베드 구축, 시공과 연구개발 기술의 실검증 및 실용화를 위한 정책제안
주요내용	· 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심 및 적재불량 차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발 - 문형식 표지판, 하이패스 차로 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영하여 화물차 유형, 차량번호, 불법구조 여부 등을 인지할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발 - 길이 16.7m(굴절 또는 연결차 19m), 폭 3m 이상인 차량에 화물차량 제원 자동계측 시스템 개발 - 수집된 차량의 영상 정보(전면, 후면, 측면, 적재함)와 화물차 차량 정보가 등록된 화물차 DB와 연동하여 AI 영상처리장치에 전송하는 정보수집장치 개발 - 정보수집장치로부터 전송된 영상 및 차량정보를 AI 딥러닝 알고리즘을 통해 분석하고, 과적 의심 및 적재불량 대상차량을 자동 선별하는 과적 및 적재불량 판정 알고리즘 개발 - 과적 의심차량 이동 단속 시 축별 순차 계중으로 인한 오차를 줄이기 위해 모든 차량의 축을 동시에 계중할 수 있는 무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적하중 계중 시스템 개발 · 과적 의심 및 적재불량 화물차량의 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발 - 화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 고정식 및 이동식 단속장비(이동식 다중 계중 장치)에서 측정된 화물차 중량정보가 실시간으로 전송·통합되는 화물차 DB 통합 서버 및 통신

네트워크 구현

- 과적(축조작) 의심 및 적재불량 차량이 고속도로 진입 시 국도 접속부에서 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 회차 유도를 할 수 있는 시스템 개발
- 교통관제센터나 상황실에서 대량의 영상 정보(CCTV 등)로부터 과적(축조작) 의심 및 적재불량 차량을 검출하여 이동 경로를 추적하고 주석을 자동적으로 태깅하는 유사 이미지 검색 및 객체 탐지 기술, 이미지 주석 기술 개발
 - * 유사 이미지 검색기술 : 쿼리 이미지에 비슷한 이미지를 데이터베이스에서 찾아오는 기술로, 이 기술을 이용하면 대량의 영상 데이터 중에서 원하는 이미지를 추출할 수 있음
 - * 객체 탐지 기술 : 이미지 중에서 자동차 등의 객체 영역을 식별하는 기술로, 입력 이미지의 부분 영역과 검출 대상의 사례 이미지를 유사 이미지 검색의 특징량 기준으로 일치하는 객체 영역을 검출함. 이 기술을 사용해서 대량의 감시 영상에서 특정 장면을 찾을 수 있음
 - * 이미지 주석 기술 : 이미지가 나타내는 내용에 해당하는 메타 데이터를 자동으로 부여하는 기술로 특별한 사전학습 없이 이미지에 의미를 부여하는 키워드를 추정할 수 있음

(그림) 유사 이미지 검색 기반 검체 검출



[그림 1-75] 유사 이미지 검색 기반 검체 검출

- 태깅된 화물차량 정보를 이동단속반에게 경로를 전송할 수 있는 단속 시스템 및 이동단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발
- 과적 의심 및 적재불량 차량을 검출하고 태깅하는 처리속도를 향상시키기 위한 영상 전처리 알고리즘 개발
- 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발
 - 화물차 통합 정보 서버에서 고속도로 진입 전, 중, 후의 영상을 비교분석하여 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발
 - 도로순찰원, 교통사고 피해자 등에 의해 수집된 노면잡물과 화물차 적재영상을 비교 분석하여 노면잡물 원인자를 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술
- 연구개발 기술 실증을 위한 테스트 베드 구축, 시공과 연구개발 기술의 실검증
 - 연구개발 기술 실증을 위한 최적의 시험 운영기간 (테스트 베드) 선정 기술
 - 실증 및 검증을 위한 연구개발 시설의 최적 설치 및 운영시스템 구축
 - 테스트 베드 운영을 통한 연구개발 성과의 검증 및 법제도화 방안 마련

세부기술별 연구목표

[표 1-47] 핵심과제3 세부기술별 연구목표 및 주요내용

세부기술	세세부기술	주요 연구 내용
최종 목표	화물차 축조작, 적재불량 검지/단속/관리 기술	
세부기술 3-1 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발	세세부기술 3-1-1	문형식 표지판 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영하여 화물차 유형, 차량번호, 불법구조 여부 등을 인지할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발
	세세부기술 3-1-2	길이 16.7m(굴절 또는 연결차 19m), 폭 3m 이상인 차량에 대한 화물차량 제원 자동계측 시스템 개발
	세세부기술 3-1-3	수집된 차량의 영상 정보와 화물차 차량 정보가 등록된 화물차 데이터베이스와 연동하는 정보수집장치 개발
	세세부기술 3-1-4	정보수집장치로부터 전송된 영상 및 차량정보를 AI 딥러닝 알고리즘을 통해 분석하고, 과적 의심 및 적재불량 대상차량을 자동 선별하는 과적 및 적재불량 판정 알고리즘 개발
	세세부기술 3-1-5	차량의 모든 축을 동시에 계측 할 수 있는 무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적하중 계측 시스템 개발
세부기술 3-2 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발	세세부기술 3-2-1	화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 측정된 화물차 중량정보가 실시간으로 통합되는 화물차 DB 서버 및 통신 네트워크 구현
	세세부기술 3-2-2	과적 의심 및 적재불량 차량을 국도 접속부에서 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 회차 유도를 할 수 있는 시스템 개발
	세세부기술 3-2-3	교통관제센터 영상 정보(CCTV 등)로부터 과적의심 및 적재불량 차량을 검출하여 이동 경로를 추적하고, 영상에 주석을 자동적으로 태깅하는 유사 이미지 검색 및 객체 탐지 기술, 이미지 주석 기술 개발
	세세부기술 3-2-4	이동단속반에게 태깅된 차량 경로를 전송하고 단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발
	세세부기술 3-2-5	과적 의심 및 적재불량 차량을 검출하고 태깅의 처리속도를 향상시키기 위한 영상 전처리 알고리즘 개발
세부기술 3-3 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발	세세부기술 3-3-1	화물차 통합 정보 서버에서 고속도로 진입 전, 중, 후의 영상을 비교분석하여 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발
	세세부기술 3-3-2	도로순찰원, 교통사고 피해자 등에 의해 수집된 노면잡물과 화물차 적재영상을 비교 분석하여 노면잡물 원인자를 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술
	세세부기술 3-3-3	과적/적재불량 검지 시스템 운영 효율성 향상을 위한 시스템 구축 및 설치 세부 사양 개발
세부기술 3-4 테스트 베드 구축 및 최적 운영기술 개발	세세부기술 3-4-1	최적의 연구개발 성과 실검증을 위한 시험 운영구간 (테스트 베드) 구축
	세세부기술 3-4-2	연구개발 성과의 실용화를 위한 경제성 확보를 위한 최적의 운영절차, 방법 등 시스템 운영 기술 개발
	세세부기술 3-4-3	과적/적재불량 검지 시스템의 제도적 운영을 위한 법제도 등 운영방안 마련 및 정책제안

■ 예상되는 핵심성과 및 목표 수준

- 개발 대상 구성기술의 성능지표와 함께 연구개발에 대한 성과측정을 위한 핵심성과지표를 도출함

[표 1-48] 핵심과제3 예상 핵심성과 및 지표

세부기술	세세부기술	성과물	성과지표
세부기술 3-1 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발	문형식 표지판 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발	차량 영상 촬영장치	고속주행 시 화물차량의 4면 촬영 정확도
	화물차량 제원(길이, 폭) 자동측정 시스템 개발	차량 제원 측정 장치	화물차량 길이, 폭 자동측정 정확도
	수집된 차량의 영상 정보와 화물차 차량 정보 연동하는 정보수집장치 개발	정보수집장치	영상정보와 화물차 등록 DB 연동률
	과적 의심 및 적재불량 차량 자동 판정 알고리즘 개발	과적 및 적재불량 판정 프로그램	과적 의심 및 적재불량 판정 정확도
	무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적하중 계중 시스템 개발	무선통신 기반 이동식 계중기	화물차량 전축 동시 측정
세부기술 3-2 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발	화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 측정된 화물차 중량정보가 실시간으로 통합되는 화물차 DB 서버 구현	화물차DB 통합 클라우드 서버	영상 및 중량정보 전송률 및 정보 정확도
	과적 의심 및 적재불량 차량을 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 화차 유도를 할 수 있는 시스템 개발	과적 의심 및 적재불량 차량 알람 시스템	과적 의심 및 적재불량 차량 인지 및 상황실 전파율
	CCTV에서 과적의심 및 적재불량 차량을 검출, 영상에 태깅하는 기술 개발	검지 및 태깅 시스템	CCTV 상에서 과적의심 및 적재불량 차량 검지율, 태깅율
	이동단속반에게 태깅된 차량 경로를 전송할 수 있는 시스템	차량정보 전용 송수신 단말기	차량정보 전송율
	단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발	이동식 영상 촬영장치	이동식 휴대용 기기에서 전송된 과적의심 및 적재불량 차량 인지율
	과적 의심 및 적재불량 차량을 검출하고 태깅의 처리속도를 향상시키기 위한 영상 전처리 알고리즘 개발	영상 전처리 알고리즘	실시간 처리를 위한 영상 전처리속도
세부기술 3-3 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발	화물차 통합 정보 서버에서 고속도로 진입 전, 중, 후의 영상을 비교분석하여 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발	영상 비교분석 장치	적재물 변화 인식율
	수집된 노면잡물과 화물차 적재영상을 비교 분석하여 노면잡물 원인자를 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술	영상 비교분석 장치	적재물과 노면잡물 매칭율
	과적/적재불량 검지 시스템 운영 효율성 향상을 위한 시스템 구축 및 설치 세부 사양 개발	시스템 설치, 운영 절차서	시스템 최적 지점 평가 방법론
세부기술 3-4 테스트 베드 구축 및 최적 운영기술 개발	최적의 연구개발 성과 실검증을 위한 시험 운영구간 (테스트 베드) 구축	테스트 베드 구축 보고서	테스트 베드
	연구개발 성과의 실용화를 위한 경제성 확보를 위한 최적의 운영절차, 방법 등 시스템 운영 기술 개발	시스템 운영 절차 및 기술	시스템 운영율
	과적/적재불량 검지 시스템의 제도적 운영을 위한 법·제도 등 운영방안 마련 및 정책제안	정책제안서	실용화를 위한 정책 제안

■ 구성기술 성과달성 목표가 되는 성능 수준을 다음과 같이 정의함

[표 1-49] 핵심과제3 구성기술 성과지표

세부기술	세세부기술	성과지표	세부 요구 성능
세부기술 3-1 고속 주행 중 차측 조작 등 과적 의심차량 감지 알고리즘 및 감지 기술 개발	문형식 표지판 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발	고속주행 시 화물차량의 4면 촬영 정확도	인식률 95% 이상 달성
	화물차량 제원(길이, 폭) 자동측정 시스템 개발	화물차량 길이, 폭 자동측정 정확도	측정 결과 정확도 90% 이상 달성
	수집된 차량의 영상 정보와 화물차 차량 정보 연동하는 정보수집장치 개발	영상정보와 화물차 등록 DB 연동률	영상정보와 화물차 등록 정보 일치율 100%
	과적 의심 및 적재불량 차량 자동 판정 알고리즘 개발	과적 의심 및 적재불량 판정 정확도	과적 의심 및 적재불량 판정 정확도 95% 이상
	무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적하중 계중 시스템 개발	화물차량 전축 동시 측정	측정 결과 동시 전송
세부기술 3-2 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫 폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발	화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 측정된 화물차 중량정보가 실시간으로 통합되는 화물차 DB 서버 구현	영상 및 중량정보 전송률 및 정확도	전송률 95% 이상 정확도 95% 이상
	과적 의심 및 적재불량 차량을 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 회차 유도를 할 수 있는 시스템 개발	과적 의심 및 적재불량 차량 인지 및 상황실 전파율	고속도로 진입 전 과적 의심 및 적재불량 차량 인지율 95% 이상 상황실 전파 95% 이상
	CCTV에서 과적의심 및 적재불량 차량을 검출, 영상에 태깅하는 기술 개발	CCTV 상에서 과적의심 및 적재불량 차량 검지율, 태깅율	CCTV에서 과적 의심 및 적재불량 차량 인지율 95%이상, CCTV상에 태깅율 95% 이상
	이동단속반에게 태깅된 차량 경로를 전송할 수 있는 시스템	차량정보 전송율	이동식 단말기로 차량정보 전송율 95% 이상
	단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발	이동식 휴대용 기기에서 전송된 차량 인지율	이동식 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량 인지율 90% 이상
	과적 의심 및 적재불량 차량 검출 및 태깅의 처리속도를 향상시키기 위한 기술 개발	실시간 처리를 위한 영상 전처리속도	검출 및 태깅 처리속도 50% 이상 향상
세부기술 3-3 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발	화물차 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발	적재물 변화 인식율	고속도로 진입, 중, 후의 적재물 변화 인식율 95% 이상
	노면잡물 원인자를 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술	적재물과 노면잡물 매칭율	화물차 적재물과 노면잡물과 매칭율 95% 이상
	과적/적재불량 감지 시스템 운영 효율성 향상을 위한 시스템 구축 및 설치 세부 사양 개발	시스템 최적 지점 평가 방법론	시스템 설치 및 운영 세부기술 사양서
세부기술 3-4 테스트 베드 구축 및 최적 운영기술 개발	최적의 연구개발 성과 실검증을 위한 시험 운영구간 (테스트 베드) 구축	테스트 베드	테스트 베드 구축
	연구개발 성과의 실용화를 위한 경제성 확보를 위한 최적의 운영절차, 방법 등 시스템 운영 기술 개발	시스템 운영율	시스템 운영율 99% 이상
	과적/적재불량 감지 시스템의 제도적 운영을 위한 법제도 등 운영방안 마련 및 정책제안	실용화를 위한 정책 제안	정책제안 및 제도화

4-2. [핵심과제4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발

■ 주요내용

[표 1-50] 핵심과제4 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리 기술 개발 주요내용

과제명	화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리 기술 개발
배경 및 필요성	· 화물 물동량, 화물차 통행량 등은 인터넷 및 모바일 상거래 증가에 따라 지속적으로 증가할 것으로 예측됨 - 도로화물 물동량은 2017년 18억 5천만 톤 대비 2045년 23억 4천만 톤으로 약 1.26배 증가할 것으로 전망되고 있음 - 이에 따라 일평균 화물차 통행량은 2017년 451만대에서 2020년 463만대, 2045년 441만대로 증가할 것으로 전망됨 - 중량등급별 통행량 변화는 소형화물차가 354만대→387만대(9% 증가), 중형이 58만대→85만대(47% 증가), 대형이 51만대→78만대(53% 증가)로 증가할 전망이며, 특히 중대형 화물차가 크게 증가할 것으로 예상됨 · 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면, 고속도로 화물차 사고는 증가 추세이며, 치사율도 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높은 편임 · 운송 화물의 종류나 무게에 따라 도로 파손은 물론 심한 경우 유류나 화학약품 등으로 인한 주변 오염 및 폭발까지 초래할 가능성이 존재함 · 화물차량 운행으로 인한 위험 방지 및 도로구조의 보전을 위해 엄격한 차량의 운행관리(제한 허가)가 필수이며, ‘도로에서 자유 주행을 보장할 수 있는 차량 통과허용 한계하중’, ‘제도권 내에서 제한적으로 허용 가능한 차량 통과허용 한계하중’의 합리적 산정이 필요함 - 공용중인 도로구조의 성능평가는 도로구조 설계방법과 동일한 개념에 근거한 방법에 따라 평가되는 것이 타당하나, 국내의 경우 2012년 한계상태설계법 도입에도 불구하고 해당 개념에 근거한 평가방법이 아직 마련되어 있지 않은 실정이며, 새로운 설계 방법에 근거한 평가방법 개발이 필요함 · 화물차 운행 기록 및 안전성 향상을 위해 2010년부터 1.2톤 이상 화물차의 DTG 장치가 의무화 되었으며, 운행 기록의 실시간 제출이 가능한 모바일 운행기록장치(m-DTG)도 보급 중임 · 또한 정부는 위험물질 운송차량 1만여 대에 대해 차량 모니터링을 위한 단말기 장착 사업을 2020년 12월까지 완료할 예정임 · 화물차의 증가 및 안전 향상에 노력에 비해 도로의 노후화는 지속적으로 진행되고 있으며, 2019년 9월 기준으로 건설된 지 30년 이상인 도로교량은 15% 수준이지만, 10년과 20년 후에는 각각 46%와 87%까지 증가할 것으로 예측됨 - 2020년부터는 노후 시설물에 투입되는 비용이 점차 증가하여 기존 투입 규모보다 큰 규모의 비용이 투입되어야 할 것으로 예상됨 · 미국, EU 등 해외 선진국들도 대형 화물차량 통행비중이 증가함에 따라 도로 성능 향상 및

	도로관리를 위해 다양한 연구개발 및 정책을 수립하고 있음 - 도로 성능 향상을 위해 첨단기술 융복합을 통한 첨단 재료 개발, 시공 기술 개발 등 다양한 연구를 진행하고 있음 - 영국은 4,432마일의 도로의 전략도로망(SRN : Strategic Road Network)으로 관리하고 있고, 5년간 25조원을 집중 투자하였으며, 관리기관 개편을 통해 운영 효율성을 증대시킴 - 일본은 '중요물류도로' 제도를 통해 대형 트럭이 원활하게 통행함으로써 효율적인 물류수송이 이루어질 수 있도록 도로 인프라 정비를 추진 중임 - 유럽과 미국에서는 화물운송 중심의 팬터그래프식 전기충전도로인 e-하이웨이를 실증하고 있음 - 미국의 캘리포니아, 조지아 주에서는 교통혼잡에 따른 물류비용 증가를 개선하기 위한 화물차 전용차로를 운영하고 있거나, 운영할 계획임 · 우리나라도 화물차 통행량 증가와 도로 노후화에 대비하여 화물차 통행방식경로에 따른 전략 도로 개념을 적용하여 효율적으로 도로인프라의 안전성 및 성능을 유지하고 향상시키는 기술 개발이 필요함
세부 목표	· 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발 · 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발 · 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 체계 개발
주요 내용	· 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발 - DTG, 물류정보, 교통량조사 결과 등 빅데이터 기반 화물특성 분석을 통한 물류거점 별 화물차량 운행 특성(산업, 차종, 중량, 이동경로 등) 분석 기술 개발 - 우리나라 산업구조 변화에 따른 화물차량 통행 예측 모델 개발 (고속도로 및 국도) - m-DTG, 교통 빅데이터 융합을 통한 차량 운행 패턴 분류 및 패턴별 위험성 등급화 기술 개발 - m-DTG 정보 실시간 분석 및 활용 기술 개발 * (예시) 개별차량 이력 데이터 분석 결과(운전 성향) + 실시간 m-DTG 정보 + 예측 운행 경로 + 교통정보 등의 융합을 통한 위험 구간(등급) 도출 및 사전 경고 · 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발 - 화물차 특성(축수, 중량, 속도 등)에 따른 교량 영향 분석·평가 체계 개발 - 한계상태설계법에 따른 도로구조(교량) 안전성 평가 방법 개발 * 차량 및 교량 형식별 안전성 평가방법(평가항목, 평가기준 등) 개발 * 도로구조(교량) 안전성 평가 시 공용교량의 상태특성 고려 방법 개발 * 공용교량의 성능-상태특성과 통과차량의 하중특성에 따른 차량 통행방안 검토 - 안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 방법 개발 - 교량, 안전시설 등 개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 방법 개발 * 도로 구간별 도로 안전성 : 교량, 안전시설 외 터널, 구배 등 기하구조와 같은 다양한 요소 고려 · 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발 - 한국형 전략도로(Korea Strategy Road : KS Road) 선정 기법 개발 * 교통량, 물동량 등을 고려하고, 한정된 자원의 효율적 투자를 위한 전략도로 선정 - 전략도로 내 화물차 전용차로 운영 기술 개발

	* 전용차로 운영 대상 구간 및 운영 방법 제시, 운영에 따른 영향 분석, 운영매뉴얼 등 - 화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술 개발 * 화물차량 차체 및 운행 특성 등을 고려한 안전시설 보완 및 기능 강화, 신기술 도입 등 - 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안) 개발 * 전략/비전략노선 구분, 교통관리, 재난대응, 위험물차량 관리, 운행제한허가 등 - 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별(교량, 안전시설 등) 유지관리 지침(안) 개발 * 전략/비전략노선 구분 * 도로(인프라) 등급별 점검 대상주가범위 * 등급에 따른 도로관리기관의 예산 편성 지침(권고 안) * LCC 등을 고려한 예방적 유지관리 방안 및 유지관리 우선순위 등
--	---

■ 세부기술별 연구목표

[표 1-51] 핵심과제4 세부기술별 연구목표

세부기술	세세부기술	주요 연구 내용
최종 목표	화물운송 예측을 통한 노선 운영 및 유지관리 지침 개발	
세부과제 4-1 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발	세세부기술 4-1-1	빅데이터 기반 화물특성 분석을 통한 물류거점 별 화물차량 운행 특성 분석 기술 개발
	세세부기술 4-1-2	우리나라 산업구조 변화에 따른 화물차량 통행 예측 모델 개발
	세세부기술 4-1-3	m-DTG, 교통 빅데이터 융합을 통한 차량 운행 패턴 분류 및 패턴별 위험성 등급화 기술 개발
	세세부기술 4-1-4	m-DTG 정보 실시간 분석 및 활용 기술 개발
세부과제 4-2 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발	세세부기술 4-2-1	화물차 특성(축수, 중량, 속도 등)에 따른 교량 영향 분석평가 체계 개발
	세세부기술 4-2-2	한계상태설계법에 따른 도로구조(교량) 안전성 평가 방법 개발
	세세부기술 4-2-3	안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 방법 개발
	세세부기술 4-2-4	교량, 안전시설 등 개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 방법 개발
세부과제 4-3 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발	세세부기술 4-3-1	한국형 전략도로 선정 기법 개발
	세세부기술 4-3-2	전략도로 내 화물차 전용차로 운영 기술 개발
	세세부기술 4-3-3	화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술 개발
	세세부기술 4-3-4	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안) 개발
	세세부기술 4-3-5	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별(교량, 안전시설 등) 유지관리 지침(안) 개발

■ 예상되는 핵심성과 및 목표 수준

- 개발 대상 구성기술의 성능지표와 함께 연구개발에 대한 성과측정을 위한 핵심성과지표를 도출함

[표 1-52] 핵심과제4 예상 핵심성과 및 지표

세부기술	세세부기술	성과물	성과지표
세부과제 4-1 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발	빅데이터 기반 화물특성 분석을 통한 물류거점 별 화물차량 운행 특성 분석 기술 개발	분석서	화물차량 운행특성 분석 보고서
	우리나라 산업구조 변화에 따른 화물차량 통행 예측 모델 개발	예측 기술서	통행예측 보고서
	m-DTG 기반 차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기술	기준 제안서	차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서
	m-DTG 정보 분석 및 활용 기술	서비스 제안서	m-DTG 활용 서비스 제안서
세부과제 4-2 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발	교량 및 화물차 특성에 따른 교량 영향 분석 기술	분석 보고서	영향분석 보고서
	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 기술	매뉴얼	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼
	안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 기술	평가 보고서	안전성 평가 보고서
	개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 기술	기준 제안서	등급화 기준 제안서
세부과제 4-3 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발	한국형 전략도로 선정 기법	매뉴얼	전략도로 선정 매뉴얼
	화물차 전용차로 운영 기술	매뉴얼	전용차로 운영 매뉴얼
	화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술	기준 제안서	화물차 기반 안전시설 기준 제안서
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안)	노선 운영 지침	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별 유지관리 지침(안)	유지관리 지침	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 유지관리 지침

■ 구성기술 성과달성 목표가 되는 성능 수준을 다음과 같이 정의함

[표 1-53] 핵심과제4 구성기술 성과지표

세부기술	세세부기술	성과물	성과지표
세부과제 4-1 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발	산업구조별 화물차 통행 분석 기술	화물차량 운행특성 분석 보고서	DTG등 빅데이터 기반 화물차량 운행특성 분석 보고서
	산업구조별 화물차 통행 예측 기술	통행예측 보고서	예측 모델 교통량 오차(최근 5년간) - 고속도로 20% 이내 - 국도 25% 이내
	m-DTG 기반 차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기술	차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서	차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서 1건 이상
	m-DTG 정보 분석 및 활용 기술	m-DTG 활용 서비스 제안서	제안 서비스 10개 이상 실증 서비스 5개 이상
세부과제 4-2 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발	교량 및 화물차 특성에 따른 교량 영향 분석 기술	영향분석 보고서	교량 영향 분석 정확도 오차범의 20% 이내 SCI급 논문 게재 : 3편 이상
	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 기술	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼	한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼 1건 이상
	안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 기술	안전성 평가 보고서	안전시설에 따른 안전성 평가 보고서 각 1건 이상
	개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 기술	등급화 기준 제안서	고속도로, 국도 안전성 등급화 기준 제안서 및 평가 결과서 각 1건 이상
세부과제 4-3 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발	한국형 전략도로 선정 기법	전략도로 선정 매뉴얼	전략도로 선정 매뉴얼 1건 이상
	화물차 전용차로 운영 기술	전용차로 운영 매뉴얼	전용차로 운영 대상 구간 3개 이상 전용차로 운영 매뉴얼 1건 이상
	화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술	화물차 기반 안전시설 기준 제안서	화물차 기반 안전시설 기준 제안서 1건 이상
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안)	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침	전략/비전략도로, 고속도로/국도 노선 운영 지침서 각 1건 이상
	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별 유지관리 지침(안)	화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 유지관리 지침	전략/비전략도로, 고속도로/국도 시설별 유지관리 지침서 각 1건 이상

4-3. [핵심과제5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발

[표 1-54] 핵심과제5 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전확보기술 개발 주요내용

과제명	화물차 군집주행 상용화 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술 개발
배경 및 필요성	· 자율주행 상용화는 화물운송부분에서 가장 먼저 확산될 것으로 예상 - 초기 자율차는 주요운행구간(고속도로)에서의 자율주행 난이도 및 리스크, 운전기사 부족 등으로 인한 수요, 트럭과 차량공유 업체 등을 중심으로 확산될 것으로 예상되며, 이러한 자율차의 점유율(이동거리) 증가로 도로 인프라에의 영향 및 니즈 증가 예상 - 트럭 군집주행에 대한 EU 로드맵에서는 2020년 군집주행(SAE Level2) 상용화, 2025년 multi-brand 군집주행(SAE Level 4) 상용화를 목표로 하고 있으며, 기술개발은 2020년 군집주행(SAE Level 3~4), 2025년 군집주행(SAE Level 5)를 목표로 하고 있음 - 일본 군집주행 로드맵에 의하면 '21까지 기술개발, 실증, 제도정비를 거쳐 '22년 상용화 예정 (Level 3) 이며, '25년부터 Level 4 상용화 예정임 - 네덜란드 TNO 로드맵에 의하면 '20년부터 multi-brand 군집주행(Level 3)을 구현, '25년 이후부터 모든 EU 자동차도로에서 국경간 통과 기능을 목표(Level 4)로 추진 중 - 국내에서는 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 차량과 협력하여 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발을 진행중 •북유럽 도로협력조직인 ROADEX Network, 핀란드 Roadscanners 社 등에서는 차륜이 주행하는 좁은 폭(타이어와 노면의 마찰면)을 마모성이 향상된 자재로 조성·보수하여, 화물차의 군집주행으로 인한 집중하중 발생 부위의 파손에 대한 예측 및 대응기술 연구를 수행 •MANTRA 프로젝트 최종보고서에서는 화물차 군집주행에 따른 도로인프라의 영향에 대한 내용을 분석 - 화물차 군집주행 운영으로 인한 도로인프라 영향측면에서 자동화가 증가함에 따라 일종의 진화가 예상된다는 것이 분명한점. 한 가지 예는 차량제한 시스템 (vehicle restraint system) 과 같은 안전보호 장비(equipment)에 대한 요구사항임. 레벨 2 platoon의 경우 차량제한 시스템은 강화가 필요할 수 있으므로 레벨 2 platoon은 아마도 적절한 차량 제한 시스템이 장착된 특정 경로에서만 가능할 것. - 그러나 레벨 4 platoon (자동 타이어 압력 모니터링 시스템 사용) 및 인적 오류 가능성의 제거로 인해 기본적으로 차량제한 시스템을 모두 수동적으로 보호할 필요는 없음. 또한 단속은 앞으로 더 중요한 역할을 할 것임이 분명하며 단속은 connectivity and automation (예, 트럭이 적재를 더 많이 할 경우 비활성화 시작)을 통해 막대한 편익을 얻을 수 있음 •도로 포장구조에 대한 화물차 군집주행의 부정적인 영향은 대략적으로 a) tyre wander(타이어가 주행중 좌우로 이동하는 현상)의 감소로 인한 영향 및 b) platoon의 영향으로 구분할 수 있음. - 자율주행차량의 Tyre wander 감소는 인간 운전자의 경우 3.5m 폭의 차로에서 횡방향으로 약 40cm의 편차로 운전하는 반면 자율주행차량의 경우 도로 횡단면의 동일한 구역을 지속

	적으로 정확하게 주행하게 됨을 의미. 북유럽 국가들 승용차의 경우 타이어에 장착된 stud로 인한 포장 rutting의 증가를 야기 시킬 것. 다른 나라들에서는 포장면의 급속한 polishing과 마찰력 감소 문제를 야기 시킬 수 있음. - 중차량의 경우 tyre wander 감소로 인해 특히 bound layer가 상대적으로 얇은 층(200mm)에서 급격한 포장 피로 증가가 발생하고 장기적으로는 더 깊은 심도의 포장까지 영향을 미치게 될 것. 한편 Platooning의 경우는 연약한 subgrade에서 pumping 문제를 발생시킬 수 있으며 봄철 해빙기동안 공극수압(pore water pressure)의 증가로 인한 영구적인 변형으로 이어질 것.(Saarenketo 2018c) - Tyre wander와 포장 파손(rut)과의 관계는 다음 그림을 통해서 확인할 수 있듯이 타이어의 횡방향 이동이 적을수록 포장 파손은 급속히 일어나 최대 6배 이상 도로 포장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상.
세부목표	•화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 영향 분석을 위한 화물차 군집주행 형태, 제원 및 도로 인프라 유형화(교량형식별, 포장형식별) 등을 통한 시나리오 기술 개발 •화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 도로 인프라 시뮬레이션 기술 개발 •실측 데이터기반 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 및 시뮬레이션 피드백 기술 개발 •화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발 •도로 인프라 평가를 통한 화물차 군집주행 운영전략 및 화물차 군집주행 운영을 위한 전략노선 선정 기술 개발
주요내용	•화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발 - 화물차 군집주행 use case 시나리오 및 제원 특성 개발 - 화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발 - 화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발 •화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 - 화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발 - 화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(WMM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발 - 실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발 •화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 - 화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발 - 화물차 군집주행의 포장영향 특성(permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발 - 포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발 •화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발 - 화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계 기법 개발 - 화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발

	- 화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발 - 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발 •화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발 - 도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발 - 도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발
--	---

■ 세부기술별 연구목표

[표 1-55] 핵심과제5 세부기술별 연구목표

세부기술	세세부기술	주요 연구 내용
최종 목표	화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발	
세부과제 5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발	세세부기술 5-1-1	화물차 군집주행 use case 시나리오 및 제원 특성 개발
	세세부기술 5-1-2	화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발
	세세부기술 5-1-3	화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발
세부과제 5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	세세부기술 5-2-1	화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발
	세세부기술 5-2-2	화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(WIM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발
	세세부기술 5-2-3	실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발
세부과제 5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	세세부기술 5-3-1	화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발
	세세부기술 5-3-2	화물차 군집주행의 포장영향 특성(permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발
	세세부기술 5-3-3	포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발
	세세부기술 5-3-4	화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발
세부과제 5-4 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라	세세부기술 5-4-1	화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계기법 개발
	세세부기술 5-4-2	화물차 군집주행에 따른 포장 영향 최소화를 위한 개선기술, 기법 개발
	세세부기술 5-4-3	화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발

(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발	세세부기술 5-4-4	화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발
세부과제 5-5 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발	세세부기술 5-5-1	도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발
	세세부기술 5-5-2	도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발

■ 예상되는 핵심성과 및 목표 수준

- 개발 대상 구성기술의 성능지표와 함께 연구개발에 대한 성과측정을 위한 핵심 성과지표를 도출함

[표 1-56] 핵심과제5 예상 핵심성과 및 지표

구 분	세세부기술	성과물	성과지표
세부과제 5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발	화물차 군집주행 use case 시나리오 및 제원 특성 개발	시나리오 개발서	화물차 군집주행 시나리오 개발
	화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발	군집주행 영향분석 시나리오	포장, 구조물 영향분석 시나리오
	화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발	동적하중 분포 분석서	동적하중 분포 분석기술 보고서
세부과제 5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발	교량 영향분석 보고서	교량형식별 영향분석 보고서
	화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(WIM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발	동적효과 특성 측정 테스트 베드	동적효과 측정 센싱 및 데이터 수집기술
	실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발	검측 데이터 기반 시뮬레이션 분석	검측 데이터 기반 실시간 시뮬레이션
세부과제 5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발	포장영향 메커니즘 분석기술서	포장영향 메커니즘 분석기술서
	화물차 군집주행의 포장영향 특성 (permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발	포장가속실험 기술 보고서	포장가속실험
	포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발	포장가속실험 평가절차서	포장가속실험 평가절차
	화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발	포장구조 해석 보고서	도로포장 강화기술
세부과제 5-4 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화 를 위한 도로 인프라 구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발	화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계기법 개발	구조물 영향 저감 설계서	구조물 영향 최소화
	화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발	도로포장 강화설계법	도로포장 강화설계 및 평가서
	화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발	유지관리 지침서	인프라(구조물, 포장) 유지관리 지침
	화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발	영향분석 운영 시스템	영향분석 모니터링 시스템 및 운영기술

세부과제 5-5 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발	도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발	군집주행 운영기술 지침	화물차 군집주행 운영관리 지침
	도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발	군집주행 최적 노선 선정	군집주행 최적 노선선정

■ 구성기술 성과달성 목표가 되는 성능 수준을 다음과 같이 정의함

[표 1-57] 핵심과제5 구성기술 성과지표

구 분	세세부기술	성과지표	세부 요구 성능
세부과제 5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발	화물차 군집주행 use case 시나리오 및 재원 특성 개발	화물차 군집주행 시나리오 개발	군집주행 use case 10건 이상
	화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발	포장, 구조물 영향분석 시나리오	영향분석 시나리오 15건 이상
	화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발	동적하중 분포 분석기술 보고서	인프라별 동적하중 분포 분석
세부과제 5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발	교량형식별 영향분석 보고서	동적효과 및 시뮬레이션 5종 이상
	화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(MM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발	동적효과 측정 센싱 및 데이터 수집기술	동적효과 특성 측정 테스트 베드 2개소
	실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발	검측 데이터 기반 실시간 시뮬레이션	실시간 (100ms) 데이터 기반 시뮬레이션 분석기술
세부과제 5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발	포장 영향 메커니즘 분석기술서	포장 부위별 영향 메커니즘 분석서
	화물차 군집주행의 포장영향 특성(permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발	포장가속실험	포장가속실험 : 20만회 이상
	포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발	포장가속실험평가절차	평가절차 표준화
	화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발	포장구조 해석 보고서	도로포장 강화기술
세부과제 5-4 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라 구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발	화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계기법 개발	구조물 영향 최소화	교량형식별 설계기법 : 2종 이상
	화물차 군집주행에 따른 포장 영향 최소화를 위한 개선기술, 기법 개발	도로포장 강화설계 및 평가서	포장단면별 개선기술 및 기법
	화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발	인프라(구조물, 포장) 유지관리 지침	유지관리 지침서 2종
	화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발	영향분석 모니터링 시스템 및 운영기술	실시간 모니터링 시스템
세부과제 5-5 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발	도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발	화물차 군집주행 운영관리 지침	화물차 군집주행 운영 가이드라인
	도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발	군집주행 최적 노선선정	군집주행 최적노선

5. 연구추진 로드맵

[표 1-58] 핵심과제 3, 4, 5: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵

핵심과제	세부기술	1 차 년 도	2 차 년 도	3 차 년 도	4 차 년 도	5 차 년 도	주요 연구성과
[핵심과제 3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발	3-1 고속 주행 중 차속 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발						· 과적단속 회피 및 적재불량 차량 단속을 위한 영 상기반 검지 시스템 · 축조작 검지 알고리즘
	3-2 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발						· 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼 · DTG 등 화물차 DB연동 시스템 · 이동단속반 이동식 단말기 시제품
	3-3 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발						· 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 시스템 · 낙하물 원인자 단속 시스템 · 검지 시스템 최적 설치, 운영을 위한 평가기준
	3-4 테스트 베드 구축 및 최적 운영기술 개발						· 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 시스템 테스트 베드 · 연구개발성과 정책제안 및 제도화
[핵심과제 4] 화물운송 통행방식 (물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발	4-1 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발						· 화물차량 통행예측 보고서 · 차량 운행 패턴 및 위험성 등급화 기준 제안서 · m-DTG 활용 서비스 제안서
	4-2 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발						· 교량 및 화물차 특성에 따른 교량 영향 분석보고서 · 안전성 평가 보고서 · 한계상태설계법에 따른 교량 안전성 평가 매뉴얼 · 등급화 기준 제안서
	4-3 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발						· 한국형 전략도로 선정 매뉴얼 · 화물차 전용차로 운영 매뉴얼 · 화물차 기반 안전시설 기준 제안서 · 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 유지관 리 지침
[핵심과제 5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발	5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발						· 화물차 군집주행 시나리오 개발 · 포장, 구조물 영향분석 시나리오 · 동적하중 분포 분석기술 보고서
	5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발						· 교량형식별 영향분석 보고서 · 동적효과 측정 센싱 및 데이터 수집 시스템 · 검측 데이터 기반 실시간 시뮬레이션
	5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발						· 포장영향 메커니즘 분석기술서 · 포장가속실험 및 평가보고서
	5-4 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발						· 구조물 영향 저감 설계서 · 도로포장 강화설계 및 평가서 · 인프라(구조물, 포장) 유지관리 지침 · 영향분석 모니터링 시스템 및 운영기술
	5-5 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발						· 화물차 군집주행 운영관리 지침 · 군집주행 최적 노선선정

6. 소요예산

6-1. 연도별 소요예산

■ 전체

[표 1-59] 핵심과제별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

핵심과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
[핵심과제 3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발	정부	1,846	2,418	2,533	2,086	1,422	10,305
	민간	952	1,247	1,306	1,075	734	5,314
[핵심과제 4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발	정부	1,796	2,086	1,864	1,649	1,212	8,607
	민간	968	1,125	1,004	889	653	4,639
[핵심과제 5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발	정부	2,043	1,954	1,947	1,774	1,115	8,833
	민간	1,100	1,052	1,049	957	600	4,758
총 계	정부	5,865	6,458	6,344	5,509	3,749	27,745
	민간	3,020	3,424	3,359	2,921	1,987	14,711
	계	8,705	9,882	9,703	8,430	5,736	42,456

■ [핵심과제 3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발

[표 1-60] 핵심과제 3: 세부기술별, 연차별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
3-1. 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 감지 알고리즘 및 감지 기술 개발	정부	554	725	760	626	427	3,092
	민간	286	374	392	322	220	1,594
3-2. 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발	정부	369	484	507	417	284	2,061
	민간	190	249	261	215	147	1,062
3-3. 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발	정부	554	725	760	626	427	3,092
	민간	286	374	392	322	220	1,594
3-4. 테스트 베드 구축 및 최적 운영기술 개발	정부	369	484	507	417	284	2,061
	민간	190	249	261	215	147	1,062
총 계	정부	1,846	2,418	2,533	2,086	1,422	10,305
	민간	952	1,247	1,306	1,075	734	5,314
	계	2,798	3,665	3,839	3,161	2,156	15,619

■ [핵심과제 4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발

[표 1-61] 핵심과제 4: 세부기술별, 연차별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
4-1. 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발	정부	539	626	559	495	364	2,582
	민간	291	337	301	267	196	1,392
4-2. 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발	정부	808	939	839	742	545	3,873
	민간	436	506	452	400	294	2,088
4-3. 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발	정부	449	522	466	412	303	2,152
	민간	242	281	251	222	162	1,160
총 계	정부	1,796	2,086	1,864	1,649	1,212	8,607
	민간	968	1,125	1,005	890	652	4,639
	계	2,764	3,211	2,869	2,539	1,865	13,246

■ [핵심과제 5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발

[표 1-62] 핵심과제 5: 세부기술별, 연차별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
5-1 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발	정부	307	293	292	266	167	1,325
	민간	165	158	157	144	90	714
5-2 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	정부	409	391	389	355	223	1,767
	민간	220	211	210	191	120	952
5-3 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발	정부	511	489	487	444	279	2,208
	민간	275	263	262	239	150	1,190
5-4 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발	정부	511	489	487	444	279	2,208
	민간	275	263	262	239	150	1,190
5-5 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발	정부	307	293	292	266	166	1,324
	민간	165	158	157	144	90	714
총 계	정부	2,043	1,954	1,947	1,774	1,114	8,833
	민간	1,101	1,053	1,049	957	601	4,760
	계	3,144	3,007	2,996	2,731	1,715	13,593

6-2. 예산항목별 소요예산

■ [핵심과제 3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발

[표 I-63] 핵심과제 3: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	
인건비	책임연구원	465	581	581	581	465	2,674	17%
	연구원	743	1,040	1,040	1,040	743	4,606	29%
	연구보조원	238	397	397	397	238	1,667	11%
	보조원	30	30	30	30	30	150	1%
	소계	1,476	2,049	2,049	2,049	1,476	9,099	58%
직접비	연구장비재료비	850	1,020	1,100	530	250	3,750	24%
	연구활동비	78	78	150	130	120	556	4%
	연구수당	221	307	307	307	221	1,363	9%
	소계	1,149	1,405	1,557	967	591	5,669	36%
간접비		172	211	234	145	89	851	5%
합계		2,798	3,664	3,839	3,161	2,156	15,619	100%

■ [핵심과제 4] 화물운송 통행방식(물류네트워크) 기반 도로인프라 관리기술개발

[표 I-64] 핵심과제 4: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	
인건비	책임연구원	543	620	620	620	388	2,790	21%
	연구원	743	892	892	892	594	4,012	30%
	연구보조원	199	278	298	298	258	1,331	10%
	보조원	30	30	30	30	30	149	1%
	소계	1,514	1,820	1,839	1,839	1,270	8,282	63%
직접비	연구장비재료비	750	835	525	250	250	2,610	20%
	연구활동비	110	103	95	83	78	469	4%
	연구수당	227	272	275	275	190	1,239	9%
	소계	1,087	1,210	895	608	518	4,318	33%
간접비		163	211	133	90	76	673	5%
합계		2,765	3,211	2,868	2,538	1,864	13,246	100%

■ [핵심과제5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발

[표 1-65] 핵심과제 5: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	
인 건 비	책임연구원	388	388	388	388	310	1,860	14%
	연구원	594	684	743	743	357	3,120	23%
	연구보조원	199	238	238	238	159	1,073	8%
	보조원	30	30	30	30	30	149	1%
	소계	1,210	1,339	1,399	1,399	855	6,202	46%
직 접 비	연구장비재료비	1,380	1,150	1,050	850	530	4,960	36%
	연구활동비	120	100	130	100	90	540	4%
	연구수당	181	200	209	209	128	927	7%
	소계	1,681	1,450	1,389	1,159	748	6,427	47%
간접비		253	218	207	174	110	962	7%
합계		3,145	3,008	2,995	2,732	1,714	13594	100%

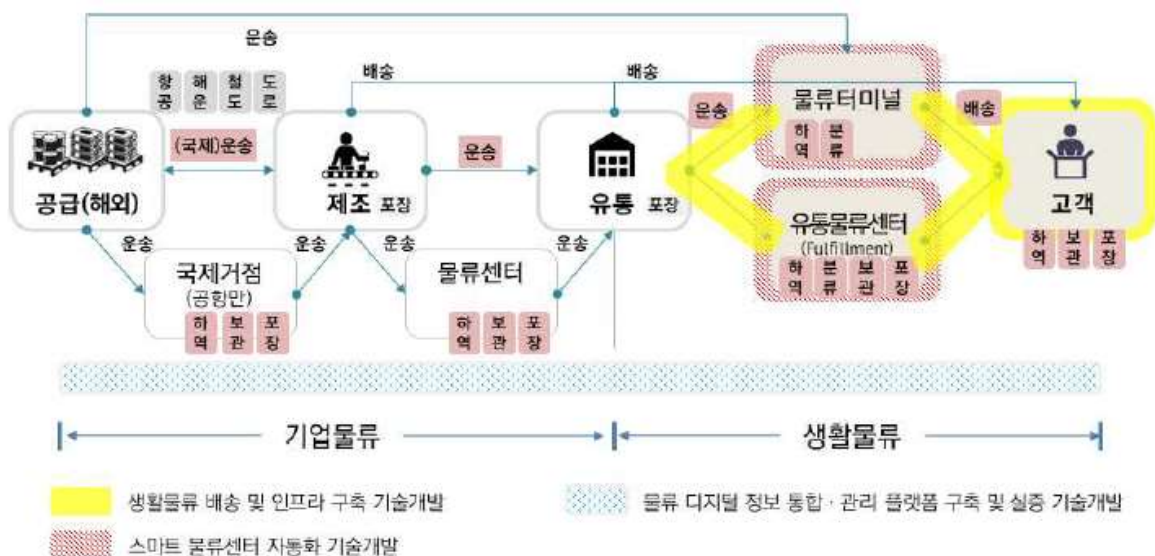
7. 위험요인 및 해결방안

■ [기술적 위험요인] 본 연구단 사업의 연구개발 성공을 위한 기술적 위험요인을 분석하고 이에 따른 대응방안을 서술하였음

- 화물차의 과적(축조작) 및 적재불량은 도로를 이용하는 이용자의 교통안전성 향상관점에서 중요성이 있으나, 효율적인 검측 및 단속기술의 개발이 필요할 뿐만 아니라, 국내 민간부분의 관심도가 낮아 기술개발 및 투자에 소극적이어서 기술혁신에 한계가 있어 정부 주도의 기술혁신이 필요한 상황임
- 과적단속을 위한 WIM 장비의 개발에 치중되어 있어, WIM 단속을 위한 다양한 기술들이 개발되어 실용화되고 있는 상황이나, 계중이후 주행중 연료절감, 타이어 소모 감소 등의 이유로 축조작을 통해 운행하는 화물차량이 많아 이를 효율적으로 검지하고 단속할 수 있는 기술혁신이 필요함
- 최근 화물차에 적재된 화물, 부속물의 낙하에 의한 일반 운전자 사망사고가 발생하는 등 화물차 적재불량은 지속적인 교통안전 위협요소가 되고 있으나, 이를 효과적으로 예방할 수 있는 검지 및 단속기술의 개발이 더디고, 민간의 투자유발 요인이 적어 정부주도의 기술혁신이 필요함
- 인터넷 쇼핑의 증가, 언택트 소비 등으로 인한 화물운송량의 증가가 예측되고 있으나, 이러한 물류를 효율적으로 수행할 수 있는 물류전략노선 등의 선정과 운영등은 민간부분에서 수행할 수 없는 분야로, 물류전략노선 선정 및 운영을 위한 도로안전성 평가 등에 정부 주도의 기술혁신과 연구개발이 필요함
- 자율주행기술의 급격한 발달과 이를 활용한 비즈니스모델 개발 차원에서 화물차 군집주행의 우선 도입이 예상되고 있으나, 이러한 화물차 군집주행의 도로인프라에 대한 영향을 분석하고 이에 대응할 수 있는 혁신적인 도로인프라 기술개발이 필요함
- 이러한 연구개발 내용들은 기존 연구개발 과제와는 다르게 다양한 분야의 전문적인 지식들이 융합되어야하는 과제로, 다양한 분야의 전문 지식들을 적정하게 융복합할 수 있는 기술통합형 전문인력의 확보가 필요함
- 화물차 과적(축조작) 및 적재불량 검지 및 단속기술의 경우 기술개발과는 별도로 이를 활용할 수 있는 법·제도적 뒷받침이 필수적으로 단속을 위한 제도와 연계될 수 있는 기술개발 필요
- 연구기간내 화물차 군집주행의 국내 상용화 여부에 대한 불확실성으로 인하여 군집주행의 도로 인프라에 대한 영향을 직접적으로 측정할 수 없는 한계를 갖고 있으나, 해외사례, 동향 등을 통해 이러한 계측자료를 수집하여 활용할 수 있는 국제적 협력체계 구축 필요

■ 기술개발 성공가능성

- 화물차 과적(축조작) 및 적재불량 검지 및 단속 기술은 최근 국내 영상 분석 기술의 급격한 발전, 연구 및 인프라 역량, 국가 정책, 실용화 가능성 등을 종합적으로 고려할 때, 본 연구단에서 수행하는 기술개발의 성공 가능성은 높을 것으로 판단됨
 - 과제 수행을 위한 핵심기술중 하나인 영상 분석기술의 경우 정부의 디지털 댐 구축 사업 등을 통해 다양한 영상 데이터의 확보가 가능할 것으로 판단되며, 이에 따른 분석기술 역시 급속히 발전할 것으로 전망됨
- 화물운송 예측을 통한 노선 운영 및 유지관리 지침 개발은 최근 물류의 중요성이 증대하고 물류를 효율적으로 관리하기 위한 다양한 정책들과 관련 연구개발사업들이 진행 또는 준비되고 있어 기술개발의 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨
 - ‘미래 스마트 융복합 물류기술개발 사업기획’, ‘생활물류 발전방안’ 등 관련 분야에서 다양한 정책 및 기술개발 사업들이 진행중으로 이러한 사업들의 성과 활용이 가능할 것임



[자료] 미래 스마트 융복합 물류기술개발 사업기획, 2020.08, KAIA

[그림 1-76] 미래스마트 융복합 물류기술개발 사업기획 (물류 혁신기술개발 3대 중점분야)

- 화물차 군집주행 상용화 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술 개발의 경우 화물차 군집주행의 상용화와 이에 따른 도로인프라의 영향을 사전예측하여 이에 대응할 수 있는 안전성 평가 및 안전확보 기술개발 과제로 국내 도로인프라 기술수준, 연구 및 인프라 역량 등을 고려할 때 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨
 - 관련 연구개발을 위해 국내에 실환경 모사 주요 성능평가 인프라가 구축되어 있으며, 최근 국토부에서 구축 예정인 K-ROAD 사업과 연계하여 개발기간내 실증화 및 안전

성 평가 및 안전성 확보기술 개발 목표가 가능할 것으로 판단됨



스마트 도로 건설·운영 관리 기술 평가시험장	스마트 도시교통 평가 시험장	미래 수송 물류 기술 평가 시험장	스마트 도로 건설·운영 관리 기술 평가시험장	K-road 1·2단계 시험장
① 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ② 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ③ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ④ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ⑤ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ⑥ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장	⑦ 미래도시교통 평가 시험장 ⑧ 미래도시교통 평가 시험장 ⑨ 미래도시교통 평가 시험장 ⑩ 미래도시교통 평가 시험장 ⑪ 미래도시교통 평가 시험장 ⑫ 미래도시교통 평가 시험장	⑬ 미래수송물류 기술 평가 시험장 ⑭ 미래수송물류 기술 평가 시험장 ⑮ 미래수송물류 기술 평가 시험장 ⑯ 미래수송물류 기술 평가 시험장 ⑰ 미래수송물류 기술 평가 시험장 ⑱ 미래수송물류 기술 평가 시험장	⑲ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ⑳ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ㉑ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장 ㉒ 스마트도로 건설·운영 관리 기술 평가 시험장	a. 스마트도로 건설·운영 관리 시험장 b. 스마트도로 건설·운영 관리 시험장 c. 스마트도로 건설·운영 관리 시험장

[그림 I-77] K-Road 사업 예시

- 기술 개발의 성공을 위해서는 급격하게 변화하는 국내외 기술동향 및 환경분석을 통해 기술개발 전략을 지속적으로 롤링할 필요성이 있으며, 이를 연구기간내 꾸준히 운영하면서 기술개발 관련 위험요소를 사전 분석하여 성공 가능성을 높일 수 있는 연구개발 추진전략 수립이 필요
- 또한, 도로인프라 혁신기술의 경우 연구개발기간내 기술이 개발되었다 하더라도 지속적인 추적관찰을 통해 개발기술의 상용화를 검토할 수 있는 체계를 구축하여 운영할 필요성이 있음을 고려하여야 할 것임

8. 기대 및 파급효과

8-1. 과학기술적 측면

■ 기술적 타당성

- 본 연구단의 기술로드맵은 현재 화물차 운행행태로 인해 도로인프라에 영향을 미치는 과적(축조작) 및 적재불량을 검지하고 단속할 수 있는 기술개발부터 향후 화물차 운송행태 변화에 따른 도로인프라의 안전성평가 및 안전성 확보기술개발, 물류전략노선의 개발등 분야별 구체적인 개발기술과 성과물이 제시되어 있어 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨
 - 세부과제별 구성기술은 화물차 과적(축조작) 및 적재불량 검지 및 단속을 위하여 D.N.A 기술을 적용하고 높은 연구의 완성도 및 기술실용화를 고려한 화물차등록정보, DTG 정보 등을 연계하는 방식을 제시하고 있어 연구내용의 논리성과 적절성이 높음
 - 화물운송량 증대에 따른 물류 시스템의 효율성 향상과 화물차 군집주행 기술의 도입 등 미래 화물차 운송환경·행태의 변화에 따른 도로인프라의 안전성 평가기술과 안전성 확보, 간선도로 물류운송 효율화를 위한 도로인프라 안전성 평가에 기반한 물류전략노선의 선정과 운영을 위한 기술개발로 구체적으로 구성되어 있음
- 세부 개발기술들은 각 세부별 연구개발 기술들이 상호 연계성을 갖고 활용될 수 있는 연계체계하에서 구성되어 있어 현재의 화물운송과 관련된 문제를 해결할 수 있는 기술을 제시하고 이를 미래 화물차 운송행태 변화에 따른 도로인프라의 문제해결을 위하여 상호 연계되도록 구성되어 있음
- 본 연구단의 기술로드맵은 화물차 운송에 따른 도로인프라의 안전성 확보를 위한 검지기술부터, 미래 화물운송 행태 변화에 따른 도로인프라에 대한 영향분석 및 설계·시공·유지관리 기술, 시뮬레이션 및 포장가속실험, 유지관리지침(안)까지 일체형으로 분야별 구체적으로 개발 기술과 성과물이 제시되어 있어 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨.
- 화물차 대응 도로성능 및 유지관리 기술개발은 기존 과제와 중복성이 없는 원천기술을 확보할 수 있는 과제임.
 - 기존 과제와의 유사성, 중복성 검토결과 기존 과제들은 화물차 축중 계층기술 개발 중심으로 이루어져 있어, 축조작 검지기술 개발과 차별성이 있으며, 화물차 운행행태 변화에 따른 도로인프라 안전성 평가 및 확보기술은 사례가 없음

■ 국토부 R&D 관계

- 본 사업은 4차 산업혁명을 새로운 도약기회로 활용하고 삶의 질 향상 등 사회적 요구에 효과적으로 대응하기 위해, 「국토교통과학기술육성법」 제4조에 의거, 향후 10년간 중장기 전략을 제시하고 있는 [국토교통과학기술연구개발종합계획(2018~2027)]²³⁾의 연구개발 전략과 일치하고 있음
 - 종합계획에서 제시하고 있는 4대전략 중 기술융합을 통한 새로운 가치 창출에 해당되는 과제로 철도·항공·물류 등 교통분야 사회적 비용 절감을 위하여 고속화·자동화·대용량화를 통한 “수송시스템 혁신”에 해당
 - 기존 수송시스템 혁신기술의 세부과제로 ‘지능형 자동 화물운송’, ‘스마트 물류센터’와 연계성을 갖고 있으며, 본 사업의 추진근거가 될 수 있음
- ‘도로 기술개발 전략안(‘21~‘30)’에서 제시하고 있는 4대 목표 ①(안전한 도로) 교통사고 사망자 수 30% 감축 지원, ②(편리한 도로) 도로 혼잡구간 30% 해소, ③(경제적 도로) 도로 유지관리 비용 30% 절감, ④(친환경 도로) 도로 소음 20%, 미세먼지 등 유해물질 15% 감축과 밀접한 관계를 갖고 있음
 - 안전한 도로의 경우 화물차 운행에 따른 노면잡물 등에 따른 교통사고 발생감소 및 연평균 14.4% 증가하고 있는 화물차 관련 교통사고의 감소에 기여할 수 있음
 - * 제8차 교통안전기본계획 : 사업용차량 중 화물차와 렌터카로 인한 사망자수는 각각 연평균 14.4%, 6.6%로 증가
 - * (화물차) 126명(‘11년) → 216명(‘15년), (렌터카) 92명(‘11년) → 119명(‘15년)
 - 경제적 도로의 경우 화물차 과적운행으로 고속도로부분에서만 연 605억원의 도로 유지관리 비용이 발생하고 있어 이의 절감이 가능
 - * 연간 연 포장보수비 및 교량보수비에서 포장보수비의 33%²⁴⁾, 교량보수비의 10%²⁵⁾를 과적에 의한 것으로 추정

8-2. 사회경제적 측면

■ 사회적 타당성

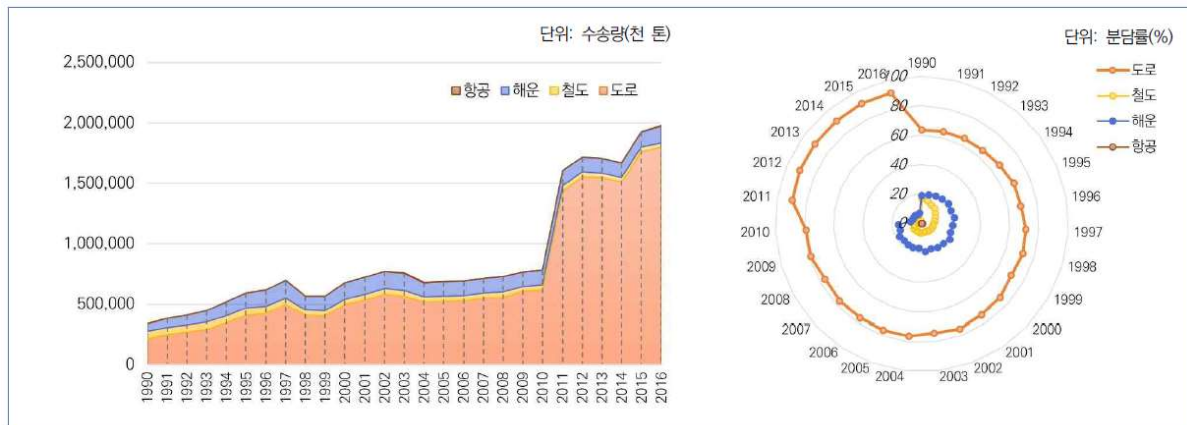
- 본 사업 추진의 타당성은 도로를 이용하는 국민들의 교통사고 감소에 기여할 수 있을 것으로 판단됨
 - 화물차 적재불량으로 인한 낙하물 관련 사고는 ‘16~’18년 3년간 129건 발생하여 2명의 사망자가 발생하였으며, 동기간 고속도로 낙하물 수거건수는 78.8만건으로 집계되고 있어, 고속도로 적재불량의 신속한 검지와 단속이 필요함

23) 국토교통부, 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

24) 축하중에 따른 포장수명 33% 감소 적용(한국도로공사 도로교통연구원 연구결과 제공, 2012년)

25) Directory of Significant Truck Size and Weight research (NCHRP 20-07, 2011)

- 그러나, 적재불량에 대한 단속건수는 도로교통법에 의한 단속은 2.7만건에 불과하여 적재불량 화물차에 대한 검지기술의 개발 필요성이 높음
- 화물 운송량의 증가로 인하여 국가물류 체계에서 도로의 물류수송은 2012년부터 90% 이상을 차지하고 있어 화물차 운송 효율화를 위한 국가전략 노선의 선정과 이를 위한 기존 도로인프라의 안전성 평가와 확보 기술개발 필요



[자료] 물류중점도로 해외 사례 및 시사점, 2019

[그림 1-78] 국내화물 수송량 및 수송 분담률

- 화물차 운전자의 고령화 및 숙련 운전자의 부족현상은 전세계적인 현상으로 이러한 문제를 해결하기 위하여 화물차 군집주행 기술의 상용화가 우선적으로 상용화될 것으로 판단되고 있으며, 이러한 화물차 군집주행은 기존 화물차 주행행태와 달리 도로인프라에 부정적인 영향을 미치게 될 것으로 예측되고 있어 도로인프라 안전성 확보를 위한 선제적인 기술개발 필요
- 운전자 고령화는 고령 운전자의 교통사고 증가 및 교통사고 발생 시 사망자수 증가로 이어져 2005년 기준 전체교통사고 중 65세 이상 운전자의 교통사고 발생건수는 19,066건(8.9%) 이었으나 2015년에는 36,053건(15.5%)을 차지하며 두 배 가까이 증가 또한 같은 기간 전체교통사고 사망자수는 27.5% 감소한 것과는 다르게 65세 이상 운전자의 교통사고 사망자수와 점유율은 지속적으로 증가²⁶⁾
- 미국, EU, 일본 등 선진국을 중심으로 화물차 군집주행의 기본적인 기술개발을 검증하고 비즈니스 모델 도입을 위한 실증사업 수준으로 연구개발이 이루어지고 있어 화물차 군집주행의 경우 향후 5년 이내 상용화 예상
- 화물차 군집주행의 도로인프라에 대한 영향은 차간거리의 단축, 화물차의 Wandering 감소 등으로 인한 하중분포의 특성변화 등이 변화되어 도로포장 및 구조물(교량 등)에 대한 영향분석과 이에 따른 도로인프라의 혁신적인 연구개발이 선행되어야함.

26) 교통물류브리프, 2016년도 4분기

■ 경제적 타당성

- 본 연구사업은 화물차 운행에 의한 과적(축조작) 및 적재불량으로 인해 발생하는 교통사고 관련 사회적 비용 및 도로인프라 수선 및 유지관리비용을 절감할 수 있음
 - 적재불량 등으로 인한 화물차 낙하물 교통사고건수는 '16~18년 129건 사망은 2건이 발생하여 경제적 효과는 투입비용 대비 크게 나타나지 않을 수 있으나, 낙하물 등에 의한 교통사고 발생시 사회적 반향이 커다란 점 등을 고려해야 할 것임

[표 I-66] 사상사고 1건당 도로교통사고비용, 2016년도 교통사고비용 추정. KOTI

(단위: 천 원, %)

건당	사망	중상	경상	부상신고
손실생산	376,331	40,151	1,367	109
의료비용	19,298	19,386	3,032	1,315
물적 피해비용	2,100	2,160	2,270	2,049
행정비용	3,407	4,362	752	210
PGS	319,445	75,670	10,848	9,793
PGS 포함	비용	720,582	141,729	18,264
	구성비	80.6	15.9	2.0
PGS 제외	비용	401,137	66,059	7,415
	구성비	83.9	13.8	1.6

- 또한, 동기간 낙하물 수거건수가 78.8만건으로 낙하물 수거를 위한 도로관리기관의 운영비용등을 종합적으로 검토해야 할 것임
- 화물차 과적으로 인한 경제적 손실은 단지 도로인프라의 파손에 국한되지 않고, 화물차 중량의 증가로 인한 교통사고 발생시 대형사고로의 발전 등을 고려해야 할 것임
 - * '15~17년 3년간 화물차 사고의 치사율은 3.49로 그 외 차종의 치사율(3년 평균 1.7배) 또는 전체 교통사고 치사율(3년 평균 1.8배) 높은 것으로 나타남
- 2006년 '운행제한차량의 운행허가 활성화 방안 연구'에 따르면 2004년 기준 과적차량으로 인한 사회적 비용 추정결과 교통혼잡비용을 고려하지 않고도 5,370억원의 사회적 비용이 발생한 것으로 분석됨

[표 I-67] 2004년 기준 과적차량으로 인한 사회적 비용 추정결과

편익	물류비 감소		3,965억원 ①
비용	교통사고비용		3,584억원 ②
	환경비용	대기오염 및 온실가스로 인한 비용	2,779억원 ③
		소음비용	2,972억원 ④
	교통혼잡비용		- ⑤
합계	편익-비용=①②③④⑤		-5,370억원

[자료] 운행제한차량의 운행허가 활성화 방안 연구, KICT, 2006

- 한국교통연구원(1994년)의 과적차량 단속으로 인한 경제적 편익 분석결과 과적차량단속으로 과적차량이 50%, 100% 감소시 각각 연간 1,146억원, 2,291억원의 사회적 편익발생 추정

[표 1-68] 과적차량 단속으로 인한 경제적 편익

(단위: 억원/년)

구분	과적단속으로 인한 과적차량감소 비율	
	50%	100%
운송비용 증가	2,640	5,281
도로 유지보수비용 감소	3,786	7,572
과적단속의 경제적 편익	1,146	2,291

9. RFP

■ [핵심과제 3] AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술개발

[표 1-69] 핵심과제 3 RFP

과제명	AI, 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발
1. 연구목표	· 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발 · 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발 · 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발
2. 연구 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 · 화물차는 전체 등록차량 중 15%에 불과하나, 대형사고 치사율이 높아 화물차 관련 교통안전 향상기술 필요 - 2019년 말 기준, 우리나라 자동차 등록대수는 23,677,366대이며 이중 화물차는 3,592,586대(15.2%)이며, 개방형 적재물 화물차는 2,602,666대(72.4%)임 - 고속도로 교통사고 사망자 수는 최근 감소 추세이나 전체 사망사고 중 화물차 관련 사고로 인한 사망자 비율은 2015년 43%에서 2019년 51.7%로 8.7% 증가함 - 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면, 최근 5년간(2015년~2019년) 화물차 사고는 증가 추세이며 치사율은 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높음 · 과적 차량은 도로 시설물에 과도한 충격으로 포장 파손 등을 야기시키며, 막대한 사회적 비용이 발생하게 함 - 과적 차량 통행이 도로포장에 미치는 영향을 살펴보면, 축하중 15톤인 화물차 운행은 승용차 39만대 통행과 같은 도로파손을 야기시킴 - 과적으로 인한 도로파손 비용은 2018년도 기준 연간 약 605억원이 발생하는 것으로 추정 · 적재불량으로 인한 교통사고가 지속 발생되고 있으며, 2차 대형사고를 일으켜 사회적 이슈화가 되고 있으며 강력한 단속이 요구되고 있음 - 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로 상에서 노면잡물로 인한 교통사고는 총 217건, 2명의 사망자 및 23명의 부상자가 발생했고, 화물차 등 적재불량으로 인해 발생하는 사고는 총 454건, 5명의 부상자가 발생함 - 판스프링과 같이 도로에 떨어진 낙하물들은 운전자가 쉽게 발견하기 어려워 차량에 직접 충격이 되거나 운전자가 이를 피하려다가 치사율이 높은 2차 사고로 커지게 됨 - 낙하 당시 영상이나 목격자가 없으면 원인 차량을 찾아내기조차 어려워 사고 책임을 명확하게 밝힐 수 없어 피해자가 손해를 자기 부담으로 안기 쉬우며, 낙하물에 의한 피해를 도로관리 주체에 책임을 무는 소송이 이어지는 등 사회적 문제로 부각되고 있음 · 화물차 적재 및 운행실태를 조사한 결과, 여전히 적재불량으로 고발이 가능한 화물차가 아무런 제지 없이 도로를 이용하고 있으며 교통사고 위험에 노출되어 있음 - 2016년 도로교통공단 조사결과에서는 비정형 적재물을 주로 수송하는 대형 화물

차의 '상부 초과' 및 '측후면 초과' 비율이 높았으며, 적재물의 고정 상태는 소형, 중형, 대형 화물차 모두 적재물을 안전하게 고정하고 운행하는 경우는 30%도 되지 않았음

- 2018년 한국교통안전공단에서 우리나라 및 일본 도쿄에서 화물자동차 1,300여대를 대상으로 적재실태를 조사한 결과를 보면, 적재물을 고정하지 않고 도로를 주행하는 비율이 일본은 약12.8%였던 반면 우리나라는 53.4%로 나타남
- 2020년 한국도로공사에서 수행한 고속도로 진출입시설 안전관리실태 결과를 분석해보면, 적재물 덮개를 씌워지 않는 등 적재불량으로 고발이 가능한 화물차가 하이패스 나들목을 통하여 48시간 동안 79대에 이르러 시간당 1.6대의 적재불량차량이 아무런 제지 없이 고속도로를 이용하고 있음
- 도로관리기관에서는 과적 및 적재불량 단속을 활동하고 있으나 법적 제한 및 인력 운영의 한계로 과적 및 적재불량 차량이 지속 발생하고 있음
 - 지난 5년간(2015년~2019년) 고속도로에서만 연 3만대 이상 과적차량 고발 조치가 있었음. 특히, 2회 이상 위반하는 상습과적차량이 매년 30% 이상 차지하고 있음 (2015년 9,805대 31.4%, 2016년 12,229대 33.2%, 2017년 10,490대 30%)
 - 특히, 축중차로 통과 시 축조작 등 적재량 측정 방해행위의 다양화로 단속에 어려움이 있으며, 단속회피를 위해 일반 하이패스차로로 진입하는 4.5톤 이상의 화물차가 지속 발생되고 있음
 - 검문소에서 가변축을 내려 정상 통과후 유류비용 및 타이어 교체 비용 절감을 위해 주행 중 다시 차축을 들어 과적을 유발하는 경우 빈번히 발생
- 이동단속반 집중단속 시 해당영업소 40톤 이상 화물차 비율은 최대 6.3%감소되나 인근 영업소의 40톤 이상 화물차 진입이 증가되는 풍선효과가 발생함
 - 지난 5년간(2015~2019년) 고속도로에서 적재불량 단속 및 낙하물 수거현황을 살펴보면, 매년 25만톤 이상의 낙하물이 수거되고 있으며, 약 8만건 정도 적재불량으로 단속되고 있는 실정임
- 화물 물동량, 화물차 통행량 등은 인터넷 및 모바일 상거래 증가에 따라 지속적으로 증가할 것으로 예측됨
 - 도로화물 물동량은 2017년 18억 5천만 톤 대비 2045년 23억 4천만 톤으로 약 1.26배 증가할 것으로 전망되고 있음
 - 이에 따라 일평균 화물차 통행량은 2017년 451만대에서 2020년 463만대, 2045년 441만대로 증가할 것으로 전망됨
 - 종량등급별 통행량 변화는 소형화물차가 354만대→387만대(9% 증가), 중형이 58만대→85만대(47% 증가), 대형이 51만대→78만대(53% 증가)로 증가할 전망이며, 특히 중대형 화물차가 크게 증가할 것으로 예상됨

□ 기술동향

〈국내 기술동향〉

- 한국도로공사는 도로법 제77조 1항에 의거 동법 시행령 제79조에서 정하는 차량에 대하여 고속도로 진입을 단속하고 있고, 고속도로 순찰대는 도로교통법 제39조(승차 또는 적재의 방법과 제한)에 근거하여 위반 차량 발견시 '통고처분'으로 단속
- 한국도로공사는 운행제한 차량에 대한 직접적인 단속권이 없어 적발된 차량에 대해서는 계도 및 고발조치를 취하고 있으며, 과적단속의 경우 고속도로 요금소의 계측장치와 이동식 축중기 확충 등을 통하여 지속적으로 과적차량에 대한 점검을 강화하고 있음
- 적재불량차량의 경우는 TCS차로의 경우 영업소 입구 근무자가 고속도로에 진입하

는 적재불량차량을 대면 단속하고, 일반 하이패스 차로와 영업소 축종차로의 경우는 단속용 CCTV에 녹화된 영상자료를 사후 판독하여 적재불량차량을 선별하여 스마트 국민제보(경찰청)로 고발 조치하고 있음

- 현재 AI 영상인식 기반 적재불량 자동단속시스템을 일부 축종차로에 구축하여 시범운영중에 있음
- 또한, 도로법 시행령 제79조에서 정하고 있는 운행 제한 차량 중 높이초과 차량은 고속도로 진입 시 레이저 센서를 이용하여 자동으로 단속하고 있으나 높이 외에 폭, 길이 등을 자동으로 검측하는 기술은 현재 적용되고 있지 않고 있으며 관련 근무자들의 육안 단속에 크게 의존하고 있음
- 국토교통부 산하기관 국토사무소에서는 ‘도로법’에 의거하여 국도상의 운행제한차량을 단속하고 있으며 국토사무소 관할 구역 내 국도의 고정식 검문소와 이동식 검문소를 통해 주로 과적차량 및 과적으로 인한 적재불량차량을 단속함
 - 고정식 검문소는 산업단지 인근 주요 국도에 설치되어 있으며, 저속축중기, 계중기 등을 설치하여 과적 및 과적 적재에 의한 적재불량차량을 단속함
 - 이동식 단속은 관할 구역 내 도로의 여건, 화물차량의 통행량 및 통행시간을 고려하여 관할 구간을 순찰하며 과적이 의심되는 차량에 대해 이동식 축중기 및 줄자 등으로 과적, 차량의 재원등을 측정하고 있음
- 경찰의 경우, 단속장비(이동식 축중기, 계중기 등) 미비로 인해 실질적으로 과적단속은 이루어지고 있지 않으며, 육안으로 판단 가능한 운행제한차량을 단속함

〈국외 기술동향〉

- 1980년대 중반 피에조세라믹(Piezoceramic) 센서를 이용한 WIM 시스템 활용 이후, 현재 세계 각국에서 도로교통의 운영에 있어서 과적이 도로구조물과 차량의 안전사고에 끼치는 영향이 주요 요인으로 인식되고 있으며 일부 국가는 통행비용을 실제 운송거리 및 차량 무게에 따라 부과하는 경우도 있어 이러한 추세에 따라 WIM 시스템을 이용한 과적화물차량의 단속 및 통제, 교통운영 관리기법은 자국의 교통 환경 및 도로교통 법령체계에 따라 다양한 형태로 활용
- 네덜란드는 WIM 시스템을 이용하여 직접 과적단속하는 시스템을 운용중으로, 전국 10개소에 카메라와 연동시킨 피에조쿼츠(Piezo-quartz) 형식의 센서를 이용하여 24시간 실시간 검지를 하고 있으며, 과적 검지차량에 대해서 번호판 영상판독을 통해 차주에게 경고장을 발송하는 제도를 운영중.
- 프랑스는 비디오카메라와 연계한 VID-WIM 시스템을 이용하여 프랑스 전역에 주요 단속지점을 선정하여 과적관리 시스템 구축. 1차적으로 카메라와 연동시킨 고속축중기를 이용하여 과적의심차량을 선별하고 VMS를 이용하여 과적의심차량을 전방 검문소로 유도후 정적 또는 저속 축중기를 통해 실제 과적여부를 판정, MS(Multi-sensor)-WIM을 이용하여 측정값의 정확도를 향상시키는 연구가 진행 중
- 독일도 프랑스와 마찬가지로 다양한 형태의 WIM 시스템을 이용하여 약 40개소에서 과적단속을 시행중. 프랑스에서처럼 고속축중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 적용하고 있고, 정확도 향상을 위해 기존의 저속축중기(Bending Plate 형식) 시스템을 고속축중기(Piezo-quartz 형식)로 교체사업 실시
- 캐나다와 미국에서도 고속축중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 사용. 특히 미국에서는 ITS 기술요소를 접목시킨 화물차 정보체계 및 화물차 정보망(CVISN Program : Commercial Vehicle Information System and Network Program)을 구축하여 중량자료, 안전사고 기록 등의 화물차 정보

를 통합 관리자료로 데이터베이스화하여 운영중. 화물차에는 DB와 연동이 가능한 전자인식표를 부착하여 운영하고, WIM 시스템에서는 화물차의 하량 및 하중정보를 검지할 수 있는 리더기를 포함

- 일본은 고속 축중기와 카메라를 연동하여 직접단속을 실시. 특징적인 것은 고속 축중 계량을 위해 피에조센서를 Multi-sensor로 구성을 하여 측정값의 정확도를 향상시킴으로서 직접단속에 따른 계량결과의 신뢰성 향상에 노력

3. 연구내용

- 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지 기술 개발
 - 문형식 표지판 등에서 화물차량의 4면(전, 후, 측면, 적재함)을 촬영하여 화물차 유형, 차량번호, 불법구조 여부 등을 인지할 수 있는 영상촬영장치(렌즈, 조명장치 포함) 개발
 - 길이 16.7m(굴절 또는 연결차 19m), 폭 3m 이상인 차량에 대한 화물차량 제원 자동계측 시스템 개발
 - 수집된 차량의 영상 정보와 화물차 차량 정보가 등록된 화물차 데이터베이스와 연동하는 정보수집장치 개발
 - 정보수집장치로부터 전송된 영상 및 차량정보를 AI 딥러닝 알고리즘을 통해 분석하고, 과적 의심 및 적재불량 대상차량을 자동 선별하는 과적 및 적재불량 판정 알고리즘 개발
 - 차량의 모든 축을 동시에 계중 할 수 있는 무선 통신 기반의 이동식 중차량 정적 하중 계중 시스템 개발
- 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, DTG 등 화물차 DB연동 기술 개발
 - 화물차 차량 등록정보와 수집된 차량의 영상정보, 측정된 화물차 중량정보가 실시간으로 통합되는 화물차 DB 서버 및 통신 네트워크 구현
 - 과적 의심 및 적재불량 차량을 국도 접속부에서 사전 검지하여 고속도로 진입을 사전에 금지, 계도, 회차 유도를 할 수 있는 시스템 개발
 - 교통관제센터 영상 정보(CCTV 등)로부터 과적의심 및 적재불량 차량을 검출하여 이동 경로를 추적하고, 영상에 주석을 자동적으로 태깅하는 유사 이미지 검색 및 객체 탐지 기술, 이미지 주석 기술 개발
 - 이동단속반에게 태깅된 차량 경로를 전송하고 단속반의 휴대용 기기에서 과적 의심 및 적재불량 차량을 인지할 수 있는 사물인식 기술 개발
 - 과적 의심 및 적재불량 차량을 검출하고 태깅의 처리속도를 향상시키기 위한 영상 전처리 알고리즘 개발
- 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술 개발
 - 화물차 통합 정보 서버에서 고속도로 진입 전, 중, 후의 영상을 비교분석하여 적재물의 변화를 탐지할 수 있는 영상분석 기술 개발
 - 도로순찰원, 교통사고 피해자 등에 의해 수집된 노면잡물과 화물차 적재영상을 비교 분석하여 노면잡물 원인자를 특정할 수 있는 노면잡물 원인자 판단 기술
- 화물차 과적(축조작), 적재불량 검지 최적지점 선정평가기술
 - 연구개발성과의 상용화, 실용화를 고려한 최적의 시스템 설치위치 선정을 위한 평가 기술 개발
 - 도로인프라(중단, 반경 등), 기상 등의 영향을 최소화하며, 주요 도로인프라 유지관리 관점에서의 최적위치 선정
- 연구개발 기술 실증을 위한 테스트 베드 구축, 시공과 연구개발 기술의 실검증

	- 연구개발 기술 실증을 위한 최적의 시험 운영구간 (테스트 베드) 선정 기술 - 실증 및 검증을 위한 연구개발 시설의 최적 설치 및 운영시스템 구축 - 테스트 베드 운영을 통한 연구개발 성과의 검증 및 법제도화 방안 마련
4. 연구 추진방법	
□ 추진전략	· 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영 · 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항 · 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행 - 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등 · 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과로드맵 수립 - 기술 성취도 향상을 위한 해당 기술 관련 기업체 참여 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실제 도로 기후환경 모사가 가능한 실환경/실규모 시험계획 수립 · 연차, 단계별 성과목표 및 성과 지표를 명확히 설정 · 세부과제별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발 · 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보추진 · 철저한 성과 평가 추진 - 반드시 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 - 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리
□ 추진체계	· 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 타세부과제 연구책임자와의 긴밀한 협조가 요구됨. · 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함. · 본 연구과제는 화학분야 전문기관 또는 전문가와 연계한 산학 및 연구기관의 공동연구를 기본으로 하여, 각자의 연구를 공유하며, 필요시에는 해외 주요기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음. · 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요하며, 재료 분야뿐만 아니라, 다양한 분야의 전문가들의 연계를 통한 협동연구가 필요함
5. 최종 성과물	
	· 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 감지 시스템 시제품 · 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼 시제품 · 단속 및 감지시스템과 DTG 등 화물차 DB연동 시스템 · 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 시제품 · 연구개발 성과 실증 및 검증을 위한 테스트 베드 ※ 요소기술별 실용화 제품의 형태는 현장 적용성, 경제성 등을 고려하여 제안하는 연구기관에서 결정 가능

6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	· 화물차 운행에 따른 도로인프라의 부정적인 영향을 최소화할 수 있는 기술의 고도화와 화물차 관련 교통안전도 향상을 위한 관련 기술의 발전 · 현재 검지 및 단속이 어려운 화물차 축조작, 적재불량을 검지, 단속할 수 있는 기술의 개발을 통한 도로 이용자의 안전성 향상
□ 기대효과	· 사회·경제적 효과 - 화물차 적재불량으로 인한 낙하물 관련 사고는 '16~'18년 3년간 129건 발생하여 2명의 사망자가 발생하였으며, 동기간 고속도로 낙하물 수거건수는 78.8만건으로 집계되고 있어, 고속도로 적재불량의 신속한 검지와 단속기술 개발로 국민들의 교통사고 감소에 기여 - 과적차량 단속으로 인한 경제적 편익 분석결과 과적차량단속으로 과적차량이 50%, 100% 감소시 각각 연간 1,146억원, 2,291억원의 사회적 편익발생 추정 (한교통연구원(1994년)) · 기술적 효과 - AI, 데이터 중심의 축조작 및 적재불량 검지 및 단속기술의 개발 및 검증을 통해 도로인프라 산업분야에서 관련분야의 기술력 확보 가능
7. 연구기간 및 소요예산	
	· 총 연구기간 : 2022.01~2026.12(5년) - 1차년도 연구기간 : 2022.01~2022.12(12개월) · 총 정부출연금 : 10,305백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,846백만원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 민간부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급, 사용 및 관리에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
8. 기타	
	· 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임 · 효율적인 연구수행과 연구목표의 달성을 위해 연구개발기간 종료시까지 그 업무를 수행할 수 있는 자만 신청 가능 · 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되 최종 연구목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 · 필요시 공모된 과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 과제명으로 수정하여 제안할 수 있음 · 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공고과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는

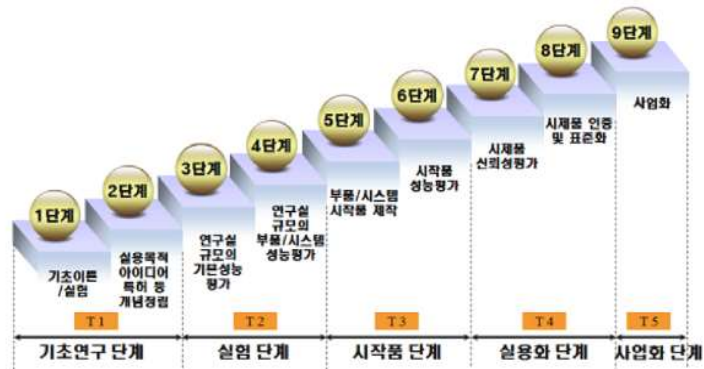
포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

- ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능
- 연구 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발 기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시
- 연구개발계획서에 개발기술 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 선행과제 성과물과 연계 및 본 과제 전체 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시
- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리 계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
 - 성과지표는 아래의 표를 고려하여 관련 성과지표*를 우선 반영하고, 이에 대한 고려 및 반영 미흡시 협약시 조정(추가) 가능

사업성과지표	측정산식	관련 성과지표*
① 특허등급지수	$\frac{\sum_i (A_i \times B_i)}{\sum A_i}$ (Ai: 등급별 국내외 특허등록 건수, Bi: 특허등급별 가중치)	· 특허등록(건) * 한국발명진흥회 SMART 활용
② 연구인력양성(명)	본 과제를 통해 배출된 석사 및 박사 학위 취득 인원수	· 석사 및 박사 취득 인원(명) * 타 과제와 중복되는 연구인력은 '1/과제수'
③ 참여기업의 청년인력 신규 채용(명)	총 연구기간의 정부출연금 총액을 기준으로 5억원당 1명 이상의 비율로 청년인력 신규로 채용	· 청년인력 채용 인원(명) * 채용시점 기준으로 만 15세이상 34세 이하 (군 복무기간 고려 최고 만 39세까지), 참여율 100%, 최소 1년 이상 고용 유지
④ 표준등록, 정책반영(법제도 등), 설계기준 지침반영, 기술기준규격, 신기술반영(건)	$\Sigma(\text{표준등록}+\text{정책반영}+\text{설계기준 지침반영}+\text{기술기준규격, 신기술})$ 반영	· 등록 및 반영 (건) * 표준의 경우, 국내외 공인된 표준인증기관(국제, 국가, 단체)을 통한 채택
⑤ 기술성과 현장적용(건)	$\Sigma(\text{현장적용 건수})$	· 기술성과 현장적용(건) * 연구개발성과를 당해연도 현장에 적용한 건수
⑥ 학술지 게재 논문지수	$\frac{\Sigma(\text{표준화된 순위보정영향력 지수})}{\Sigma(SCI(E)\text{ 논문 건수})}$	· 학술지 게재 논문(건) * SCI(E) 논문

- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

- 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함
- 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



■ [핵심과제 4] 화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리기술개발

[표 1-70] 핵심과제 4 RFP

과제명	화물운송 통행방식(물류 네트워크) 기반 도로 인프라 관리 기술 개발
1. 연구목표	· 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발 · 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발 · 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발
2. 연구 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 · 화물 물동량, 화물차 통행량 등은 인터넷 및 모바일 상거래 증가에 따라 지속적으로 증가할 것으로 예측됨 - 도로화물 물동량은 2017년 18억 5천만 톤 대비 2045년 23억 4천만 톤으로 약 1.26배 증가할 것으로 전망되고 있음 - 이에 따라 일평균 화물차 통행량은 2017년 451만대에서 2020년 463만대, 2045년 441만대로 증가할 것으로 전망됨 - 중량등급별 통행량 변화는 소형화물차가 354만대→387만대(9% 증가), 중형이 58만대→85만대(47% 증가), 대형이 51만대→78만대(53% 증가)로 증가할 전망이며, 특히 중대형 화물차가 크게 증가할 것으로 예상됨 · 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면, 고속도로 화물차 사고는 증가 추세이며, 치사율도 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높은 편임 - 운송 화물의 종류나 무게에 따라 도로 파손은 물론 심한 경우 유류나 화학약품 등으로 인한 주변 오염 및 폭발까지 초래할 가능성이 존재함 · 화물차량 운행으로 인한 위험 방지 및 도로구조의 보전을 위해 엄격한 차량의 운행 관리(제한·허가)가 필수이며, ‘도로에서 자유 주행을 보장할 수 있는 차량 통과허용 한계하중’, ‘제도권 내에서 제한적으로 허용 가능한 차량 통과허용 한계하중’의 합리적 산정이 필요함 - 공용중인 도로구조의 성능평가는 도로구조 설계방법과 동일한 개념에 근거한 방법에 따라 평가되는 것이 타당하나, 국내의 경우 2012년 한계상태설계법 도입에도 불구하고 해당 개념에 근거한 평가방법이 아직 마련되어 있지 않은 실정이며, 새로운 설계 방법에 근거한 평가방법 개발이 필요함 · 화물차 운행 기록 및 안전성 향상을 위해 2010년부터 1.2톤 이상 화물차의 DTG 장착이 의무화 되었으며, 운행 기록의 실시간 제출이 가능한 모바일 운행기록장치(m-DTG)도 보급 중임 - 또한 정부는 위험물질 운송차량 1만여 대에 대해 차량 모니터링을 위한 단말기 장착 사업을 2020년 12월까지 완료할 예정임 · 화물차의 증가 및 안전 향상에 노력에 비해 도로의 노후화는 지속적으로 진행되고 있으며, 2019년 9월 기준으로 건설된 지 30년 이상인 도로교량은 15% 수준이지만, 10년과 20년 후에는 각각 46%와 87%까지 증가할 것으로 예측됨 - 2020년부터는 노후 시설물에 투입되는 비용이 점차 증가하여 기존 투입 규모보다 큰 규모의 비용이 투입되어야 할 것으로 예상됨

- 우리나라도 화물차 통행량 증가와 도로 노후화에 대비하여 화물차 통행방식경로에 따른 전략도로 개념을 적용하여 효율적으로 도로인프라의 안전성 및 성능을 유지하고 향상시키는 기술 개발이 필요함

□ 기술동향

〈국내 기술동향〉

- 국토연구원에서는 기존 도로등급별 운영의 한계를 보완하고 도로의 종합적 관리 및 새로운 SOC 정책 기조에 부합하기 위해 ‘국가전략도로망’이라는 개념을 제시하고 연구하였음
 - 국가전략도로망을 ‘각 통행 거점 간 신속한 이동성과 안전성 그리고 환경성 등의 보장을 통하여 국가 경쟁력강화와 국민생활 편의 증진에 핵심적으로 기여하고 있는 도로망’으로 정의하고 교통량 중심의 주요 간선도로를 선정함
 - 이를 통해 KTDB에 구성된 32,264km의 도로 중 24.4%인 7,879km를 국가전략도로망(안)으로 제안하고 보다 과학적 방법론 개발을 통한 국가전략도로망 선정관리 필요성과 SOC 예산의 효율적 집행을 위해 전략도로망 개념의 도입의 필요성 제시
- 한국교통연구원에서는 국가 여객 및 물류 흐름에 중요한 역할을 담당하는 간선도로에 대하여 질 높은 이동서비스를 제공을 위해 국가간선도로망의 투자 및 운영의 혁신적인 효율화 방안을 마련하고, 이용량이 높은 도로에 대해 국가 전략간선도로축을 지정하여 이를 중앙정부에서 집중적으로 관리함으로써 도로의 품질을 높이고 수준 높은 도로 서비스를 제공하고자 ‘전략간선도로축’ 개념을 제시하고 연구하였음
 - 이 연구에서는 고속도로 및 민자도로를 제외한 수도권 지역에 한해 교통량 중심의 주행경로를 분석하여 국가 전략간선축을 선정하였음
 - 간선도로축에 대해 통일된 관리체계를 구축하고, 중요도에 따라 전략축의 등급을 구분하며, 도로망의 시설 보완 및 유지관리 필요성을 제안하였음

〈국외 기술동향〉

- 영국 교통부는 전략도로망(SRN : Strategic Road Network)이라는 개념을 수립하여 인프라 관리와 투자를 효율적으로 진행
 - 전략도로망은 4,432마일의 고속도로와 A도로로 구성되어 있으며, 잉글랜드 총 도로망의 약 2.6%를 차지하지만 가장 빈번하게 이용되는 도로망으로 총 도로통행량의 33%를 차지하고, 하루 400만대 이상의 차량이 화물 및 여객을 수송함
 - 이러한 전략도로망의 지속적 관리와 투자 효율을 위해 주요 성과 지표를 설정하고 관리하고 있으며, 전략도로망 투자와 관리를 위한 5개년 계획인 ‘Road Investment Strategy 2(RIS2) : 2020-2025’를 수립하였음
- 일본 국토교통성은 물류 네트워크 강화, 물류 시스템 효율화 등의 대책을 국가의 주요 시책으로 내걸고 2018년 3월 도로법 개정을 통해 안정적인 도로 물류망 확보를 목적으로 하는 ‘중요물류도로’ 제도 수립
 - 중요물류도로는 평상시와 재해 시에 있어서 중요한 물류 거점을 연결하는 간선도로와 접근도로를 중요물류도로로 지정하고 필요한 기능 강화 및 지원책을 실시하는 제도임
 - 초대형 트럭이 원활하게 통행함으로써 효율적인 물류수송이 이루어질 수 있도록 도로 인프라의 하드웨어(시설 구조 등), 소프트웨어(네트워크, 운영방안) 정비 추진 전략이 포함됨
- 유럽연합은 지속가능한 사회로의 전환을 위해서 내연기관차의 생산을 중단함으로써 운송부문의 화석연료 사용을 줄이려는 시도 중이며, 이러한 노력의 일환으로 화물 운송차량의 탈화석연료화가 시급하나 배터리의 한계로 인해 전기차량의 상용화에 한

계가 있었음

- 이러한 문제를 해결하고자 전력을 충전하며 달릴 수 있는 도로, ERS(Electric Road System)가 등장하였으며 화물운송 중심의 팬터그래프식 전기충전도로인 e-하이웨이가 유럽 및 미국에서 실증되고 있음
- 기존의 도로인프라에 전력선만 구축함으로써 비내연 화물차의 주행이 가능토록 하며 승용차와 트럭의 혼재 상황에서도 본선의 교통 흐름에 큰 영향이 미치지 않는 반면 현재의 설계 개념으로는 중형차량(버스 및 트럭)을 대상으로만 적용할 수 있다는 한계 존재
- 시스템의 설치비용이 비교적 낮고 운영 효율성이 높으며 안정적으로 유지관리 할 수 있는 팬터그래프식 전기충전도로는 현재 e-하이웨이의 명칭으로 스웨덴, 미국, 독일에서 실증중
- 미국은 화물차 전용차로가 거의 없으나, 캘리포니아에서는 2개의 화물차 전용차로를 운영하고 있음. 화물차 전용차로에서는 화물차는 해당 차로로 강제로 이동하게 되나, 일반 승용차는 화물차 전용차로 사용이 금지되는 것은 아님
- Northbound and southbound I-5 in Los Angeles County at the State Route 14 split. 약 2.5마일 구간에 운영 중이며, 경사로에서 저속의 화물차를 일반 교통류와 분리하기 위한 목적. 약 30년간 운영 중
- Southbound I-5 in Kern County at the State Route 99 junction near the Grapevine. 약 0.35마일 구간이며, I-5, 99의 차량 합류부 하류에 화물차 합류부를 배치
 - 캘리포니아 교통부(Caltrans)와 로스앤젤레스 카운티 교통국(Metro)은 롱비치 항과 버논을 연결하는 18마일의 고속도로(I-710) 개량 및 확장계획 수립
 - 조지아주 교통부(GDOT)는 사바나 항구가 계속 확장됨에 따라 혼잡한 I-75 North에서 2040년까지 화물차 통행량이 2배가 될 것으로 예상하고 이에 따른 혼잡 완화를 위해 18억 달러의 비용으로 Macon에서 애틀랜타 남동쪽의 McDonough까지 I-75 / 475에 화물차 전용차로를 건설할 예정임

3. 연구내용

- 빅데이터 기반의 물류 운송, 차량 특성 분석, 예측 및 관리 기술 개발
 - 빅데이터 기반 화물특성 분석을 통한 물류거점 별 화물차량 운행 특성 분석 기술 개발
 - 우리나라 산업구조 변화에 따른 화물차량 통행 예측 모델 개발
 - m-DTG, 교통 빅데이터 융합을 통한 차량 운행 패턴 분류 및 패턴별 위험성 등급화 기술 개발
 - m-DTG 정보 실시간 분석 및 활용 기술 개발
- 화물차 통행방식경로에 따른 도로 안전성 평가 기술 개발
 - 화물차 특성(축수, 중량, 속도 등)에 따른 교량 영향 분석평가 체계 개발
 - 한계상태설계법에 따른 도로구조(교량) 안전성 평가 방법 개발
 - 안전시설 설치 및 운영 현황에 따른 도로 안전성 평가 방법 개발
 - 교량, 안전시설 등 개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급화 방법 개발
- 화물차 통행방식 대응 노선 운영 및 유지관리 지침(안) 개발
 - 한국형 전략도로 선정 기법 개발
 - 전략도로 내 화물차 전용차로 운영 기술 개발
 - 화물차 대응 도로 안전시설 고도화 기술 개발

	- 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안) 개발 - 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별(교량, 안전시설 등) 유지관리 지침(안) 개발
4. 연구 추진방법	
□ 추진전략	· 연구성과의 실용화 성공을 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과로드맵 수립 - 기술 성취도 향상을 위한 해당 기술 관련 기업체 참여 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실제 도로 기후환경 모사가 가능한 실험환경/실규모 시험계획 수립 · 연차, 단계별 성과목표 및 성과 지표를 명확히 설정 · 세부과제별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발 · 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보추진 · 철저한 성과 평가 추진 - 반드시 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 - 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리
□ 추진체계	· 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 타세부과제 연구책임자와의 긴밀한 협조가 요구됨. · 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함. · 본 연구과제는 화학분야 전문기관 또는 전문가와 연계한 산학 및 연구기관의 공동연구를 기본으로 하여, 각자의 연구를 공유하며, 필요시에는 해외 주요기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음. · 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요하며, 재료 분야뿐만 아니라, 다양한 분야의 전문가들의 연계를 통한 협동연구가 필요함.
5. 최종 성과물	
	· 화물차량 통행 예측 모델 및 화물통행 예측 보고서 · 개별 인프라 안전성 등급화 및 구간별 도로 안전성 등급 보고서 · 한국형 전략도로 평가 및 선정 보고서(안) · 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 노선 운영 지침(안) · 화물차 통행량, 도로 안전성 등급에 따른 주요 시설별 유지관리 지침(안) ※ 요소기술별 실용화 제품의 형태는 현장 적용성, 경제성 등을 고려하여 제안하는 연구기관에서 결정 가능
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	· 화물운행행태 변화에 대비한 도로인프라의 영향을 사전에 검토하고 이에 대한 대책 기술의 개발 및 활성화를 통해 관련 산업의 발전에 기여 · 국가적인 물류네트워크의 선정 및 집중적인 안전성평가 및 관리를 통한 국가물류체계의 효율화 달성 지원

□ 기대효과

- 사회·경제적 효과
 - 국가물류체계에서 가장 커다란 비중을 차지하고 있는 도로운송부분에 대한 도로인프라 측면에서의 안전성 확보를 통한 안정적이고 지속가능한 물류체계 지원 가능
 - 화물차의 운송형태 변화를 고려한 도로인프라 혁신과 물류운송의 효율화를 위한 국가전략 노선의 선정과 운영을 통한 국가물류비 절감 가능
 - 화물차량 운행특성 분석을 통한 장래 화물차 통행패턴의 분석·예측 및 사전적인 도로인프라 관리와 정비 가능
- 기술적 효과
 - m-DTG 등 화물차 운행행태관련 빅데이터의 실시간 수집과 분석기술을 개발·활용함으로써 국가물류 효율화를 위한 기반 조성
 - 화물차 통행방식에 따른 도로 안전성 평가기술의 확보를 통한 도로산업의 기술 발전 촉진

7. 연구기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2022.01~2026.12(5년)
 - 1차년도 연구기간 : 2022.01~2022.12(12개월)
- 총 정부출연금 : 8,607백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 1,796백만원 이내
- ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 민간부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급, 사용 및 관리에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

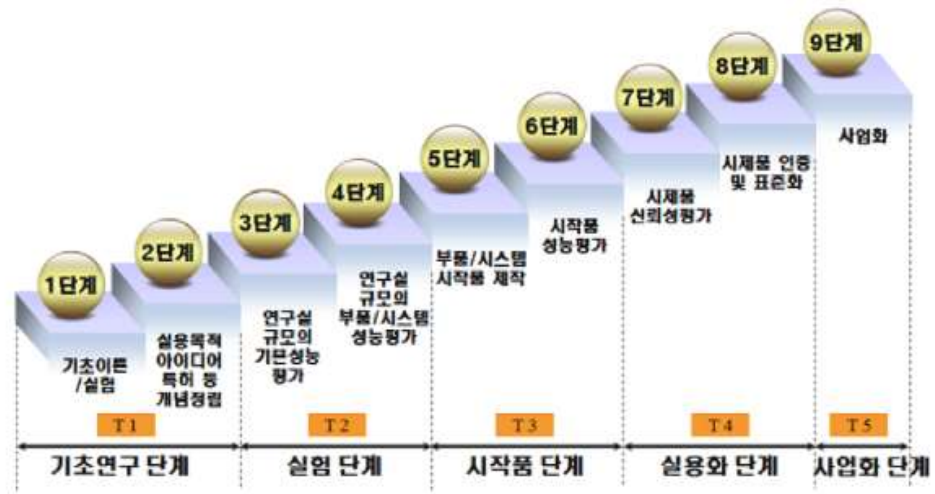
8. 기타

- 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 효율적인 연구수행과 연구목표의 달성을 위해 연구개발기간 종료시까지 그 업무를 수행할 수 있는 자만 신청 가능
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되 최종 연구목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
- ※ <http://www.kaia.re.kr>, <http://www.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공고과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
- ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능
- 연구 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발 기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시

- 연구개발계획서에 개발기술 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 선행과제 성과물과 연계 및 본 과제 전체 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시
- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리 계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
 - 성과지표는 아래의 표를 고려하여 관련 성과지표*를 우선 반영하고, 이에 대한 고려 및 반영 미흡시 협약시 조정(추가) 가능

사업성과지표	측정산식	관련 성과지표*
① 특허등급지수	$\frac{\sum_i (A_i \times B_i)}{\sum A_i}$ (Ai: 등급별 국내외 특허등록 건수, Bi: 특허등급별 가중치)	· 특허등록(건) * 한국발명진흥회 SMART 활용
② 연구인력양성(명)	본 과제를 통해 배출된 석사 및 박사 학위 취득 인원수	· 석사 및 박사 취득 인원(명) * 타 과제와 중복되는 연구인력은 '1/과제수'
③ 참여기업의 청년인력 신규 채용(명)	총 연구기간의 정부출연금 총액을 기준으로 5억원당 1명 이상의 비율로 청년인력 신규로 채용	· 청년인력 채용 인원(명) * 채용시점 기준으로 만 15세이상 34세 이하(군 복무기간 고려 최고 만 39세까지), 참여율 100%, 최소 1년 이상 고용 유지
④ 표준등록, 정책반영(법제도 등), 설계기준지침반영, 기술기준규격 신기술반영(건)	Σ (표준등록+정책반영+설계기준지침반영+기술기준규격, 신기술) 반영	· 등록 및 반영 (건) * 표준의 경우, 국내외 공인된 표준인증기관(국제, 국가, 단체)을 통한 채택
⑤ 기술성과 현장적용(건)	Σ (현장적용 건수)	· 기술성과 현장적용(건) * 연구개발성과를 당해연도 현장에 적용한 건수
⑥ 학술지 게재 논문지수	$\frac{\Sigma(\text{표준화된 순위보정영향력 지수})}{\Sigma(SCI(E) \text{ 논문 건수})}$	· 학술지 게재 논문(건) * SCI(E) 논문

- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함
 - 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



■ [핵심과제 5] 화물차 군집주행 상용화 대응 도로인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술개발

[표 1-71] 핵심과제 5 RFP

과제명	화물차 군집주행 상용화 대응 도로 인프라 안전성 평가 및 안전 확보기술 개발
1. 연구목표	· 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발 · 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 · 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발 · 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발 · 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발
2. 연구 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 · 자율주행 상용화는 화물운송부분에서 가장 먼저 확산될 것으로 예상 - 초기 자율차는 주요운행구간(고속도로)에서의 자율주행 난이도 및 리스크, 운전기사 부족 등으로 인한 수요로, 트럭과 차량공유 업체 등을 중심으로 확산될 것으로 예상되며, 이러한 자율차의 점유율(이동거리) 증가로 도로인프라에 영향 및 니즈 증가 예상 - 국내에서는 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 차량과 협력하여 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발을 진행중 · 화물차 군집주행 도입에 따른 도로인프라 영향 및 안전성평가, 안전성 확보에 대한 연구 미흡 - 화물차 군집주행을 위한 차량측면에서의 연구개발은 활발하게 진행되고 있으나, 화물차 군집주행이 도로인프라에 미치는 영향 이에 따른 도로인프라의 안전성 확보 방안 등에 대한 연구는 학문적 수준에 그치고 있음 - 승용차 자율주행과 달리 화물차 군집주행은 실도로 테스트가 활발하지 못하여 화물차 군집주행에 따른 도로인프라 영향은 시뮬레이션 수준 □ 기술동향 〈국내 기술동향〉 · 국내에서는 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 차량과 협력하여 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발을 진행중 - (차량제어) 안정적인 연결성(V2X)을 유지하며, 기본적인 동작모드(합류·이탈, 긴급/이상상황)별 주행시나리오에 의해 통합적으로 인지·판단·제어를 실행하는 차량기술 개발 - (인프라) 도로교통 정보 인프라(V2X)가 지원되는 자동차전용도로에서 실시간 위치 기반으로 도로교통 정보를 제공하며, 다양한 서비스 시나리오를 통해 군집주행의 안전성과 효율성(군집형성 등)을 향상하는 서비스 인프라 시스템 개발 및 연구실증 · 2019.11월 현대자동차가 국내 최초로 고속도로 내 대형트럭 군집주행(Platooning) 시연이 시연은 2018년부터 시작된 국토교통부 주관의 정부과제의 일환으로, 해당 정부과제에는 국토교통부 외 한국도로공사, 현대자동차, 국민대학교 등 민간산학이

함께 참여

- 현대자동차는 국토교통부 주관의 대형트럭 군집주행 정부과제 수행을 통해 군집차량 차간거리 축소, 도로교통 인프라 정보 활용 등 고 단계의 군집주행 기술 개발에 역량을 집중할 계획
- 현대차는 지난해 8월 현대글로비스와 협업, 영동고속도로와 제2경인고속도로 40km 구간에서 실제 해외로 수출되는 자동차 부품을 탑재한 대형트럭으로 자율주행 기술 시연에 성공하였으며 당시 구현 기술은 자율주행 3단계(미국자동차공학회(SAE) 기준) 수준

<국외 기술동향>

- 해외의 화물차 군집주행 로드맵 수립
 - 트럭 군집주행에 대한 EU 로드맵에서는 2020년 군집주행(SAE Level2) 상용화, 2025년 multi-brand 군집주행(SAE Level 4) 상용화를 목표로 하고 있으며, 기술개발은 2020년 군집주행(SAE Level 3~4), 2025년 군집주행(SAE Level 5)를 목표로 하고 있음
 - 일본 군집주행 로드맵에 의하면 '21까지 기술개발, 실증, 제도정비를 거쳐 '22년 상용화 예정(Level 3) 이며, '25년부터 Level 4 상용화 예정임
 - 네덜란드 TNO 로드맵에 의하면 '20년부터 multi-brand 군집주행(Level 3)을 구현, '25년 이후부터 모든 EU 자동차도로에서 국경간 통과 기능을 목표(Level 4)로 추진 중
- 미국, EU 등 해외 선진국들도 대형 화물차량 통행비중이 증가함에 따라 도로 성능 향상 및 도로관리를 위해 다양한 연구개발 및 정책을 수립하고 있음
 - 도로 성능 향상을 위해 첨단기술 융복합을 통한 첨단 재료 개발, 시공 기술 개발 등 다양한 연구를 진행하고 있음
 - 영국은 4,432마일의 도로의 전략도로망(SRN : Strategic Road Network)으로 관리하고 있고, 5년간 25조원을 집중 투자하였으며, 관리기관 개편을 통해 운영 효율성 증대
 - 일본은 '중요물류도로' 제도를 통해 대형 트럭이 원활하게 통행함으로써 효율적인 물류수송이 이루어질 수 있도록 도로 인프라 정비를 추진 중임
 - 유럽과 미국에서는 화물운송 중심의 팬터그래프식 전기충전도로인 e-하이웨이를 실증하고 있음
 - 미국의 캘리포니아, 조지아 주에서는 교통혼잡에 따른 물류비용 증가를 개선하기 위한 화물차 전용차로를 운영하고 있거나, 운영할 계획임
- 북유럽 도로협력조직인 ROADEX Network, 핀란드 Roadscanners 社 등에서는 차륜이 주행하는 좁은 폭(타이어와 노면의 마찰면)을 마모성이 향상된 자재로 조성 보수하여, 화물차의 군집주행으로 인한 집중하중 발생 부위의 파손에 대한 예측 및 대응기술 연구 수행
- MANTRA 프로젝트 최종보고서에서는 화물차 군집주행에 따른 도로인프라의 영향에 대한 내용을 분석
 - 화물차 군집주행 운영으로 인한 도로인프라 영향측면에서 자동화가 증가함에 따라 일종의 진화가 예상된다는 것이 분명한점. 한 가지 예는 차량제한 시스템 (vehicle restraint system)과 같은 안전보호 장비(equipment)에 대한 요구사항임. 레벨 2 platoon의 경우 차량제한 시스템은 강화가 필요할 수 있으므로 레벨 2 platoon은 아마도 적절한 차량 제한 시스템이 장착된 특정 경로에서만 기능할 것.
 - 그러나 레벨 4 platoon (자동 타이어 압력 모니터링 시스템 사용) 및 인적 오류

가능성의 제거로 인해 기본적으로 차량제한 시스템을 모두 수동적으로 보호할 필요는 없음. 또한 단속은 앞으로 더 중요한 역할을 할 것임이 분명하며 단속은 connectivity and automation (예, 트럭이 적재를 더 많이 할 경우 비활성화 시작)을 통해 막대한 편익을 얻을 수 있음

- 도로 포장구조에 대한 화물차 군집주행의 부정적인 영향은 대략적으로 a) tyre wander(타이어가 주행중 좌우로 이동하는 현상)의 감소로 인한 영향 및 b) platoon의 영향으로 구분할 수 있음
 - 자율주행차량의 Tyre wander 감소는 인간 운전자의 경우 3.5m 폭의 차로에서 횡방향으로 약 40cm의 편차로 운전하는 반면 자율주행차량의 경우 도로 횡단면의 동일한 구역을 지속적으로 정확하게 주행하게 됨을 의미. 북유럽 국가들 승용차의 경우 타이어에 장착된 stud로 인한 포장 rutting의 증가를 야기 시킬 것. 다른 나라들에서는 포장면의 급속한 polishing과 마찰력 감소 문제를 야기 시킬 수 있음.
 - 중차량의 경우 tyre wander 감소로 인해 특히 bound layer가 상대적으로 얇은 층(< 200mm)에서 급격한 포장 피로 증가가 발생하고 장기적으로는 더 깊은 심도의 포장까지 영향을 미치게 될 것. 한편 Platooning의 경우는 연약한 subgrade에서 pumping 문제를 발생시킬 수 있으며 봄철 해빙기동안 공극수압(pore water pressure)의 증가로 인한 영구적인 변형으로 이어질 것.(Saarenketo 2018c)
 - Tyre wander와 포장 파손(rut)과의 관계는 다음 그림을 통해서 확인할 수 있듯이 타이어의 횡방향 이동이 적을수록 포장 파손은 급속히 일어나 최대 6배 이상 도로 포장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상.

3. 연구내용

- 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향 분석을 위한 시나리오 개발
 - 화물차 군집주행 use case 시나리오 및 제원 특성 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 개발
 - 화물차 군집주행 시나리오에 따른 동적하중 분포 분석기술 개발
- 화물차 군집주행의 구조물에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 구조물 피로 시뮬레이션 기술 개발
 - 화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(MM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 기술 개발
 - 실시간 센싱 데이터 기반의 시뮬레이션 영향요소 피드백 기술 개발
- 화물차 군집주행의 포장에 대한 영향 분석 시뮬레이션 및 해석 기술 개발
 - 화물차 wandering 감소에 따른 포장형식(아스팔트, 콘크리트 등)에 대한 영향 메커니즘 분석 기술 개발
 - 화물차 군집주행의 포장영향 특성(permanent deformation, ravelling, fatigue cracking 등) 측정을 위한 포장가속 실험 기술 개발
 - 포장 개선기술에 대한 포장가속실험 평가기술 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 도로포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화 기술 개발
- 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향 최소화를 위한 도로 인프라(구조물, 포장) 혁신 기반기술 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계기법 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 포장 영향 최소화를 위한 개선기술, 기법 개발
 - 화물차 군집주행에 따른 도로 인프라 유지관리 기술, 기법 개발
 - 화물차 군집주행의 도로 인프라 영향분석 모니터링을 위한 실시간 계측 시스템 구축 및 운영기술 개발

	· 화물차 군집주행 도입에 따른 도로 인프라 영향을 고려한 화물차 군집주행 운영전략 기술개발 - 도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영기술(도로 인프라 보강, 군집주행 간격 조정, 인위적 wandering 개입, 하중분산기술 등) 개발 - 도로 인프라 상태를 고려한 화물차 군집주행을 위한 최적의 노선선정 기술 개발
4. 연구 추진방법	
☐ 추진전략	· 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과로드맵 수립 - 기술 성취도 향상을 위한 해당 기술 관련 기업체 참여 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실제 도로 기후환경 모사가 가능한 실험환경/실규모 시험계획 수립 · 연차, 단계별 성과목표 및 성과 지표를 명확히 설정 · 세부과제별 연계를 토대로 연구의 상호 연계성 확보 및 다학제간의 지식교류를 통한 신기술 개발 · 논문 및 특허를 바탕으로 아이디어 구축 단계부터 지적재산권 확보추진 · 철저한 성과 평가 추진 - 반드시 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 설정 - 연구 진행 중 주기적으로 성과목표와 진행도의 모니터링을 실시 및 관리
☐ 추진체계	· 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 타세부과제 연구책임자와의 긴밀한 협조가 요구됨 · 본 연구과제의 추진체계는 산·학·연 공동연구를 기본으로 함. · 본 연구과제는 화학분야 전문기관 또는 전문가와 연계한 산학 및 연구기관의 공동연구를 기본으로 하여, 각자의 연구를 공유하며, 필요시에는 해외 주요기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음. · 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축이 필요하며, 재료 분야뿐만 아니라, 다양한 분야의 전문가들의 연계를 통한 협동연구가 필요함
5. 최종 성과물	
	· 화물차 군집주행 시나리오에 따른 구조물(교량형식), 포장(포장형식) 영향분석 시나리오 · 화물차 군집주행에 따른 구조물 동적효과 및 교량형식별 영향분석 보고서 · 화물차 군집주행의 동적효과 특성 측정을 위한 최적의 센서(WIM, Strain gauge, 변위 측정계, 가속계 등) 설치 기술 및 데이터 수집 시스템 시제품 · 화물차 군집주행에 따른 구조물 영향 최소화를 위한 설계법 · 화물차 군집주행에 따른 포장 영향 최소화를 위한 도로포장 강화설계 및 평가서 · 도로 인프라 영향 최소화를 위한 화물차 군집주행 운영관리 지침 ※ 요소기술별 실용화 제품의 형태는 현장 적용성, 경제성 등을 고려하여 제안하는 연구기관에서 결정 가능
6. 활용방안 및 기대효과	
☐ 활용방안	· 화물차 군집주행 등 향후 기술발전에 대응할 수 있는 도로인프라의 혁신적인 기술

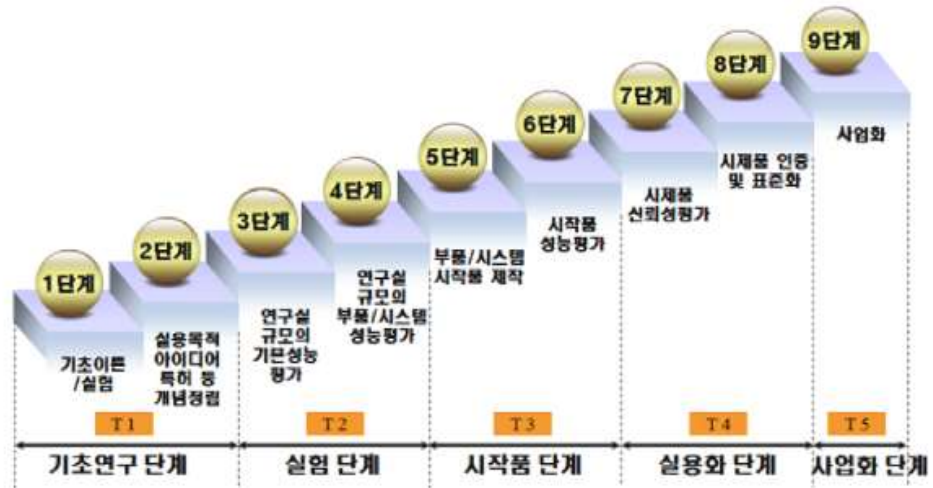
	보유와 상용화에 기여 · 화물차 군집주행의 도로인프라의 영향을 사전에 예측하고 이에 대비할 수 있는 기술 확보 · 기존 도로인프라에 대한 악영향을 최소화하면서 운영할 수 있는 화물차 군집주행 운영방안의 제시를 통한 도로인프라 파손 최소화 · 화물차 군집주행을 고려한 도로인프라 설계기술 확보
□ 기대효과	· 사회·경제적 효과 - 화물차 운전자의 고령화 및 숙련 운전자의 부족현상은 전세계적인 현상으로 이러한 문제를 해결하기 위한 화물차 군집주행의 조기 상용화 지원 가능 - 화물차 군집주행의 도입에 따른 부정적인 영향(일반차량 운전자의 심리적 불안, 도로인프라 파손 위험성 증대 등) 최소화 - 화물차 군집주행 도입에 따른 도로인프라 파손 최소화를 위한 안전성평가 및 확보 기술 보유를 통한 도로관리, 유지보수 효율화 도모 · 기술적 효과 - 화물차 군집주행 도입에 따른 도로인프라 안전성평가 및 안전 확보기술 보유를 통해 관련 도로산업의 기술발전 지원 - 변화되는 교통환경하에서의 도로설계를 위한 기초자료 수집 및 분석기술의 확보 가능
7. 연구기간 및 소요예산	· 총 연구기간 : 2022.01~2026.12(5년) - 1차년도 연구기간 : 2022.01~2022.12(12개월) · 총 정부출연금 : 8.833백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 2,043백만원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 민간부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급, 사용 및 관리에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
8. 기타	· 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임 · 효율적인 연구수행과 연구목표의 달성을 위해 연구개발기간 종료시까지 그 업무를 수행할 수 있는 자만 신청 가능 · 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되 최종 연구목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 · 필요시 공모된 과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 과제명으로 수정하여 제안할 수 있음 · 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ http://www.kaia.re.kr, http://www.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공고과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
- ※ 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 경우 협약 해약 가능
- 연구 착수시점 기술현황과 개발종료 후의 기술예측에 대한 대비가 가능하도록 개발 기술별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 제시
- 연구개발계획서에 개발기술 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 선행과제 성과물과 연계 및 본 과제 전체 개발 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계(세부 기술별 성과 로드맵) 제시
- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/목표치/가중치), 추진일정 및 이에 대한 관리 계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
 - 성과지표는 아래의 표를 고려하여 관련 성과지표*를 우선 반영하고, 이에 대한 고려 및 반영 미흡시 협약시 조정(추가) 가능

사업성과지표	측정산식	관련 성과지표*
① 특허등급지수	$\frac{\sum_i (A_i \times B_i)}{\sum A_i}$ (Ai: 등급별 국내외 특허등록 건수, Bi: 특허등급별 가중치)	· 특허등록(건) * 한국발명진흥회 SMART 활용
② 연구인력양성(명)	본 과제를 통해 배출된 석사 및 박사 학위 취득 인원수	· 석사 및 박사 취득 인원(명) * 타 과제와 중복되는 연구인력은 '1/과제수'
③ 참여기업의 청년인력 신규 채용(명)	총 연구기간의 정부출연금 총액을 기준으로 5억원당 1명 이상의 비율로 청년인력 신규로 채용	· 청년인력 채용 인원(명) * 채용시점 기준으로 만 15세이상 34세 이하(군 복무기간 고려 최고 만 39세까지), 참여율 100%, 최소 1년 이상 고용 유지
④ 표준등록, 정책반영(법제도 등), 설계기준·지침반영, 기술기준규격·신기술반영(건)	Σ (표준등록+정책반영+설계기준·지침반영+기술기준규격, 신기술) 반영	· 등록 및 반영 (건) * 표준의 경우, 국내외 공인된 표준인증기관(국제, 국가, 단체)을 통한 채택
⑤ 기술성과 현장적용(건)	Σ (현장적용 건수)	· 기술성과 현장적용(건) * 연구개발성과를 당해연도 현장에 적용한 건수
⑥ 학술지 게재 논문지수	$\frac{\Sigma(\text{표준화된 순위보정영향력 지수})}{\Sigma(SCI(E) \text{ 논문 건수})}$	· 학술지 게재 논문(건) * SCI(E) 논문

- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구 과정에서 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 핵심 요소기술별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발계획에 제시해야 함
- 연구개발 기술수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시



II. 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술

1. 연구배경 및 필요성

■ 새로운 교통수단 확산에 따른 도로교통 안전 지원을 통한 사회적 비용 저감

- 대도시를 중심으로 개인형이동수단 공유서비스가 확산 중에 있으며, 국내 개인형이동수단 시장은 2019년 134천대, 2020년 163천대를 넘어, 3년 안에 연 30만 대 수준에 도달할 것으로 예상 (한국교통연구원, 2020)
- 코로나19로 인해 대중교통수단인 지하철과 버스 이용율은 작년대비 20~30% 정도 하락한 반면, 자전거와 전동킥보드 등 개인형이동수단의 이용율은 전년 대비 60~90% 이상 증가한 것으로 나타남 (한국교통안전공단, 2020)
- 개인형이동수단 및 자율주행/커넥티드 차량의 증가에 따라 관련 사고사례 역시 증가하고 있고, 이 추세는 당분간 유지될 것으로 예상
- 대표적으로, 2018년에 발생했던 우버 자율주행자동차와 보행자(자전거)와의 충돌을 통한 보행자 사망사고 발생 건과 자율주행자동차의 센서 인지 한계로 인한 테슬라 차량 운전자 사망사고가 있음
- 이 밖에도 2016년 구글과 테슬라 자율주행자동차의 사고 사례가 있으며, 이는 자율주행 자동차가 증가하면서 사고사례 역시 계속 보고될 것으로 보임

[표 II-1] 자율주행자동차 사고 사례

구분	2018년 우버	2018년 테슬라	2016년 테슬라	2016년 구글
내용	· 우버 자율주행차 사고 (2018년 3월 19일) · 첫 자율주행 보행자 사망사고	· 테슬라 자율주행차 사고 (2018년 3월 23일) · 자율주행자동차 운전자 사망사고	· 테슬라 자율주행차 사고 (2016년 5월 7일) · 자율주행자동차 운전자 사망사고	· 구글 자율주행차 사고 (2016년 2월 14일) · 첫 자율주행자동차 판단 미스 사고
그림				

원인	· 센서 오류로 인한 교통 상황(자전거 접근) 인식 오류	· 센서 인지의 한계로 인한 도로교통 인프라 인식 오류	· 센서 인지의 한계로 인한 대향차량 인지 오류	· 센서 반경내 주변 차량 인지 오류로 인한 사고
----	---------------------------------	--------------------------------	----------------------------	-----------------------------

- 최근 3년간(2017~2019년) 개인형이동수단으로 인한 교통사고는 789건이 발생하여 사망 16명, 부상 835명 발생하여, 연평균 2배 가까운 교통사고 증가율을 보이고 있음 (도로교통공단, 2020)
- 경찰청 사고접수현황에 따르면, 개인형이동수단 관련 사고는 운전미숙으로 인한 단독사고의 비중이 높고, 보행자와의 사고 역시 사망사고 8건 중 1건, 중상사고의 27%로 높은 비중을 차지하고 있음 (한국교통연구원, 2020)
- 특히, 운행간 상대속도 차이가 큰 차량 및 보행자와 충돌시 개인형이동수단 운전자 뿐만 아니라 보행자의 상해심각도가 커질 가능성 있음
- 법령상²⁷⁾ 개인형이동수단은 도로에서 주행에 따라 자동차와의 충돌사고, 안전 보호구 미착용 및 주행 미숙으로 인한 이용자 사고, 불법 주행(2인탑승, 보도주행)으로 인한 보행자 사고 등 개인형이동수단 안전을 위한 도로교통 측면 시설 개선 및 개인형이동수단의 안전한 운행을 위한 지원인프라 필요

■ 개인형이동수단 및 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 중심의 교통체계로의 변화

- 해외의 경우 모빌리티 산업 변화에 대응하기 위해 새로운 이동 수단의 개발과 운행기반 구축, 교통시스템 혁신을 위한 적극적인 투자 진행 중
 - 미국은 플라잉카와 같은 새로운 수단의 도입을 위해 연방 및 주정부의 적극적인 정책 개선, 연구개발 투자와 함께 민간기업들은 시장선점을 위한 투자 확대 중
 - 현 교통시스템의 한계 극복을 위해 플라잉카를 개발을 위한 프로젝트가 NASA 및 DARPA 등에서 추진되고 있으며, 민간기업인 우버, 구글도 플라잉카(택시) 개발 및 인프라 상용화 추진 중
 - 일본은 차세대 도시교통 시스템의 실현을 통한 인프라 확보 및 본격적인 산업 육성을 통해 기존 자동차산업의 우위를 미래 모빌리티 산업에까지 유지하고 선점하기 위한 전략을 추진 중
- 차세대 도시교통시스템, “ART(Advanced Rapid Transit)”의 실현을 위한 자동주행 제어, PTPS 고도화, 차량통신·도로 간 통신이용 ART차량 제어, ART통합시스템개발 추진
- 경제산업성은 산업구조심의회를 개최('18.03)하여 플라잉카 연구개발 지원을 위한 환경, 운행 규칙, 안전성 확보 방안 등 필요한 법제도를 적극 검토

27) '12.10 도로교통법 개정 시행으로 자전거도로 주행 가능

- 새로운 교통수단의 운행과 이와 연계한 모빌리티 서비스의 확대를 위해서는 기존 교통체계의 혁신을 통한 입체적 교통시스템 구축 필요성 증대
 - 공유서비스 시장이 차량에서 개인형이동수단으로 확대됨에 따라 기존 교통수단과 효율적인 연계환승을 위한 교통체계 개선 필요
 - 수평적 교통 체계의 한계로 인해 대안으로 등장할 것으로 예상 되는 플라잉카 및 이를 활용한 서비스에 선제적으로 대응하기 위해서는 수평적 이동과 연계환승뿐만 아니라, 수평-수직 이동 및 연계환승을 고려한 교통시스템 구축이 필요
- 새로운 교통수단 도입|등장에 따라 시장실패 완화(산업발전 촉진)|편익 극대화 및 혼란 최소화를 위해서는 이에 대응할 수 있는 도로인프라 구축이 필수적
 - 자율주행|커넥티드 차량, PM 등 새로운 교통수단 확산에 따라 도로인프라의 개편 필요
 - 다양한 개인형 이동수단이 등장|확산됨에 따라 교통사고도 증가 추세, 특히 COVID-19를 계기로 교통수단으로써의 이용이 보다 빠르게 증가할 것으로 예상되어, 차량중심으로 설계되고 공급되었던 기존 도로인프라에 대한 개편이 불가피
 - 자율주행|커넥티드 차량의 도입이 확산에 따라, CAVs 점유율 증가로 인한 도로인프라에의 영향 및 자율주행|커넥티드 차량을 고려한 도로인프라 설계 및 운영에 대한 수요가 점차 증가할 것으로 예상
 - 자율주행|커넥티드, PV 등 새로운 교통수단의 보급|확산에 따른 혼란|사고 최소화를 위해서는 이들 수요에 대응하기 위한 도로인프라 개편을 위한 연구개발 필요

■ 미래형 신교통 수단의 증장에도 불구하고 도로교통체계 측면 대응 부족

- 개인형이동수단, 자율주행차 등 신교통 수단의 등장에도 불구하고, 신교통수단의 운행을 위한 교통체계 구상 미비
 - 초소형 전기차와 같은 이동수단은 이미 실용화되어 운행하고 있으나 관련 운행 및 안전기준 등 제도가 미비하고, 초소형 전기차의 정기적인 충전 특성 등을 반영한 도로교통시설 설계 기준 미비
 - 전동킥보드, 전기자전거 등 초소형 개인이동수단의 경우 기존 레저용에서 이동수단으로 그 목적이 변화하고 있으나 이러한 초소형 개인이동수단의 안전한 운행을 위한 도로 안전기준, 도로 설계기준 등은 미흡한 실정

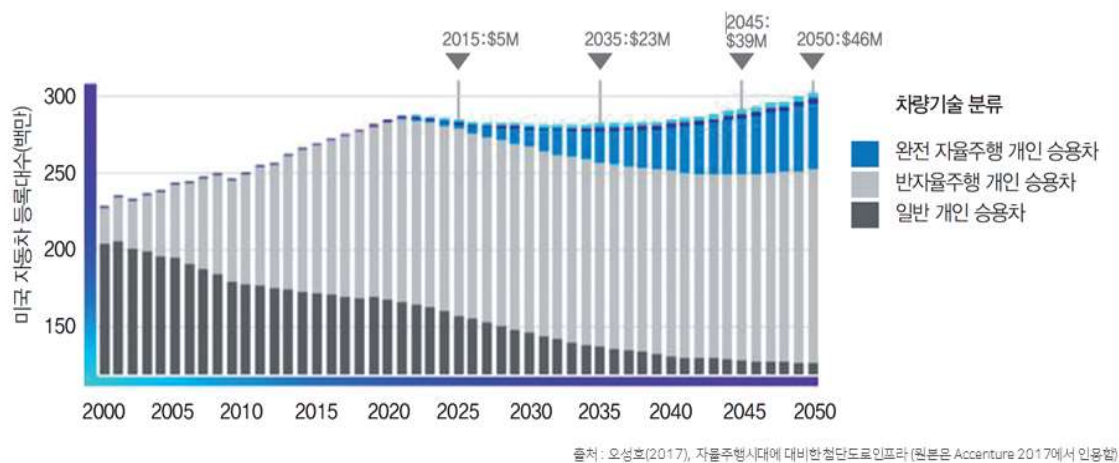
* 퍼스널모빌리티 관련 사고는 '14년 40 건에서 '17년 193건으로 증가²⁸⁾

28) 국회 국토교통위, 2018.08., 송석준 의원실

- 자율주행/커넥티드 차량의 경우 레벨3 기술수준 이상의 시장은 2030년 960조원(약3,800만대) 규모로 확대될 것으로 예상하나, 국내 도로교통 분야 산업적 대응은 매우 늦은 상황
- 국내 미래 모빌리티 서비스 산업 성장을 위한 도로교통 분야 지원 노력 미흡
 - 국가교통센터 등을 통해 도로교통 분야 각종 정보의 수집·제공은 가능하나, 빅데이터 분석기술 및 블록체인 기술 등을 활용한 도로교통시설과 모빌리티 서비스 분야간 양방향 정보제공 측면 기술개발은 부족
 - 미래 모빌리티 서비스의 질을 높이고 관련 산업을 활성화 시키기 위해서는 도로교통 측면의 소통정보, 사고정보, 노면상태정보 등 각종 도로교통 관련 정보가 수집되어 자동으로 분석·가공·제공 가능한 체계가 구축되어, 이러한 정보가 모빌리티 서비스와 연계되어 혼잡한 도로를 우회하는 등의 서비스의 질 개선 노력 필요

■ 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량간 혼재상황 대응 안전지원 인프라 필요

- 자율주행차량이 본격 도입되는 2020년 전후부터 자율주행차량의 비율이 크게 증가하는 2050년까지 자율주행차량과 일반차량의 도로상 혼재는 불가피할 것으로 예측
- 자율주행자동차와 일반차량이 당분간 혼재하여 운영되는 것은 불가피한 상황으로, 자율주행자동차 점유율이 100%가 되기 전까지는 오랜 시간 지속될 예정



[그림 II-1] 자율주행자동차의 확산 전망

■ 포스트코로나 시대 디지털 경제로의 전환 가속화

- 정부의 디지털 뉴딜 정책 추진을 통한 SOC 디지털화 추진 의지
 - 정부는 디지털 뉴딜 추진분야 중 “SOC 디지털화” 정책 추진을 통해 도로교통 분야 핵심 인프라 디지털 관리체계를 구축하고자 함
 - 도로교통분야에 있어 차세대지능형교통시스템(C-ITS) 구축, 모든 철도 IoT 센서 설치, CCTV·IoT 활용 국가어항 디지털 관리체계 구축 분야 국가예산 투자 의지

〈관계부처 합동 “한국판 뉴딜” 종합계획 中 (2020.7.14.)〉

- 세계최고 수준의 전자정부 인프라 서비스 등 우리 강점인 ICT 기반으로 디지털 초격차 확대
 - 경제전반의 디지털 혁신과 역동성을 촉진·확산
 - * ‘20년 UN 전자정부평가(7.11): 193개국 중 전자정부 발전지수 2위, 온라인 참여지수 공동 1위
 - 디지털 경제의 기반이 되는 “데이터댐” 등 대규모 ICT 인프라 구축
 - 데이터 수집·표준화·가공·결합 고도화 등 데이터경제 촉진을 통해 신산업 육성 및 주력산업 디지털 전환 가속화·경쟁력 강화
- 총 사업비 58.2조원(국비 44.8조원) 투자, 일자리 90.3만개 창출
 - 디지털 경제 전환 가속화를 위해 D.N.A. 생태계(국비 31.9조), 비대면 산업 육성(국비 2.1조), SOC 디지털화(국비 10.0조) 등 집중 투자
- 4대 디지털 뉴딜 추진분야 중 “SOC 디지털화” 부문 추진계획
 - (교통) 차세대지능형교통시스템(C-ITS) 구축, 모든 철도 IoT 센서 설치, CCTV·IoT 활용 국가어항 디지털 관리체계 구축(3개소)
 - (디지털 트윈) 정밀도로지도, 지하구조물(15종) 3D 통합지도, 지하공동구(120km) 계측기 설치, 항만 디지털플랫폼(29개항) 구축
 - (수자원) 국가하천(73개, 3,600km)·저수지(27개 권역)·국가관리댐(37개) 원격제어 시스템·실시간 모니터링 체계 구축
 - (재난대응) 급경사지 등 재해 고위험지역 재난대응 조기경보시스템 설치(510개소), 둔치주차장 침수위험 신속 알림시스템 추가 구축(180개소)

2. 국내외 현황조사

2-1. 국내외 정책동향

■ 국내외 개인형이동수단 정책 동향

- 개인형이동수단은 전기에너지로 구동하는 1인용 또는 2인승 단거리 중저속 이동수단으로 전동 휠, 전동 킥보드, 전기 자전거 등이 포함된 휴대가 간편하고 배기가스가 발생하지 않아 친환경 이동 수단으로 주목 받고 있음
 - 최근 도심의 복잡한 교통난 및 도시환경 문제가 대두되면서, 전동 휠이라는 불리는 “Personal Mobility”를 이용하는 사람들이 많이 늘어나고 있으며 1인용 운송수단을 뛰어넘어 도심 속 교통난의 대안으로 많이 이용되고 있으며, 복잡한 도시에 어울리는 작고 스마트한 청정 에너지 차량에 대한 관심이 증대되고 있음
 - 국내에서는 도로교통법에서 정격출력 0.59kW 미만의 원동기가 달린 전동 휠 등은 원동기 장치 자전거로 분류되기 때문에 인도와 자전거 도로 운행이 금지되는 등 현행법에 따르면 퍼스널 모빌리티를 차도, 인도, 공원에서 이용할 수 없음



[그림 II-2] 개인형 이동수단

- 최근 버스나 지하철 등 대중교통 이용 및 환승, 최종목적까지 도달하기 위한 first&last 마일의 최적의 이동수단임

* 차량으로 이동하기에 짧고 도보로 이동하기에 한계가 있는 이동거리(0.5~4km)를 편리하게 이동할수 있는 수단임



[그림 II-3] 수단별 이동거리

● 최근 개인형이동수단 관련 법제도를 개정한 바 있음

- [도로교통법 일부 개정] '20.05.20 경찰청 주도로 전기킥보드, 전기자전거 등의 이용자가 증가하는데 비해 이에, 대한 운행 규정이 미비한 상황으로 이를 보완 개선을 하기 위해 도로교통법 일부 개정되었으며, '20.12.10 이후 법 시행 예정임

- * 제2조 전동킥보드, 전기자전거 등 퍼스널 모빌리티를 개인형 이동장치로 새롭게 정의함
- * 제13조의2 개인형 이동장치의 자전거도로 주행을 허용 함
- * 제19조의2 개인형 이동장치의 기준을 정의함
- * 제21조의2 자전거와 개인형 이동장치를 통합하여 법률 내 자전거 등으로 표기
- * 제43조 운전면허 없이 주행 가능함(만13세 이상으로 규정, 행정안전부 장관령)
- * 제50조 특정운전자의 준수사항에 1인 운전을 명시함

[표 II-2] 도로교통법 개정(안) 신·구문 대비표

현 행	개 정 안
제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.	제2조(정의) -----.
1. ~ 7의2. (생 략)	1. ~ 7의2. (현행과 같음)
8. “자전거도로”란 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 인공구조물로 경계를 표시하여 자전거가通行할 수 있도록 설치된 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」 제3조 각 호의 도로를 말한다.	8 -----자전거 및 개인형 이동장치가 -----.
9. “자전거횡단도”란 자전거가 일반도로를 횡단할 수 있도록 안전표지로 표시한 도로의 부분을 말한다.	9. -----자전거 및 개인형 이동장치 -----가 -----.
제13조의2(자전거의 통행방법의 특례) ① 자전거의	제13조의2(자전거등의 통행방법의 특례) ① 자전거

운전자는 자전거도로(제15조제1항에 따라 자전거만通行할 수 있도록 설치된 전용차로를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)가 따로 있는 곳에서는 그 자전거도로로通行하여야 한다.	등 ----- ----- ----- -----.
<신 설>	19의2. “개인형 이동장치”란 제19호나목의 원동기장치자전거 중 시속 25킬로미터 이상으로 운행할 경우 전동기가 작동하지 아니하고 차체 중량이 30킬로그램 미만인 것으로서 행정안전부령으로 정하는 것을 말한다.
<신 설>	21의2. “자전거등”이란 자전거와 개인형 이동장치를 말한다.
③ 이륜자동차와 원동기장치자전거의 운전자는 행정안전부령으로 정하는 인명보호 장구를 착용하고 운행하여야 하며, 동승자에게도 착용하도록 하여야 한다.	③ -----원동기장치자전거(개인형 이동장치는 제외한다) ----- ----- -----.
<신 설>	제50조(특정운전자의 준수 사항) ⑩ 개인형 이동장치의 운전자는 행정안전부령으로 정하는 승차정원을 초과하여 동승자를 태우고 개인형 이동장치를 운전하여서는 아니 된다.

- [지자체 조례 제정] 최근 공유형 전동킥보드의 대한 이용 급증에 따라 시민의 안전 증진 및 부분별 한 공유킥보드의 확산을 방지하기 위해 지자체별 조례를 전국적으로 제정중이며, 이를 기반으로 질서 있는 공유서비스 시장 마련하고 있음

* 현재 서울특별시, 대구광역시 조례 제정을 준비하고 있음

[표 11-3] 지자체 조례 제정 현황

지자체명	조례명	제정일
경기도	개인형이동장치 이용 및 안전증진 조례	'19.10.01
부산광역시	개인형 이동수단 이용안전 증진 조례	'19.11.06
인천광역시	개인형 이동수단 이용안전 증진을 위한 조례	'19.12.30
충청북도 충주시	개인형 이동수단 이용안전 증진 조례	'19.12.31
충청남도	개인형 이동수단 이용 안전 증진 조례	'20.04.01
충청남도 천안시	개인형 이동수단의 이용 안전교육 및 안전문화 조성 조례	'20.06.01
울산광역시	개인형 이동장치 이용안전 증진을 위한 조례	'20.07.09

- 정부, 지자체에서 공유형 전동킥보드와 연계하여 다양한 시범사업을 통해 새로운 정책 및 비즈니스 모델을 창출하고 있음

■ 스마트시티 챌린지

- 국토교통부에서는 민간의 창의적 아이디어로 도시문제를 효율적으로 해결하고 기업솔루션의 실증·확산을 효과적으로 지원하고자 스마트시티 챌린지 사업을 추진하고 있음
- 스마트시티 챌린지 사업으로 지자체와 협력하여 전동킵보드를 활용한 First&Last mlie 사업이 진행되고 있음

[표 II-4]스마트시티 챌린지 공유형 전동킵보드 사업

지자체명	사업자명	주요사업 내용
인천광역시	현대자동차	- 수요대응형 서비스 I-MOD정류장까지 출·도착지에서 전동킵보드를 이용하여 이동하는 사업
경기도 부천시	울물로	- 공동 주차장에서 주차 이후 전동킵보드를 이용하여 출·도착지까지 이동하는 사업
강원도 강릉시	KST	- KTX 강릉역 일원, 경포대~안목해변 주요 여행지역에 관광형 전동킵보드 예비사업 진행중
제주특별자치도		- 주유소, 편의점, 버스정류소를 스마트 허브를 삼아 전동킵보드 공유 예비사업 진행중

■ 스마트 모빌리티 연구개발 사업

- 국토교통부 산하 KAIA에서 스마트 모빌리티 R&D를 통해 공유형 전동킵보드의 비즈니스 모델 창출, 다양한 수단과의 환승 연계, First&Last mlie 등 연구개발을 통한 실증을 수행하고 있음

[표 II-5] 스마트 모빌리티 연구개발 사업

지자체명	사업자명	주요사업 내용
대구광역시	피유애펜	· 대구광역시의 First&Last mlie 및 환승 연계가 부족지역의 전동킵보드 서비스 제공 · 다양한 수단(버스, 지하철, DRT, 전동킵보드 등)을 통합한 모빌리티 서비스 개발 · 전동킵보드 실시간 위치기반의 자전거 네트워크 고도화

■ 규제샌드박스 실증사업

- 우리나라 규제샌드박스 5법을 활용하여 전동킥보드의 법제도 한계를 실증 특례를 통해 개선하고자 하는 목적의 실증사업이 추진 중
- 산업부 규제샌드박스 실증사업 기반으로 '20.05.20 도로교통법 일부개정(안) 마련함

[표 II-6] 규제샌드박스 실증사업 현황

법	소관부처	지자체명	사업자명	주요사업 내용
산업부 산업융합촉진 법	경찰청	경기도 화성시	울룰로	· 화성 통탄 2신도시 내 대중교통 연계 불편을 하고자 전동킥보드 운영 사업진행 · 다만, 자전거도로 주행, 안전보호구 착용, 주차공간 활용 등 규제적 문제로 인해 어려움 발생으로 1년 동안 전동킥보드 운영에 대한 규제 예외 지역으로 신청 및 승인
국토부 스마트 도시법	국토부 도시경제과	세종특별자치시	매스아시아	· 세종시 제1생활권(종촌동, 아름동, 도담동, 고운동, 어진동)에서 스마트폰 앱을 통한 공유형 전동킥보드 대여 서비스와 소상공인 연계 네트워크를 통한 충전·수리 서비스 제공 · 다만, 자전거도로 주행, 안전보호구 착용, 주차공간 활용 등 규제적 문제로 인해 어려움 발생으로 도로교통법 개정(안) 시행일인 '20.12.10 동안 전동킥보드 운영에 대한 규제 예외 지역으로 신청 및 승인

■ 국내외 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 정책 동향

- 자율주행자동차는 운전자가 자동차를 조작하지 않아도 스스로 운전할 수 있는 자동차로 운전자와 같은 인식을 할 수 있는 다양한 센서와 고성능 카메라 등으로 인지, 상황대응 기술을 보유하는 자동차임
- 자율주행자동차의 기술적 정의는 미국자동차공학회(SAE)에서 자동차의 자율주행 기술 수준을 0~5단계까지 총 6단계를 비교하여 J3016 표준을 제정함
- 0단계~2단계는 시스템이 일부 주행을 수행하는 기술 수준으로 운전자가 차량 제어를 전부 수행함



[그림 II-4] 미국자동차공학회(SAE) J3016 표준

- 3단계~5단계는 시스템이 전체주행을 수행하는 기술 수준으로 특정 주행모드에서 시스템이 차량 제어를 전부 수행하며, 운전자는 시스템 개입 요청시에만 대체 수행



[그림 II-5] 미국자동차공학회(SAE) J3016 표준

- 대한민국 정부 역시 자율협력주행 기반 디지털도로 구축을 위한 로드맵을 수립하고 예산 반영을 위한 법제도 정비에 나서고 있음
 - 국토부의 제1차 국가도로종합계획(2016년 8월 발표)에 따르면 2020년까지 실행계획과 함께 자율주행, AI, 에너지 등 미래이슈에 대응하는 미래도로 정책방향 제시
 - * 자율주행AI 등과 융합(Trans)하여 기존 도로를 초월(Transcend)하는 새로운 도로를 만든다는 뜻으로 트랜스로드(TransRoad) 7대 비전을 마련
 - 2016년 수행된 ‘국토교통 비전 2045 수립을 위한 연구’를 통해 국토교통 2045 비전 및 핵심가치 달성을 위한 4대 미래상 및 16대 도전과제 도출

비전	풍요로운 공간, 행복한 삶, 가치있는 미래			
핵심가치	창의 & 혁신	청정 & 안전	통합 & 공존	감성 & 재미
미래상	1. 상상이 실현되는 스마트 국토	2. 안전하고 회복력있는 도시	3. 더불어 사는 포용 사회	4. 오감만족 즐거운 생활
국토 인프라 도시 지역 주거 생활 이동 수송	1-1. 유라시아의 허브 : 한반도 중심 교통물류 인프라 구축 1-2. 스마트 도시 : 사람-사물의 초연결 도시 플랫폼 구축 1-3. 스마트 주택 : 편리한 시가반 정주환경 구현 1-4. 운전으로부터 해방 : 무인자율이동 수단 보편화	2-1. 재난사고의 선제적 예방 체계 : IoT 기반 국토 시설물 안전망 구축 2-2. 에너지 자립형 탄소 저감 도시 : 청정자원 순환 기반 생태 환경 조성 2-3. 스트레스 없는 일상 생활 : 쾌적한 무공해 주거 환경 구현 2-4. 친환경무사고 교통 : 자율주행 기반 교통 체계 구축	3-1. 도농 상생 균형 국토 : 대도시권 연계 분산형 지역 네트워크 구축 3-2. 도시 재생 르네상스 : 지역 생활권 개발 및 중심시가지 재생 3-3. 삶의 질이 높은 주거 생활 : 모두가 누릴 수 있는 복합 주거생활 공간 조성 3-4. 교통 소비자 이용 · 권리 강화 : 막힘 없는 교통 배리어 프리	4-1. 이용자 체감형 디지털 문화 공간 : 현실과 가상의 융합을 통한 국토 공간의 감성 놀이터 확 4-2. 문화자산 & 기술의 융복합 공간 : 첨단기술 기반 지역 명물 랜드마크 조성 4-3. 거주 공간의 특성화 · 다양화 : 내가 원하는 주택의 보편화 4-4. 즐거운 주행 : 모빌리티 다양화 및 엔터테인먼트화

[그림 11-6] 국토교통 비전 2045

- 국토교통부 등 정부는 자율주행 관련 제도개선과 더불어 자율주행차 실험도시 구축, 시범 운행단지 지정, 보안기술 개발 등을 통해 자율주행 기술발전 및 상용화 촉진정책 시행 중
- 현재 「도로법」, 「국가통합교통체계효율화법」 등과 같은 도로 관계 법령에서 미래 도로 교통체계 구축 및 디지털도로 구축을 위한 관련 연구개발 촉진, 신산업 창출 측면의 정부의 행정적·재정적·제도적 지원의 근거가 제시되어 있지 않음
- 연구개발 측면으로는, 정확한 위치정보를 기반으로 다양한 교통 서비스 제공을 위한 위성항법기반 교통인프라 기술 개발(2009~2015)19)과 첨단안전자동차 안전성 평가기술 개발 (2009~2017)20) 등 첨단안전장치를 통하여 교통사고 사상자를 획기적으로 줄이기 위한 기술개발 및 자율주행을 위한 도로 기반 차량-인프라 연계 실용화를 위한 스마트 자율협력 도로시스템 개발(2015~2020) 등 추진 중

2-2. 국내외 기술/시장 동향

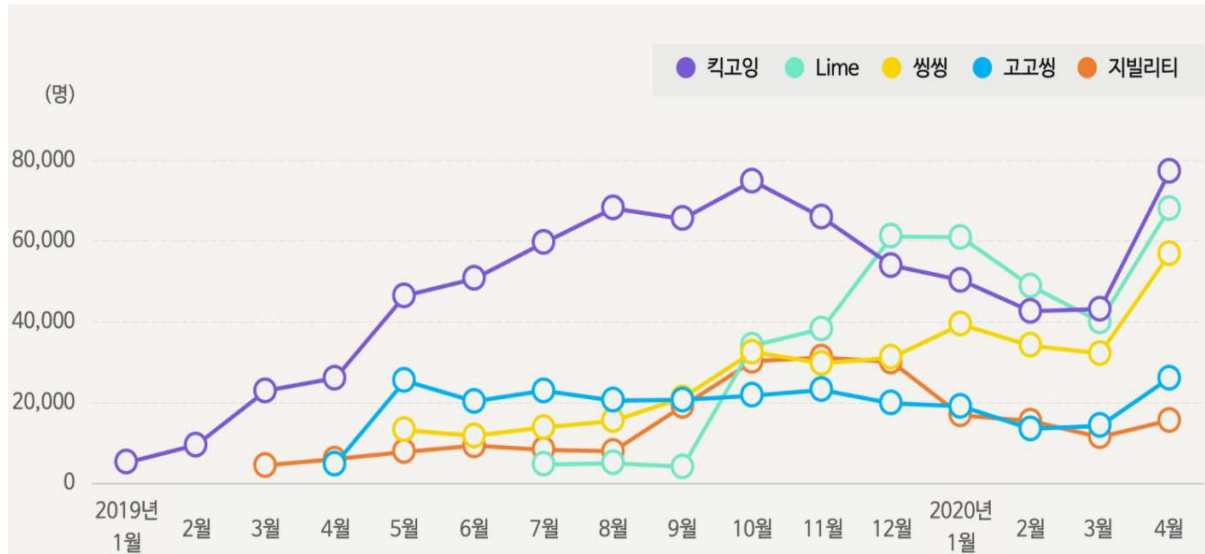
■ 국내외 공유 개인형이동수단 서비스 현황

- 국내 높은 스마트폰 보급과 편리한 대중교통 등을 기반으로 인구밀집지역 및 대학가 등 중심으로 국내 스타트업 중심의 공유 개인형이동수단 서비스를 하고 있음
 - `17.11월 매스아시아가 지자체와 협약을 맺고 최초로 시범사업을 개시함
 - `20.09월 현재 15개의 업체가 공유 개인형이동수단 서비스를 제공하고 있음
- 최근에는 국내 개인형이동수단의 공유 서비스 활성화로 인해 라임, 빔 등 글로벌 기업의 국내 진출도 이루어지고 있음
 - 미국업체 라임은 `19.10월, 싱가포르의 빔은 `19.08월에 국내시장에 진출 및 서비스를 확장하고 있음

[표 II-7] 국내 개인형이동수단 공유 서비스 현황

업체명 (브랜드명)	울릉로 (키크고잉)	매스아시아 (알파카, 구 고고씽)	피유엠피 (쌍쌍)	Lime Korea Ltd (라임)	지빌리티 (지쿠터)
운행지역	서울, 인천, 경기, 부산 일부	서울, 경기, 세종, 경남 진주	서울, 경기, 부산, 강원 원주/춘천, 대구, 광주, 전북 전주, 경남 진주	서울, 경기, 인천, 부산, 울산	서울, 경기, 인천, 광주, 대구, 대전, 세종, 강원 춘천, 충북 청주, 충남 천안/아산, 경북 경산, 경남 진주, 전북 전주/익산, 전남 순천
운영 시작시기	2019.09	2019.11	2019.07	2019.04	2019.06
운영대수	7900대 (`20.5 기준)	2000대 (`20.6 기준)	8000대 (`20.7 기준)	약 1000대 (`20.1 기준)	2000대 (`20.5 기준)
현재 운영여부	○	○	○	○	○

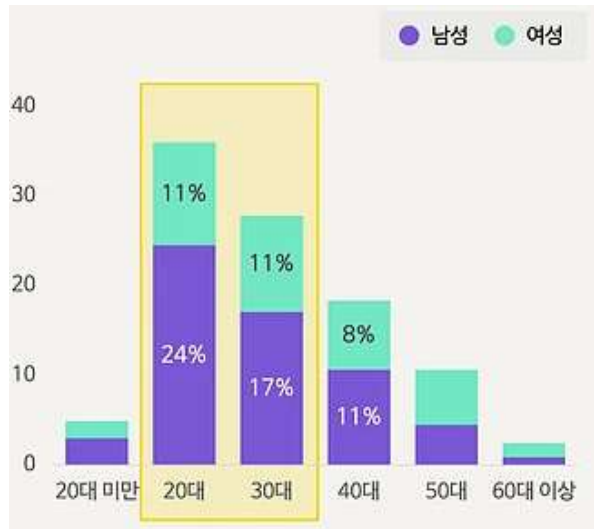
- 국내 코로나19로 인한 교통 이용 패턴 변화와 날씨 영향에 따라 `20.02월~04월 높은 개인형 이동수단 이용하고 있음



[그림 II-7] 국내 공유 개인형이동수단 앱 이용자 현황

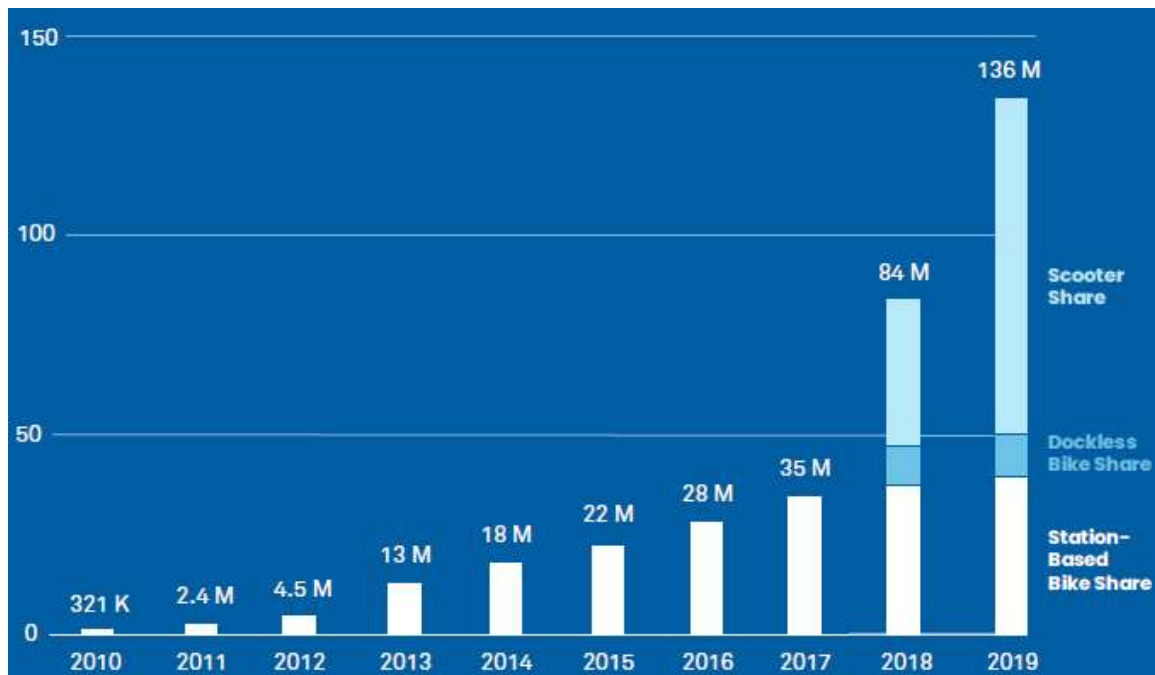


[그림 II-8] 전동킥보드 앱 이용자 현황



[그림 II-9] 전동킥보드 앱 이용자 구성

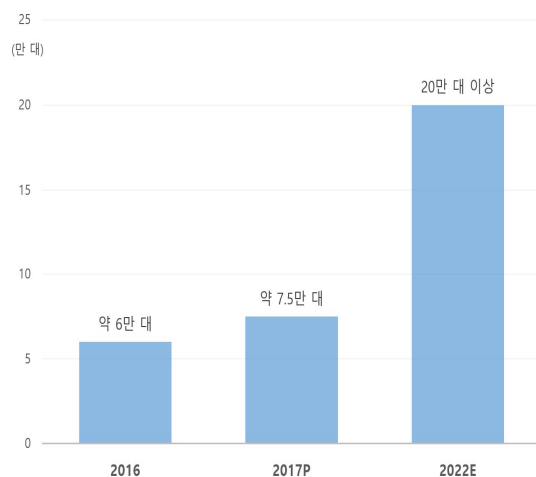
- 미국 NACTO 전국 도시교통관리 협회에서 2019년 발표한 자료에 따르면 개인형이동수단은 매년 지속적으로 성장으로 2010년 32만건에서 2019년 136백만건으로 크게 증가함
 - 2019년 136백만원의 이용자 수는 2017년의 35백만건에 비해 약 4개 이상 증가한 수치임



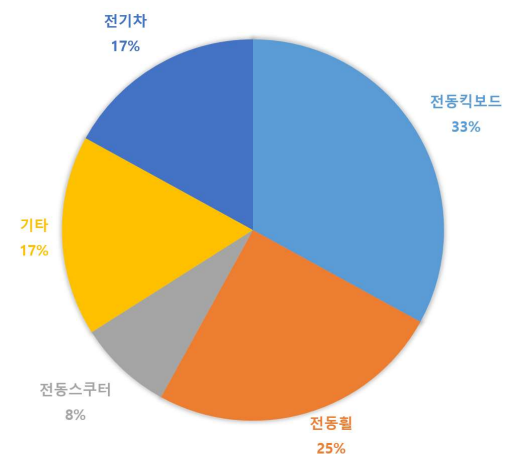
[그림 II-10] 미국 개인형이동수단 이용자 수 추이

■ 국내외 공유 개인형이동수단 서비스 시장규모

- 국내 국내 퍼스널 모빌리티 공유 서비스 시장은 2008년부터 지방정부의 일반 자전거 공유 사업에서 시작하여 현재는 민간 기업의 전기자전거, 전동킥보드 공유 사업으로 확산되어 활발하게 운영중이며, 국내 퍼스널모빌리티 시장은 연평균 20% 이상으로 고속 성장하여 2020년에는 시장규모가 약 6,000억원 수준으로 전망

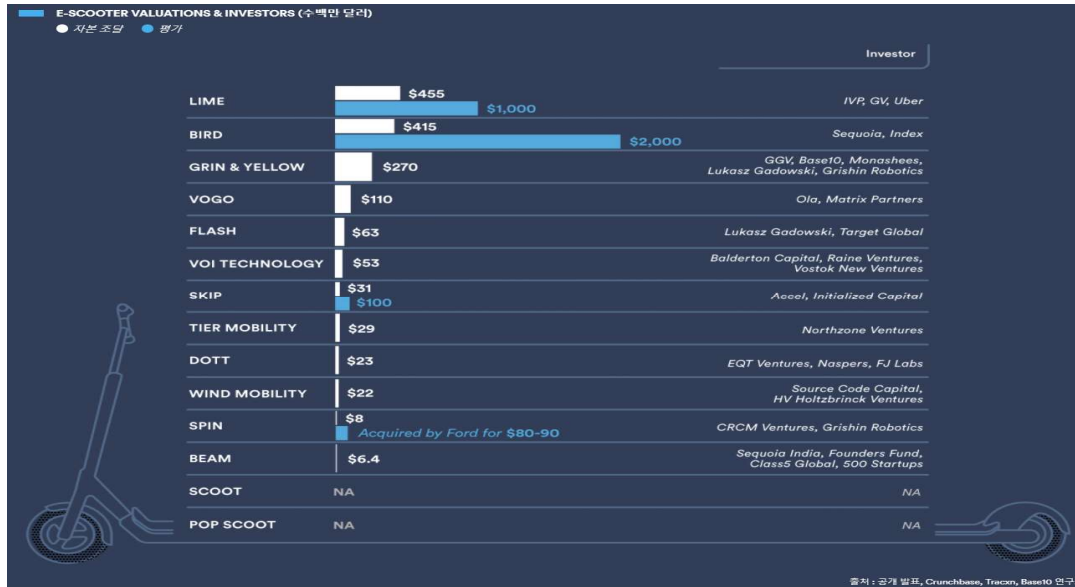


[그림 II-11] 국내 개인형이동수단 시장 규모



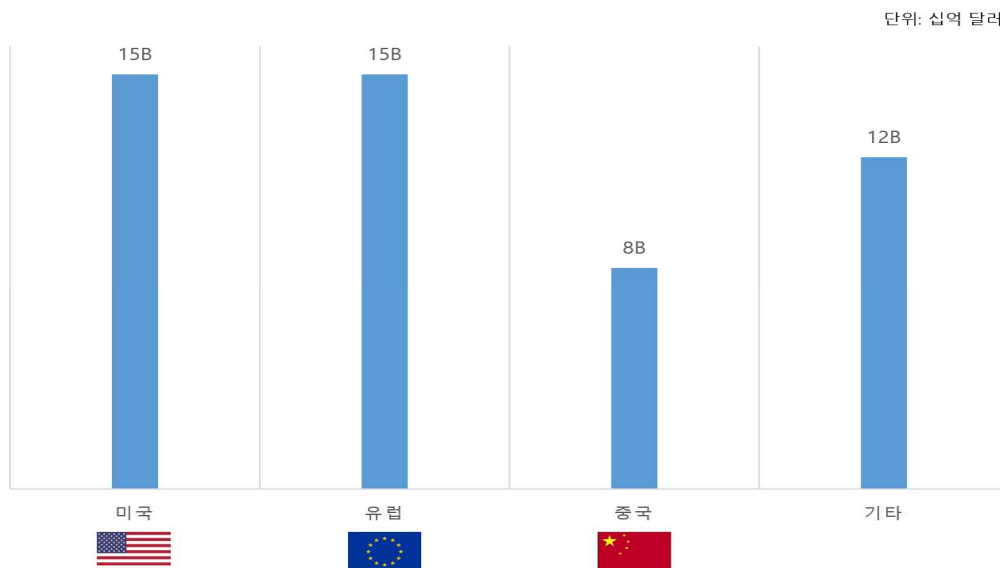
[그림 II-12] 국내 개인형이동수단 형태별 시장점유율

- 개인형이동수단 서비스 시장규모는 신규분야의 스타트업 업체 뿐만 아니라 기존 완성차 업체, 공유차량 업체 등 다양한 분야의 업체들이 시장을 진입하고 있으며, 많은 투자가 이루어지고 있음
- 라임은 24억 달러, 버드는 25억 달러의 기업 가치를 인정받아 다양한 업체에게 투자가 이루어지고 있음



[그림 II-13] 국외 개인형이동수단 기업가치 및 투자액

- BCG 보고서에 따르면 개인형이동수단 서비스 시장규모는 높은 성장세를 기반하여 2025년에 시장규모가 총 약 50십억 달러에 이를 것으로 추정함



[그림 II-14] 국외 개인형이동수단 시장 규모

■ 국내외 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 현황

● 국내 공유차 업체인 쏘카 자율주행 셔틀 서비스

- 공유차 업체인 쏘카와 자율주행기술 스타트업 라이드플렉스 협력하여 2020년 5월 제주공항에서 쏘카스테이션 구간까지 왕복 5km를 수요응답형 서비스를 제공하고 있음



[그림 II-15] 쏘카 자율주행차량

● 세계최초의 자율주행 택시 서비스 우버 택시

- 우버는 2018년 1월 Nvidia, 도요타와 함께 자율주행차 관련 제휴를 체결 하였고 3월에 미국 피츠버그에서 세계최초의 자율주행택시 서비스를 상용화
- 피츠버그와 피닉스에서 약 200여대의 자율주행택시를 5만명 이상의 사용자와 누적거리 350만km를 운행함
- Volvo XC90 SUV 차량을 개조하여 라이다 및 각종 센서를 장착하였으며, 트렁크에는 Nvidia GPU 칩, 서버서 등 내장된 슈퍼컴퓨터가 탑재되었음



[자료] 우버 홈페이지

[그림 II-16] 우버 자율주행 택시

● 중국 Pony.ai 자율주행택시 서비스

- 2016년 중국 자율주행 스타트업인 Pony.ai는 설립한지 1년이 넘는 시점에 빠르게 자율주행자동차를 캘리포니아에 시범 주행함
- 2018년 광저우 난샤 지역에서 로봇택시 자율주행서비스를 실증하여 대중에게 공개함
- 이를 기반으로 현재는 미국 캘리포니아 얼바인에서 로봇택시 자율주행 서비스를 제공함
- 차량은 현대, 도요타, GVC와 파트너십을 체결했으며, 미국 로봇택시 자율주행 서비스는 현대 코나 전기 자동차를 개조하여 서비스하고 있음



[자료] Pony.ai 홈페이지

[그림 II-17] Pony.ai 자율주행 택시

● 미국 벤츠-보쉬 자율주행 택시 서비스

- 2018년 벤츠-보쉬 자율주행 사업 부문에서 제휴 발표
- 2019년 12월 미국 실리콘밸리에서 자율주행자동차 호출 시범서비스 시행 2020년 실시 예정



[자료] 벤츠 홈페이지

[그림 II-18] 벤츠-보쉬 자율주행 택시

■ 국내외 자율주행셔틀 서비스 현황

- 국내는 자율주행 셔틀 상용화 이전 다양한 실증을 통해 인프라, 기술력, 시스템 검증, 안전성 등 검증을 진행하고 있음
- 국내 최초로 차세대융합기술연구원에서 경기도 판교제로시티~판교역까지 제로셔틀을 수요에 따라 정해진 시간 내 운영하고 있으며, 평창 올림픽에 KT에서 자율주행버스를 운영 등 다양한 지역에서 실증 및 서비스를 수행하고 있음

[표 II-8] 국내 자율주행 셔틀 서비스 현황

구분	경기 판교 제로셔틀	서울 상암 모빌리티 실증	대구 수성알파시티 타시오	경기 시흥 마중
수행기관	차세대융합연구원	서울특별시	대구광역시 미래자동차과	LG유플러스 서울대학교
사업목적	경기도 교통문제 해결을 위한 신교통수단 활용	자율주행 모빌리티 상용화 및 시장 발전을 위한 '테스트베드 서울' 사업	첨단 스마트 도시인 수성알파시티의 미래 신교통수단인 자율주행셔틀을 시민이 직접 체험	경기도 시흥에 심야 시간에 자율주행셔틀 기반의 수요대응형 서비스 제공
도입차량	-제로셔틀(11인승)	-언맨드솔루션(6인승)	나부야 (7인승)	- 현대 솔라티(11인승) 현대 아이오닉
운행코스	판교 제로시티~판교역(약5.8km)	상암DMC역~MBC~상암DMC역(약5km)	수성알파시티 내(3km)	오이도역~정왕동 주거지역

- 국외 자율주행 셔틀은 유럽과 미국에서 실증사업에 적용되어 평가하고 있으며, <표>은 국외 자율주행 셔틀 실증 사례를 정리함

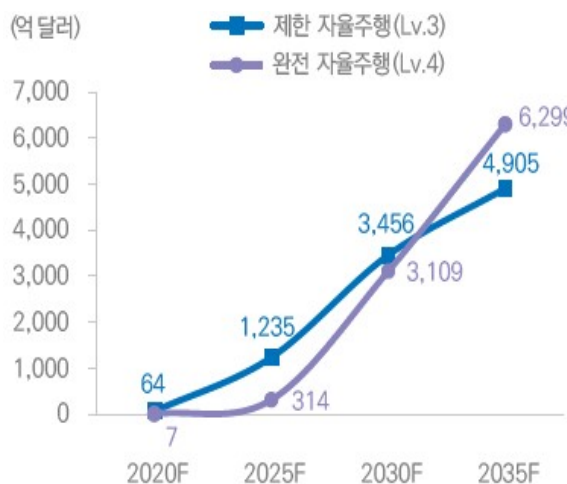
[표 II-9] 국외 자율주행 셔틀 실증 현황

운행경로	사진	특징
프랑스 리옹 (Navly)		- 차량 : Navya 차량 적용 - 구간 : 2nd borough 내 순환형 도로 구간 - 기간 : 2016.09.05. ~ - 운행시간 : 오전7시 ~ 오후7시 - 운행속도 : 20km/h
미국 라스베이거스 (Arma)		- 차량 : Navya 차량 적용 - 구간 : Fremont St(Las Vegas Blvd. ~ 8th St) - 기간 : 2017.01.11. ~ 2017.01.20. - 운행시간 : 오전10시 ~ 오후6시 - 운행속도 : 20 km/h
네덜란드 로테르담 (ParkShuttle)		- 차량 : ParkShuttle 차량 적용 - 구간 : Rivium business park 부근 1.8km - 기간 : 2008.09. ~ - 운행시간 : 첨두시간대 - 운행속도 : 최대 32km/h

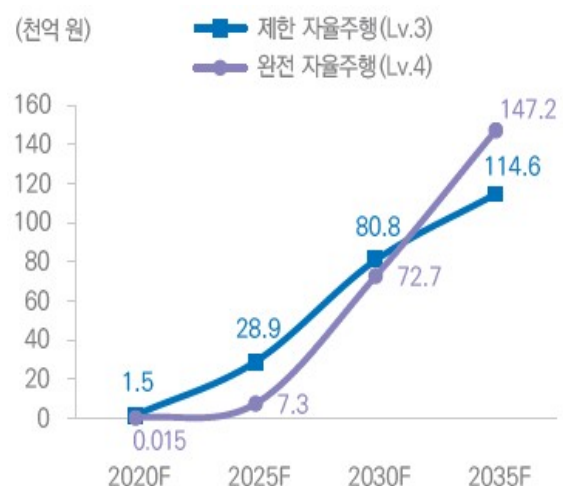
그리스 트리칼라 (Robucity)		- 차량 : Robosoft 차량 적용 - 구간 : 트리칼라 시내 약 3km - 기간 : 2015.11.10 ~ 2016.02.29 - 운행시간 : 출퇴근 시간대 제외 - 운행속도 : 30km/h
네덜란드 와게닝겐 대학 캠퍼스 (WEpods)		- 차량 : EasyMile 차량 적용 - 구간 : 와게닝겐 대학 캠퍼스 내 순환 - 기간 : 2016.1.28. ~ - 운행시간 : 러시아워, 날씨가 좋지 않을 때, 야간을 제외한 시간 - 운행속도 : 최고 25km/h
스위스 사프하우젠 (Route 12)		- 차량 : Navya 차량 적용 - 구간 : 키비스토역 ~ 주택박람회장 - 기간 : 2018.3~ - 운행시간 : 출퇴근 시간대 제외 - 운행속도 : 30km

■ 자율주행 자동차 및 자율차 공유 플랫폼 시장 규모

- 세계 자율주행 자동차 시장규모는 기술적, 인프라, 상용화 등 고려하여 2020년 71억달러로 추정하고 있으며, 완전 자율주행이 상용화 시점인 2030년은 6,566억 달러, 2035년 1조 1,204억달러를 기록하며, 연평균 41.0%로 성장할 것으로 예상됨
- 또한, 국내 자율주행 자동차 시장규모는 2020년 약 1,509억원으로 2035년 약 26조 1,794억원이 추정하여 연평균 40% 성장할 것으로 예상됨

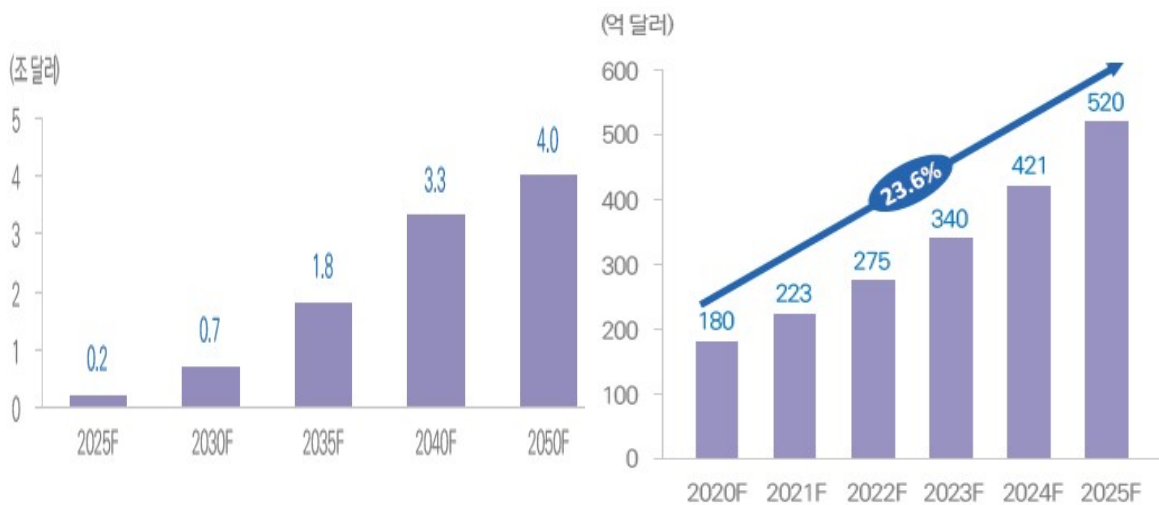


[그림 II-19] 세계 자율주행자동차 시장 규모



[그림 II-20] 국내 자율주행자동차 시장 규모

- 글로벌 차량공유 비즈니스 시장 규모는 2025년 2,000억달러를 기록한 이후 2050년 4조 달러를 초과할 것으로 전망됨
 - 이에, 따라 자율주행자동차 및 인프라 대한 수요가 증가할 것으로 전망됨
- 차량공유 자율주행 자동차산업과 부가가치적으로 스마트 통합결제 서비스, 마이데이터 서비스, 자율주행 어플리케이션 등 고객의 니즈를 충족할 수 있는 융복합적인 자율주행S/W 시장 규모의 성장이 높게 전망됨
 - 2020년 180억 달러에서 2025년 520억 달러로 연평균 23.6% 성장되는 것으로 판단됨



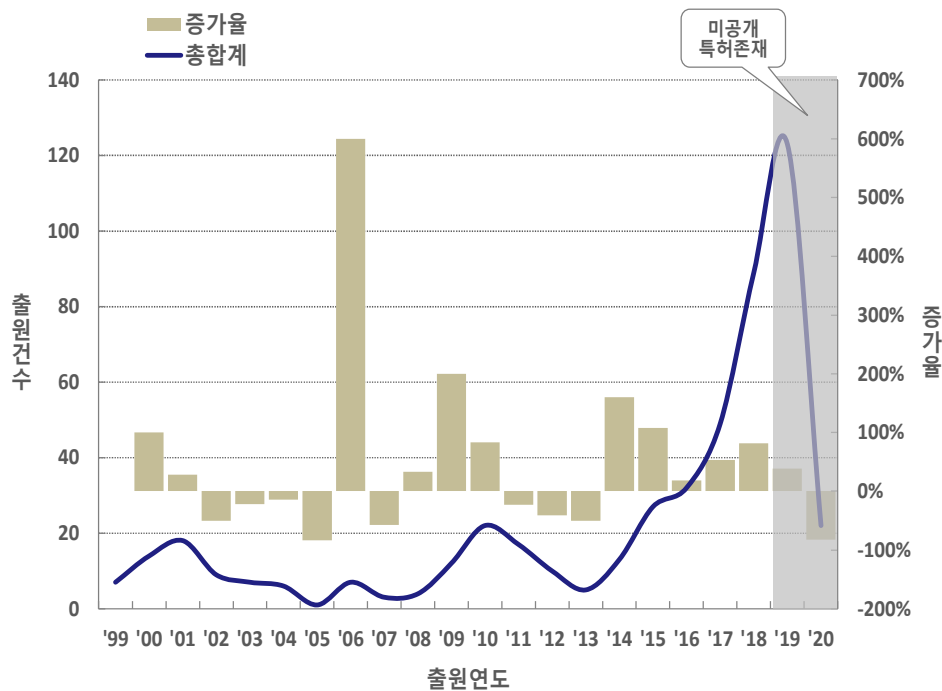
[그림 II-21] 차량공유서비스 시장 전망

2-3. 특허분석

2-3-1. 국가별 특허분석

■ 전체 특허동향

- [전체 연도별 특허동향] 출원연도를 기준으로 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)에 대한 출원건수 현황과 출원 증가율을 통해 출원 증감 추이를 살펴봄



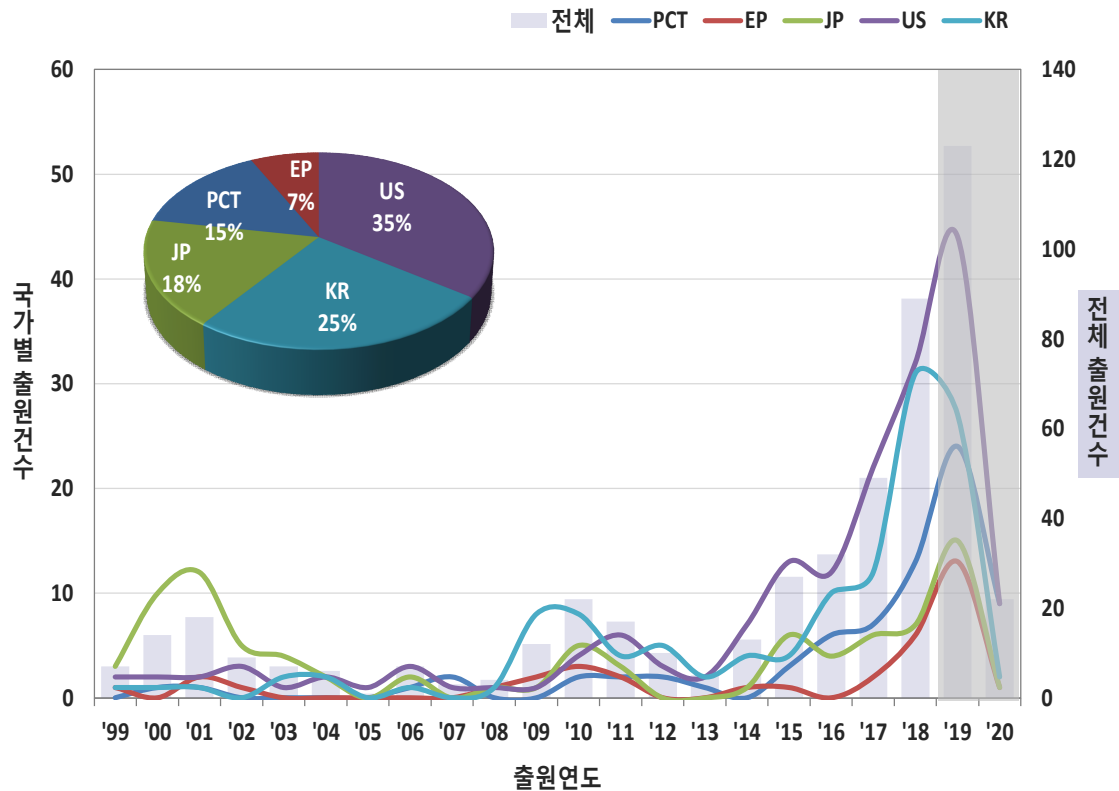
[그림 II-22] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 연도별 특허동향

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 분야 특허 497건에 대한 출원연도별 특허동향*을 살펴보면, 1999년 출원을 시작으로 연간 20건 내외의 특허를 출원하다가 2013년을 기점으로 2018년까지 급증하는 추이를 보이고 있음

* 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있어, 2019~2020년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로, 2018년까지의 유효데이터를 기준으로 의미를 파악함

■ 출원국 특허동향

- [출원국 연도별 특허동향 및 국가별 점유율] 출원연도를 기준으로 각국에서의 특허 출원건수 현황을 통해 출원 증감 추이와 국가별 점유율을 파악하고자 함

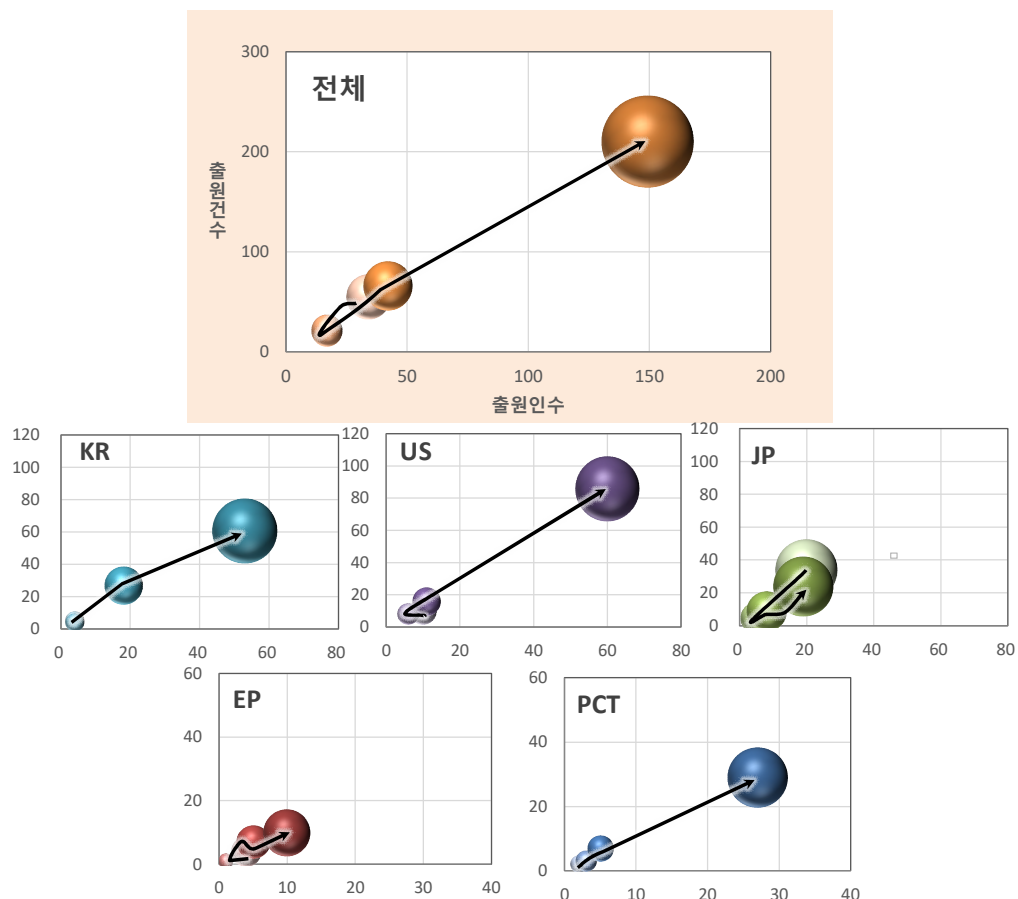


[그림 11-23] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 국가별 특허동향 및 점유율

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 분야의 국가별 점유율은 미국이 35%로 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로, 한국이 25%, 일본이 18%, PCT 15%, EP 7%의 순으로 특허점유율을 기록하고 있음
- 출원연도별 특허동향에서는 가장 많은 출원을 나타낸 미국과 한국, PCT, EP 모두 2013년 이후부터 급증하는 추이를 나타냄
 - 일본은 1999년 출원을 시작으로 2001년까지 출원이 집중된 이후 감소추이를 이어오다 2014년을 기점으로 다시 증가하는 것으로 분석됨

■ 국가별 기술성장 단계

- [기술 성장단계] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)분야 전체 및 국가별 특허 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원 건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함



구간	1구간	2구간	3구간	4구간
출원연도	1999~2003	2004~2008	2009~2013	2014~2018

* 출원건수와 출원인수의 규모의 차이로, 한국, 미국, 일본 3개국과 EP, PCT 2개국에 대해 스케일을 다르게 적용하였으므로, 해석시 유의

[그림 II-24] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 국가별* 기술 성장 단계

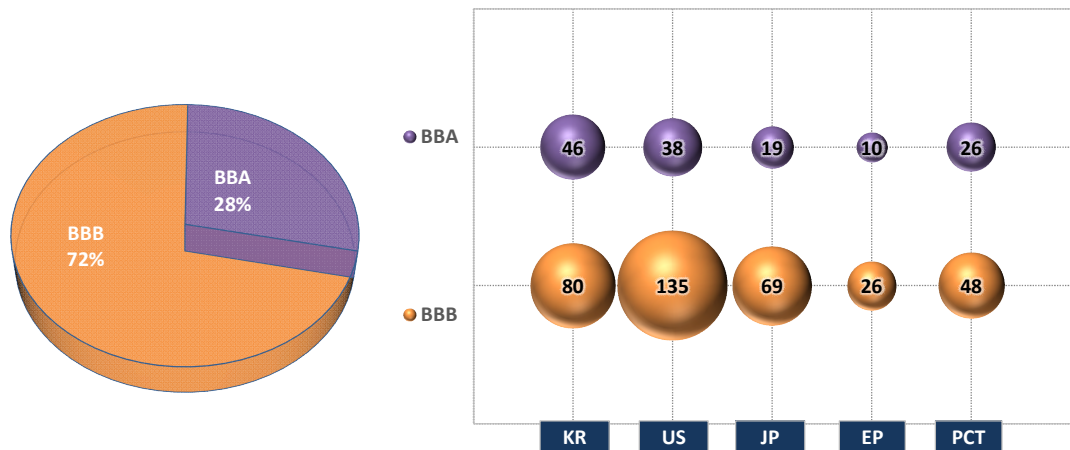
- (전체) 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 분야 전체 특허 포트폴리오로 분석한 기술성장 단계는 1구간에서 2구간까지는 출원 건수와 출원인 수가 감소한 후, 4구간까지 출원 건수와 출원인 수가 증가하고 있어, 연구개발 및 시장에서의 경쟁자 진입이 활발하게 진행되는 “성장” 단계인 것으로 분석됨
- (한국) 한국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간에서 2구간 사이는 출원 건수와 출원인 수에 있어 정체를 보인 후, 4구간까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

- [미국] 미국특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간에서 3구간 사이는 출원 건수와 출원인 수에 있어 정체를 보이고 있으며, 4구간에서 출원 건수와 출원인 수 모두 급증하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
 - 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 대폭 증가하는 것으로 나타나, 시장의 신규 진입자들에 의해 시장 경쟁이 본격화되고 있는 것으로 파악됨
- [일본] 일본특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간에서 2구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 감소 후, 3구간에서는 정체를 보이다가 4구간까지 증가 추이를 보이고 있어, “회복” 단계로 분석됨
- [EP] EP특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4단계까지 출원 건수와 출원인 수가 매우 낮은 규모로 나타나, “태동” 단계로 분석됨
- [PCT] PCT특허의 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 4단계까지 출원 건수와 출원인 수 모두 지속적으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
 - 구간별로 살펴보면, 3구간에서 4구간 사이에 출원 건수와 출원인 수가 대폭 증가한 것으로 나타남

2-3-2. 세부기술 특허분석

■ 세부기술 특허현황

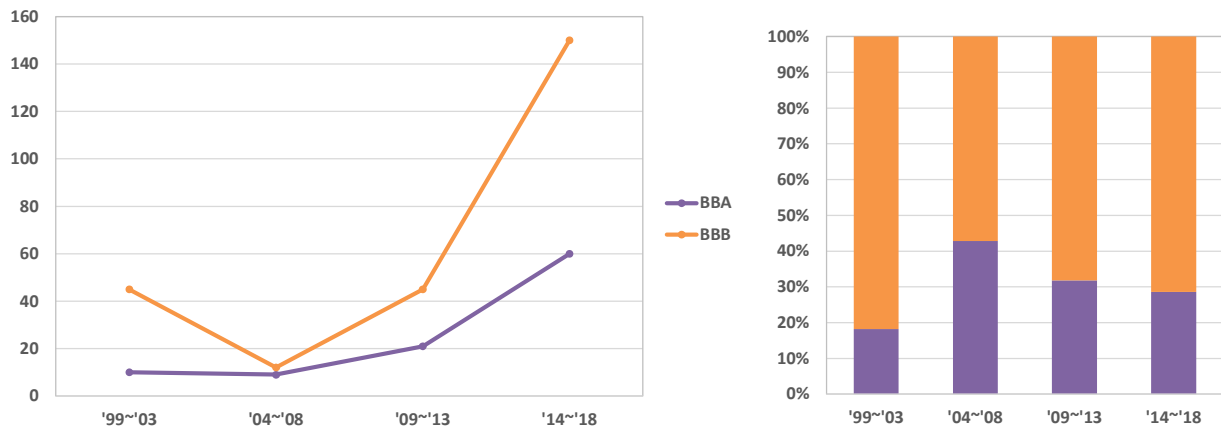
- [세부기술 특허현황] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술 분석을 통해, 세부기술의 현황 및 국가별, 구간별 특허동향을 파악함



분류코드	세부기술
BBA	개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술
BBB	자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술

[그림 11-25] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술 특허현황

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)은 2개의 세부기술을 포함하며, 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 72%로 점유율에 있어 많은 비율을 차지하고 있으며, 개인형 이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA)이 28%를 차지함
 - 국가별 세부기술의 특허현황을 살펴보면, 5개국 모두 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)에 집중하고 있는 것으로 분석됨
- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)분야의 세부기술에 따른 국가별 특허현황을 살펴보면,
 - 개인형 이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA)은 한국특허가 가장 많으며, 다음으로 미국, PCT, 일본, EP 순으로 나타남
 - 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)은 미국특허가 가장 많으며, 다음으로 한국, 일본, PCT, EP 순으로 나타남

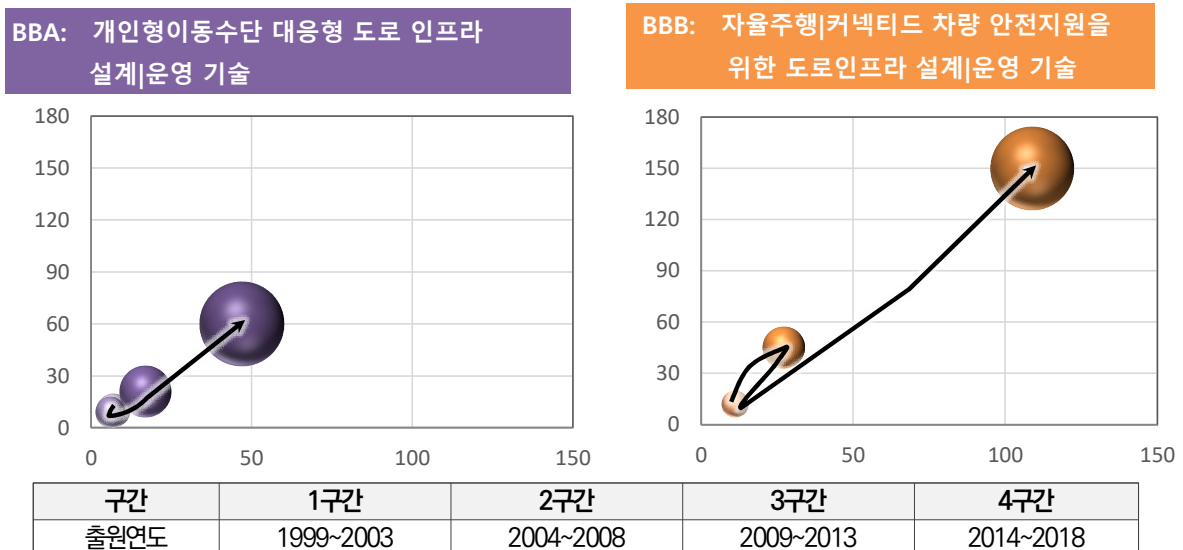


[그림 11-26] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술 구간별 특허동향

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 분야에서 세부기술의 출원구간에 따른 출원 동향을 살펴보면, 세부기술 모두 '14~'18구간에서 출원이 증가하고 있으며, 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 더욱 증가한 것으로 분석됨
- 구간별 점유율이 세부기술별로 증가, 감소의 변화를 보이기는 하지만, 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 50%이상 의 점유율을 지속적으로 유지하고 있는 것으로 나타남

■ 세부기술 기술성장 단계

- [세부기술 기술성장 단계] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)분야의 세부기술별 특허 포트폴리오를 통해 기술 위치를 분석한 것으로, 전체 출원연도를 구간별(4구간)로 나누어, 구간별 특허 출원 건수 및 출원인 수 변화를 통해 기술성장단계를 분석함

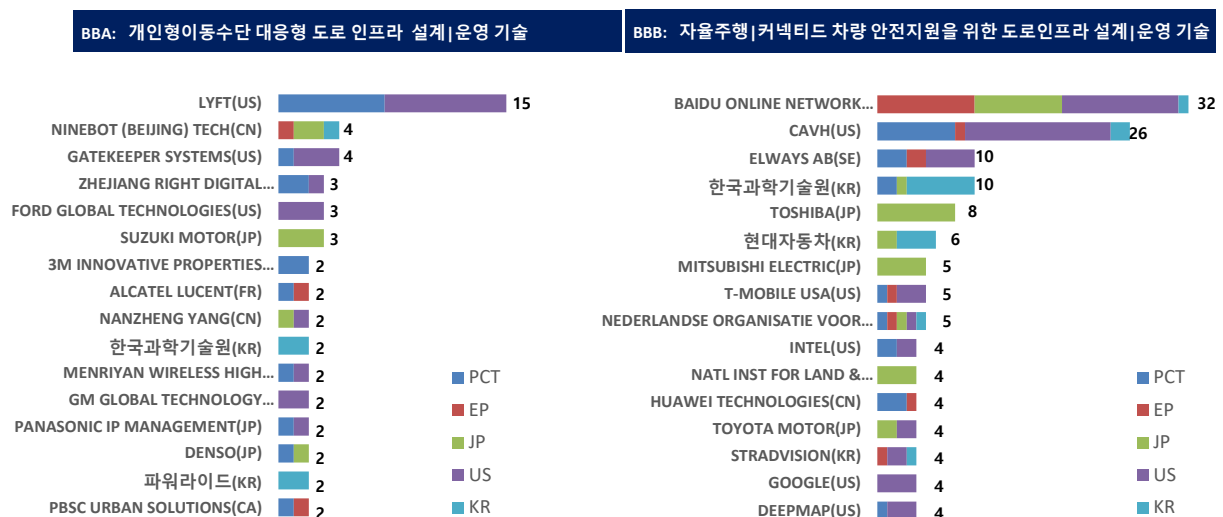


[그림 11-27] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 기술별 기술 성장 단계

- [개인형 이동수단 대응형 도로 인프라 설계|운영 기술(BBA)] 해당 세부기술의 특허 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간부터 2구간까지 출원 건수와 출원인 수에 있어 정체를 보이다가 4구간까지 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨
- [자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB)] 해당 세부기술의 특허 포트폴리오를 분석한 결과, 1구간에서 2구간까지 출원 건수와 출원인 수에 있어 증가세를 보인 후, 3구간으로 감소하다가 4구간까지는 다시 큰 폭으로 증가하고 있어, “성장” 단계로 분석됨

■ 세부기술 주요출원인 TOP10

- [세부기술 주요출원인 TOP10] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)분야의 세부기술별 상위 출원인 10위까지 현황을 통해, 세부기술들의 주요 경쟁자를 파악함



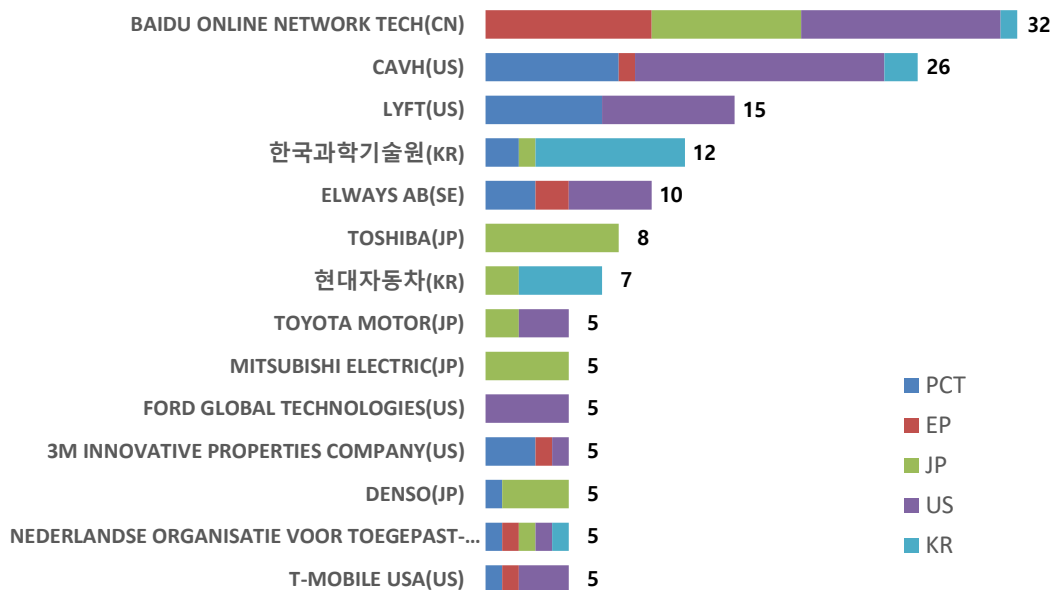
[그림 II-28] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)의 기술별 상위 출원인 TOP10 현황

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 분야의 세부기술별 상위 출원인 분석 결과, 중국, 미국, 일본, 한국 등 다양한 국적의 출원인들이 자리매김하고 있는 것으로 나타남
 - 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계|운영 기술(BBA)에서는 미국 국적의 LYFT가 15건으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 그 다음 출원인들은 5건 미만의 건수를 출원하고 있어, 소수 출원의 출원인들이 상위 출원인에 자리매김하고 있는 것으로 분석됨
 - 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB)에서는 중국 국적의 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY가 32건으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 해외 출원도 활발하게 진행하고 있는 것으로 분석됨

2-3-3. 주요 출원인 특허분석

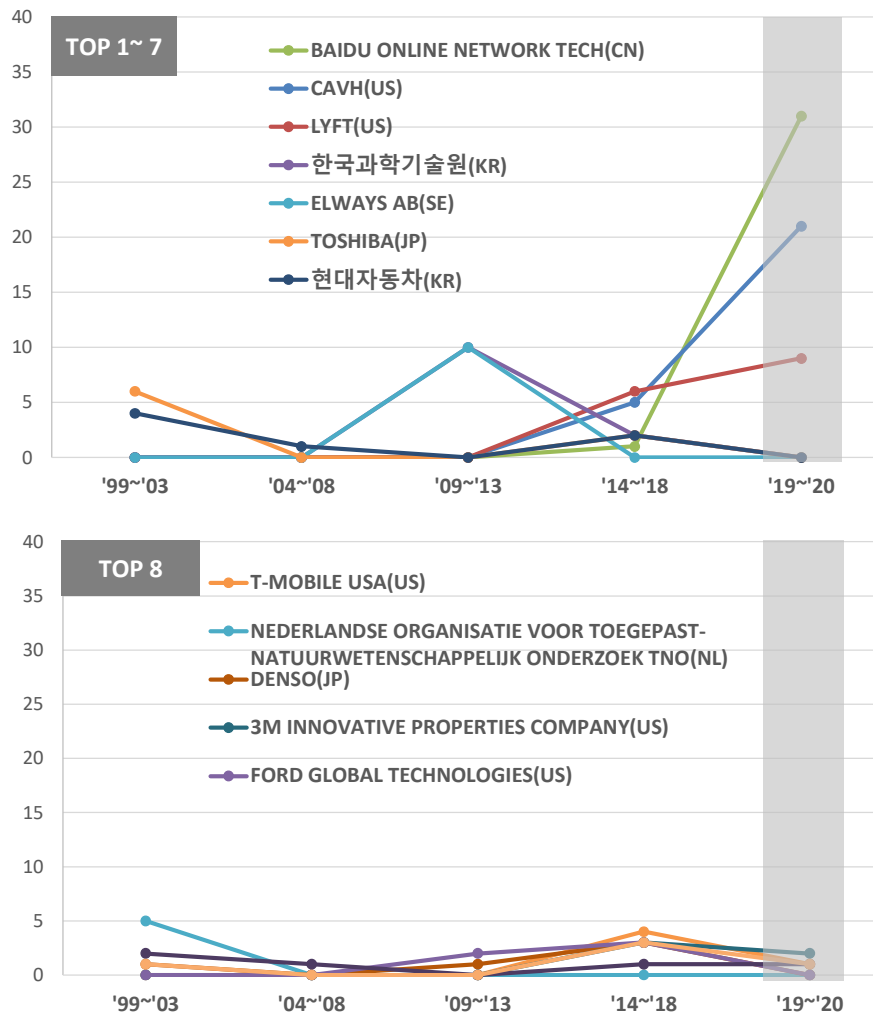
■ 상위 출원인 TOP10 특허동향

- [상위 출원인 TOP 10] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)의 상위 출원인 10위 까지를 선정하여, 해당 출원인들의 국가별, 기술별 출원현황을 분석함



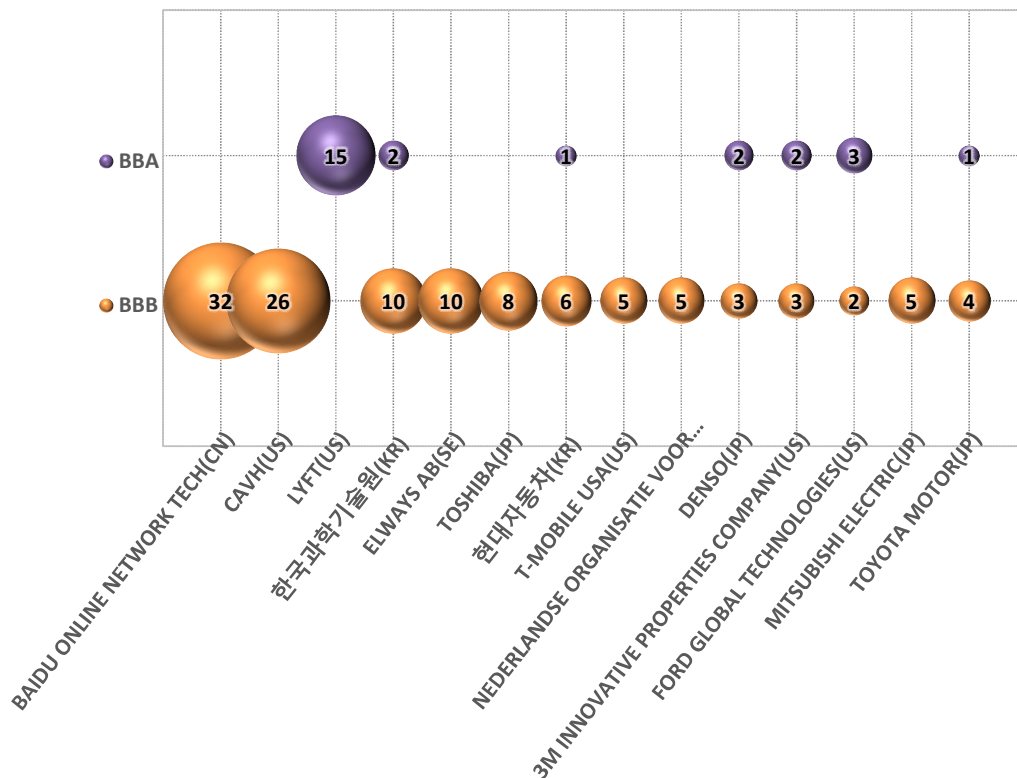
[그림 II-29] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 현황 및 국가별 특허현황

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 분야의 전체 특허에 대해 출원 건수를 기반으로 상위 출원인 10위까지를 선정한 결과, 중국 국적의 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY가 32건으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 다음으로는 2위 CAVH, 3위 LYFT, 4위 한국과학기술원, 5위 ELWAYS AB, 6위 TOSHIBA, 7위 현대자동차, 공동 8위로는 5건의 특허출원을 기록한 TOYOTA MOTOR, MITSUBISHI ELECTRIC, FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY, DENSO, NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO, T-MOBILE USA의 순으로 링크되어 있는 것으로 분석됨
- 상위 10위 출원인들의 국가별 특허출원현황을 살펴보면, 1위의 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY는 미국, EP, PCT 특허를 보유하고 있으며, 2위에서 5위까지의 출원인들의 경우 자국 특허뿐만 아니라 PCT 특허출원도 보유하고 있는 것으로 분석되어, 해외시장 확보 노력을 진행하고 있는 것으로 파악됨



[그림 II-30] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 구간별 특허동향

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 분야 상위 출원인 TOP10의 출원구간별 특허동향을 분석한 결과, '14~'18 출원구간에 특허출원 증가가 눈에 띄는 출원인은 없으며, '19~'20 출원구간에 1위부터 3위(1위 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY, 2위 CAVH, 3위 LYFT)까지 출원인들의 특허가 증가한 것으로 분석되어, 최근 2년에 걸쳐 특허출원이 활발하게 이루어진 것으로 분석됨



[그림 II-31] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 상위 출원인 TOP10 기술별 특허현황

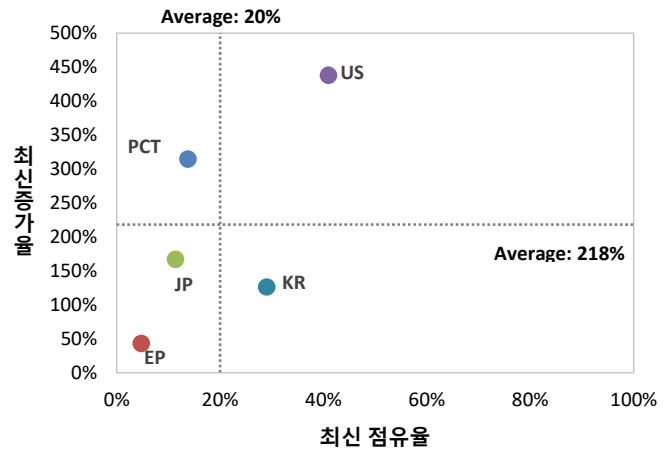
- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 분야 상위 출원인 TOP10의 기술별 특허현황을 살펴보면, 3위의 LYFT와 공동 8위의 FORD GLOBAL TECHNOLOGIES만이 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA) 분야에 더 많은 특허를 출원한 것으로 분석되며, 나머지 출원인들은 모두 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB) 분야에 출원이 집중된 것으로 분석됨
- 3위를 기록한 LYFT의 경우, 개인형 이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA) 기술에서 가장 많은 특허를 출원하며, 해당 기술 분야의 상위 출원인으로 자리매김하고 있으며, 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로 인프라 설계·운영 기술(BBB)에 관한 특허는 보유하고 있지 않은 것으로 분석됨

2-3-4. 최신 특허분석

■ 국가별 최신 특허동향

- [국가별 최신 특허동향] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)특허를 국가별로, 이전구간('09~'13) 특허대비 최신구간('14~'18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상국가와 최근 시장주도 국가를 파악함

구분	특허건수			최신 증가율	최신 점유율
	전체	이전구간 (‘09~‘13)	최신구간 (‘14~‘18)		
KR	126	27	61	125.9%	29.0%
US	173	16	86	437.5%	41.0%
JP	88	9	24	166.7%	11.4%
EP	36	7	10	42.9%	4.8%
PCT	74	7	29	314.3%	13.8%
전체	497	66	210	218.2%	100.0%



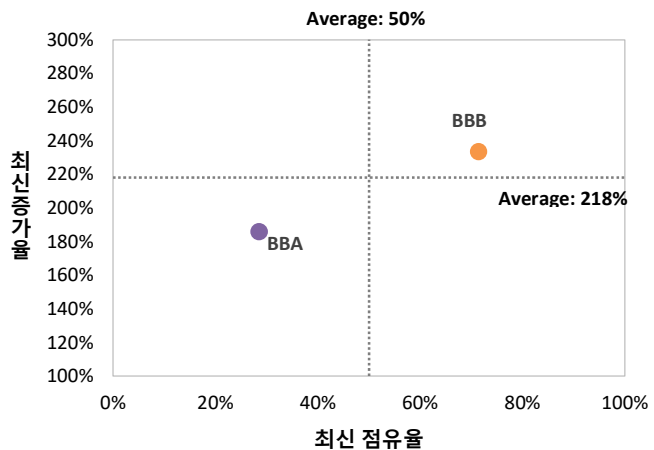
[그림 II-32] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB) 국가별 최신 특허동향

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)의 국가별로 알아본 최신 특허동향 분석결과, 미국이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 최신 시장을 주도하고 있는 것을 분석됨
 - 최신 증가율은 미국이 가장 높은 것으로 분석되며, 다음으로는 PCT의 순으로 나타나며, PCT는 최신 점유율에서 평균 이하의 값을 기록함
 - 최신 점유율은 미국이 가장 높고, 다음으로는 한국 순으로 나타나고 있으며, 한국은 최신 증가율에 있어서는 평균보다 낮은 값을 나타내고 있음
 - 일본과 EP는 최신 증가율과 최신 점유율에 있어 두가지 항목 모두 평균값 이하로 나타남

■ 기술별 최신 특허동향

- [기술별 최신 특허동향] 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)특허를 기술별로, 이전구간('09~'13) 대비 최신구간('14~'18)의 증가율과 최신 구간의 점유율을 종합적으로 분석하여, IP부상기술과 최신 시장주도 기술을 파악함

구분	특허건수			최신 증가율	최신 점유율
	전체	이전구간 (‘09~‘13)	최신구간 (‘14~‘18)		
BAA	139	21	60	185.7%	28.6%
BAB	358	45	150	233.3%	71.4%
전체	497	66	210	218.2%	100.0%



[그림 II-33] 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB) 최신 특허동향

- 미래 교통환경 대응 인프라 설계·운영 기술(BB)의 세부기술별로 알아본 최신 특허동향 분석 결과, 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 분석되어, 최신 시장을 주도하는 기술로 나타남

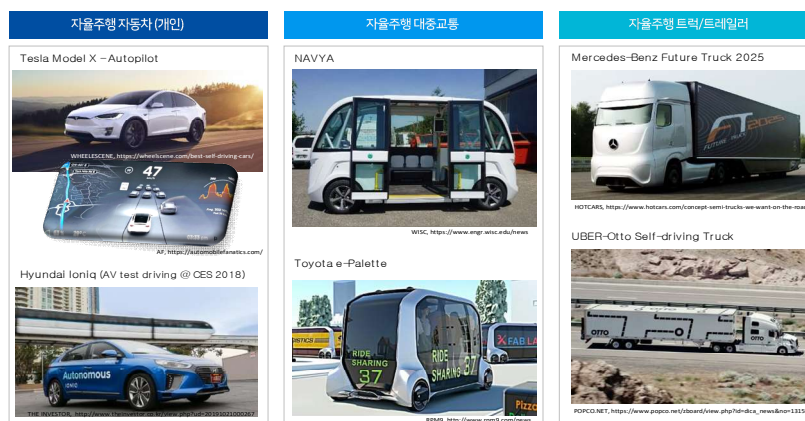
2-3-5. 화물차 안전운행 기술(BB) 특허분석 결론

- 화물차 안전운행 기술(BB) 특허 497건에 대한 특허분석 결과, 연도별 특허동향에서는 2013년을 기점으로 2018년까지 급증하고 있고, 전체 기술에 대해 “성장” 단계로 분석되어, 향후 출원이 증가할 것으로 기대되며, 미국특허가 가장 많은 점유율을 보이고 있음
- 국가별 점유율은 미국이 35%로 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로, 한국이 25%, 일본이 18%, PCT 15%, EP 7%의 순으로 나타나고, 기술성장 단계는 한국, 미국, PCT는 “성장” 단계, 일본은 “회복”, EP는 “태동” 단계로 분석됨
- 세부기술 모두 “성장” 단계로 분석되어, 향후 세부기술에 대해 꾸준히 증가할 것으로 기대되며, 세부기술 중 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 특허 점유율에서 우세한 것으로 나타나며, 미국특허가 가장 많은 것으로 분석되며, 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA)은 한국특허가 가장 높은 특허건수를 기록함
- 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)이 72%로 점유율에 있어 많은 비율을 차지하고 있으며, 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술(BBA) 28%를 차지하며, 5개국 모두 자율주행·커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술(BBB)에 집중하고 있는 것으로 분석됨

- 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계|운영 기술(BBA)에서는 미국 국적의 LYFT가 15건으로 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB)에서는 중국 국적의 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY이 32건으로 가장 많은 특허를 출원한 것으로 분석됨
- 상위 출원인 10위까지의 분석결과, 상위 출원인 분석 결과, 중국, 미국, 일본, 한국 등 다양한 국적의 출원인들이 자리매김하고 있으며, 해외 특허 확보 의지를 보이고 있으며, 1위~3위 출원인들은 최근 2년('19~'20)간 가장 많은 특허출원을 보이며 최신 특허 증가세를 이어가고 있고, 대부분 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB) 분야 기술 특허 출원에 집중하는 것으로 분석됨
- 상위 출원인 10위까지를 선정한 결과, 1위는 BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY, 2위 CAVH, 3위 LYFT, 4위 한국과학기술원, 5위 ELWAYS AB, 6위 TOSHIBA, 7위 현대자동차, 공동 8위로는 5건의 특허출원을 기록한 TOYOTA MOTOR, MITSUBISHI ELECTRIC, FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY, DENSO, NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO, T-MOBILE USA의 순으로 나타남
- 3위의 LYFT와 공동 8위의 FORD GLOBAL TECHNOLOGIES만이 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계|운영 기술(BBA) 분야에 더 많은 특허를 출원한 것으로 분석되며, 나머지 출원인들은 모두 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB) 분야에 출원이 집중된 것으로 분석됨
- 미래 교통환경 대응 인프라 설계|운영 기술(BB)에 있어 미국이 최신 점유율과 최신 증가율 모두 평균 이상으로 최신 시장을 주도하고 있는 것을 분석되며, 세부기술 중에서는 자율주행|커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술(BBB)이 최신 시장을 주도하는 것으로 분석되어, 해당 기술 분야 및 미국에 특허확보 노력이 요구됨

■ 미래 모빌리티 서비스의 범위는 개인형이동수단과 자율주행/커넥티드 차량 포함

- ‘개인형이동수단’은 현재 전국에 보급되고 있는 자전거, 전기자전거, 전동킥보드 형태와 미래에 적용될 것으로 보이는 외부환경으로부터 차폐된 형태의 또는 좌식의 교통약자형 개인형이동수단 등 다양한 형태의 개인형이동수단과 개인형이동수단 기반 모빌리티 서비스를 포함
- ‘자율주행/커넥티드 차량(서비스)’은 자가 자율주행/커넥티드 차량, 공유형 자율주행/커넥티드 차량, 자율주행/커넥티드 대중교통 차량(서비스), 자율주행/커넥티드 화물운송 차량(서비스) 등 다양한 형태의 자율주행/커넥티드 차량과 모빌리티 서비스 포함



[그림 II-35] 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 형태

■ ‘도로인프라’란 「도로법」 제2조(정의)의 ‘도로’를 의미

- "도로"란 차도, 보도(歩道), 자전거도로, 측도(側道), 터널, 교량, 육교 등 대통령령으로 정하는 시설로 구성된 것으로서 도로의 부속물을 포함(도로법 제2조제1호)
- "도로의 부속물"이란 도로관리청이 도로의 편리한 이용과 안전 및 원활한 도로교통의 확보, 그 밖에 도로의 관리를 위하여 설치하는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설 또는 공작물을 말함(도로법 제2조제2호)
 - 주차장, 버스정류시설, 휴게시설 등 도로이용 지원시설
 - 시선유도표지, 중앙분리대, 과속방지시설 등 도로안전시설
 - 통행료 징수시설, 도로관제시설, 도로관리사업소 등 도로관리시설
 - 도로표지 및 교통량 측정시설 등 교통관리시설
 - 낙석방지시설, 제설시설, 식수대 등 도로에서의 재해 예방 및 구조 활동, 도로환경의 개선·유지 등을 위한 도로부대시설
 - 그 밖에 도로의 기능 유지 등을 위한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

- 미래 교통환경은 퍼스널모빌리티 및 자율주행/커넥티드 차량이 일반차량, 보행자, 자전거 등 도로이용자들과 안전하게 상호작용할 수 있는 공간을 의미



주) 왕복 10차로인 미국 LA 월셔대로는 현재 일반 차로 6개, 버스·승용차 공용차로 2개, 좌회전 차로 2개로 구성돼 있음. 미국의 한 연구팀은 이 도로의 기존 차로는 3개만 남기고, 나머지 차로를 자율주행 버스 전용 2개 차로와 공유차 전용 탑승 구역, 자전거 전용도로로 재배치하고 가로수가 있는 보행로를 넓힐 것을 제안함. 시민들의 자율주행 버스 및 합승차 이용을 유도하면서 도로의 녹색 공간과 휴식 공간, 자전거/PM 전용로를 넓혀 보행자 및 자전거/PM 이용자에게 친화적인 차로를 만들자는 목표임. 연구팀은 이 경우 월셔대로의 수송능력이 시간당 2만9600명에서 7만7000명으로 증가할 것으로 추정

[그림 II-36] 자율차와 PM 친화적 도로 상상도 (미국 LA 월셔대로)

3-2. 연구개발 목표

■ 미래 모빌리티 수단 출현 및 각종 미래 모빌리티 기반 서비스 산업 성장에 따른 모빌리티 서비스 수요 예측

- COVID-19 팬데믹을 계기로 국내외 교통부문에서 비대면, 나홀로이동에 대한 선호 증가 예상에 따른 거시적·미시적 개인형이동수단 수요 예측모형
 - 개인형이동수단 운행수요에 대한 미시적 분석을 위한 모빌리티 서비스 제공 특성에 따른 지역별/구간별 개인형이동수단 수요예측 모형 개발
 - 개인형이동수단 수요예측 모형과 연계된 지역별/구간별 개인형이동수단 인프라 요구사항 및 요구규모 산정 모형 개발
- 자율주행/커넥티드 차량의 국내외 보급률 증가 예상규모에 기반한 거시적·미시적 자율주행/커넥티드 차량 수요 예측모형
 - 자율주행/커넥티드 차량 운행수요에 대한 미시적 분석을 위한 모빌리티 서비스 제공 특성에 따른 지역별/구간별 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형과 연계된 지역별/구간별 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 인프라 요구사항 및 요구규모 산정 모형 개발

■ 모빌리티 산업 변화에 대응하기 위한 미래 모빌리티 수단 안전 운행 기반기술 확보 및 도로교통시스템 개선

- 개인형이동수단 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 개인형이동수단 운전자 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운행을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발
 - 개인형이동수단이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록 주행도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보
 - 개인형이동수단의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발
 - 공유형 개인형이동수단 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축
- 자율주행/커넥티드 차량의 안전한 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 자율주행/커넥티드 차량 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운행을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발

- 자율주행/커넥티드 차량이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록 주행도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보
- 자율주행/커넥티드 차량의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발
- 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축

■ 미래 모빌리티 서비스에 최적화된 도로교통 설계 기술 확보

- 다양한 도시환경 및 이용자 요구에 대응할 수 있는 서비스 환경 및 특성 분석 기반 개인형이동수단 도로환경 설계 가이드라인 개발
 - 개인형이동수단은 개인이 소유한 개인 소유의 개인형이동수단과 공유형 개인형이동수단으로 구분하며, 또한 개인형이동수단의 차체 역시 전동킥보드, 자전거 등 다양한 형태를 가지고 있어, 이러한 서비스 형태 및 차체 형태에 따른 도로환경 및 첨단도로시스템 설계 가이드라인 개발
- 다양한 도시환경(도로교통환경) 및 이용자 서비스 요구에 대응할 수 있는 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 환경/특성에 따른 자율주행/커넥티드 도로환경 설계 가이드라인 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량은 고속도로부, 도시부도로, 지방부도로 등 다양한 도로교통환경에 대한 적응성이 필요하고, 이를 위해서는 각 도로간 표준적인 자율주행/커넥티드 차량 친화적 도로환경 설계
 - 자율주행/커넥티드 차량은 자가차량, 개인공유차량, 대중교통(셔틀) 등 소유형태 및 모빌리티 서비스 형태에 따라 그 서비스(주행) 특성이 다를 수 있으며, 이러한 서비스 형태에 따른 주행특성 분석, 그리고 주행특성별 도로 설계기준 정립

■ 개인형이동수단 관련 교통사고 발생을 현재 수준 대비 20% 감소 및 사고건수 대비 사망자 비율 50% 감소

- 대도시를 중심으로 개인형이동수단 공유서비스가 확산 중에 있으며, 국내 개인형이동수단 시장은 2019년 134천대, 2020년 163천대를 넘어, 3년 안에 연 30만 대 수준에 도달할 것으로 예상 (한국교통연구원, 2020)
 - 코로나19로 인해 대중교통수단인 지하철과 버스 이용율은 작년대비 20~30% 정도 하락한 반면, 자전거와 전동킥보드 등 개인형이동수단의 이용율은 전년 대비 60~90% 이상 증가한 것으로 나타남 (한국교통안전공단, 2020)

- 개인형이동수단은 공간적 측면에서 도로공간을 공유하는 자전거를 포함하여 인접한 보행자 및 차량과의 상충위험이 크고, 이러한 도로교통객체들과의 상대속도 차이로 인한 충돌시 상해 위험성이 큼
 - 최근 3년간(2017~2019년) 개인형이동수단으로 인한 교통사고는 789건이 발생하여 사망 16명, 부상 835명 발생하여, 연평균 2배 가까운 교통사고 증가율을 보이고 있음 (도로교통공단, 2020)
 - 경찰청 사고접수현황에 따르면, 개인형이동수단 관련 사고는 운전미숙으로 인한 단독사고의 비중이 높고, 보행자와의 사고 역시 사망사고 8건 중 1건, 중상사고의 27%로 높은 비중을 차지하고 있음 (한국교통연구원, 2020)
 - 특히, 운행간 상대속도 차이가 큰 차량 및 보행자와 충돌시 개인형이동수단 운전자 뿐만 아니라 보행자의 상해심각도가 커질 가능성 있음
- 따라서, 개인형이동수단 관련 교통사고 발생율 및 상해위험도 감소
 - 개인형이동수단 관련 주행거리 대비 교통사고 발생율 20% 감소
 - 개인형이동수단 관련 교통사고 사망자 비율 50% 감소(2019년 100건당 1.8명에서 0.9명 이하 비율로 감소)
 - 개인형이동수단 관련 교통사고 부상자 비율 30% 감소(105.8명에서 100건당 74명 이하 비율로 감소)

■ 다수단 연계환승시설(개인형이동수단과 자율주행/커넥티드 등 연계)을 통한 환승시간·거리 및 총 통행시간 10% 감소

- 국토교통부는 “수도권 출퇴근 45분, 5분내 환승, 앞아가는 교통복지”를 골자로 도로, 철도, BRT, 환승 업무를 총괄하는 대도시권 광역교통청 설립을 추진한 바 있음
- 개인형이동수단과 자율주행/커넥티드차량 등 다양한 교통수단 기반 모빌리티 서비스의 효율적인 운행환경 조성을 통한 총 통행시간 10% 감소 지원
- 다양한 교통수단 및 모빌리티 서비스간 연계환승을 위한 다수단 연계환승시설 설계기술 개발을 통해 시설 내 환승대기시간 및 복잡도 감소를 통한 환승시간·거리 10% 감소 지원

■ 정부의 디지털 뉴딜 정책 지원

- 정부는 디지털 뉴딜 추진분야 중 “SOC 디지털화” 정책 추진을 통해 도로교통 분야 핵심 인프라 디지털 관리체계를 구축하고자 함

- 도로교통분야에 있어 차세대지능형교통시스템(C-ITS) 구축, 모든 철도 IoT 센서 설치, CCTV·IoT 활용 국가어항 디지털 관리체계 구축 분야 국가예산 투자 의지
- 정부는 디지털 뉴딜 정책 추진을 지원하기 위해 도로교통 분야 미래 모빌리티 수단(서비스)에 대응한 도로 기하구조, 교통안전시설, 첨단교통시스템 인프라 구축방향을 제시하고, 단계별 전국 확대 로드맵 수립 지원

■ 도로인프라 주변 산업으로의 기술혁신 가속화

- 실제 도로인프라 부문의 관련 기업과의 협력체계 구축으로 본 산업을 통한 연구 성과의 실용화, 사업화 가능
 - 도로인프라 관련 산업육성을 통한 매출액 증가 기대 및 일자리 창출로 경제 활성화에 큰 영향
 - 도로인프라와 타산업 및 첨단기술의 융·복합을 통한 비즈니스 모델 개발을 통해 고부가가치 산업으로의 전환 또는 산업 발전을 위한 기반 조성
 - 타 사업의 연구기획-개발-성과 활용 및 사업화의 단계상에서 보완적(Twinning) 역할 또는 상호 Win-Win 관계로 포지셔닝될 수 있도록 역할기능을 수행
- 도로 IoT 센서, 인공지능, 빅데이터 기술 등 4차 산업혁명 기술을 적극 활용하여 도로인프라의 운영관리 기술 및 미래 모빌리티 서비스로의 정보 연계 기술 개발

■ 세부기술별 연구개발 목표

[표 II-10] 핵심과제 6, 7: 세부기술별 연구개발 목표

핵심과제	세부기술	성과지표(성과물)	개발목표 스펙	설정근거
[핵심과제 6] 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발	통행수요 기반 인프라 공간 공급규모 예측 모형 개발	•개인형이동수단 서비스 이용 수요 예측 모형 •이용수요 기반 개인형이동수단 인프라 공간 규모 예측 모형 •개인형이동수단 서비스 이용 수요 기반 설계 고려사항 보고서	•서비스 이용수요 예측모형 정확도(현실모사율) 90% 이상 •서비스 수요 기반 인프라 공간 규모 산정 S/W tool 1건 개발	•〈다부처〉자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용의 모형 정확도 기준 참고
	개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발	•개인형이동수단 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서 •개인형이동수단 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼 •개인형이동수단 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침	•도로설계 및 안전시설 등 설계 지침서 2건 개발 •도로설계 및 안전시설 설계 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건 •이용자에 의한 도로 표지등 인프라 인식율 95% 이상 •무선통신 기반 도로인프라 정보 교환시간(통신) 100ms 이내 •이용자의 PM 도로 이용 중 주	•한국지능형교통체계 협회 ITS장비 성능 평가 지침상 성능 요구수준 참고 •만족도는 '스마트시티 혁신성장동력 프로젝트' 실증 기준 참고

			- 행만족도 80% 이상 - 이용자의 PM 도로 이용 중 안전체감도 80% 이상	
	개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발	- 연계환승 유스케이스 기반 연계환승시설 설계 요구사항 개발서 - 연계환승시설 설계 지침 및 매뉴얼 - 연계환승시설 내 안전시설 설계 및 관리 지침	- 연계환승시설 설계 지침서 1건 개발 - 연계환승시설 설계 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건	-
	개인형이동수단 도로인프라 실증 운영	- 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서 - 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 선정 - 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발서 - 개인형이동수단 서비스 실증 지침서 - 개인형이동수단 서비스 운영 평가 결과서	- 실증 환경 구축 1건 - 실증시나리오 구현율 95% 이상 - 실증 시나리오(평가절차 포함) 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건 - 실증 서비스 구현율 100% 이상 - 이용자 대상 실증 서비스 만족도 80% 이상 - 실증 서비스에 따른 안전도 10% 향상 - 실증 서비스에 따른 지체 10% 감소	(다부처)자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용의 시나리오 구현율 기준 참고 - 만족도는 '스마트시티 혁신성장동력 프로젝트' 실증 기준 참고
[핵심과제 7] 자율주행/커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계/운영 기술개발	자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발	- 자율협력주행 서비스 이용수요 예측 모형 - 이용수요 기반 자율협력주행 인프라 공간 규모 예측 모형 - 자율협력주행 서비스 이용수요 기반 설계 고려사항 보고서	- 서비스 이용수요 예측모형 정확도(현실모사율) 90% 이상 - 서비스 수요 기반 인프라 공간 규모 산정 S/W tool 1건 개발	(다부처)자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용의 모형 정확도 기준 참고
	자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발	- 자율협력주행 기술수준별 도로설계 고려사항 보고서 - 자율협력주행 기술수준별 안전시설(시스템) 고려사항 보고서	도로설계 및 안전시설 등 요구사항 및 설계사항서 2건 개발	-
	자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발	- 자율협력주행 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서 - 자율협력주행 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼 - 자율협력주행 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침	- 도로설계 및 안전시설 등 설계 지침서 2건 개발 - 도로설계 및 안전시설 설계 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건 - 자율차 센서에 의한 도로인프라 인식오차 5% 이내	한국지능형교통체계 협회 ITS장비 성능평가 지침상 성능 요구수준 참고
	자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발	- 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 요구사항 개발서 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 최적화 알고리즘 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 동적차로운영시스템 설계서 - 자율협력주행 차량 동적차로 운영 정보 표출 단말 설계서	- 차로운영 지침서(가이드라인) 1건 개발 - 동적차로운영 시스템 설계서 1건 개발 - 동적차로운영 관련 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건 - 동적차로운영 표출단말 설계서 1건 개발 - 최적화 알고리즘 연산 시간(응답 시간) 30초 이내 - 동적차로운영 정보 업로드 시간 100ms 이내 - 최적 차로 운영에 따른 안전도 10% 향상(자율차-일반차간 상충 감소) - 최적 차로 운영에 따른 지체	(다부처)자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용의 알고리즘 연산시간 기준 참고 - 스마트모빌리티 기반 입체교통체계 연구개발사업 기획 내용의 정보처리시간 및 안전도/지체 목표 기준 참고

			10% 감소	
	자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발	•자율협력주행 모빌리티 서비스별 도로인프라 영향도 평가 보고서 •도로인프라 영향요소별 운영유지관리 방안 보고서 •자율협력주행 차량 기반 도로인프라 운영유지관리 자동화 방안 보고서	•도로인프라 운영유지관리 지침서(가이드라인) 1건 개발 •도로인프라 측면 유고상황 감지율 90% 이상 •도로인프라 측면 유고상황 감지 시간 10% 감소 •도로인프라 상황 발생시 운영유지관리 응답(대응)시간 10% 감소	•(다부처)자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용 참고
	자율협력주행 도로인프라 실증 운영	•자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서 •자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 선정 •자율협력주행 서비스 유스케이스 개발서 •자율협력주행 서비스 실증 지침서 •자율협력주행 서비스 운영평가 결과서	•실증 환경 구축 1건 •실증시나리오 구현율 95% 이상 •실증 시나리오(평가절차 포함) 국내외 표준(안) 개발 및 채택 1건 •실증 서비스 구현율 100% 이상 •이용자 대상 실증 서비스 만족도 80% 이상 •실증 서비스에 따른 안전도 10% 향상 •실증 서비스에 따른 지체 10% 감소	•(다부처)자율주행기술개발 혁신사업 기획 내용의 시나리오 구현율 기준 참고 •만족도는 '스마트시티 혁신성장동력 프로젝트' 실증 기준 참고

3-3. 연구과제 전체구성 및 연계

3-3-1. 연구과제 전체구성 및 연계

- [미래 교통환경(모빌리티) 대응 인프라 설계·운영 기술 부문은 2개 핵심과제와 10개 세부기술로 구성
 - [(핵심과제 6) 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발]은 4개 세부기술로 구성
 - [(핵심과제 7) 자율주행·커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발]은 6개 세부기술로 구성

[표 II-11] 핵심과제 구성 및 내용

구분	내용
[핵심과제 6] 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발	(세부기술 6-1) 통행수요 기반 인프라 공간 공급규모 예측 모형 개발
	(세부기술 6-2) 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
	(세부기술 6-3) 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발
	(세부기술 6-4) 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영
[핵심과제 7] 자율주행·커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발	(세부기술 7-1) 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발
	(세부기술 7-2) 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발
	(세부기술 7-3) 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
	(세부기술 7-4) 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발
	(세부기술 7-5) 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발
	(세부기술 7-6) 자율협력주행 도로인프라 실증 운영

3-4. 타 과제 유사/관련과제의 차별성 및 연계성

■ [핵심과제 6] 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발

[표 II-12] 핵심과제 6: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

기존 연구과제			검토결과
선행과제명 수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
개인형 이동수단 활성화 및 안전에 관한 연구 한국교통연구원	국토교통부	- 개인형 이동수단 이용실태 조사를 바탕으로 개인형 이동수단의 안전성 강화방안을 검토하고 활성화 및 제도화 방안 검토 - 개인형 이동수단 주행안전기준(안) 제시 - 개인형 이동수단 법·제도 개선방안 제시	- 기존 연구에서는 장치의 속도제한 등의 규제 및 탑승자의 통행을 규제하는 내용을 주로 하고 있으나, 본 연구에서는 탑승자의 안전을 위한 도로 구조, 재료, 표지 등의 설계기준의 마련이 목적 - 기존 연구의 안전측면의 검토방안과 모빌리티별 통행방안을 참고하여 도로인프라 설계와 연계할 수 있음
통행행태기반의 개인형 이동수단 최적운영방안 연구 홍익대학교	과학기술정보통신부	- 개인형 교통수단의 이용행태분석을 통한 최적 운영방안 제시 - 개인형 이동수단 관련 인프라 최적입지 선정 및 최적 재배치 알고리즘 개발 - 개인형 교통수단 이용 활성화를 위한 법 제도 개선방안 제시	- 개인형 이동수단의 이용행태와 운영 방안 측면에서 기술개발 부분보다 알고리즘 및 방안도출에 관한 연구 수행 - 도로 인프라 부분과 타 수단과의 연계 측면은 범위에 해당하지 않아 본 연구와 차별성이 있음 - 교통수단 별 통행특성 분석결과를 본 연구에 활용할 수 있음

■ [핵심과제 7] 자율주행|커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발

[표 II-13] 핵심과제 7: 타 유사과제 차별성 및 연계방안 검토

기존 연구과제			검토결과
선행과제명 수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
도심도로 자율협력주행 안전·인프라 연구 한국교통안전공단	국토교통부	- 도심에서 주변차량, 인프라와 협력하여 Level4수준의 자율주행을 구현할 수 있는 기반기술, 안전기술, 안전기준 및 동적정보 플랫폼 기술 개발 - 도심도로 자율협력 주행을 위한 서비스 개발 및 실증 - 도심도로 자율협력주행을 위한 동적정보 플랫폼 기술개발	- 도심도로의 자율주행차 서비스 및 안전성 평가기술, 동적정보 제공에 초점을 두고 있음 - 서비스 측면의 연구개발로 본 연구와 차별성이 있음 - 동적정보 제공 방안과 안전기준 및 도심부 도로 기반기술에 관한 연구결과와 활용할 수 있음
자율주행차의 도로주행을 위한 운행체계 및 교통인프라연구개발 인프라연구처	경찰청	- 자율주행 상용화 기반 조성과 안전확보를 위한 운행체계 및 첨단 교통인프라 구축 - 자율주행 관련 운행체계 및 AI 운전능력 검증체계 개발 - 자율주행을 위한 AI기반 신호제어시스템 개발 - IoT기반 교통안전시설 정보제공 및 운영 관리 기술개발	- 자율주행차의 도로 운행을 지원하기 위한 인프라 개발 연구로 자율주행 면허 관리 및 발급, 자율주행차량 검증기준, AI 기반 신호제어, 교통안전 시설물 정보제공 방안 도출 - 본 과제는 자율주행차의 안전한 도로 주행을 위한 도로 인프라 개발로 자율주행차의 도로 운행을 지원하는 선행 연구와 개발 대상에서 차별성이 있음

기존 연구과제			검토결과
선행과제명 수행기관	지원기관	주요연구내용	본 연구의 차별성 및 연계방안
			· 선행연구에서 자율주행차 관리 방안 및 정보연계 부분을 활용할 수 있음
자율/비자율 차량 혼합교통류에서 자율군집주행 전용차로 설계 가이드라인 개발 기초연구 한양대학교(ERICA캠퍼스)	과학기술 정보통신부	· 자율군집주행 전용차로 도입시 도로 설계 측면에서 고려해야할 인프라에 대한 분석 · 네트워크 시뮬레이션을 통한 자율/비자율차 혼재된 상황에서의 자율군집주행 도입에 대한 적정 도로설계 디자인 제시	· 일반/자율주행차의 혼재된 교통상황을 고려하여 주행특성을 분석하여 교통안전 평가지표를 개발 · 혼재 교통류에서 운전자 주행특성 분석결과를 본 과제에 참고하여 활용할 수 있음
스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 한국도로공사	국토교통부	· 정밀전자지도 기반의 동적정보시스템(LDM) 개발 및 도로시설 개선 연구 · 상시연결 쌍방향 통신(V2X) 시스템 개발 · 도로시설 차량 평가기술, 복합측위 및 협력제어 시제품 개발 · 시연차량 개발 및 검증 프로세스 개발 · 자율협력주행 도로시스템 테스트베드 구축 및 운영, 성능평가 기술 및 표준개발, 로드맵 수립, 도로 기하구조 연구	· 본 연구는 안전한 자율협력주행을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등)의 설계기술 등을 개발하는 과제이므로 선행연구와 중복성 없음

4. 핵심과제 구성 및 내용

4-1. [핵심과제6] 개인형이동수단 대응형 도로 인프라 설계·운영 기술개발

■ 기술개발 목적 및 필요성

- 최근 개인형이동수단이 급증하고 있으나 개인형이동수단의 주행 특성에 기반한 도로 설계 요구사항에 대해 정의된 바 없고, 자전거도로를 활용하여 자전거와 혼재하여 운영 중
 - 향후 크게 증가할 것으로 예상되는 개인형이동수단의 수요에 대응하여 개인형이동수단 고유의 주행특성 및 이용자들의 이용특성을 반영한 개인형이동수단 도로환경 구축기술 확보 필요
- 개인형이동수단 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 개인형이동수단 운전자 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운행을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발 필요
 - 개인형이동수단이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록 주행도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보 필요
 - 개인형이동수단의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발 필요
 - 공유형 개인형이동수단 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축 필요
- 다양한 도시환경 및 이용자 요구에 대응할 수 있는 서비스 환경 및 특성 분석 기반 개인형이동수단 도로환경 설계 가이드라인 개발 필요
 - 개인형이동수단은 개인이 소유한 개인 소유의 개인형이동수단과 공유형 개인형이동수단으로 구분하며, 또한 개인형이동수단의 차체 역시 전동킥보드, 자전거 등 다양한 형태를 가지고 있어, 이러한 서비스 형태 및 차체 형태에 따른 도로환경 및 첨단도로시스템 설계 가이드라인 개발 필요

■ 기술개발 목표 및 내용

● [세부기술 6-1] 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발

[표 II-14] 세부기술 6-1: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 뉴노멀 시대에 증가할 것으로 예상되는 개인형이동수단 수요예측에 기반하여, 지역별/구간별 모빌리티 서비스 제공 여부에 따라 상이할 것으로 예상되는 개인형이동수단 수요예측 모형을 개발하고, 그에 따른 개인형이동수단 인프라 공간 요구규모 산정 모형 개발
연구개발 필요성	· COVID-19 팬데믹을 계기로 국내외 교통부문에서 비대면, 나홀로이동에 대한 선호 증가 예상에 따른 거시적 개인형이동수단 수요 예측모형 필요 · 개인형이동수단 통행수요에 대한 미시적 분석을 위한 모빌리티 서비스 제공 특성에 따른 지역별/구간별 개인형이동수단 수요예측 모형 개발 필요 · 개인형이동수단 수요예측 모형과 연계된 지역별/구간별 개인형이동수단 인프라 요구사항 및 요구 규모 산정 모형 개발 필요
연구개발 내용	· 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티를 위한 통행수요 예측모형 개발 (수단분담모형, 통행배정모형 등) · 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티를 위한 인프라 (도로공간, 도로용량, 교통안전시설, 첨단교통시스템, 무선통신인프라, 관제센터 등)에 대한 요구사항 분석 및 운영개념 개발 · 개인형이동수단 통행수요 예측모형 연계기반 인프라(도로용량, 도로공간, 교통시설 등) 요구 공급 규모 산정 모형 개발 · 개인형이동수단 통행수요를 고려한 기존 인프라의 공간 재설계 방안 · 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티 운영전략을 평가하기 위한 시뮬레이션 패키지 개발 (예: 수요응답형 서비스의 운영 대안에 대한 효과측도 평가)

● [세부기술 6-2] 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발

[표 II-15] 세부기술 6-2: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 개인형이동수단의 안전한 주행을 위한 도로공간, 도로구조, 도로재료, 교통표지, 교통신호, 교통단속, 개인형이동수단과 인프라간 무선통신 등 도로인프라의 설계기준 및 개인형이동수단의 특성과 운행지역/구간별 특성을 고려한 최적 설계기준 개발
연구개발 필요성	· 개인형이동수단(자전거, 전동킥보드 등)은 다양한 형태가 계속 등장하고 교통수단으로의 이용이 늘어나고 있으나 교통측면에서는 제도, 인프라, 관리, 운영 등 모든 측면에서 사각지대에 놓여 있음 (현재까지는 자전거 인프라 설계 일부만 지침화 되어 있는 수준) · 이에 따라 이용자와 관리자 모두의 혼란과 교통안전도 저하의 원인이 되고 있어 도로인프라 요구사항 및 설계기준에 대한 개선 필요 · 개인형이동수단을 자동차나 이륜차와 동등한 교통수단의 하나로 수용하여 관리하고, 관련 인프라도 일반도로와 같은 수준의 도로인프라로 구축 관리하기 위한 기술 개발 필요
연구개발 내용	· 개인형이동수단 친화형 일반도로 설계 기준 및 기술 개발 · 개인형이동수단 안전을 위한 도로시설물 설계 기준 개발 · 개인형이동수단 인프라 관리 및 이용정보 수집과 활용 시스템 개발 · 개인형이동수단 차량 안전 기준과 평가 기술 개발 · 개인형이동수단 안전과 경쟁력 강화를 위한 교통운영 기술 개발

● [세부기술 6-3] 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발

[표 II-16] 세부기술 6-3: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 개인형이동수단과 중장거리 이동수단 혹은 기존 대중교통체계와의 효율적인 환승을 지원할 연계환승시설에 대한 설계 요구사항 정립 및 요구사항들에 따른 각종 설계기준 개발
연구개발 필요성	· 개인형이동수단은 총 이동경로 중 일반적으로 근거리의 퍼스트/라스트마일 이동을 담당하여 중장거리 이동수단과의 환승이 잦은 편 · 따라서, 중장거리 이동수단과의 환승체계 및 환승시설에 대한 설계 요구사항 정립 및 요구사항들에 따른 각종 설계기준 정립 필요 · 특히, 현재의 연계환승시설은 버스, 지하철, 택시 등 기존 교통체계의 환승에 초점이 맞추어져 있어 개인형이동수단에 기반한 접근을 통해 중장거리 이동수단으로 환승하는 체계에 대해서는 현재 연구된 바 없음
연구개발 내용	· 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 서비스 시나리오 개발 · 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 서비스 시나리오별 설계 요구사항 정립 · 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 설계요소별 설계기준 개발 · 연계환승시설 내 실내측위시스템 개발 · 연계환승시설 내 경로유도장치(시스템) 설계기준 개발 · 연계환승시설 내 이동편의장치(시스템) 설계기준 개발

● [세부기술 6-4] 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영

[표 II-17] 세부기술 6-4: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 개인형이동수단 도로인프라 기술 개발요소와 서비스 시나리오를 연계하여 실제 도로에 적용하고 검증함으로써 개인형이동수단 주행간 안전성 확보 및 효율성 보장 측면의 효과 검증 및 기술개발간 개선요소 피드백
연구개발 필요성	· 개인형이동수단의 제원에 따른 유형과 사용환경이 다양하여 광범위한 실증을 통한지 않고는 안전성과 효율성 보장 제한 · 정해진 구역내 운행과 대중교통 연계형 운행이 개인형이동수단의 가장 기본적인 운영체제이므로 이들에 대한 집중적 실증 우선 필요 · 다양한 시나리오의 개인형이동수단 운행체계 실증을 통해 예측하지 못한 문제점 파악 및 피드백을 통한 도로인프라 설계기준 보완 · 기존 이동경로 이용자(보행자, 자전거, 자동차 등)와의 안전하고 효율적인 이동성 확보 및 상호작용을 위한 실증 기반 다양한 상황대응 전략 수립 및 보완이 필요한 설계기술개발요소 개선 및 고도화
연구개발 내용	· 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발 · 개인형이동수단 서비스 실증 지역(구간) 선정 · 개인형이동수단 서비스 실증 운영 · 개인형이동수단 서비스 운영 효과 평가 및 피드백(고도화) 체계 개발

■ 기술별 최종성과물

● [세부기술 6-1] 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발

- 개인형이동수단 서비스 이용수요 예측 모형
- 이용수요 기반 개인형이동수단 인프라 공간 규모 예측 모형
- 개인형이동수단 서비스 이용수요 기반 설계 고려사항 보고서

- [세부기술 6-2] 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 개인형이동수단 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서
 - 개인형이동수단 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼
 - 개인형이동수단 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 6-3] 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발
 - 연계환승 유스케이스 기반 연계환승시설 설계 요구사항 개발서
 - 연계환승시설 설계 지침 및 매뉴얼
 - 연계환승시설 내 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 6-4] 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영
 - 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서
 - 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 선정
 - 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발서
 - 개인형이동수단 서비스 실증 지침서
 - 개인형이동수단 서비스 운영평가 결과서

4-2. [핵심과제7] 자율주행커넥티드 차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발

■ 기술개발 목적 및 필요성

- 자율주행/커넥티드 차량 등 자율주행기술 기반 새로운 교통수단 확산에 따라 도로인프라의 개편 필요
 - 다양한 자율주행/커넥티드 차량 및 ADAS 기능을 탑재한 차량들이 증가하면서 기존 차량들과의 혼재운행으로 불확실성 증대 및 일반차량들과의 사고위험도 증가
 - 자율주행/커넥티드 차량의 증가 및 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량간 혼재상황시 안전도 향상을 위한 도로인프라 측면의 개선요소 파악 및 도로인프라 설계기준 재정립 필요
- 자율주행/커넥티드 차량의 안전한 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 자율주행/커넥티드 차량 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운행을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발 필요
 - 자율주행/커넥티드 차량이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록

주행도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보 필요

- 자율주행/커넥티드 차량의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발 필요
- 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축 필요
- 다양한 도시환경(도로교통환경) 및 이용자 서비스 요구에 대응할 수 있는 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 환경/특성에 따른 자율주행/커넥티드 도로환경 설계 가이드라인 개발 필요
 - 자율주행/커넥티드 차량은 고속도로부, 도시부도로, 지방부도로 등 다양한 도로교통환경에 대한 적응성이 필요하고, 이를 위해서는 각 도로간 표준적인 자율주행/커넥티드 차량 친화적 도로환경 설계 필요
 - 자율주행/커넥티드 차량은 자기차량, 개인공유차량, 대중교통(셔틀) 등 소유형태 및 모빌리티 서비스 형태에 따라 그 서비스(주행) 특성이 다를 수 있으며, 이러한 서비스 형태에 따른 주행특성 분석, 그리고 주행특성별 도로 설계기준 정립 필요
- 자율주행/커넥티드 차량의 보급·확산 및 새로운 모빌리티 서비스 출현에 따른 혼란·사고 최소화 및 자율주행/커넥티드 차량/서비스 수요에 기반한 도로인프라 개편을 위한 연구개발 필요

■ 기술개발 목표 및 내용

- [세부기술 7-1] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발

[표 II-18] 세부기술 7-1: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	미래 본격적인 4차산업혁명 시대에 크게 증가할 것으로 예상되는 자율주행/커넥티드 차량 수요에 촉에 기반하여, 지역별/구간별 모빌리티 서비스 제공 여부에 따라 상이할 것으로 예상되는 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형을 개발하고, 그에 따른 자율주행/커넥티드 차량 인프라 공간 요구규모 산정 모형 개발
연구개발 필요성	- 자율주행/커넥티드 차량의 국내외 보급률 증가 예상규모에 기반한 거시적 자율주행/커넥티드 차량 수요 예측모형 필요 - 자율주행/커넥티드 차량 운행수요에 대한 미시적 분석을 위한 모빌리티 서비스 제공 특성에 따른 지역별/구간별 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형 개발 필요 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형과 연계된 지역별/구간별 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 인프라 요구사항 및 요구규모 산정 모형 개발 필요
연구개발 내용	- 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 기반 교통수요 예측모형 개발 (수단분담모형, 통행배정모형 등) - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스를 위한 인프라(도로공간, 도로용량, 교통안전시설, 첨단교통시스템, 무선통신인프라, 관제센터 등)에 대한 요구사항 분석 및 운영 개념 개발 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 교통수요 예측모형 연계기반 인프라(도로용량, 도로공간, 교통시설 등) 요구 공급규모 산정 모형 개발 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 수요를 고려한 기존 인프라의 공간 재설계 방안 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 운영전략을 평가하기 위한 시뮬레이션 패키지 개발 (예: 수요응답형 서비스의 운영 대안에 대한 효과적도 평가)

● [세부기술 7-2] 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발

[표 II-19] 세부기술 7-2: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	SAE 자율주행 기술수준 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 특성 분석에 기반한 도로인프라 단계별 설계 요구사항 및 설계 고려사항 도출
연구개발 필요성	- 미 자동차공학회(SAE)에서는 자율주행 기술수준을 총 6단계로 분류하고, 각 단계별 시스템 측면 특성, 운전자 역할, 비상상황시 대응주체 등을 규정하였음 - 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스는 자가차량 기반의 자율협력주행, 군집주행, 공유형 자율주행 모빌리티 서비스, 자율주행 대중교통(셔틀) 서비스 등 다양한 형태의 서비스로 발전되고 있으며, 안전하고 효율적인 서비스 제공을 위한 서비스 특성 맞춤형 도로인프라 설계수준 정립 필요
연구개발 내용	- SAE 자율주행 기술수준 단계별 도로인프라 영향요소 및 영향도 예측 - 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 영향요소 및 영향도 예측 - 자율주행 기술수준 및 서비스 특성별 도로인프라 설계수준 정립

● [세부기술 7-3] 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발

[표 II-20] 세부기술 7-3: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	자율주행/커넥티드 차량의 안전한 주행 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 원활한 제공을 위한 도로공간, 도로구조, 도로재료, 교통표지, 교통신호, 교통단속, 개인형이동수단과 인프라간 무선통신 등 도로인프라의 설계기준 및 자율주행/커넥티드 차량(서비스)의 특성과 운행지역/구간별 특성을 고려한 최적 설계기준 개발
연구개발 필요성	- 다양한 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 형태가 출현하고 있고 미래에는 더욱 이러한 경향이 가속화될 것으로 예상되는데 반해, 자율주행/커넥티드 시대의 도로인프라 및 교통시설에 대한 논의는 전무한 실정 - C-ITS 시스템 및 서비스 등 첨단교통인프라에 대해서는 연구개발 및 관련 법제도가 수립된 바 있으나, 도로구조 및 설계 등을 포함한 도로 분야 전반의 설계기준 및 관련 기술 연구개발에 대한 논의 미흡 - 향후 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스가 상용화되고 보급률이 증가하였을 때, 현재의 도로인프라가 자율주행/커넥티드 모빌리티의 서비스 기능 향상을 적절히 지원할 수 있을지에 대한 논의가 필요하며, 미래 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 요구사항에 따른 도로인프라 측면 개선요소에 대한 논의 및 관련 기술 연구개발 필요
연구개발 내용	- 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 친화형 일반도로 설계 기준 및 기술 개발 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전을 위한 도로시설물 설계 기준 개발 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 인프라 관리 및 이용정보 수집과 활용 시스템 개발 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전 기준과 평가 기술 개발 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전과 경쟁력 강화를 위한 교통운영 기술 개발

● [세부기술 7-4] 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발

[표 II-21] 세부기술 7-4: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 실시간 교통상황 감지 및 자율주행/커넥티드 차량 비율(market penetration rate)의 변화에 대응한 안전하고 효율적인 자율주행/커넥티드 주행 환경 조성을 위한 자율주행/커넥티드 차량 대상 실시간 동적 차로 운영 기술 개발
연구개발 필요성	· 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량간 혼재로 인한 사고(상충)위험성의 증가를 고려하여 자율주행/커넥티드 차량 전용(혹은 위주) 차로 운영 필요 - 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량의 혼재로 인해 발생할 것으로 예상되는 혼란과 사고위험도 최소화를 위해 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량을 분리해야 한다는 전제 · 단, 자율주행/커넥티드 차량 비율(일반차량과의 혼재율)은 실시간으로 변화하는 요소이므로, 자율주행/커넥티드 차량 비율에 따른 차로의 시공간적 동적 운영 필요
연구개발 내용	· 실시간 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량과의 혼재율 예측 감지 모형 개발 · 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량과의 혼재율 예측 감지 기반 차로 운영 최적화 알고리즘 개발 · 자율주행/커넥티드 차량 전용(우선)차로 운영에 따른 운영효과(주행 및 안전성 측면) 평가를 위한 시뮬레이션 평가체계 개발

● [세부기술 7-5] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발

[표 II-22] 세부기술 7-5: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 자율주행/커넥티드 차량 주행 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 안전하고 효율적인 운영을 보장하기 위한 도로인프라 운영유지관리 기술 및 정밀맵 기반 도로유지관리 시스템 개발
연구개발 필요성	· 도로인프라의 파손(단순 파손, 노후화, 자연재해로 인한 파손 등)은 자율주행/커넥티드 차량의 운행성능에 큰 영향을 주거나 교통사고 발생으로 이어질 수 있음 · - 가령, 도로인프라의 파손이 자율주행/커넥티드 차량의 센서에 의해 인지되지 않거나, 관련 정보가 센터에 전송되지 않아 자율주행/커넥티드 차량에 역시 정보 공유가 되지 않을 시, 도로인프라의 인지 실패에 따른 주행성능 악영향 및 사고위험도 증대 가능 · 따라서, 도로인프라의 파손상태를 신속히 인지하여 자율주행/커넥티드 차량에 관련 정보를 공유하거나, 교통센터 및 인접 첨단교통인프라에 정보를 공유하는 등, 도로인프라 유지관리를 위한 실시간 정보공유체계 기술 확보 필요
연구개발 내용	· IoT 기반 실시간 도로인프라 파손 인지 기술 개발 · V2V/V2I 무선통신 기반 도로인프라 상태정보(status quo) 공유기술 개발 · 정밀맵 기반 도로인프라 상태정보 및 각종 유지관리 정보 최신화 체계(기술) 개발 · 도로인프라 운영유지관리 차량 최적·최단 배치 알고리즘 개발

● [세부기술 7-6] 자율협력주행 도로인프라 실증 운영

[표 II-23] 세부기술 7-6: 기술개발 목표 및 내용

구분	내용
기술 개요	· 자율주행/커넥티드 차량 도로인프라 기술 개발요소와 서비스 시나리오를 연계하여 실제 도로에 적용하고 검증함으로써 자율주행/커넥티드 차량 주행간 안전성 확보 및 효율성 보장 측면의 효과 검증 및 기술개발간 개선요소 피드백
연구개발 필요성	· 자율주행/커넥티드 차량의 제원에 따른 유형과 사용환경이 다양하여 광범위한 실증을 통하지 않고는 안전성과 효율성 보장 제한 · 다양한 시나리오의 자율주행/커넥티드 차량 운행체계 실증 및 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 시나리오의 실도로 구현을 통해 예측하지 못한 문제점 파악 및 피드백을 통한 도로인프라 설계기준 보완

	· 기존 이동경로 이용자(보행자, 자전거, 자동차 등)와의 안전하고 효율적인 이동성 확보 및 상호작용을 위한 실증 기반 다양한 상황대응 전략 수립 및 보완이 필요한 설계기술개발요소 개선 및 고도화
연구개발 내용	· 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 유스케이스 개발 · 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 실증 지역(구간) 선정 · 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 실증 운영 · 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 운영 효과 평가 및 피드백(고도화) 체계 개발

■ 기술별 최종성과물

- [세부기술 7-1] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발
 - 자율협력주행 서비스 이용수요 예측 모형
 - 이용수요 기반 자율협력주행 인프라 공간 규모 예측 모형
 - 자율협력주행 서비스 이용수요 기반 설계 고려사항 보고서
- [세부기술 7-2] 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계 기술 개발
 - 자율협력주행 기술수준별 도로설계 고려사항 보고서
 - 자율협력주행 기술수준별 안전시설(시스템) 고려사항 보고서
- [세부기술 7-3] 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 자율협력주행 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼
 - 자율협력주행 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 7-4] 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 최적화 알고리즘
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 동적차로운영시스템 설계서
 - 자율협력주행 차량 동적차로운영 정보 표출 단말 설계서

- [세부기술 7-5] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 도로인프라 영향도 평가 보고서
 - 도로인프라 영향요소별 운영유지관리 방안 보고서
 - 자율협력주행 차량 기반 도로인프라 운영유지관리 자동화 방안 보고서
- [세부기술 7-6] 자율협력주행 도로인프라 실증 운영
 - 자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 선정
 - 자율협력주행 서비스 유스케이스 개발서
 - 자율협력주행 서비스 실증 지침서
 - 자율협력주행 서비스 운영평가 결과서

5. 연구추진 로드맵

[표 II-24] 핵심과제6: 세부기술 및 세세부기술별 연구추진 로드맵

핵심과제	세부기술	1 차 년 도	2 차 년 도	3 차 년 도	4 차 년 도	주요연구성과
[핵심과제 6] 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발	6-1 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발					· 개인형이동수단 서비스 이용수요 예측 모형 개발 · 이용수요 기반 개인형이동수단 인프라 공간 규모 예측 모형 개발
	6-2 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발					· 개인형이동수단 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 도출 · 개인형이동수단 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼 개발 · 개인형이동수단 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침 개발
	6-3 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발					· 연계환승 유스케이스 기반 연계환승시설 설계 요구사항 도출 · 연계환승시설 설계 지침 및 매뉴얼 개발 · 연계환승시설 내 안전시설 설계 및 관리 지침 개발
	6-4 개인형이동수단 도로인프라실증 운영					· 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 요구사항 도출 · 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발 · 개인형이동수단 서비스 실증 지침서 개발 · 개인형이동수단 실증 운영, 평가
[핵심과제 7] 자율주행 커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발	7-1 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발					· 자율협력주행 서비스 이용수요 예측 모형 개발 · 이용수요 기반 자율협력주행 인프라 공간 규모 예측 모형 개발
	7-2 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발					· 자율협력주행 기술수준별 도로설계 고려사항 도출 · 자율협력주행 기술수준별 안전시설(시스템) 고려사항 도출
	7-3 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발					· 자율협력주행 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 도출 · 자율협력주행 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼 개발 · 자율협력주행 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침 개발
	7-4 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발					· 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 요구사항 도출 · 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 최적화 알고리즘 개발 · 자율협력주행 모빌리티 서비스별 동적차로운영시스템 설계서 개발 · 자율협력주행 차량 동적차로운영 정보 표출 단말 설계서 개발
	7-5 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발					· 자율협력주행 모빌리티 서비스별 도로인프라 영향도 평가 · 도로인프라 영향요소별 운영유지관리 체계 개발 · 자율협력주행 차량 기반 도로인프라 운영유지관리 자동화 체계(프로세스) 개발
	7-6 자율협력주행 도로인프라 실증 운영					· 자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 요구사항 도출 · 자율협력주행 서비스 유스케이스 개발서 · 자율협력주행 서비스 실증 지침서 · 자율협력주행 실증 운영평가 결과서

6. 소요예산

6-1. 연도별 소요예산

■ 전체

[표 II-25] 핵심과제 6, 7: 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

핵심과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계
[핵심과제 6] 개인형 이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발	정부	14	23	38	15	90
	민간	6.5	10.7	17.7	7.1	42
	소계	20.5	33.7	55.7	22.1	132
[핵심과제 7] 자율주행/커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발	정부	20	35	47	18	120
	민간	9.5	16	22	8.5	56
	소계	29.5	51	69	26.5	176
총 계	정부	34	58	85	33	210
	민간	16	26.7	39.7	15.6	98
	합계	50	84.7	124.7	48.6	308

■ [핵심과제 6] 개인형 이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발

[표 II-26] 핵심과제 6: 세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계
6-1 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인 프라 공간 공급규모 산정 모형 개발	정부	3.4	5.5	6.2	2.2	17.3
	민간	1.6	2.5	2.8	0.8	7.7
	소계	5	8	9	3	25
6-2 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위 한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신 호, 통신 등) 설계기술 개발	정부	4.1	8.8	10.9	3.4	27.2
	민간	1.9	4.2	5.1	1.6	12.8
	소계	6	13	16	5	40
6-3 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발	정부	4.1	5.9	8.3	2.6	20.9
	민간	1.9	2.6	3.9	1.4	9.8
	소계	6	8.5	12.2	4	30.7
6-4 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영	정부	2.4	2.8	12.6	6.8	24.6
	민간	1.1	1.4	5.9	3.3	11.7
	소계	3.5	4.2	18.5	10.1	36.3
총 계	정부	14	23	38	15	90
	민간	6.5	10.7	17.7	7.1	42
	합계	20.5	33.7	55.7	22.1	132

■ [핵심과제 7] 자율주행|커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술개발

[표 II-27] 핵심과제 7: 세부기술별, 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계
7-1 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통 행수요 예측모형 개발	정부	2.8	3.1	2.1	1.4	9.4
	민간	1.7	1.4	0.9	0.6	4.6
	소계	4.5	4.5	3	2	14
7-2 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서 비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기 술 개발	정부	5.5	5.7	5.4	2.7	19.3
	민간	2.5	2.8	2.6	1.3	9.2
	소계	8	8.5	8	4	28.5
7-3 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표 지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발	정부	4.8	12.5	13.6	3.3	34.2
	민간	2.2	5.5	6.4	1.7	15.8
	소계	7	18	20	5	50
7-4 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발	정부	2.75	6.8	6.8	1.72	18.07
	민간	1.25	3.2	3.2	0.78	8.43
	소계	4	10	10	2.5	26.5
7-5 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따 른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발	정부	2.75	5.5	5.5	1.4	15.15
	민간	1.25	2.5	2.5	0.6	6.85
	소계	4	8	8	2	22
7-6 자율협력주행 도로인프라 실증 운영	정부	1.4	1.4	13.6	7.48	23.88
	민간	0.6	0.6	6.4	3.52	11.12
	소계	2	2	20	11	35
총 계	정부	20	35	47	18	120
	민간	9.5	16	22	8.5	56
	소계	29.5	51	69	26.5	176

6-2. 예산항목별 소요예산

■ [핵심과제 6] 개인형 이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발

- [세부기술 6-1] 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발

[표 II-28] 세부기술 6-1: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	60	90	90	54	294	11.8%
	연구원	120	240	240	60	660	26.4%
	연구보조원	86	151	172	43	452	18.1%
	보조원	36	36	60	24	156	6.2%
	소계	302	517	562	181	1,562	62.5%
직접비	연구시설장비비	50	80	80	0	210	8.4%
	연구활동비	40	50	50	30	170	6.8%
	연구수당	45	74	90	28	237	9.5%
	소계	135	204	220	58	617	24.7%
간접비		62	98	126	49	336	13.1%
합계		500	820	910	288	2,518	100%

- [세부기술 2] 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발

[표 II-29] 세부기술 6-2: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	54	120	120	72	366	9.2%
	연구원	120	240	360	120	840	21.0%
	연구보조원	108	194	259	86	647	16.2%
	보조원	24	72	72	24	192	4.8%
	소계	306	626	811	302	2,045	51.2%
직접비	연구시설장비비	100	250	340	50	740	18.5%
	연구활동비	70	150	135	38	393	9.8%
	연구수당	45	104	105	44	298	7.5%
	소계	215	504	580	132	1,431	35.8%
간접비		78	159	208	67	521	13.0%
합계		600	1,290	1,600	502	4,000	100%

● [세부기술 6-3] 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발

[표 II-30] 세부기술 6-3: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	54	120	120	72	366	12.0%
	연구원	150	180	240	90	660	21.6%
	연구보조원	108	129	172	43.2	452	14.9%
	보조원	24	36	48	24	132	4.3%
	소계	336	465	580	229	1,610	52.8%
직접비	연구시설장비비	100	150	250	55	555	18.2%
	연구활동비	36	54	126	30	246	8.1%
	연구수당	50	69	87	34	240	7.9%
	소계	186	273	463	119	1,041	34.2%
간접비		77	100	166	51	396	13.0%
합계		600	840	1210	400	3050	100%

● [세부기술 6-4] 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영

[표 II-31] 세부기술 6-4: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	54	54	120	120	348	9.6%
	연구원	90	90	360	180	720	19.8%
	연구보조원	64.8	64	259	129	516.8	14.2%
	보조원	36	36	144	72	288	7.9%
	소계	244	244	883	501	1,872	51.5%
직접비	연구시설장비비	0	30	150	80	260	7.1%
	연구활동비	23	54	417	231	725	19.9%
	연구수당	36	36	158	74	304	8.4%
	소계	59	120	725	385	1,289	35.5%
간접비		45	54	241	133	474	13.0%
합계		350	420	1849	1020	3640	100%

■ [핵심과제 7] 자율주행|커넥티드차량 안전지원을 위한 도로인프라 설계|운영 기술개발

● [세부기술 7-1] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발

[표 II-32] 세부기술 7-1: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	60	60	60	60	240	16.0%
	연구원	120	120	60	60	360	24.0%
	연구보조원	86.4	86.4	43.2	43.2	259.2	17.3%
	보조원	36	36	12	12	96	6.4%

	소계	302.4	302.4	175.2	175.2	955.2	63.7%
직 접 비	연구시설장비비	20	20	10	10	60	4.0%
	연구활동비	30	30	50	50	160	10.7%
	연구수당	39	39	26	26	130	8.7%
	소계	89	89	86	86	350	23.3%
간접비		58.6	58.6	38.8	18.8	174.8	13.0%
합계		450	450	300	280	1,480	100%

● [세부기술 7-2] 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발

[표 II-33] 세부기술 7-2: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인 건 비	책임연구원	90	90	90	36	306	10.7%
	연구원	180	180	180	90	630	22.1%
	연구보조원	129.6	129.6	129.6	64.8	453.6	15.9%
	보조원	48	48	48	36	180	6.3%
	소계	447.6	447.6	447.6	226.8	1,569.6	55.1%
직 접 비	연구시설장비비	100	150	100	30	380	13.3%
	연구활동비	81	75	68	58	282	9.9%
	연구수당	67.1	67.1	80.1	33.1	247.4	8.7%
	소계	248.1	292.1	248.1	121.1	909.4	31.9%
간접비		104.3	110.3	104.3	32.1	371	13.0%
합계		800	850	800	380	2,830	100%

● [세부기술 7-3] 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발

[표 II-34] 세부기술 7-3: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인 건 비	책임연구원	90	90	90	90	360	7.2%
	연구원	180	360	360	90	990	19.8%
	연구보조원	129.6	259.2	259.2	64.8	712.8	14.3%
	보조원	36	72	144	36	288	5.8%
	소계	435.6	781.2	853.2	280.8	2,350.8	47.0%
직 접 비	연구시설장비비	70	450	500	30	1,050	21.0%
	연구활동비	38	217	258	82	595	11.9%
	연구수당	65.2	117.1	128.1	42	352.4	7.0%
	소계	173.2	784.1	886.1	154	1,997.4	39.9%
간접비		91.2	234.7	260.7	25.2	611.8	13.0%
합계		700	1,800	2,000	460	4,960	100%

● [세부기술 7-4] 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발

[표 II-35] 세부기술 7-4: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	54	90	90	36	270	10.2%
	연구원	90	180	180	60	510	19.2%
	연구보조원	64.8	129.6	129.6	43.2	367.2	13.9%
	보조원	36	72	72	24	204	7.7%
	소계	244.8	471.6	471.6	163.2	1,351.2	51.0%
직접비	연구시설장비비	30	230	230	0	490	18.5%
	연구활동비	37	98	98	30	263	9.9%
	연구수당	36.1	70	70	24.3	200.4	7.6%
	소계	103.1	398	398	54.3	953.4	36.0%
간접비		52.1	130.4	130.4	32.5	345.4	13.0%
합계		400	1,000	1,000	250	2,650	100%

● [세부기술 7-5] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발

[표 II-36] 세부기술 7-5: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	36	60	60	24	180	8.2%
	연구원	120	120	120	60	420	19.1%
	연구보조원	86.4	129.6	129.6	21.6	367.2	16.7%
	보조원	24	48	48	12	132	6.0%
	소계	266.4	357.6	357.6	117.6	1,099.2	50.0%
직접비	연구시설장비비	12	235	200	10	457	20.8%
	연구활동비	30	50	85	30	195	8.9%
	연구수당	39.5	53.1	53.1	16.4	162.1	7.4%
	소계	81.5	338.1	338.1	56.4	814.1	37.0%
간접비		52.1	104.3	104.3	26	286.7	13.0%
합계		400	800	800	200	2,200	100%

● [세부기술 7-6] 자율협력주행 도로인프라 실증 운영

[표 II-37] 세부기술 7-6: 예산항목별 소요예산

예산항목	세부항목	예산항목					비율
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	36	36	90	90	252	7.2%
	연구원	60	60	360	180	660	18.9%
	연구보조원	21.6	21.6	259.2	129.6	432	12.3%
	보조원	12	12	144	144	312	8.9%
	소계	129.6	129.6	853.2	543.6	1,656	47.3%
직접비	연구시설장비비	0	0	280	85	365	10.4%
	연구활동비	25	25	453	247	750	21.4%
	연구수당	19.4	19.4	153	81	272.8	7.8%
	소계	44.4	44.4	886	413	1,387.8	39.7%
간접비		26	26	260.8	123.4	456.2	13.0%
합계		200	200	2,000	1,080	3,480	100%

7. 위험요인 및 해결방안

- 연구개발 시 위험 영향력 최소화를 위해 위험관리 기법 이용 및 연구개발 수행 전체 단계 위험관리 활동 수행 필요
- 연구개발 종합성 및 평가지표 설정을 통한 지속적인 모니터링, 세부과제별 구체적인 대응전략 수립 필요
- 위험발생 가능성과 발생위험의 영향력 분석을 통한 대응 우선순위 선정 필요
- 연구개발 전체 단계에 걸친 위험식별 및 식별된 위험 추적관리 필요
- 정기적 데이터 취합, 분석 후 설정된 공정 목표 달성 필요
- 발생 가능 위험요인 사전 정의 및 분석, 위험요인 유형별 대응방안 사전 계획, 위험요인 가능성 및 영향도 최소화 전략 방안 수립 필요

8. 기대 및 파급효과

8-1. 과학기술적 측면

- 개인형이동수단 운행에 적합한 도로환경 설계기술 확보 및 첨단시스템 개발 촉진
 - 개인형이동수단 공급규모 및 통행수요에 따른 개인형이동수단 주행도로 설계 및 운영기술 확보 가능
 - 개인형이동수단 운행에 적합한 도로환경은 개인형이동수단에 대한 이용을 증대에 기여할 수 있으며, 이를 통해 개인형이동수단의 효율적이고 안전한 운행을 위한 각종 첨단시스템 개발 촉진으로 이어질 수 있음
 - 개인형이동수단은 퍼스트/라스트마일 서비스에 적합한 이동수단으로 다른 수단과의 연계환승을 위한 시설 설계기술 확보가 가능하며, 이를 통해 연계환승시설 내 각종 첨단교통시스템의 개발 촉진으로 이어질 수 있음
- 자율주행/커넥티드 차량 운행 및 모빌리티 서비스 제공에 적합한 도로환경 설계기술 확보 및 첨단시스템 개발 촉진
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 서비스 이용수요 예측에 따른 자율주행/커넥티드 주행도로 설계 및 차량 운영기술 확보
 - 자율주행/커넥티드 서비스 요구사항 및 특성에 따른 자율주행/커넥티드 도로 설계기술 및 첨단도로시스템 개발 촉진
 - 자율주행/커넥티드 서비스 실증 및 실제 서비스 제공에 따른 도로설계기술 및 첨단도로시스템 아이디어 발굴

8-2. 사회경제적 측면

- 개인형이동수단이 안전하게 운행할 수 있는 도로환경을 구현함으로써 개인형이동수단의 안전성에 대한 사회적 인식 개선 및 개인형이동수단 기반 모빌리티 서비스 확산
 - 현재 개인형이동수단의 사고위험성에 대한 사회적 인식으로 인해 이용을 꺼려하는 사람들이 있으나, 개인형이동수단이 안전하게 운행할 수 있는 안전한 도로와 각종 안전 및 편의 시스템 개발시, 개인형이동수단에 대한 사회적 인식 개선으로 인해 이용율이 크게 증대될 것으로 예상
 - 개인형이동수단에 대한 사회적 인식은 현재의 전동킥보드 형태의 개인형이동수단을 포함해 다양한 종류와 형태의 개인형이동수단에 대한 개발 촉진으로 이어질 수 있고, 또한 개인형이동수단 기반의 다양한 모빌리티 서비스 비즈니스의 창출을 촉진할 수 있음

- 전기 기반 개인형이동수단 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 이용 활성화를 통한 환경 개선 기여
 - 현재 개발되어 보급되고 있는 대부분의 개인형이동수단은 전기 기반의 친환경 구동계를 보유하고 있어, 개인형이동수단의 이용율이 증가한다 하더라도 기존 내연기관 교통수단으로 인한 대기질 악화와 같은 환경적 악영향 없음
 - 현재 개발중인 대중교통 목적의 자율주행/커넥티드 차량 역시 전기 기반의 구동을 기반으로 하고 있어, 향후 개발될 자율주행/커넥티드 차량은 대부분 전기에너지를 활용할 것으로 예상되어, 대중교통 분야에서의 전기에너지화가 가속화될 것으로 보임
 - 또한, 내연기관 교통수단 이용자로부터 개인형이동수단으로의 수단 전환 효과를 고려한다면, 개인형이동수단의 이용율 증가는 내연기관 교통수단의 이용율을 감소시키는데 기여할 수 있어 대기질 개선에 기여 가능
- 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 수용성 증대
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스에 대한 안전성 측면에서의 시민들의 의구심이 있는 상태에서, 관련 기술개발 성공 및 실증을 통한 홍보를 통해 시민들의 자율주행/커넥티드 기술에 대한 인식 제고를 통한 사회적 수용성 증대
- 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 비즈니스 창출 및 활성화
 - 자율주행/커넥티드 기술에 대한 사회적 수용성 증대는 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 수요의 증대로 이어질 수 있음
 - 이는 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 비즈니스의 활성화로 이어질 수 있으며, 현재 상용화된 모빌리티 서비스 형태보다 더욱 창의적이고 다양한 서비스 모델이 제시될 것으로 예상

9. RFP

■ [핵심과제 6] 개인형이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발

[표 II-38] 핵심과제 6 RFP

과제명	개인형 이동수단 대응형 도로인프라 설계·운영 기술개발
1. 연구목표	· 뉴노멀 시대에 증가할 것으로 예상되는 개인형이동수단 수요예측에 기반하여, 지역 별/구간별 모빌리티 서비스 제공 여부에 따라 상이할 것으로 예상되는 개인형이동수단 수요예측 모형을 개발하고, 그에 따른 개인형이동수단 인프라 공간 요구규모 산정 모형 개발 · 개인형이동수단의 안전한 주행을 위한 도로공간, 도로구조, 도로재료, 교통표지, 교통신호, 교통단속, 개인형이동수단과 인프라간 무선통신 등 도로인프라의 설계기준 및 개인형이동수단의 특성과 운행지역/구간별 특성을 고려한 최적 설계기준 개발 · 개인형이동수단과 중장거리 이동수단 혹은 기존 대중교통체계와의 효율적인 환승을 지원할 연계환승시설에 대한 설계 요구사항 정립 및 요구사항들에 따른 각종 설계 기준 개발 · 개인형이동수단 도로인프라 기술 개발요소와 서비스 시나리오를 연계하여 실제 도로에 적용하고 검증함으로써 개인형이동수단 주행간 안전성 확보 및 효율성 보장 측면의 효과 검증 및 기술개발간 개선요소 피드백
2. 연구 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	· 최근 개인형이동수단이 급증하고 있으나 개인형이동수단의 주행 특성에 기반한 도로 설계 요구사항에 대해 정의된 바 없고, 자전거도로를 활용하여 자전거와 혼재하여 운영 중 - 향후 크게 증가할 것으로 예상되는 개인형이동수단의 수요에 대응하여 개인형이동수단 고유의 주행특성 및 이용자들의 이용특성을 반영한 개인형이동수단 도로환경 구축기술 확보 필요 · 개인형이동수단 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 개인형이동수단 운전자 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운영을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발 필요 - 개인형이동수단이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록 주행 도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보 필요 - 개인형이동수단의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발 필요 - 공유형 개인형이동수단 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축 필요 · 다양한 도시환경 및 이용자 요구에 대응할 수 있는 서비스 환경 및 특성 분석 기반 개인형이동수단 도로환경 설계 가이드라인 개발 필요 - 개인형이동수단은 개인이 소유한 개인 소유의 개인형이동수단과 공유형 개인형이동수단으로 구분하며, 또한 개인형이동수단의 차체 역시 전동킥보드, 자전거 등 다양한 형태를 가지고 있어, 이러한 서비스 형태 및 차체 형태에 따른 도로환경 및 첨

단도시스템 설계 가이드라인 개발 필요

□ 기술동향

〈국내 기술동향〉

- 국내 높은 스마트폰 보급과 편리한 대중교통 등을 기반으로 인구밀집지역 및 대학가 등 중심으로 국내 스타트업 중심의 공유 개인형이동수단 서비스를 하고 있음
 - '17.11월 매스아시아가 지자체와 협약을 맺고 최초로 시범사업을 개시함
 - '20.09월 현재 15개의 업체가 공유 개인형이동수단 서비스를 제공하고 있음
- 최근에는 국내 개인형이동수단의 공유 서비스 활성화로 인해 라임, 빔 등 글로벌 기업의 국내 진출도 이루어지고 있음
 - 미국업체 라임은 '19.10월, 싱가포르의 빔은 '19.08월에 국내시장에 진출 및 서비스를 확장하고 있음

업체명 (브랜드명)	울릉로 (킵고잉)	매스아시아 (알파카, 구 고고씽)	피유엠피 (씽씽)	Lime Korea Ltd (라임)	지빌리티 (지쿠터)
					
운행지역	서울, 인천, 경기, 부산 일부	서울, 경기, 세종, 경남 진주	서울, 경기, 부산, 강원 원주, 춘천, 대구, 광주, 전북 전주, 경남 진주	서울, 경기, 인천, 광주, 대구, 대전, 세종, 강원 춘천, 충북 청주, 충남 천안, 아산, 경북 경산, 경남 진주, 전북 전주, 익산, 전남 순천	
운영 시작시기	2019.09	2019.11	2019.07	2019.04	2019.06
운영대수	7900대 (20.05기준)	2000대 (20.06기준)	8000대 (20.07기준)	약 1000대 (20.01기준)	2000대 (20.05기준)
현재 운영여부	○	○	○	○	○

3. 연구내용

- [중점과제 1] 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발
 - 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티를 위한 교통수요 예측모형 개발 (수단분담모형, 통행배정모형 등)
 - 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티를 위한 인프라 (도로공간, 도로용량, 교통안전시설, 첨단교통시스템, 무선통신인프라, 관제센터 등)에 대한 요구사항 분석 및 운영개념 개발
 - 개인형이동수단 교통수요 예측모형 연계기반 인프라(도로용량, 도로공간, 교통시설 등) 요구 공급규모 산정 모형 개발
 - 개인형교통수단 통행수요를 고려한 기존 인프라의 공간 재설계 방안
 - 개인형이동수단 기반의 공유 모빌리티 운영전략을 평가하기 위한 시뮬레이션 패키지 개발 (예: 수요응답형 서비스의 운영 대안에 대한 효과적도 평가)
- [중점과제 2] 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 개인형교통수단 친화형 일반도로 설계 기준 및 기술 개발
 - 개인형교통수단 안전을 위한 도로시설물 설계 기준 개발
 - 개인형교통수단 인프라 관리 및 이용정보 수집과 활용 시스템 개발
 - 개인형교통수단 차량 안전 기준과 평가 기술 개발
 - 개인형교통수단 안전과 경쟁력 강화를 위한 교통운영 기술 개발
- [중점과제 3] 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발
 - 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 서비스 시나리오 개발

- 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 서비스 시나리오별 설계 요구사항 정립
- 개인형이동수단과 타수단간 연계환승 설계요소별 설계기준 개발
- 연계환승시설 내 실내측위시스템 개발
- 연계환승시설 내 경로유도장치(시스템) 설계기준 개발
- 연계환승시설 내 이동편의장치(시스템) 설계기준 개발
- [중점과제 4] 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영
 - 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발
 - 개인형이동수단 서비스 실증 지역(구간) 선정
 - 개인형이동수단 서비스 실증 운영
 - 개인형이동수단 서비스 운영 효과 평가 및 피드백(고도화) 체계 개발

4. 연구 추진방법

□ 추진전략

- 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영
- 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항
- 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행
 - 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등
- 중점과제별 연차별, 단계별 성과목표 및 성과 지표 설정
- 세계 최고 수준의 원천기술 확보를 위한 전략 추구
 - 개인형이동수단 장비 및 서비스 안전지원 도로교통 설계 기술 개발을 통한 기술 선진국 도약을 위한 전략 추구
- 핵심 아이디어 도출단계에서부터 지적재산권 확보 추진
- 성과 목표와 지표간 상호 연계성 확보
- 철저한 성과 검증 추진
 - 연구 계획 시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 제시
 - 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과 모니터링을 실시
 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대 전략 수립
- 본 과제 추진 시 연구개발 성과의 내구성 기준, 평가방법, 시공 및 유지관리 방법 등은 현행 설차·관리지침을 반영하여 세부적으로 수립

□ 추진체계

- 본 연구단은 기초·원천기술, 응용 및 실용화 기술 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 책임자가 필요함.
- ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도(참여 시 가점 부여)
- 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 개발기술의 실증 운영 및 개발기술 성능평가를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함
- 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조체제 구축이 필요하며, 도로교통 및 ICT 분야의 전문기관 또는 전문가들을 포함한 다학제간 연계를 통한 협동연구가 필요함.
- 필요시 외부의 협력 및 위탁기관을 정하여 효율적 사업 수행하여야 하며, 이 때 협

력 및 위탁기관은 국내외 전문조직을 활용할 수 있음.

5. 최종 성과물

- [세부기술 1] 개인형이동수단 통행수요 예측 기반 인프라 공간 공급규모 산정 모형 개발
 - 개인형이동수단 서비스 이용수요 예측 모형
 - 이용수요 기반 개인형이동수단 인프라 공간 규모 예측 모형
 - 개인형이동수단 서비스 이용수요 기반 설계 고려사항 보고서
- [세부기술 2] 개인형이동수단 운행 안전성 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 개인형이동수단 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서
 - 개인형이동수단 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼
 - 개인형이동수단 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 3] 개인형이동수단과 타수단간 연계환승시설 설계기술 개발
 - 연계환승 유스케이스 기반 연계환승시설 설계 요구사항 개발서
 - 연계환승시설 설계 지침 및 매뉴얼
 - 연계환승시설 내 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 4] 개인형이동수단 도로인프라 실증 운영
 - 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서
 - 개인형이동수단 서비스 형태별 실증지역 선정
 - 개인형이동수단 서비스 유스케이스 개발서
 - 개인형이동수단 서비스 실증 지침서
 - 개인형이동수단 서비스 운영평가 결과서

6. 활용방안 및 기대효과

- ☐ **활용방안**
 - 국내 개인형이동수단 도로인프라 구축시 개인형이동수단의 운행특성을 반영한 도로 기하구조, 교통안전시설, 첨단교통인프라장치 구축
 - 도로 기하구조, 교통안전시설, 첨단교통인프라장치 분야 신기술의 국내 구축을 통한 구축사례 축적을 통해 해외 스마트시티/첨단교통 사업 진출
- ☐ **기대효과**
 - 개인형이동수단 운행에 적합한 도로환경 설계기술 확보 및 첨단시스템 개발 촉진
 - 개인형이동수단 공급규모 및 통행수요에 따른 개인형이동수단 주행도로 설계 및 운영기술 확보 가능
 - 개인형이동수단 운행에 적합한 도로환경은 개인형이동수단에 대한 이용율 증대에 기여할 수 있으며, 이를 통해 개인형이동수단의 효율적이고 안전한 운행을 위한 각종 첨단시스템 개발 촉진으로 이어질 수 있음
 - 개인형이동수단은 퍼스트/라스트마일 서비스에 적합한 이동수단으로 다른 수단과의 연계환승을 위한 시설 설계기술 확보가 가능하며, 이를 통해 연계환승시설 내 각종 첨단교통시스템의 개발 촉진으로 이어질 수 있음
 - 개인형이동수단이 안전하게 운행할 수 있는 도로환경을 구현함으로써 개인형이동수단의 안전성에 대한 사회적 인식 개선 및 개인형이동수단 기반 모빌리티 서비스 확산
 - 현재 개인형이동수단의 사고위험성에 대한 사회적 인식으로 인해 이용을 꺼려하는 사람들이 있으나, 개인형이동수단이 안전하게 운행할 수 있는 안전한 도로와 각종 안전 및 편의 시스템 개발시, 개인형이동수단에 대한 사회적 인식 개선으로 인해 이용율이 크게 증대될 것으로 예상
 - 개인형이동수단에 대한 사회적 인식은 현재의 전동킥보드 형태의 개인형이동수단을

포함해 다양한 종류와 형태의 개인형이동수단에 대한 개발 촉진으로 이어질 수 있고, 또한 개인형이동수단 기반의 다양한 모빌리티 서비스 비즈니스의 창출을 촉진할 수 있음	
7. 연구기간 및 소요예산	
· 총 연구개발기간 : 2021.01 ~ 2024.12 (4년) · 총 정부출연금 : 9,000백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,300백만원 이내 - 2차년도 정부출연금 : 2,100백만원 이내 - 3차년도 정부출연금 : 4,600백만원 이내 - 4차년도 정부출연금 : 1,000백만원 이내	
8. 기타	
· 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 · 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 · 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 · 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 핵심과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 · 연구개발계획서에 핵심과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 · 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 · 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험사공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 · 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발	

- 에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

■ [핵심과제 7] 자율주행/커넥티드 차량 안전자원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발

[표 II-39] 핵심과제 7 RFP

과제명	자율주행/커넥티드 차량 안전자원을 위한 도로인프라 설계·운영 기술개발
1. 연구목표	· 미래 본격적인 4차산업혁명 시대에 크게 증가할 것으로 예상되는 자율주행/커넥티드 차량 수요예측에 기반하여, 지역별/구간별 모빌리티 서비스 제공 여부에 따라 상이할 것으로 예상되는 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 수요예측 모형을 개발하고, 그에 따른 자율주행/커넥티드 차량 인프라 공간 요구규모 산정 모형 개발 · SAE 자율주행 기술수준 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 특성 분석에 기반한 도로인프라 단계별 설계 요구사항 및 설계 고려사항 도출 · 자율주행/커넥티드 차량의 안전한 주행 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 원활한 제공을 위한 도로공간, 도로구조, 도로재료, 교통표지, 교통신호, 교통단속, 개인형이동수단과 인프라간 무선통신 등 도로인프라의 설계기준 및 자율주행/커넥티드 차량(서비스)의 특성과 운행지역/구간별 특성을 고려한 최적 설계기준 개발 · 실시간 교통상황 감지 및 자율주행/커넥티드 차량 비율(market penetration rate)의 변화에 대응한 안전하고 효율적인 자율주행/커넥티드 주행 환경 조성을 위한 자율주행/커넥티드 차량 대상 실시간 동적 차로 운영 기술 개발 · 자율주행/커넥티드 차량 주행 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 안전하고 효율적인 운영을 보장하기 위한 도로인프라 운영유지관리 기술 및 정밀맵 기반 도로유지관리 시스템 개발 · 자율주행/커넥티드 차량 도로인프라 기술 개발요소와 서비스 시나리오를 연계하여 실제 도로에적용하고 검증함으로써 자율주행/커넥티드 차량 주행간 안전성 확보 및 효율성 보장 측면의 효과 검증 및 기술개발간 개선요소 피드백
2. 연구 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	· 자율주행/커넥티드 차량 등 자율주행기술 기반 새로운 교통수단 확산에 따라 도로 인프라의 개편 필요 - 다양한 자율주행/커넥티드 차량 및 ADAS 기능을 탑재한 차량들이 증가하면서 기존 차량들과의 혼재운행으로 불확실성 증대 및 일반차량들과의 사고위험도 증가 - 자율주행/커넥티드 차량의 증가 및 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량간 혼재상황 시 안전도 향상을 위한 도로인프라 측면의 개선요소 파악 및 도로인프라 설계기준 재정립 필요 · 자율주행/커넥티드 차량의 안전한 주행을 위한 도로환경 요구사항을 반영하고 자율

주행/커넥티드 차량 행태분석을 기반으로 한 실질적인 개인형이동수단 운영을 위한 도로 인프라 설계기준 및 관련 기술 개발 필요

- 자율주행/커넥티드 차량이 타 교통수단 및 보행자와 상호 안전하게 주행할 수 있도록 주행도로 및 도로시설물 등 인프라 구축 기술에 대한 설계 및 운영기술 확보 필요
- 자율주행/커넥티드 차량의 주행 성능, 주행 및 충돌 안전성 요건과 기준을 개발하여 그에 맞는 도로 설계 및 관련 첨단안전시스템 개발 필요
- 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 유형별, 사용환경별 사용성 극대화를 위한 기반시설 구축 필요
- 다양한 도시환경(도로교통환경) 및 이용자 서비스 요구에 대응할 수 있는 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 환경/특성에 따른 자율주행/커넥티드 도로환경 설계 가이드라인 개발 필요
- 자율주행/커넥티드 차량은 고속도로부, 도시부도로, 지방부도로 등 다양한 도로교통환경에 대한 적응성이 필요하고, 이를 위해서는 각 도로간 표준적인 자율주행/커넥티드 차량 친화적 도로환경 설계 필요
- 자율주행/커넥티드 차량은 자가차량, 개인공유차량, 대중교통(셔틀) 등 소유형태 및 모빌리티 서비스 형태에 따라 그 서비스(주행) 특성이 다를 수 있으며, 이러한 서비스 형태에 따른 주행특성 분석, 그리고 주행특성별 도로 설계기준 정립 필요
- 자율주행/커넥티드 차량의 보급 확산 및 새로운 모빌리티 서비스 출현에 따른 혼란 사고 최소화 및 자율주행/커넥티드 차량/서비스 수요에 기반한 도로인프라 개편을 위한 연구개발 필요

□ 기술동향

〈국내 기술동향〉

- 국내 공유차 업체인 쏘카 자율주행 셔틀 서비스
 - 공유차 업체인 쏘카와 자율주행기술 스타트업 라이드플렉스 협력하여 2020년 5월 제주공항에서 쏘카스테이션 구간까지 왕복 5km를 수요응답형 서비스를 제공하고 있음
- 국내는 자율주행 셔틀 상용화 이전 다양한 실증을 통해 인프라, 기술력, 시스템 검증, 안전성 등 검증을 진행하고 있음
 - 국내 최초로 차세대융합기술연구원에서 경기도 판교제로시티~판교역까지 제로셔틀을 수요에 따라 정해진 시간 내 운영하고 있으며, 평창 올림픽에 KT에서 자율주행 버스를 운영 등 다양한 지역에서 실증 및 서비스를 수행하고 있음

[표] 국내 자율주행 셔틀 서비스 현황

구분	경기 판교 제로셔틀	서울 상암 모빌리티 실증	대구 수성알파시티 타시요	경기 시흥 마중
수행기관	차세대융합연구원	서울특별시	대구광역시 미래자동차과	LG유플러스 서울대학교
사업목적	경기도 교통문제 해결을 위한 신교통수단 활용	자율주행 모빌리티 상용화 및 시장 발전을 위한 '테스트베드 서울' 사업	첨단 스마트 도시인 수성알파시티의 미래 신교통수단인 자율주행셔틀을 시민이 직접 체험	경기도 시흥에 심야 시간에 자율주행셔틀 기반의 수요대응형 서비스 제공
도입차량	제로셔틀(11인승)	언맨드솔루션(6인승)	나부야 (7인승)	현대 솔라티(11인승) 현대 아이오닉
운행코스	판교 제로시티~판교역(약 5.8km)	상암DMC역~MBC~상암DMC역(약5km)	수성알파시티 내(3km)	오이도역~정왕동 주거지역

〈국외 기술동향〉

- 세계최초의 자율주행 택시 서비스 우버 택시
 - 우버는 2018년 1월 Nvidia, 도요타와 함께 자율주행차 관련 제휴를 체결 하였고 3월에 미국 피츠버그에서 세계최초의 자율주행택시 서비스를 상용화
 - 피츠버그와 피닉스에서 약 200여대의 자율주행택시를 5만명 이상의 사용자와 누적거리 350만km를 운행함
 - Volvo XC90 SUV 차량을 개조하여 라이더 및 각종 센서를 장착하였으며, 트렁크에는 Nvidia GPU 칩, 서버서 등 내장된 슈퍼컴퓨터가 탑재되었음
- 중국 Pony.ai 자율주행택시 서비스
 - 2016년 중국 자율주행 스타트업인 Pony.ai는 설립한지 1년이 넘는 시점에 빠르게 자율주행자동차를 캘리포니아에 시범 주행함
 - 2018년 광저우 난샤 지역에서 로봇택시 자율주행서비스를 실증하여 대중에게 공개함
 - 이를 기반으로 현재는 미국 캘리포니아 앨버타에서 로봇택시 자율주행 서비스를 제공함
 - 차량은 현대, 도요타, GVC와 파트너십을 체결했으며, 미국 로봇택시 자율주행 서비스는 현대 코나 전기 자동차를 개조하여 서비스하고 있음
- 미국 벤츠-보쉬 자율주행 택시 서비스
 - 2018년 벤츠-보쉬 자율주행 사업 부문에서 제휴 발표
 - 2019년 12월 미국 실리콘밸리에서 자율주행자동차 호출 시범서비스 시행 2020년 실시 예정

3. 연구내용

- [세부기술 1] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 기반 교통수요 예측모형 개발 (수단분담모형, 통행배정모형 등)
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스를 위한 인프라(도로공간, 도로용량, 교통안전시설, 첨단교통시스템, 무선통신인프라, 관제센터 등)에 대한 요구사항 분석 및 운영개념 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 교통수요 예측모형 연계기반 인프라(도로용량, 도로공간, 교통시설 등) 요구 공급규모 산정 모형 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 수요를 고려한 기존 인프라의 공간 재설계 방안
 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 모빌리티 서비스 운영전략을 평가하기 위한 시뮬레이션 패키지 개발 (예: 수요응답형 서비스의 운영 대안에 대한 효과척도 평가)
- [세부기술 2] 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기술 개발
 - SAE 자율주행 기술수준 단계별 도로인프라 영향요소 및 영향도 예측
 - 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 영향요소 및 영향도 예측
 - 자율주행 기술수준 및 서비스 특성별 도로인프라 설계수준 정립
- [세부기술 3] 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 친화형 일반도로 설계 기준 및 기술 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전을 위한 도로시설물 설계 기준 개발
 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 인프라 관리 및 이용정보 수집과 활용 시스템 개발

	자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전 기준과 평가 기술 개발 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전과 경쟁력 강화를 위한 교통운영 기술 개발 • [세부기술 4] 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발 - 실시간 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량과의 혼재율 예측·검지 모형 개발 - 자율주행/커넥티드 차량과 일반차량과의 혼재율 예측·검지 기반 차로 운영 최적화 알고리즘 개발 - 자율주행/커넥티드 차량 전용(우선)차로 운영에 따른 운영효과(주행 및 안전성 측면) 평가를 위한 시뮬레이션 평가체계 개발 • [세부기술 5] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기술 개발 - IoT 기반 실시간 도로인프라 파손 인지 기술 개발 - V2V/V2I 무선통신 기반 도로인프라 상태정보(status quo) 공유기술 개발 - 정밀맵 기반 도로인프라 상태정보 및 각종 유지관리 정보 최신화 체계(기술) 개발 - 도로인프라 운영유지관리 차량 최적·최단 배치 알고리즘 개발 • [세부기술 6] 자율협력주행 도로인프라 실증 운영 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 유스케이스 개발 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 실증 지역(구간) 선정 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 실증 운영 - 자율주행/커넥티드 차량 기반 서비스 운영 효과 평가 및 피드백(고도화) 체계 개발
4. 연구 추진방법	
☐ 추진전략	• 연구개발 수행 시 각 분야의 다양한 전문가가 참여할 수 있도록 제안서에 반영 • 연구추진체계, 세부연구내용, 참여주체별 역할 및 주요 성과 등에 대하여 단계별 전문적인 검토가 수행될 수 있도록 본 연구관련 각 전문분야별 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 전문가로 구성된 자문단의 구성 및 운영에 관한 사항 • 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행 - 관련 업계 전문가로 구성된 위원회 등을 통해 요구사항 파악 등 • 중점과제별 연차별, 단계별 성과목표 및 성과 지표 설정 • 세계 최고 수준의 원천기술 확보를 위한 전략 추구 - 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 안전지원 도로교통 설계 기술 개발을 통한 기술 선진국 도약을 위한 전략 추구 • 핵심 아이디어 도출단계에서부터 지적재산권 확보 추진 • 성과 목표와 지표간 상호 연계성 확보 • 철저한 성과 검증 추진 - 연구 계획 시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표 제시 - 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과 모니터링을 실시 - 실질적인 기술 성능 평가 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대 전략 수립 • 본 과제 추진 시 연구개발 성과의 내구성 기준, 평가방법, 시공 및 유지관리 방법 등은 현행 설치·관리지침을 반영하여 세부적으로 수립
☐ 추진체계	• 본 연구단은 기초·원천기술, 응용 및 실용화 기술 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및

총괄 책임자가 필요함.

- ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도(참여시
가점 부여)
- 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 개발기술의 실증 운영 및 개발기술 성능평가를
위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함
- 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술 개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축이
필요하며, 도로교통 및 ICT 분야의 전문기관 또는 전문가들을 포함한 다학제간 연
계를 통한 협동연구가 필요함
- 필요시 외부의 협력 및 위탁기관을 정하여 효율적 사업 수행하여야 하며, 이 때 협
력 및 위탁기관은 국내외 전문조직을 활용할 수 있음.

5. 최종 성과물

- [세부기술 1] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스 통행수요 예측모형 개발
 - 자율협력주행 서비스 이용수요 예측 모형
 - 이용수요 기반 자율협력주행 인프라 공간 규모 예측 모형
 - 자율협력주행 서비스 이용수요 기반 설계 고려사항 보고서
- [세부기술 2] 자율협력주행 기술수준 및 모빌리티 서비스 특성별 도로인프라 단계별 설계기
술 개발
 - 자율협력주행 기술수준별 도로설계 고려사항 보고서
 - 자율협력주행 기술수준별 안전시설(시스템) 고려사항 보고서
- [세부기술 3] 자율협력주행 운행 안전성(인지 정확성 등) 지원을 위한 도로인프라(도로
구조, 재료, 표지, 신호, 통신 등) 설계기술 개발
 - 자율협력주행 주행 도로 특성 및 서비스 특성별 설계 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 주행도로 설계 지침 및 매뉴얼
 - 자율협력주행 도로교통 안전시설 설계 및 관리 지침
- [세부기술 4] 자율협력주행 대응 동적 차로 운영 기술 개발
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 차로 운영 최적화 알고리즘
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 동적차로운영시스템 설계서
 - 자율협력주행 차량 동적차로운영 정보 표출 단말 설계서
- [세부기술 5] 자율협력주행 기반 모빌리티 서비스에 따른 도로인프라 운영유지관리 기
술 개발
 - 자율협력주행 모빌리티 서비스별 도로인프라 영향도 평가 보고서
 - 도로인프라 영향요소별 운영유지관리 방안 보고서
 - 자율협력주행 차량 기반 도로인프라 운영유지관리 자동화 방안 보고서
- [세부기술 6] 자율협력주행 도로인프라 실증 운영
 - 자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 요구사항 개발서
 - 자율협력주행 서비스 형태별 실증지역 선정
 - 자율협력주행 서비스 유스케이스 개발서
 - 자율협력주행 서비스 실증 지침서
 - 자율협력주행 서비스 운영평가 결과서

6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안
 - 국내 자율주행/커넥티드 차량(서비스) 중심 도로인프라 구축시 자율주행/커넥티드
차량(서비스) 운행특성을 반영한 도로 기하구조, 교통안전시설, 첨단교통인프라장치

	구축 · 도로 기하구조, 교통안전시설, 첨단교통인프라장치 분야 신기술의 국내 구축을 통한 구축사례 축적을 통해 해외 스마트시티/첨단교통 사업 진출
□ 기대효과	· 자율주행/커넥티드 차량 운행 및 모빌리티 서비스 제공에 적합한 도로환경 설계기술 확보 및 첨단시스템 개발 촉진 · 전기 기반 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스의 이용 활성화를 통한 환경 개선 기여 · 자율주행/커넥티드 차량 및 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 수용성 증대 · 자율주행/커넥티드 모빌리티 서비스 비즈니스 창출 및 활성화
7. 연구기간 및 소요예산	
	· 총 연구개발기간 : 2021.01 ~ 2024.12 (4년) · 총 정부출연금 : 12,000백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,300백만원 이내 - 2차년도 정부출연금 : 1,300백만원 이내 - 3차년도 정부출연금 : 6,000백만원 이내 - 4차년도 정부출연금 : 1,400백만원 이내
8. 기타	
	· 본 과제외 보안등급은 “일반/보안 과제”임 · 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 · 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 · 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 핵심과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 · 연구개발계획서에 핵심과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 · 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자

료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통 연구기획 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통 연구기획 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.