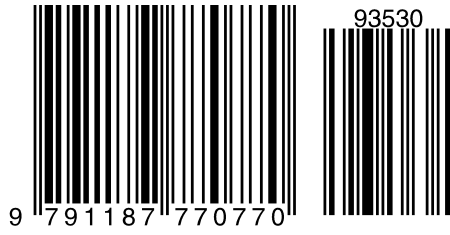


비매 품/무료

93530



9 791187 770770

ISBN 979-11-87770-77-0

18PDPP
-C150501
-01

Urban Loop형
차량 탑재
고속이동체
및 인프라
기술개발
사전기획
최종보고서

2019

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개() 발간등록번호(11-1613000-002638-01)

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 18PDPP-C150501-01

Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 최종보고서

2019. 11. 26.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / (주)더비엔아이

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획’(연구개발 기간 : 2018.12.01. ~ 2019.08.31.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 11. 26.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 한 승 현



공동연구기관명 : (주)더비엔아이 (대표자) 김 윤 명



주관연구기관책임자: 김 창 용

공동연구기관책임자: 고 민 구

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18PDPP-C15 0501-01	해당 단계 연구 기간	2018. 12.01 - 2019. 08.31	단계구분	최종
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획			
연구책임자	김 창 용	해당단계 참여연구원 수	총: 15명 내부: 15명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 65,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 계:65,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 15명 내부: 15명 외부: 명	총 연구비	정부: 65,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 계:65,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국건설기술연구원 차세대 인프라연구센터			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약 본 연구는 도시공간의 교통정체 해소, 온실가스 감축을 위한 Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술의 사전기획 연구로 이슈 및 니즈도출, 관련 기술 및 연구동향을 파악하여 기술개발의 필요성을 규명하고 기술개발 목표, 중점 추진 분야 및 기술개발에 따른 미래상 등을 검토하여 체계적이고 효율적인 연구개발 추진전략 및 방안을 제시함	보고서 면수 252
--	--------------------------

요약문

연구의 목적 및 내용	◦ 본 연구는 도시공간의 교통정체 해소, 온실가스 감축을 위한 신개념 교통, 물류 인프라 기술(Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술)에 대한 본격적인 개발에 앞서 관련 동향 등 분석을 통해 기술개발 필요성을 검토하고 기술개발 추진 방향을 수립하기 위한 사전기획 연구임 ◦ Urban Loop는 아직까지 국내에서는 실용화 된 사례가 없으며 상용화 단계까지 약 10여년이 소요될 것으로 예상되는 신개념 교통인프라(지하도로, GTX 등 기존 지하 교통인프라와 차별성 있음)임 ◦ 따라서 이슈 및 니즈도출, 관련 기술 및 연구동향을 파악하여 기술개발의 필요성을 규명하고 기술개발 목표, 중점 추진 분야 및 기술개발에 따른 미래상 등을 검토하여 체계적이고 효율적인 연구개발 추진전략 및 방안을 제시하고자 함				
연구개발성과	◦ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술의 정의(단기적 관점, 장기적 관점) 및 기술개발 필요성 도출 ◦ 대내외 환경분석을 통한 PEST 종합분석 및 시사점 도출 ◦ 연구개발 추진을 위한 국내 역량분석을 통해 SWOT 분석 및 중점분야 도출 ◦ 연구개발의 개념 및 범위를 정의하고 목적 및 추진전략 등 수립 ◦ 연구개발 비전 및 목표, 중점 분야, 핵심기술 등을 반영한 연구내용 정립 ◦ 기술개발에 따른 미래상(As-is vs To-be) 제시 ◦ 연구사업 목표 달성을 위한 추진전략 및 중장기적 관점의 마스터 플랜 수립 ◦ 정책적, 기술적, 경제적 타당성 검토 ◦ 기술개발에 따른 기대효과 및 파급효과 제시				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	◦ Urban Loop 기술개발에 따른 기대효과 - 도시 공간의 본격적인 입체화 활용 가능 - 이동체의 자율주행, 군집주행 등을 기반으로 지점 간 고속이동, 노선당 교통처리 용량 극대화, 대중교통 이용편의성 증대 - 지상 도로 교통 혼잡 완화 및 교통혼잡비용 절감 - Door to Door 이동 및 운송 실현으로 이용자 편의성 증대 - 교통약자(노약자, 장애인 등)의 교통 이용 편의성 증대 - driveless 환경 구현으로 장거리 이동 편의성 및 시간 활용성 증대				
국문핵심어 (5개 이내)	도시공간	교통정체	지하도로	자율주행	이동체
영문핵심어 (5개 이내)	Urban	Traffic Congestion	Underground Road	Autonomous	transportation vehicle

〈 목 차 〉

목 차	I
표 목 차	III
그림목차	VI

1. 연구개발과제의 개요	1
1.1 기획연구 정의 및 범위	1
1.2 연구개발 배경 및 필요성	14
1.3 사업 추진 근거	33
1.4 기획 추진체계 및 경과	38
1.4.1 추진체계	38
1.4.2 기획 추진 경위	40
2. 국내외 환경분석	47
2.1 신 교통수단에 따른 미래 사회 환경변화, 주요 이슈	47
2.2 국내외 정책동향	61
2.2.1 주요국 정책 동향	61
2.2.2. 국내 정책동향	69
2.3 국내외 시장동향	82
2.3.1 철도 및 지하도로 시장	82
2.3.2 자율주행차 시장	89
2.4 국내외 기술동향	97
2.4.1 국외 기술개발 동향	97
2.4.2 국내 기술개발 동향	106
2.5 PEST 분석	110

3. 국내 R&D 역량 분석	113
3.1 국내외 특허동향 분석	113
3.2 국내 기술수준 조사	134
3.3 연구 인프라 현황	145
3.4 국내 R&D 투자 동향	149
3.5 SWOT 분석	150
3.6 중복성 및 연계방안 검토	153
 4. 사업구성 및 추진전략	 157
4.1 연구개발 비전 및 목표	157
4.2 추진전략	158
4.3 연구개발 과제 내용	162
4.4 기술개발에 따른 미래상	167
4.5 총괄 로드맵 설정	170
 5. 사전 타당성 검토	 177
5.1 정책적 타당성	177
5.2 기술적 타당성	203
5.3 경제적 타당성	213
5.3.1 비용편익 분석의 개요	213
5.3.2 비용편익 분석 전제조건	218
5.3.3 편익추정	224
5.4 파급효과 및 미래상	237
 6. 기획과제 공모 방안	 241
 붙임. 참고문헌	 251

〈 표 목 차 〉

< 표 1.1 > 신교통수단의 유형화와 Urban Loop 적용 범위	3
< 표 1.2 > 부문별 오염물질 배출량(2015년)	19
< 표 1.3 > 교통·SOC관련 정부지출 현황	20
< 표 1.4 > 서울에서 경기도로 이동한 인구의 순 증가 현황	22
< 표 1.5 > 도시지역 교통량 증가에 따른 도로용량 확대 조건별 공사비 비교	25
< 표 1.6 > 차량 탑재 고속 이도엿 및 인프라 기술개발 사전기획의 지원 근거	33
< 표 1.7 > 국정전략·과제와의 연계성	35
< 표 1.8 > 국가계획 및 주요 내용	36
< 표 1.9 > 부처계획 및 주요 내용	37
< 표 1.10 > 총괄위원회 명단	39
< 표 1.11 > 기획분과위원회 명단	39
< 표 1.12 > 차량탑재 이동체 개발을 위한 가용기술 선정	41
< 표 2.1 > 운송 분야 이동체 개발 현황 및 계획	48
< 표 2.2 > 철도교통분야 국내/외 시장현황 및 전망	83
< 표 2.3 > 철도교통분야 권역별 비중	84
< 표 2.4 > 세계 철도 차량 제작사 현황(2015년 기준)	85
< 표 2.5 > 세계 철도차량부품 업체 현황	86
< 표 2.6 > 글로벌 자율주행차 시장 전망	89
< 표 2.7 > 유럽의 자율주행차 시장 전망	90
< 표 2.8 > 북미의 자율주행차 시장 전망	91
< 표 2.9 > 중국의 자율주행차 시장 전망	92
< 표 2.10 > 아세안 및 기타국가의 자율주행차 시장 전망	93
< 표 2.11 > 남미의 자율주행차 시장 전망	94
< 표 2.12 > 아세안 및 기타국가의 자율주행차 시장 전망	95
< 표 3.1 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 특허 분석 개요	113
< 표 3.2 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(’08~’18)	114
< 표 3.3 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황	117
< 표 3.4 > 주요 국가별 기술경쟁력 분석	119
< 표 3.5 > ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 특허 분석 개요	120

< 표 3.6 > ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~18)	121
< 표 3.7 > ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황	124
< 표 3.8 > 주요 국가별 기술경쟁력 분석	126
< 표 3.9 > ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 특허 분석 개요	127
< 표 3.10 > ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~18)	128
< 표 3.11 > ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황	131
< 표 3.12 > 주요 국가별 기술경쟁력 분석	133
< 표 3.13 > 연구개발사업 유사실적(신교통수단)	135
< 표 3.14 > 연구개발사업 유사실적(지하 교통 인프라)	135
< 표 3.15 > 우리나라 전공별 연구원 수	145
< 표 3.16 > 국토건설·교통 분야 기준 10년간 사업별 참여 인력 수(‘09~18)	146
< 표 3.17 > 국토건설·교통 분야 기준 10년간 사업별 참여 인력 수(‘09~18)	146
< 표 3.18 > 동 사업 관련 SWOT 분석	151
< 표 3.19 > 중복성 검토 결과	154
< 표 3.20 > 유사 과제와의 연계활용방안 검토결과	155
< 표 4.1 > 자율주행자동차 시장전망 (단위 : 천대, %)	159
< 표 4.2 > 기반시설 현황	171
< 표 4.3 > 대체가 가능한 교통서비스	172
< 표 5.1 > 정책적 타당성 분석에 해당되는 목차	177
< 표 5.2 > 국가정책(문재인 정부 100대 국정과제)과의 부합성	179
< 표 5.3 > 국가정책(제4차 국가과학기술기본계획)과의 부합성	180
< 표 5.4 > 제4차 국토종합계획 수정계획과의 부합성	181
< 표 5.5 > 제6차 건설기술진흥기본계획과의 부합성	182
< 표 5.6 > 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획과의 부합성	183
< 표 5.7 > 건설산업 혁신방안과의 부합성	184
< 표 5.8 > 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획의 부합성	185
< 표 5.9 > 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준의 부합성	186
< 표 5.10 > 국가안전관리기본계획과의 부합성	187
< 표 5.11 > 제3차 재난안전기술개발과의 부합성	188
< 표 5.12 > 제3차 재난안전기술개발과의 부합성	189
< 표 5.13 > 상위계획과의 부합성 평가	191
< 표 5.14 > 동 사업과 관련된 법·제도와 성능 규제	197
< 표 5.15 > 위험요인 평가결과	201
< 표 5.16 > 연도별 투자계획	219
< 표 5.17 > 총 비용추정 결과	221
< 표 5.18 > 사업 주요 편익항목	222

< 표 5.19 > 편익분석 지표 및 산정기준	223
< 표 5.20 > 주요도시 지하도로 건설계획	224
< 표 5.21 > 주요 항목별 공사비 증감 원인	227
< 표 5.22 > 적용대상 기술의 공사비 감소 규모 추정	228
< 표 5.23 > 연도별 공사비용 감소 규모 추정	229
< 표 5.24 > 편익산정 기준 및 지표설명	229
< 표 5.25 > Urban Loop형 인프라 건설 공사비용 절감 편익	230
< 표 5.26 > 3개 대도시 도시부 교통혼잡 비용	232
< 표 5.27 > 3개 대도시 도시부 도로연장	232
< 표 5.28 > 3개 대도시 도시부 교통혼잡 비용(km)	233
< 표 5.29 > 교통혼잡비용 감소 규모 추정	234
< 표 5.30 > Urban Loop형 인프라 교통혼잡 비용 감소 편익	235
< 표 5.31 > 총 편익 추정	236

〈 그림목차 〉

< 그림 1.1 > 신교통수단의 종류	1
< 그림 1.2 > 지능형교통체계 개념	2
< 그림 1.3 > Urban Loop의 주요 특징	5
< 그림 1.4 > 도심 내에서의 Hyperloop와 Urban Loop 연계 예상도	8
< 그림 1.5 > 자율주행 전용 교통인프라 운영	9
< 그림 1.6 > 공유형 모빌리티 개념도	9
< 그림 1.7 > 기존 인프라 연계	10
< 그림 1.8 > 미래 인프라 연계	10
< 그림 1.9 > 공유 모빌리티의 분리·결합 개념도	11
< 그림 1.10 > 다양한 공유 모빌리티 아이디어(규격화 필요)	11
< 그림 1.11 > 도심 지하공간 활용에 대한 사회적 니즈	15
< 그림 1.12 > 수도권→서울 출근시간 승용차 대비 대중교통 소요시간	16
< 그림 1.13 > 부문별 감축률 및 감축량(환경부, 2014)	17
< 그림 1.14 > 지속가능 교통물류발전 수정 기본계획 비전 및 목표	18
< 그림 1.15 > 도로 위 차량의 대기오염물질 배출과 미세먼지 농도 증가	19
< 그림 1.16 > 도로투자실적과 교통혼잡비용의 비교(한국교통연구원, 2014)	20
< 그림 1.17 > 도시지역 지하도로 바이패스(Bypass) 설치 개념도	23
< 그림 1.18 > 수도권→서울 출근시간 대 통행 소요시간	24
< 그림 1.19 > 수도권 순 이동 및 택지개발 사업 현황	26
< 그림 1.20 > 4차 산업혁명 핵심 일자리 분포 현황	26
< 그림 1.21 > 기술적 접근을 통한 도시 문제해결(오동하·배현(2012))	27
< 그림 1.22 > “The Future of Jobs”가 전망한 제4차 산업혁명의 주요 변화동인	28
< 그림 1.23 > 국토교통의 만족도와 국토교통기술에 대한 기대	29
< 그림 1.24 > 기획추진체계	38
< 그림 1.25 > 이동체 개념도 : 승용차 탑재 방식	41
< 그림 1.26 > Urban Loop 상용화 개념도((좌)서울시 Bypass, (우)외곽-시내 주요 거점 연결) ...	42
< 그림 1.27 > 1900년과 1913년 뉴욕 5번가 주요 통행수단의 변화(마차→자동차)	43
< 그림 1.28 > 단기적(좌) 및 중·장기적(우) Urban Loop 적용 방안	45
< 그림 1.29 > Urban Loop형 대중교통 및 물류 이동체 개념도(1)	46
< 그림 1.30 > Urban Loop형 대중교통 및 물류 이동체 개념도(2)	46
< 그림 2.1 > Peloton사 트럭군집주행시스템	49
< 그림 2.2 > Google의 웨이모	50
< 그림 2.3 > EasyMile社 EZ10	51
< 그림 2.4 > Robot Taxi社 Robot Cab(左)와 난양공대 자율주행버스: Navia(右)	52

< 그림 2.5 > DHL 물류 프로세스 전반에 걸친 자율주행 차량 적용 컨셉	52
< 그림 2.6 > 군집 주행 트럭 동작 개념	53
< 그림 2.7 > 원격 제어를 통해 운행되는 무인트럭	54
< 그림 2.8 > Amazon KIVA Systems(左)와 Fetch Robotics(右)	54
< 그림 2.9 > 마이크로 모빌리티	55
< 그림 2.10 > 엘리베이트(걸어다니는 차)	56
< 그림 2.11 > 첨단 소형무인케도차(PRT, Personal Rapid Transit)	57
< 그림 2.12 > 위그선	57
< 그림 2.13 > Ironlev의 자기부상 이동체	58
< 그림 2.14 > 자이로스코픽 버스(Gyroscopic Bus)	59
< 그림 2.15 > 바이모달 트램	59
< 그림 2.16 > 바테	60
< 그림 2.17 > I-Construction의 개념	65
< 그림 2.18 > 세계 최강 터널과 엔타이-다렌 해저터널	66
< 그림 2.19 > 일대일로 노선도	67
< 그림 2.20 > 쿵, 인공섬 건설 프로젝트	68
< 그림 2.21 > 국정전략 비전 및 목표	74
< 그림 2.22 > 제4차 국토종합계획 수정계획의 비전 및 목표	76
< 그림 2.23 > 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획의 비전 및 목표	78
< 그림 2.24 > 제6차 건설기술진흥기본계획의 비전 및 목표	79
< 그림 2.25 > 건설산업 혁신방안의 비전 및 목표	80
< 그림 2.26 > 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획의 비전 및 목표	81
< 그림 2.27 > 국내 철도산업 현황	87
< 그림 2.28 > 국내 중소기업 거래처 현황	87
< 그림 2.29 > 민간투자사업 제안 가능 현장 예시	88
< 그림 2.30 > 국내 중소기업 거래처 현황	96
< 그림 2.31 > LVCC노선 및 16인승 고속 이동체 개념도	97
< 그림 2.32 > CarTube 및 TEV 개념도	97
< 그림 2.33 > ARRIVO 이동체 컨셉	98
< 그림 2.34 > 도요타 및 구글 자율주행차	98
< 그림 2.35 > 일본과 중국의 초고속 자기부상열차	99
< 그림 2.36 > Double-deck 엘리베이터와 Twin-deck 엘리베이터	99
< 그림 2.37 > 로프리스 엘리베이터와 우주 엘리베이터	100
< 그림 2.38 > 티센크루프의 MULTI 엘리베이터	100
< 그림 2.39 > ECO Park	100
< 그림 2.40 > U-Park	101
< 그림 2.41 > 중국 자율 주차 시스템	101
< 그림 2.42 > 미국 NEXT 모듈카 개념도	102

< 그림 2.43 > 모듈형 장치를 이용한 기존 시설물 활용 기술	102
< 그림 2.44 > 물류 복합 활용 기술	102
< 그림 2.45 > Flying Car	103
< 그림 2.46 > UL Tra	103
< 그림 2.47 > Skytran	103
< 그림 2.48 > Ironlev의 자기부상 이동체	104
< 그림 2.49 > 일본 DeNA사의 자율주행 셔틀	104
< 그림 2.50 > 프랑스 Stanley Robotics사의 자율주행 주차 로봇 ‘Stan’	104
< 그림 2.51 > 독일 Serva Transport Systems사의 Ray 자동 주차 시스템	105
< 그림 2.52 > 미국 Tesla사의 ‘스네이크봇’과 독일 KUKA사의 ‘CarLa’	105
< 그림 3.1 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~18) ...	114
< 그림 3.2 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술의 기술수명주기	115
< 그림 3.3 > 글로벌 주요 출원인 분석	117
< 그림 3.4 > 국가별 주요 출원인 분석	118
< 그림 3.5 > ‘고속 이동체 기술 개발’기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~18)	121
< 그림 3.6 > ‘고속 이동체 기술 개발’기술의 기술수명주기	122
< 그림 3.7 > 글로벌 주요 출원인 분석	124
< 그림 3.8 > 국가별 주요 출원인 분석	125
< 그림 3.9 > ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~18) ...	128
< 그림 3.10 > ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’기술의 기술수명주기	129
< 그림 3.11 > 글로벌 주요 출원인 분석	131
< 그림 3.12 > 국가별 주요 출원인 분석	132
< 그림 3.13 > 신교통수단 종류	134
< 그림 3.14 > 기계실 없는 엘리베이터(Machine Roomless Elevator)	136
< 그림 3.15 > 더블덱, 트윈덱 엘리베이터	139
< 그림 3.16 > TBM 굴착 기술과 복층터널 개념도	143
< 그림 3.17 > 한국기계연구원 자기부상모형과 인천공항 자기부상철도	143
< 그림 3.18 > 부산지하철 4호선과 무인 운행되고 있는 인천지하철 2호선	144
< 그림 3.19 > 우리나라 전공별 연구원 수 추이	145
< 그림 3.20 > 한국건설기술연구원 보유 인프라	148
< 그림 3.21 > 한국기계연구원 보유 인프라	148
< 그림 3.22 > 주요 국가별 기술경쟁력 분석	149
< 그림 3.23 > 분야별 투자비중 및 분야별 투자 추이	149
< 그림 3.24 > 부처별 유사사업과의 차별성	153
< 그림 4.1 > 국내 자율주행차 시장 전망	160
< 그림 4.2 > 수소 및 전기차 보급 로드맵(안)	160

< 그림 4.3 > 중장기 로드맵 수립(공간적)	173
< 그림 4.4 > 중장기 로드맵 수립(서비스 차원)	174
< 그림 5.1 > 주요 검토 항목	215
< 그림 5.2 > 세부 편익 및 비용 항목	215
< 그림 5.3 > 경제성 분석 프로세스	216
< 그림 5.4 > 경제성 타당성 분석 과정 개략도	217
< 그림 5.5 > Urban Loop 튜브(터널) 단면(안)	226
< 그림 5.6 > 제물포터널 터널 단면(2차로 본선)	227

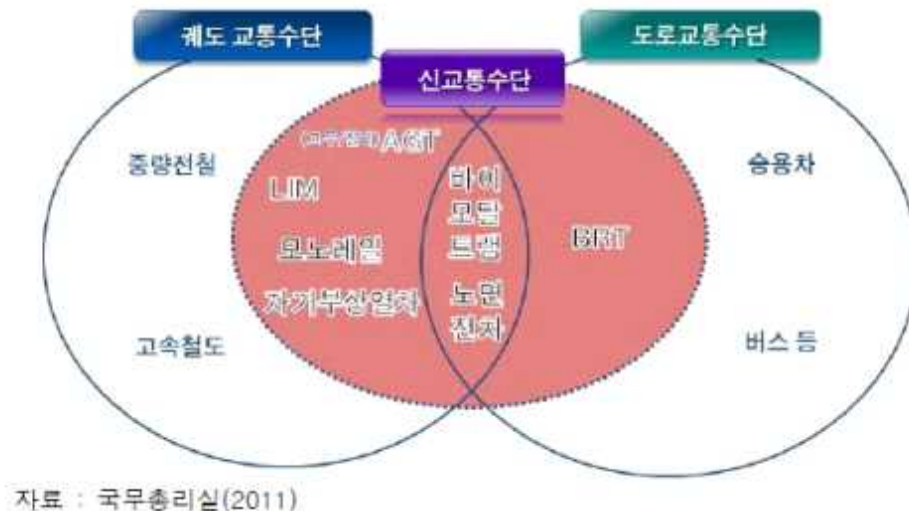
1. 연구개발과제의 개요

1.1 기획연구 정의 및 범위

가. 관련 용어 정의

□ 신교통수단

- 국토교통부(2011)에 따르면 신교통수단은 지금까지 우리나라에 도입·운영되지 않은 최첨단 기술을 적용한 교통수단으로 정의



< 그림 1.1 > 신교통수단의 종류

- 한편, 신교통수단 선정 가이드라인(국토부, 2018)에서는 신교통수단으로 적용하는 대상을 BRT, 하이모달트램, 노면전차(무가선트램 등), 경량전철(고무/철제 차륜 AGT 등) 및 자율주행 대중교통차량으로 구체화
- 또한 국가 R&D 사업 등으로 개발완료 또는 개발 중인 신교통수단은 운영 개시시점에 안전성 등이 충분히 검증될 수 있는 경우 앞에서 분류된 5가지 형태 중 가장 유사한 형태에 추가하여 검토하도록 규정

□ 지능형교통시스템

- 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System; ITS)은 기존의 교통체계에 정보, 통신, 제어, 전자 등의 지능형 기술을 접목시킨 교통시스템으로 정의(박세환, 2011)

- 교통수단 및 교통시설에 전자·제어 및 통신 등 첨단기술을 접목하여 교통정보 및 서비스를 제공하고 이를 활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계
- 즉, 도로, 자동차, 철도, 항공, 해운 등 기존의 교통체계에 전자, 정보통신, 제어 등 지능형 기술을 접목시킨 차세대 교통시스템으로 신속, 저렴하고 안전한 교통환경을 확보하고 운영의 효율화를 기하는 일대 혁신 교통시스템을 의미



자료: 국토교통부

< 그림 1.2 > 지능형교통체계 개념

나. 기술의 정의

□ Urban Loop

- **단기적 관점** : 고속(150km/h 이상)의 교통류 제어가 가능한 자율주행 및 자기부상기술 기반 이동체를 이용하여 차량의 탑재가 가능한(또는 소규모 대중 운송형) 지하 신교통 인프라를 개발함으로써 도심 지정체 현상 및 대기 오염 문제 개선에 기여
- **장기적 관점** : 미래 공유사회가 지향하는 소형화 공유형 모빌리티(pod) 등의 이동 거리 한계 극복이 가능한 모듈화·군집화 이동 시스템을 제공함으로써 door to door형 공유 모빌리티 실현으로 이용자 편의성과 국민 삶의 질 향상에 기여

○ Urban Loop의 개념

- 도시공간의 교통정체 해소, 대기오염물질 저감이 가능한 도시공간 입체적 활용 기반의 신개념 교통인프라

- (도시공간 입체적 활용) 지상부 교통인프라의 도심도 지하화를 통해 수직적 및 수평적 이동 구현으로 도심 공간 활용성 극대화

- (신개념 교통수단) 신개념 이동수단, 도심지 이동속도의 혁신적 개선, 대중교통 수단과 개인교통수단 연계성 강화

- 도시지역 지하공간 활용에 기반한 신개념 교통수단 구축을 통해 미시적 측면에서는 신속성 및 정시성 증대 거시적 측면에서는 교통 편의성 증진 및 환경개선에 기여

- 기존의 범용적 교통 및 물류 인프라인 도로 또는 철도와 차별화되는 신교통수단으로 승객, 차량 또는 물류를 전자기력을 이용한 자율주행 고속 이동체에 탑재하여 이동시키는 기술 및 인프라로 정의

- 본 연구기획에서 대상으로 하는 신교통수단은 신교통수단의 종류 분류에 있어서는 자기부상열차, 대중교통차량 측면에서는 자율주행 대중교통차량에 가장 유사한 형태로 고려가 가능하지만 기존의 분류방식에 의한 명확한 유형화에는 한계가 있음

- 자기부상열차와 유사한 자기부상 방식을 이용하기는 하지만 종래에 고려되던 자기부상열차와는 이용 방법, 적용대상 등 상이

- 자율주행 대중교통차량 대비 이용 대상 범위 확대(승객, 차량, 물류 등)

- 도시지역의 지상 활용공간 부족, 국민 복지 향상을 위한 지상공간 개선, 사업추진을 위한 토지보상비 등의 여건을 고려할 도심 지하공간을 주요 공간적 범위로 함

〈 표 1.1 〉 신교통수단의 유형화와 Urban Loop 적용 범위

구 분		적용 시스템	비고
운행방식	궤도형	AGT, LIM, 자기부상열차, 모노레일	Urban Loop
	복합형	바이모달트램, 노면전차	
	도로형	BRT	
운영구간	고가 및 지하	AGT, LIM, 자기부상열차, 모노레일	Urban Loop
	지상	노면전차, 바이모달트램, BRT	Urban Loop
타 교통수단과의 분리	전용	AGT, LIM, 자기부상열차, 모노레일	Urban Loop
	부분공용	BRT, 바이모달트램	
	완전공용	노면전차	

□ Urban Loop 개발에 요구되는 요소기술 정의

- ‘차량 탑재 고속 이동체’란 본격적인 도시공간의 입체화된 이용 및 이동을 위한 기술로 미국의 Elon Musk에 의해 최초 제안된 기술 컨셉
- 초기단계에는 전동 스케이트에 의한 차량운반 또는 대중교통 수단으로 정의하였으나 현재는 자율 전기자동차(AEV)를 통해 다수의 승객(최대 16명)을 고속으로 이송하는 방식으로 개념 수정(미국 Boring company社 홈페이지(www.boringcompany.com) 참조)
- 본 연기기획에서 차량 탑재 고속 이동체는 소형 차량 또는 미니버스 형태의 승객 탑승 설비뿐만 아니라 모듈화된 포드(pod) 차량(승객 또는 물류) 등을 탑재하여 고속(150km/h 이상)으로 자율주행 할 수 있는 이동체 플랫폼으로 정의
 - 기존 승용차 이용자도 Non-Driving에 의한 목적지 이동 구현
 - 개인별 운송수단뿐만 아니라 대중교통 수단으로 활용
 - 모듈식 대중교통(Modular mass transit)으로 소형 자율주행 포드(pod)의 이동 범위 한계 극복과 함께 이용자의 Door to Door 이동성 확보(기존 대중교통 대비 이용 불편 해소)
- 본 연기기획에서의 ‘인프라 기술’은 신교통수단인 Urban Loop를 구축하고 운영하는데 필요한 기반 기술을 의미
 - 이동체 운행 및 운영을 위한 동력·에너지 관계시설과 운영시스템
 - 경제성 및 안정성을 고려한 인프라 구조물(수평 및 수직 소단면 터널(튜브) 설계·시공 기술
 - 이동체 관리 및 제어를 위한 시스템, 복합 모빌리티 허브 등
- ‘이동체 제어 및 운행 제어 기술’이란 이동체의 제어기술과 관계기술을 의미하여 다음과 같은 주요 기술들이 포함됨
 - 차량 탑재 고속 이동체를 운전자의 조작 없이 자동으로 목적지로 이동
 - 자기부상 기술을 이용한 수직 및 수평 이동 및 제어기술
 - 원격의 중앙 관제 시스템을 통해 이동체 운행 상태를 모니터링하고 이동시키는 기술

□ Urban Loop의 주요 특징

- 기존 도시부 교통 인프라의 문제점(지정체에 의한 국민 불편 및 교통혼잡 비용 증가, 내연기관 차량에 의한 대기오염 문제, 인적 요인에 의한 교통사고 발생 등)개선 및 광역 교통 missing link 해결을 위한 효율적 교통 인프라로 다음과 같은 특징이 있음

- (신속성 및 정시성) 시스템으로 제어되는 이동체의 고속 주행(목표 속도 150km/h 이상)을 통해 신속한 이동 및 정시성 확보, 교통처리량 극대화 기대
 - (효율성 및 확장성) 이동체가 고속으로 개별 또는 군집 자율·제어 주행이 가능하므로 노선 이용 효율성 및 교통처리량 극대화 가능
 - (범용성 및 공공성) 교통 SOC 측면에서 국민 생활의 편의 지원과 양질의 공공서비스 제공을 위한 기술이며 이동체의 활용 방식에 따라서 개별 교통수단(승용 또는 소형 화물차 등 탑재), 대중교통 및 물류 운송 수단으로 이용 가능
 - (공간 활용성) 이동체의 지상-지하 간 수직 이동을 통해 기존 지하도로 대비 진·출입부 공간 점유 최소화뿐만 아니라 동일 용량 처리를 위한 노선 수 감소를 통해 노선 이용 공간, 특히 터널 굴착면적 축소 가능
 - (안전성 및 안정성) 이동체 자율주행 및 제어기술 적용으로 기존에 운전자 실수, 과속 등 사용자 요인에 따른 사고·위험 최소화
- * 기존 터널내 사고 중 운전자 과실에 의한 사고 비율 약 92.3%
- (경제성) 공공인프라 건설 및 이용과정에서 손실되는 비용을 최소화하기 위한 기술이며 기존 터널 및 도심도 지하도로 대비 굴착비용 절감 및 환경부담비용 감소, 모듈화-그룹화 자율주행 이동체 개발 및 운영을 통한 모빌리티 공유 시스템 확보
 - (환경성) 친환경 개발 패러다임에 부응하는 탄소배출, 분진, 각종 환경오염물 저감을 위한 기술이며 기존의 내연기관에 의한 차량 이동방식을 최소화하고, 전자기력에 의한 이동체에 탑재하는 이동방식으로 전환을 통해 화석연료 사용 및 대기오염물질 배출 저감



〈 그림 1.3 〉 Urban Loop의 주요 특징

□ 기존 교통수단 또는 기술과의 차이점

○ 지하도로

- 단기적 관점에서 우선 대체가 가능한 교통수단(인프라)인 지하도로(대심도 터널)과의 차별성을 정리하면 다음과 같음

구 분	Urban Loop	대심도 지하도로(터널)
목표 속도	150km/h 이상	80km/h (도시지역 간선도로 기준)
이동 에너지	전자기력	화석연료
조작 및 주행 방법	이동체 자율주행	운전자 조작
교통처리량 ¹⁾	2,273대/시간	947대/시간
동일한 차량수 통행을 위한 필요 차로수	1차선	2차선
교통 사고	0.1건/km²⁾	1.29건/km ³⁾
단면 직경(1차로 기준) ₄₎	4.3m	8.6m
터널 시공비 비 ⁴⁾ (차로 수 고려)	1.0 (1.0)	2.2 (4.4)
특징	- 차량 처리 용량 大 - 대기오염물질 최소화 - 환기 설비, 공간 등 최소화로 터널 단면적 小 - 지상에서 본선으로 수직이동으로 개착 Box 구조물 설치 불필요	- 이용자를 위한 환기설비, 공간 필요 및 비용 大⁵⁾ - 운전자 조작에 따른 사고 발생 위험성 高 - 진·출입부 취약지반 통과 및 개착 Box 구조물 시공에 따른 민원발생 소지 大

1) 지하도로(터널) 연장 10km 기준, 1차선 동일 조건 비교

구분	Urban Loop	일반터널	구분	Urban Loop	일반터널
운행속도(km/h)	150	80	차량 1대당 필요 거리(m)	106	84.5
터널 통과 소요시간(min)	4	7.5	1차로당 터널 내 차량수(대)	151 (151.5)	118 (118.3)
차량 간격(m)	60	80	분당 처리 용량	37.9	15.8
차량 길이(m)	6(이동체 길이)	4.5	시간 당 교통처리량(대/hr)	2,272.7	946.7

2) 터널 내 교통사고 원인 중 운전자 과실에 의한 사고 비율 약 92.3%(2005~2012년 자료 분석, 출처 : 대심도 지하도로 설계지침 제정연구 최종보고서, KICT(2015))

3) 2011년~2015년 고속도로 터널부 사고 평균 건수 참조(출처 : 고속도로 터널 및 교량에서의 차선운용 개선방안 수립 연구, 한국도로공사 도로교통연구원(2017))

4) 1차선 터널을 동일하게 시공하는 조건(출처 : 미국 The Boring Co. 검토 자료 및 “Planning level tunnel cost estimation based on statistical analysis of historical data”, J. Rostami et al.(2013))

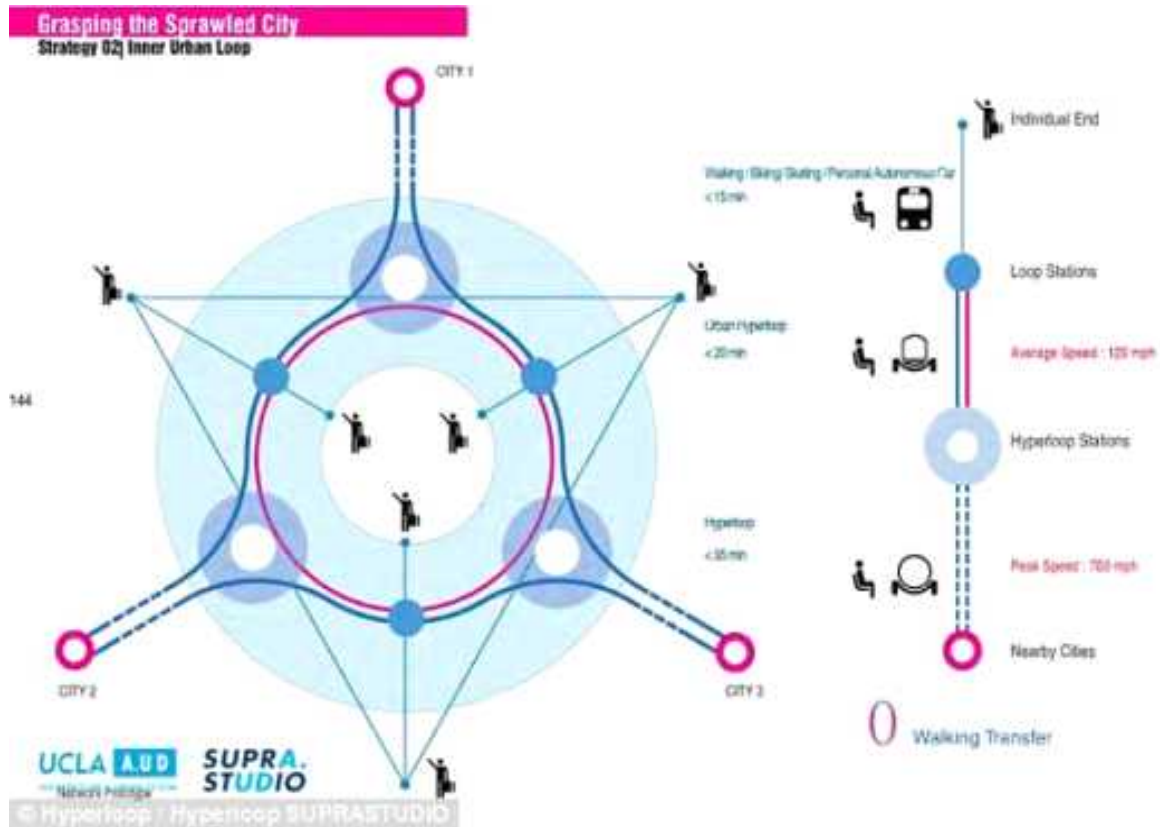
5) 10km를 초과하는 도시지역 지하도로에서는 이용자의 안전을 고려하여 유해물질 설계농도 강화 필요(CO : 50ppm, NO_x : 15ppm), 15km 초과 연장에서는 별도 검토(출처 : 도시지역 지하도로 설계지침, 국토교통부(2016))

○ GTX(Great Train eXpress, 수도권 광역급행철도)

- 수도권을 빠른 속도로 연결하는 광역급행철도로, 대심도 급행 철도 개념
- 현재 대표적인 사업 진행 노선인 A 노선의 경우 일산과 동탄을 연결하여 출퇴근 시간을 단축하려는 목적으로 제안되었으며, 기존 전철노선의 문제점인 느린 표정속도를 해결하고자 함
- * 현재는 대화역-수서역 기준 약 1시간 30분 소요(지하철 3호선 이용 조건)되지만, GTX 이용 시 30분대로 이동시간 단축
- GTX는 기존 지하철 대비 높은 표정속도를 목표로 하기는 하지만 모든 역사에서는 정지할 수밖에 없는 mass transit인 반면에 Urban Loop는 이용자가 원하는 역사(거점)로 바로 이동할 수 있다는 차별성을 갖음
- 또한 사업에서 대항으로 하는 운송 대상은 GTX의 경우 승객에 한정되지만 Urban Loop는 차량(내연기관 차량, 미래 개인용 운송수단 등), 승객 및 물류와 같이 다양한 운송 대상으로 적용 범위를 확장할 수 있다는 측면에서 구별 됨

○ 하이퍼루프(Hyperloop, 진공튜브 열차 유형의 고속 철도)

- 터널의 완전 또는 부분 밀폐를 통해 터널 내부의 기압을 낮춘 뒤 공기저항을 최소화한 상태에서 열차를 쏘아 날리는 개념으로 스페이스X의 엘론 머스크와 전기차 제조사인 테슬라에서 주도하고 있는 프로젝트임
- 고속열차의 속도 극대화의 가장 큰 걸림돌인 공기저항을 최소화하기 위해 제안된 개념으로 진공 터널을 유지에 큰 비용 소요됨
- 하이퍼루프는 튜브 내의 아진공 상태 유지(공기 저항 최소화)와 자기부상 기술을 이용해 약 1,000km/h 이상의 목표 속도를 바탕으로 장거리 거점 이동에 유리한 이동 수단으로 개발 중에 있음
- 반면, Urban Loop는 이동체의 동력 및 추진방식에 자기부상 기술을 이용한다는 점은 유사하지만 하이퍼루프 대비 단거리 이동을 목적으로 하기 때문에 목표속도는 약 150km/h~200km/h 정도가 요구될 것으로 예상되므로 터널(튜브) 내부의 진공상태 조성이 불필요 함
- 한편, 장거리 이동 목적의 하이퍼루프는 도시지역에서 Urban Loop와 연계되어 이용자의 목적지 이동 편의성을 극대화 할 수 있을 것으로 예상됨



< 그림 1.4 > 도심 내에서의 Hyperloop와 Urban Loop 연계 예상도(UCLA Suprastudio, 2015)

○ 자율협력주행(Automated and Connected Transportation System)

- 자율협력주행은 차량이 주행 중 운전자에게 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등의 사고 위험 정보를 실시간으로 제공하는 시스템 및 관련 기술 통칭
- Urban Loop과 자율협력주행은 운행 주체의 간섭 없이 자율 주행된다는 측면에서는 유사해보이나, 중앙집중식 자율주행 제어라는 측면에서 개체별 자율협력주행과는 구분됨
- Urban Loop 대중교통 이용 컨셉과 유사하게 자율협력주행 분야에서는 LSAD(저속 자율셔틀 시스템)이 유럽 및 국내 등에서 개발 중에 있으며 12~15인 정도가 탑승할 수 있는 셔틀로 25km/h 이하의 저속으로 운행한다는 단점이 있으며 Urban Loop는 LSAD의 속도적 한계(단점)를 극복할 수 있는 기술로 차별화할 수 있음

□ Urban Loop의 장점 및 기존·미래 인프라 연계성

○ 자율주행 전용 교통 인프라

- 기존 인프라의 경우 수동 조작에 의한 교통정체로 인프라 규모 대비 효율성이 떨어지나, Urban Loop의 경우 자율주행을 통한 제어를 통해 교통정체 없는 150km/h의 정속주행 실현으로 인프라의 효율성을 극대화 하여 신속, 정시, 효율, 안전, 안정, 경제, 환경 성 등 현 교통인프라 대비 우수성을 확보

* 자율 주행 시 신호등 없는 교차로 운영 가능으로 지하 인터체인지, 교차로 등 운영을 통한 교통 효율성 확보 및 인프라 구축 운영비 최소화 가능



< 그림 1.5 > 자율주행 전용 교통인프라 운영

○ Door to Door형 공유 인프라

- 교통 인프라는 개인의 소유 개념을 벗어나 모빌리티(Pod)를 공유하는 형태로 발전하고 있으며, Urban Loop의 최종 목표는 집에서 모빌리티가 출발해 최종 목적지까지 환승 없이 운행하여 이용자의 편의성을 보장

* 현재 지하철, 버스 등 환승체계가 잘 형성되어 있으나, 환승시간 등 이용자의 소요시간이 많이 필요한 단점의 해소 필요



< 그림 1.6 > 공유형 모빌리티 개념도

○ 기존 인프라 연계

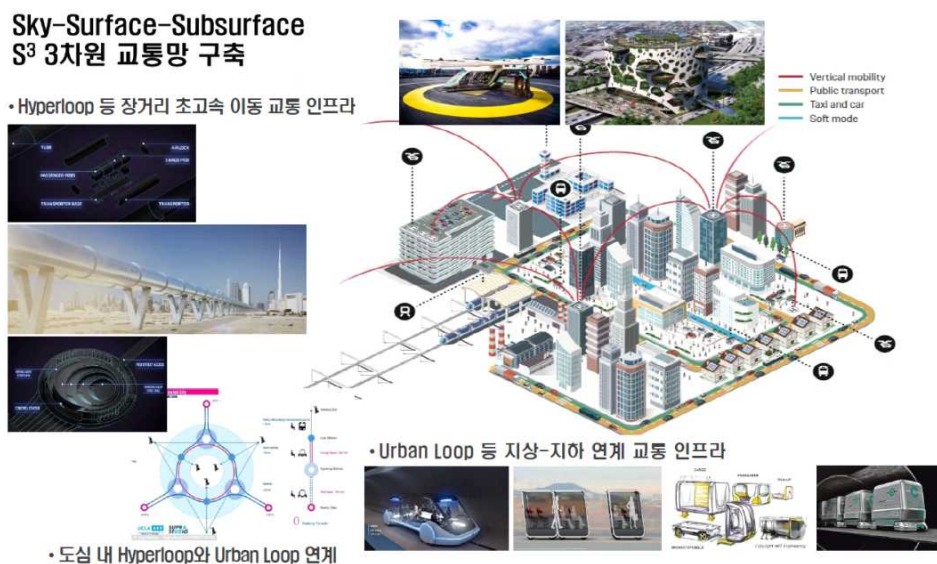
- (단기적) 서울시의 경우 지상부 교통 혼잡으로 지하로 유입되는 차량의 지상 진입 시 정체가 발생 될 수 있어, 지점과 지점의 지하를 연결하는 형태의 루프를 만들고 지하에서 하차한 이용자는 지상이동 혹은 타 교통 인프라(버스, 지하철)로 환승
- (중기적) Urban Loop 환승센터를 기점으로 1회 환승을 통한 Door to Door 이동체계 구축



< 그림 1.7 > 기존 인프라 연계

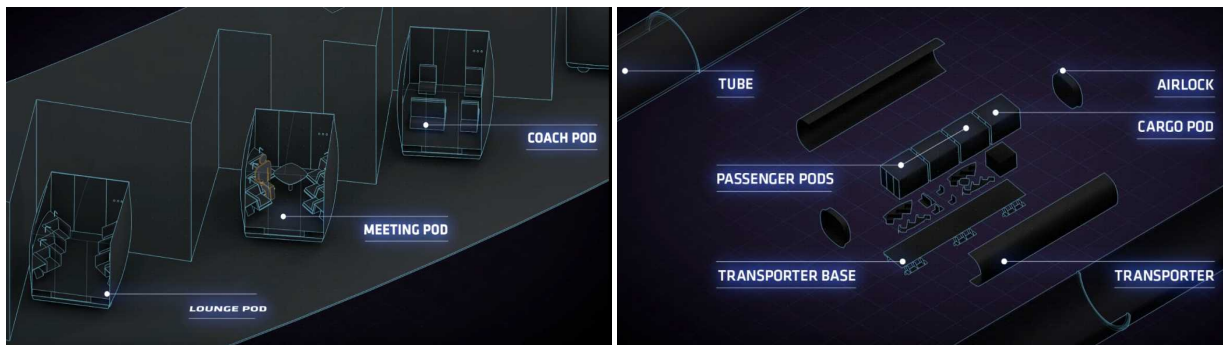
○ 미래 인프라 연계

- (장기적) 개인 공유형 모빌리티를 이용하여 Door to Door 운영
- (장거리) 하이퍼루프(초고속), 드론택시(공중) 등 미래형 교통 인프라 연계를 통한 장거리 이동 대응 및 3차원 입체 교통망 구축



< 그림 1.8 > 미래 인프라 연계

- 공유 모빌리티를 분리·결합하는 형태로 하이프루프, Urban Loop, 드론 등 여러 교통 인프라 환승 이용 가능
- 도시간 하이퍼루프를 이용한 장거리 초고속 이동 후 도심 내 목적지 까지 Urban Loop로 환승하여 Door to Door 이용 가능
- 공유형 모빌리티의 규격화 등에 대한 국가적 차원의 기준 수립 필요



〈 그림 1.9 〉 공유 모빌리티의 분리·결합 개념도



〈 그림 1.10 〉 다양한 공유 모빌리티 아이디어(규격화 필요)

다. 기획연구 범위

□ 기술적 범위

- (이동체) 차량 탑재 고속 이동체 관련 기술
 - 수평·수직 고속 이동체 및 시스템 기술
 - 차량제어, 운행 제어 시스템 모니터링 기술
- (인프라) 교통정체 해소를 위해 이동체 기술을 적용·활용하고자 하는 기존 또는 신규 교통시설물 등의 인프라 구축에 필요 기술
 - 접합부의 유입, 유출시의 속도 손실을 최소화하고, 도심 차량진입을 최소화를 위한 이동체 운영에 필요한 인프라 구축의 필요 기술
- 기술 검증 및 Test bed 구축을 위한 세부사항 검토
 - 현장시험 및 실증 방안
 - Prototype 이동체 및 시험 선로 구축을 위한 로드맵 수립

□ 전략적 범위

- 본 사업의 추진 전략 및 관계 부처와의 협력 방안 등 수립
- 국토교통 R&D 사업과 연계한 본 사업의 정의, 비전 및 목표 등 전략적 지향점 설정
- 필요시 차량 탑재 초고속 이동체 개발 및 인프라 관련 기술 개발을 위한 관계 부처 (TB 부지 제공자 등 지자체 수요처 등)와의 협력 방안 검토
- 필요시 국제공동연구 등 글로벌 협력 방안 및 표준화 전략 수립

□ Urban Loop형 차량탑재 이동체 및 인프라 개발 기획

- 주요 내용
 - 이슈 및 니즈 분석, 사업추진 타당성 검토
 - 기술개발을 통해 전략적으로 지향하는 미래상, 비전 및 목표 제시
 - 기술개발을 위한 사업 추진체계 및 운영방안, 기술 확보전략 수립, 기술 및 성과지도 도출

라. 기획연구 세부 시행계획 및 일정

연구 내용	추진 일정																	
	1개월		2개월		3개월		4개월		5개월		6개월		7개월		8개월		9개월	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
대내외 환경분석																		
이슈 및 니즈도출																		
사업추진 방향성 설정																		
정의 및 개념 설정																		
비전, 목적 및 목표 설정																		
중점추진분야 도출																		
기술지도 작성																		
사업 추진체계 도출																		
기술 확보전략 수립																		
사전타당성 분석																		
RFP 도출																		
최종보고서 작성																		

1.2 연구개발 배경 및 필요성

가. 정책적 필요성

□ 도시화에 따른 지상 교통 문제 및 지하 교통 인프라 활용 요구 증가에 대응 필요

- 도시인구의 급격한 증가에 따라서 다양한 도시문제가 발생하고 있으며 도로교통 인프라 관련 교통혼잡에 의한 경제적 손실, 대기오염 및 미세먼지 증가, 녹지공간 부족 등의 문제에 직면해 있음
 - * 급속한 도시화로 인하여 2050년까지 세계 전체 인구의 70%가 도시에 살 것 예상되며, 우리나라에서도 2021년에는 전체 인구의 50% 초과, 2029년 50.2%로 정점을 찍을 것으로 예측 (UN, 2007; UN, 2013; 통계청, 2014)
- 도시화에 따른 대도시 등 공간 및 교통문제 해소를 위하여 다양한 신공간 개발 및 활용방안이 논의되고 있으며 지하공간 이용에 대한 관심은 국내뿐만 아니라 해외에서도 중요 관심사항임
- (일본) 2001년 3대 도시권(首都圏, 近畿圏, 中部圏)에 적용하기 위한 ‘대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별조치법’ 제정을 통해 지하공간 이용을 위한 건설 기술 혁신 촉진
- (싱가포르) ‘지하공간 활용에 대한 기본적책 방향(2018~2030)’을 제시하고 체계적이고 종합적인 지하공간개발 계획을 추진하고 있으며 최근에는 ‘지하공간 이용에 관한 마스터플랜 2019’ 초안 제시
 - 지하공간은 토지 사용을 최적화 할 수 있는 전략적 자원임을 명시
 - 유틸리티, 운송, 지하저장 및 산업시설을 포함한 지하공간 이용을 통해 사람 중심 개발을 위한 지상공간 확보
- (중국) 베이징 등 대도시 인구집중 등 도심화 문제(토지가치 상승, 환경문제 등) 개선을 위한 대규모 지하공간 개발 전략 발표
- 프랑스, 미국 등을 비롯한 세계 주요 선진국을 중심으로 교통문제 해소와 지상공간의 환경개선을 도모하기 위한 지하공간 개발 기술 및 사업을 진행해 왔으며 특히 도로교통 인프라 측면에서는 지하공간(특히 대심도 지하)을 이용한 지하도로 사업 추진이 활발함
 - * (대심도 공간) 일반적으로 지하 40m 이상 한계심도 이하 지하공간을 의미하며 지상공간 및 천심도 대비 보상비가 거의 없어 건설비 절감의 효과가 있음. 다만, 다수의 환기설비가 필요하고, 화재 등 재난 대비에는 취약하다는 단점이 있음
 - ** (해외 주요 사례) 미국 보스턴 ‘빅딕(Big Dig)’, 시애틀 “SR99 터널”, 스페인 마드리드 “M30” 등 다수

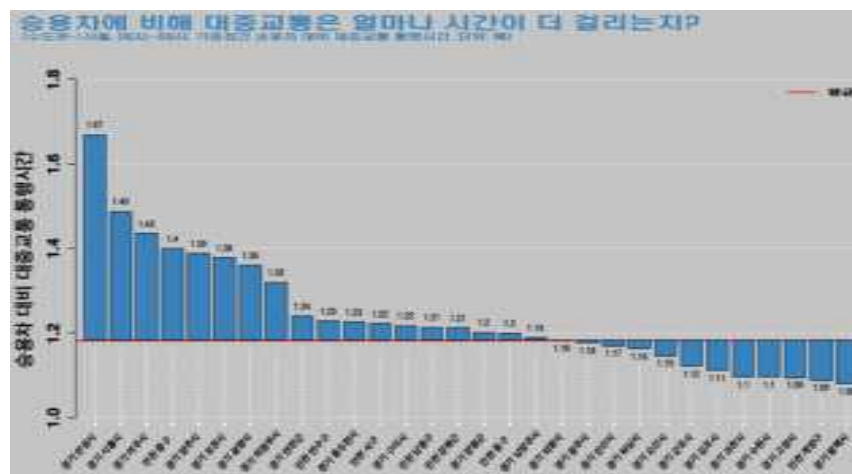


〈 그림 1.11 〉 도심 지하공간 활용에 대한 사회적 니즈

- 국내에서도 서울 등 대도시를 중심으로 지하공간의 대형화, 복합화 등 추세에 따라 교통인프라 지하 허브 등 입체 지하공간 개발 관련 정책 추진 중
 - 국토부는 지상과 지하공간의 입체적 활용을 통한 도시건설 활성화 연구를 수행(도로부지의 창의적 활용방안 연구, 2017)하고 “도로 공간의 입체적 활용에 관한 법률” 제정안을 마련(2017)하여 입법 추진 중
 - 서울시는 지하공간 종합기본계획 수립계획(2009) 이후로 한정적 도시공간을 효율적으로 이용하기 위한 정책을 추진 중에 있으며 최근에는 2020년까지 기반시설 개선사업 및 개발사업과 연계한 도시공간의 복합활용을 위한 마스터플랜을 수립하기 위한 사업 진행 중
 - 국토교통부 수도권 광역교통망 개선 방안(‘18.12) 발표 : 제 1외곽순환고속도로 서부(서창~김포) 및 동부(판교~퇴계원) 병목구간 지하화
 - 서울특별시 도로정비 기본계획(‘11~’ 20)에 따라 도시고속도로 지하화 추진
 - 수도권 광역교통망, 국가기간교통망 등과 연계된 교통 인프라 사업 지연은 국민의 편리한 이동권 제약, 주택 수요 분산 저해 등 국민 불편 증가와 공공적 불이익 발생으로 귀결

□ 도심지 지상도로의 극심한 교통체증 문제 및 대중교통 이용 분담률 정체현상 대응 필요

- 정부는 대중교통이용 활성화 및 여객수송분담률 증대를 위한 다양한 정책을 추진하여 왔음에도 불구하고 승용차가 여객수송에서 차지하는 분담률은 60.4%에서 61.8%로 7년 새 1.4%가 늘은 반면 버스, 지하철 등 대중교통의 분담률은 39.3%에서 38.0%로 1.3%가 감소(2010년 대비 2016년 분담률 비교)
- 도시 공간의 교통정체 해소, 온실가스 감축을 위해서는 포화상태에 놓인 지상 공간에서 승용차를 비롯한 내연기관 교통수단을 감축해야 하지만 연도별 자동차 등록대수는 꾸준히 증가하고 있으며 대도시에 집중
 - 서울의 경우 2008년 이후 연평균 3.2% 씩 꾸준히 증가, 지하철 서비스수준을 높더라도 획기적인 승용차 수요의 흡수를 기대하기 어려움
 - 서울시의 도로정체 해소를 위하여 여러 효율화 전략들을 실시해왔으나 서울시내 평균 통행속도가 21~22km/h로 정체 또는 지체가 나타나는 도로정체가 지속되는 실정임(서울특별시, 2014; 서울특별시 2018)
- 교통정체에도 불구하고 승용차 이용 수요 및 분담 비율은 개선되지 않고 있으며 접근 편의성과 신속성 등이 승용차 이용의 주요 선택 요인임
 - 대중교통 대비 승용차 수단의 가장 큰 경쟁력은 편의성(door-to-door 서비스)임
 - 영국 11개 대도시 대중교통 출근자 행복지수 80.1~96.6점으로 분포하는 반면에 서울시의 경우 71.3점에 불과, 이동 거리가 길어질수록 승용차 분담률 증가(김순관, 2014)
 - 이동시간에 있어서도 아직까지는 대중교통 대비 승용차의 경쟁력이 높게 조사됨



- 기존 서울 등 도심으로의 차량 진입을 제한하는 정책은 차량이 도심으로 몰릴 때 현재 수준의 기반시설로는 교통 용량을 처리하기 힘들기 때문
- 차량이 도심으로 몰릴 때 편익보다는 비용이 증가하는 문제 발생
- 따라서 새로운 모빌리티 혁명 및 관련 인프라 확충을 통해 이용 쾌적도를 향상시키고 교통처리 용량을 극대화 할 필요가 있음

□ 온실가스 감축, 미세먼지 문제 등 환경 이슈 대응 필요

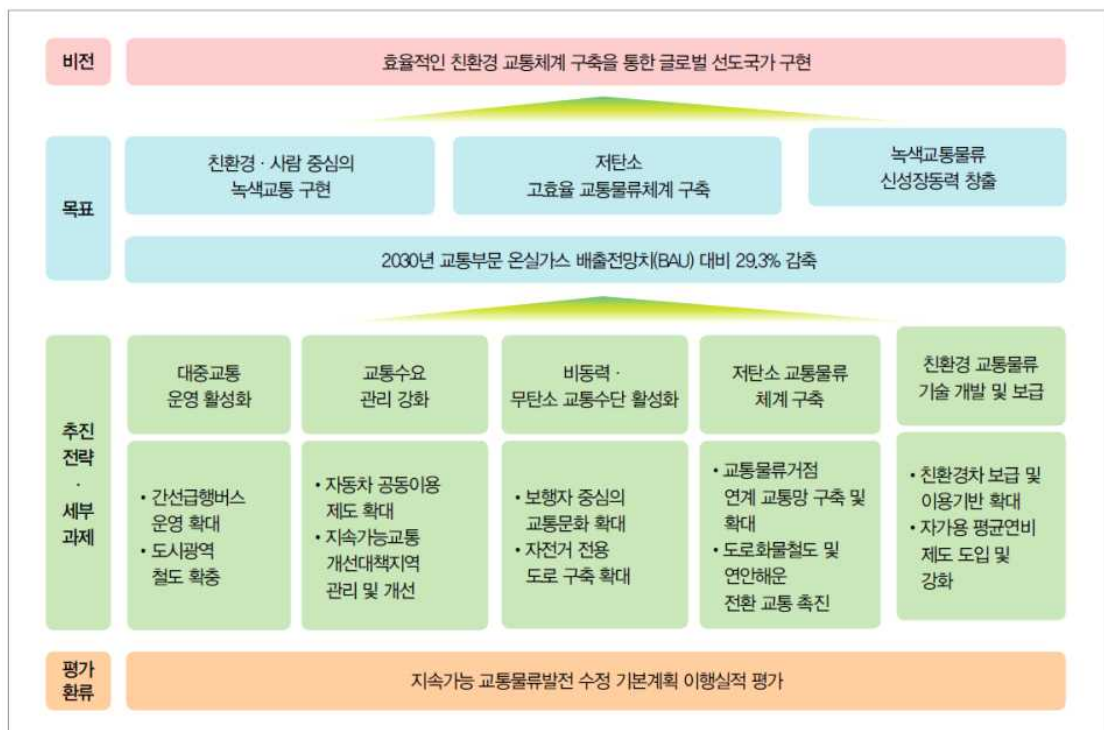
- 2005년 교토의정서 발효 이후 온실가스 감축의무 이행시기 도래, 환경가치와 에너지 절약을 중시하는 저탄소 도시로의 방향 전환 필요
- 우리나라는 기후변화 대응과 국제협력을 위해 2020년 온실가스를 BAU(Business As Usual, 배출전망치) 대비 30% 감축하겠다는 감축목표를 국제사회에 제시(2009. 11.)
- 부문별 감축률은 수송(34.3%), 건물(26.9%), 전환·발전(26.7%), 공공(25.0%), 산업(18.5%), 폐기물(12.3%), 농·어업(5.2%) 순이며 국가 전체로 총 2억3300만톤의 온실가스 감축
- 수송부문은 스마트 교통시스템(ITS) 구축, 친환경차 보급확대 등을 통해 총 34.2백만톤 감축 목표 (교통수요 관리 등 녹색교통정책 시행을 통해 14.3백만톤, 자동차 연비 개선 등 녹색기술 도입을 통해 20.0백만톤 감축)



< 그림 1.13 > 부문별 감축률 및 감축량(환경부, 2014)

- 또한 2030년 목표배출량 5억 3,600만 톤, BAU 대비 37% 감축 목표 달성을 위한 2030 국가 온실가스 감축 기본 로드맵 수립(2018)을 통해 수송부문 감축목표량은 30.8백만톤으로 조정 (전기차 보급 확대(100만대 → 300만대), 친환경 대중교통 확충, 자동차·선박·항공기 연료효율 개선 등)

- 2015년 기준 교통부문 CO₂ eq. 배출량 중 도로부문 비중은 91.1%로 가장 높은 비중 차지
- 2017년 기준 국내 전체 도로 온실 가스 배출량 93.44백만톤 CO₂ eq. 중 수도권(서울, 경기, 인천) 합계 37.59백만톤 CO₂ eq.으로 수도권 배출량은 전체 대비 약 40.2%를 차지(자료출처 : 한국교통안전공단 교통부문 온실가스관리 시스템)
- 교통부문에서는 온실가스 감축을 위한 법·제도 등을 정비하고 있으며 “지속가능 교통물류 발전법(2019)”을 제정하였고 “지속가능 교통물류발전 수정 기본계획(국토부, 2018)”을 수립



출처: 국토교통부 2018.

< 그림 1.14 > 지속가능 교통물류발전 수정 기본계획 비전 및 목표

- 지속가능 교통물류발전 수정 기본계획의 세부 전략에 ‘교통수요관리 강화’, ‘저탄소 교통물류 체계 구축’, ‘친환경 교통물류 기술 개발 및 보급’ 등 포함
- 대기오염 및 미세먼지 문제해결을 위해 도로이동 오염원 저감 관련 지속적 노력 필요
- 국내 주요 도시의 미세먼지(PM2.5) 농도는 선진국 주요 도시 대비 2배 이상 수준(2017년 기준 서울 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 뉴욕 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 동경 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 미세먼지 저감을 위한 노력 필요(관계부처 합동, 2018)

- 2015년 기준 대기오염물질 중 도로이동 오염원의 비율(CO 31.0%, NO_x 31.9%, PM10 4.1%, PM2.5 8.9%, BC(black carbon) 34.2% 등)이 높아 대기질 오염 및 온실가스 감축을 위한 국가 정책에 부합하기 위해서는 도로 분야의 해결책 요구됨(국립환경과학원, 2018)

〈 표 1.2 〉 부문별 오염물질 배출량 (2015년)

[단위: ton]

배출원	CO	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃	BC
도로이동 오염원	55,138	150,818	4,394	3,607	7,464	1,379	307
도로이동 오염원 이외	547,260	788,143	223,594	89,989	964,626	287,089	10,478
합 계	16,854	169,139	70,893	36,317	3,101	627	741
도로이동 오염원 비율(%)	31.0	31.9	4.1	8.9	4.6	3.4	34.2



〈 그림 1.15 〉 도로 위 차량의 대기오염물질 배출과 미세먼지 농도 증가

나. 경제적 필요성

□ 교통혼잡에 따른 사회적 비용 부담 완화를 위한 대응 필요

- 국내 사회간접자본(SOC)은 여전히 부족하며 SOC 투자를 경기 부양 수단이 아닌 경제의 효율성을 높이는 수단으로 활용해야 함
- 2015년 기준 우리나라의 교통혼잡비용은 총 33조4천억원으로 국내총생산(GDP) 대비 2.13% 반면 미국의 경우 GDP 대비 혼잡비용이 0.83%(한국교통연구원, 2014)
- 교통혼잡에 의한 경제적 손실은 매년 증가하고 있으나 해결을 위한 가장 효과적 방법인 도로의 신설이나 확장은 한계

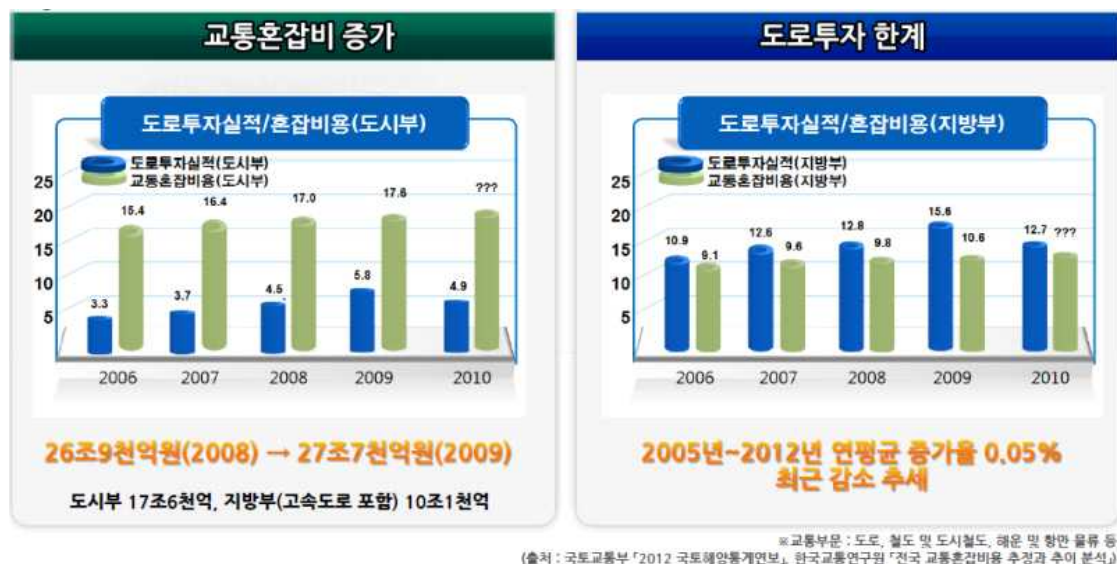
- 교통·SOC관련 지속적 투자에도 불구하고 서울 등 주요도시의 교통체증 문제는 지속되고 있으며 근본적인 교통문제, 환경문제 및 민원문제 등을 해결하기에는 한계가 있음

〈 표 1.3 〉 교통·SOC관련 정부지출 현황

[단위: 억원]

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	합계
도로	156,093	164,776	152,344	165,313	161,369	779,895
철도	50,497	57,530	58,453	74,310	68,228	309,018
도시철도	35,862	27,326	27,824	33,469	28,723	153,204
총 지출액	242,452	249,632	238,621	273,092	258,320	1,262,117

자료: 경기도 교통정보센터(www.gits.gg.go.kr)



〈 그림 1.16 〉 도로투자실적과 교통혼잡비용의 비교(한국교통연구원, 2014)

- 국내 도로교통사고로 인한 인명피해는 OECD 평균보다 약 2.6배 높은 수준, 2012년 기준 도로교통사고로 인해 약 23조원 이상의 사회적 비용 발생, 도시지역 교통량 증가가 지속되는 점을 고려할 때 이를 획기적으로 줄이기 위한 방안 마련 필요(유정복 외, 2014)

□ 경제성에 따른 도심지 도로 등 교통인프라 지하화의 필요성 증가

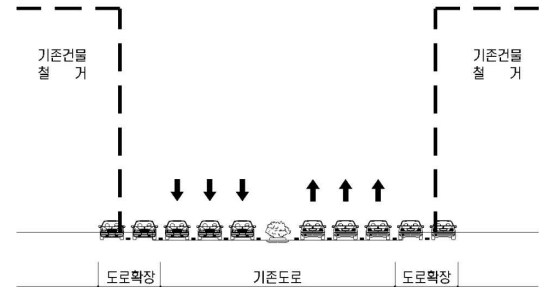
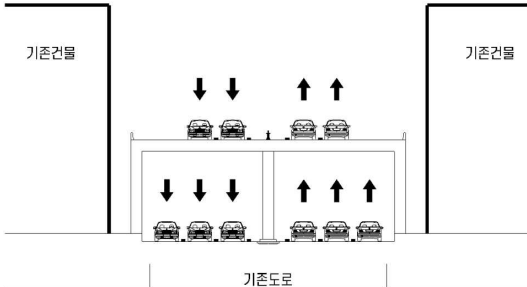
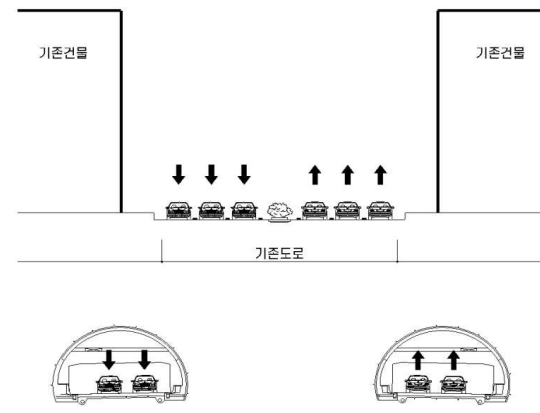
- 도시 발달 및 인구증가시 교통량 증가가 반드시 수반되며, 이에 기존 도로망의 교통량 증가로 추가적인 도로용량 확보가 필요함
- 신도시 또는 도로확장 부지 내에 기존 구조물이 없는 경우에는 일반적인 도로공사(지상 건설)가 경제적이지만 도로확장 구역내에 상업시설 또는 주거시설이 위치하거나 용지

비가 고가일 경우 별도의 대안이 필요함

* 예, 주요 도시의 공시지가를 m^2 당 1,000만원으로 가정 시 1km 4차로 보상에 1,400억원 소요

- 즉, 기존 도로 주변에 주거지 및 상업지역이 있을 경우 도로 확장은 대규모 용지매입과 건물 보상이 공사비를 초과할 것이며 민원 등을 고려할 때 도로확장이 현실적으로는 불가능한 실정임
- 이에 도심지 내 도로 추가 확장에 고려되는 대표적인 방법으로는 도로하부 지하도로 건설과 도로상부 고가도로 건설방안이 있음
- 도로상부에 고가도로를 설치하는 방법은 차량 소음 및 경관 등 환경에의 악영향이 커 현재는 도시지역에서 건설이 지양되고 있으며 설치되어 있는 고가도로도 철거하고 있는 실정임
- 따라서 현실적으로 사업이 가능하고 현재 기술수준에서 교통, 환경, 경제성 등 문제점 해소가 가능한 지하도로를 대안으로 설정하여 서울, 수도권 및 부산 등 대도시를 중심으로 사업추진이 활발하게 진행 중에 있음
- 기존도로 확장, 고가도로 및 지하도로 건설 조건에 따른 공사비를 비교하여 검토한 결과 용지보상비 및 방음터널 공사비 등을 함께 고려할 경우에는 대심도(일반적으로 지하 40m 이하) 지하공간을 이용한 지하도로 건설에 대한 경제성이 가장 우수한 것으로 파악됨

〈 표 1.4 〉 도시지역 교통량 증가에 따른 도로용량 확대 조건별 공사비 비교

구 분	기존 지상도로 확장	고가도로(도로 상부 교량 구조물 건설)	지하도로(도로 하부 지하도로 건설)
개념도			
공사비 (1km 당)	공사비 200억원, 용지비 1,400억원 (상업 및 주거건물 보상비는 예측 불가로 제외)	공사비 625억원 + 방음터널 공사비 (방음터널 4차로기준 170억원/km)	700억원 (40m 이하조건 : 보상비 4억원/km 발생)
특 징	- 토지, 건물 소유자 반대 및 대규모 민원으로 현실화 불가능 - 주변 기존 시가지 및 아파트 철거로 보상비 과다 - 신도시 및 도로 건설부지내 기존 시설물이 없을 경우 가능	- 차량 소음 및 분진으로 인한 주변 민원유발 - 소음차단을 위한 방음터널 또는 방음벽 설치시 추가 공사비 발생(공용중인 고가도로의 경우 방음터널을 설치하는 추세임) - 도시 미관 및 경관 저해	- 기존도로 하부에 지하차도 설치로 민원 최소화 - 지하차도 설치로 보상비 최소화 - 도시화된 주변에 소음, 분진 등의 영향 해소 - 도시 미관 및 하천 경관 회복 - 환기소 설치시 주변 오염 유발로 별도의 저감 시설 필요

※ 제물포터널(지하보상비), 동부간선도로 지하화 검토사례 참고, 서울시 공시지가의 경우 최저 5,350원/m²(임야)~최고 7,700만원/m²(상업용지)으로 1,000만원/m²으로 가정하여 산출함

□ 기존 지하 도로 인프라의 문제점 대응 필요

- 도시지역의 대심도 지하공간을 이용한 지하도로 구축사업이 진행 중에 있지만 근본적인 교통문제, 환경문제 및 민원문제 등 해결에는 한계
- 최근 국내에서도 지하도로(서부간선도로 지하화, 제물포 터널 등)를 구축하고 있거나 계획하고 있으나 다음과 같은 문제점이 도출되고 있으며 이에 대한 대안 마련 필요
- 도시 내에 위치한 대심도, 장대 지하도로라는 위치적, 공간적 및 구조적 특징으로 인하여 일반 산악터널 대비 환기관련 기계설비 및 부대 토목비용에 대한 부담 증가
- 지하도로 내 통행차량(내연기관)에 의해 발생하는 오염물질 처리를 위한 설비비용 부담 및 배기를 위한 환기구 설치 관련 민원에 의해 공사지연 및 공사비 증액 발생
- 서울시는 관련 민원에 대응하여 제물포터널과 서부간선지하도로에 바이패스(By-Pass) 방식을 적용하는 것으로 대안을 마련하였지만 이 과정에서 공사 지연, 설계 변경 및 정화시설 추가 설치 등으로 소요예산 증가 발생
- 서부간선지하도로 : 공사비 약 470억 증가, 당초 전체 공사비(약 6,500억원) 대비 약 7% 소요예산 증가, 완공 후 연간 정화설비 운영비용은 당초 28억/년 대비 약 100% 이상 증가 예상
- 제물포터널 : 공사비 약 300억 증가, 당초 전체 공사비(약 4,500억원) 대비 약 6.7% 소요예산 증가, 환기관련 설비 및 부대 토목비용 약 700억으로 전체 공사비 대비 약 14.5% 수준임

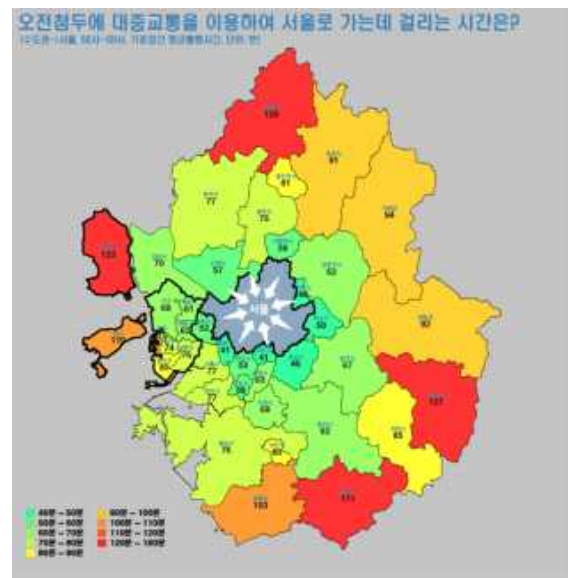
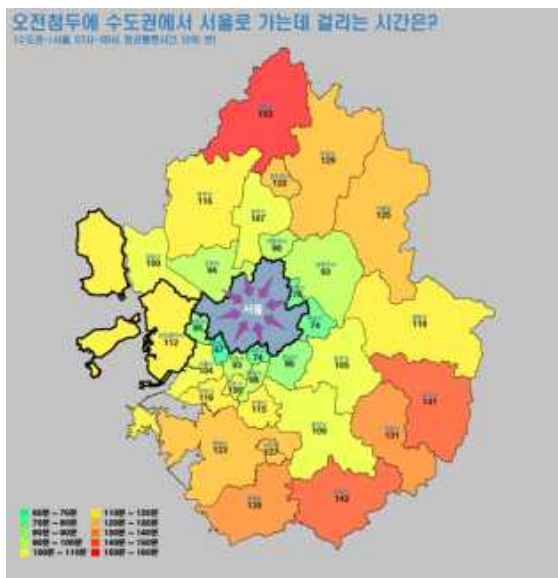


< 그림 1.17 > 도시지역 지하도로 바이패스(Bypass) 설치 개념도

다. 사회적 필요성

□ 삶의 질 개선을 위해 출·퇴근 시간 단축을 위한 인프라 공급 노력 필요

- 서울을 비롯한 수도권 및 대도시의 교통정체는 출·퇴근 근로자들의 삶의 질 저하와 직결
 - 서울시를 대상으로 수행한 연구에서 통근시간의 증가가 통근자들의 삶의 만족을 떨어뜨리는 것으로 보고(진장익 외, 2017)
 - 경기도민의 경우 부담을 느끼지 않는 현실적인 통근시간은 평균 26.4분이지만 경기도 다른 시·군으로 통근하는데 44.2분, 서울로는 64.5분이 걸리는 것으로 조사(빈미영, 김영돈, 2017)
 - KT, LTE 가입자 빅데이터 분석 결과(건설경제, 2017.6.21.)에 따르면 수도권 직장인의 평균 통근시간은 89.4분으로 OECD국가 평균 통근시간의 약 3배가 넘는 수준
 - 퇴근 시간대(오후 6~8시) 서울 시내 평균 교통 속도는 시속 28.6km, 출근 시간대(오전 8~9시)는 29.3km



자료: 경기도 교통정보센터(www.gits.gg.go.kr)

〈 그림 1.18 〉 수도권→서울 출근시간 대 통행 소요시간

□ 향후 예상 가능한 인구이동 및 일자리 변화에 대응 가능한 교통 인프라 구축 필요

- 도시화 진행에 따라 수도권 인구는 지속적으로 증가하고 있으며 서울 내 거주비용 증가에 따라 거주지는 경기도 등 서울 주변으로 광역적 확산

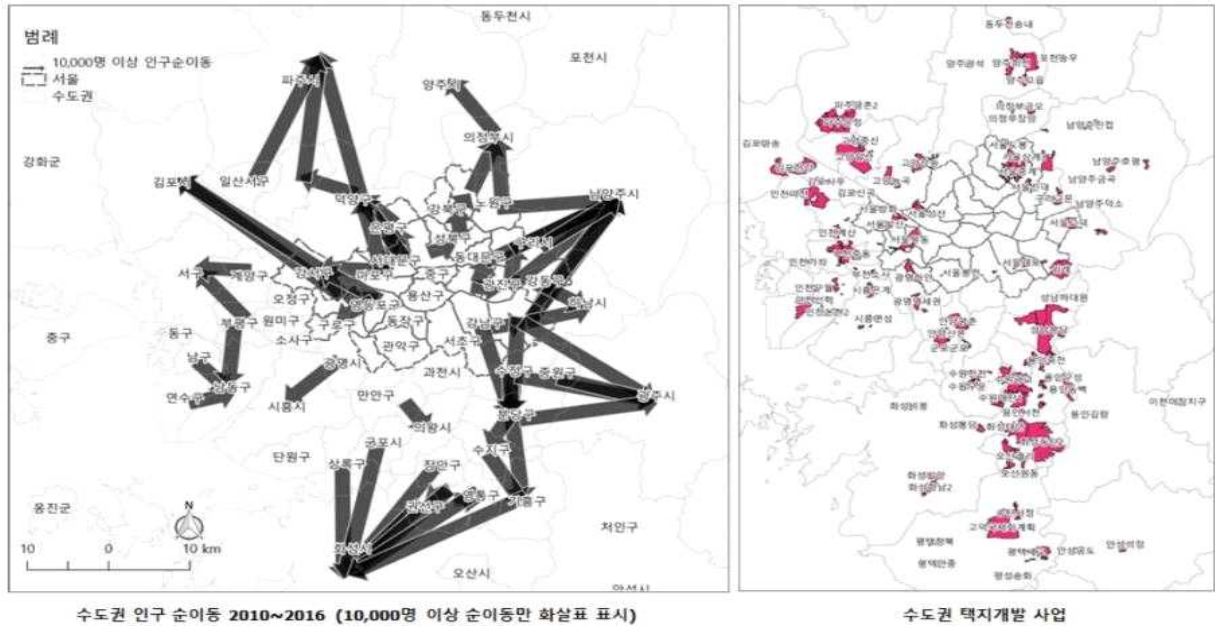
〈 표 1.5 〉 서울에서 경기도로 이동한 인구의 순 증가 현황

[단위: 인]

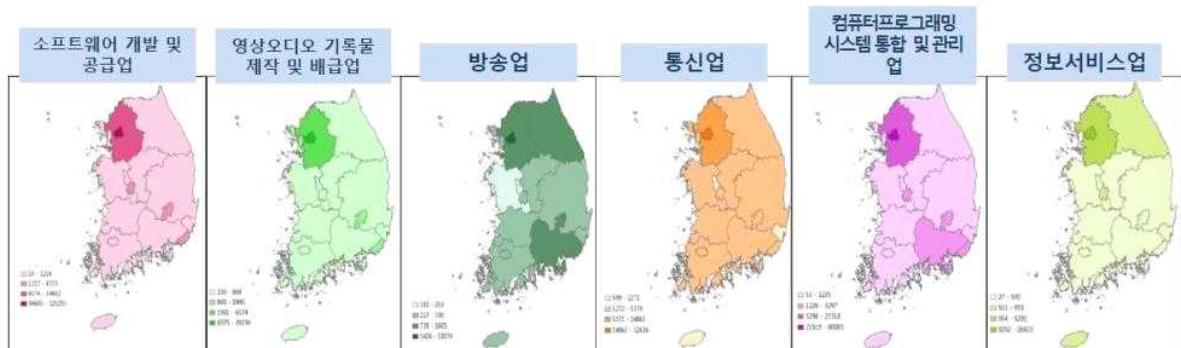
구 분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	연평균 증가율
서울→경기도 순 이동자 수	94,337	83,084	119,780	136,403	107,985	135,216	676,805	10.1%

자료: 경기도 교통정보센터(www.gits.gg.go.kr)

- 수도권에서는 서울을 중심으로 통행의 광역화 현상이 지속되어 왔으며, 특히 서울과 주변도시 간의 유출입 통행을 담당하는 교통축에서 출·퇴근 시에 장거리 통행의 비율이 높게 나타남 (김광호, 2018)
- 수도권 광역도로의 평균 도로혼잡도(용량 대비 교통량)는 1.12로 측정되었으며, 서울 유출입을 담당하는 대부분의 광역도로에서 첨두시간대의 평균속도가 40km/시간 이하로 파악됨(국토교통부, 2017)
- 정부는 인구의 광역적 확산에 대응하여 광역도로 및 철도 등을 지속적으로 공급하고 있지만 공급이 수요를 감당하지 못하는 실정
- 주요 대도시권을 중심으로 인구는 광역적 확산형태, 일자리는 도심 집중 현상이 동시에 진행 중
 - (주거지의 광역화) 외곽지역으로의 확산은 특정 교통수단을 따라서 광범위하게 진행되었던 과거와 달리 더 골고루 흩어지는 모습을 보일 가능성이 높음
 - (일자리 변화) 4차 산업혁명의 핵심 일자리는 도심으로 몰리고 있음
- 지속적 도시화에 대응하기 위하여 공간 활용을 극대화하는 메가시티 구축 예상(유정복 외, 2014)
 - 고밀도 도시나 대공간 내에서의 효율적 이동수단 요구
 - 대형도시 및 지역간 이동을 위한 첨단 기술이 적용된 육상, 항공 수단이 필요할 것으로 전망
 - 도시내 이동을 위한 소형교통수단은 장거리 이동시 고속 간선교통 수단에 탑재되어 이동이 가능하도록 개발



〈 그림 1.19 〉 수도권 순 이동 및 택지개발 사업 현황



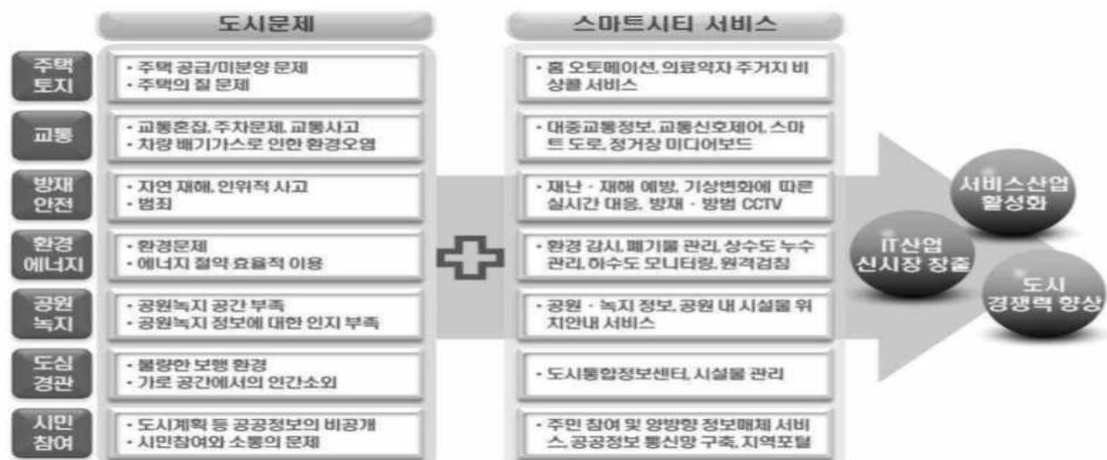
〈 그림 1.20 〉 4차 산업혁명 핵심 일자리 분포 현황

라. 기술적 필요성

□ 미래형 교통시스템 관련 기술 확보 필요

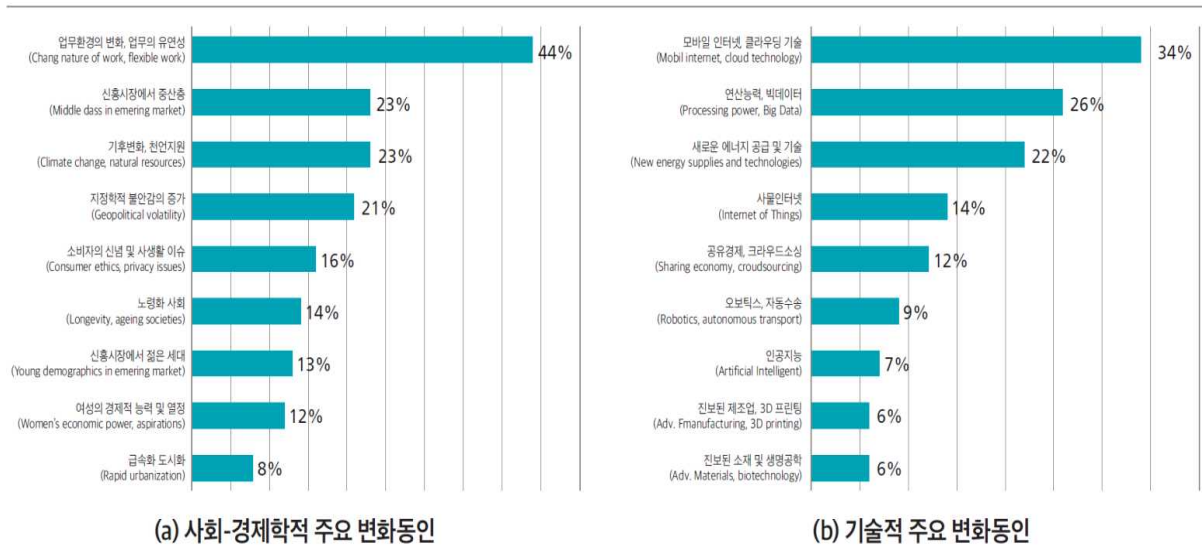
- 최근 세계 각국은 스마트시티, 스마트교통, 친환경 인프라, 미래 선도형 인프라 기술 등의 연구개발에 집중하고 있으며, 특히 자율주행, 하이퍼루프(Hyper loop)를 비롯한 수송시스템혁신기술 확보에 초점
- 정부는 2027년까지 완전자율주행 상용화를 목표로 2024년까지 관련 제도와 인프라 구축을 완료할 계획(2030 미래차 산업 발전전략, 2019.10.15.)

- 스마트시티는 다양한 기술을 활용해 스마트한 생활을 영유하기 위한 집합체이며 정보통신기술(ICT), 사물인터넷(IoT), 인공지능 (AI) 기술 등을 바탕으로 기반시설, 에너지, 보안, 모빌리티 등으로 구성되는 종합적 서비스
- 스마트시티에서 요구되는 스마트 모빌리티는 저공해 자동차 및 다양한 운송시스템과 같은 혁신적이고 통합된 기술 및 솔루션을 사용한 지능형 이동성으로 정의
- 스마트시티 기반으로 스마트 모빌리티를 구현하기 위해서는 도시유형을 고려하여 스마트도로로 단계적으로 전환하고, 자율주행 기술개발 단계를 고려하여 신도시 내 시범운행 및 상용화를 위한 인프라를 구축해야 함(경기연구원, 4차 산업혁명 시대의 스마트시티 전략, 2019)
- 정부는 DNA(데이터, 네트워크, 인공지능)를 중심으로 한 혁신성장 플랫폼과 빅3(시스템 반도체, 바이오헬스, 미래차) 등을 연계해 육성할 계획 수립(2019.08, 제22차 경제활력대책회의 겸 제3차 혁신성장 전략회의)



< 그림 1.21 > 기술적 접근을 통한 도시 문제해결(오동하·배현(2012))

- 장거리 미래 교통인프라인 Hyperloop와 도시지역 내 연계, 친환경 단거리 개인 운송수단의 수송용량 및 속도 한계 극복을 위한 첨단 교통인프라 개발 필요
- 미래 사회의 사회경제 트렌드 변화 및 기술 메가트렌드 변화에 기인한 미래 모빌리티 변화에 대한 대응
- 다보스포럼(2016.01)에서는 “The Future of Jobs” 보고서를 통해 제4차 산업혁명이 근 미래에 도래할 것이고 이로 인해 일자리 지형 변화라는 사회 구조적 변화가 나타날 것이라 전망



〈 그림 1.22 〉 “The Future of Jobs” 가 전망한 제4차 산업혁명의 주요 변화동인(김진하, 2016)

- 도로, 교통과 관련된 모빌리티 분야에서도 큰 변화가 예상되며 변화를 주도할 주요 기술 트렌드는 자율주행, 에너지(전기, 수소 등), 차량 공유, 빅데이터 및 지능정보화, 개인용 운송수단 등으로 예측
- 특히 미래 모빌리티는 Connected(연결), Autonomous(자율주행), Shared(승차공유), Electrification(전기화)를 의미하는 CASE로 표현됨
- 모빌리티 4.0은 ‘공유’와 ‘자율주행’의 방향성을 가지고, 연결확장성을 매개로 2030년에는 정점에 이를 것이며 모빌리티 4.0 시대 차량의 주요 형태는 소비 주체의 라이프 스타일 문화에 따라 대중교통형과 개인소유형의 두 가지 형태로 진화할 것으로 예상(NIA 한국정보화진흥원, 2016)
 - * 대중교통형 : 자율주행과 공유경제 특성을 반영해 기존 도심 대중교통 수단을 대체하며 상당한 영향력 발휘
 - * 개인소유형 : 다용도 이동수단으로서 많은 프리미엄 브랜드의 특성을 보유하며 자율주행으로 운용

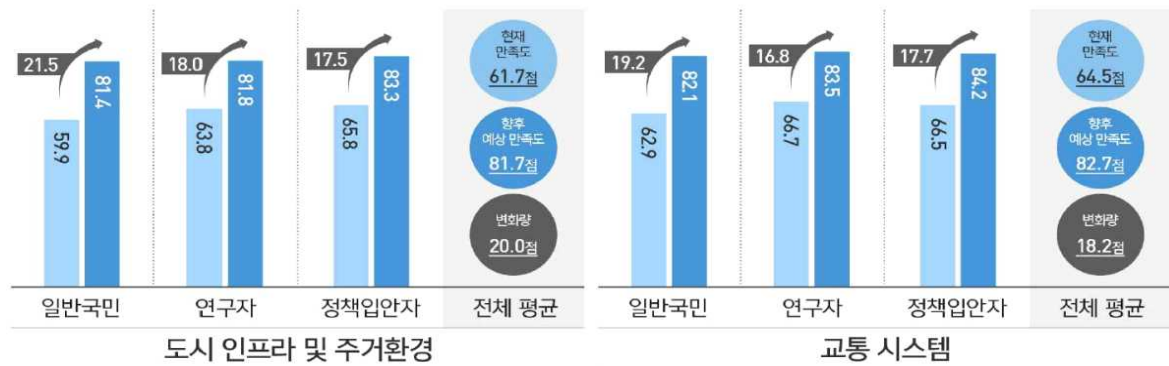
□ 자율주행차와 일반차, 내연기관차와 전기/수소 차량이 혼재하는 시대를 대비한 인프라 개발 필요

- 우리나라는 미세먼지 관리특별대책에 따라 2020년까지 전기차 25만대와 충전소 3,100기 보급을 목표로 하고 있으며 2020년까지 전기차 보급 목표치 달성을 위해서는 연간 7만대 이상의 전기차 보급이 필요한 실정

- 따라서, 목표치를 달성을 위해서는 3년간 현재 지원하고 있는 보조금기준으로 단순 계산시 약 2조원 가량의 보조금 재원과 충전소 확대설치를 위한 추가 재원 마련이 필요(김주영 외, 2017)
- KPMG(2013)의 보고를 참고해 볼 때 자율주행차량은 그동안 차량 운전을 하지 않던 연령대(고령자 또는 미성년자) 및 장애인 등의 차량 이용을 가능하게 만들어 결과적으로 교통량이 늘고 도로 혼잡도가 가중될 여지가 있음
- 또한 차량운전에 따른 피로도가 없기 때문에 운전자가 장시간 차량이용에 대한 거부감이 사라지므로 차량 운행시간이 증가 예상
- 해외의 경우 2020년부터 자율주행차량이 보급되고 2040년에 전체 차량의 약 40%가 자율주행차량이 된다고 예상(Litman, 2018)한 바 있으며 국내에서는 2030년 최대 30%, 2050년 최대 80%까지 보급될 것으로 예상(오성훈 외, 2017)

□ 선진국 기술수준 격차 해소 및 국토교통 과학기술 연구개발 추진 방향에 부합하는 기술 개발 필요

- 2018년도 기술수준평가에 따르면 중점과학기술 11대 분야 중 최고 기술수준 국가인 미국 대비 79%, 기술격차 3.1년으로 기술수준 격차 해소를 위한 R&D 투자 필요
- * 자료 : 2018년도 기술수준평가 결과(국가과학기술자문회의 심의회의 운영위원회)
- 도시 인프라 및 주거 환경 만족도는 61.7점, 교통시스템 만족도는 64.5점이며 국토교통 전반에 대한 국민만족도는 60점대 초반에 그침
- 반면, 국토교통 미래기술이 개발·구현될 경우 도시 인프라와 교통 시스템의 만족도는 현재 대비 약 20점 상승할 것으로 조사됨



자료 : 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027) (국가과학기술자문회의 심의회의)

< 그림 1.23 > 국토교통의 만족도와 국토교통기술에 대한 기대

마. 국고지원의 적절성

□ 인프라(SOC)는 국민 삶의 질을 향상시키는 공공재이자 공공서비스

- 공공건설 시장규모가 전체의 약 20%이며, 도로교통 인프라(SOC) 구축은 국가의 공공재이자 공공서비스
- 인프라 투자는 경제성장과 일자리 창출 및 국민 복리증진에 기여하고 있으며, 인프라의 질은 국가 경쟁력을 좌우
- 지능형교통체계의 개발 보급 촉진 등을 통해 국민생활의 편의 증진하고, 국가경제 발전에 이바지하는 것은 국가의 책무에 해당
- * (지능형교통체계) 교통수단 및 교통시설에 대하여 전자·제어 및 통신 등 첨단교통기술과 교통정보를 개발·활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계로 정의됨

국가통합교통체계효율화법

제1조(목적) 이 법은 교통체계의 효율성·통합성 및 연계성을 향상하기 위하여 육상교통·해상교통·항공교통정책에 대한 종합적인 조정과 각종 교통시설 및 교통수단 등 국가교통체계의 효율적인 개발·운영 및 관리 등에 필요한 사항을 정함으로써 국민생활의 편의를 증진하고 국가경제 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

제73조(지능형교통체계기본계획의 수립 등) ① 국토교통부장관은 육상·해상·항공 교통 분야의 지능형교통체계의 개발·보급을 촉진하기 위하여 10년 단위로 지능형교통체계에 관한 국가차원의 기본계획(이하 "지능형교통체계기본계획"이라 한다)을 수립하여야 한다.

- 교통정체 해소를 통한 도로에서 불필요하게 허비되는 시간 절약을 통한 업무생산성 향상은 국민의 삶의 질 향상에 직접적 혜택 발생
- 문재인 정부에서는 주당 법정 근로시간을 기존 68시간에서 52시간(법정근로 40시간+연장근로 12시간)으로 단축(근로기준법 개정안, 2018년 7월 1일 시행)
- 단축된 근무시간을 보충할 수 있도록 교통체증에 따라 발생하는 업무시간의 단축 최소화 등을 통한 업무생산성 제고 필요
- * 생산 목표치를 준수하기 위하여 인력을 충원하는 경우 총 생산비용 증가 예상되며, 총 생산비용 증가를 최소화하기 위해 근로자의 임금 삭감할 경우 노사 갈등 심화 예상
- 과학기술정보통신부(2018.6) 「제2차 과학기술 기반 국민생활(사회)문제 해결 종합계획(2018~2022)」에서 제시된 40개 주요 사회문제에도 교통혼잡과 교통안전 포함

□ 국가적 차원의 교통인프라 구축 및 마스터플랜 수립 필요

- 국내 교통 및 도로 건설 계획 등에 따라 지하공간을 활용한 도심 및 광역간 교통인프라 사업은 지속적으로 증가가 예상되므로 국가기간교통망 공공성 강화, 국토교통산업 경쟁력 강화를 위한 기술 개발 지원 필요
 - [국정과제-32] 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화 해당
- 다양한 지하 교통 인프라가 계획 및 추진 중에 있으며 종합적인 지하 교통망 마스터플랜 수립 및 관리는 국가적 차원에서 추진 필요
 - 공공성을 지닌 도심 지하 교통 인프라의 난개발 방지를 위해서는 국가(정부)가 개입하여 국토가치의 향상을 위한 종합계획 수립, R&D를 추진함이 타당함
- 국민의 삶의 질 향상, 복지혜택 증가에 대한 요구는 증가하고 있으므로 지하공간 개발에 대한 수요는 지속 증가 예상
- 지하공간의 안전하고 체계적인 활용과 함께 난개발 지양 및 향후 활용도를 높이기 위해서는 미래를 대비하는 중장기적 R&D 필요
- 정부의 거시적 재정정책 변화에 따라 SOC 투자는 지속적으로 감소될 예정이므로 한정된 도로교통분야 SOC 투자 비용 대비 공간활용성 및 교통처리용량 극대화가 가능한 기술개발을 통해 인프라 구축 효율화 및 경쟁력 강화 필요
 - 2018년 정부의 SOC 재정투자 규모는 19조원으로 2017년의 22.1조원 대비 14.2% 감소하였으며 향후 5년 간 7.5%씩 매년 감축 예정
- 간접적으로는 새로운 교통 인프라 사업 활성화 도모를 통해 일자리 창출 등 경제 활력 제고에 기여 가능

□ 친환경 신교통 수단 도입을 위한 국가적 역할 중요

- 기존 교통수단으로는 정의가 어려운 신 교통수단에 대한 기술개발과 관련해서는 관련 법, 기술개발 및 실증 등 전반적인 검토가 필요하며 특히 법과 제도에 대한 전반적인 준비가 요구되므로 국가적 차원의 지원이 필요함
- 또한 정부는 산학연 공동연구 및 초기시장 선점을 위한 표준화, 인증, 시험·평가 등의 지원자로서 협력해야 하는 의무 존재
- 품질 안전 확보 및 신 교통수단 구현에 따른 안전성 확보가 필요하며 교통인프라의 안전성은 국민의 안전과도 직결되므로 안전성 검증 등에 필요한 실증 지원 필요

- 국민들의 일상생활과 생산성에 부정적인 영향을 미치는 대기오염물질 배출 및 미세먼지 저감을 위한 노력은 국가적 차원의 지원 필요
 - 미세먼지로 인해 국민 약 87%가 매우 불편 또는 약간 불편하다고 인식하고 있으며 국민 절반 이상(55%)이 미세먼지 문제 개선을 위한 비용을 지불할 의사가 있다고 응답(미세먼지에 대한 국민인식조사(현대경제연구원), 2019)
- 온실가스 저감에 대한 국가 정책에 부합하고 감축 목표 달성에 필요한 기술개발은 국가 예산 지원이 필요함
 - 친환경 자동차 확대 보급뿐만 아니라 기존 내연기관 차량의 온실가스 배출량 저감을 위한 기술개발을 통해 감축 목표 달성 기여

□ 신교통 체계의 시장선도 확산을 위해 국가차원의 시장 조성

- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술은 다분야(기계, 지반, 구조, 도로, IT 등) 지식의 융복합이 요구되는 기술로 정부주도의 심도 있는 연구개발 요구
- 관련 산업에서 추종자(Follower)가 아닌 선도자(First Mover)로서 자리매김 하기 위해서는 정부주도의 기술개발 전략 및 지원 필요

1.3 사업 추진 근거

가. 법/제도

□ 본 연구개발 사업은 과학기술기본법, 국토교통과학기술 육성법, 건설기술 진흥법, 도로법 등의 법적 근거를 두고 추진

〈 표 1.8 〉 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획의 지원 근거

근거 법률	내용	소관부처
과학기술 기본법	○ 제1조(목적) - 이 법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 한다. ○ 제5조 1항(과학기술정책의 중시와 개방화 촉진) - 정부는 과학기술정책의 수립과 추진을 통하여 과학기술이 국가의 경제적·사회적 문제를 해결하고 미래전략을 달성하는 중추적인 역할을 할 수 있도록 필요한 자원을 최대한 동원하여 창의적 연구개발과 개방형 과학기술혁신활동을 적극적으로 지원하여야 한다. ○ 제7조 3항(과학기술기본계획) - 기본계획에서는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향 2. 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향 〈이하 중략〉 ○ 제11조 1항(국가연구개발사업의 추진) - 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다. ○ 제16조의 5(성장동력의발굴·육성) - 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.	과학기술 정보 통신부
국토기본법	○ 제2조(국토관리의 기본 이념) - 국토는 모든 국민의 삶의 터전이며 후세에 물려줄 민족의 자산이므로, 국토에 관한 계획 및 정책은 개발과 환경의 조화를 바탕으로 국토를 균형 있게 발전시키고 국가의 경쟁력을 높이며 국민의 삶의 질을 개선함으로써 국토의 지속가능한 발전을 도모할 수 있도록 수립·집행하여야 한다. ○ 제4조 1항(경쟁력 있는 국토 여건의 조성) - 국가와 지방자치단체는 도로, 철도, 항만, 공항, 용수(用水) 시설, 물류 시설, 정보통신 시설 등 국토의 기간시설(基幹施設)을 체계적으로 확충하여 국가경쟁력을 강화하고 국민생활의 질적 향상을 도모하여야 한다.	국토 교통부

근거 법률	내용	소관부처
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	○ 제3조(국토 이용 및 관리의 기본원칙) - 국토는 자연환경의 보전과 효율적 활용을 통하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 이루기 위하여 다음 각 호의 목적을 이룰 수 있도록 이용되고 관리되어야 한다. <이하 중략>	국토 교통부
건설산업 기본법	○ 제6조 1항(건설산업진흥 기본계획의 수립) - 국토교통부장관은 건설산업의 육성, 건설기술의 개발, 건설공사의 안전 및 품질 확보 등을 위하여 5년마다 건설산업진흥 기본계획을 수립·시행하여야 한다.	국토 교통부
「건설기술 진흥법」 [2018.08.14., 타법개정]	○ 제8조(건설기술의 연구·개발 등의 권고) - 국토교통부장관은 새로운 건설기술의 도입·연구·개발을 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 대통령령으로 정하는 바에 따라 부설연구소의 설치·운영이나 공동연구 및 정보 교환 등과 기술개발을 위한 투자를 권고할 수 있다. <이하 중략> ○ 제9조(공동연구·개발) - 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학(이들의 부설연구소 등을 포함한다. 이하 “건설연구기관”이라 한다)의 인력·자금·시험시설 및 기술정보의 효율적 활용과 선진기술 획득을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 공동연구를 추진하거나 건설기술연구기관의 건설기술 연구·개발을 지원할 수 있다.	국토 교통부
「국토교통 과학기술 육성법」 [2015.12.29., 제정]	○ 제7조(기술수요조사) - 국토교통부 장관은 국내외 기술동향조사 등을 통하여 정기적으로 기술수요조사를 하고, 그 결과를 반영하여 연구개발과제를 발굴하여야 한다. - 제1항에 따른 기술수요조사에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다. ○ 제8조(연구개발사업의 추진) - 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술연구개발사업(이하 “연구개발사업”이라 한다)을 할 수 있다. - 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별·분야별 연구과제를 선정하여 다음 각호의 기관 또는 단체등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다. <이하 중략>	국토 교통부
도로공간의 입체개발에 관한 법률안 (‘18.11 발의)	○ 제1조(목적) - 이 법은 도로공간과 그 주변지역의 입체적인 개발을 통하여 도로공간의 활용 및 창의적 도시공간의 조성에 기여하며 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다. ○ 제4조(입체개발구역의 지정 등) - 국토교통부장관은 입체개발사업을 추진하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 도로와 그 주변지역을 입체개발구역으로 지정할 수 있다.	국토 교통부

나. R&D 정책 및 부처계획

□ 현 정부의 5대 국정목표(' 17~' 21) 중 2개 국정목표, 20개 국정전략 중 4개 국정전략, 100개 국정과제 중 6개 국정과제에 부합

○ (국정목표) 더불어 잘사는 경제

- (전략 3) 서민과 중산층을 위한 민생경제

· 국정과제 [32] : 국가기간 교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화

- (전략 4) 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명

· 국정과제 [33] : 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축

· 국정과제 [34] : 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성

○ (국정목표) 내 삶을 책임지는 국가

- (전략 3) 국민안전과 생명을 지키는 안심사회

· 국정과제 [58] : 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성

· 국정과제 [61] : 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축

- (전략 5) 자유와 창의를 넘치는 문화국가

· 국정과제 [71] : 휴식 있는 삶을 위한 일·생활의 균형 실현

〈 표 1.9 〉 국정전략·과제와의 연계성

세부이행체계	내용
국가기간 교통망 공공성 강화	- 차량 탑재 고속 이동체 구축에 의한 교통 네트워크 효율화, 지하공간 이용 활성화를 위한 건설기술 경쟁력 확보
4차 산업혁명 대응	- ICT 및 산업간 융복합에 의한 신교통망 구축을 바탕으로 미래 성장동력 확보
미래형 신산업 발굴	- 신교통 인프라 및 건설 산업 육성을 위한 R&D 투자 및 실증 사업 지원, 신산업 분야에 대한 원천기술 확보
쾌적한 대기환경	- 내연기관 차량이용 수요를 전자기력 이동체 수요로 전환하여 대기오염물질 및 미세먼지 저감
신기후체제 이행체계 구축	- 도로 이동원의 화석연료 사용 감소가 가능하므로 CO2 배출량 저감이 가능한 친환경 미래 교통수단으로 활용
일·생활의 균형 실현	- 차량 탑재 고속 이동체를 활용한 신개념 교통망 구축으로 수도권 교통(도로) 이용시간 단축하여 업무시간 효율화를 통한 주 52시간 근로제 실시 기반 마련

- 본 사업은 현 정부에서 100대 국정과제와 별도로 선정·추진 중에 있는 4대 복합 혁신과제 중
- ‘4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가’에서 ‘과학·기술혁신으로 초지능·초연결 기반 구축’ 및 ‘역동적 4차 산업혁명 생태계 조성으로 신성장 동력 확보’와 연계

다. 국가계획 근거

- 「제4차 과학기술기본계획」 등의 계획에 지원근거를 두고 있으며 특히 다음과 같은 과제 및 중점과학기술목록을 근거에 따라 본 사업을 추진함

〈 표 1.8 〉 국가계획 및 주요 내용

계획명	주요내용	소관부처
제4차 국가과학기술 기본계획 (‘18~’ 22)	- 각 부처 과학기술 관련 정책 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획(과학기술기본법 제7조에 근거) - 2040년까지의 미래모습 달성을 위한 향후 5년의 중점 추진 전략 및 구체적인 추진과제 도출 - 「(과제 18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성」 및 120개 중점과학기술 목록 중 「지속가능한 인프라 구조물 건설기술」, 「미세먼지 등 대기오염 대응기술」 등에 부합	과학기술 정보통신부

라. 부처계획 근거

- 정부의 국정정책 기조에 맞춰 각 부처에서는 주요 계획을 수립하고 있으며 본 사업은 다음과 같은 부처계획에 부합함

〈 표 1.9 〉 부처계획 및 주요 내용

계획명	주요내용	소관부처
제4차 국토종합계획 수정계획 ('11~ '20)	- 대한민국의 새로운 도약을 위한 글로벌 녹색 국토를 위해 '자연 친화적이고 안전한 국토 공간 조성' 등을 전략적으로 제시 - 「교통·생활 혁명으로 U-Green 통합형 시대 전개」, 「환경, 문화 등 삶의 질에 대한 요구 증대」 등 지원	국토 교통부
제6차 건설기술진흥 기본계획 ('18~ '22)	- 4대 추진전략 : ① 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 ② 해외 수요 대응형 건설기술 개발 ③ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화 ④ 건설 Big Data 유통을 통한 신사업 육성 - 건설산업의 고부가가치 미래산업으로 도약을 위해 4차 산업혁명 기술을 활용한 첨단기술과 융합이 필수	국토 교통부
제1차 국토교통과학 기술 연구개발 종합계획 ('18~ '27)	- 전통적 국토교통 산업에 신기술을 결합하여 고부가가치 산업으로 도약 - 다양한 사회문제에 대한 해법 제시 등 기술의 사회적 역할 요구 - 세부추진과제 중 「2-2 고부가가치 건설기술 창출」, 「2-3 기존 수송시스템 혁신기술 도입」, 「3-3 사회이슈 해결형 기술 개발」 등에 부합	국토 교통부
건설산업 혁신 방안 (경제관계장관 회의, '18.6)	- 기술혁신을 통해 '4차 산업혁명을 선도하는 글로벌 산업'을 육성하여 R&D 강화, 스마트 인프라 등 기술로 승부하는 건설시장 조성 및 건설산업을 혁신친화적 사업으로의 전환을 목표 - 4대 혁신방안 중 하나인 '기술혁신' 내 추진과제 중 '고부가가치 건설시장 확대'에 부합	국토 교통부
혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획 ('18~ '22)	- 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계하여, ① 지능화 혁신 프로젝트 추진, ② 성장동력 기술력 확보, ③ 산업 인프라·생태계 조성, ④ 미래사회 변화 대응 등 4대 분야 전략 과제를 중점 추진 - 「자율차자율운행선박드론 등 스마트이동체 선도국가 도약」, 「빠르고 안전한 지능형 교통체계로 전면 전환」 등 추진방향에 부합	21개 부처 및 4차 산업혁명 위원회

1.4 기획 추진체계 및 경과

1.4.1 추진체계

가. 총괄·분과 기획위원회 추진체계 및 역할

- 효율적인 기획추진과 전문성 있는 기획결과 도출을 위해 국토부, 진흥원, 연구기관간 역할, 기획위원회 구성 등 추진체계 마련 및 운영



〈 그림 1.24 〉 기획추진체계

- (국토교통부) 사업 주관부처로서 기획분과위원회 및 총괄기획위원회 의견 등을 종합·검토하고, 사전기획 결과의 적합 여부 등 총괄 검토
- (총괄기획위원회) 거시적 관점에서 기획 방향을 제시하거나, 기획분과위원회의 세부 기획(안)에 대한 검토 및 조정
- (자문위원회) 사전기획 과정에서 별도 자문이 필요할 경우, 산·학·연 등 관련 분야 전문가를 중심으로 추진전략, 타당성 등 자문
- (국토교통과학기술진흥원) 사전기획 수행기관과(건설연, 더비엔아이) 함께 기획분과위원회 및 총괄기획위원회 운영 등 사전기획 전반을 주관
- (사전기획 수행기관) 사전기획을 위한 자료 조사 및 분석, 기획분과위원회 및 총괄기획위원회 운영 지원 등 사전기획 실무 역할 수행
- (기획분과위원회) 사업에 대한 기술적 관점에서 전문적으로 검토하여 사전기획 대상 기술에 대한 세부 기획(안) 도출

나. 총괄·분과 기획위원회 구성

□ 총괄기획위원회

〈 표 1.10 〉 총괄위원회 명단

구분	No.	성명	소속	직위	분야	기관구분	비고
국토부	1	하철호	기술정책과	사무관	총괄	관	
KAIA	2	김윤순	기획1그룹	그룹장	간사	-	
외부 위원	3	정충기	서울대	교수	지반	학	
	4	윤태양	포스코건설	자문교수	구조	산	
	5	이청원	서울대	교수	교통	학	
	6	김재관	이제이텍	부사장	터널	산	전 SK건설
분과장	7	김창용	건설기술연구원	센터장	지하도로	연	
	8	한형석	한국기계연구원	책임연구원	자기부상	연	
	9	이호성	지윤이앤씨	대표	지하도로	산	

□ 기획분과위원회

〈 표 1.11 〉 기획분과위원회 명단

구분	No.	성명	소속	직위	분야	기관구분	비고
1분과 인프라	1	김창용	한국건설기술연구원	센터장	지하도로	연	분과장
	2	양동완	GS건설	상무	토목	산	강범석 과장(부)
	3	박승희	성균관대학교	교수	구조	학	
	4	김효규	주성지앤비	대표	환기, 방재	산	
2분과 이동체 및 ICT	5	한형석	한국기계연구원	책임	자기부상	연	분과장
	6	김 현	현대엘리베이터	선임	수직이동체	산	
	7	정원선	자동차부품연구원	실장	자율주행	연	
	8	전찬준	한국건설기술연구원	전임	AI	연	
3분과 교통조사 및 상용화	9	이호성	지윤이앤씨	대표	지하도로	산	분과장
	10	정회원	서울특별시	팀장	도로정책	관	이종현 주무관(부)
	11	이 호	한국교통연구원	연구위원	교통	연	
	12	최창림	삼보기술단	전무	지하도로	산	
	13	김찬호	중앙대학교	교수	도시계획	학	

1.4.2 기획 추진 경위

가. 사전기획 주요 추진 경과

- ' 18.7. : Urban Loop* 기술수요조사서 접수 및 사전검토
 - * Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획(이하 Urban Loop)
- ' 18.8.10 : 국토부 기술정책과(SOC 분야) 검토회의
- ' 18.9.13 : 하반기 기획연구선정위원회
- ' 18.9.19 : RFP 검토회의
- ' 18.11.19 : 선정평가
- ' 18.11.27 : 자문회의
- ' 19.01.18 : 제1차 기획분과위원회
- ' 19.02.21 : 자문회의 (도시계획 및 교통계획 전문가)
- ' 19.03.26 : 제2차 기획분과위원회
- ' 19.04~ : 분과별 기획위원회 운영
- ' 19.04.23 : 자문회의 (물류 부문 적용 방안 및 기술수요)
- ' 19.06.12 : 경기도 4차산업혁명위원회 협력방안 협의
- ' 19.07.01 : 경기도 4차산업혁명위원회 협력방안 자문회의
 - * 2020년 이후 추진 사업에 Urban Loop(교통 및 물류) 기술개발 및 실증 협력 사업 반영 추진
- ' 19.08.13 : 총괄기획위원회 (기술개발 및 활용 시나리오 등 검토)
- ' 19.08.23 : 기획분과위원회 (총괄기획위원회 의견 반영사항 검토)
- ' 19.08.31 : 과제 종료
- ' 19.10. : 국토부 도로국 “도로 기술개발 전략안(‘21~’ 30)” 반영
 - * 본격적으로 도로기술 연구에 대한 박차를 가하기 위해 4대 핵심분야를 설정하고 2030년까지 추진할 중점 추진 기술 마련

나. 주요 의견에 대한 반영사항

□ 차량 탑재 고속 이동체의 기술적 구현 방식

○ 중점 고려사항

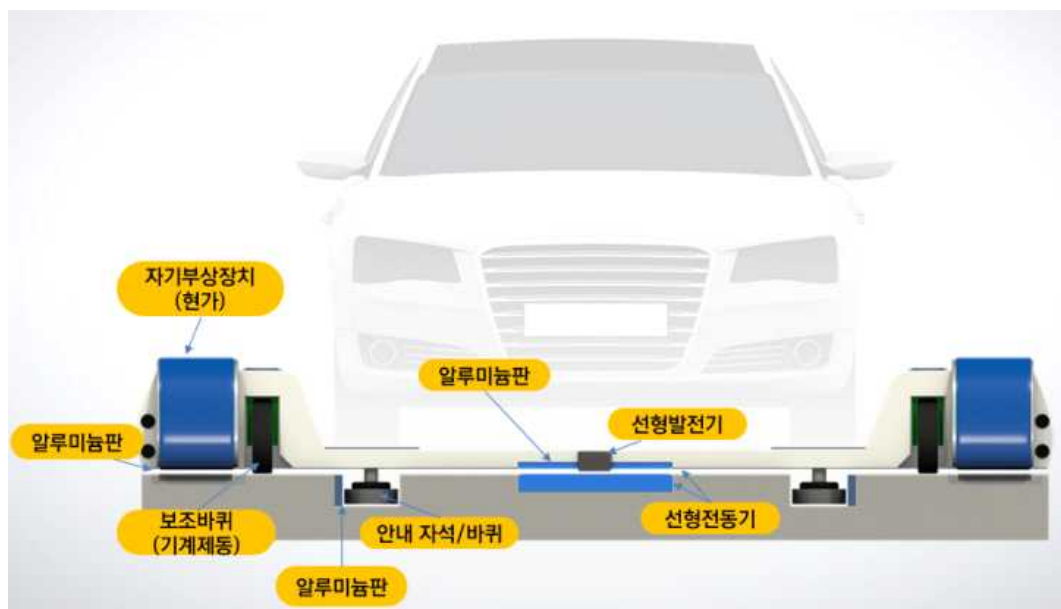
- 정체 없는 이동체 이송, 분진 최소화, 초기 투자비 및 운영비 최소화, 시스템 안전성 극대화

- 운반 대상 : 승용차, 보행자, 자전거, 화물

○ 중점 고려사항을 만족시키기 위한 가용기술

〈 표 1.12 〉 차량탑재 이동체 개발을 위한 가용기술 선정

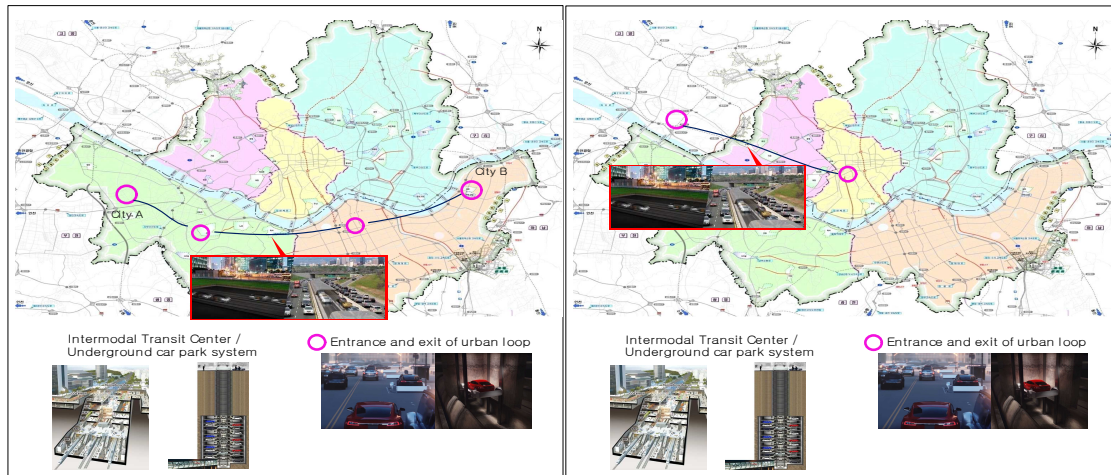
구분	기능										
	이동체			추진				동력		운영	
	차체	현가	조향	속도	방식	모터	제동	동력	공급 방식	주행 제어	분기
기술	전용 차량 부착	바퀴 자기 부상	바퀴 (수동) 바퀴 (능동) 자기 부상	적정 속도 (150 km/h)	도로 차상	회전형 선형 (LIM) 선형 (LSM)	전기 기계	도로 차상	접촉 배터리 비접촉 발전	중앙 개별 (자율)	레일 이동 궤도 이동



〈 그림 1.25 〉 이동체 개념도 : 승용차 탑재 방식

□ Urban Loop 적용방안 설정에 대한 주요 지적사항

- [기존(제안)] 현재 서울 등 교통문제 해소 및 승용차 이용 수요를 고려한 기술개발
 - 대도시 교통혼잡 해소 및 승용차 이용 수요 흡수 등 현안 해결에 포커싱



< 그림 1.26 > Urban Loop 상용화 개념도((좌)서울시 Bypass, (우)외곽-시내 주요 거점 연결)

- 기존 적용방안에 대한 주요 의견사항 및 한계점
 - 이용 수요 관점에서의 문제점(정책적 타당성 및 기술 수혜 대상)
 - 기존의 교통관점에서 수단의 전환 접근에서 차량(승용)을 기준으로 인프라 변화 도모
 - * 따라서, 대중교통 이용 활성화 및 유도 정책에 반함
 - 주요 대도시, 특히 서울의 도시계획 및 정책적 측면에서는 차량의 도심 진입을 막는 것을 우선으로 하는 정책 추진과 상충되므로 정책적 타당성 확보 미흡
 - * “버스 중앙차로제”, “남산 혼잡통행료 부과” 등 다양한 대중교통 활성화 정책 추진 중
 - GTX 사업 등과 인프라의 구축 목적, 대상 등 차별성 있으나 국고 지원 R&D 사업의 특성을 고려할 때 버스형태 유리
 - 도시계획 및 정책적 측면에서는 차량의 도심 진입을 막는 것이 우선이며 기술 적용에 따른 도시화 가속 우려, 도시계획 관점에서는 공유할 수 있어야 함
 - 기술 수요 다변화 필요
 - 미래화물 → 지하 : 교통혼잡 등의 주요 원인인 물류를 해결하는 방향이 바람직
 - 빠르다는 논리 이외에 근본적 문제 해결 접근을 위한 시나리오 설정 우선
 - * 다양한 정책, 도시계획 관련 전문가 의견 수렴을 통해 기술의 목적, 적용 대상 등 전반적인

시나리오 재수립 필요

- (한계점) 미래 모빌리티 등 기술개발 완료 시점에서의 도시(계획) 현황 등 반영 미흡
 - * 본기획 → 요소기술 개발 → 실증 등 수행 시 대략 10년 후가 기술개발 완료 시점
- 10년 후의 모빌리티 변화, 도시계획 변화를 고려한 시나리오 및 로드맵 설정 필요



< 그림 1.27 > 1900년과 1913년 뉴욕 5번가 주요 통행수단의 변화(마차→자동차)

□ 기존 컨셉의 한계점을 고려한 수정 적용방안 설정 및 주요 고려사항

- 향후 계획 가능한 신도시(ex 스마트 시티 등)를 타깃으로 도시계획 단계에서 Urban Loop 교통망 고려 및 반영
- 수정 적용방안의 장점
 - 계획 단계에서부터 Urban Loop를 교통망으로 구성
 - Door to Door에 가까운 인프라 구축 (이용자 편의성 극대화)
 - 이동체의 형태에 따라서 대중교통 수단으로 적용
 - 물류분야 도입에 유리
 - 계획방법 및 기술수준에 따라서 다른 지하인프라(ex 공동구) 등과 같이 활용
- 향후 예상 가능한 인구이동 및 일자리 변화에 대응한 교통 인프라 구축 필요
 - 인구 이동 → 주거지의 광역화 : 외곽지역으로의 확산은 특정 교통수단을 따라서 광범위하게 진행되었던 과거와 달리 더 골고루 흩어지는 모습을 보일 가능성이 높음
 - 일자리 변화 → 4차 산업혁명의 핵심 일자리는 도심으로 몰리고 있음

□ 수정(안)에 대한 주요 고려사항 및 기획방향 수립

○ 주요 고려사항

- 역의 형태는 지금보다 훨씬 규모는 작으면서, 더욱 분산화 된 형태로 전환 필요
- 4차산업혁명 및 자율주행시대에는 차량의 흐름이 더욱 전방위적으로 도심으로 들어옴

○ 기획 방향

- 현안해결 및 단기 도시계획* 측면 고려 : 단기적 성과 도출
* 직장인 도시 집중화, 인구의 외곽이동에 따른 신도시 계획으로 대중교통 missing link 발생
- 향후 계획 가능한 신도시를 타깃으로 장기적 기술 수요 및 개발 방향 설정
- 장·단기적 기술수요 흡수 및 기술개발을 고려한 로드맵 마련 필요

□ 기획과정을 통해 수정된 Urban Loop 적용의 기본 개념

○ (공공 서비스 강화) 국민 생활의 편의 지원과 양질의 공공서비스 제공을 위한 기술개발 사업

- 본 기술개발을 통해 대중교통(주민) 및 물류(공공수화물-우편, 택배 등) 서비스를 제공하여 시민의 양질 공공서비스 지원
- 소-중규모 복합 모빌리티 허브 인프라 건설기술 확보를 통한 missing link 연결

※ 기술개발에 따른 수혜 타깃 확대 : 개인(승용차)뿐만 아니라 미래 개인 수송 수단 (Pod 등), 대중교통 및 물류까지 적용범위 확대로 쟁점 사항 해소

○ (사회적 비용 손실 감소) 공공인프라 건설 및 이용과정에서 손실되는 비용을 최소화 하기 위한 기술개발사업

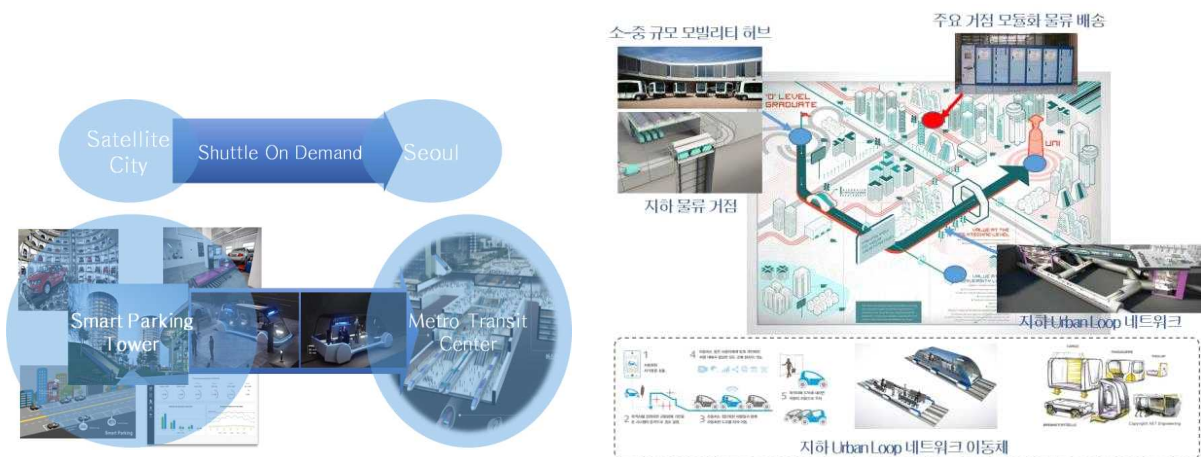
- 기존 터널 및 대심도 지하도로 대비 굴착비용 절감 및 환경부담비용 감소, 모듈화-그룹화 자율주행 이동체 개발 및 운영을 통한 모빌리티 공유 시스템 확보
- * 이동체 컨셉 및 활용방안 확대(모듈화-그룹화)로 기술 수요 및 미래 모빌리티 변화 대응

○ (대기오염 등 환경 개선) 친환경 개발 패러다임에 부응하는 탄소배출, 분진, 각종 환경오염물 저감을 위한 기술개발 사업

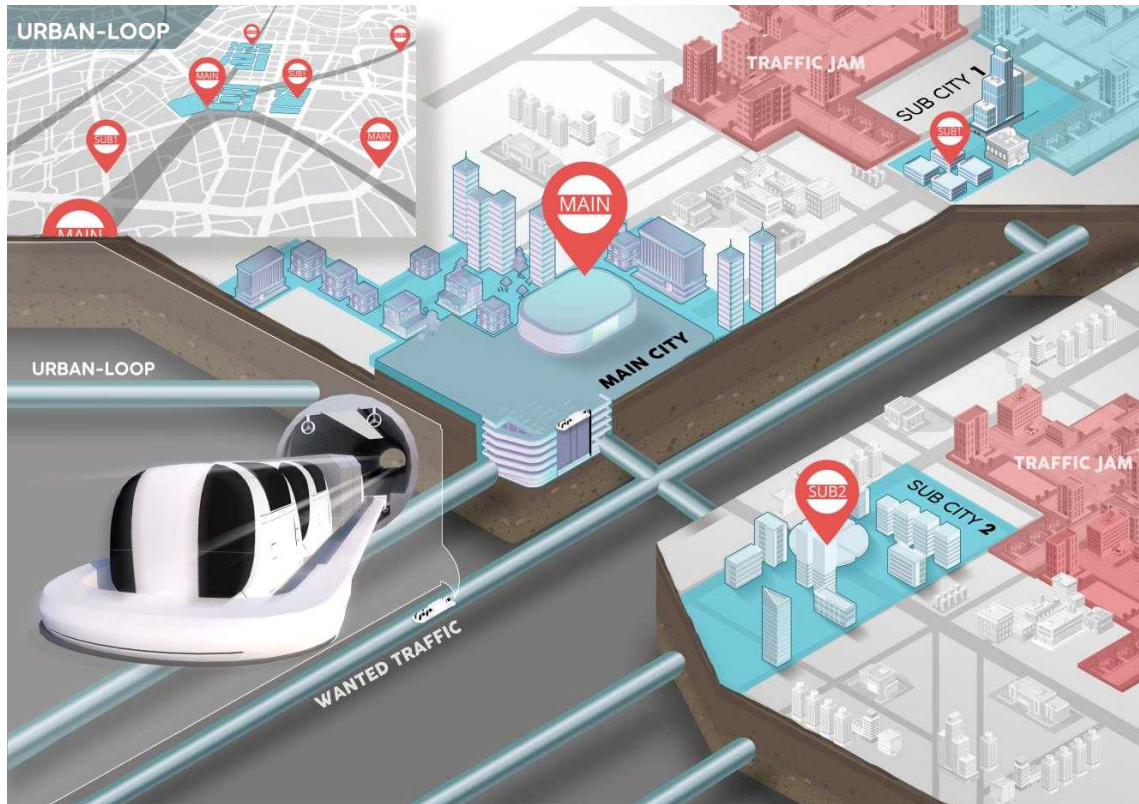
- 자기부상 대중교통 또는 모듈화 자율주행 이동체(교통 및 물류) 이용에 따른 내연기관 자동차 수요 저감 및 도심지 내 물류운송을 위한 내연기관 화물차 수요 억제효과 기대

□ 기획과정을 통해 수정된 Urban Loop 적용의 기본 개념

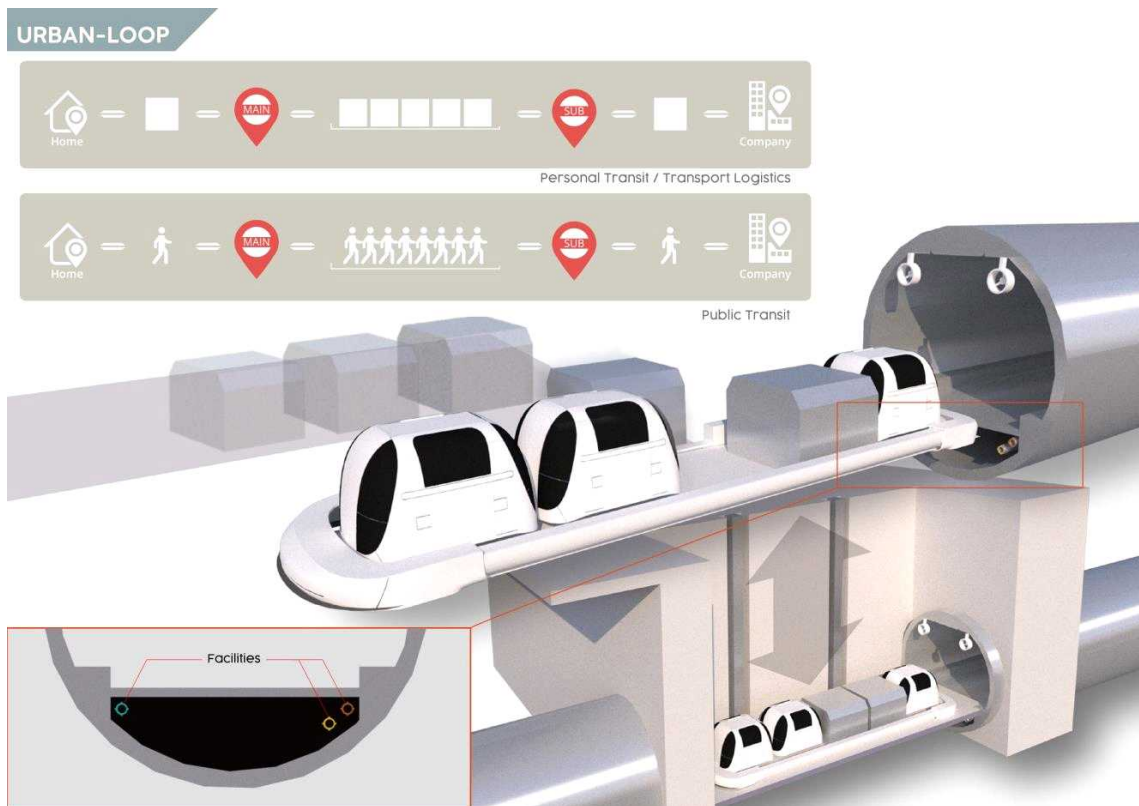
- (단기적) 3기 신도시 또는 이후 계획될 4기 신도시 등 교통 및 물류 missing link 연결을 위한 단일노선 고려
 - 자기부상 대중교통형 이동체 개발
 - 소규모 복합 모빌리티 허브 인프라 구축 기술
 - 이동체 자율 주행 및 Parking 기술
 - 이동체 규모 및 성능을 고려한 최적화 튜브 설계 및 시공 기술 등 집중
- (중·장기적) 도시간 연결(단기적 모델)을 포함하여 신도시 계획수립 단계에서 Urban Loop 네트워크망 계획 및 구축
 - 소·중규모 복합 모빌리티 허브 인프라 구축 기술
 - 지하 물류 인프라 구축 기술
 - 자기부상/바퀴 이용 조건을 모두 고려한 튜브(터널) 설계 및 시공 기술
 - 타 지하 인프라 연계 구축 등 종합적 기술 개발 필요



< 그림 1.28 > 단기적(좌) 및 중·장기적(우) Urban Loop 적용 방안



〈 그림 1.29 〉 Urban Loop형 대중교통 및 물류 이동체 개념도(1)



〈 그림 1.30 〉 Urban Loop형 대중교통 및 물류 이동체 개념도(2)

2. 국내외 환경분석

2.1 신 교통수단에 따른 미래 사회 환경변화, 주요 이슈

□ 교통수단의 변화

- 외부환경을 인식하고 스스로 상황을 판단하여 이동하거나 필요 시 원격조정으로 동작 가능한 이동체가 운송수단의 변화를 촉발
 - 무인이동체의 보급 단계에 따라 자동차 시장과 인접 산업에 상이한 영향을 미칠 것으로 예측
- 개인이동분야, 공공교통분야, 화물운송분야, 물류창고분야에서 다양한 형태의 이동체 도입 예정

□ 사회적 영향 및 변화 방향

- 소유에서 소비로, 제품에서 서비스로 운송수단의 개념이 진화
 - ‘소유’라는 현재의 인식이 ‘소비’로 점진적으로 전환
 - 스스로 업데이트 하고 오류를 수정하며 새로운 단계로 진화하는 시스템으로 도약할 수 있을 것으로 전망되어 더 이상 제품이 아닌 서비스로 진화
- 도로교통시스템, 세제시스템, 생활시스템의 혁신적 변화
 - 환경·경제 면에서 최적화된 도로교통시스템으로의 진화
 - 자동차 수, 휘발유·경유 기반 차량 수 감소 및 교통 위반 감소에 따라 격감한 세원 충당을 위해 정부는 세제를 개발하게 될 것
 - 개인별·상황별로 맞춤 변결할 수 있는 복합적 생활공간으로 재해석
- ‘차량’에서 ‘로봇’으로 산업 범주의 변화
 - ICT 기업과 자동차기업간의 산업 주도권 경쟁
 - 물류시스템이 동적 배송(Dynamic Delivery) 서비스로 전환
 - 물류 유통망 전반의 로봇 대체 가속화
 - First/Last Mile 구간 이동체 다양화

□ 주요 이슈 및 대응 방향

- 도입초기부터 발생 가능한 다양한 문제에 대한 사전 연구 필요
 - 사고 발생 시 책임 주체 규명에 대한 노력이 필요
 - 소프트웨어 오류와 해킹 발생에 대한 대응마련이 필요
 - 소프트웨어 튜닝과 사이버 보안에 대한 적절한 대응이 필요
- 사회적으로 발생하는 다양한 문제에 대한 논의와 합의가 중요
 - (개인주의 vs 공리주의) 자율주행자동차 윤리 알고리즘 채택 이슈
- 물류/유통/자동차 관련 산업구조 변화에 대한 대처가 필요
 - 물류 유통 업계, 고용 파괴 현상 대처 방안 확보 필요
 - 자동차 보험 산업의 변화에 따른 구조혁신 방안 모색

□ 개인이동 분야에서의 현황 및 도입 사례

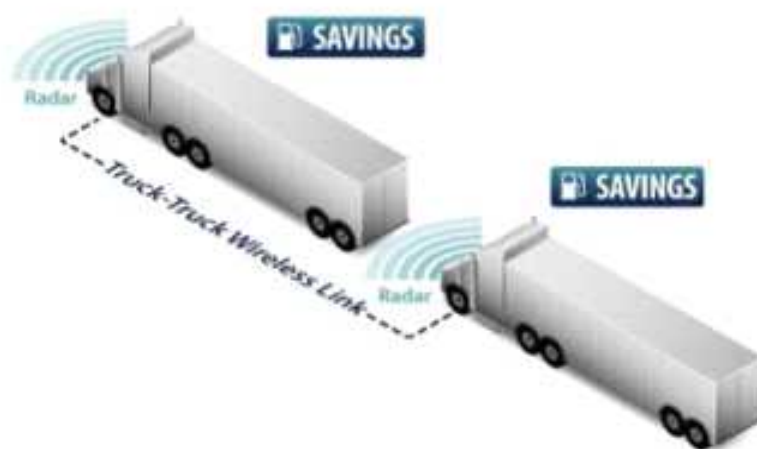
- 개인이동 분야의 무인이동체는 크게 글로벌 자동차 기업과 IT분야 기술기업의 양대 진영으로부터 최근 빠른 속도로 개발이 진전
- IT 진영의 공격적인 자율주행자동차 개발 상황은 차세대 이동체 수단 경쟁과 관련된 보수적인 자동차 OEM들의 위기의식을 환기중
 - ‘15년 하반기는 자율주행자동차 업계 경쟁의 포문을 본격적으로 열게 된 시점으로 평가

〈 표 2.1 〉 운송 분야 이동체 개발 현황 및 계획

시점	구분	주체	발표 내용 및 전망
2015. 10	민간	Tesla	자율주행자동차 Autopilot 실험 완료
2015. 10	민간	Toyota	Highway Teammate 프로젝트로 고속도로 상 자율주행자동차실험
2015. 11	공공	LA시 정부	LA 자율주행자동차 확산 촉진을 위한 교통기술연합체(Coalition of Transportation Technology) 출범
2016	민간	Mercedes Benz	고속도로용 자율주행자동차 파일럿(Autobahn Pilot) 수행 계획

시점	구분	주체	발표 내용 및 전망
2017	공공	미국 교통부	차량 간 통신(V2V) 기술 의무화 규정 출간
2018	민간	Tesla	완전자율주행자동차 기술 완성
2020	민간	Tesla, Google, GM, 현대차 등 다수 완성차 업체	자율주행자동차 시판
2025	민간	GM	신규 시판 차량 자율주행 기능 기본 탑재

- 현재 대부분의 글로벌 자동차는 ‘20년을 기점으로 실제 주행 환경에서 운행이 가능한 자율주행자동차를 상용화할 것을 목표로 설정
- Volvo는 ‘Drive Me’ 프로젝트를 통해 자율주행자동차 연구를 추진중이며, 가장 적극적으로 자율주행자동차 사업을 전개 중인 것으로 평가되는 업체
 - 도로 상의 자석을 자동차의 자기장 센서를 통해 인식하여 자동차가 차선을 따라 주행할 수 있도록 안내해 주는 기능을 구현
 - 대형 컨테이너 트럭 한 대와 승용차 3대가 타원형 트랙에서 시속 90킬로미터 속도로 차량 간격 6미터를 유지하며 자율주행하는 군집 주행 컨셉을 최초로 시연
- * ‘15년 4월, Volvo Group Venture Capital은 트럭군집주행 시스템을 개발하는 Peloton社에 대한 투자를 발표



< 그림 2.1 > Peloton사 트럭군집주행시스템

- Toyota는 자율주행기술의 단계적 확대를 ‘17년 고속도로의 커브 길 주행을 위한 자동 핸들링 기술을, ‘20년에는 고속도로 상에서 핸들과 액셀 조작이 필요 없는 Level 3 수준의 자율주행자동차를 시판할 계획
- 이 같은 전략은 Google, Tesla 등의 ICT 기업들에 대한 견제와 동시에 자동차 업체로서 경쟁사들과 보조를 맞추기 위한 실리적 조치이며, 시장 전개상황에 따라 전략적 비중은 탄력적으로 조절할 것으로 예상
- Tesla는 차량 탑재용 컴퓨터인 ‘FSD’와 FSD에 탑재될 새로운 칩(SoC)을 활용하여 모든 차량은 소프트웨어의 업데이트를 통해 완전자율운전이 가능해진다고 발표
- 2020년에는 운전자가 스티어링휠(운전대)에 손을 터치하지 않고, 페달이 필요없는 차를 만들고 법적규제 승인을 얻어내어 ‘로보택시(RoboTAXI)’ 운영을 계획
- Google의 자율주행자동차인 웨이모는 800만 마일, 약 1290km의 일반도로 주행을 마쳤다고 발표
- 크라이슬러의 미니밴인 퍼시피카 600대를 투입해 2015년 6월 누적 주행거리 100만마일(1610km)을 돌파한데 이어 2018년 11월에는 400만마일(6440km)을 달성
- 이후 8개월 만에 400만 마일을 추가해 총 800만마일에 달하는 일반도로 주행을 성공
- 또한, 하루에 2만500마일(약 4만km)를 주행하는 등 일반도로뿐 아니라 시뮬레이션을 통해 약 800억k(50억마일)마일을 달리며 완성도 높은 자율주행차에 대한 투자를 발표
- 웨이모는 미국의 자동차산업 중심지인 미시간주에 자율주행차 대량생산을 위한 개조 공장을 2019년 하반기에 세울 예정
- 미시간주 디트로이트에 1360만달러(154억원)를 들여 공장을 짓고 향후 5년간 최대 400명의 일자리를 창출한다는 계획서를 제출



〈 그림 2.2 〉 Google의 웨이모

□ 공공 교통분야에서의 도입 사례

- (프랑스 EasyMile의 EZ10) 캠퍼스 등, 정해진 구역 내에서 상용화가 되고 있는 가운데, 가장 많은 구축 레퍼런스를 보유
 - 13피트 길이의 좌석 6개를 포함 12인승 버스로 최대 시속 25마일까지 주행
 - 운전대가 없는 EZ10은 경로 설정을 위한 지도 소프트웨어를 내장하고 있으며, 충돌 방지를 위한 외부 센서들을 장착
 - EZ10은 프랑스, 스페인, 핀란드, 스위스, 영국 및 네덜란드 등의 유럽 지역을 중심으로 다수의 차량이 운행되고 있으며, 최근에는 싱가포르, 미국까지 적용을 확대



〈 그림 2.3 〉 EasyMile社 EZ10

- (일본 Robot Taxi사의 무인택시 Robot Cab) 안전을 대비해 Robot Cab에는 동사의 승무원들이 무인택시에 탑승할 예정이며, 이회사는 2020년까지 무인택시 서비스를 상용화할 계획
- (싱가포르 국립대 캠퍼스 무인 셔틀버스) MIT와 공동으로 싱가포르국립대 캠퍼스 내에서 무인 골프 카트 2대에 대한 시범 주행을 최초 시행
 - 이후 클린테크 파크와 난양공대 캠퍼스에서는 Induct Technology가 개발한 Navia라는 이름의 무인 차량을 셔틀버스로 운행
- * 이미 스위스 로잔 소재 공과대인 EPFL(Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) 캠퍼스에서도 운행중



〈 그림 2.4 〉 Robot Taxi社 Robot Cab(左)와 난양공대 자율주행버스: Navia(右)

□ 화물운송분야에서의 도입 사례

- 자율주행 트럭은 현재 물류 배송 고도화 관점에서 DHL과 UPS가 구체적인 계획을 내놓고 있음
- DHL은 자율주행 트럭 분야에서도 수년째 일부 물류센터에서 가동 테스트를 수행 중으로, 물류 업계 내에 가장 선도적 역할을 자임
- * 동사는 2014년에 펴낸 Self-Driving Vehicles in Logistics라는 보고서를 통해 물류 창고, 외부 물류 운송, 장거리 이동, 라스트마일 배송 등 물류 프로세스 전반에 걸친 자율주행 트럭 이용을 상정



〈 그림 2.5 〉 DHL 물류 프로세스 전반에 걸친 자율주행 차량 적용 컨셉

- 외부 물류 유통 단계에서는 창고나 물품 집하지에서 도소매점까지의 기간 운송의 경우 자율주행차량이 활용되기 시작
- 주용 트럭회사에서는 클러치 자동 작동과 자동화 수동 변속기를 갖춘 충돌방지시스템 채택이 확산되며 물류 분야의 자율주행차량 적용이 임박
- 자율주행트럭은 공기 저항에 따른 연료 절감과 운영 효율을 위해 2대 이상의 트럭이 열을 지어서 주행하는 군집주행이 미래 트렌드를 형성할 것으로 전망



〈 그림 2.6 〉 군집 주행 트럭 동작 개념

- 보험회사 Axa는 무인 트럭을 통해 향후 10년 간 195억~475억 파운드에 달하는 물류 비용 절감이 가능할 것으로 전망
 - 또한, 시장 조사기관 Frost&Sullivan은 군집주행은 '20년부터 보편적 확산이 이뤄지기 시작할 것으로 예측
 - Daimler Trucks North America는 텔레매틱스 벤저 Zonar와 제휴를 맺고 클라우드 기반의 운행 데이터 분석 시스템을 도입
 - 이 시스템은 차량 블랙박스에서 전송된 각종 운행 데이터와 기계 정보를 클라우드 기반 빅데이터 분석으로 처리해 그 결과를 전용 안드로이드 태블릿으로 실시간 전송
 - 빅데이터 기반 운전효율 분석이 운전자 개개인의 운전습관 교정으로 이어져 연비절감이 기대되며, 방대한 데이터와 데이터 분석 기술의 시너지를 위해 장기적인 기술제휴 추진
 - Toshiba와 IBM Japan은 드라이브레코드 GPS 등을 통해 수집한 정보에 운전자의 생체 정보를 추가해 분석하는 자동차 운행관리 솔루션 개발을 추진
 - 이를 위해 Toshiba는 유럽 등에서 해당 솔루션을 통한 실증 테스트를 시작할 예정이며, 실험결과를 토대로 운송업체와 자동차 보험사 등을 대상으로 서비스를 제공할 계획
 - 세계 주요 광업체인 리오 틴토는 서호주 필바라 지역의 안디쿠지나광산과 나물디광산에서 철광석 운송에 무인트럭만을 쓰기 시작
 - 22대가 운행되는 안디쿠지나 광산의 경우 무인트럭들은 약 1천200km 떨어진 퍼스의 운영센터로부터 통제
- * 유지관리 및 생산성을 점검하고, 시스템의 최적화 방안을 연구하는 조직을 운영



〈 그림 2.7 〉 원격 제어를 통해 운행되는 무인트럭

□ 물류창고 분야에서의 도입 사례

- Google, Amazon, Softbank 등의 거대 IT 기업들 역시 물류 시장에 진입하며 물류 산업의 첨단화 경쟁이 격화되고 있는 양상
- 내부 물류 단계에서는 창고 등 물품 보관 및 하적 장소에서 주로 무인이동체 로봇에 의한 제품 운반, 픽킹(picking), 포장 등의 작업이 이뤄지고 있으며, 이들 로봇은 자체적인 작업과 현장 작업자의 지원을 수행
 - 물류 창고에 무인 이동체 로봇을 적용 중인 대표적 업체로는 Amazon의 KIVA와 유사한 컨셉의 Swisslog, 로봇 개발 전문 스타트업인 Fetch Robotics 등이 존재
 - 미국 아마존 물류센터에서는 15,000대 이상의 KIVA라는 무인이동체 로봇을 가동 중, KIVA는 창고 안을 돌아다니며 필요한 물품을 찾아 해당 물품이 놓여진 선반을 작업자 위치까지 운반



〈 그림 2.8 〉 Amazon KIVA Systems(左)와 Fetch Robotics(右)

- 전자상거래와 물류 기지 간 통합을 통해 공급망을 강화 중인 Amazon이 가장 대표적인 사업자
 - Amazon은 자사의 물류센터에서 제품 운반, 픽킹(picking) 등의 작업을 수행하기 위한 KIVA 시스템을 적용한 이후, 2년 동안 최대 9억 달러 가량의 인건비를 절감
 - KIVA는 제어센터 명령에 따라 원하는 상품을 넣은 선반으로 곧바로 이동, 선반 자체를 들어서 담당자가 있는 곳까지 이동
 - KIVA는 선반 아래를 자유롭게 드나들며 최대 320kg 중량의 선반을 통째로 들고 이동할 수 있도록 디자인되어 있으며, 포장은 수작업으로 진행

□ 대안적 모빌리티 사례

- 전동킥보드, 전기자전거, 전동 휠 등 전기를 동력으로 움직이는 1인용 이동수단인 ‘마이크로 모빌리티’는 걷기에는 조금 멀고, 대중교통을 이용하기엔 가까운 구간인 라스트마일의 이동을 보완
 - 대도시화와 1인 가구 증가에 따라 미래 교통수단으로 주목받고 있으며, 다양한 환경에서 사용할 수 있어 크게 성장
 - 혁신적인 신개념 교통수단으로 자리를 잡으며 공유 플랫폼이 등장하고 있으며 전기가 주 동력원으로 친환경 트렌드와도 맞물려 급부상
 - 최근에는 마이크로 모빌리티 기기 공유 서비스 업체가 확대되면서 사용자가 증가하고 있는데, 교통법이 모호해 새로운 교통수단 법률의 필요성이 대두



〈 그림 2.9 〉 마이크로 모빌리티

- 로봇 및 전기차 기술을 적용한 ‘엘리베이트(걸어다니는 차)’는 4개의 바퀴가 달린 로봇 다리를 움직여 기존 이동수단으로 접근이 어려운 지역 및 상황에서도 유용하게 활용할 수 있는 신개념 모빌리티
- 일반 상황에서는 다리를 접어 일반 자동차와 같이 변신이 가능하며, 5개의 축으로 설계된 로봇 다리를 이용해 여러 형태의 걸음걸이 가능
- 수색·구조, 교통약자 이동 편의 증진 등 다양한 공공 분야에 크게 기여할 것으로 기대
- * 기존 이동수단으로는 접근이 어려운 재난 발생 지역에서는 긴급 구조용 차량으로, 집 현관 앞까지 접근할 수 있어 이동이 어려운 고령자와 장애인 등 교통약자를 위한 전용 이동수단으로도 활용 가능
- 혹독한 오프로드 코스로 꼽히는 미국 캘리포니아의 루비콘 트레일의 가상 주행 코스를 완주하여 주행·보행 능력을 증명



〈 그림 2.10 〉 엘리베이트(걸어다니는 차)

- ‘첨단 소형무인궤도차(PRT)’는 1칸에 2~6인 정도를 수송 할 수 있는 적은 용량의 대중교통수단으로, 통상 자동화된 궤도교통수단
- 고가 궤도 위를 시속 40~50km 정도로 논스톱으로 운행하며, 전기를 사용해 대기오염 물질을 배출하지 않는 미래형 대중교통수단
- km당 150억원 정도 소요되어, 중전철에 비해 7배, 경전철에 비해서는 3배 가량 저렴하여, 지하철 등 다른 교통 수단에 비해 건설비용이 적게 드는 점이 장점
- 역간 간격이 탄력적으로 운영되며, 타 궤도시스템은 급행을 염두하지 않으면 역간 간격이 좁을수록 표정속도가 떨어지게 되어 PRT는 무정차 운행이 기본이라 역간 간격이 좁아도 수요자 중심의 역 배치가 가능

- 일반 선형 노선뿐만 아니라 여러 갈래의 네트워크 구성도 가능하다. 승객이 목적지만 입력하면 이동 경로는 계산 후, 선택하여 가면 된다. 조건만 맞으면 선로 용량을 꼭 채워 궤도를 운영 가능



〈 그림 2.11 〉 첨단 소형무인궤도차(PRT, Personal Rapid Transit)

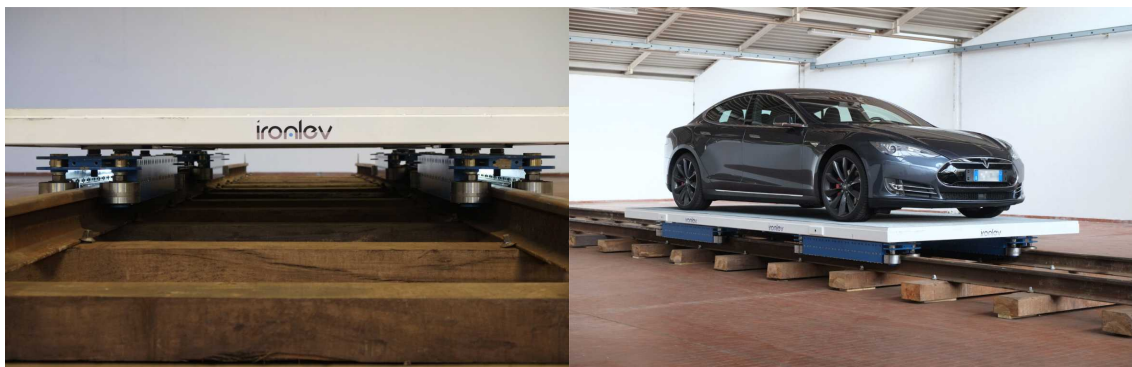
- ‘위그선(WIG船)’ 또는 지면효과익선(Wing In Ground effect ship)은 구 소련이 개발한, 비행기를 닮은 모양에, 바다 위를 1미터 정도 떠서 고속으로 이동할 수 있는 선박 또는 항공기
- 1990년대 후반 국제해사기구(IMO)에 의해 선박으로 분류되었으며, 국제해사기구는 바다에서 고도 150m 이하로 움직이는 기기를 모두 선박으로 분류
- 지면효과란 항공기의 날개가 지면 또는 수면가까이 비행할 때, 날개와 지면사이에 공기가 갇혀 압력이 높아지는 현상, 날개의 익단와류의 강도가 작아지며 유도항력이 감소하고 양력이 증가하는 현상
- * 지면효과를 이용한 비행체는 하늘을 나는 동일한 형상의 비행체에 비하여 더 큰 양항비를 가질 수 있어서, 고공을 나는 비행기처럼 높이 올라가지 않기 때문에 이륙하는 데 필요한 에너지가 절약되고 빠르게 비행이 가능

57



〈 그림 2.12 〉 위그선

- 이탈리아 Ironlev사는 자기부상의 원리를 이용한 이동체를 개발함. 영구 자석의 특수 구성을 기반으로 외부 전력 없이도 물체를 공중에 부양할 수 있어 기존의 레일을 그대로 이용할 수 있음
- 기술적으로 단순하고, 낮은 생산비용으로 자기부상의 모든 장점을 갖추고 있어 차량, 열차 등 고 중량의 이동체 및 산업자동화, 미디어 및 건축/빌딩 시스템 등에 응용 가능



〈 그림 2.13 〉 Ironlev의 자기부상 이동체

□ 공간 효율성 극대화를 위한 신 대중교통수단 사례

- ‘자이로스코픽 차량’은 공공 교통의 혁신이며 메트로 도시의 교통 혼잡 문제를 줄이자는 취지에서 설계됐으며 현재 전세계 국가들이 주목
 - 자이로스코프 원리를 이용한 대중교통 수단으로 회전의 힘을 통해 균형을 잡고 평형을 유지하는 자이로스코픽이 차세대 신개념 대중교통수단으로 상용화될 전망
 - 자이로스코픽은 도로 교통량을 사전 예측하고 승객 300명을 동시에 운송 가능하며 유연한 제어 기능으로 주요 도시에서 효율적인 주행 가능
 - 친환경 소재로 설계되어 차량 지붕은 태양광 패널로 설치돼 친환경 운행이 가능하고 내부는 항공기처럼 좌석을 배치하거나 라운지 공간으로 활용



〈 그림 2.14 〉 자이로스코픽 버스(Gyroscopic Bus)

- 유도버스의 일종으로 자기유도로 자동 조향이 되는 굴절버스인 ‘바이모달 트램’은 버스처럼 일반 도로 주행과 지하철처럼 전용 궤도에서 자동 운전이 가능한, 즉 두 가지 모드에서 모두 달릴 수 있는 대중교통수단
 - 버스와 전철의 장점을 혼합하였으며, 두량이 연결된 굴절버스 형태로 바퀴를 이용해 일반도로를 달리며 전철처럼 조용하고 흔들림이 없는 승차감이 장점
 - 길이가 18.8m로 최대 103명까지 탑승이 가능하며 자동차나 버스보다도 공간적인 효율성이 높으며, 출입문이 3개나 있어 복잡한 출·퇴근길에 승하차가 수월
 - 수송능력은 버스와 경량전철의 중간규모인 2천~5천명/방향·시간 정도로서, 30~50만 인구 도시의 주요 간선교통이나 도시 간 연계교통 수단으로 적합
 - 무공해 동력원인 연료전지를 이용하여 소음과 대기오염 비중이 낮아 친환경적이며, 에너지 효율성 또한 높음



〈 그림 2.15 〉 바이모달 트램

- ‘터널버스(바테)’는 100% 전기로 작동되며 수송능력이 뛰어난 전기 자동차로써 커다란 터널이 도로위로 달리는 모양을 하고 있으며, 지하철과 비슷한 운송 능력을 갖

준 신개념 교통수단

- 도로 양쪽 끝에 설치된 레일 위로 운행하는 터널 형태의 대중교통 수단으로, 도로 위 차량들이 이동하는 공간을 그대로 관통하여 교통 흐름을 방해하지 않도록 설계
- 1, 2층으로 나뉘어져 있고 평균 시속 40km이며 승차가능한 탑승객 수는 1,200명 선으로 전통적인 버스보다 훨씬 많은 승객 탑승 가능



< 그림 2.16 > 바테

2.2 국내외 정책동향

2.2.1 주요국 정책 동향

가. 미국

□ 미국은 교통형평법, 종합 교통효율화법 등 교통관련정책 및 연방도로국의 국가터널진단 기준 정책, 트럼프 정부의 인프라 정책 등 시설물 관리 계획을 통해 관련 산업을 육성

○ 트럼프 대통령의 ‘인프라 재건을 위한 입법추진 개요’ 전격 발표

- 2018년 2월 12일 백안관은, ‘인프라 재건을 위한 입법추진 개요(Legislation Outline for Rebuilding Infrastructure in America)’라는 제목으로 연방정부기금 및 제도 운영 관련 청사진을 공개함
- 인프라 재건을 위한 연방자금 집행계획, 분야별 제도 개선지침, 인프라개발 인허가제도 개혁, 고용창출 계획 등이 제시됨
- 추가적으로 교통·수자원·보훈 등 인프라 개발을 지연시키는 규제 장벽을 제거함
- 도로, 철도, 공항, 항만 등 전통적인 인프라 사업뿐만 아니라 첨단 교통 시스템 구축 및 차세대 자동차 기술 등 혁신기술에 투자 예정

○ 현 트럼프 정부의 공공인프라 투자 확대 공약

- 트럼프 대통령은 선거운동 과정에서 도로와 교량을 포함한 인프라 부문에 10년 간 1조 달러를 투입하겠다고 공약한 바 있으며, 당선 이후에도 인프라 재건 의지를 확인함
- (개요) 공공인프라 구축에 향후 10년 동안 1조 달러를 투자함으로써 국내 경제활성화 및 고용 확대를 이루겠다는 계획
- 공공인프라에 2,000억 달러 투자할 경우, 가계소득 880억 달러 증대, GDP 1% 이상 상승, 120만 개의 고용 창출 효과가 발생한다고 주장
- (현황) 미국의 공공 인프라 시설은 전반적으로 열악한 수준임. 특히 미국 공공인프라 평가에 따르면 전 분야에서 평균 D 등급으로 국내 인프라 재건이시급한 상황
- * 미국 주요 인프라 시설 노후연수는 도로 및 고속도로 28.4년, 상수도 25.6년, 하수도 26.5년수준
- * 미국 내 6만 개 이상의 다리에 구조적 결함이 있는 것으로 집계되고, 교통 정체로 인한 미국 경제의 손실은 연간 500억 달러가 넘는 것으로 추정됨. 또한 낙후된 댐은 홍수로부터 국민들을 지켜내지 못하고 있는 것으로 판단

- (투자) 백악관 내 인프라 플랜 TF팀을 구성하고, 각 주별로 인프라 플랜에 포함될 사업 3~5개를 선정하여 제출할 것을 요청
 - * 신청된 인프라 사업들은 교량 교체, 지하철 노후 개선, 도로 및 터널 확장, 고속철도등 대규모 사업들이 포함
- (전망) 낙후된 도심 지역을 재정비하고, 고속도로, 다리, 터널, 공항, 학교, 병원을 재건함에 따라 수백만 개 이상의 일자리가 창출될 것을 기대
 - * 인프라 투자는 승수효과로 경기부양 효과가 제기되나, 재정적자 확대 및 경기부양에 따른 자금 수요 증가를 유발, 금리상승 압력이 높아질 것으로 예상
- 2018년1월 24일, 트럼프 대통령은 향후 10년간 인프라 투자에 1조 7000억 달러를 투입하겠다는 계획을 밝힘
 - * 이는, 앞서 공약한 금액에 비해 늘어난 금액으로 세부 투자계획을 연두교서 발표에서 공개할 예정이었으나 아직까지 구체적인 로드맵이 나오지 않은 상태임
- 국가터널검사표준(National Tunnel Inspection Standard('13))을 FHWA*가 제정하여 터널 내진, 안전, 화재대책 등을 포함한 가이드라인 및 매뉴얼을 통해 기준/지침을 제시
 - * Federal Highway Administration, 연방고속도로국은 미국의 자산관리를 선도하는 기관으로 교통시설 관리기관에서 교통시설물을 개선하면서 투자대비 최대 효과를 얻기 위해 업무를 수행
- 국가터널검사표준은 '09년 제정되었던 터널 검사기준을 보완하여 개정된 표준으로 터널에 대한 가이드라인을 포함하고 있음
- 교량, 터널 등 시설물 노후화에 따른 유지보수 가이드라인 정립 및 인프라 성능에 대한 주기적 점검, 통계관리를 수행하고 있으며 관련 연구개발에 대한 투자를 지속 중
- 매뉴얼은 터널의 계획, 조사, 설계, 시공, 안전, 화재대책 TBM 등을 서술
- 미국 연방 교통예산법(MAP-21, Moving Ahead for Progress in the 21st Century('12))
 - '14년 9월까지 1,050억 달러를 도로건설, 유지관리, 안전, 대중교통, 교통계획 및 제반연구에 투자
 - '15년도부터 MAP-21을 확대 적용하여, 회계연도 동안 미국 내 육상교통수단 관련 프로그램에 1,030억 달러, 교통안전 프로그램에 224억 달러 규모로 투자
- SAFETEA-LU(Safe, Accountable, flexible and Efficient Transportation Equity Act of 2003)
 - 두법안의 후속법안으로, 2003년에 제정되었으며, 기존의 정책기조를 유지하면서 교통안전과 국가안보 강화에 주안점

- 지능형교통체계(ITS, Intelligent Transportation System)
- 대기오염개선 및 대중교통 체계의 강화
- 종합육상교통효율화법(ISTEA, Intermodal Surface Transportation Efficiency Act(' 92))
 - 경제적효율성, 에너지 절약, 환경친화적 국가교통체계 구축을 정책 목표로 설정
- 21세기 교통형평법(TEA-21, Transportation Equity for the 21st Century(' 91))
 - 교통수단간균형투자를 통해 이동성을 강화하고 교통안전, 자연환경보존, 국가안보유지 등에 주력

나. EU

□ EU는 건설기술 플랫폼 비전 2030, 유럽투자계획 및 Infravation Project 등 인프라 관련 투자계획을 통해 차세대 교통 인프라 기술개발 및 경쟁력 확보에 지원

- 유럽 건설기술 플랫폼 비전 2030(ECTP vision 2030)¹²⁾을 통해 도시주거환경개선, 지하공간개발, 사회기반시설 네트워크, 문화유산, 삶의 질 향상, 신재료 개발 등의 9가지 플랜을 제시
 - 미래지하공간 건설을 위한 차세대 창의 기술항목을 도출
 - * 비용효과적인 대구경·만능 터널 보링 기계(TBM) 개발, 지반조건에 관한 완벽한 지식 확보(혁신적인 지반정보 수집 방법 및 장비 개발), 레이저 기술 같은 새로운 암반굴착 기술, 터널 무인화 시공 기술·인공지능형 유지관리 시스템, 굴착방법 및 프로세스의 혁신
 - 터널기술, 지하구조물기술, 전방탐사기술, 차세대굴착기술, 완전자동 TBM기술 등을 선정
 - 2030년까지 기술개발 마스터플랜을 수립하여 R&D투자를 증가시킬 계획
- Investment Plan for Europe, 유럽투자계획(' 15)을 발표하여 ' 15년 대규모 인프라투자를 통한 일자리 창출, 경기부양을 목적으로 제시
 - 2015년부터 3년간 최소 3.150억 유로 투자 계획 및 EU와 민간 협력 장기 투자계획 수립(연평균 1,050억 유로)
 - 중소·중견기업, 교통인프라, 연구 혁신과 같은 장기적 투자수준이 요구되는 방향으로 투자할 계획
- Infravation Project(' 13) 교량, 터널, 도로포장 등 교통인프라 성능향상을 위한 기술

연구 지원

- 2014년 유럽내 국가와 미국의 연구기관, 기업으로부터 기술개발수요조사 실시
- 2015년까지 추진과제를 결정
 - * ALTERPAVE : 폐자원을 활용한 건축 및 재생기술 연구
 - * BIOREPAVATION : 아스팔트 포장의 바이오 재활용에 관한 연구
 - * ECLIPS : 상변화 시스템을 통한 사회기반시설물의 콘크리트 수명 향상에 관한 연구
 - * FASSTBRIDGE : 강교량의 수명 연장을 위한 솔루션에 관한 연구
 - * HEALROAD : 도로의 내구성 향상 및 유지관리비용 저감을 위한 인덕션 가열 아스팔트 혼합물에 관한 연구
 - * SEACON : 해수를 이용한 지속가능한 콘크리트, 오염된 골재와 비부식성 철근에 관한 연구
 - * SEEBRIDGE : 교량의 BIM 모델 작성 자동화에 관한 연구
 - * SUREBRIDGE : 기존 교량의 보수·보강 및 성능향상에 관한 연구

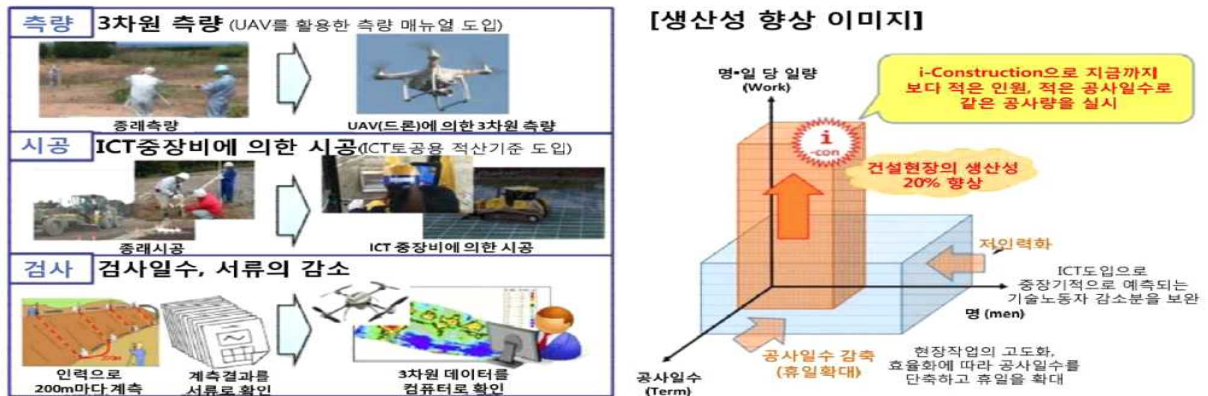
다. 일본

□ 일본 정부는 20개의 대표 생산성 혁명 프로젝트를 설정하여 I-construction을 추진하고, 인프라 노후화 대응에 중점적으로 투자

○ 국토교통성 20대 생산성 혁명 프로젝트 추진

- (추진배경) 국토교통성에서는 4차 산업혁명에 대해 건설 산업 성장의 열쇠는 생산성 향상에 있다고 판단하고 생산성혁명 본부를 설치하여 20개의 대표 생산성 혁명 프로젝트 설정
 - * 생산성혁명 프로젝트는 사회베이스형, 산업별형, 미래형의 3가지로 분류 가능하며, 그 중 건설부문과 직접 관련 있는 프로젝트는 인프라 유지보수 혁명, i-Construction, 고품질 인프라의 해외 전개 등이 있음
 - * (인프라 유지보수 혁명) 확실하고 효율적인 인프라 유지보수 추진
- 국토교통성이 예정하고 있는 인프라 유지관리 비용은 2013년 3조 6천 억엔에서 2023년 최대 5조1천억 엔으로 급증
- (i-Construction) 2025년까지 건설현장의 생산성이 20% 향상될 것을 목표로 기술력 향상 중심의 4차 산업혁명 대응전략 수립·추진
 - * (추진내용) '16년~'17년 ICT토공을 적용 및 현장 시공효율화에 관한 요소기술의 가이드라인을 책정하여 규격 표준화를 실시. '17년에는 2개년 국채로 700억 엔에서 1,500억 엔으로 확대·활용하고, 그 해 1월 i-Construction 추진 컨소시엄 설립
 - * 조사·측량에서 설계, 시공, 검사, 유지관리 및 업데이트까지의 전 건설과정에서 3차원 데이터를 도입하고 ICT 건설장비 등 신기술을 활용 및 인프라 점검·재해대응 로봇의 개발 촉진

- * 2017년에는 ICT 포장, ICT 준설공(항만분야), I-Gesuido(측량 및 유지관리 분야의 ICT 기술 활용), I-Bridge(교량 분야에서 3차원 데이터에 의한 설계), 적용
- (고품질 인프라의 해외 전개) IoT 등의 미래형 신기술을 활용하여 시장을 개척하고, 해외의 높은 인프라 수요를 수주하여 타국가의 상류 계획 형성에 적극 참여 도모



< 그림 2.17 > I-Construction의 개념

- 과학기술이노베이션종합전략(' 17)은 제5기 과학기술기본계획에 근거하여 수립되었으며, 「Society 5.0」 실현을 위한 중점사항을 명시
 - 산·학·관 연계를 통해 신진연구자·벤처기업 등의 도전을 유발하고, 기초연구에서 실용화까지 연계하여 기반기술 강화 추진
 - ‘전략적 이노베이션 창조 프로그램’에 관계부처의 활동 방향을 맞추어 적극 추진
- * 전략적 이노베이션 창조프로그램(' 13)는 에너지, 차세대 인프라, 지역자원, 건강·의료 등 4개의 분야를 대상으로 하여 기초연구에서 실용화·사업화에 걸친 전주기 규제·제도 개혁 및 특구활동 등 산·학·관 연계를 통해 추진
- 인프라·시스템 수출전략(' 13.5월)을 마련하여 장기적·종합적인 인프라 투자 지원
 - 정부는 인프라·시스템 수출을 국가 지속 경제성장을 위한 주요 추진 전략으로 설정하고 자국기업의 해외진출 확대를 위한 지원활동을 강화하고 있음
 - 전략회의에서일본의 해외 인프라·시스템 진출규모(수주액 기준)를 2020년까지 약 30조 엔 수준으로 확대시키는 것을 목표로 제시함

라. 중국

□ 중국은 일대일로 정책 및 제13차 5개년 계획을 통해 대규모 인프라 투자 정책을 추진하여, 중국기업 해외진출 확대 도모

○ 제13차 5개년('16~'20)에 ‘엔타이-다렌 해저터널’ 건설 계획 포함

- 2014년 8월 중국 중앙상무위원회에서 발표한 제13차 5개년 계획에 세계에서 가장 긴 해저터널인 ‘엔타이-다렌 해저터널’ 건설을 포함시킴

- (추진배경) 현재 엔타이-다렌 도시의 직선거리는 165km이나, 보하이 해협의 C자형 해안선으로 인한 교통 병목현상으로 지역 발전 저해

- 엔타이-다렌 간의 운수량이 보하이만 해상 운수량의 80%를 차지하고 있으나, 9~10월 성수기에는 해운능력이 심각하게 부족한 사태가 빈번하게 발생

* 두 도시 간 이동시, 육상교통으로 1,680km, 페리로는 170km로 6~8시간이 소요되며, 이에 따라 화물 하역시간은 평균 20시간 소요됨

- (추진계획) ‘엔타이’와 ‘다렌’을 잇는 해저바닥에서 33m 깊이에 위치, 총 길이 123km 초장대 해저터널 건설 및 유사시 피난 혹은 환풍을 위한 수직구 설치

- 현재, 엔타이는 산둥반도의 산업도시이며, 다렌은 요동반도의 산업도시로, 두 도시를 해저터널로 잇는다면, 향후 중국의 산업단지 중심의 경제 활성화 단지로 동북3성의 경제발전을 활성화시킬 것으로 기대



< 그림 2.18 > 세계 최강 터널과 엔타이-다렌 해저터널

- ‘엔타이-다렌 해저터널’은 철도·자동차·서비스 전용인 3련으로 구성되어 있으며, 철도의 경우 시속 250km의 고속철을 계획함

- 시속 250km의 고속철이 운행될 경우, ‘엔타이-다렌’까지 30분이 소요됨

○ 초대형 프로젝트 일대일로 추진(’ 13)

- 2049년 완공을 목표로 동아시아와 유럽 경제권을 연결하는 초대형 프로젝트로, 2013년 9월 시진핑(习近平) 국가주석이 중앙아시아 및 동남아시아 순방 중 처음 제시한 전략임

- 육로를 연결한 ‘일대(一帶)’를 가리키는 ‘실크로드 경제벨트(丝绸之路经济带)’와 ‘일로(一路)’를 가리키는 ‘21세기 해상 실크로드(21世纪海上丝绸之路)’로 구성

- 일대일로 프로젝트가 완성될 경우 총 64개 국가를 포괄하는 경제회랑 구축 가능

- * F 해당 국가 및 지역의 총인구와 경제규모는 각각 전 세계의 63%(약 44억 명), 29%(약 21조)를 차지하고, 무역규모는 23.9%에 달할 것으로 예상

- * 중국정부는 ‘일대일로’ 구상을 처음 제기한 후 현재까지 연선국가 지도층과 회담을 지속하면서 ‘일대일로’ 건설을 위한 기반을 다지고 있음



< 그림 2.19 > 일대일로 노선도

- SIJLAB(Sino-Italian Joint Laboratory of Archimedes Bridge) 프로젝트 추진

- * 2004년 중국 과학원의 주도로 이태리와 공동으로 연구하여 SFT(Submerged Floating Tunnel) 건설에서 새로운 전환기 마련함

- * 중국 저장성에 위치한 Qiandao리조트에 세계 최초의 AB(Archimedes Bridge)를 건설하는 것을 목표로, SFT의 거동을 보다 정확히 파악하고 실제 크기의 SFT 프로토타입을 설계하여 설치하는 것이 목표

○ 홍콩 정부, 인공섬 프로젝트 발표(' 19)

- 마이클윙 홍콩 개발부 장관은 정부 브리핑에서 “심각한 토지 공급 부족을 해결하기 위한 비전 프로젝트로 란타우섬 근처에 10km(1000헥타르)의 인공섬을만들어 약 26만여 가구 주택을 공급하겠다” 고 밝힘



〈 그림 2.20 〉 홍콩, 인공섬 건설 프로젝트

- 란타우 프로젝트 비용은 정부가 매립지를 개발업자에게 팔아서 얻게 될 수익으로 충당할 계획
- * 인공섬을 조성하는데 투입되는 비용은 약 6,240억 홍콩달러(한화 약 90조원)에 달하며, 그 면적은 뉴욕 센트럴파크의 3배에 달함 (그 중 70%는 공공택지로 활용)
- * 당국은 2032년에 섬으로 주민들을 이주시키는 것을 목표로 오는 2025년부터 토지 개축 공사를 시작할 예정이나, 건설계획에 대한 막대한 비용 및 해양 생태계 훼손 우려로 반발이 거세지고 있음

2.2.2. 국내 정책동향

가. 법/제도

1) 과학기술기본법

- 과학기술기본법은 과학기술발전을 위한 기반으로 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민 경제의 발전을 도모하여 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적 설정

과학기술기본법

제5조 1항(과학기술정책의 중시와 개방화 촉진) 정부는 과학기술정책의 수립과 추진을 통하여 과학기술이 국가의 경제적·사회적 문제를 해결하고 미래전략을 달성하는 중추적인 역할을 할 수 있도록 필요한 자원을 최대한 동원하여 창의적 연구개발과 개방형 과학기술혁신 활동을 적극적으로 지원하여야 한다.

제7조 3항(과학기술기본계획) 기본계획에서는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향
2. 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향
3. 과학기술투자의 확대
4. 과학기술 연구개발의 추진 및 협동·융합연구개발 촉진
- 4의2. 미래유망기술의 확보
5. 기업, 교육기관, 연구기관 및 과학기술 관련 기관·단체 등의 과학기술혁신 역량의 강화
6. 연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화의 촉진, 기술창업의 활성화
- 6의2. 과학기술에 기반을 둔 성장동력의 발굴·육성
- 6의3. 과학기술을 활용한 삶의 질 향상, 경제적·사회적 현안 및 범지구적 문제의 해결
7. 기초연구의 진흥
8. 과학기술교육의 다양화 및 질적 고도화
9. 과학기술인력의 양성 및 활용 증진
10. 과학기술지식과 정보자원의 확충·관리 및 유통체제의 구축
11. 지방과학기술의 진흥
12. 과학기술의 국제화 촉진
13. 남북 간 과학기술 교류협력의 촉진
14. 과학기술문화의 창달 촉진
15. 민간부문의 과학기술혁신 촉진
- 15의2. 과학기술혁신의 촉진을 위한 제도나 규정의 개선
- 15의3. 과학기술에 기반을 둔 지식재산의 창출·보호·활용의 촉진과 그 기반의 조성

과학기술기본법

16. 그 밖에 대통령령으로 정하는 과학기술진흥에 관한 중요 사항

제11조 1항(국가연구개발사업의 추진) 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다.

제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

2) 국토기본법

□ 국토기본법은 국토에 관한 계획 및 정책의 수립·시행에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 국토의 건전한 발전과 국민의 복리향상에 이바지함을 목적으로 설정

국토기본법

제2조(국토관리의 기본 이념) 국토는 모든 국민의 삶의 터전이며 후세에 물려줄 민족의 자산이므로, 국토에 관한 계획 및 정책은 개발과 환경의 조화를 바탕으로 국토를 균형 있게 발전시키고 국가의 경쟁력을 높이며 국민의 삶의 질을 개선함으로써 국토의 지속가능한 발전을 도모할 수 있도록 수립·집행하여야 한다.

제4조 1항(경쟁력 있는 국토 여건의 조성) 국가와 지방자치단체는 도로, 철도, 항만, 공항, 용수(用水) 시설, 물류 시설, 정보통신 시설 등 국토의 기간시설(基幹施設)을 체계적으로 확충하여 국가경쟁력을 강화하고 국민생활의 질적 향상을 도모하여야 한다.

3) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률

□ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률은 국토의 이용·개발과 보전을 위한 계획의 수립 및 집행 등에 필요한 사항을 정하여 공공복리를 증진시키고 국민의 삶의 질을 향상시키는 것을 목적으로 설정

국토의 계획 및 이용에 관한 법률

제3조(국토 이용 및 관리의 기본원칙) 국토는 자연환경의 보전과 효율적 활용을 통하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 이루기 위하여 다음 각 호의 목적을 이룰 수 있도록 이용되고 관리되어야 한다.

1. 국민생활과 경제활동에 필요한 토지 및 각종 시설물의 효율적 이용과 원활한 공급
2. 자연환경 및 경관의 보전과 훼손된 자연환경 및 경관의 개선 및 복원
3. 교통·수자원·에너지 등 국민생활에 필요한 각종 기초 서비스 제공
4. 주거 등 생활환경 개선을 통한 국민의 삶의 질 향상
5. 지역의 정체성과 문화유산의 보전
6. 지역 간 협력 및 균형발전을 통한 공동번영의 추구
7. 지역경제의 발전과 지역 및 지역 내 적절한 기능 배분을 통한 사회적 비용의 최소화
8. 기후변화에 대한 대응 및 풍수해 저감을 통한 국민의 생명과 재산의 보호
9. 저출산·인구의 고령화에 따른 대응과 새로운 기술변화를 적용한 최적의 생활환경 제공

4) 건설산업 기본법

□ 건설산업 기본법은 건설공사의 조사, 성계, 시공, 감리, 유지관리, 기술관리 등에 관한 기본적인 사항과 건설업의 등록 및 건설공사의 도급 등에 필요한 사항을 정함으로써 건설공사의 적정한 시공과 건설산업의 건전한 발전을 도모함을 목적으로 설정

건설산업 기본법

제6조 1항(건설산업진흥 기본계획의 수립) 국토교통부장관은 건설산업의 육성, 건설기술의 개발, 건설공사의 안전 및 품질 확보 등을 위하여 5년마다 건설산업진흥 기본계획을 수립·시행하여야 한다.

5) 건설기술진흥법

□ 건설기술진흥법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 설정

건설기술진흥법

제8조 (건설기술의 연구·개발 등의 권고) 국토교통부장관은 새로운 건설기술의 도입·연구·개발을 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 대통령령으로 정하는 바에 따라 부설연구소의 설치·운영이나 공동연구 및 정보 교환 등과 기술개발을 위한 투자를 권고할 수 있다.

1. 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관 중 국토교통부장관이 주무기관의 장이 되는 기관
2. 건설사업자
3. 건설기술용역사업자

제9조 (공동연구·개발) 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학(이들의 부설연구소 등을 포함한다. 이하 “건설연구기관”이라 한다)의 인력·자금·시험 시설 및 기술정보의 효율적 활용과 선진기술 획득을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 공동 연구를 추진하거나 건설기술연구기관의 건설기술 연구·개발을 지원할 수 있다.

6) 국토교통과학기술 육성법

□ 국토교통과학기술 육성법은 국토교통과학기술 육성을 위한 기반을 조성하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 설정

국토교통과학기술 육성법

제7조 (기술수요조사)

- ① 국토교통부 장관은 국내외 기술동향조사 등을 통하여 정기적으로 기술수요조사를 하고, 그 결과를 반영하여 연구개발과제를 발굴하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 기술수요조사에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

제8조 (연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술연구개발사업(이하 “연구개발사업”이라 한다)을 할 수 있다. ② 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별·분야별 연구과제를 선정하여 다음 각호의 기관 또는 단체등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다.

1. 국공립 연구기관
2. 「특정연구기관 육성법」 제2조에 따른 연구기관
3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 제1항에 따른 연구기관 또는 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 제1항에 따른 연구기관
4. 「고등교육법」 제2조에 따른 학교

국토교통과학기술 육성법

5. 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조의2 제1항에 따라 인정받은 기업부설연구소 및 기업의 연구개발전담부서
 6. 「민법」이나 다른 법률에 따라 설립된 법인으로서 국토교통 관련 연구를 하는 기관
 7. 그 밖에 대통령령으로 정하는 국토교통분야의 연구기관 또는 단체
- ③ 국토교통부장관은 연구개발사업을 추진하기 위하여 제2항에 따라 연구를 수행하는 기관이나 단체 등에 출연금을 지원할 수 있다.
- ④ 제2항에 따른 연구과제의 선정방법, 협약의 체결방법과 제3항에 따른 출연금의 지급·사용 및 관리에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

7) 도로공간의 입체개발에 관한 법률 안

□ 도로공간의 입체개발에 관한 법률 안은 도로공간과 그 주변지역의 입체적인 개발을 통하여 도로간의 활용 및 창의적 도시공간의 조성에 기여하며, 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 설정

도로공간의 입체개발에 관한 법률 안

제4조 (입체개발구역의 지정 등)

- ① 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)는 입체개발사업을 추진하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 도로(「도로법」 제10조제1호·제2호에 따른 고속국도 또는 일반국도는 제외한다)와 그 주변지역을 입체개발구역으로 지정할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항에도 불구하고 입체개발구역을 지정할 수 있다.
 1. 「도로법」 제10조제1호·제2호에 따른 고속국도 또는 일반국도와 그 주변지역을 대상으로 입체개발사업을 시행하려는 경우
 2. 입체개발사업이 필요하다고 인정되는 도로와 그 주변지역이 둘 이상의 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 “시·도”라 한다)의 행정구역에 걸치는 경우
 3. 국가가 입체개발사업을 실시할 필요가 있는 경우
 4. 관계 중앙행정기관의 장이 요청하는 경우
 5. 그 밖에 대통령령으로 정하는 경우
- ③ 입체개발구역을 지정하려는 경우에는 입체개발사업이 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어야 한다.
 1. 도로로 단절된 도시공간의 통합 및 창의적인 도시재생에 기여할 수 있을 것
 2. 도로의 기능 유지와 안전관리에 지장을 초래하지 않을 것
 3. 토지 이용, 교통·환경·경관 등 지역의 특성 및 여건에 부합할 것
- ④ 국토교통부장관 또는 시·도지사(이하 “지정권자”라 한다)가 입체개발구역을 지정하려는 경우에는 미리 관계 행정기관의 장 및 해당 입체개발구역에 속하는 시·군·구의 시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)과 협의한 후 제25조에 따른 통합심

도로공간의 입체개발에 관한 법률 안

의위원회의 심의를 거쳐야 한다. 지정된 입체개발구역을 변경(대통령령으로 정하는 경미한 변경은 제외한다)하려는 경우에도 또한 같다.

- ⑤ 시장·군수·구청장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 지정권자에게 입체개발구역의 지정 또는 변경을 요청할 수 있다.
- ⑥ 제1항·제2항 또는 제4항에 따라 입체개발구역을 지정 또는 변경하는 절차, 방법 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

나. 국정운영 5개년 계획

□ 국정운영 5개년 계획은 5대 목표 및 20대 국정전략을 달성하기 위해, 100대 국정과제를 추진하여 487개의 실천과제를 수립

국가비전	국민의 나라 정의로운 대한민국				
5대 국정목표	국민이 주인인 정부	더불어 잘사는 경제	내 삶을 책임지는 국가	고르게 발전하는 지역	평화와 번영의 한반도
20대 국정전략	1. 국민주권의 쏠림 민주주의 실현 2. 소통으로 통합하는 광화문 대통령 3. 투명하고 유능한 정부 4. 권력기관의 민주적 개혁	1. 소득 주도 성장을 위한 일자리경제 2. 활력이 넘치는 공정경제 3. 서민과 중산층을 위한 민생경제 4. 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명 5. 중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장	1. 모두가 누리는 포용적 복지국가 2. 국가가 책임지는 보육과 교육 3. 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 4. 노동존중· 성평등을 포함한 차별 없는 공정사회 5. 자유와 창의가 넘치는 문화국가	1. 물부리 민주주의를 실현하는 자치분권 2. 골고루 잘사는 균형발전 3. 사람이 돌아오는 농산어촌	1. 강한 안보와 책임국방 2. 남북 간 화해협력과 한반도 비핵화 3. 국제협력을 주도하는 당당한 외교
100대 국정과제 (487개 실천과제)	15개 과제 (71개 실천과제)	26개 과제 (129개 실천과제)	32개 과제 (163개 실천과제)	11개 과제 (53개 실천과제)	16개 과제 (71개 실천과제)

〈 그림 2.21 〉 국정전략 비전 및 목표

- 국가기간 교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화는 건설산업 경쟁력 강화,

화물운송 종사자 보호강화, 도로·철도 공공성강화, SOC 안전강화, 대중교통 낙후지역 해소 등을 추진

- 차량 탑재 고속 이동체 구축에 의한 교통 네트워크 효율화, 지하공간 이용 활성화를 ndl한 건설기술 경쟁력 확보
- 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도기반 구축은 4차 산업혁명 대응, 생태계 조성, 인프라 조성 및 융합 확산, 소프트웨어 경쟁력 강화, 역기능 대응을 추진
- ICT 및 산업간 융복합에 의한 신교통망 구축을 바탕으로 미래 성장동력 확보
- 고바가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성은 친환경·스마트카, 첨단기술 산업, 제약·바이오, 자율협력주행, 드론산업, 표준·인증 등을 추진
- 신교통 인프라 및 건설 산업 육성을 위한 R&D 투자 및 실증 사업 지원, 신산업 분야에 대한 원천기술 확보
- 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성은 원인규명 및 예보정확도 제고, 발전·산업부문 감축, 경유차 단계적 감축, 민감계측 등 보호강화, 한중·동북아 협력 등을 추진
- 내연기관 차량이용 수요를 전자기력 이동체 수요로 전환하여 대기오염물질 및 미세먼지 저감
- 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축은 지속성, 온실가스 감축 강화, 기후적응 역량 제고, 범지구적 논의 동참 등을 추진
- 도로 디젤의 화석연료 사용 감소가 가능하므로 CO2 배출량 저감이 가능한 친환경 미래 교통수단으로 활용
- 휴식 있는 삶을 위한 일·생활의 균형 실현은 1,800시간대 노동시간, 휴식 있는 삶 보장, 육아·돌봄 지원 확대 등을 추진
- (연계성) 차량 탑재 고속 이동체를 활용한 신개념 교통망 구축으로 수도권 교통(도로) 이용시간을 단축하여 업무시간 효율화를 통한 주 52시간 근로제 실시기반 마련

다. 부처계획

1) 제4차 국토종합계획 수정계획

□ 제4차 국토종합계획은 4개의 목표를 달성하기 위해 6개의 추진전략을 수립

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2006 ~ 2020) 수립 이후 진행되고 있는 국내외 여건변화와 새로운 국가발전전략 대두에 능동적으로 대응하여 장기 국토비전 및 정책방향을 재정립할 필요성 제기
- 기후변화 대응 및 저탄소 녹색성장을 위한 새로운 국토발전전략을 국토계획에 반영
- 글로벌 경쟁체제의 심화에 대응한 개방적 국토기반 형성전략을 국토계획에 반영
- 인구구조의 변화, KTX 시대 본격화 등 다양한 사회·경제적 환경 변화에 부합하는 새로운 국토전략을 국토계획에 반영



〈 그림 2.22 〉 제4차 국토종합계획 수정계획의 비전 및 목표

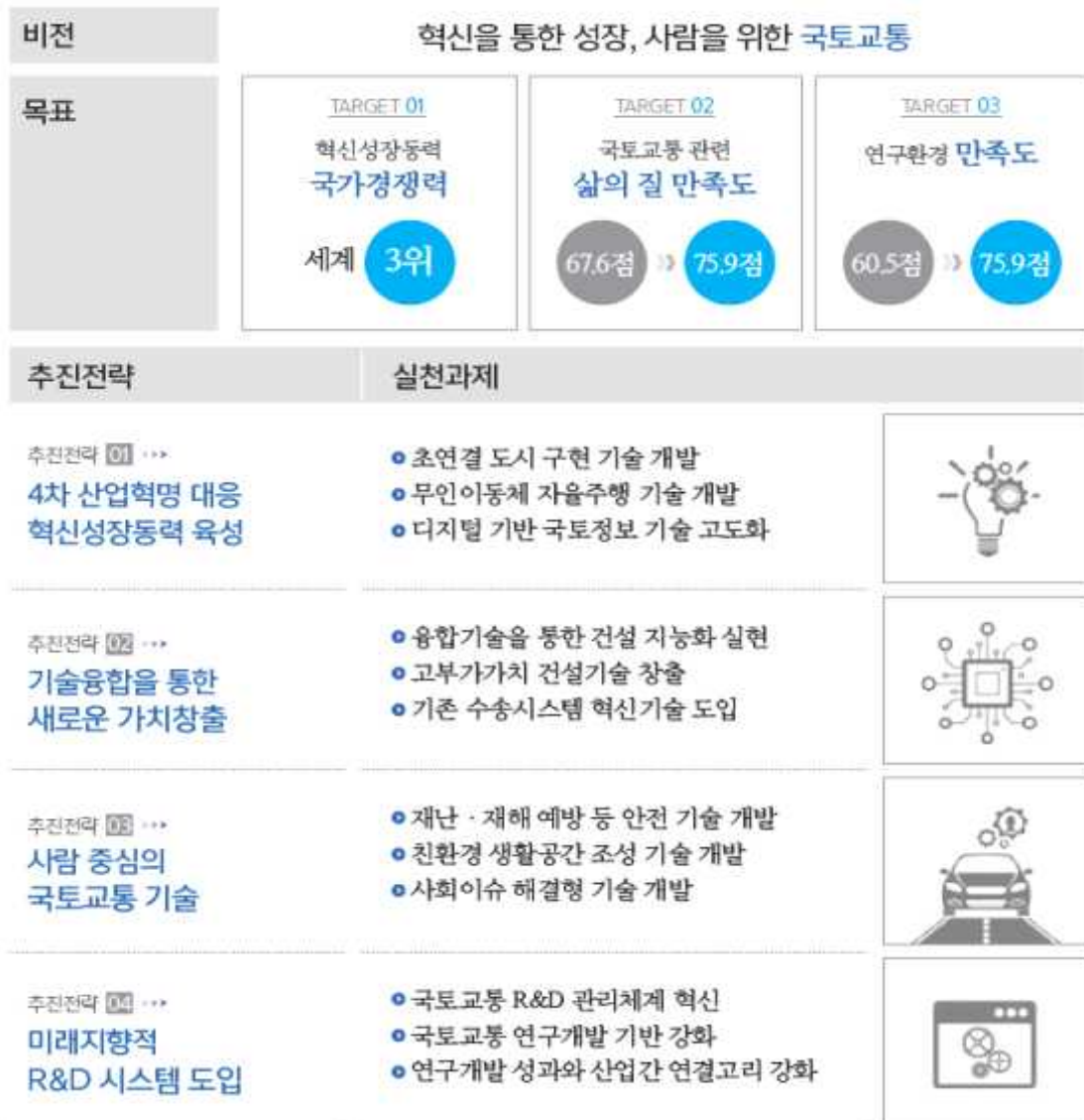
□ 제4차 국토종합계획 수정계획의 기본 목표는 다음과 같음

- 경쟁력있는 통합국토
 - 개별 지역이 통합된 광역적 공간 단위에 기초한 신국토 골격을 형성하여 지역특화 발전 및 동반성장을 유도
 - 남북 간 신뢰에 기반한 경제협력과 국토통합을 촉진
- 지속가능한 친환경국토

- 경제성장과 환경이 조화되고 에너지·자원 절약적인 친환경국토 형성
- 기후변화로 인한 홍수·가뭄 등 재해에 안전한 국토 구현
- 품격있는 매력국토
 - 역사·문화자원을 우리 국토공간에 접목한 품격있는 국토 조성
 - 정주환경을 개선하여 국민 모두가 쾌적한 삶을 누리는 매력있는 국토 조성
- 세계로 향한 열린국토
 - 유라시아-태평양 시대에 물류, 금융, 교류의 거점국가로 도약하기 위해 글로벌 개방 거점 확충
 - 대륙-해양 연계형 인프라 구축을 통한 유라시아-태평양 지역의 관문기능 강화

2) 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획

- 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획은 4차 산업혁명 대응, 기술 융복합, 삶의 질 중시, R&D 시스템 혁신, 법정계획 수립 등을 통해 4차 산업혁명을 새로운 도약기회로 활용하고 삶의 질 향상 등 사회적 요구에 효과적으로 대응할 수 있는 기술개발 전략을 수립
- (4차 산업혁명 대응) 경제·산업 구조가 근본적으로 변화하는 상황에서 미래 시장을 선점하기 위한 각국의 경쟁이 치열하게 전개
 - (기술 융복합) 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통산업 분야에도 新기술이 결합되어 고부가가치 산업으로의 도약 계기 마련
 - (삶의 질 중시) 각종 사회·환경 변화에 대응, 다양한 사회문제에 대한 기술적 해법 제시 등 기술의 사회적 역할 증대 필요
 - (R&D 시스템 혁신) 자원배분 방식 등 정책환경 변화에 대응하고 연구개발의 성과 극대화를 위해 R&D 관리체계 전반의 혁신 필요
 - (법정계획 수립) 「국토교통과학기술 육성법」의 제정으로 향후 10년간 R&D 중장기 전략을 제시할 연구개발 종합계획 수립의 근거 마련
- 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획의 비전 및 목표를 달성하기 위해 4개의 추진 전략과, 12개의 실천과제를 수립



〈 그림 2.23 〉 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획의 비전 및 목표

3) 제6차 건설기술진흥 기본계획

□ 제6차 건설기술진흥기본계획은 건설기술 정책·제도 선진화 및 연구개발 촉진 등을 통해 기술 수준을 향상시키고 경쟁력을 제고하기 위해 수립하는 법정계획으로 수립

- (환경변화 필요성) 국내 투자감소, 생산인력 감소에 대응하는 기술 혁신 필요
- (기술혁신 필요성) 건설산업은 기술혁신을 통한 발전 필요

□ 제6차 건설기술진흥기본계획은 주요 목표를 달성하기 위해 2개의 전략과 10개의 중점추진과제를 설정

비전	"Smart Construction 2025" - 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술 개발 -
주요 목표	■ 건설 노동생산성 40% 향상*, 사망자 수 30% 감소* 건설 Eng. 근로시간 단축 20%*** * 시간당 생산성(한국생산성본부) : ('15) 13.6\$ → ('20) 19\$ ** 건설업 사망자 수(안전보건공단) : ('16) 554명 → ('21) 388명 *** 연간 근로시간(Eng. 노동계) : ('13) 2,560시간 → ('21) 2,100시간 ■ 건설Eng 해외수주 100% 확대* * 해외수주 통계(해외건설협회) : ('16) 17억\$ → ('22) 34억\$

주요 전략 (2)

중점 추진 과제 (10)

전략 I

4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성

분야

기술개발

고부가 산업 육성

건설 안전 강화

중점 추진 과제

- ① 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상
- ② 해외 수요 대응형 건설기술 개발
- ③ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화
- ④ 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성
- ⑤ 건설의 안전·환경 관리

전략 II

글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도 개선

분야

산업 개편·육성

건설인력·교육

기준·제도

중점 추진 과제

- ① Eng.의 역량 강화 및 해외진출 지원
- ② 국제 기준에 부합 하는 제도 구축
- ③ 글로벌기준에 맞는 경력 관리체계 구축
- ④ 국제경쟁력을 갖춘 기술인력 육성
- ⑤ 기술력 중심의 발주·심의 강화

〈 그림 2.24 〉 제6차 건설기술진흥기본계획의 비전 및 목표

4) 건설산업 혁신방안

□ 건설산업 혁신방안은 그간 건설산업의 인프라 확충과 일자리 창출로 국민경제에 기여하였지만, 국내외 여건 변화와 누적된 구조적 모순으로 위기가 심화되어 지속가능한 건설산업의 성장을 위해 근본적 체질개선이 시급

- 종전의 일시적 물량지원을 통한 단기부양이 아닌 성장잠재력의 근본적 확충을 통해 글로벌 경쟁력을 제고할 필요
- 업계·노동계·전문가 등 참여를 통한 광범위한 의견수렴과 전문기관 컨설팅을 거쳐 「건설산업 혁신방안」 마련

□ 건설산업 혁신방안은 2022년까지 세계 5대 건설강국으로 도약하기 위해 4대 혁신과, 12개의 추진과제를 수립



〈 그림 2.25 〉 건설산업 혁신방안의 비전 및 목표

5) 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획

- 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획은 성장활력 제고와 미래 대비를 위해 “경제성장” 과 “사회문제 해결” 을 동시 달성하는 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획을 추진
 - 최근 우리나라는 「저성장 고착화·사회문제 심화」의 경제·사회의구조적·복합적 위기상황에 직면
 - 한편, 4차 산업혁명은 지능화 혁명을 기반으로 ‘경제·사회 구조적과제’의 동시 해결이 가능한 혁신성장의 새로운 모멘텀으로 주목
 - 4차 산업혁명이 위기가 아닌 새로운 기회가 될 수 있도록 과거 산업화(2차 혁명)는 늦었으나 정보화(3차 혁명)에 성공한 사례를 계승
- 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획의 비전 및 기본방향을 달성하기 위해 3대 전략, 11개의 추진과제 및 지능화혁신 프로젝트를 추진



〈 그림 2.26 〉 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획의 비전 및 목표

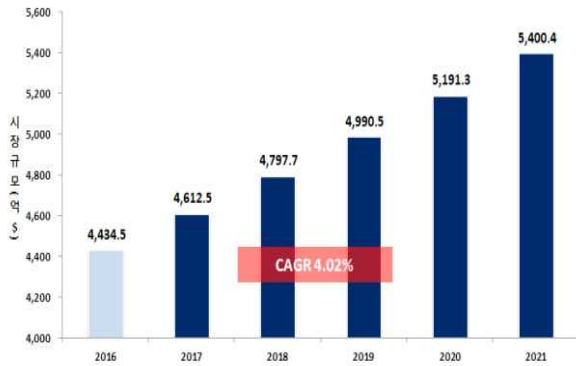
2.3 국내외 시장동향

2.3.1 철도 및 지하도로 시장

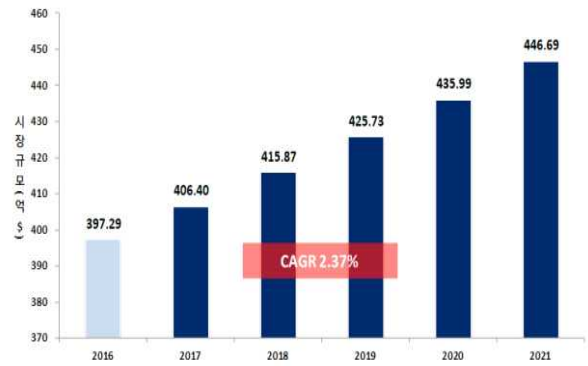
□ 철도산업은 제조, 건설 운영이 복합적으로 결합된 거대장치 산업으로 현재 전 세계적으로 당면하고 있는 기후변화 등의 환경문제로 인해 친환경 미래 이동자원으로 각광

- 철도교통분야 미래 유망기술의 본격적인 산업 적용·확산은 기후변화가 지속적으로 대두되는 現 시점에서 철도 수요시장 확산 및 철도교통 이용 본격화가 진행
 - 전세계적으로 철도교통분야에서 기술경쟁력을 확보하기 위한 정부 주도의 정책적 지원은 철도교통 新시장 형성의 기반 및 동인으로 작용할 전망
- 철도교통의 세계시장은 2017년 4,612.5억 달러로 추산
 - 철도교통분야의 세계시장 연평균 성장률 4.02%로 '21년 5,400.4억 달러의 규모('16년 대비 121.8% 증가)를 형성할 전망
 - 국내시장은 세계시장 대비 8.96%를 차지('16년)하며 약 397.29억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(2.37%)로 '21년 446.69억 달러의 시장전망을 예측
- 철도차량분야를 살펴보면, 철도차량 중 일반철도가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 차종별 시장규모는 일반철도(70.7%), 도시철도(13.7%), 고속철도(14%) 순으로 나타되며, 연간 성장률은 도시철도(4.1%), 일반철도(1.9%), 고속철도(2.6%) 순으로 조사됨
 - 추후, 철도차량시장은 도시철도 수요를 기반으로 성장할 것으로 기대되며, 특히 경전철에 대한 수요가 증가할 전망이다
- 철도시설 분야 국내외 시장은 궤도토목, 신호통신, 전철전력 순이며, 독일, 중국의 점유율이 높은 것으로 나타났으며, 국내 시장은 세계시장 대비 8.3% 규모에 해당함
- 철도운영 및 환경분야 국내외 시장은 철도계획 및 운영, 철도안전, 철도환경 순으로 나타나며, 특히 철도환경은 세계시장 대비 29.1% 규모로 높은 비율을 차지하고 있음

〈 표 2.2 〉 철도교통분야 국내/외 시장현황 및 전망



〈세계시장〉



〈국내시장〉

(단위 : 억 달러, %)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR (2016-2021)
세계	4,434.5	4,612.5	4,797.7	4,990.5	5,191.3	5,400.4	4.02%
철도차량	3,479.3	3,624.5	3,775.8	3,933.3	4,097.5	4,268.5	4.17%
철도시설	577.7	592.0	606.7	621.8	637.2	653.0	2.48%
철도운영/환경	377.5	395.9	415.2	435.4	456.7	478.9	4.87%
국내	397.3	406.4	415.9	425.7	436.0	446.7	2.37%
철도차량	296.3	301.0	305.8	310.6	315.6	320.6	1.59%
철도시설	49.1	49.7	50.3	50.9	51.5	52.1	1.20%
철도운영/환경	51.9	55.7	59.8	64.2	68.9	74.0	7.37%

- (지역별) SCI Verkehr Cologne(2016.9)에 근거하여 지역별로 살펴보면, 권역별 철도교통 시장(2015년 기준)은 아시아와 서유럽이 각각 30.5%, 26.3%로 전 세계 철도교통시장을 견인할 것으로 전망
- 아프리카중동 권역의 높은 성장률(CAGR 7.1%)은 '20년 철도교통분야 시장성장에 미치는 영향이 클 것으로 예측
- 동유럽 국가들은 철도수요가 높아 다수의 철도프로젝트가 수립되었으나, 투자재원의 부족으로 성장률은 0.6%를 하회할 것으로 전망

〈 표 2.3 〉 철도교통분야 권역별 비중

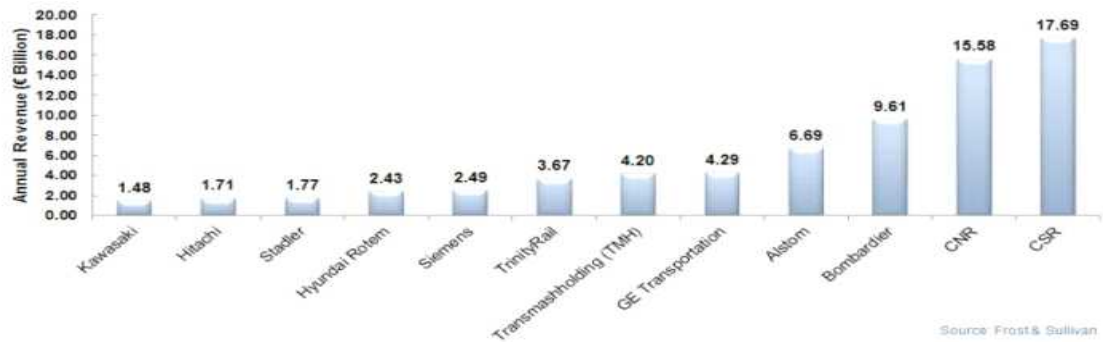
(단위 : USD Million %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR (2015-2020)
World	426,312	443,450	461,250	479,770	499,050	519,130	4.0%
Western Europe	26.3%	26.5%	26.7%	27.0%	27.2%	27.4%	3.2%
Eastern Europe	6.7%	6.6%	6.5%	6.4%	6.3%	6.2%	0.6%
North America	15.2%	15.1%	14.9%	14.8%	14.7%	14.5%	1.4%
South & Central America	3.1%	3.0%	2.9%	2.7%	2.6%	2.5%	-2.1%
Asia	30.5%	30.6%	30.7%	30.8%0	30.9%	30.9%	2.6%
CIS	12.0%	11.8%	11.6%	11.4%	11.3%	11.1%	0.8%
Africa/Middle East	4.2%	4.4%	4.6%	4.8%	5.1%	5.3%	7.1%
Australia/Pacific	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.6%

□ 철도차량 산업시장의 경우에는 CRRC, 알스톰, 봄바르디어 등 상위 10개사가 전 세계 약 70%를 차지하고 있으며, 국내 철도차량 제작사의 경우 2~3%로 확인

- 특히, 전세계 철도차량시장 매출의 약 50%를 중국(CRRC)이 차지하고 있으며, 편성차 시장 성장이 전망
- 국내 현대로템의 시장점유율은 2.43%(8위)이며, 유럽, 일본 등 선진국 간 경쟁 심화 및 중국 등 후발국의 추격으로 여건이 어려운 상황

〈 표 2.4 〉 세계 철도 차량 제작사 현황(2015년 기준)



순위	차량제작사	국가	철도차량시장 점유율
1	CRRC	중국	33.27%
2	Bombardier	캐나다	9.61%
3	Alstom	프랑스	6.69%
4	GE	미국	4.29%
5	TMH	러시아	4.20%
6	Trinity	미국	3.67%
7	Siemens	독일	2.49%
8	Hyundai rotem	대한민국	2.43%
9	Stadler	스위스	1.77%
10	Hitachi	일본	1.77%
11	Kawasaki	일본	1.48%

- 세계 철도차량 관련 부품업체를 살펴보면, 특정품목(추진, 제동, 신호/정보, 출입문, 연결기 등)의 독과점이 심한 것으로 나타남
- 세계 부품업체 상위 3개사(Knorr, Wabtec, Faiveley)의 14년 매출액은 12조원으로 한 대로템 매출액의 10배 수준임

〈 표 2.5 〉 세계 철도차량부품 업체 현황

구분	등록업체 비율
Car body	3.9%
Carbody fittings	19.5%
Guidance	5.4%
Power system	5.7%
Propulsion	3.5%
Auxiliary systems	5.3%
Braking system	3.5%
Interiors	9.3%
On board vehicle control	4.4%
Passenger information system	2.1%
Communication system	2.0%
Cabling and cabinets	5.2%
Door system	2.2%
HVAC	2.5%
Tilt system	0.4%
Lighting	1.2%
Coupler	1.5%
Rolling stock	4.9%
Infrastructure	2.8%
Single railway components	14.9%

□ 국내 철도산업 규모는 연간 약 11.6조원으로, 철도제조업 2.7조원, 철도운영업 3.2조원, 철도 건설업 5.7조원으로 나타남

- 현재, 국내 철도차량 산업의 경우에는 국내 발주 및 외국 OEM에 의존하고 있어 국내 차량산업에서의 세계시장 점유율은 2% 이하의 수준임
- 국내 중소기업 주요 거래처는 현대로템, 코레일, 메트로, 한국철도시설공단, 우진산전 등으로 이곳에 약 66%를 납품하고 있으며, 1순위 기업과 매출 50%이상 거래하는 비중이 전체 업체의 70% 수준임
- 또한, 철도제조업(철도차량, 철도시스템, 철도부품)의 경우, 14년 기준 280개 사업체에 6,776명이 고용되어 있고, 같은해 총 2.7조원(차량 2조원, 부품 0.7조원)의 매출이 발생



< 철도 매출액(조원) >

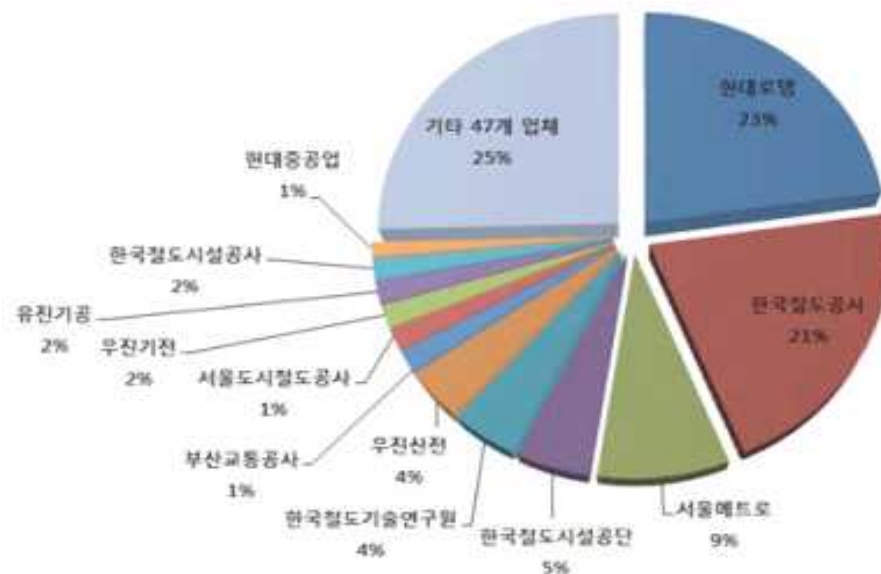


< 철도 사업체 수(개수) >



< 철도 종사자 수(명) >

< 그림 2.27 > 국내 철도산업 현황



< 그림 2.28 > 국내 중소기업 거래처 현황

- 국내 도시지역 지하도로 운영 및 계획 증가(서부간선도로 지하화, 제물포터널 시공 중)로 향후 5년 내 약 20조 규모의 공사 발주가 예상됨
- 부산 2030계획에 포함된 지하화 고속도로(동서 3축, 남북 1축), 경부고속도로 지하화, 동부간선도로 지하화, 경인고속도로 지하화 등 계획됨
- 실시 설계 중인 부산의 만덕-센텀 지하도로 이외에도 민간투자사업 방식으로 다수의 사업이 제안됨

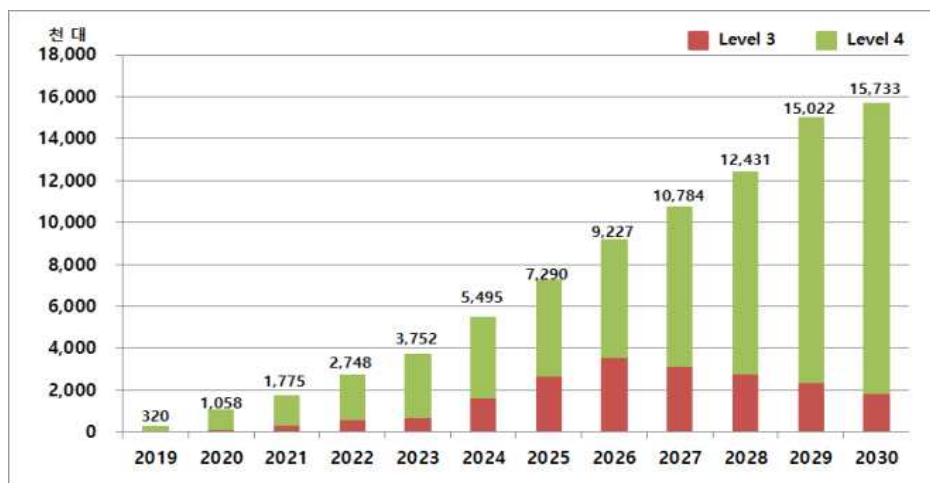
2.3.2 자율주행차 시장

□ 자율주행차 시장은 전 세계적으로 1,573만 대 수준의 시장이 형성될 것으로 전망(Lv.3, Lv4 기준)

○ Lv.3 자율주행차 판매량은 2026년까지 증가 후 2027년부터 점차 감소할 것으로 전망되며, Lv.4 자율주행차 판매량은 지속적으로 증가할 것으로 전망

- Lv.3 : Highly automated(Eyes Off), Lv.4 : Fully automated(Attention Off)

〈 표 2.6 〉 글로벌 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

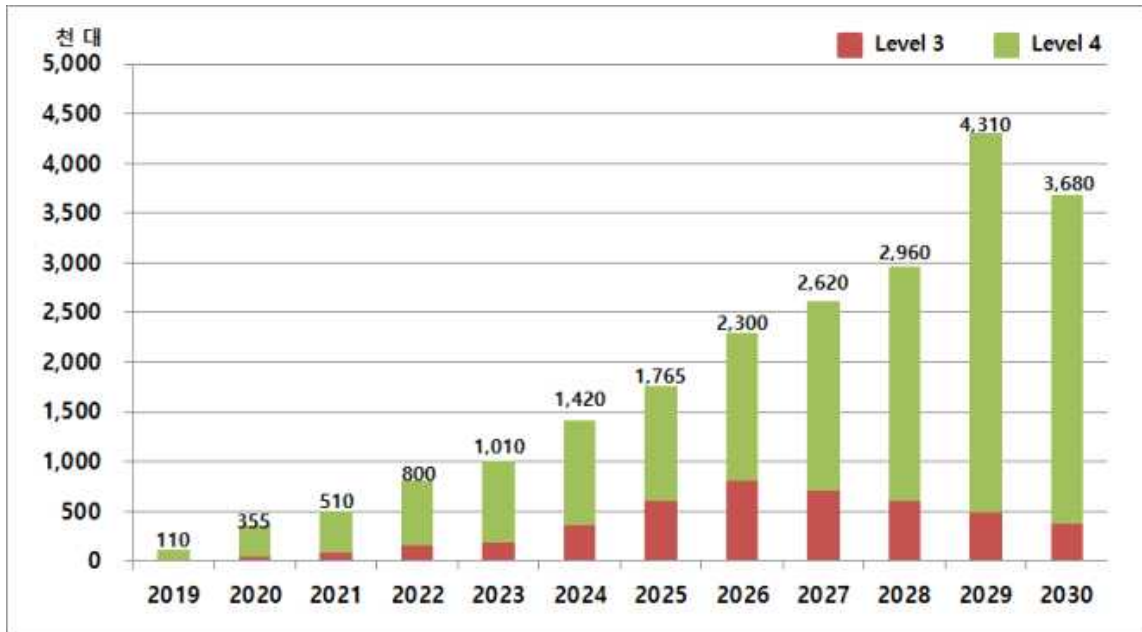
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	22.0	298.0	320.0
2020	108.0	950.0	1,058.0
2021	325.0	1,450.0	1,775.0
2022	585.0	2,163.0	2,748.0
2023	684.0	3,068.0	3,752.0
2024	1,599.0	3,896.0	5,495.0
2025	2,664.0	4,626.4	7,290.4
2026	3,505.6	5,721.8	9,227.4
2027	3,124.0	7,660.0	10,784.0
2028	2,737.2	9,694.3	12,431.5
2029	2,327.0	12,695.0	15,022.0
2030	1,803.2	13,929.8	15,733.0

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 유럽의 자율주행차 시장은 2030년에 368만 대 수준으로 형성될 것으로 전망

- Lv.3 자율주행차 판매량은 2026년까지 증가 후 2027년부터 점차 감소하고, Lv.4 자율주행차 판매량은 '29년에 급격하게 증가할 것으로 전망

〈 표 2.7 〉 유럽의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

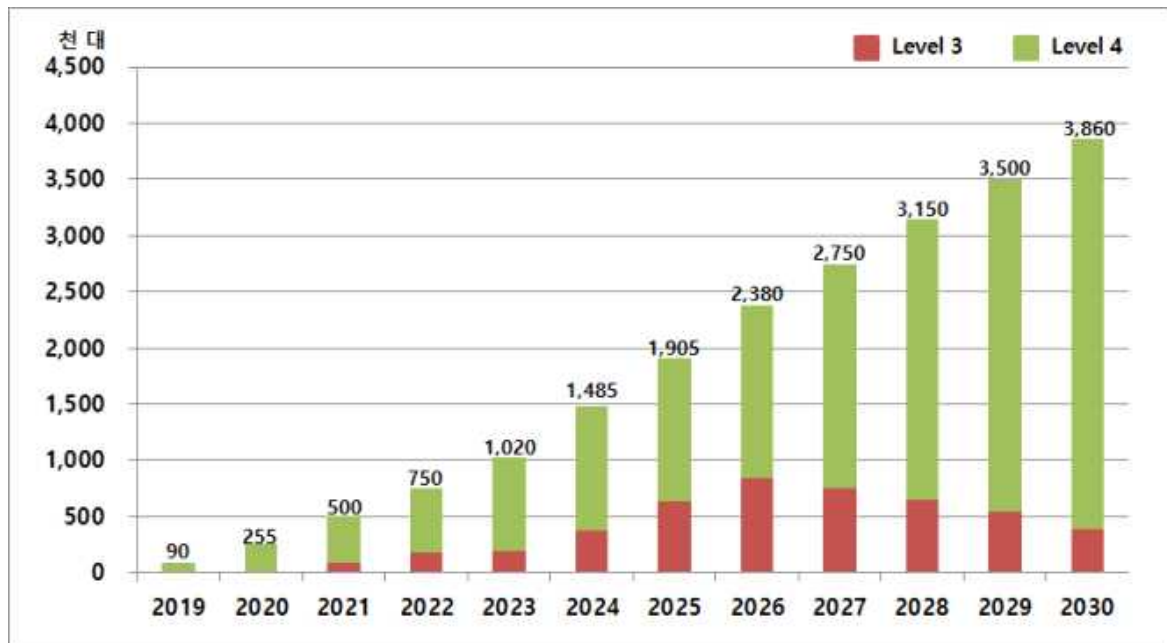
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	10	100	110
2020	35	320	355
2021	80	430	510
2022	150	650	800
2023	180	830	1,010
2024	355	1065	1,420
2025	600	1,165	1,765
2026	800	1,500	2,300
2027	700	1,920	2,620
2028	600	2,360	2,960
2029	490	3,820	4,310
2030	370	3,310	3,680

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 북미의 자율주행차 시장은 2030년에 386만 대 수준으로 형성될 것으로 전망(Lv.3, Lv.4 기준)

- Lv.3 자율주행차 판매량은 2026년까지 증가 후 2027년부터 점차 감소하고, Lv.4 자율주행차 판매량은 지속적으로 증가할 것으로 전망

〈 표 2.8 〉 북미의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

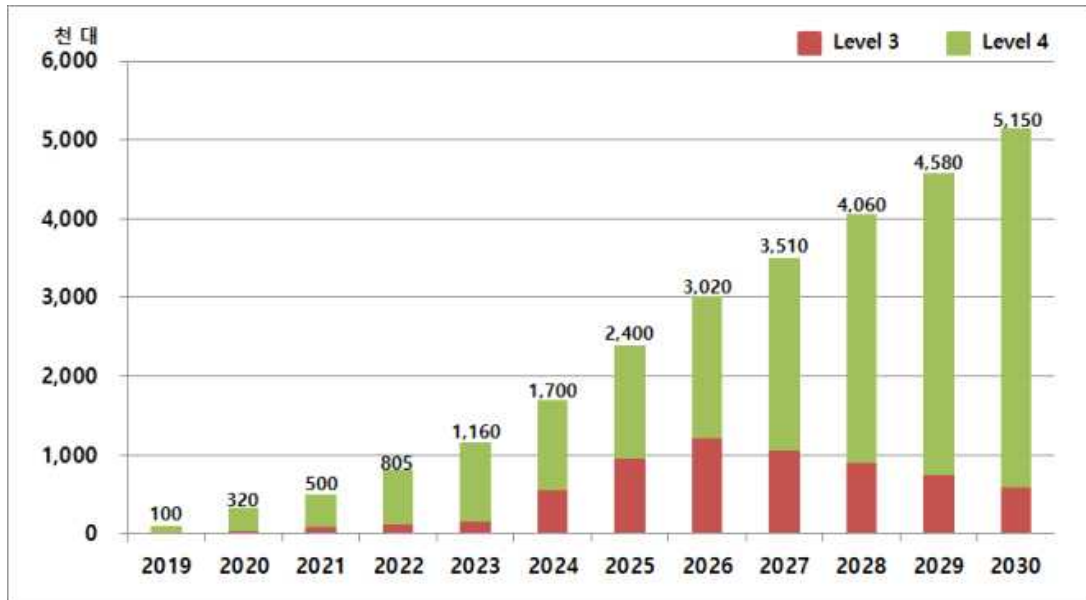
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	1	89	90
2020	10	245	255
2021	95	405	500
2022	175	575	750
2023	190	830	1,020
2024	375	1,110	1,485
2025	640	1,265	1,905
2026	840	1,540	2,380
2027	750	2,000	2,750
2028	650	2,500	3,150
2029	550	2,950	3,500
2030	390	3,470	3,860

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 중국의 자율주행차 시장은 2030년에 515만 대 수준으로 형성될 것으로 전망(Lv.3, Lv.4 기준)

- Lv.3 자율주행차 판매량은 2026년까지 증가 후 2027년부터 점차 감소하고, Lv.4 자율주행차 판매량은 지속적으로 증가할 것으로 전망

〈 표 2.9 〉 중국의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

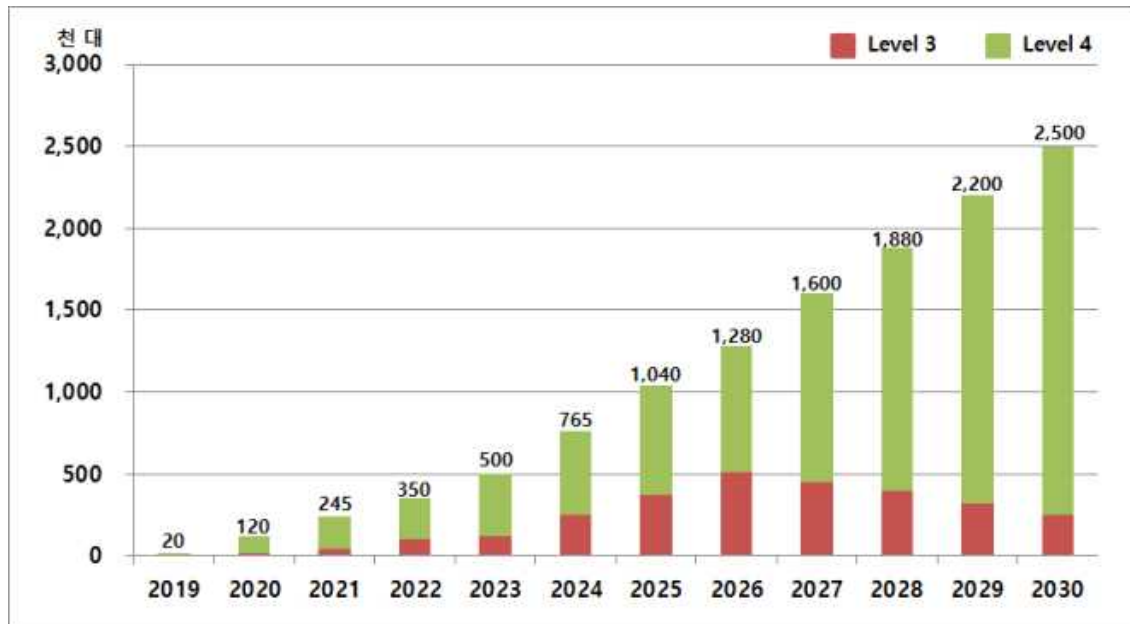
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	10	90	100
2020	40	280	320
2021	90	410	500
2022	120	685	805
2023	150	1,010	1,160
2024	550	1,150	1,700
2025	950	1,450	2,400
2026	1220	1,800	3,020
2027	1060	2,450	3,510
2028	900	3,160	4,060
2029	740	3,840	4,580
2030	580	4,570	5,150

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 아세안 및 기타국가의 자율주행차 시장은 2030년에 250만 대 수준으로 형성될 것으로 전망 (Lv.3, Lv.4 기준)

- Lv.3 자율주행차 판매량은 2026년까지 증가 후 2027년부터 점차 감소하고, Lv.4 자율주행차 판매량은 지속적으로 증가할 것으로 전망

〈 표 2.10 〉 아세안 및 기타국가의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

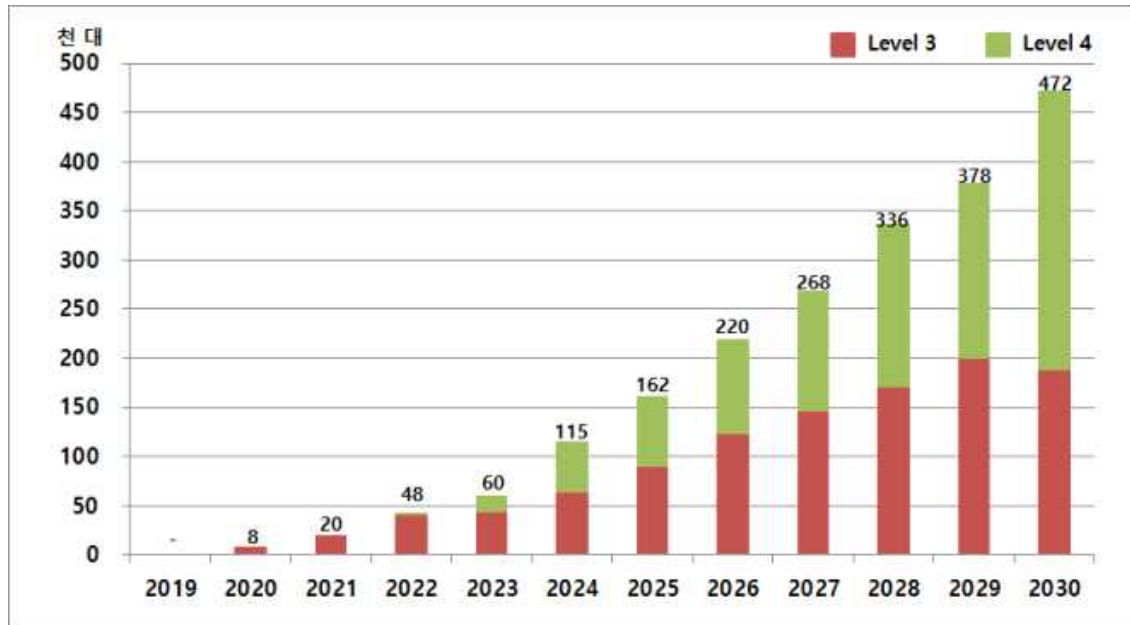
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	1	19	20
2020	15	105	120
2021	40	205	245
2022	100	250	350
2023	120	380	500
2024	250	515	765
2025	375	665	1,040
2026	510	770	1,280
2027	450	1,150	1,600
2028	395	1,485	1,880
2029	320	1,880	2,200
2030	250	2,250	2,500

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 남미의 자율주행차 시장은 2030년에 47만 대 수준으로 형성될 것으로 전망(Lv.3, Lv.4 기준)

- Lv.3 자율주행차 판매량은 '29년까지 증가하다 2030년에 점차 감소하고, Lv.4 자율주행차 판매량은 지속적으로 증가할 것으로 전망

〈 표 2.11 〉 남미의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

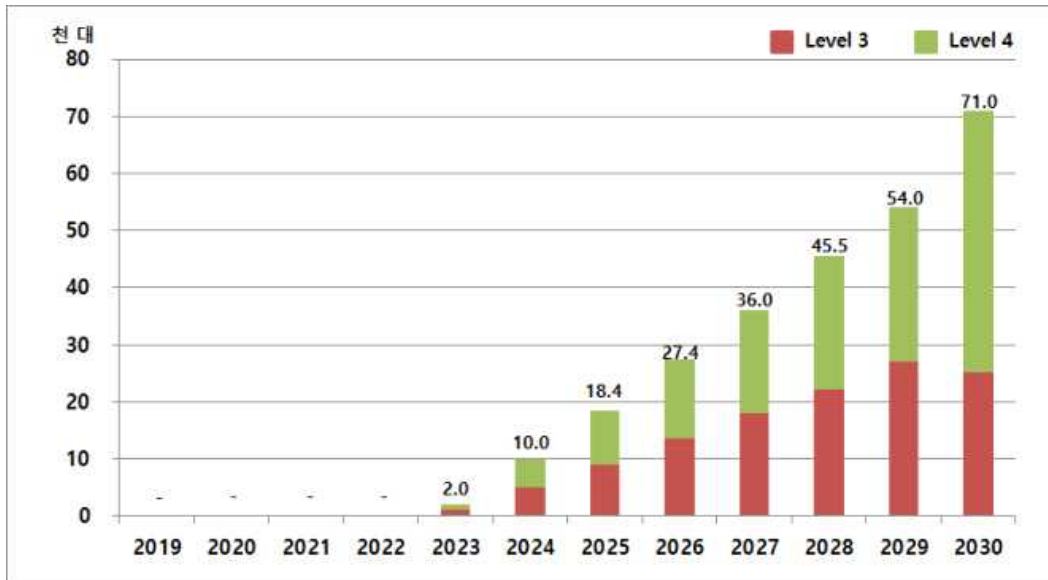
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	-	-	-
2020	8	-	8
2021	20	-	20
2022	40	3	43
2023	43	17	60
2024	64	51	115
2025	90	72	162
2026	122	98	220
2027	146	122	268
2028	170	166	336
2029	200	178	378
2030	188	284	472

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 아프리카의 자율주행차 시장은 2030년에 7만 대 수준으로 형성될 것으로 전망(Lv.3, Lv.4 기준)

- Lv.3와 Lv.4 자율주행차 판매량은 2023년부터 점진적으로 증가하고, Lv.4 시장은 2030년에 큰 폭으로 증가할 것으로 전망

< 표 2.12 > 아세안 및 기타국가의 자율주행차 시장 전망



(단위 : 천대 대)

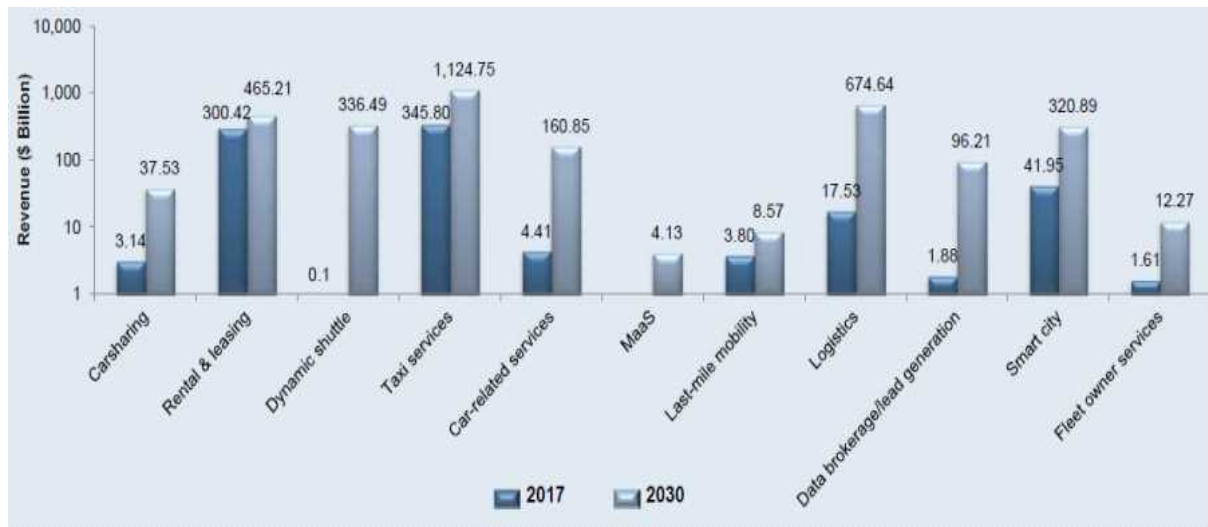
년도	Lv.3	Lv.4	합계
2019	-	-	-
2020	-	-	-
2021	-	-	-
2022	-	-	-
2023	1.0	1.0	2.0
2024	5.0	5.0	10.0
2025	9.0	9.4	18.4
2026	13.6	13.8	27.4
2027	18.0	18.0	36.0
2028	22.2	23.3	45.5
2029	27.0	27.0	54.0
2030	25.2	45.8	71.0

* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

□ 자율주행 서비스 시장은 2030년에 3조 2,410억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망하고 있으며, 다양한 서비스들은 자율주행차를 활용한 서비스 또한 제공될 것으로 전망

○ 카셰어링, 이용자 편의, MaaS(Mobility as a Service) 시장이 급격하게 증가할 것으로 전망되며, 다목적 셔틀, 택시, 물류, 카셰어링 등의 서비스에 자율주행차가 활용될 것으로 전망

- 2030년에 다목적 셔틀의 15%, 택시의 2%, 화물차(물류)의 3%가 자율주행 시스템으로 운행될 것으로 예상되며, 해당 시장 규모는 각각 491억 달러, 223억 달러, 172억 달러로 전망



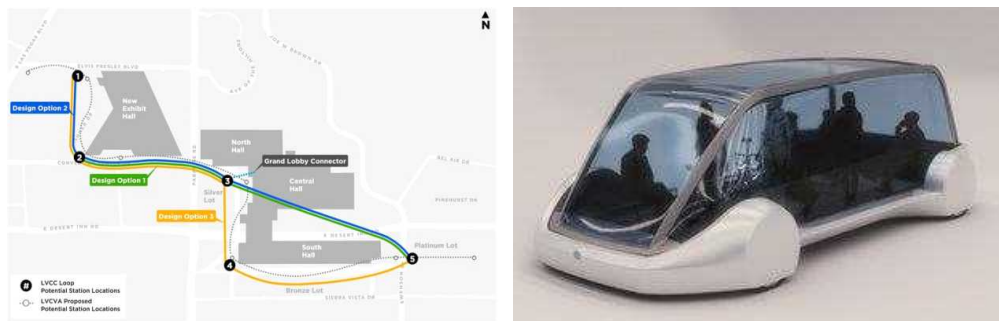
* 출처 : Frost & Sullivan(2018), Global Autonomous Driving Market Outlook 2018

< 그림 2.30 > 국내 중소기업 거래처 현황

2.4 국내외 기술동향

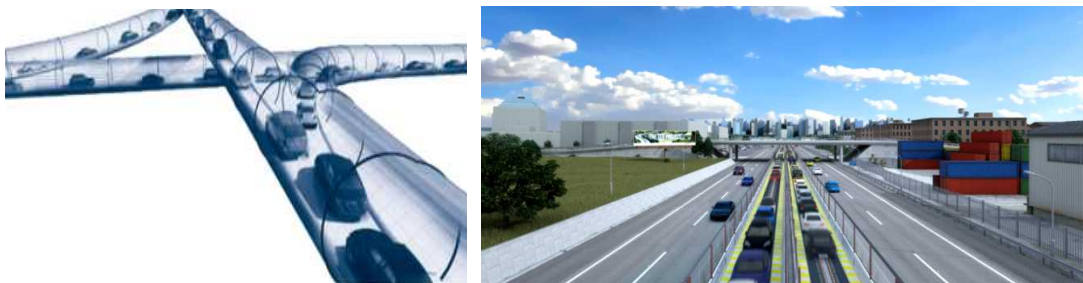
2.4.1 국외 기술개발 동향

- 계획된 국외 지하도로의 시장 규모는 약 100조원 정도로 추정되며, 교통정체 해소를 위해 지상도로를 지하도로로 대체하기 위한 수요가 꾸준히 증가하여 시장 규모는 증가 할 것으로 예상됨
- 미국 The Boring Company 사는 Electric platform을 활용한 3차원 교통시스템 발표
 - 라스베이거스 다운타운, 컨벤션센터, 매캐런 국제 공항 등을 연결하는 LVCC Loop 지하 운송수단에 대한 계획을 발표하였고, 2021년 CES 개최에 맞춰 완공을 목표로 함
 - 시카고 시내에서 공항까지 약 26km를 150mph로 주행 가능한 Chicago Express Loop의 공사가 승인됨. 최대 16명이 동시 수용 가능한 이동체를 활용하여 12분만에 주파 가능



〈 그림 2.31 〉 LVCC노선 및 16인승 고속 이동체 개념도

- 영국 PLP Architecture의 Lars Hesselgren 연구팀이 전기자동차를 이용하여 배기물질 제로화 및 환기시스템 최소화한 “CarTube” 를 제안
- TEV(Tracked electric vehicles) 프로젝트는 미국과 영국의 비영리 목적의 오픈 소스 프로젝트로 전기자동차를 활용한 모듈형 인프라를 제안



〈 그림 2.32 〉 CarTube 및 TEV 개념도

- 미국 ARRIVO사는 Boring Company사와 유사한 개념의 자율 주행 도로를 지상에 적용하고, 전용 이동체를 이용하여 고속 이동하는 교통시스템을 제안



〈 그림 2.33 〉 ARRIVO 이동체 컨셉

- 2030년 스마트 교통시장은 110조원 규모에 이를 것으로 전망(미국 텍사스 A&M 교통 연구소)되며 2040년에는 자율주행 자동차의 점유율이 30% 정도 될 것(Litman, 2016)
- 자율주행에 대한 연구는 1980년대부터 시작되어 현재까지 진행되고 있으며, 최근에는 토요타, 아우디 등 자동차 제작회사들과 구글, 애플 등 자동차를 제작하지 않는 IT기업까지 자율주행에 대한 연구를 진행하고 있음
 - 토요타는 GPS, 레이더, 라이다, 카메라를 장착하여 자율주행하는 차량을 제시하였고, 아우디는 전후방 12개의 센서를 이용해 원격으로 주차하는 무인 주차 시스템을 소개함
 - 구글은 Stanford의 세바스찬 스턴 교수팀과 CMU의 Chris Urmson 교수 팀을 영입하여 구글지도를 탑재한 차량에 4개의 레이더와 3차원 라이다, 2개의 카메라를 설치하여 자동으로 주행하는 차량으로 지구 테스트 주행 중(현재 200바퀴(800만 km) 이상의 누적 주행거리 돌파)



〈 그림 2.34 〉 도요타 및 구글 자율주행차

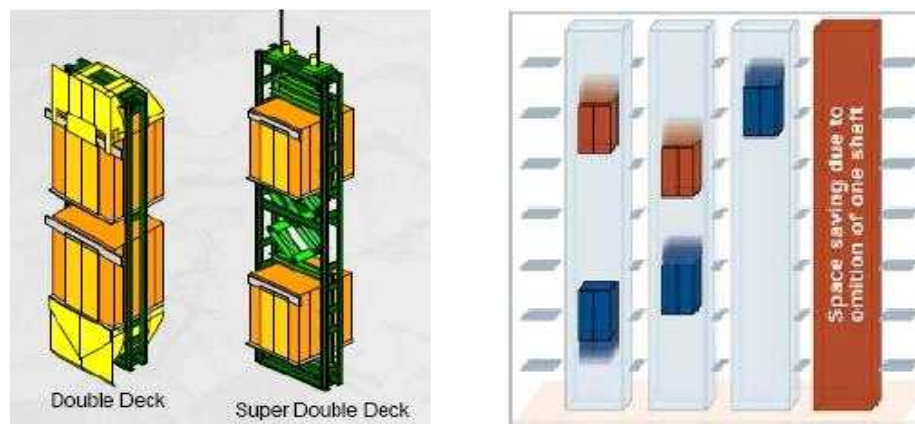
- 자기부상열차는 전자력의 힘으로 레일 위를 떠서 이동하는 방식으로 10Cm 가량 부상하여 고속주행에 적합한 반발식과 1cm내외로 부상하여 저속주행에 적합한 흡인식으로 크게 나누어짐

- 일본은 반발식을 이용한 초고속 자기부상열차 MLX L0가 시험주행에서 603km를 기록함
- 중국은 상하이에 설치된 초고속 자기부상철도를 10년이상 운영하면서 정시율 99.9% 이상을 달성하여 운영 및 유지보수 기술을 상당부분 축적 중



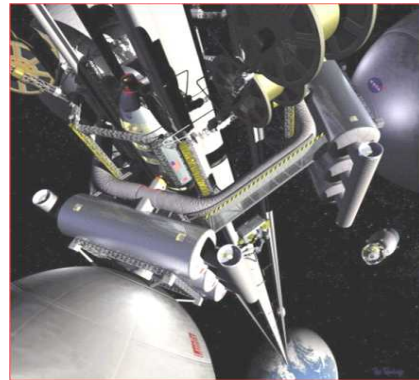
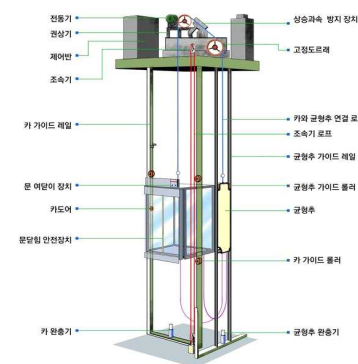
〈 그림 2.35 〉 일본과 중국의 초고속 자기부상열차

- 엘리베이터는 건축물의 교통수단으로 고층건물이 증가하여 다양한 기술을 이용하여 고속이동과 안정성을 확보하고 있음
- 2층 객실을 가진 엘리베이터를 이용하여 운송정원을 2배로 하고 한번에 2개층에 정지하여 운행효율을 높이는 더블덱 엘리베이터가 개발됨
- 한 개의 승강로 안에 연결되지 않은 여러개의 엘리베이터를 운행하는 방식으로 더블덱과 비교하여 각각 운행되어 효율성이 높음



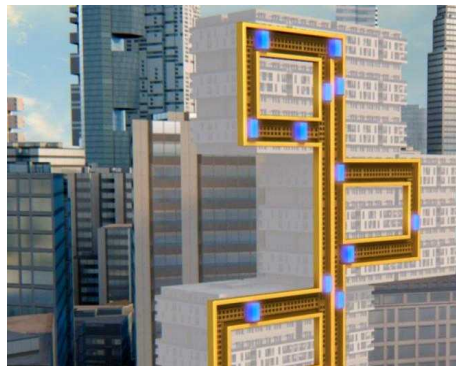
〈 그림 2.36 〉 Double-deck 엘리베이터와 Twin-deck 엘리베이터

- 미국 오티스 사에서 개발한 로프리스 엘리베이터는 로프가 아닌 리니어 모터를 이용한 방식으로 이동 방향 및 속도가 자유로워 운영제어가 쉬운 장점이 있음
- 미국 NASA의 우주 엘리베이터는 우주궤도까지 올라갈 수 있는 높이의 엘리베이터 탑을 건설하여 올라갈 때 사용하는 동력은 위치에너지 형태로 저장하고 내려올 때는 그 에너지를 전자기적 에너지로 변환하여 재활용 하는 방식



〈 그림 2.37 〉 로프리스 엘리베이터와 우주 엘리베이터

- 독일 티센크루프는 로프리스 방식의 멀티 엘리베이터를 개발하여 수송능력의 획기적 증가와 엘리베이터 공간, 무게 및 부피를 감소시킬 수 있을 것으로 기대 됨



〈 그림 2.38 〉 티센크루프의 MULTI 엘리베이터

- 일본 GIKEN사는 ECO Park라는 지하 방사형 주차장을 이용하여 주차공간이 협소한 도심지의 주차 문제를 해결 할 방안으로 제안함



〈 그림 2.39 〉 ECO Park

- 독일 HERRENKNECHT사는 Vertical Shaft Sinking 기술을 이용하여 지하 공간에 방사 형태의 수직 지하 주차장 U-Park를 제안함



〈 그림 2.40 〉 U-Park

- 중국 이평오토메이션 테크놀로지사는 자동주차 로봇 ‘제타’를 개발하였고, 초당 1.5m의 속도로 이동하여 2.5톤 까지 적재하여 이동 가능함. 주차 정확도는 5mm 미만으로 최대 100기의 자동주차 로봇이 함께 작동가능하며, 기존 주차공간 대비 40% 이상의 주차공간을 추가로 확보 가능할 것으로 기대됨



〈 그림 2.41 〉 중국 자율 주차 시스템

- 미국의 NEXT사는 투명한 박스형 모듈카들이 도로 주행을 하면서 필요에 따라 서로 붙었다 떨어졌다 하면서 탑승자들을 각각의 목적지까지 데려다 주는 시스템을 제안함. 넥스트가 구상한 모듈카의 겉모습은 작은 네 바퀴 위에 박스를 얹어 놓은 모양으로 친환경 전기를 동력원으로 하고 시내를 자유자재로 움직일 수 있는 완벽한 자율주행 시스템을 갖추



〈 그림 2.42 〉 미국 NEXT 모듈카 개념도

○ 기존 인프라 활용한 모듈형 도로 구축 기술



〈 그림 2.43 〉 모듈형 장치를 이용한 기존 시설물 활용 기술

○ 물류로 인한 교통정체 해소를 위해 교통 수요가 적은 시간을 활용하여 운송하는 기술



〈 그림 2.44 〉 물류 복합 활용 기술

- 미국 MIT 출신이 공동 설립한 테라푸기아는 한번 주유로 640km의 거리를 날아갈 수 있고, 시속 185km를 낼 수 있음. 2인승 비행 자동차가 자동차로 변하는 시간은 30초 미만



〈 그림 2.45 〉 Flying Car

- 영국 Advanced Transport Systems사가 개발한 대중교통시스템(UL Tra)은 레일을 이용한 4인승 미니버스로 2008년부터 런던공항에 적용되어 사용 중이며, 네덜란드와 벨기에 등에서도 사용을 고려 중임



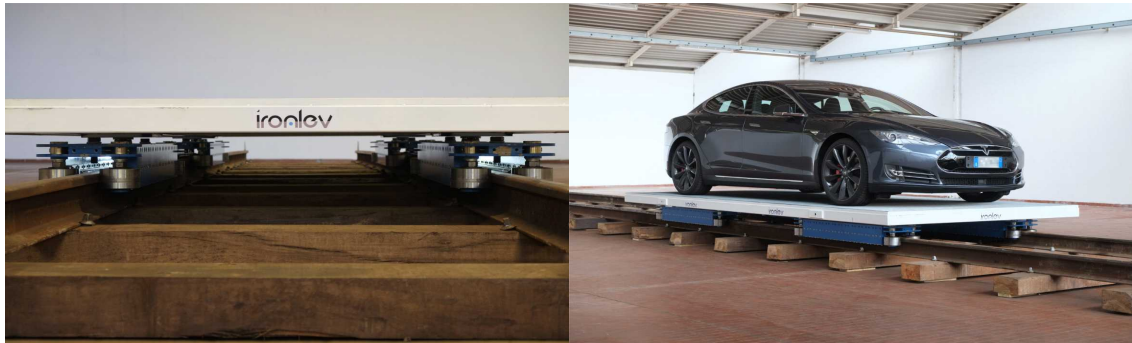
〈 그림 2.46 〉 UL Tra

- 미국 UniModal Transport Solutions사가 개발한 Skytran은 2인승 셔틀 이 무인으로 운행되며, 시속 160km로 정류소는 400m마다 설치 될 수 있음



〈 그림 2.47 〉 Skytran

- 이탈리아 Ironlev사는 자기부상의 원리를 이용한 이동체를 개발함. 영구 자석의 특수 구성을 기반으로 외부 전력 없이도 물체를 공중에 부양할 수 있음
- 기술적으로 단순하고, 낮은 생산비용으로 자기부상의 모든 장점을 갖추고 있어 차량, 열차 등 고 중량의 이동체 및 산업자동화, 미디어 및 건축/빌딩 시스템 등에 응용 가능

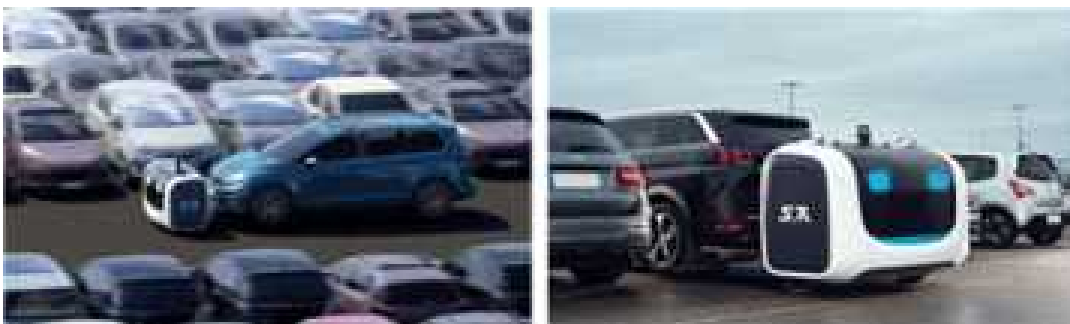


〈 그림 2.48 〉 Ironlev의 자기부상 이동체

- 최근의 자율주행기술은 승객·화물 운송에서 ICT기술과의 융합을 통해 자동주차·자동충전 등으로 비즈니스 영역을 확대하고 있음



〈 그림 2.49 〉 일본 DeNA사의 자율주행 셔틀



〈 그림 2.50 〉 프랑스 Stanley Robotics사의 자율주행 주차 로봇 'Stan'



〈 그림 2.51 〉 독일 Serva Transport Systems사의 Ray 자동 주차 시스템



〈 그림 2.52 〉 미국 Tesla사의 ‘스네이크봇’ 과 독일 KUKA사의 ‘CarLa’

2.4.2 국내 기술개발 동향

- 국내 자율주행차 기술개발 지원을 위해 자율주행차 전용 실험도시인 K-시티가 경기도 화성시에 약 11만평 규모로 조성되고 있으며, 5개 환경분야와 35종의 시설로 구성됨
 - 5개 환경은 고속도로, 도심, 커뮤니티, 교외, 자율주차시설로 이루어져 있고, 35개 시설은 톨게이트, 인터체인지, 신호등, 횡단보도, 교차로, 비포장도로, 철도건널목, 공사장, 터널 등으로 조성 중
 - 정부는 자율주행 자동차의 상용화시기를 2020년으로 정하고 레벨3 수준의 자율주행 자동차를 상용화시키기 위해 2018년 까지 완공을 목표로 하여 기술을 개발하는 모든 기관이 활용할 수 있도록 지원할 계획임



〈 그림 2.53 〉 자율주행자동차 실험도시(K-시티)

- 국내 자율주행 자동차는 서울대학교가 개발 중인 자율주행 버스(레벨 4 수준)가 현재 판교에서 시범운행 중임
- 현대자동차는 서울에서 평창까지 약 190km를 레벨4 수준의 자율주행차(수소전기차)를 이용하여 차선변경, 저속차 추월, 하이패스 이용 등 실제 주행과 유사한 조건에서 시험운행에 성공함



〈 그림 2.54 〉 현대 자율주행차

- 포스코는 순천만에 국내 최초의 소형무인케도차 스카이큐브(연장 4.64km)를 설치하였고, 설계 최고속도 60km/h의 친환경 교통시스템임

- 한국기계연구원은 시속 550km급 초고속 자기부상열차의 부상 및 추진 기술을 확보하고 1/4 축소모형을 사용하여 검증을 완료함
- 인천공항1터미널과 용유역을 잇는 6.1km 길이의 도시형 자기부상열차는 알루미늄 대차를 이용하여 경량화 하였으며, 부상전자석을 이용하여 비접촉 부상주행방식 채택



< 그림 2.55 > 순천만 스카이큐브와 자기부상열차 축소모형



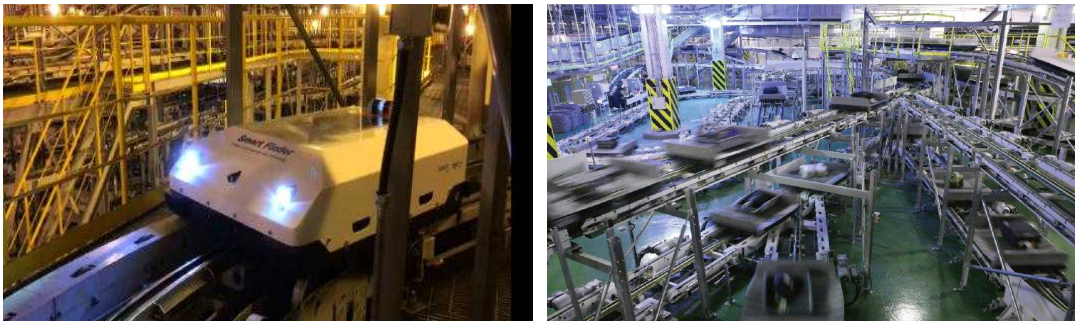
< 그림 2.56 > 인천공항 자기부상열차

- 현대엘리베이터는 분당 1,080m 상승가능한 초고속 엘리베이터 기술을 순수 국내기술로 보유하고 있으며, 이는 세계 최고속인 1,260m에 근접한 기술임
- 초고속 엘리베이터는 공기 저항을 최소화하는 유선형 구조로 액티브 가이드 롤러와 함께 소음과 진동을 최소화해 우수한 승차감을 제공함
- 고도 변화에 따른 기압 변동량을 제어하여 이명현상을 최소화 하고, 기밀 카도어 시스템이 적용되어 이동시 안정된 승차감을 보장함
- 초고층 빌딩 공사기간을 단축 시킬 수 있는 점프 엘리베이터는 건축공사 초기 단계에 엘리베이터를 미리 설치하여 공사용으로 사용하며, 공사 층고에 맞추어 엘리베이터 기계실을 이동시켜 사용하는 기술



〈 그림 2.57 〉 유선형 엘리베이터와 점프 엘리베이터

- 포스코ICT는 인천공항에 위탁수하물 관리에 IoT, Big Data, AI, 로봇기술을 적용한 세계 최고 수준의 ‘스마트 BHS(Baggage Handling System)’를 구축함
- 인천공항 BHS는 전체길이 약 42km로 연간 1,800만명의 수하물을 처리할 수 있음



〈 그림 2.58 〉 스마트 BHS 시스템

- 도심지 지하공간의 공간확장형 주방식 굴착공법은 현재 폭 200m이상급 굴착기술을 확보하고 있음
- 미국 켄사스에서는 도시 외곽의 산악지를 이용한 주방식 비즈니스 콤플렉스를 운용
- 국내의 경우 토목용 TSL 개발 등을 통해 주방식 공법을 적용한 지하 굴착 공법 확보



〈 그림 2.59 〉 주방식 굴착공법 활용 예

- 국내 자율주행 자동주차 및 자동충전 인프라 관련 연구는 주차장 내에서 자율주행 서비스를 이용한 서비스를 제공하며, 주차된 전기차량의 배터리를 자동으로 충전해주는 서비스를 포함



〈 그림 2.60 〉 자율주행 서비스 플랫폼 및 관제 인프라

2.5 PEST 분석

□ PEST분석을 통한 본 기술개발 사업의 시사점 도출

환경분석	시사점
정책 동향 ■ (국외) 도시화에 따른 공간 및 교통문제 해소를 위해서 지하공간 개발 계획, 정책 수립 및 개발 활성화 - (일본) 2001년 ‘대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별조치법’ 이후 지하공간 이용 건설기술 혁신 촉진 - (싱가포르) 지하공간을 국가가 전략적 활용, 최근 ‘지하공간 이용에 관한 마스터플랜 2019’ 초안 수립 - (중국) 베이징 등 대도시 인구집중 등 도심화 문제 개선을 위한 대규모 지하공간 개발 전략 발표 ■ (국내) 지하 교통인프라, 지하 교통 허브 등 지하공간 개발 관련 정책 추진 중 - “도로 공간의 입체적 활용에 관한 법률” 제정안(2017) - 수도권 광역교통망 개선 방안(국토부, ‘18.12) - 서울특별시 도로정비 기본계획(‘11~’ 20) 및 도시공간 복합활용을 위한 마스터플랜 수립(2020년 목표) - 정부의 대중교통이용 활성화 및 여객수송 분담률 증대정책에도 불구하고 대중교통 분담률은 정체 또는 감소 - 2020년 온실가스를 BAU(Business As Usual, 배출전망치) 대비 30%, 2030년 37% 감축하겠다는 감축목표 수립(2009, 2018)	■ 정부의 정책적 방향 및 계획에서 필요로 하는 기술개발 및 제도개선 필요 - 지하공간 이용이 지속적으로 증가할 것으로 예상되며 도시의 한정된 공간을 현재보다 효율적, 입체적으로 활용할 수 있는 기술개발 필요 - 현재의 교통문제 해소가 가능하고 정부 추진 정책에 부합하는 친환경 신교통수단 기술개발 필요 - 한정된 도심 도로인프라의 교통 처리용량 극대화가 가능한 기술개발 필요
경제 동향 ■ 도로 SOC 투자를 경기 부양 수단이 아닌 경제 효율성을 높이는 수단으로 활용 필요 - 2015년 기준 우리나라의 교통혼잡비용은 총 33조4천억원으로 국내총생산(GDP) 대비 2.13% ■ 교통·SOC관련 지속적 투자에도 불구하고, 주요도시의 교통체증 문제는 지속. 근본적인 교통문제, 환경문제 및 민원문제 등을 해결하기에는 한계 ■ 지상공간 부족 문제로 서울 등 대도시를 중심으로 지하도로 사업이 활발하게 추진 중에 있으나 환기설비 관련 비용 부담 증가	■ 교통혼잡비용 등 사회적 비용지출을 최소화 할 수 있는 도로교통 관련 기술개발 필요 ■ 한정된 SOC 인프라 투자 제원 내에서 효율성 및 처리용량을 최대한 높일 수 있는 기술개발 필요 ■ 대기 오염물질 배출을 최소화 할 수 있는 지하 교통 이동 수단 및 인프라 기술개발 필요

	환경분석	시사점
사회 동향	■ 서울을 비롯한 수도권 및 대도시 교통정체는 출·퇴근 근로자들의 삶의 질 저하와 직결 - 통근시간의 증가가 통근자들의 삶의 만족을 떨어뜨리는 것으로 보고 - 수도권 직장인의 평균 통근시간은 89.4분으로 OECD국가 평균 통근시간의 약 3배가 넘는 수준 ■ 도시화에 따른 인구의 광역적 확산과 4차산업 관련 일자리 도심 집중 등 사회적 변화에 대응 가능한 교통 인프라 구축 필요 - 서울 유출입을 담당하는 대부분의 광역도로에서 첨두시간대의 평균속도가 40km/시간 이하 ■ 도시화에 대응하기 위하여 공간 활용을 극대화하는 메가시티 구축 예상 - 고밀도 도시나 대공간 내에서의 효율적 이동수단 요구	■ 국민 삶의 질 향상에 기여하기 위하여 출·퇴근 시간 단축 도모를 위한 교통수단 및 인프라 기술 개발 필요 - 또한, 주 52시간 근무변화에 따라 출·퇴근 시간 최소화를 통한 업무 효율성 향상 필요 ■ 4차산업 일자리 변화 및 거주지의 광역적 분산 등 사회적 변화에 대응할 수 있는 신개념 모빌리티 및 관련 인프라 기술개발 필요 ■ 대형도시 및 지역간 이동을 위한 첨단 기술이 적용된 육상, 항공 수단 필요 - 도시내 이동을 위한 소형교통수단은 장거리 이동시 고속 간선교통수단에 탑재되어 이동이 가능하도록 개발 필요
기술 동향	■ 미래형 교통시스템 관련 기술 확보 필요 - 최근 세계 각국은 미래 선도형 인프라 기술 등의 연구개발에 집중 - 자율주행, 하이퍼루프(Hyper loop)를 비롯한 수송시스템혁신기술 확보에 초점 ■ 자율주행차와 일반차, 내연기관차와 전기/수소 차량이 혼재하는 시대를 대비한 인프라 개발 필요 ■ 모빌리티 4.0 시대 차량의 주요 형태는 소비 주체의 라이프 스타일 문화에 따라 대중교통형과 개인소유형의 두 가지 형태로 진화할 것으로 예상 ■ 국민의 기대에 부응하는 도시 인프라 및 주거 환경 개선 기술개발 필요 - 도시 인프라 및 주거 환경 만족도는 61.7점, 교통시스템 만족도는 64.5점이며 국토교통 전반에 대한 국민만족도는 60점대 초반	■ 자율주행 차량과 일반차량이 혼재된 도로환경 대응이 가능한 인프라 기술 개발 필요 ■ 미래형 차세대 장거리 이동수단인 Hyperloop와 도시지역 내 연계, 친환경 단거리 개인 운송수단의 수송용량 및 속도 한계 극복을 위한 첨단 교통 인프라 개발 필요 ■ 대중교통형 및 개인소유형으로 구분되는 모빌리티 4.0 시대의 차량에 대응이 가능한 인프라 및 시스템 기술 개발 필요 ■ 정시성, 편의성, 신속성 등 국민 편의 및 만족도를 높일 수 있는 도시 인프라와 교통 시스템 기술개발 필요

□ 대내외 환경분석을 통한 핵심 이슈 및 문제 도출

PEST 분석	핵심 이슈	문제
[정책 P] ■ 해외를 비롯하여 국내에서도 지하 교통인프라, 지하 교통 허브 등 지하공간 개발 관련 정책 추진 중 ■ 정부의 대중교통이용 활성화 및 여객수송 분담률 증대정책에도 불구하고 대중교통 분담률은 정체 또는 감소 ■ BAU 대비 2020년 30%, 2030년 37% 감축에 대한 정책적 목표 수립	■ 지하공간 이용 필요성 증대	■ 교통인프라 확충 필요하나 도심 지상공간 개발 한계
[경제 E] ■ 도로 SOC 투자를 경기 부양 수단이 아닌 경제 효율성을 높이는 수단으로 활용 필요 ■ 현재 SOC 투자를 통해서도 주요도시의 교통체증 문제에 대한 근본적인 해결에 한계 ■ 지하도로 사업 추진 시 환기설비 관련 비용 및 민원 부담 증가	■ 미래사회 사회 환경적 변화 대응 교통인프라 수요 증가	■ 현재 수준의 SOC 투자로는 교통 정체 개선 한계
[사회 S] ■ 교통정체는 출·퇴근 근로자들의 삶의 질 저하와 직결(OECD국가 평균 통근시간의 약 3배가 넘는 수준) ■ 인구의 광역적 확산과 4차산업 관련 일자리 도심 집중 등 사회구조 변화 ■ 도시화에 대응하기 위하여 공간 활용을 극대화하는 메가시티 구축 예상	■ 온실가스 감축 목표 달성을 위한 도로교통분야 노력 필요	■ 국가 보조금 지급에 의한 자율차 보급에 많은 예산 소요
[기술 T] ■ 최근 세계 각국은 미래 선도형 인프라 기술 등의 연구개발에 집중 ■ 자율주행차와 일반차, 내연기관차와 전기/수소 차량이 혼재하는 시대 대비 필요 ■ 모빌리티 4.0 시대에는 차량 주요 형태가 대중교통형과 개인소유형의 두 가지 형태로 진화할 것으로 예상 ■ 국민의 기대에 부응하는 도시 인프라 및 주거 환경 개선 기술개발 필요	■ 수도권 직장인 출·퇴근 시간 증가에 따른 삶의 질 저하	■ 수요자 대비 광역교통 인프라 부족
	■ 안전하고 쾌적한 교통인프라 요구 증대	■ 기존 지하도로 시공 중 안전, 환기소 설치 등 문제
	■ 사회 기술적 환경변화에 따른 미래 모빌리티 변화	■ 자율차와 일반 차량의 혼재 도로
	■ 4차 산업혁명 융복합을 통한 교통·물류 인프라 건설 필요성 증가	■ 완전 자율차 운행까지 많은 장애요인 존재
	■ 대중교통 수송 분담률 정체	■ 승용차 대비 편의성 및 속도 경쟁력 낮음

3. 국내 R&D 역량 분석

3.1 국내외 특허동향 분석

가. Urban Loop 구축을 위한 인프라 설계·시공 기술 개발

□ 특허 분석 개요

- 본 분석에서는 Wisdomain에서 제공하는 DB를 이용하여, 2008년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 출원 및 등록된 미국, 유럽, 일본, 한국의 특허를 대상으로 데이터 Set을 구축

〈 표 3.1 〉 ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 특허 분석 개요

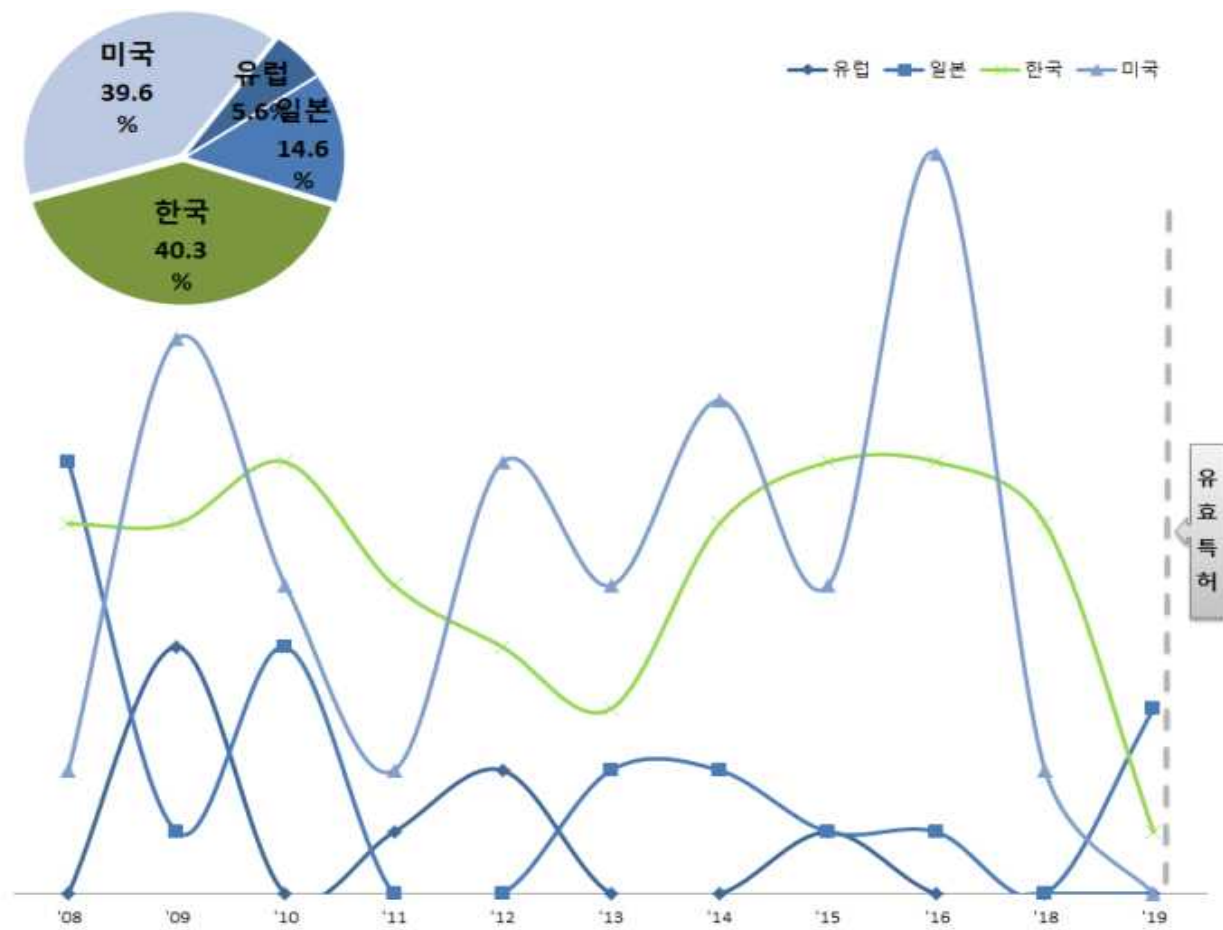
구분	특허
데이터베이스	Wisdomain
분석구간	2008. 01. 01 ~ 2018. 12. 31
검색범위	Title, abstract
검색도메인	한국, 미국, 유럽, 일본의 특허
검색식 (미국, 유럽)	(AD>=20080101) AND (AD<=20181231) AND (TI=((“지하” AND (“설계” OR “시공” OR “유지” OR “관리”) AND (“인프라” or “교통인프라” or “구조물”)) OR ((“UNDERGROUND”) AND (“DESIGN” OR “PLANNING” OR “CONSTRUCTION” OR “maintenance” OR “MANAGE” OR “OPERATION”) AND (“TRANSPORTATION” OR “TRAFFIC” OR “INFRA” OR “infrastructure”))) or (TAC=((“지하”) AND (“설계” OR “시공” OR “유지” OR “관리”) AND (“인프라” or “교통인프라” or “구조물”)) OR ((“UNDERGROUND”) AND (“DESIGN” OR “PLANNING” OR “CONSTRUCTION” OR “maintenance” OR “MANAGE” OR “OPERATION”) AND (“TRANSPORTATION” OR “TRAFFIC” OR “INFRA” OR “infrastructure”)))
검색식 (일본, 한국)	

□ 국가별 특허 동향

- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 관련 전체 특허 144건에 대한 각 국가의 연도별 특허동향을 살펴본 결과, 한국, 미국 특허가 각각 58건(40.3%), 57건(39.6%)로 해당 분야의 기술개발 및 특허출원 활동이 활발하였으며, 일본과 유럽의 특허는 각각 21건(14.6%), 8건(5.6%)임
- 2008년부터 2018년까지의 특허 건수를 통하여 연평균 성장률을 살펴본 결과, 유럽과 미국이 0%로 가장 성장률이 없으며, 한국과 일본이 -7%, 한국이 15%로 연평균 성장률이 낮음
- 한국은 2015년~2016년에 출원 건수가 가장 많으며 그 이후 감소 추세
 - 국가별 연평균 성장률: 0%(유럽), -7%(일본), -15%(한국), 0%(미국)

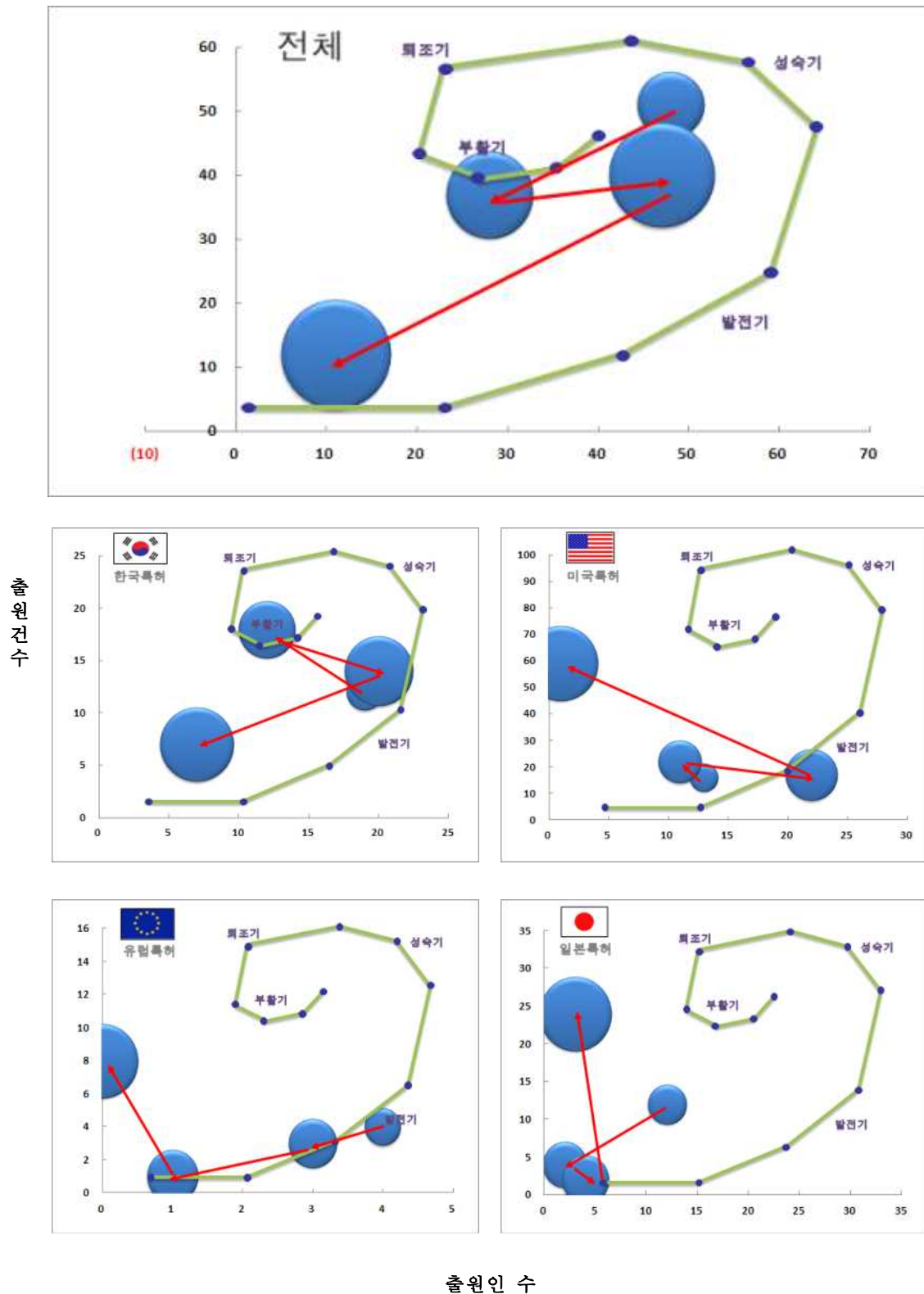
〈 표 3.2 〉 ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~’18)

구분	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	총합계	CAGR
유럽	0	4	0	1	2	0	0	1	0	0	0	8	-
일본	7	1	4	0	0	2	2	1	1	0	3	21	-7%
한국	6	6	7	5	4	3	6	7	7	6	1	58	-15%
미국	2	9	5	2	7	5	8	5	12	2	0	57	-
합계	15	20	16	8	13	10	16	14	20	8	4	144	-11%



〈 그림 3.1 〉 ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~’18)

□ 기술수명주기 분석



< 그림 3.2 > ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술의 기술수명주기

- 연도를 구간별로 구분하고 각 구간별 출원 건수의 변동 현황과 출원인수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 거시적인 관점에서 현재의 발전 정도를 국가별로 분석한 결과는 <그림 3.2>에 나타난 바와 같음¹⁾
- 기술수명주기는 출원 건수 대비 출원인 수에 대한 그래프로써, 출원 건수와 출원인수의 증가 또는 감소 등의 변화를 바탕으로 발전기→성숙기→퇴조기→부활기→발전기의 반시계 방향으로 하나의 사이클을 그리며 기술의 발전단계를 보여줌
- 출원 건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고 출원인 수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미함
- 분석구간 : 출원일 기준 2008~2018년(1구간: ‘08-’ 09, 2구간: ‘10-’ 12, 3구간: ‘13-’ 16, 4구간: ‘17-’ 18)
- 출원 건수 : 기술개발의 활동 정도, 출원인 수의 증가 : 신규 진입자의 증가
- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 경우, 한국은 3구간까지 특허수와 출원인수가 성숙기를 유지하였다가 4구간에서 특허수와 출원인 수가 감소하여 퇴조기에 해당됨
- 미국은 4구간에서 특허 수는 증가하는 발전기로 출원인 수는 감소하는 퇴조기 상태를 유지하고 있음
- 일본은 4구간까지 출원인수가 증가하지 않는 추세로 성숙기에 해당됨
- 유럽은 3구간까지 특허수와 출원인수가 모두 감소하였다가 4구간에서 특허 수는 증가하는 발전기로 출원인수는 감소하는 퇴조기 상태를 유지하고 있음
- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야는 한국은 2구간부터 감소하는 퇴조기 상태이며, 미국과 유럽은 각각 한 구간에서 퇴조기의 모습을 보이지만 특허건수는 발전기 경향을 보이며, 일본은 출원인수가 증가하지 않는 성숙기 경향을 보이고 있음

1) 본 그래프는 특허출원건수와 출원인수간 상관관계를 통해 기술의 발전, 성숙 및 퇴조단계를 한눈에 파악할 수 있는 기술수명주기 포트폴리오임

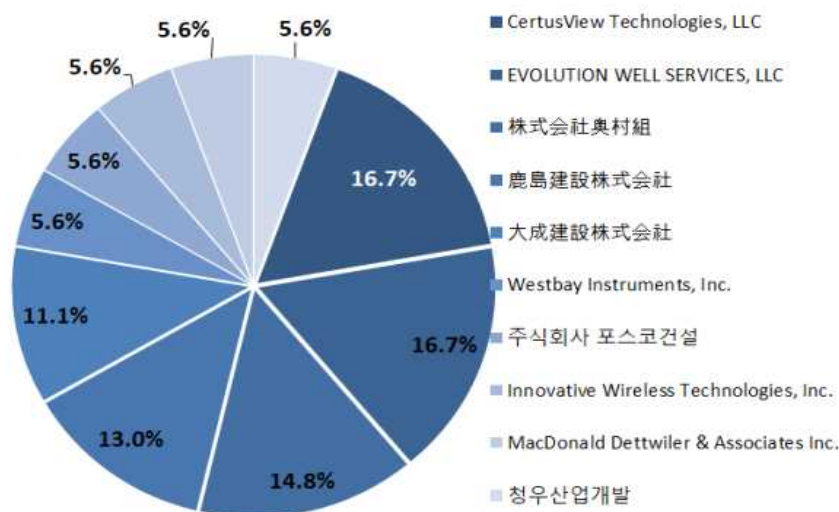
- 발전기: 특허와 특허출원인이 빠른 증가를 보이며, R&D의 급격한 증가가 이루어지며, 경쟁이 격화되고 있음을 의미함
- 성숙기: 특허 수의 정체 및 특허출원인이 정체 또는 감소하는 시기로 지속적인 연구개발이 이루어지나 일부 업체의 도태가 이루어지고 있음을 의미함
- 퇴조기: 특허 수는 감소하고, 특허출원인은 정체 또는 감소하는 시기로 대체기술이 출현하고, 기술발전의 불연속점이 발생하고 있음을 의미함
- 부활기: 특허와 출원인의 수가 증가추세로 재 전환되는 시기로, 기술의 유용성이 재발견되며, 대체기술이 쇠퇴하고 있음을 의미함

□ 주요 출원인별 특허 점유율 분석

〈 표 3.3 〉 ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황

출원인		건수	전체특허 대비 비중
‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 특허건수 〈전체 유효건수〉		294	100%
1	CertusView Technologies, LLC	9	3.1%
2	EVOLUTION WELL SERVICES, LLC	9	3.1%
3	株式会社奥村組	8	2.7%
4	鹿島建設株式会社	7	2.4%
5	大成建設株式会社	6	1.0%
6	Westbay Instruments, Inc.	3	1.0%
7	주식회사 포스코건설	3	1.0%
8	Innovative Wireless Technologies, Inc.	3	1.0%
8	MacDonald Dettwiler & Associates Inc.	3	1.0%
10	청우산업개발	3	1.0%
상위 10개 출원인 특허건수(합계)		54	18.3%

- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 전 세계 출원인 현황을 분석한 결과, 미국의 CertusView Technologies, LLC가 9건(3.1%) 으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 미국의 EVOLUTION WELL SERVICES, LLC가 9건(3.1%)으로 2위, 일본의 株式会社奥村組가 8건(2.7%)으로 3위에 해당함



〈 그림 3.3 〉 글로벌 주요 출원인 분석

- 한국에서는 포스코건설과 청우산업개발이 3건을 출원하여 최대 출원인이며, 미국에서는 CertusView Technologies, LLC가 9건을 출원하여 최대 출원인에 랭크되었고 일본은 株式会社奥村組 8건, 유럽은 상위 10개 출원인에 해당되지 않음

○ 각 국의 주요 상위 출원인의 출원 현황은 아래 <그림 3.4>와 같음



< 그림 3.4 > 국가별 주요 출원인 분석

□ 주요 국가별 기술 경쟁력 분석

- 미국 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 본 특허의 기술의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려하여 평가가 가능한 지표인 기술력 지수(TS지수)를 활용하여 상위 10개 국가를 선정하여 분석대상으로 함
- 기술 경쟁력 분석을 위하여 미국 등록특허를 통하여 제공되는 등록특허건수, 패밀리 특허건수, 피인용 횟수 등을 활용하여 분석을 실시함

〈 표 3.4 〉 주요 국가별 기술경쟁력 분석

국가명	등록 특허 건수	Family 특허 건수	시장확보지수 (PFS)		파인용도지수 (CPP)		기술력지수 (TS)		기술영향력 지수 (PII)	
				순위		순위		순위		순위
미국	41	0	0.00	-	0.03	8	62.21	1	1.52	8
캐나다	5	0	0.00	-	0.02	9	12.76	2	2.55	9
대한민국	2	0	0.00	-	0.02	10	6.24	3	3.12	10
중국	6	0	0.00	-	0.06	4	4.74	4	0.79	4
독일	3	0	0.00	-	0.04	6	3.42	5	1.14	6
일본	3	0	0.00	-	0.05	5	2.72	6	0.91	5
오스트 레일리아	1	0	0.00	-	0.04	7	1.31	7	1.31	7
러시아	2	0	0.00	-	0.08	2	1.13	8	0.56	2
인도	1	0	0.00	-	0.08	3	0.61	9	0.61	3
이스라엘	1	0	0.00	-	0.09	1	0.52	10	0.52	1

- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 시장확보지수(PFS)는 Family 특허건수가 없기에 파악하기 어려움
- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 기술력지수(TS)는 미국, 캐나다, 대한민국 순으로 나타남
- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 파인용도지수(CPP)는 이스라엘, 러시아, 인도 순으로 나타남
- ‘Urban Loop 인프라 설계·시공기술 개발’ 기술 분야의 기술영향력 지수(PII)는 이스라엘, 러시아, 인도 순으로 나타남

나. 고속 이동체 기술개발

□ 특허 분석 개요

- 본 분석에서는 Wisdomain에서 제공하는 DB를 이용하여, 2008년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 출원 및 등록된 미국, 유럽, 일본, 한국의 특허를 대상으로 데이터 Set을 구축

〈 표 3.5 〉 ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 특허 분석 개요

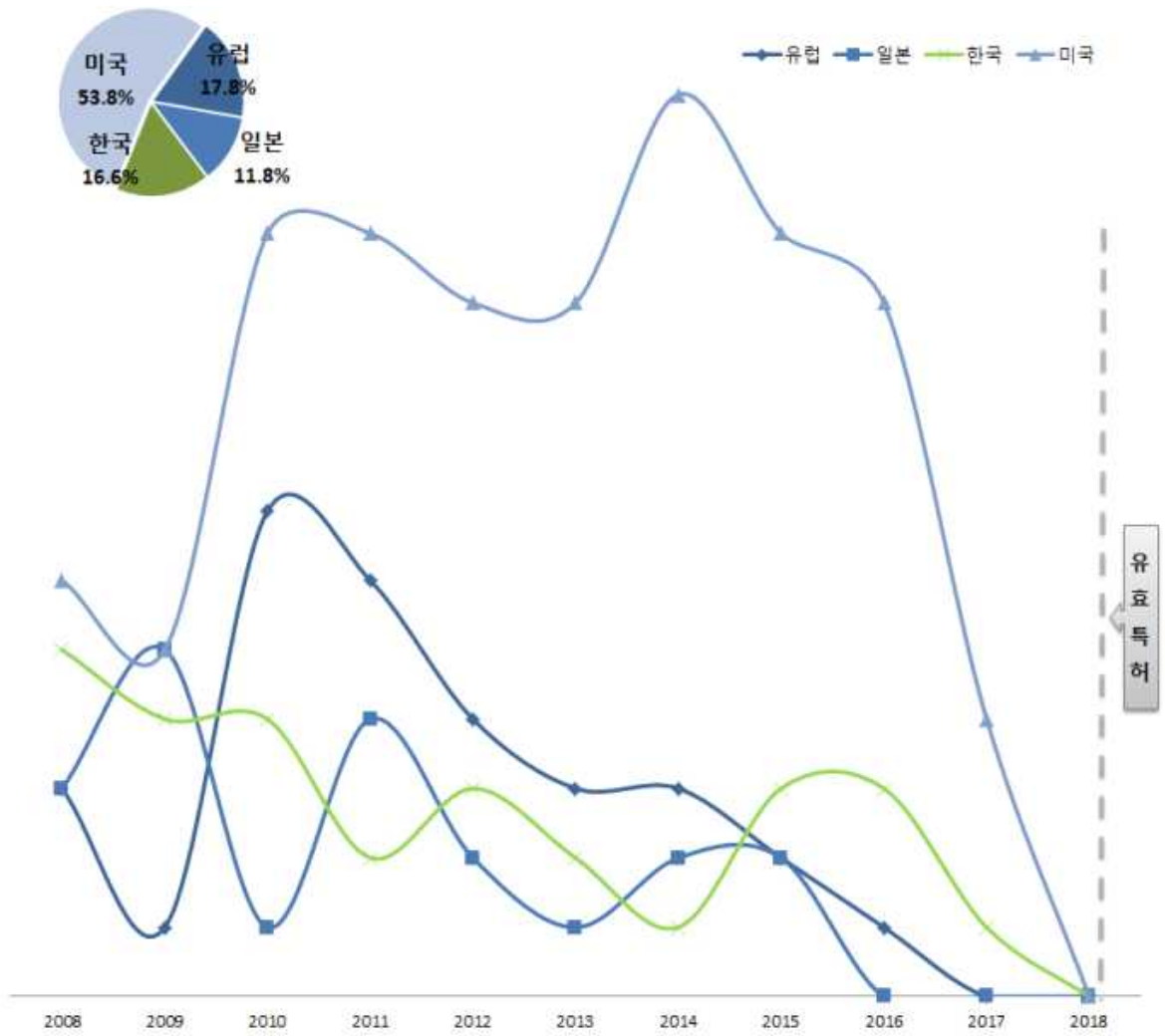
구분	특허
데이터베이스	Wisdomain
분석구간	2001. 01. 01 ~ 2015. 12. 31
검색범위	Title, abstract
검색도메인	한국, 미국, 유럽, 일본의 특허
검색식 (미국, 유럽)	(AD>=20080101) AND (AD<=20181231) AND (TI=((“고속”) AND (“수직” OR “수평”) AND (“이동” OR “운송” or “이동체” or “자동차” or “탈 것” or “수송기”)) OR ((“HIGH SPEED”) AND (“vertical” OR “horizontal”) AND (“move” OR “transportation” or “car” or “vehicle”))) OR (TAC=((“고속”) AND (“수직” OR “수평”) AND (“이동” OR “운송” or “이동체” or “자동차” or “탈 것” or “수송기”)) OR ((“HIGH SPEED”) AND (“vertical” OR “horizontal”) AND (“move” OR “transportation” or “car” or “vehicle”)))
검색식 (일본, 한국)	

□ 국가별 특허 동향

- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 관련 전체 특허 144건에 대한 각 국가의 연도별 특허동향을 살펴본 결과, 한국, 미국 특허가 각각 28건(16.6%), 91건(53.8%)로 해당 분야의 기술개발 및 특허출원 활동이 활발하였으며, 일본과 유럽의 특허는 각각 20건(11.8%), 30건(17.8%)임
- 2008년부터 2018년까지의 특허 건수를 통하여 연평균 성장률을 살펴본 결과, 미국은 6%로 상승중이고, 유럽과 일본이 -4%로 동일 하며 한국이 -5%로 연평균 성장률이 낮음
- 한국은 2008년~2010년에 출원 건수가 가장 많으며 그 이후 감소 추세
 - 국가별 연평균 성장률: -4%(유럽), -4%(일본), -5%(한국), 6%(미국)

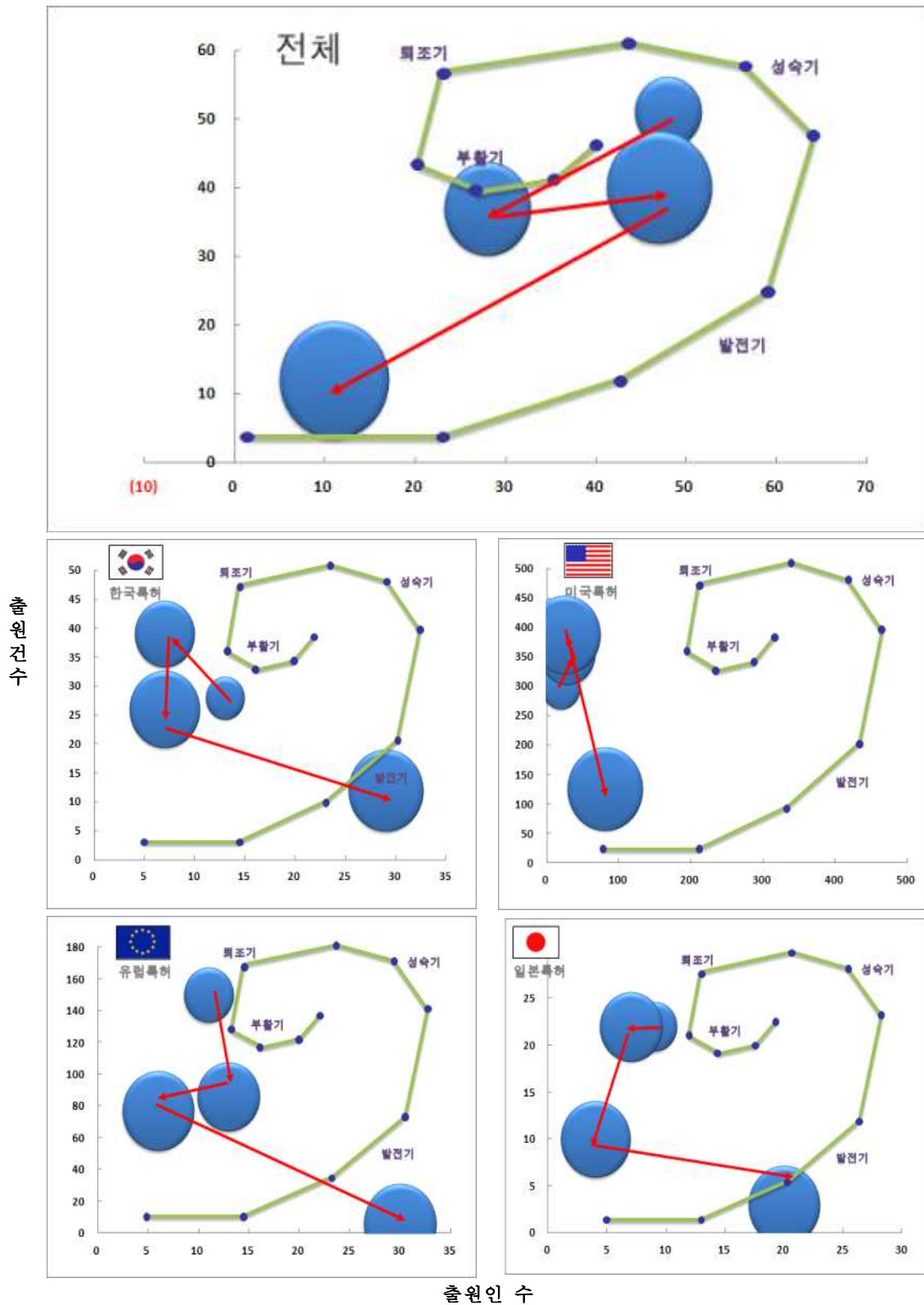
〈 표 3.6 〉 ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~ ’18)

구분	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	총합계	CAGR
유럽	3	1	7	6	4	3	3	2	1	0	0	30	-4%
일본	3	5	1	4	2	1	2	2	0	0	0	20	-4%
한국	5	4	4	2	3	2	1	3	3	1	0	28	-5%
미국	6	5	11	11	10	10	13	11	10	4	0	91	6%
합계	17	15	23	23	19	16	19	18	14	5	0	169	1%



〈 그림 3.5 〉 ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~ ’18)

□ 기술수명주기 분석



〈 그림 3.6 〉 ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술의 기술수명주기

- 연도를 구간별로 구분하고 각 구간별 출원 건수의 변동 현황과 출원인수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 거시적인 관점에서 현재의 발전 정도를 국가별로 분석한 결과는 <그림 3.6>에 나타난 바와 같음²⁾
- 기술수명주기는 출원 건수 대비 출원인 수에 대한 그래프로서, 출원 건수와 출원인수의 증가 또는 감소 등의 변화를 바탕으로 발전기→성숙기→퇴조기→부활기→발전기의 반시계 방향으로 하나의 사이클을 그리며 기술의 발전단계를 보여줌
- 출원 건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고 출원인 수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미함
- 분석구간 : 출원일 기준 2008~2018년(1구간: ‘08-’ 09, 2구간: ‘10-’ 12, 3구간: ‘13-’ 16, 4구간: ‘17-’ 18)
- 출원 건수 : 기술개발의 활동 정도, 출원인 수의 증가 : 신규 진입자의 증가
- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 경우, 한국은 2구간까지 특허수가 증가하였다가 3구간에서 특허수와 출원인수가 모두 감소 한 뒤 4구간에서 출원인수가 급격히 증가하는 발전기 상태에 해당됨
- 미국은 3구간까지 특허수와 출원인수가 성숙기를 유지하였다가 4구간에서 특허수와 출원인수가 모두 감소하는 퇴조기 상태에 해당됨
- 일본은 3구간까지 특허수와 출원인수가 감소 추세를 보이다가 4구간에서 출원인수가 증가하며 발전기 경향을 보임
- 유럽은 3구간까지 특허수와 출원인수가 성숙기를 유지하였다가 4구간에서 출원인수가 증가하는 발전기 상태에 해당됨
- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야에서 미국은 4구간부터 특허수와 출원인수가 모두 감소하는 퇴조기 상태이며, 한국, 일본, 유럽 각각 한 구간에서 성숙기의 모습을 보이지만 4구간부터 출원인수는 발전기 경향 보임

2) 본 그래프는 특허출원건수와 출원인수간 상관관계를 통해 기술의 발전, 성숙 및 퇴조단계를 한눈에 파악할 수 있는 기술수명 주기 포트폴리오임

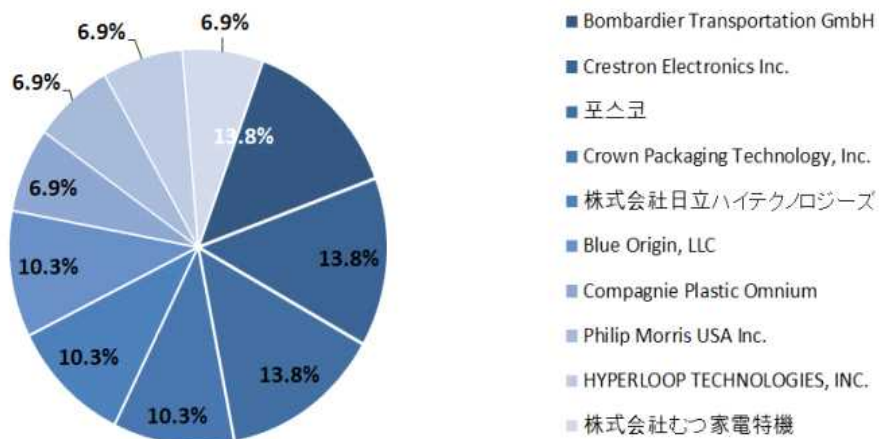
- 발전기: 특허와 특허출원인이 빠른 증가를 보이며, R&D의 급격한 증가가 이루어지며, 경쟁이 격화되고 있음을 의미함
- 성숙기: 특허 수의 정체 및 특허출원인이 정체 또는 감소하는 시기로 지속적인 연구개발이 이루어지나 일부 업체의 도태가 이루어지고 있음을 의미함
- 퇴조기: 특허 수는 감소하고, 특허출원인은 정체 또는 감소하는 시기로 대체기술이 출현하고, 기술발전의 불연속점이 발생하고 있음을 의미함
- 부활기: 특허와 출원인의 수가 증가추세로 재 전환되는 시기로, 기술의 유용성이 재발견되며, 대체기술이 쇠퇴하고 있음을 의미함

□ 주요 출원인별 특허 점유율 분석

〈 표 3.7 〉 ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황

출원인		건수	전체특허 대비 비중
‘고속 이동체 기술 개발’ 특허건수 <전체 유효건수>		169	100%
1	Bombardier Transportation GmbH	4	2.4%
2	Crestron Electronics Inc.	4	2.4%
3	포스코	4	2.4%
4	Crown Packaging Technology, Inc.	3	1.8%
5	株式会社日立ハイテクノロジーズ	3	1.8%
6	Blue Origin, LLC	3	1.8%
7	Compagnie Plastic Omnium	2	1.2%
8	Philip Morris USA Inc.	2	1.2%
8	HYPERLOOP TECHNOLOGIES, INC.	2	1.2%
10	株式会社むつ家電特機	2	1.2%
상위 10개 출원인 특허건수(합계)		29	17.2%

- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 전 세계 출원인 현황을 분석한 결과, 독일의 Bombardier Transportation GmbH와 미국의 Crestron Electronics Inc., 한국의 포스코 4건(3.1%)으로 가장 많은 특허를 출원하여 1위에 해당함



〈 그림 3.7 〉 글로벌 주요 출원인 분석

- 한국에서는 포스코건설이 4건을 출원하여 최대 출원인이며, 미국에서는 Crestron Electronics Inc가 4건을 출원하여 최대 출원인에 랭크되었고 일본은 株式会社日立ハイテクノロジーズ 3건, 유럽은 Bombardier Transportation GmbH 4건으로 최대 출원인에 해당함

- 각 국의 주요 상위 출원인의 출원 현황은 아래 <그림 3.8>과 같음



< 그림 3.8 > 국가별 주요 출원인 분석

□ 주요 국가별 기술 경쟁력 분석

- 미국 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 본 특허의 기술의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려하여 평가가 가능한 지표인 기술력 지수(TS지수)를 활용하여 상위 10개 국가를 선정하여 분석대상으로 함
- 기술 경쟁력 분석을 위하여 미국 등록특허를 통하여 제공되는 등록특허건수, 패밀리 특허건수, 피인용 횟수 등을 활용하여 분석을 실시함

〈 표 3.8 〉 주요 국가별 기술경쟁력 분석

국가명	등록 특허 건수	Family 특허 건수	시장확보지수 (PFS)		피인용도지수 (CPP)		기술력지수 (TS)		기술영향력 지수 (PII)	
				순위		순위		순위		순위
미국	382	6707	0.237	1	102.73	1	529.78	1	1.39	1
일본	196	1823	0.126	9	36.24	8	95.89	2	0.49	8
독일	35	547	0.211	6	180.40	3	85.24	3	2.44	3
프랑스	30	429	0.193	7	82.13	6	33.26	4	1.11	6
스위스	17	425	0.337	4	128.82	5	29.56	5	1.74	5
영국	7	364	0.702	3	198.43	2	18.75	6	2.68	2
중국	13	280	0.291	5	64.00	7	11.23	7	0.86	7
핀란드	5	270	0.729	2	137.80	4	9.30	8	1.86	4
대한민국	64	269	0.057	10	10.53	10	9.10	9	0.14	10
이탈리아	17	225	0.179	8	34.35	9	7.88	10	0.46	9

- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 시장확보지수(PFS)는 미국, 핀란드, 영국 순으로 나타남
- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 기술력지수(TS)는 미국, 일본, 독일 순으로 나타남
- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 피인용도지수(CPP)는 미국, 영국, 독일 순으로 나타남
- ‘고속 이동체 기술 개발’ 기술 분야의 기술영향력 지수(PII)는 미국, 영국, 독일 순으로 나타남

다. Urban Loop 구축을 위한 인프라 설계 · 시공기술 개발

□ 특허 분석 개요

- 본 분석에서는 Wisdomain에서 제공하는 DB를 이용하여, 2008년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 출원 및 등록된 미국, 유럽, 일본, 한국의 특허를 대상으로 데이터 Set을 구축

〈 표 3.9 〉 ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 특허 분석 개요

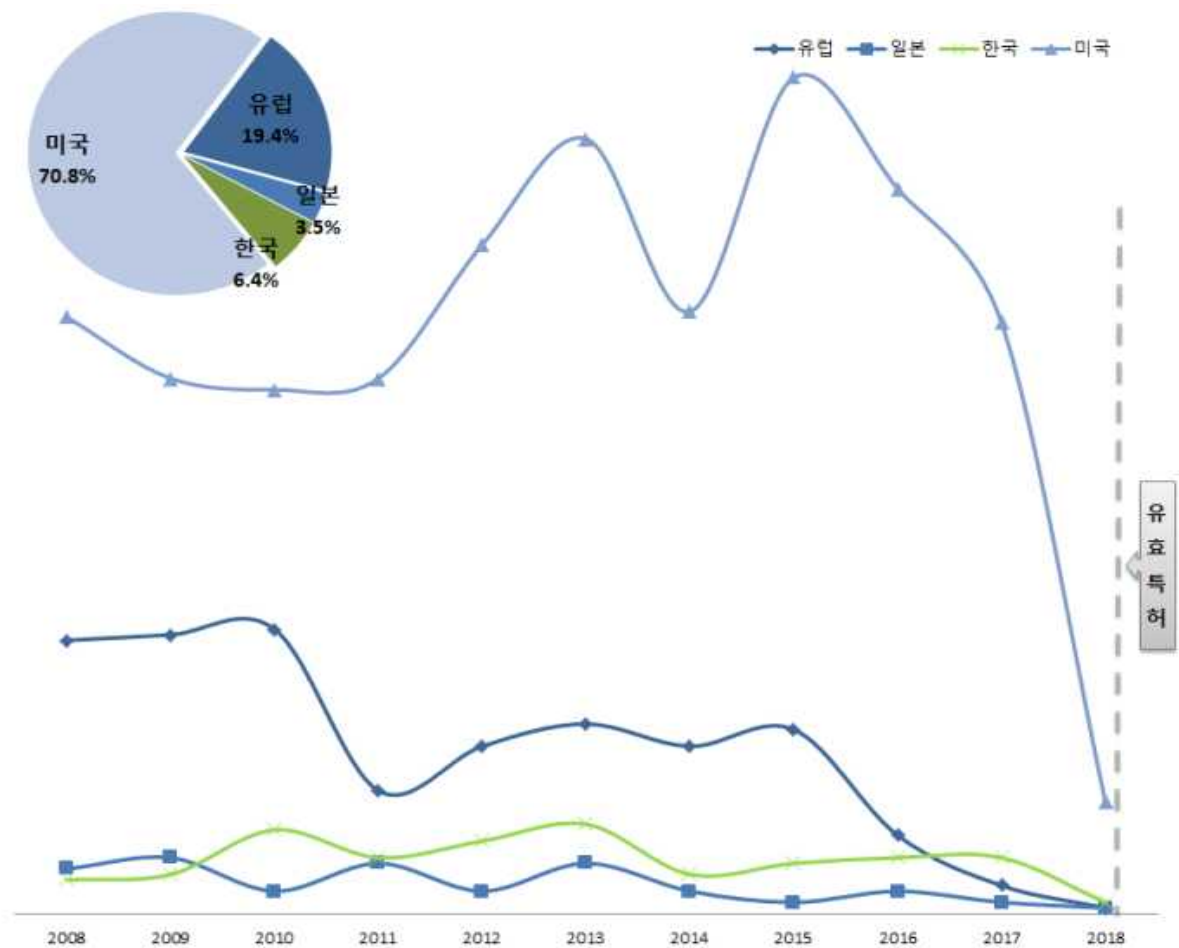
구분	특허
데이터베이스	Wisdomain
분석구간	2008. 01. 01 ~ 2018. 12. 31
검색범위	Title, abstract
검색도메인	한국, 미국, 유럽, 일본의 특허
검색식 (미국, 유럽)	(AD>=20080101) AND (AD<=20181231) AND (TI=((“ “자동차” ”) AND (“ “무인” ” or “ “자동” ”) AND (“ “조절” ” OR “ “제어” ” or “ “주행” ” or “ “군집*” ” or “ “모니터링” ” or “ “시스템” ” or “ “통합관리” ”)) or ((“ “CAR” ”) AND (“ “Unmanned” ” or “ “AUTO*” ”) AND (“ “CONTROL” ” OR “ “DRIVE” ” or “ “platoon system” ” or “ “MONITORING” ” or “ “SYSTEM” ” or “ “integrated management ” ”))) or (TAC=((“ “자동차” ”) AND (“ “무인화” ” or “ “자동화” ”) AND (“ “자동” ” OR “ “조절” ” OR “ “제어” ” or “ “주행” ” or “ “군집*” ” or “ “모니터링” ” or “ “시스템” ” or “ “통합관리” ”)) or ((“ “CAR” ”) AND (“ “Unmanned” ” or “ “AUTO*” ”) AND (“ “CONTROL” ” OR “ “DRIVE” ” or “ “platoon system” ” or “ “MONITORING” ” or “ “SYSTEM” ” or “ “integrated management ” ”)))
검색식 (일본, 한국)	(“ “자동차” ”) AND (“ “무인” ” or “ “자동” ”) AND (“ “조절” ” OR “ “제어” ” or “ “주행” ” or “ “군집*” ” or “ “모니터링” ” or “ “시스템” ” or “ “통합관리” ”)) or ((“ “CAR” ”) AND (“ “Unmanned” ” or “ “AUTO*” ”) AND (“ “CONTROL” ” OR “ “DRIVE” ” or “ “platoon system” ” or “ “MONITORING” ” or “ “SYSTEM” ” or “ “integrated management ” ”)))

□ 국가별 특허 동향

- ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 관련 전체 특허 1,647건에 대한 각 국가의 연도별 특허동향을 살펴본 결과, 미국, 유럽 특허가 각각 1,166건(70.8%), 319건(19.4%)로 해당 분야의 기술개발 및 특허출원 활동이 활발하였으며, 한국과 일본의 특허는 각각 105건(6.4%), 57건(3.5%)임
- 2008년부터 2018년까지의 특허 건수를 통하여 연평균 성장률을 살펴본 결과, 전체적으로 -16% 감소하고 있는 추세로 확인
 - 국가별 연평균 성장률: -30%(유럽), -17%(일본), -14%(미국), -10%(한국)

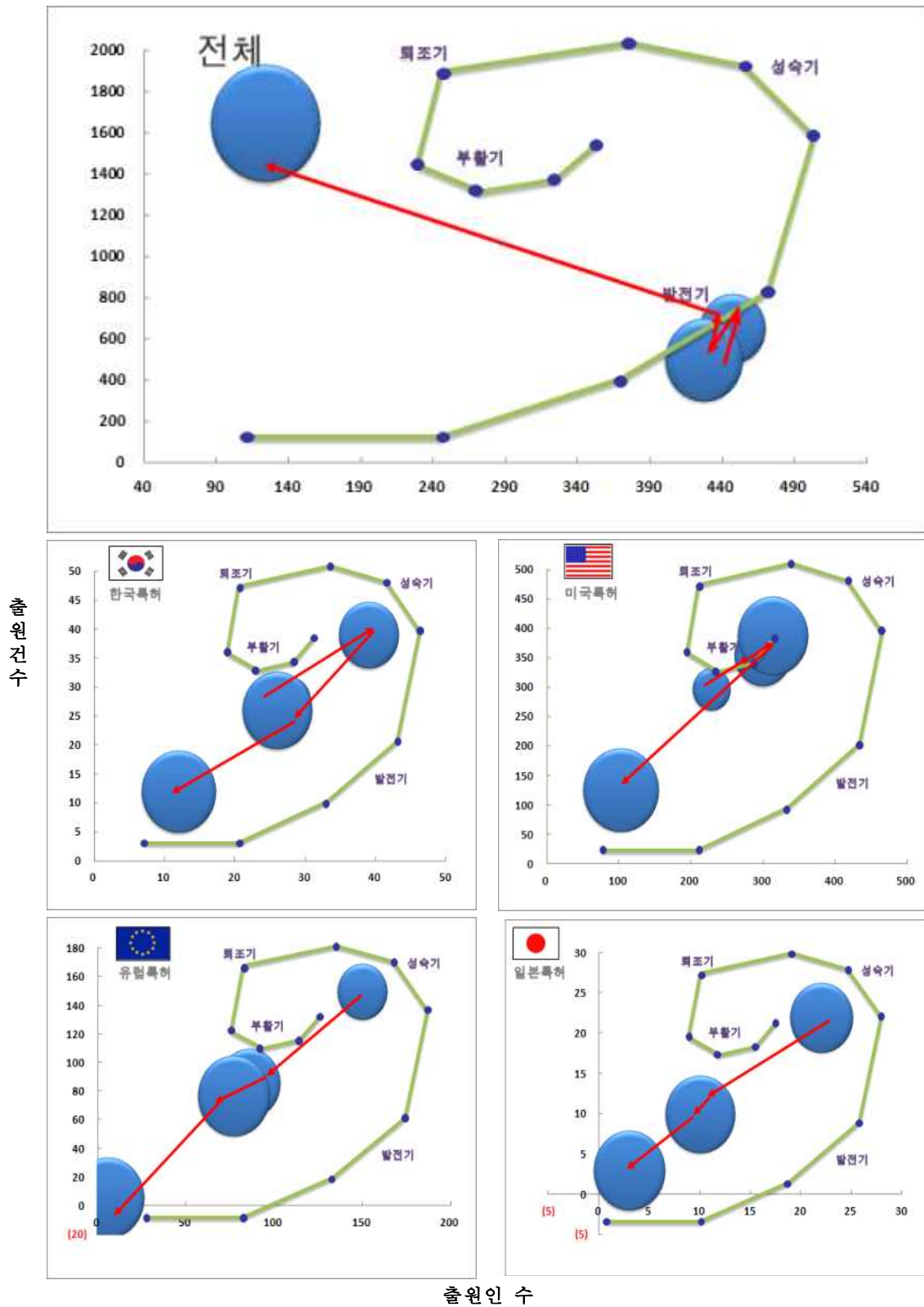
〈 표 3.10 〉 ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~’ 18)

구분	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	총합계	CAGR
유럽	49	50	51	22	30	34	30	33	14	5	1	319	-30%
일본	8	10	4	9	4	9	4	2	4	2	1	57	-17%
한국	6	7	15	10	13	16	7	9	10	10	2	105	-10%
미국	107	96	94	96	120	139	108	150	130	106	20	1,166	-14%
합계	170	163	164	137	167	198	149	194	158	123	24	1,647	-16%



〈 그림 3.9 〉 ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 출원국 기준 연도별 특허동향(‘08~ ’18)

□ 기술수명주기 분석



< 그림 3.10 > 'Urban Loop 운행시스템 기술 개발' 기술의 기술수명주기

- 연도를 구간별로 구분하고 각 구간별 출원 건수의 변동 현황과 출원인수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 거시적인 관점에서 현재의 발전 정도를 국가별로 분석한 결과는 <그림 3.10>에 나타난 바와 같음³⁾
- 기술수명주기는 출원 건수 대비 출원인 수에 대한 그래프로서, 출원 건수와 출원인수의 증가 또는 감소 등의 변화를 바탕으로 발전기→성숙기→퇴조기→부활기→발전기의 반시계 방향으로 하나의 사이클을 그리며 기술의 발전단계를 보여줌
- 출원 건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고 출원인 수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미함
- 분석구간 : 출원일 기준 2001~2015년(1구간: ‘01-’ 03, 2구간: ‘04-’ 07, 3구간: ‘08-’ 11, 4구간: ‘12-’ 15)
- 출원 건수 : 기술개발의 활동 정도, 출원인 수의 증가 : 신규 진입자의 증가
- ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 분야를 분석한 결과 전체적으로 퇴조기 상태를 띄고 있지만, 특허건수와 출원인수를 통해 Urban Loop 운행시스템 기술개발은 성숙기 상태인 것으로 확인
 - 미국과 한국은 2구간 까지 성장세를 보이다가 3구간부터 급격한 하락세로 퇴조기 상태에 해당됨
 - 유럽과 일본은 극격한 하락세로 퇴조기 상태에 해당됨

3) 본 그래프는 특허출원건수와 출원인수간 상관관계를 통해 기술의 발전, 성숙 및 퇴조단계를 한눈에 파악할 수 있는 기술수명주기를 포트폴리오임

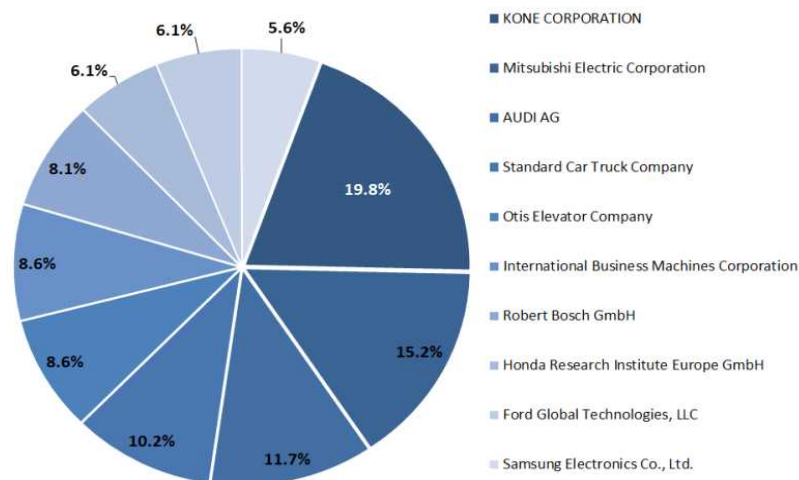
- 발전기: 특허와 특허출원인이 빠른 증가를 보이며, R&D의 급격한 증가가 이루어지며, 경쟁이 격화되고 있음을 의미함
- 성숙기: 특허 수의 정체 및 특허출원인이 정체 또는 감소하는 시기로 지속적인 연구개발이 이루어지나 일부 업체의 도태가 이루어지고 있음을 의미함
- 퇴조기: 특허 수는 감소하고, 특허출원인은 정체 또는 감소하는 시기로 대체기술이 출현하고, 기술발전의 불연속점이 발생하고 있음을 의미함
- 부활기: 특허와 출원인의 수가 증가추세로 재 전환되는 시기로, 기술의 유용성이 재발견되며, 대체기술이 쇠퇴하고 있음을 의미함

□ 주요 출원인별 특허 점유율 분석

〈 표 3.11 〉 ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 기술 주요 출원인별 특허출원 현황

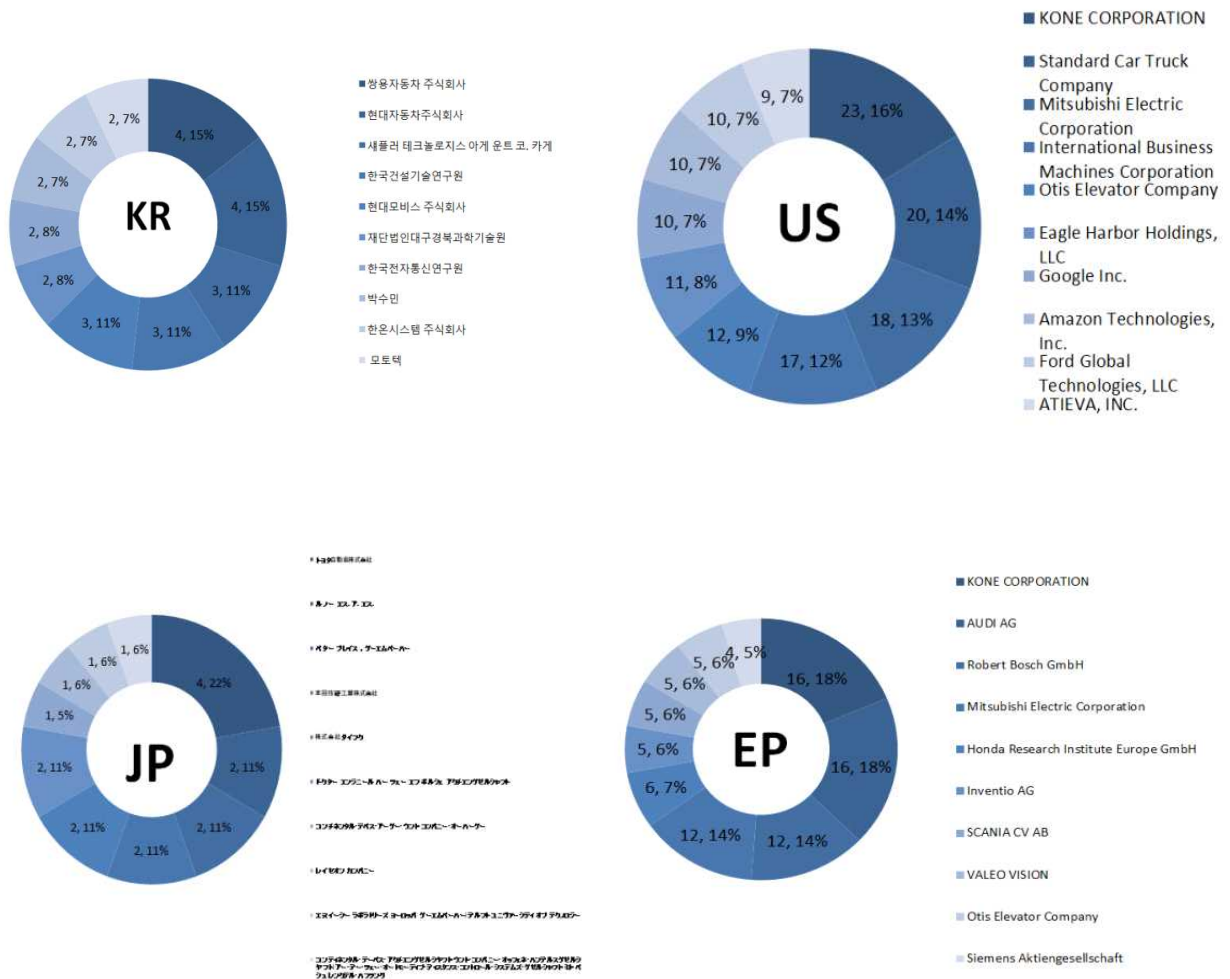
출원인		건수	전체특허 대비 비중
‘Urban Loop 운행시스템 기술개발’ 특허건수<전체 유효건수>		1,647	100%
1	KONE CORPORATION	39	2.4%
2	Mitsubishi Electric Corporation	30	1.8%
3	AUDI AG	23	1.4%
4	Standard Car Truck Company	20	1.2%
5	Otis Elevator Company	17	1.0%
6	International Business Machines Corporation	17	1.0%
7	Robert Bosch GmbH	16	1.0%
8	Honda Research Institute Europe GmbH	12	0.7%
8	Ford Global Technologies, LLC	12	0.7%
10	Samsung Electronics Co., Ltd.	11	0.7%
상위 10개 출원인 특허건수(합계)		197	12.0%

- ‘Urban Loop 운행시스템 기술 개발’ 분야의 전 세계 출원인 현황을 분석한 결과, 미국의 KONE CORPORATION이 39건(2.4%) 으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, Mitsubishi Electric Corporation이 30건(1.8%)으로 2위, 유럽의 AUDI AG가 23건(1.4%)으로 3위에 해당됨



〈 그림 3.11 〉 글로벌 주요 출원인 분석

- 한국에서는 쌍용자동차 주식회사, 현대자동차 주식회사가 4건, 미국과 유럽에서는 KONE CORPORATION 23건, 16건, 일본은 トヨタ自動車株式会社 4건으로 최대 출원인에 해당됨
- 각 국의 주요 상위 출원인의 출원 현황은 아래 〈그림 3.12〉와 같음



〈 그림 3.12 〉 국가별 주요 출원인 분석

□ 주요 국가별 기술 경쟁력 분석

- 미국 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 본 특허의 기술의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려하여 평가가 가능한 지표인 기술력 지수(TS지수)를 활용하여 상위 10개 국가를 선정하여 분석대상으로 함
- 기술 경쟁력 분석을 위하여 미국 등록특허를 통하여 제공되는 등록특허건수, 패밀리 특허건수, 피인용 횟수 등을 활용하여 분석을 실시함

〈 표 3.12 〉 주요 국가별 기술경쟁력 분석

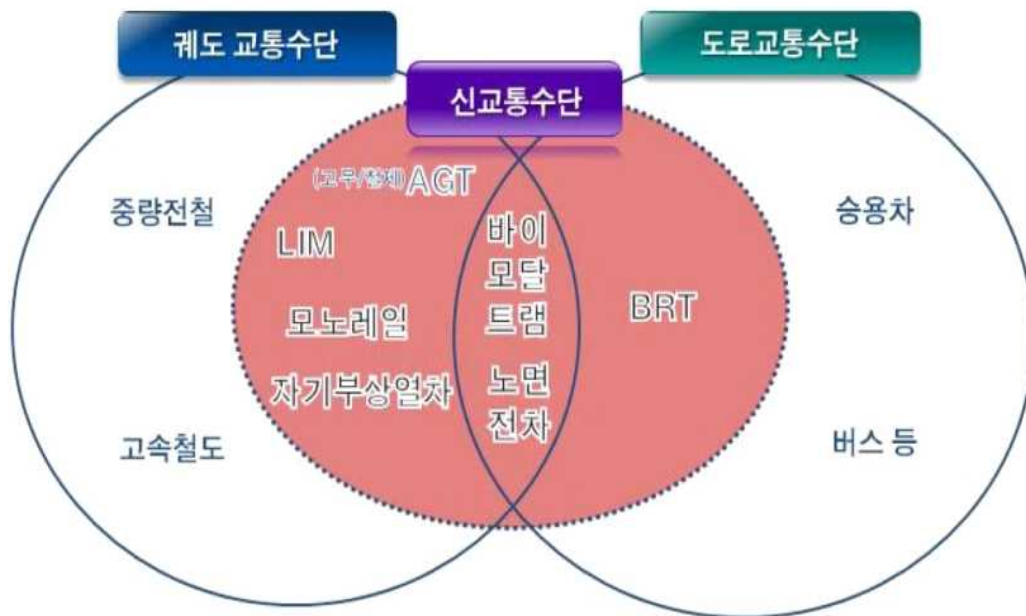
국가명	등록 특허 건수	Family 특허 건수	시장확보지수 (PFS)		피인용도지수 (CPP)		기술력지수 (TS)		기술영향력 지수 (PII)	
				순위		순위		순위		순위
미국	1,696	36294	41.46	1	23.14	1	2,630.39	1	1.55	1
일본	814	4499	10.71	6	8.73	9	476.09	2	0.58	9
독일	694	1848	5.16	9	9.1	7	423.21	3	0.61	6
스위스	145	1188	15.87	3	16.99	3	165.15	4	1.14	3
대한민국	223	760	6.6	8	9.82	5	146.79	5	0.66	5
프랑스	300	516	3.33	10	4.63	10	93.10	6	0.31	10
대만	72	503	13.54	4	11.56	4	55.77	7	0.77	4
캐나다	78	486	12.07	5	8.83	8	46.18	8	0.59	8
핀란드	35	401	22.2	2	19.26	2	45.18	9	1.29	2
이스라엘	64	319	9.66	7	9.13	6	39.14	10	0.61	7

- ‘Urban Loop 운행시스템 기술개발’ 기술 분야의 시장확보지수(PFS)는 미국, 핀란드, 스위스 순으로 나타남
- ‘Urban Loop 운행시스템 기술개발’ 기술 분야의 피인용도지수(CPP)는 미국, 핀란드, 스위스 순으로 나타남
- ‘Urban Loop 운행시스템 기술개발’ 기술 분야의 기술력지수(TS)는 미국, 일본, 독일 순으로 나타남
- ‘Urban Loop 운행시스템 기술개발’ 기술 분야의 기술영향력 지수(PII)는 미국, 핀란드, 스위스 순으로 나타남

3.2 국내 기술수준 조사

가. 신교통수단

- 신교통수단은 지하철, 버스 등 기존 대중교통수단에 비해 고효율·저비용의 새로운 대중교통수단을 의미하며, 기존 철도의 지선, 대도시 및 중소도시의 간선, 위성도시를 연결하는 교통수요 처리에 적합



〈 그림 3.13 〉 신교통수단 종류(국무총리실, 2011)

- 신교통수단은 도로교통시스템 중 BRT와 궤도교통시스템 중 경량전철을 포함하며, 양시스템의 복합적 성격의 바이모달트램, 노면전차까지를 포함
 - 운행방식에 따라 궤도형, 복합형, 도로형으로 구분함
 - 운행구간에 따라 고가 및 지하, 지상으로 분류함
 - 타 교통기관과의 분리정도에 따라 전용, 부분공용, 공용타입으로 분류함
 - 궤도방식에 따라 유궤도방식, 무궤도방식, 특수궤도방식으로 분류함
- 국가 R&D를 통해 개발중인 신교통수단은 총 4개 사업으로 개발완료 2개, 2개 사업은 개발중임
 - 고무차륜 AGT, 바이모달트램 개발사업이 완료되었으며, 도시형 자기부상열차와 무가선트램의 개발이 진행중임
 - 개발 중인 R&D 사업도 모두 2013년 이내에 완료될 예정이며, 실용화까지 약 3~5년 이 소요될 것으로 예상됨

〈 표 3.13 〉 연구개발사업 유사실적(신교통수단)

종류	주관기관	주요 연구내용	예산 (억원)	비 고
AGT	한국철도기술연구원	- 경량전철 차량시스템(고무차륜방식)	594	
자기부상열차	한국기계연구원	- 110km/h급 차량개발 - 시범노선 구축 등 실용화	4,500	
무가선티램	한국철도기술연구원	- 유/무가선 운행이 가능한 저상트램 시스템	367	
바이모달트램	한국철도기술연구원	- 자동운전·정밀정차가 가능한 국산 바이모달트램 개발	630	

나. 지하 교통 인프라 기술 수준

- 정부 및 지자체에서 지하 교통 인프라 관련 대형 프로젝트를 계획 및 추진 중이나, 이를 뒷받침할 수 있는 각종 제도/정책, 계획/운영, 설계/시공, 환기/방재, 시설물 연계 3차원 이동시스템 등에 관한 기술개발은 부족
- 지하 공간 개발에 의한 근접 구조물의 안전성 확보에 관한 국외 연구는 다양한 지반 조건의 굴착에 의한 지반 변위를 경험적 방법(Peck, Attewell, O' Reilly and New, Mair), 분석적 방법(Sagaseta, Loganathan), 유한요소법(Mair, Lee and Rowe)을 이용하여 예측하는 연구를 수행하였음. 국내의 경우, 인공신경망(ANN)을 이용하여 실제 현장에서 여러 인자들을 복합적으로 고려하여 지표침하를 예측한 연구와 모형 Shield TBM 굴착기를 이용하여 토피에 따른 지표침하를 실험적으로 도출하였으나, 복잡한 지하 인프라 구축 시 복합적인 거동에 대한 연구는 부족함
- 해외의 경우 지하 구조물의 길이가 증가함에 따라 환기설계에 대한 수정 보완을 위한 연구가 진행되고 있음. 국내의 경우 인제양양터널이 도로터널로는 10km이상으로 건설되어 환기 및 방재에 대한 새로운 기술들이 적용되었으나 도심지의 주거지 밀집 등 구조물이 밀집되어 있는 특수성이 반영된 연구가 필요함

〈 표 3.14 〉 연구개발사업 유사실적(지하 교통 인프라)

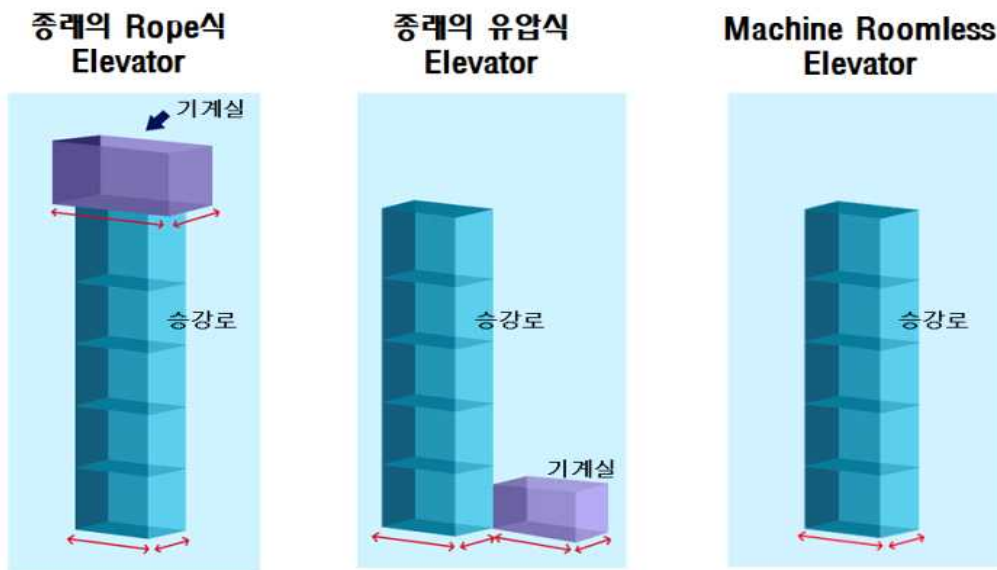
사업명	과제명	주요 연구내용	예산 (억원)	비 고
고속철도기술개발	고속철도 선로구축물 시스템 안정화 기술	- 고속철도용 프리캐스트 콘크리트 궤 도 연구	15	
첨단도시 개발사업	대형 대단면 지하공간 창출을 위한 지하공간 건설기술	- 고품질, 고성능 지하공간 보강 - 지하공간 개발로 인한 주변 영향 최 소화 기술	100	
건설기술혁신사업	장대 철도터널 화염방재 기술 개발 및 환기공조시스템	- 15km이하의 산악터널을 대상으로 한 환기 및 방재기술 개발	2	
제조기반산업 원천기술개발	초장대 대심도 터널의 횡류환기를 위한 고효율 가역 Giant fan 개발	- 고정압 1.5kPa급의 Giant Fan 개발	5	

다. 3차원 이동 시스템 기술 수준

□ 3차원 수직이동시스템의 하드웨어 구축 기술

○ 기계실 없는 승강기

- 기계실 없는 엘리베이터는 2000년 핀란드 코네 엘리베이터가 개발하여 시작된 신개념의 엘리베이터임
- 오티스가 최초로 근대적 승강기를 개발한 1850년대 이후 모든 로프식 승강기는 건축물 상단에 1개 층의 기계실이 있어야 했지만, 기계실 없는 승강기의 등장으로 별도의 층을 할애하지 않아도 되는 건축사와 승강기사에 획기적인 전환점이 됨
- 국내의 경우 기계실 없는 승강기의 설치가 증가되면서, 기술표준원에서 특수구조 승강기에 대한 특례검사기준이 도입됨



< 그림 3.14 > 기계실 없는 엘리베이터(Machine Roomless Elevator)

○ 초고속 대용량 승강기의 급진전

- 빌딩의 고층화, 대규모화에 따라 많은 사람을 빨리 한 번에 나르는 것을 목적으로 하는 셔틀 엘리베이터나 더블데크 엘리베이터의 필요는 높아지고 있음
- 이러한 초고속 대용량 엘리베이터는 대용량 권상기와 구동제어장치의 개발뿐만 아니라 쾌적한 탑승감을 실현하기 위한 제진장치·풍음억제장치 그리고 비상정지 등을 위한 안전장치의 개발이 필요함

○ 승강기의 유니버설 디자인

- 고복지사회의 진전에 따라 “유니버설 디자인”에 대한 대처는 중요함

- 이미 존재하는 “배리어프리(Barrier-free)”의 개념은 “장애인이 사회생활을 하는데 있어서 장벽(배리어)이 되는 것을 제거한다”는 것을 목적으로 하고 있으나, 유니버설 디자인은 애초부터 장벽을 없앤다는 더 진보된 생각 하에 장애자나 고령자, 남녀 등 각각의 차이를 초월하여 “모든 사람을 위한 디자인”을 기본 개념으로 정의하고 있음. 예를 들면 ‘카’ 내의 인디케이터문자의 대형화, 조작버튼의 ‘블록’ 문자, ‘카’ 실내문 개폐버튼의 대형화 및 색변화 등의 디자인이 있음

○ 승강기의 현대화(Modernization)

- 기술진보로 인해 엘리베이터는 컴퓨터화·인버터화라는 하이테크화가 진전되었지만 사회 환경은 탑승감의 향상·에너지의 절약·장벽의 제거 등 요구도 높아가고 있음
- 현실은 물리적으로 기기를 갱신함으로써 기능향상·유지비의 감소·안전성 및 신뢰성 향상·의장의 고급화·원격감시 리모트점검시스템 개발 등이 사회적으로 요구되고 있음

○ 대체 에너지를 활용한 승강기

- 승강기 분야에서는 최근 전기에너지를 최대한 절약하거나 완전히 다른 대체 에너지를 사용하는 방안을 검토하고 있으며 건물이나 지하에서 화재가 발생할 때 승강기를 오히려 대피용으로 사용하는 방안을 활발하게 검토
- 지하공간에서는 에너지의 고효율화가 절대적으로 필요하며 화재발생시 대피하기 위한 수단 또한 반드시 필요한 기술이라 할 수 있음
- 승강기 분야에서 최근 개발되고 있는 두 가지 분야의 기술에서 대표적인 것을 예를 들면 다음과 같음
- 태양광 발전 및 회생전력을 이용한 수직수송설비 고효율화

○ 비상구난용 승강기

- 건축물 화재 발생시 엘리베이터 내부로 침입하는 연기, 유독가스, 화염, 열을 효율적으로 차단하여, 인명을 비상 구출하는 새로운 장을 열게 한 차세대 테크놀로지로 특허 및 승강기 신기술인정서를 획득한 엘리베이터
- 모든 규격의 엘리베이터에 별도의 건축 변경 없이 표준형 승강로 치수에 설치되며, 평상시에는 일반 승객용 엘리베이터와 동일하게 사용

□ 3차원 수직이동시스템의 운영제어 기술

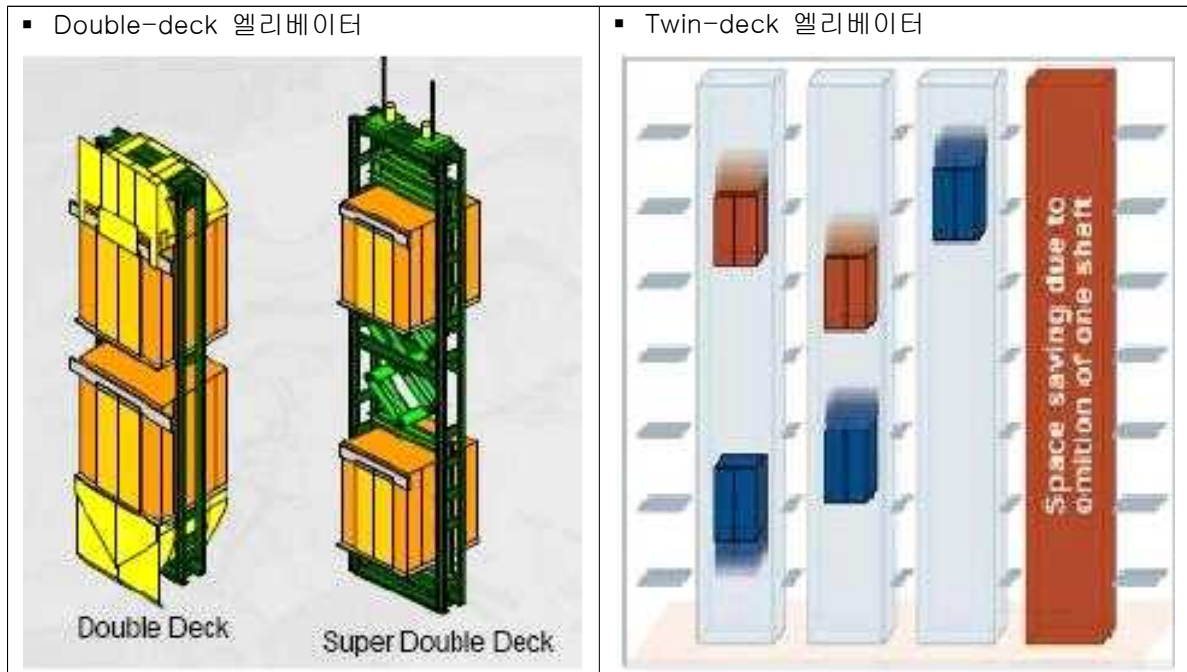
○ 초고층 건축물에서 Zoning을 통한 운영제어

- 엘리베이터는 건축물의 교통수단으로 건축물의 기능측면에서도 매우 중요하므로 건축물의 규모와 용도 이용 수요 등을 종합적으로 고려하여 용도에 맞는 엘리베이터를

설치, 운영해야함

- 일반적으로 건축물의 모든 층에 원활한 서비스를 제공하기 위해 서비스 층수는 10~15층이 적당하며 20층 이상의 경우 모든 엘리베이터의 서비스층이 동일하도록 2그룹 이상으로 분할하여 서비스하는 것이 일반적임
 - 따라서 초고층 건축물의 경우 서비스 층을 저층용, 중층용, 고층용 등으로 Zoning(엘리베이터의 서비스 층 분할)하여 운행
 - 목적 Zone으로의 빠른 승객운송을 위해 로비층과 각 구간 사이에 급행구간이 설정되어 고속 엘리베이터의 기능을 수행할 수 있으며 수송능력의 극대화, 대기시간 최소화 등의 수송 목적을 달성하는데 용이함
 - 저층용, 중층용, 고층용의 분할을 통해 업무, 주거, 창고 등의 용도에 따라 효율적인 운영이 가능함
 - 엘리베이터 Zone이 지나치게 많을 경우 필요 엘리베이터 수를 증가시켜 Zoning을 통한 효율적 운영이 어렵게 되므로 일반적으로 서비스 층을 7~10층 정도로 설정하여 운영하는 것이 효율적임
 - 저층용, 중층용, 고층용으로 Zoning된 엘리베이터는 환승층을 필히 overlap되게 설치하여 환승이 가능하도록 운영하여야 함
 - 엘리베이터를 이용하는 모든 이용자가 모든 층으로부터 로비층이나 주요 시설물이 위치한 층, 공공의 장소가 위치한 층으로 Non-stop으로 이동할 수 있어야 함
- 스카이로비 & 셔틀엘리베이터를 이용한 운영제어
- 건축물의 특정 층을 스카이로비로 지정하여 그 층까지 운행하는 초고속 셔틀 엘리베이터를 두어 스카이 로비 층까지 운송 한 후, 다시 구획되어있는 로컬엘리베이터로 환승하는 방식
 - 건축물이 용도별로 분류될 경우 각 용도별로 스카이 로비를 두어 출발층과 스카이 로비층 사이에 고속 대용량의 셔틀엘리베이터가 운행되는 방법으로 이 경우 저층부의 코어 면적을 줄여 건축물의 전용면적을 증가시킬 수 있음
- 엘리베이터 운영 형태
- 싱글덱(Single-deck) : 가장 일반적인 엘리베이터 형식으로 각층에 한 대의 엘리베이터가 독립적으로 운행하는 형식임
 - 더블덱(Double-deck) : 2층 객식을 가진 엘리베이터를 뜻하며 탑승자의 1입장에서 입구와 내부는 싱글덱 엘리베이터와 동일하지만 동일 승강로내에서 운송정원을 2배로 할 수 있으며, 한번에 2개층에 정지하여 운행효율을 높이는 것이 목적임

- 트윈덱(Twin-deck) : 한 개의 승강로 안에 연결되지 않은 두 개의 엘리베이터 카를 운행하는 방식으로 더블데크와 유사하지만 2대의 엘리베이터가 서로의 운영구역을 분리해서 각자 운행되는데 차이가 있음



〈그림 3.15〉 더블덱, 트윈덱 엘리베이터(김해규, 2008)

○ 엘리베이터 이용수요 및 수송능력에 따른 운영 모델

- 과거 엘리베이터의 설비계획은 건물의 규모 및 이용자의 수요를 반영하지 못하여 비경제적으로 계획, 운영되었음
- 초고층 건축물의 경우 이용 수요의 폭발적인 증가로 엘리베이터의 과학적인 설비계획이 부재하다면 이용자의 불편함은 물론 건축물로서의 제 기능을 수행하지 못함
- 이러한 배경으로 건축물의 엘리베이터 설비계획시 엘리베이터 수송능력 및 서비스조건을 설계자의 요구에 최대한 충족시키면서 설비비용을 최소화하는 경제적인 엘리베이터 사양을 결정하는 최적화모델을 개발한 사례가 있음
- “승강기 안전설계 기준” (KSCP-C-1027)에 제시된 엘리베이터 설비계획을 토대로 5분간 수송능력, 승객평균 대기시간 등을 제한식으로하고 비용을 최소화하는 목적함수를 가진 최적화 모델을 개발하여 비선형 혼합 정수계획법에 의하여 최적안을 구하는 알고리즘 정립
- 그러나 상기 연구는 엘리베이터 승객의 도착분포, 승객의 향방에 관한 분포, 엘리베이터 시스템에 접근하는 이용자의 queueing theory 등의 현실적인 상황을 반영하지 못한채 단순히 엘리베이터 일주시간을 운행대수로 나눈 평균운행간격을 승객평균대기시간으로 간주하므로 현실 상황과는 차이가 있음

○ 건축물 내 엘리베이터 위치 선정 기술

- 공간의 효율적 이용과 엘리베이터의 접근 소요시간, 심적 부담 등을 최소화하기 위해 엘리베이터는 건축물 내 기하학적으로 중심부에 위치하는게 일반적임
- 1개 이상의 엘리베이터 bank를 운영할 경우 한 개의 엘리베이터 bank 근처에 교통 수요가 많이 발생하는 시설물 근처에 위치하여 한 개의 bank에만 이용 수요가 편중되어 부하 발생이 되지 않도록 신중히 고려하여 운영

○ 군 관리 엘리베이터의 배치 기술

- 엘리베이터를 군 단위로 관리할 경우 승강장 공간 및 동선, 엘리베이터의 배열에 주안점을 두어 아래와 같은 사항을 신중히 고려

□ 신개념 3차원 스마트 이동시스템 분석 및 평가 기술

- 과거 건축시뮬레이션은 상용 소프트웨어(CAD, MAX, Sketchup 등)를 이용하여 건축물의 구조 및 형태를 시뮬레이션하는 분야였으나 최근에는 친환경, 에너지, 범죄예방 등의 특화된 분야를 위한 전용 건축시뮬레이션이 개발되는 추세
- 현재까지 국내의 엘리베이터 운영 분석 시뮬레이션과 보행 시뮬레이션에 관한 연구는 주요 교통선진국에 비해 활성화되지 못함
- 최근 녹색교통에 관한 관심이 높아지면서 보행자의 이동행태에 관한 연구가 시작 단계이며, 보행자 이동패턴을 고려한 환승센터 세부시설 설계 및 보행자의 공간 효율성 분석을 위한 설계, 운영분석프로그램이 시제품 수준에서 개발되어 보완 중
- 다층 건축 공간의 보행자의 행태를 모사하는 시뮬레이션 툴은 주로 재난 및 응급 상황시 대피 행태를 모사하기 위하여 주로 개발
- 국내 보행시뮬레이션 프로그램은 환승센터 또는 제한적인 공간에서의 단편적인 보행 행태모형과 재난 프로그램
- 지하공간을 포함한 다양한 대규모 복합건축물에 대한 범용 보행시뮬레이션 소프트웨어 개발을 통하여 각종 안전시설에 관한 설계기준을 개별적 또는 통합적으로 분석할 수 있으며, 재난상황 시 보행분석 프로그램은 피난의 정밀성 및 효율성을 증진
- NAGAYO : 2003년 서울시립대학교에서 개발한 피난시뮬레이션 프로그램으로 공간/이용행태적 특성, 한국인 신체사이즈 등을 고려한 피난시뮬레이션 프로그램을 개발

라. 초고속교통수단 기술 수준

□ 초고속 튜브철도 기술 개발

- 초고속 튜브트레인 시스템 인터페이스 기술 개발
- 700km/h급 초고속 리니어모터 설계 기술, 제어알고리즘 및 초전도 하이브리드 부상 시스템 기술 개발
- 튜브트레인 3차원 공력해석으로 공기저항 최적화를 통한 튜브트레인 시스템 공력 설계 및 해석 기술 개발
- 튜브 구조물의 기밀도 향상기술, 콘크리트 진공튜브 구조물 기술 개발

□ 초고속 자기부상철도 핵심 기술 개발

- LSM 추진 시험용 급전 시스템 및 시제차량 확보를 통한 연구 인프라 구축
- 실차량 규모 자기부상 및 LSM 추진 기술 구현

□ 아음속 캡슐 트레인 핵심 기술 개발

- 아진공 튜브 기밀 유지 기술, 운영제어 기술, 주행 안정화 기술 및 모듈 기반 아음속 추진 기술 등 핵심 요소 기술 개발
 - 캡슐트레인 공력 통합설계 및 안전·운영 기술
 - 모듈 기반 아음속 추진 기술
 - 튜브 내 캡슐차량 주행안정화 기술
 - 아진공 튜브 및 기밀 유지 기술
 - 아음속 캡슐 운영제어 기술

□ 차세대 초고속 이동체계 기반 기술 개발

- 차세대 초고속 이동체계 스마트 물류 연계 및 허브스테이션 기술
 - 초고속 이동체계 허브스테이션 환적 최적화(Seamless) 방안
- 한중 하이퍼루프 수송 가능 화물 추정 방법론 개발 및 기초 입력 DB 구축
- 한국형 차세대 초고속 이동체계 운송관 구축 기반기술 개발
 - 차세대 초고속 이동체계 운송관의 재료·구조 관련 요구성능 조사 및 구조안전성을

고려한 최적단면 도출

- 초고속 차량-튜브형 구조물 상호작용 수치해석 기법 개발
- 초고속 이동체계 맞춤형 터널 건설 기반기술 개발
 - 고수압 조건에서 터널 내부의 아진공 상태를 고려한 터널구조물의 구조 및 내진 안정성 검토
 - 멤브레인을 이용한 아진공 터널구조물의 방수 및 기밀성(진공) 유지와 내염해 대책 방안 연구
- 스마트 에너지 시스템 기술 개발
 - 초고속 이동체계 스마트 에너지 시스템 기술 개발
 - 스마트 에너지 시스템 유지관리 기술 개발 및 연계 방안
 - 에너지 하베스팅 시설물의 적용 구간별 설치 기술

마. 핵심 기술의 국내 기술 수준

중점분야	핵심기술	기술 수준	
		국내수준	보유 및 필요 기술
Urban Loop 인프라 기술	소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술	60%	- 5m급 소단면 TBM 굴착 기술 보유 - 다양한 시공 경험을 통한 데이터 축적 - 고속 운행에 의한 진동 및 충격을 견딜 수 있는 고성능 세그먼트 라이닝 개발 필요
	소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술	40%	- 지하 공간 구축을 위한 주방식 굴착 기술 보유 - 교통·물류 허브 인프라를 위한 지하 대공간 구축 기술 필요 - 대심도 수직 굴착 및 수평 확대 굴착 기술 필요
Urban Loop 이동체 기술	수직-수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술	50%	- 수평 이동체 설계 및 제작 기술 보유 - 수직 고속 이동체 설계 및 제작 기술 보유 - 수직-수평 연계 이동체 설계 및 제작 기술 필요
	운행 동력 및 운영시스템 기술	70%	- 인천공항 자기부상열차 경험을 통한 동력 및 운영 시스템 보유 - 150km/h의 고속 및 대심도 구간에서의 동력 및 운영 시스템 최적화 필요
Urban Loop 안전 및 운영 기술	이동체 적정 교통량 관리기술	30%	- 고속철도 운영을 통한 교통량 관리 기술 보유 - 무인 지하철 등 교통량 관리 기술 보유 - 다량의 고속차량이 복잡하게 이동하는 경우의 교통량 관리 기술 개발 필요
	통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술	60%	- 고속철도 운영을 통한 기술 보유 - 무인 지하철 등 운영 기술 보유 - 이동체 수 증가에 따른 모니터링 및 시스템 최적화 필요

*실용화를 100% 기준으로 현재 기술 개발 수준

바. 핵심 기술의 확보 방안

□ 지하 인프라 구축 기술

- 환기, 교통량 등 최적화를 통한 5m이하의 단면 최적화 및 8m급 복층터널 단면을 사용한 인프라 최적화 구축 가능
- ‘TBM 운전 제어 시스템 및 커터헤드의 최적화 설계 기술 개발’ 연구단의 TBM 제작 및 운영 기술의 Urban Loop 최적화를 통해 굴착 기술 확보 가능(도심지 시공 조건 및 지질조건을 고려한 굴착속도 및 효율 개선 필요)
- ‘대심도 복층터널 설계 및 시공 기술 개발’ 연구단의 복층터널 기술을 응용하여 상하 교행이 가능한 복층터널을 통한 지하 공간 효율적 활용 최적화 방안 제시
- ‘고수압 초장대 해저터널 기술자립을 위한 핵심요소 기술 개발’ 연구단 과제의 성과를 바탕으로 하저 등 대심도 고수압 대응 인프라 구축 기술 확보 가능



〈 그림 3.16 〉 TBM 굴착 기술과 복층터널 개념도

□ 이동체 제작 기술

- 한국기계연구원 등에서 개발된 자기부상열차(인천공항 자기부상철도 시범운영)의 제작, 시공 및 운영 기술을 바탕으로 차량, 화물 및 공유형 모빌리티 제작 기술 확보



〈 그림 3.17 〉 한국기계연구원 자기부상모형과 인천공항 자기부상철도

□ 안전/운영기술

- 2011년 국내 최초로 무인시스템이 도입된 부산 도시철도 4호선과 인천지하철 2호선, 신분당선, 용인경전철, 의정부경전철 등의 자율주행 운영 경험을 바탕으로 운영 기술 단기간 확보 가능
- Urban Loop 중단기의 경우 자율주행 전용 인프라를 이용한 운영으로 기존 지하철 보다 속도가 높은 운영 방식의 적용이 가능



< 그림 3.18 > 부산지하철 4호선과 무인 운행되고 있는 인천지하철 2호선

3.3 연구 인프라 현황

가. 연구인력 현황

□ 2016년 우리나라 공학 분야 전공자 수가 312,987명(67.9%)으로 가장 많음

○ 과학기술 분야(이학, 공학, 의약보건학, 농림수산학) 전공자 비중은 전체의 88.4%



< 그림 3.19 > 우리나라 전공별 연구원 수 추이

< 표 3.15 > 우리나라 전공별 연구원 수

(단위 : 명, %)

구분		2011	2012	2013	2014	2015	2016
이학	연구원 수	48,544	53,654	51,494	54,772	57,976	56,710
	비중	12.9	13.4	12.5	12.5	12.8	12.3
공학	연구원 수	253,445	273,839	279,388	298,436	308,230	312,987
	비중	67.6	68.2	68.1	68.2	68.0	67.9
의약 보건학	연구원 수	20,473	19,945	23,292	23,522	24,066	26,347
	비중	5.5	5.0	5.7	5.4	5.3	5.7
농림 수산학	연구원 수	9,841	9,912	10,102	10,662	11,045	11,378
	비중	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5
인문학	연구원 수	19,633	20,413	20,834	22,870	23,996	24,734
	비중	5.2	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4
사회 과학	연구원 수	23,240	23,961	25,223	27,185	27,949	28,613
	비중	6.2	6.0	6.1	6.2	6.2	6.2
총계	연구원 수	375,176	401,724	410,333	437,447	453,262	460,769
	비중	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* 출처 : 2016년도 연구개발활동조사보고서, KISTEP, 2018.2.17.

○ 국토건설·교통 분야 기준 10년간(' 09~' 18년) R&D 참여 인력은 총 152,308명으로 ' 09년(14,398) 대비 ' 18년(15,683) 1.7% 증가함

- 그 중 본 사업의 선행사업 「건설기술연구사업」의 경우 참여연구원은 24,056명으로 총 참여 인력의 16.0%수준이며 철도기술연구사업(20.1%) 다음으로 많은 수준임

〈 표 3.16 〉 국토건설·교통 분야 기준 10년간 사업별 참여 인력 수(' 09~' 18)

년도	' 09	' 10	' 11	' 12	' 13	' 14	' 15	' 16	' 17	' 18	합계
참여 인력 수	14,398	16,309	12,044	11,936	14,732	16,441	17,212	16,015	16,442	16,779	103,072

사업명	참여 인력 수	비율 (%)	사업명	참여 인력 수	비율 (%)
건설기술연구사업	24,056	15.8	항공안전기술개발사업	6,332	4.2
교통물류연구사업	17,409	11.4	국토공간정보연구사업	4,973	3.3
국토교통기술사업화지원	6,168	4.0	국토교통기술촉진연구사업	2518	1.7
국토교통기술지역특성화사업	5,685	3.7	무인비행체 안전지원 기술개발사업	364	0.2
국토교통기술촉진연구사업	11,625	7.6	국토교통기술촉진연구사업	11,625	7.6
도시건축연구사업	16,888	11.1	국가전략프로젝트	548	0.4
물관리연구사업	10,059	6.6	국토교통기술촉진연구사업	2518	1.7
주거환경연구사업	4,097	2.7	철도기술연구사업	30,216	19.8
플랜트연구사업	10,383	6.8	기타*	1899	1.2

* 기술료사업, 국토교통연구성과활용지원사업, 민수헬기인증개발사업, 수요대응형 물공급 서비스사업, 위성정보 활용센터 설립운영 사업, 공간정보 기반의 실감형 콘텐츠 융복합 및 혼합현실 제공기술 개발, 치안과학기술 연구개발사업 항공기 장비품, 부품 등 제작·정비 인증기술개발사업

○ 10년간(' 09~' 18) 국토건설·교통 분야 참여 인력 수는 연평균 1,964명으로 본 사업기간인 6년(' 20~' 25)의 인력투입계획은 총 1,396명으로 연구수행을 위한 인력 인프라는 충분한 수준

〈 표 3.17 〉 국토건설·교통 분야 기준 10년간 사업별 참여 인력 수(' 09~' 18)

년도	' 09	' 10	' 11	' 12	' 13	' 14	' 15	' 16	' 17	' 18	평균
참여 인력 수	3,420	2,282	2,162	2,428	1,289	1,762	2,005	1,764	1,220	1,312	1,964

- 동 사업에서 투입이 필요한 총 인원은 1,396명
- 책임급 인력은 242명, 선임급 인력은 279명이 소요되는 것으로 산정
- 중소·중견기업은 주로 연구원급, 일부 선·책임급으로 인력의 참여
- 대학, 출연연구기관 중심으로 선·책임급 인력의 참여

나. R&D 인프라 현황

□ 3차원 이동시스템 구축 인프라

- 테스트 타워(현대엘리베이터 기술연구소)
 - Clamp Meter, Oscilloscope, Function Generator, AC A-Meter, AC V-Meter, Speed Meter, Power Hi Tester, 모터 부하 시험기, 항온항습 실험기
- 시뮬레이션 툴 데이터베이스, 편집, 애니메이터
 - 분산처리 엔진(Sim Core MPE), 데이터베이스 엔진(Sim Core DBE), 데이터베이스 편집 엔진(Sim Core DEE), 네트워크 편집 엔진(Sim Core NEE), 시뮬레이션 툴 시뮬레이터 개발(Sim Core SME), 시뮬레이션 툴 리포터 개발(Sim Core RPE), 시뮬레이션 툴 애니메이터 개발(Sim Core ANE)

□ 관련 연구소 현황

- 한국건설기술연구원
 - 연천 SOC실증연구센터 : 교통 시설 인프라 실증 부지 보유, 악천우 등 기상재현센터 보유
 - 실규모 화재 실험장 보유
 - 실물 실험 용 터널 실험 대형 실험 장치(실험 대형 재하시스템, LCM 등) 국내 유일 보유



〈 그림 3.20 〉 한국건설기술연구원 보유 인프라

○ 한국도로공사 도로교통연구원

- 도로안전 성능시험장 : 4차로의 시험주로 등 안전 성능 시험 수행
- 스마트 하이웨이 체험도로 구축
- 포장가속시험동 등 국내 최대 규모의 포장체 시험 시설 보유

○ 한국기계연구원

- 초고속 자기부상열차 개발 및 Testbed 구축
- 무동력 이송차 자기부상 기술, 도시간 자기부상열차, 자기부상 공정시스템 등 부상 기술 분야 기술력 보유



〈 그림 3.21 〉 한국기계연구원 보유 인프라

3.4 국내 R&D 투자 동향

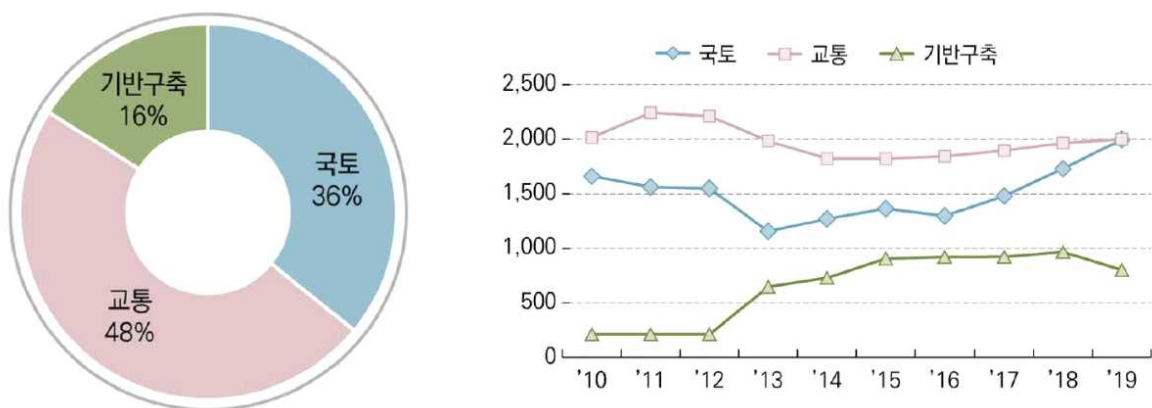
□ 투자현황

- (총괄) 국토교통 R&D 사업 예산은 최근 10년 동안 연평균 2.4%씩 증가
 - 2019년도 국토교통 R&D 사업 예산은 4,822억원(전년대비 3.3% 증가)으로 정부 R&D 예산 20.5조원의 2.4%에 해당



〈 그림 3.22 〉 주요 국가별 기술경쟁력 분석[단위 : 억원]

- (분야별) 최근 10년간 교통(48%) 분야의 투자비중이 가장 높고 국토(36%), 기반구축 (16%) 순으로 투자가 이루어짐



〈 그림 3.23 〉 분야별 투자비중 및 분야별 투자 추이[단위 : 억원]

3.5 SWOT 분석

□ 개요

- SWOT 분석은 1차적으로 각 중점분야별 연구진 브레인 스토밍을 통해 작성, 2차적으로 연구진 및 기획분과위원의 검토를 통해 확정
- 각 분과별로 작성된 내부환경요인, 외부환경요인 및 포지션별 전략 취합을 통해 총괄 SWOT 분석 작성

□ 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석

- 외부 환경대비 상대적으로 우수하거나 부족한 부분을 제시함
- 강점 및 약점은 앞서 검토된 동향 및 환경분석에서 기술, 특허, 논문, 인프라 분석 결과를 내부와 외부 요인으로 구분한 후 내부요인을 강점과 약점으로 다시 구분하여 키워드 작성

□ 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석

- 대외 환경변화로 인하여 새롭게 발생하는 기회요인 및 불안요인 등을 제시함
- 기회 및 위협요인은 동향 및 환경분석에서 정책/시장/기술동향 분석결과를 내/외부 요인으로 구분하고 외부요인을 기회와 위협요인으로 구분하여 정리

□ 포지션별 전략 수립

- 제시된 내부 강점(S) 및 약점(W), 외부 기회(O) 및 위협(T) 요인을 분석하고 활성화 전략 SO/ 보완전략 WO/ 차별화 전략 ST/약점극복 전략 WT의 포지션별 전략을 수립함

〈 표 3.19 〉 동 사업 관련 SWOT 분석

		S(강점)	W(약점)
역량측면			
	환경측면	- 유사사례 대비 사업비용 절감 및 사업기간 단축 - 친환경 패러다임에 부응하는 탄소배출, 분진, 각종 환경오염물 저감 가능 - 교통 정체에 원인이 되는 요인 해소 및 사고발생 대폭 감소 - 장거리를 이동에 따른 단시간 도착 가능 - 세계적 수준의 지하공간 개발 기술 및 경쟁력 우수 - 선행 연구기술, 우수인력 및 장비 등 보유	- 지하공간 이용관련 민원 증가 - 도심지 대단면 지하공간 구축에 대한 기술 검증 미흡 - 기존 터널에 대한 국민체감 안전성 저조 - 중소기업 참여가 어려운 실정 - 개발 기술 관련 국내 법·제도적 규제나 기준 미흡 - 미래형 기술로 인한 당장의 성과창출 애로 - 도심 교통용량 대비 교통인프라 부족에도 불구하고 SOC 투자 활성화 미흡
O (기회)	- 도시 주거/교통환경 개선 및 안전도 제고에 대한 사회적 공감대 형성 - 도심 공간의 입체적 활용에 대한 정책 추진 - 4차 산업혁명에 기인한 미래 모빌리티 관심 및 수요 증가 기대 - 친환경 및 자율주행 모빌리티에 대한 국가 차원의 정책 추진 - 신기술을 통한 초기시장 확보의 잠재적 대상 풍부 - 타 기술과의 융·복합을 통해 미래 성장 견인	[활성화 전략(SO전략)] - 기술 경쟁력, 선행 연구기술을 바탕으로 수직-수평 연계가 가능한 이동체 기술 확보 - 도심 공간의 입체적 활용 및 친환경 교통수단 개발을 위한 기반 마련 - 타 교통인프라와 연계가 가능한 허브 인프라 구축기술 확보로 이용자 편의성 증대	[보완전략(WO전략)] - Urban Loop 기술 검증을 위한 테스트베드 계획 수립 - 타 기술과의 융·복합을 통해 건설기술 관련 신시장 개척 및 새로운 비즈니스 모델 수립 - 자율주행에 의한 교통안전성 증대, 동일 투자비용 대비 교통 용량 극대화 기술개발 추진
T (위협)	- 건설경기 부진에 따른 설계/시공업체들의 관련 투자여력이 낮은 상태 - Urban Loop의 사업대상지 인근 거주자들의 민원 발생 - 미국 등 민간자본에 의한 자체 기술개발로 빠른 연구개발 착수에 따른 기술격차 심화 우려 - 중소기업 전용 R&D 및 기술사업화 지원 부족	[차별화 전략(ST전략)] - 신기술교통 수단 기술 개발 및 기술 자립화에 의한 해외 기술 경쟁력 확보 - 비 접촉형 자기부상 이동체 기술개발 확보를 통해 미국 등 유사기술과 차별화 - 세계적 수준의 기반기술을 바탕으로 해외 선도기업과의 기술격차 최소화	[약점극복 전략(WT전략)] - 국내 중소기업 등이 보유한 IT 기술 접목을 통해 시스템 엔지니어링 기술 개발 - 이동체 수직 상하이동 기술확보를 통해 도심지 점유 및 영향공간 최소화 - 지하 라이프라인 등을 공동 활용할 수 있는 기술개발 추진으로 개발기술 공공성 강화

나. 중점추진분야 도출

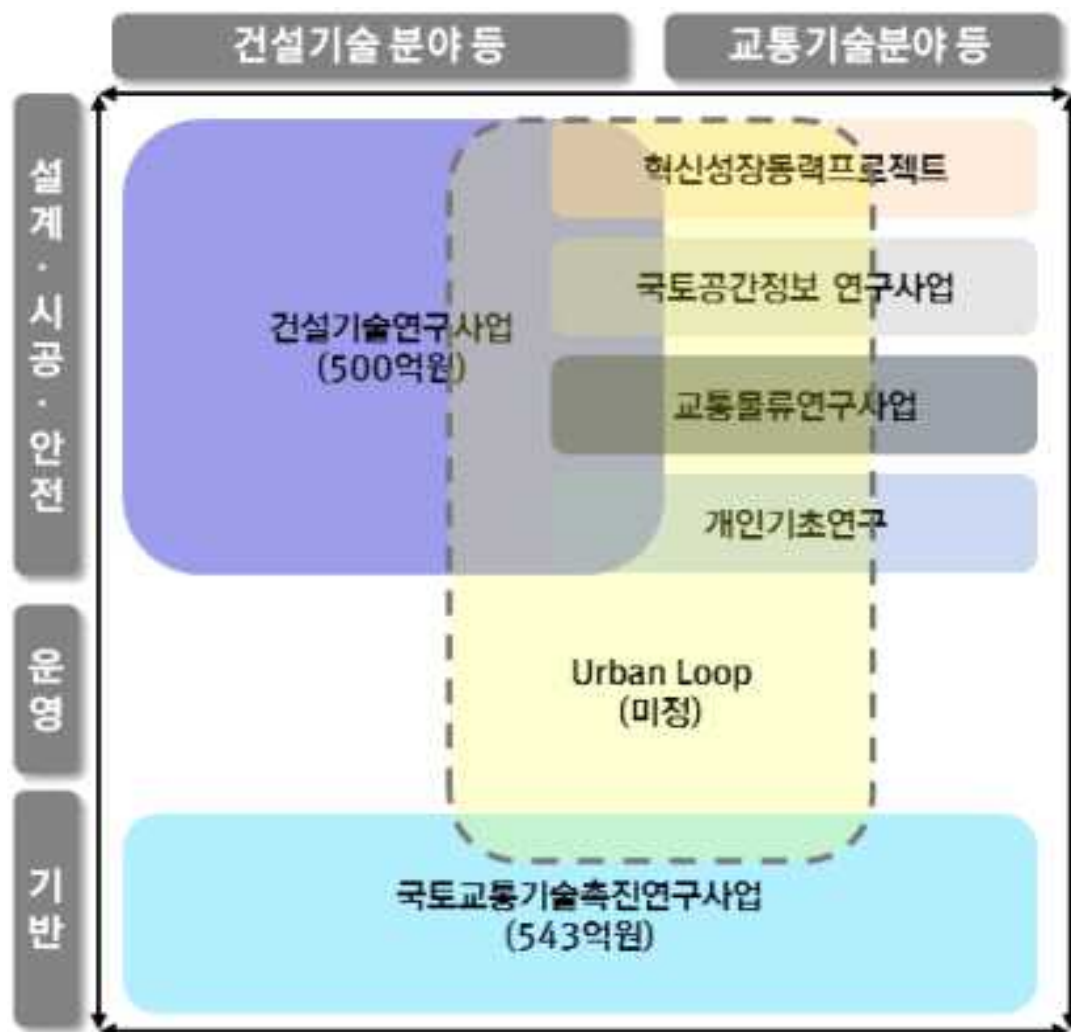
구분	추진방향	중점분야
활성화 전략	- 기술 경쟁력, 선행 연구기술을 바탕으로 수직-수평 연계가 가능한 이동체 기술 확보 - 도심 공간의 입체적 활용 및 친환경 교통수단 개발을 위한 기반 마련 - 타 교통인프라와 연계가 가능한 허브 인프라 구축기술 확보로 이용자 편의성 증대	Urban Loop 인프라 기술
보완 전략	- Urban Loop 기술 검증을 위한 테스트베드 계획 수립 - 타 기술과의 융·복합을 통해 건설기술 관련 신시장 개척 및 새로운 비즈니스 모델 수립 - 자율주행에 의한 교통안전성 증대, 동일 투자비용 대비 교통 용량 극대화 기술개발 추진	Urban Loop 이동체 기술
차별화 전략	- 신기술교통 수단의 기술 확보로 인한 해외 기술 경쟁력 확보 - 비 접촉형 자기부상 이동체 기술개발 확보를 통해 미국 등 유사기술과 차별화 - 세계적 수준의 기반기술을 바탕으로 해외 선도기업과의 기술격차 최소화	Urban Loop 안전 및 운영 기술
약점극복 전략	- 국내 중소기업 등이 보유한 IT 기술 접목을 통해 시스템 엔지니어링 기술 개발 - 이동체 수직 상하이동 기술확보를 통해 도심지 지상부 점유 및 영향공간 최소화 - 지하 라이프라인, 물류 등을 공동 활용할 수 있는 기술개발 추진으로 개발기술 공공성 강화	테스트베드

3.6 중복성 및 연계방안 검토

□ 기존 사업과의 중복성 검토

- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 관련 각 부처별 유사사업을 조사 및 비교분석하여 차별성 및 연계방안을 제시
- 총 3개 부처*에서 6개의 유사한 세부사업을 비교 및 분석하여 본 사업의 차별성 및 연계성을 제시

* 국토교통부, 산업통상자원부, 과학기술정보통신부



〈 그림 3.24 〉 부처별 유사사업과의 차별성

< 표 3.19 > 중복성 검토 결과

유사과제 검색결과					
검색일시	2019.11.11 23:16				
검색범위	타인등록과제 + 기 수행과제 + 공공R&D과제				
기준유사도	60				
검색결과 요약	등록과제 수		유사과제여부		
	1 건		0 건		
세 부 검색 결과					
순번	과 제 명	연구 책임자	유사과제여부		
			기수원과제	타인등록과제	공공 R&D과제
1	이송체 규모 및 성능과 경제성 확보를 위한 소단원 동조율 측정 수직 중송선의 설계, 시공 및 유지관리 기술	김정웅	X	X	X
국가과학기술지식정보서비스 주1) 기수원과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수립 과제) 주2) 타인등록과제 : 다른 사용자가 유사과제 여부를 판단하기 위해 등록된 과제 주3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제 주4) 기준유사도 : 유사과제라고 판단될 최소 기준이 되는 유사도 값 상기 내용은 과제별로 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.					
국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스					

유사과제 검색결과					
검색일시	2019.11.11 23:22				
검색범위	타인등록과제 + 기 수행과제 + 공공R&D과제				
기준유사도	60				
검색결과 요약	등록과제 수		유사과제여부		
	1 건		0 건		
세 부 검색 결과					
순번	과 제 명	연구 책임자	유사과제여부		
			기수원과제	타인등록과제	공공 R&D과제
1	수직 및 수평이동 연계가 가능한 자기부상 이송체(대중 교통용, 군집 이송형) 제작, 운영 동역 및 운영시스템 기술	김정웅	X	X	X
국가과학기술지식정보서비스 주1) 기수원과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수립 과제) 주2) 타인등록과제 : 다른 사용자가 유사과제 여부를 판단하기 위해 등록된 과제 주3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제 주4) 기준유사도 : 유사과제라고 판단될 최소 기준이 되는 유사도 값 상기 내용은 과제별로 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.					
국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스					

유사과제 검색결과					
검색일시	2019.11.11 23:28				
검색범위	타인등록과제 + 기 수행과제 + 공공R&D과제				
기준유사도	60				
검색결과 요약	등록과제 수		유사과제여부		
	1 건		1 건		
세 부 검색 결과					
순번	과 제 명	연구 책임자	유사과제여부		
			기수원과제	타인등록과제	공공 R&D과제
1	초고속 지하도로 내 역전 교통량 관리 기술 과 분산 제어기반 통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술	김정웅	O	X	X
국가과학기술지식정보서비스 주1) 기수원과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수립 과제) 주2) 타인등록과제 : 다른 사용자가 유사과제 여부를 판단하기 위해 등록된 과제 주3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제 주4) 기준유사도 : 유사과제라고 판단될 최소 기준이 되는 유사도 값 상기 내용은 과제별로 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.					
국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스					

유사과제 검색결과					
검색일시	2019.11.11 23:39				
검색범위	타인등록과제 + 기 수행과제 + 공공R&D과제				
기준유사도	60				
검색결과 요약	등록과제 수		유사과제여부		
	1 건		0 건		
세 부 검색 결과					
순번	과 제 명	연구 책임자	유사과제여부		
			기수원과제	타인등록과제	공공 R&D과제
1	소·중규모 복합 모달리티 핵심 인프라 구축 기술과 지하 교통 인프라 및 지하 물류 운송 인프라 연계 기술	김정웅	X	X	X
국가과학기술지식정보서비스 주1) 기수원과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수립 과제) 주2) 타인등록과제 : 다른 사용자가 유사과제 여부를 판단하기 위해 등록된 과제 주3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제 주4) 기준유사도 : 유사과제라고 판단될 최소 기준이 되는 유사도 값 상기 내용은 과제별로 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.					
국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스					

□ 유사 사업과의 연계·협력 방안

- 상기 기존사업과의 중복성 검토 결과에서 (1) 부처별 유사사업과의 연계성 및 차별성을 적시하였으며, (2) 국토교통과학기술진흥원 기관고유 사업 등과는 본 사업에서 개발하고자 하는기술별 차별성 및 연계성을 적시함.

〈 표 3.20 〉 유사 과제와의 연계활용방안 검토결과

순번	과제명	연계활용방안
1	3D모션센서를 이용한 스마트 스위치 시스템 개발	모션 센서를 활용하여 차량의 상태 정보를 인지 할 수 있는 장비 제작 시 활용
2	SMART 안전해석 최적화	도로 영상정보 위험요인 분석 시 필요한 위험요인 정의, 방법론 등을 통한 기준 정립 시 활용
3	Zigbee 거리 인식 기술	센서 데이터 통합 관리를 위한 디지털 표준화 기술 개발 시 활용
4	디지털 무선 기능을 내장한 상호운용 통신장치 및 화상지원 콘솔개발	도로 및 차량 간 신속·정확한 무선통신 모듈 개발, 무선 네트워크 기술 개발 시 활용
5	무선통신 통합형 IoT 디바이스 게이트웨이(AP) 개발	차량-관제센터간 통신모듈 개발 시 활용
6	빅데이터 기반의 BMS 솔루션 구현	빅데이터 분석을 통한 안전 통합 관제시스템 구축 시 활용
7	빌트인 IOT스마트 에어워셔	실시간 현장 대응 기술 개발 시 활용
8	스마트 3차원 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 솔루션화 및 사업화	도로구조물 사전 시공 검토를 위한 BIM, VR, AR를 활용한 가상시공 지원 기술 개발 시 활용
9	실감형 실내외 3차원 공간정보 구축 기술 개발	IoT센서 및 격자형 모듈러 센서를 통한 실시간 구조물 안정상태 평가용 3D 가상화 시스템 구축 시 활용
10	실측 자동 도면화 어플리케이션 개발	Digital Twin 모델 및 AR 기반 건설 정보 시각화 기술 및 Open API 개발 시 활용
11	인공지능과 증강현실을 이용한 ICT 기반 시설안전 진단 관리 시스템 개발	IoT센서 및 격자형 모듈러 센서를 통한 실시간 구조물 안정상태 평가용 3D 가상화 시스템 구축 시 활용
12	도심지 건설현장 주변 건축물·구조물에 대한 안전성 평가, 위험 상황 모니터링 및 정보공유	지상구조물 영향에 대한 모니터링 방안 연계 및 고도화
13	포트홀 Free 도로연구소시스템 개발	IoT 센서, 다중영상 및 현장 데이터 취득을 통한 건설 공사 시공 현장·장의 재난 대응 기술 및 예방 가이드라인 개발
14	포트홀 Free 도로포장시스템 개발	

4. 사업구성 및 추진전략

4.1 연구개발 비전 및 목표

□ 비전 및 목표

- (비전) 본 연구개발의 비전은 빠르고 편리한 친환경 신 교통인프라 구축을 통해 도로교통 패러다임 전환 및 미래 도로상 구현임
- 빠르고(시속 150km/h 이상) 편리한(Door to Door 서비스 구현) 친환경(오염물질 배출 제로화) 신 교통인프라인 Urban Loop 구축을 통해서 기존 개념을 탈피해 도로교통 패러다임을 전환하고 미래 사회변화 대응 및 기술변화에 의해 구상 가능한 미래 도로상을 실현하고자 함
- (목표) 친환경 차량탑재 고속 이동체 및 인프라 구축기술 확보를 통한 도심 공간 입체 활용성 증대 및 교통개선 기여

비전	빠르고 편리한 친환경 신 교통인프라 구축을 통해 도로교통 패러다임 전환 및 미래 도로상 구현	
목표	친환경 차량탑재 고속 이동체 및 인프라 구축기술 확보를 통한 도심 공간 입체 활용성 증대 및 교통개선 기여	
성과목표	신 교통인프라 구축을 위한 이동체 및 인프라 핵심기술 개발	이동체 및 인프라 운영 및 전주기 통합 관리를 위한 시스템 구축기술 확보
중점분야 및 핵심기술	중점분야	핵심기술
	Urban Loop 인프라 기술	• 소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술 • Prototype 선로 구축 및 기술검증 • 소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술
	Urban Loop 이동체 기술	• 수직-수평 연계가 가능한 자기부상 이동체 설계 및 제작기술 • 운행 동력 및 운영시스템 기술
	Urban Loop 안전 및 운영 기술	• 이동체 적정 교통량 관리기술 • 통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술
	테스트베드	• 테스트베드 • 실용화를 위한 법·제도 마련

4.2 추진전략

□ 필요성 및 기반기술 현황 등을 고려하여 단계별로 연구개발을 추진하고 궁극적으로는 시험노선 실증(테스트베드)을 통해 종합적인 개발기술 적용 및 검증 실시

추진전략	내 용
3단계 추진	• 사업기간(10년)내 3단계(3+2+5)로 추진 - 본 연구개발 사업은 1) Urban Loop 이동체 및 인프라 핵심기술 개발, 2) 핵심기술의 연계 및 Prototype 검증, 3) 운용환경 구축 기술 및 테스트베드로 크게 구분 - (1단계) 단일노선 형태의 Urban Loop 구축을 위한 이동체 및 인프라에 대한 핵심기술 개발을 목표로 함 - (2단계) 1단계에서 개발된 핵심기술을 바탕으로 기술간 연계를 통해 Urban Loop 운영을 위한 기반 기술개발을 완료하여 Prototype 기술 검증 실시 - (3단계) 허브 인프라 구축, 시스템 평가 및 운용환경 구축 등 기술개발을 완료하여 테스트베드를 통해 개발기술의 종합적 실증 실시 • 단계별 연구성과, 기술적 및 사회적 여건 변화를 고려하여 사업 일부 조정
수요처 확보 R&D	• 경기도, 서울시 등 주요 수요처로 예상되는 지자체 참여를 통해 연구성과의 종합적 검증이 가능한 실증 계획 확보 - 경기도, 서울시 등과 지속적 공감대 형성 및 논의를 지속하여 왔으며 경기도의 경우 4차산업혁명위원회와 기술협력 방안 지속 논의 중 - 2020년 이후 추진 사업에 Urban Loop 기술개발 및 실증 협력 사업 반영을 통해 킨텍스, 판교(승객), 평택항(물류) 등을 대상으로 실증 추진
다양한 민간 참여·확산	• 건설사(설계·시공), 장비(건설·엘리베이터), S/W(통신) 등 다양한 민간업체 참여 유도 • 중소기업 및 스타트업 기업 참여 유도를 통해 새로운 비즈니스모델 창출
국내 선도기술 융복합을 통한 경쟁력 확보	• 기술경쟁력이 높은 국내 ICT기술, 자기부상기술 및 수직이동(엘리베이터) 기술 융복합을 통해 해외 기술 경쟁력 확보 • 특히, 자기부상기술을 이용한 비접촉식 차량탑재 이동체 기술은 아직까지 국내외 적으로 개발 초기 단계이므로 기술 경쟁력 우수
기존 연구 연계·활용	• PRT, 자기부상열차, 자율주행차 등 본 연구관련 기존 선행연구 결과를 연계·활용

□ 이동체 기술 환경 변화를 고려한 Urban Loop 이동체 연구개발 방향

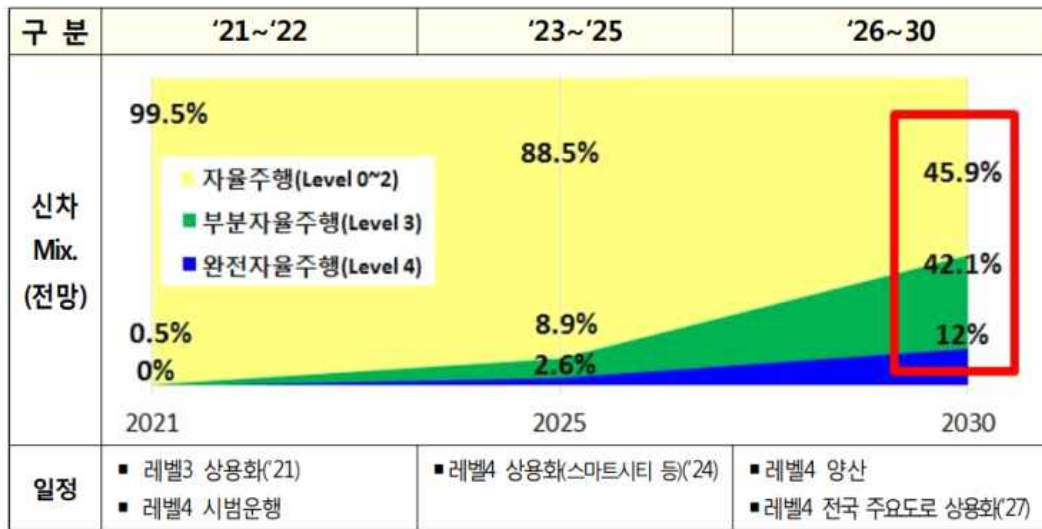
- 향후 이동체 기술은 관련 산업 및 기술의 발전, 인구구조 등 사회변화에 따라 무인화(자율주행), 개인화(Personal mobility)될 것으로 예상됨
- 세계주요 선진국을 비롯하여 국내에서도 무인이동체 산업에 대한 투자는 지속될 것으로 예측되며 자율주행차량에 적용이 필요한 센서, 맵핑, 인식·판단, 통신 기술 등 관련기술 투자도 지속될 것으로 판단됨
- 이러한 기술개발 및 투자 동향을 고려하더라도 완전한 자율주행이 가능한 level 4 (미국 NHTSA(2013) 참조)의 보급까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예측되고 있음
- 자율주행차에 대한 시장 전망에 따르면 자율주행 기술을 탑재한 양산형 자동차는 2020년경 시장에 출시될 것으로 예상되며 새로 출시되는 자동차 중 자율주행 기술을 탑재한 자동차의 비중은 2025년 4.4%→2030년 40.5%→2035년 75.1%에 이를 것으로 예측됨(이재관, 2015)

〈 표 4.1 〉 자율주행자동차 시장전망 (단위 : 천대, %)

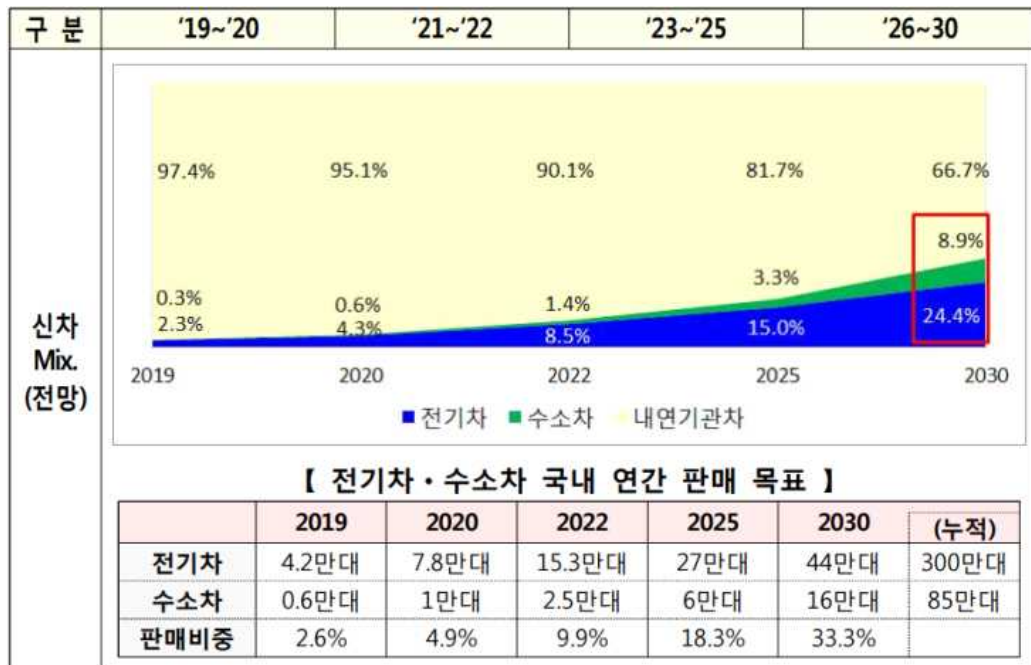
구분		2015	2020	2025	2030	2035
자동차 전체		88,534	98,103	106,917	116,221	127,170
완전 자율주행자동차	대수	-	7.3	4,756	47,113	95,444
	비율	0.0	0.01	4.4	40.5	75.1

* 출처 : Autonomous Vehicles (Navigant Research, Q3 2013)

- 정부는 2021년 고속도로 자율주행이 가능한 부분자율주행차(level 3) 출시, 2022년 시내도로 운행이 가능한 완전자율주행차(level 4) 시범운행을 목표로 하고 있으며 2030년에는 level 3~level 4 수준의 자율주행차가 신차 시장의 약 50%를 차지할 것으로 전망함
- 이러한 목표 달성을 위하여 2027년까지 level 4 기술 확보를 위한 핵심부품, 시스템 및 인프라 기술 등에 집중 투자 계획을 수립함(관계부처 합동, 2019)
- 또한 친환경 전기차 및 수소차 판매 비중을 2019년 2.6% 대비 2030년 33.3% 까지 증가시킬 계획을 수립하고 있으나 2030년에도 내연기관차 비중은 약 70%로 큰 비율을 차지할 것으로 예상되어 ‘내연기관 미래차 化’의 필요성을 인지하고 있음(관계부처 합동, 2019)



〈 그림 4.1 〉 국내 자율주행차 시장 전망(관계부처 합동, 2019)



〈 그림 4.2 〉 수소 및 전기차 보급 로드맵(안)(관계부처 합동, 2019)

- 국내외 시장예측 및 기술개발 추진 정책 등을 고려하면 2030년 이후에도 Urban Loop 이동체에 대한 수요 및 기술 필요성은 유지될 것으로 전망되며 자율주행차와 일반(또는 부분 자율주행)차량이 혼재된 도로여건 등을 고려한 연구개발 방향 설정이 필요함
- 또한 대내외적 기술 환경을 고려할 때 2030년대까지는 Urban Loop 이동체와 자율주행차, 친환경자동차 및 개인운송수단(Personal mobility)은 상호 보완 및 핵심기술을 공유하는 형태로 기술개발이 진행될 것으로 예상됨

- 특히, 내연기관차, 친환경 자동차, 자율주행차 및 개인운송수단 등 다양한 이동체는 민간영역에서의 기술개발이 활발하게 진행되고 있는 점을 고려할 때 본 연구과제에서의 Urban Loop 이동체는 민간영역에서 개발된 다양한 이동체를 개별 또는 군집화하여 운송하는 형태(이동을 위한 플랫폼 개념)로 개발할 필요가 있음
- 단기적 관점에서는 ‘(1단계) 단일노선 형태의 Urban Loop 구축을 위한 이동체 및 인프라에 대한 핵심기술 개발’과 관련해서 기존의 차량을 탑재하는 이동체와 대중교통형 이동체 기술개발을 중점적으로 추진
- 향후 기술 및 인구변화 등에 따른 모빌리티 변화를 고려한 중장기적 관점에서는 ‘(3단계) 허브 인프라 구축, 시스템 평가 및 운용환경 구축 등 기술개발’과 관련해서 개인용 친환경 모빌리티(Pod) 등의 고속·군집 주행(모듈화 탑재 및 연계)이 가능한 이동체 기술개발을 중점적으로 추진

□ 신교통시스템 시범사업 시행(Test bed 등) 및 상용화를 위한 전략 및 연구내용 반영

- Urban Loop와 같은 신교통수단은 기존의 육상교통 법체계에서 규정하고 있지 않으며 철도 또는 도시철도에서도 명확하게 법제화 되어 있지 않기 때문에 신교통시스템 도입 및 시범사업 시행을 위해서는 관련 법, 제도 및 기준에 대한 검토를 통해 추진 근거 마련이 요구됨
 - 신교통수단 관련 법, 제도 및 기준 개선 방향 검토를 통한 가이드라인 마련
 - Urban Loop 인프라 및 이동체 설계, 제작 및 등록을 위한 법, 제도, 기준 등 검토
 - Urban Loop 운영 및 유지관리를 위한 법, 제도, 기준 등 검토 및 매뉴얼(또는 가이드라인) 마련
 - 시스템 표준화 및 기능 평가 방법(또는 기준) 수립
 - 기획 및 연구수행 단계에서부터 국토부 등 주요 관계부처와 법, 제도 및 기준 마련을 위한 협력체계 구축
- 민간투자 사업으로 추진된 경전철 등 신교통시스템 사업 실패 사례를 면밀히 검토, 분석하여 똑같은 실패를 되풀이 하지 않도록 연구를 추진할 필요가 있으며 신교통시스템에 대한 국민 이해 및 공감대를 형성할 수 있도록 지속적인 정보공유 및 홍보 전략을 수립하여야 함

4.3 연구개발 과제 내용

□ 중점추진 1. Urban Loop 인프라 기술

○ 소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술

배경 및 필요성	- 도심지 지정제 심화, 혼잡비용 증가, 도시화에 따른 인구구조 변화와 모빌리티 수요 변화 등에 대응하기 위한 방안의 하나로 Urban Loop의 적용을 고려할 수 있지만 운송관 설계, 시공 및 유지관리 기술은 전무한 상황임 - 따라서, 수평·수직 연계, 운행조건, 목표 처리 교통량, 이동체 제원, 소요환기량 및 화재시 배연 조건 등을 고려한 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 필요
기술개발 목표	오염물질 제로화, 동일 교통량 처리 조건에서 굴착면적 최소화가 가능한 튜브형 수평·수직 운송관의 설계, 시공 및 유지관리 기술 개발
기술개발 내용	• 소단면 튜브형 수평 수직 운송관 설계, 시공기술개발 - 이동체 속도, 크기, 유체흐름, 환기 등을 고려한 최적 단면 설계, 시공 기술 - 도심 조건 및 수직 이동체 최적화 조건을 고려한 수직 튜브 설계, 시공 기술 - 분기부 튜브 및 이동체 주행궤도 설계, 시공 기술 - 지하 라이프라인 공동 활용을 통한 공간 이용성 및 효율성 극대화 설계, 시공 기술 • 소단면 튜브형 수평 수직 운송관 유지관리기술 개발 - 초고속 이동체 운행 중 진동저감 및 내진 등 동적 구조물 안정성 확보 기술 - 소단면 튜브형 운송관 구조 안전성, 이송체 주행 안전성 평가 및 모니터링 기술 - 이용자 친화 기술(불안감 및 폐쇄감 해소), 유고상황 이용자 대피 및 구난 시스템 기술
최종 성과물	수평·수직 연계가 가능한 소단면 튜브형 운송관 최적 단면 설계 및 시공 기술 Urban Loop 인프라 운영현황, 구조물 모니터링 및 관리 시스템
기대효과	(정책적) 교통 정체 및 오염물질 발생 최소화가 가능한 초고속 지하도로의 기반 기술 확보를 통해 효율적 도로 인프라 구축 및 환경 개선에 기여 (경제적) 동일 교통량 처리가 가능한 소단면 튜브형 운송관 설계, 시공 기술 확보를 통해 Urban Loop 인프라 시공비 및 교통혼잡비용 절감 (기술적) 도심 지상부 및 지하 굴착 공간 최소화가 가능한 운송관 설계, 시공 및 유지관리 기술 확보를 통해 주변 영향 최소화, 안전 및 안정성 확보

○ 소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술

배경 및 필요성	• 현재 운영중인 지하도로는 진출입구의 정체와 내연기관 차량에 의한 환경적 영향 때문에 효율적 운영이 한계에 이룸에 따라 문제를 해결할 수 있는 새로운 형태의 도심지 교통인프라 구축 필요성 대두 - 현재 단일 지하도로 노선 위주 운영으로 지상 및 지하 교통망 구성 한계 - 지하 전용 물류망 부재로 도시화물수송 효율성 한계 • 복합모빌리티의 운영효율성 증대 및 안전하고 편리한 허브인프라기술 필요 - 기존 교통체계와 물류 연결성과 환승 효율성을 높이기 위한 중소규모 복합 모빌리티 인프라 기술의 구현이 필수 - 물류 연결성과 허브 인프라의 효과적 관리를 위한 허브 인프라의 디지털화 기술 개발 필요 • 도심지 Urban Loop의 효율적인 운영을 위한 결절점 처리, 타 교통 연계, 지하 전용 물류 인프라 구축이 필요함 - 도심지 초고속 지하 교통망의 효율적 운영을 위해 다량의 소·중규모복합 모빌리티 허브 인프라 구축 필요 - 도시간 초고속 하이퍼루프, KTX, 지하철 등 타 교통 인프라와의 연계 및 환승을 통한 도심 교통 효율성 극대화 기술 개발 필요 • 다양한 교통수단이 혼재된 복합 모빌리티 허브에서의 이송 및 운송 효율 향상을 위해서는 교통수단 간 빠른 환승 지원이 필요함 - 개별 사용자에게 의해 운행되는 개인 차량은 중앙 관리가 어려워 주차 및 이동에 큰 시간이 소요됨 - 지하 주차 인프라를 활용한 개인 차량의 자율 주차 기능 지원으로 복합 모빌리티 허브에서의 이동 및 환승 소요시간 단축 필요
기술개발 목표	• 도심 지하 초고속모빌리티기반의 복합 허브 인프라 구축 기술 • 멀티모달 환승/환적 정보 연계 시스템 개발 • 지능형 지하 물류 인프라 안전 기술 개발
기술개발 내용	• 소중규모 복합 모빌리티허브인프라 구축 기술 • 타 교통 인프라 연계 기술 개발 • 지하 물류 운송 인프라 구축 기술 개발 • 환승시간 최소화를 위한 지하 자율주차인프라 구축 기술 개발
최종 성과물	• 복합 모빌리티 허브 인프라 구축 기술 • 멀티모달 인프라 연계 기술 • 지하 물류 운송 인프라 구축 기술 • 자율운행 기반 지하 주차인프라 구축 기술
기대효과	(정책측면) 도심 지상 교통혼잡 및 교통사고 감소, 지하 친환경 물류 운송에 따른 지상 환경 영향 최소화로 친환경 정책 목표 달성 (경제측면) 교통혼잡 비용, 교통사고 비용, 이상기후에 따른 재난재해 피해 저감에 따른 사회경제적 편익 증가와 지하도로 건설 및 운영 관련 신산업 창출 및 고용 증가 효과 기대 (기술측면) 도심지 Urban Loop 인프라 구축 및 운영기술의 해외 수출 기반 복합 모빌리티 허브에서의 차량 주차 및 환승 시간 단축

□ 중점추진 2. Urban Loop 이동체 기술

○ 수직-수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술, 운행 동력 및 운영시스템 기술

배경 및 필요성	- 차량(미래 모빌리티 포함) 등을 이동체에 탑재하여 원하는 목적지까지 빠르게 이동시키는 신개념 교통인프라 구축에 대한 관심 증가 - 기존의 도로와 차별화된 수직-수평 연계 이동이 가능한 교통인프라 개발을 통해 도시공간의 효율적, 입체적 활용 극대화 필요 - 최근 미세먼지 등 환경 개선을 위하여 내연기관에 의한 추진을 전자기력으로 대체하여 오염물질 배출 제로화가 가능한 친환경 교통수단 필요성 증가
기술개발 목표	오염물질 제로화, 동일 교통량 처리 조건에서 굴착면적 최소화가 가능한 Urban Loop 이동체 제작 및 운영기술 개발
기술개발 내용	- 기술적, 경제적 분석에 의한 수직 및 수평이동 연계가 가능한 수평 이동체의 최적 자기부상 주행방식 선정, 설계, 제작 및 시험에 의한 성능 검증 - 기술적, 경제적 분석에 의한 수직 및 수평이동 연계가 가능한 수평 이동체 추진 방식 선정, 지상 전력공급 방식 선정, 설계, 제작 및 시험에 의한 성능 검증 - 이동체 운영방식 선정(개발, 군집 등), 시스템 설계, 제작 및 시험에 의한 검증 - 차량 탑재 및 수평 연계가 가능한 초고속 수직 이동 시스템 기술 - 수직 이동 시스템 운영 및 제어 기술 - 수직-수평이동 연계 비환승 제어 기술 : 속도, 가속도, 착상 최적화를 통한 다이렉트 이송수단 원천 기술 개발 - 안전장치구조, 과속 안전성 확보, 외부공기 차단, 실내공기 정화 등의 안전 시스템 기술 - 수직-수평 최소이송 시간 구현을 위한 멀티 제어 이송 알고리즘 기술 개발
최종 성과물	- 수직 및 수평이동 연계가 가능한 자기부상 수평 이동체(운반체 시험품) - 수직 및 수평이동 연계가 가능한 자기부상 수평 이동체 추진 및 운영시스템(시험품) - 수직-수평이동 연계 비환승 제어 기술 및 최적 이송 알고리즘
기대효과	(정책적) 도시공간의 교통정체 해소, 대기오염물질 저감이 가능한 도시공간 입체적 활용 기반의 신개념 교통인프라 구축 (경제적) 운행 동력 및 추진 방식 최적화를 통한 이동체 운영비용 절감, 도심 교통정체 해소 기여를 통한 교통혼잡비용 절감 (기술적) 분진 생성 없는 이송체 기술 확보를 통해 운송관 단면 최소화, 신속성 및 정시성 확보가 가능한 수직-수평 연계형 이동체 제작 기술 확보

□ 중점추진 3. Urban Loop 안전 및 운영 기술

○ 이동체 적정 교통량 관리기술, 통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술

배경 및 필요성	• 도심 교통문제 해소 등을 위하여 도심공간 입체적 활용을 극대화한 지하 고속 교통망 적용에 대한 관심이 높아지고 있으나 이와 관련된 교통운영, 이송체 제어 기술은 전무한 실정임 • Urban Loop는 단일노선 또는 망 형태로 구축되어 이동체 자율주행 기반으로 약 200km/h의 속도로 운행될 것으로 예상됨 • 폐쇄된 지하라는 공간적 특성 등을 고려할 때 지상도로의 자율주행 기술과는 차별화된 교통제어 및 모니터링 기술이 요구됨
기술개발 목표	사고발생 제로화가 가능한 Urban Loop 이동체 교통제어 및 운영 모니터링 기술 확보
기술개발 내용	• 인프라 내 적정 교통량 관리기술 및 분산제어 통합관리기술 - 자율 이동체 제어 로직 검증 환경 구축 • 차세대 무선 네트워크를 활용한 다기종/대규모 센서 데이터 처리 시스템 • 차량 및 이동체 네트워크 보안과 블록체인 기술 - 자율 이동체 및 관련 인프라 네트워크 보안 기술 - ICT 인프라 보호를 위한 보안 및 관제 기술 • 이동체 이동상황 모니터링 및 제어시스템 기술 : 출입 차량 선별 및 방호 시스템 • 인프라 내 유고상황(다양한 사고 시나리오)을 고려한 이용자 대피 및 구난 시스템 기술
최종 성과물	• Urban Loop 통합 교통량 정보를 활용한 주행 가이드스 제공 시스템 • 초고속 지하도로 이동체 운행현황 실시간 모니터링 시스템 • Zero Fail을 위해 기능 안전이 고려된 고속 이동체 제어 시스템
기대효과	(정책적) 도시공간 입체적 활용 기반의 신개념 교통인프라 구축, 운행 효율성 고도화 및 이용자 안전 확보 (경제적) 고속 이동체 운행의 효율적이고 안전한 제어를 통해 교통처리량 극대화, 이용자 이동 정시성 확보에 의한 편익 창출 (기술적) 이송체 자율주행 및 제어기술 확보를 통해 최적 운행, 운전자 조작에 의한 사고발생 위험 제로화에 기여

□ 본 연구개발 사업의 기술트리

중점분야	핵심기술	구성 기술
Urban Loop 인프라 기술	소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술	이동체 속도, 환기 등을 고려한 최적 단면 설계, 시공기술
		도심지 최적 수직 튜브 설계, 시공 기술
		분기부 튜브 및 이동체 주행궤도 설계, 시공 기술
		지하 라이프라인 등 타 인프라 공동 활용 설계, 시공 기술
		운행 중 진동저감 및 내진 등 동적 구조물 안정성 확보 기술
		튜브 인프라의 유지관리를 위한 건전도 모니터링 및 평가 기술
		이용자 친화 기술(불안감 및 폐쇄감 해소)
		Prototype 선로 인프라 설계, 시공 및 성능 검증
	소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술	소중규모 복합 모빌리티허브인프라 구축 기술
		타 교통 인프라 연계 기술
		지하 물류 운송 인프라 구축 기술
		환승시간 최소화를 위한 지하 자율주차인프라 구축 기술
Urban Loop 이동체 기술	수직-수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술	수직-수평 연계가 가능한 이동체 최적 자기부상 설계, 제작 기술
		차량 탑재 및 수평 연계가 가능한 초고속 수직 이동 시스템 기술
		이송체 운영방식을 고려한 시스템 설계, 제작 기술
		Prototype 이동체 설계, 제작 및 성능 검증
	운행 동력 및 운영시스템 기술	수평 이송체 추진 방식, 전력공급 방식 설계, 제작 기술
		수직 이동 시스템 운영 및 제어 기술
		안전장치구조, 과속 안전성 확보 등 안전 시스템 기술
		수직-수평이동 연계 비환승 제어 기술
Urban Loop 안전 및 운영 기술	이동체 적정 교통량 관리기술	이동체 적정 교통량 관리기술
		분산제어 통합관리기술
		다기종/대규모 센서 데이터 처리 기술
	통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술	초고속 이동체 이동상황 모니터링 및 제어시스템 기술
		차량 및 이송체 네트워크 보안과 블록체인 기술
		유고상황 시 이용자 지상이동 시스템 구축 기술
테스트베드	테스트베드	테스트베드 설계
		테스트베드 건설
	기술표준화	설계 기준, 유지보수 지침서 및 안전 매뉴얼 개발
		운영 및 안전 기술 표준화

4.4 기술개발에 따른 미래상

□ 본 연구개발 과제의 중점추진 분야별 현재(As-is)와 미래(To-be)를 다음과 같이 제시함

○ 중점추진분야 1. Urban Loop 인프라 기술

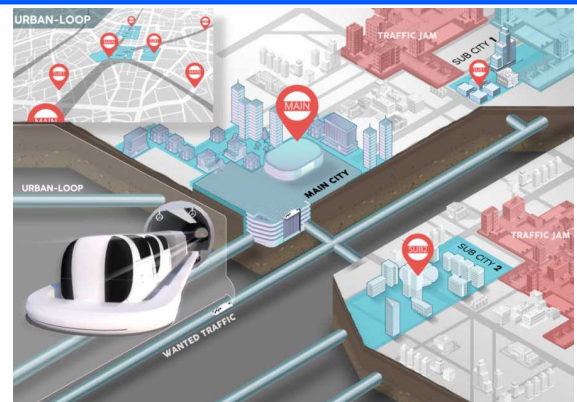
- Urban Loop 인프라 기술 분야 연구개발을 통해 소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술, 소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술을 개발하여 Urban Loop 이동체에 최적화된 인프라 기반을 마련하고 도시 공간의 본격적인 입체화 활용이 가능할 것으로 기대됨

As-is



- 지상 도로확충을 위한 가용공간 부족 및 도로용량 포화 상태
- 도로 오염원에 의한 대기오염 및 미세먼지 증가
- 지하도로는 분기부 등 발생 시 대단면 터널 굴착 필요
- 지하도로 차량 배출 오염물질 처리를 위한 비용 증가
- 지상-지하 접속구간 개착구조물 시공에 따른 공사 중 교통 문제
- 기존 지하철, 경전철 등 대규모 정거장 건설 필요

To-be



- 지상 도로 교통 혼잡 완화 및 교통혼잡 비용 절감
- 소단면 튜브형 굴착을 통해 굴착 안정성 향상 및 터널 굴착비용 절감
- Urban Loop 환기구 설치에 따른 주변 민원 발생 가능성 낮음
- 내연기관에 의한 매연 배출이 없어 지하 공간 내 공기정화시설 설치 불필요
- 공사 중 지상부 굴착 공간 및 범위 최소화 가능하여 공사 중 교통영향 미비
- 소규모 다지점 정거장형태, 지하 자율주차 인프라 등 교통 이용 편의성 증대

○ 중점추진분야 2. Urban Loop 이동체 기술

- Urban Loop 이동체 기술 분야 연구개발을 통해 수직-수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술, 운행 동력 및 운영시스템 기술을 개발하여 지점 간 고속이동, 노선당 교통처리 용량 극대화, 대중교통 이용편의성 증대 등이 가능할 것으로 기대됨

As-is



- 現 Loop 기술(미국)은 아직 상용화된 바 없으며 바퀴굴림 방식으로 타이어 마모 분진 발생 및 승차감 저하
- GTX는 높은 표정속도의 장점은 있으나 건설비 고가(A노선 43.6km, 3조 364 1억원)
- 대용량 대중교통수단은 접근성/연계성 낮음(Fist & Last mile 연계수단 필요)
- 교통약자(노약자, 장애인 등)의 접근성 떨어짐
- 대중교통 이용수요 정체, 승용차 이용 수요 증가에 따른 교통정체 심화

To-be



- 자기부상 기술에 의한 이동체 운행으로 유지보수비 저렴, 승차감 확보
- 다양한 운송모드(개별 이동/군집 이동, 소규모 대중교통형)로 이용이 가능하므로 이동수요 변화 대응에 유리
- 자율주행 퍼스널 모빌리티의 속도 및 거리 한계를 보완하여 Door to Door 이동 및 운송 실현으로 이용자 편의성 증대
- 교통약자(노약자, 장애인 등)의 접근성 및 이용 편의성 증대
- driveless 환경 구현으로 장거리 이동 편의성 및 시간 활용성 증대

○ 중점추진분야 3. Urban Loop 안전 및 운영 기술

- Urban Loop 안전 및 운영기술 연구개발을 통해 이동체 적정 교통량 관리기술, 통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술을 개발하여 Urban Loop 인프라 내 적정 교통량 모니터링 및 관리, 이동체 제어 및 유고상황 시 이용자 대피 시스템을 마련하여 효율적인 인프라 운영 및 운영 중 이용자 안전 확보를 도모할 수 있음

As-is	To-be
• 지하공간 내 다수의 이동체 제어 및 모니터링 기술 미비 • Urban Loop의 이동체 및 인프라 특성을 고려한 이용자 대피 및 구난 시스템 기술 부재	• 도시공간 입체적 활용 기반의 신개념 교통인프라 운행 구현 • 운행 효율성 고도화 및 이용자 안전 확보 • 고속 이동체 운행의 효율적이고 안전한 제어를 통해 교통처리량 극대화 • 이용자 이동 정시성 확보에 의한 편익 창출 • 운전자 조작에 의한 사고발생 위험 제로화

4.5 총괄 로드맵 설정

가. 사업목표를 고려한 추진방법 제시

1) 동사업의 대상 설정

□ Urban Loop의 대상목적물은 공간단위의 규모, 시설 설치형태의 연계성, 시설물간의 상호연계성을 기준으로 설정

- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조 6항에서 정의하고 있는 기반시설의 총 50종의 시설물을 대상으로 범위를 설정
 - 공간단위는 인구규모에 따른 도시위계(대 생활권, 거대도시권, 광역도시권, 국토 등)를 기준으로 설정
 - 점·선·면 시설의 연계성은 점·면 시설과 선적인 시설이 유기적으로 연계되어 네트워크망을 구성하는 것을 의미

□ 시설설치형태에 따른 대상 목적물

- 동 사업에서 Urban Loop란 국토 기반시설 이외의 네트워크망으로 정의가 가능하며, 점·선·면 시설이 동일한 목적을 가지고 상호연관성을 가지고 있는 시설로 설정
 - 점·면적인 시설(네트워크망) : 생활권, 거대도시권, 광역도시권, 국토
 - 선적인 시설 : 도로, 철도

□ 공간단위에 따른 대상 목적물

- 동 사업은 국토의 효율적인 관리를 위한 사업으로 Urban loop의 공간적 범위 설정
 - 생활권 → 시군 단위 → 거대도시권 → 광역도시권 → 국토

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제3조

“광역시설”이라 함은 다음 각목의 시설로서 대통령령이 정하는 시설을 말한다.

- 2 이상의 특별시·광역시·특별자치시·시 또는 군의 관할구역에 걸치는 시설 : 도로·철도, 수도·전기·가스·열공급시설, 공동구, 하천·하수도 등
- 2 이상의 특별시·광역시·특별자치시·시 또는 군이 공동으로 이용하는 시설 : 하수도, 폐기물처리시설, 수질오염방지시설, 폐차장 등

〈 표 4.2 〉 기반시설 현황

분류	기반시설
교통시설 (9)	도로, 철도, 항만, 공항, 주차장, 자동차정류장, 궤도, 자동차 검사시설, 건설기계 검사시설
공간시설 (5)	광장, 공원, 녹지, 유원지, 공공공지
유통·공급시설 (10)	유통업무설비, 수도공급설비, 전기공급설비, 가스공급설비, 열공급설비, 방송·통신시설, 공동구, 시장, 유류 저장 설비, 유류 송유 설비
공공·문화체육시설 (8)	학교, 공공청사, 문화시설, 공공체육시설, 연구시설, 사회복지시설, 공공직업훈련시설, 청소년 수련시설
방재시설 (8)	하천, 유수지, 저수지, 방화설비, 방풍설비, 방수설비, 사방설비, 방조설비
보건위생시설 (3)	장사시설, 도축장, 종합의료시설
환경기초시설 (7)	하수도, 폐기물처리시설, 폐기물재활용시설, 빗물 저장시설, 빗물 이용시설, 수질 오염방지시설, 폐차장

출처 : 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 6항

□ 이동수단 현황

- (대중교통) 정해진 노선과 시간 계획(fixed route, schedule)에 따라 운행되며, 정해진 요금을 지불할 의도가 있는 모든 사람이 이용할 수 있는 서비스 혹은 체계
 - 항공, 해운/수로, 도로수단, 철도수단, 기타 수단 등으로 구성
- (준대중교통) 규정된 요금의 지불 의도가 있는 모든 사람이 이용할 수 있으며, 정해진 노선과 운행 계획이 없이 이용자의 요구에 따라 운행되는 서비스 혹은 체계
 - 대표적으로 택시, 렌터카, 카셰어링 등이 여기에 포함되며 기술의 발전으로 다양한 준대중교통의 플랫폼이 지속적으로 출시
- 대중교통의 육성 및 이용 촉진에 관한 법률 제2조
 - (노선버스) 여객자동차여객자동차운수사업법 제3조제1항제1호의 규정에 의한 노선 여객자동차운송사업에 사용되는 승합자동차
 - (도시철도) 도시철도법 제3조제1호의 규정에 의한 도시철도
 - (철도차량) 철도산업발전기본법 제3조제4호의 규정에 의한 철도차량중 여객을 운송하기 위한 철도차량

2) 동사업의 대상 설정

□ (목적물 설정) 국내 교통 유형에서 동 사업에 충족하는 도로 철도 설정

□ (대체 가능한 교통서비스 설정) Urban Loop를 통해 대체가능한 교통서비스는 여객(버스, 기차)으로 설정 가능

○ (대체 가능한 버스 유형) 마을버스, 시내버스, 광역버스

○ (대체 가능한 기차 유형) 도시철도(지하철), 경전철, 노면전차, 자기부상 열차

〈 표 4.3 〉 대체가 가능한 교통서비스

생활권 구분	교통 서비스
	○ 광역도시권 및 거대도시권 - 시외버스, 고속버스, 지역간 연결 철도
	○ 시군단위 - 시내버스, 경전철
	○ 생활권 - 마을버스, 도시철도(지하철)
	○ 기타 - 노면전차, 자기부상 열차

□ (물류) Urban Loop 사업의 물류는 판매물류(우편, 택배)로 설정하여 서비스차원으로 설정

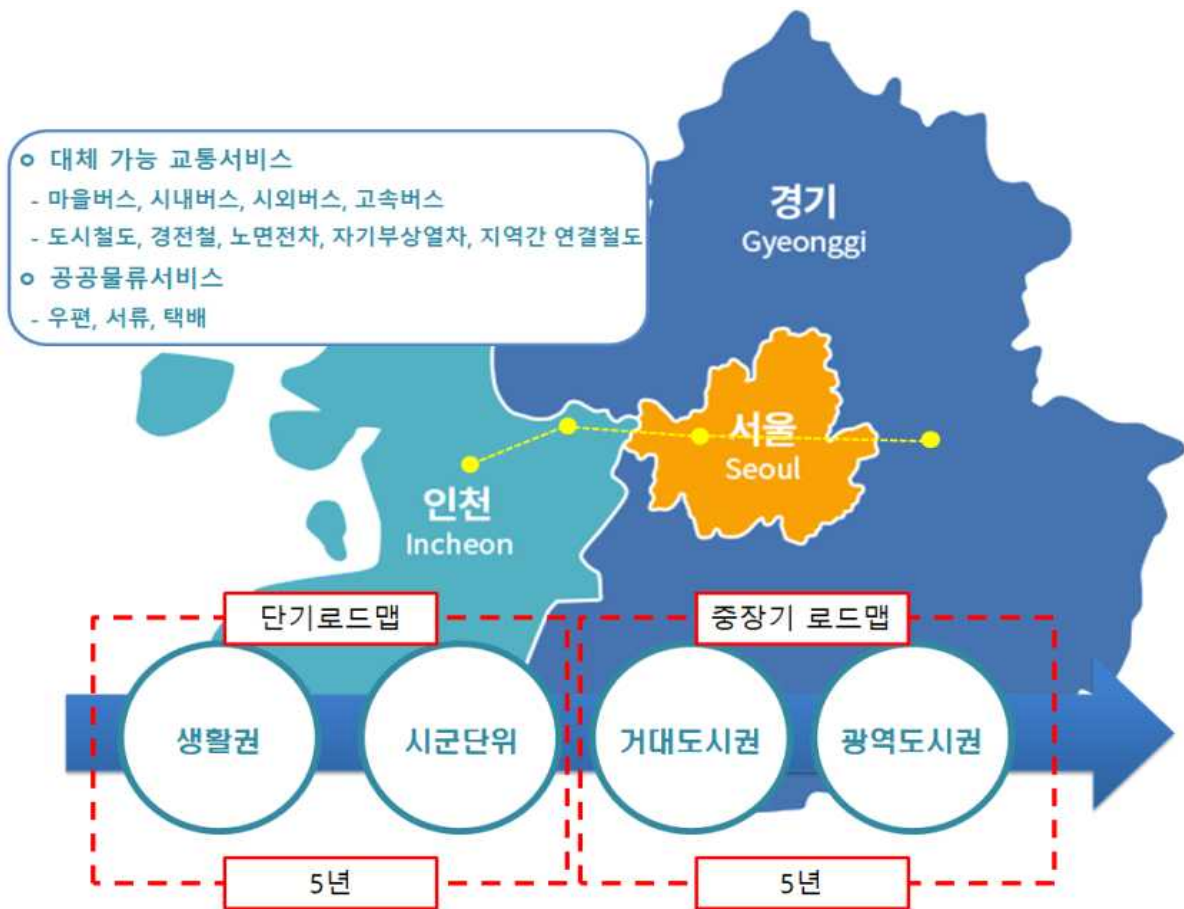
○ Door to Door가 아닌 Urban loop의 분기점에 배달하는 서비스 지원

○ 생산자와 소비자를 직접적으로 연결하기 보다는 간접적으로 연결하는 서비스 지원

□ (신규 교통수요) 차량공유가 가능한 자율 군집주행형 전기자동차

나. 중장기적 관점에서의 마스터플랜

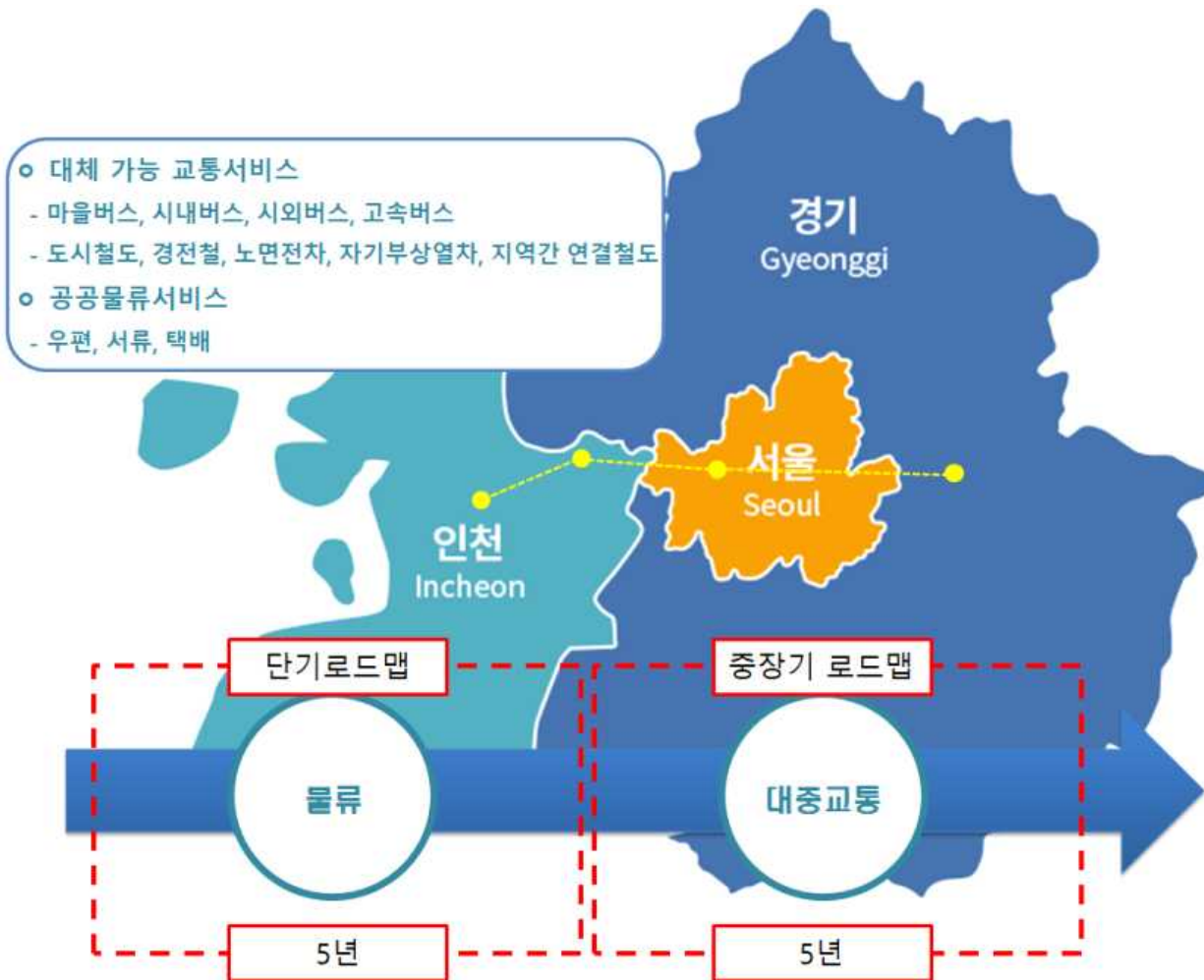
□ 공간적 로드맵(1안)



〈 그림 4.3 〉 중장기 로드맵 수립(공간적)

- 생활권, 시군단위, 거대도시, 광역도시권으로 구획을 설정하여 단기로드맵과 중장기 로드맵 수립
 - (단기) 생활권과 시군단위의 각 분기점을 설정하여 시군단위 내에 대중교통 및 물류 서비스 지원(5년)
 - (중장기) 거대도시권과 광역도시권의 각 분기점을 설정하여 광역도시권 내에 대중교통 및 물류 서비스를 지원(5년)
- 물류서비스는 각 분기점에서 물류를 수거 및 배송하는 전략 설정
 - 각 분기점에 배송이 완료되면 우체국이나 인근 기업체에서 수거하여 Door to Door 배송

□ 서비스 차원의 로드맵(2안)



< 그림 4.4 > 중장기 로드맵 수립(서비스 차원)

- Urban Loop의 서비스 차원에서 로드맵을 설정하고 단기적(5년), 중장기적(5년)으로 수립
 - (단기) 시민들의 편의 및 생활 서비스를 위해 물류를 단기적으로 설정(5년)
 - (중장기) 물류를 통해 안전성이 확보가 되면 물류와 대중교통을 연계하여 Urban Loop 사업의 중장기 로드맵 수립(5년)
- 물류서비스는 각 분기점에서 물류를 수거 및 배송하는 전략 설정
 - 각 분기점에 배송이 완료되면 우체국이나 인근 기업체에서 수거하여 Door to Door 배송

다. 기술로드맵

중점분야	핵심기술	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	주요연구성과
Urban Loop 인프라 기술	소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술	이동체 속도, 환기 등을 고려한 최적 단면 설계, 시공기술										운송관 시제품, 소단면 튜브형 운송관 최적 단면 설계기준 및 시방, 구조물 모니터링 및 관리 시스템
				도심지 최적 수직 튜브 설계, 시공 기술								
				분기부 튜브 및 이동체 주행궤도 설계, 시공기술								
								지하 라이프라인 등 타 인프라 공동 활용 설계, 시공 기술				
		운행 중 진동저감 및 내진 등 동적 구조물 안정성 확보 기술										
								튜브 인프라의 유지관리를 위한 건전도 모니터링 및 평가 기술				
								이용자 친화 기술(불안감 및 폐쇄감 해소)				
						Prototype 선로 인프라 설계, 시공 및 성능 검증						
	소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축기술			소규모 모빌리티 허브 인프라 구축 기술			소·중규모 복합 모빌리티 허브 인프라 구축 기술					복합 모빌리티 허브 인프라 구축, 자율운행 기반 지하 주차인프라 구축
						타 교통 인프라 연계 기술						
지하 물류 운송 인프라 구축 기술												
Urban Loop 이동체 기술	수직·수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술	수직·수평 연계가 가능한 이동체 최적 자기부상 설계, 제작 기술										자기부상 수평 이동체, 자기부상 수직이동 시스템
				차량 탑재 및 수평 연계가 가능한 초고속 수직 이동 시스템 기술								
		이송체 운영방식을 고려한 시스템 설계, 제작 기술(1)				이송체 운영방식을 고려한 시스템 설계, 제작 기술(2)						
						Prototype 이동체 설계, 제작 및 성능 검증						
	운행 동력 및 운영시스템 기술			수평 이동체 추진 방식, 전력공급 방식 설계, 제작 기술								이동체 추진 및 운영시스템, 비환승 제어 기술 및 최적 이송 알고리즘
				수직 이동 시스템 운영 및 제어 기술								
				안전장치 구조, 과속 안전성 확보 등 안전 시스템 기술								
						수직·수평이동 연계 비환승 제어 기술						
						멀티 제어 이송 알고리즘 기술						
Urban Loop 안전 및 운영기술	이동체 적정 교통량 관리기술					이동체 적정 교통량 관리기술						이동체 운행현황 실시간 모니터링 시스템, 주행 가이드 시스템, 제공 시스템, 고속 이동체 제어 시스템
						분산처리 통합관리기술						
						다기종/대규모 센터 데이터 처리 기술						
	통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술	초고속 이동체 이동상황 모니터링 및 제어시스템 기술										
						차량 및 이송체 네트워크 보안과 블록체인 기술						
테스트 베드	테스트베드	유고상황 시 이용자 자살이동 시스템 구축 기술										Urban Loop 설계서, 지침서 및 매뉴얼, 정책, 표준화
						테스트베드 설계				테스트베드 건설		
	기술표준화	설계 기준, 유지보수 지침서, 안전매뉴얼 개발										
					운영 및 안전 기술 표준화							

□ 단계별 성과 지표

○ 연구진과 분과위원들의 검토를 통해 중점추진 분야별, 단계별 성과목표 설정

중점분야	1단계(2021~2023)	2단계(2024 ~ 2025)	3단계(2026 ~ 2030)
Urban Loop 인프라 기술	• SW 등록: 6건	• SW 등록: 10건	• SW 등록: 10건
	• 특허출원: 18건	• 특허출원: 25건	• 특허출원: 12건
	• 국내/외 논문 : 15건	• 국내/외 논문 : 20건	• 국내/외 논문 : 22건
Urban Loop 이동체 기술	• SW 등록: 10건	• SW 등록: 12건	• SW 등록: 9건
	• 특허출원: 20건	• 특허출원: 25건	• 특허출원: 10건
	• 국내/외 논문 : 21건	• 국내/외 논문 : 19건	• 국내/외 논문 : 18건
Urban Loop 안전 및 운영기술	• SW 등록: 3건	• SW 등록: 5건	• SW 등록: 15건
	• 특허출원: 7건	• 특허출원: 10건	• 특허출원: 13건
	• 국내/외 논문 : 8건	• 국내/외 논문 : 15건	• 국내/외 논문 : 19건
테스트 베드	• 정책 : 2건	• 정책 : 2건	• 정책 : 5건
	• 국내/외 논문 : 3건	• 국내/외 논문 : 4건	• 국내/외 논문 : 6건
공통	-	• 기술실시 계약 : 3건	• 기술실시 계약 : 12건
	-	• 기술 사업화: 15억 원	• 기술 사업화: 28억 원

5. 사전 타당성 검토

5.1 정책적 타당성

□ Urban Loop형 차량탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획의 정책적 타당성은 정책의 일관성 및 추진체계, 사업 추진상의 위험요인, 정부지원 필요성, 사업수행 위험요인 및 대응방안으로 검토

- 정책타당성은 본 보고서의 앞장에 서술되어 있는 내용을 토대로 분석

〈 표 5.1 〉 정책적 타당성 분석에 해당되는 목차

대제목	중제목	소제목
1. 사업추진 개요	1.1 기술의 정의	가. 관련 용어 정의 나. 사업의 정의 다. 본 사업 적용 범위
	1.2 기술개발 배경 및 필요성	가. 추진배경 나. 추진 필요성 다. 추진 시급성 및 국고지원의 적절성
	1.3 사업추진 근거	가. 법/제도 나. R&D 정책 및 부처계획 다. 부처계획 근거
2. 국내외 환경분석	2.1 미래사회 환경변화 이슈	-
	2.2 국내외 정책동향	-
	2.3 국내외 시장동향	-
	2.4 국내외 기술동향	-

- 정책적 타당성 분석의 항목은 ‘2014년 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침’의 사항을 참고하여 평가
 - (정책의 일관성 및 추진체계) 상위계획과의 부합성, 사업 추진체계 및 추진의지의 하위평가 항목으로 구성
 - (사업 추진상의 위험요인) 재원조달 가능성, 법·제도적 위험요인의 하위평가 항목으로 구성
 - (정부지원 필요성) 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에서 제시한 항목으로 정책적 타당성 분석의 항목으로 추가 분석
 - (사업수행 위험요인 및 대응방안) 정책적 타당성 분석결과, 위험요소로 도출된 사항의 대응방안을 추가하여 제시

가. 정책의 일관성 및 추진체계

1) 상위계획과의 부합성

□ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획이 국가정책을 실현하기 위해 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가

- 상위계획과의 부합성은 ‘국가계획의 내용’과 ‘동 사업의 연구목적’을 비교·분석하여, 국가정책 차원에서 동 사업의 정책적 부합성을 평가
- 분석대상의 국가계획은 동 사업의 기획목적을 고려하여 (1) 국가정책, (2) 연구개발 정책, (3) 국가 안전정책 범위로 구분하여 평가
 - 예비타당성 조사 표준지침에서 제시하고 있는 국가정책은 연구개발 정책 부문에 해당
 - 동 연구는 지하터널과 관련된 연구개발 부문 국가정책 외에 현 정부의 국가정책 등을 추가로 분석하였으며, Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술 개발 사전기획과 관련성이 높은 국가안전정책 부문까지 폭넓게 조사

(1) 국가정책

□ 국가정책 부문은 현 정부의 국가정책 기초를 담은 ‘문재인 정부 100대 국정과제’와 ‘제4차 국가과학기술 기본계획’을 분석

- 연구개발사업 예비타당성조사의 정책적 분석대상은 연구개발사업 중장기 법정계획이 기본 분석 대상
- 하지만, 현 정부 운영방향을 제시하는 공약집과 경제활성화 부문의 계획을 분석하여 정부차원의 정책적 합의 여부를 검토

□ 문재인 정부 100대 국정과제

- 문재인 정부는 국가비전 달성을 위한 실천전략으로서 5대 국정목표와 20대 국정전략, 100대 국정과제를 제시
- 본 사업은 현 정부에서 100대 국정과제와 별도로 선정·추진 중에 있는 4대 복합 혁신과제 중 ‘4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가’에서 ‘과학·기술혁신으

로 초지능·초연결 기반 구축’ 및 ‘역동적 4차 산업혁명 생태계 조성으로 신성장 동력 확보’와 연계성이 높음

〈 표 5.2 〉 국가정책(문재인 정부 100대 국정과제)과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화	◎	○	◎	◎
소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축	○	◎	○	○
고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	◎	○	○	◎
미세먼지 걱정없는 쾌적한 대기환경 조성	○	◎	○	○
신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축	○	◎	○	◎
휴식 있는 삶을 위한 일·생활의 균형 실현	○	◎	○	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 제4차 국가과학기술기본계획

- 제4차 과학기술기본계획에서는 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여하는 비전을 설정하여 기본계획을 수립
- 과학기술기본계획의 추진전략으로 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현 등의 추진전략 제시
 - 추진전략을 실현하기 위한 4개 분야, 19개 중점과제, 66개 세부추진과제를 제시하였으며, 기본계획 실현을 위한 중점과학기술개발과 인력양성이라는 주제를 설정

- 추진전략과 추진과제를 달성하기 위한 120개 과학기술을 제시
 - 「(과제 18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성」 및 120개 중점과학기술목록 중 「지속가능한 인프라 구조물 건설기술」, 「미세먼지 등 대기오염 대응기술」 등이 부합

〈 표 5.3 〉 국가정책(제4차 국가과학기술기본계획)과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
지속가능한 인프라 구조물 건설기술	△	◎	△	△
미세먼지 등 대기오염 대응 기술	△	◎	△	△

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

(2) 연구개발 정책

- 연구개발 정책 부문은 ‘제4차 국토종합계획 수정계획’, ‘제6차 건설기술진흥기본계획’, ‘제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획’, ‘건설산업 혁신 방안’, ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응 계획’ 등을 동사업과 부합성을 검토
 - 제4차 국토종합계획 수정계획은 진행되고 있는 국내외 여건 변화와 새로운 국가발전전략 및 정책기조 대두에 능동적으로 대응하기 위해 수립
 - 제6차 건설기술진흥기본계획은 現 정부가 출범함에 따라 향후 5년(‘18~’22)간의 건설기술정책 로드맵과 건설기술 발전 청사진을 제시하기 위해 수립
 - 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획은 4차 산업혁명을 새로운 도약기회로 활용하고 삶의 질 향상 등 사회적 요구에 효과적으로 대응할 수 있는 기술개발전략을 수립
 - 건설산업 혁신방안은 인프라 확충과 일자리 창출로 국민경제에 기여하여 지속가능한 건설산업의 성장을 위해 근본적 체질개선을 위해 수립
 - 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응 계획은 성장활력 제고와 미래 대비를 위해 “경제성장”과 “사회문제 해결”을 동시 달성하는 「사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획」을 위해 추진

□ 제4차 국토종합계획 수정계획

- 국토종합계획 수정계획의 비전은 ‘대한민국의 새로운 도약을 위한 글로벌 녹색국토’로 4대 목표 6대 전략을 수립
 - 4대 목표는 경쟁력 있는 통합국토, 지속가능한 친환경국토, 품격있는 매력국토, 세계로 향한 열린국토로 설정
 - 6대 전략은 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화, 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성, 쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성, 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축, 세계로 열린 신성장 해양국토기반 구축, 초국경적 국토경영기반 구축으로 설정
- 제4차 국토종합계획 수정계획에서 동사업과 부합성이 높은 전략은 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화, 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성, 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축으로 확인

〈 표 5.4 〉 제4차 국토종합계획 수정계획과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운영 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화	◎	○	◎	○
자연친화적이고 안전한 국토공간 조성	◎	◎	◎	○
쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성	◎	◎	◎	○
녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축	◎	○	○	○
세계로 열린 신성장 해양국토기반 구축	◎	◎	○	○
초국경적 국토경영 기반 구축	○	◎	○	○

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

□ 제6차 건설기술진흥기본계획

- 제6차 건설기술진흥기본계획은 “Smart Construction 2025(2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술개발)을 비전으로 설정하고 2개 전략, 6개 분야, 10개 과제로 추진
 - 전략 1의 4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성에 관한 추진과제는 아래와 같음
 - * (기술개발) 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상, 해외 수요 대응형 건설기술 개발
 - * (고부가 산업 육성) 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화, 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성
 - * (건설 안전 강화) 건설의 안전·환경 관리
 - 전략 2의 글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도개선에 관한 추진 과제는 아래와 같음
 - * (산업 개편·육성) Eng.의 역량 강화 및 해외진출 지원, 국제 기준에 부합하는 제도 구축
 - * (건설인력·교육) 글로벌기준에 맞는 경력 관리체계 구축, 국제경쟁력을 갖춘 기술인력 육성
 - * (기준·제도) 기술력 중심의 발주·심의 강화
- 제6차 건설기술진흥기본계획에서 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상, 해외 수요 대응형 건설기술 개발, 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화, 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성이 동 사업과 부합함

〈 표 5.5 〉 제6차 건설기술진흥기본계획과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운영 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
스마트 건설기술을 통한 생산성 향상	○	◎	△	△
해외 수요 대응형 건설기술 개발	○	△	△	△
분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화	◎	△	△	△
건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성	◎	△	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

- 계획의 수립 방향은 우리가 꿈꾸는 미래상 도출, 미래상 실현을 위한 단계적 접근전략 제시, 모두가 참여하는 열린계획 수립으로 설정
- 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 비전은 혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통으로 설정하고 4대 전략, 12대 과제로 추진
 - (4차산업혁명 대응 혁신성장동력 육성) 초연결 도시 구현 기술개발, 무인이동체 자율주행 기술개발, 디지털 기반 국토정보 기술고도화
 - (기술융합을 통한 새로운 가치창출) 융합기술을 통한 건설 지능화 실현, 고부가가치 건설기술 창출, 기존 수송시스템 혁신기술 도입
 - (사람 중심의 국토교통 기술) 재난·재해 예방 등 안전기술 개발, 친환경 생활공간 조성 기술개발, 사회이슈 해결형 기술 개발
 - (미래지향적 R&D) 국토교통 R&D 관리체계 혁신, 국토교통 연구개발 기반 강화, 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화
- 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획은 고부가가치 건설기술 창출, 기존 수송시스템 혁신기술 도입, 사회이슈 해결형 기술 개발 등이 동 사업과 부합

〈 표 5.6 〉 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
고부가가치 건설기술 창출	○	◎	◎	○
기존 수송시스템 혁신기술 도입	◎	△	◎	◎
사회이슈 해결형 기술 개발	◎	◎	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 건설산업 혁신 방안

- 건설산업 혁신 방안은 종전의 일시적 물량지원을 통한 단기부양이 아닌 성장잠재력의 근본적 확충을 통해 글로벌 경쟁력을 제고하기 위해 수립
- 건설산업 혁신 방안은 2022년까지 「세계 5대 건설강국」으로 도약이라는 비전을 설정하고 4대 혁신, 4대 정책목표, 12대 추진과제를 설정
 - 기술 혁신에서 「4차 산업혁명을 선도하는 글로벌 산업」이라는 정책목표를 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 스마트 건설기술 활성화, 고부가가치 건설시장 확대, 해외건설시장 진출 지원
 - 생산구조 혁신에서 「칸막이와 다단계가 없는 고효율 산업」이라는 정책목표를 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 원청의 직접시공 활성화, 하청의 다단계 하도급 구조 개선, 건설업 영역·업종·등록기준 개편
 - 시장질서 혁신에서 「부실, 불법 부조리가 없는 공정산업」이라는 정책목표를 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 부실업체 퇴출강화, 불공정 관행 근절, 공공공사 건설시공 기반 조성
 - 일자리 혁신에서 「청년 인재가 역량을 펼치는 젊은 산업」이라는 정책목표를 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 청년층 취업 지원, 강소기업 육성 및 창업 촉진, 전문인력 양성 및 일자리 매칭

〈 표 5.7 〉 건설산업 혁신방안과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
고부가가치 건설시장 확대	◎	◎	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획

- 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획은 모두가 참여하고 모두가 누리는 사람 중심의 4차 산업혁명 구현을 비전으로 설정하고 4대 기본방향, 4대 전략 및 11대 과제로 추진
 - 지능화혁신 프로젝트 추진에서 범위는 의료, 시티, 교통, 복지, 환경, 안전, 국방, 농수산업, 금융물류, 에너지, 이동체, 제조로 설정
 - 기술부문에서 「성장동력 기술력화보」라는 전략을 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 지능화 기술경쟁력 확보, 혁신성장동력 육성, R&D 체계 혁신
 - 산업부문에서 「산업 인프라-생태계 조성」이라는 전략을 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 초연결 지능형 네트워크 구축, 데이터 생산·공유 기반 강화, 신산업 규제개선, 중소·벤처/지역거점 성장동력화
 - 사회부문에서 「미래사회 변화등」이라는 전략을 설정하고 추진과제는 아래와 같음
 - * 핵심인재 성장지원, 미래사회 교육 혁신, 일자리 안전망 확충, 사이버 역기능·윤리 대응 강화
- 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획에서는 자율차·자율운항선박·드론 등 스마트이동체 선도국가 도약과 빠르고 안전한 지능형 교통체계로 전면전환이 부합

〈 표 5.8 〉 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탐재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운영 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
자율차·자율운항선박·드론 등 스마트 이동체 선도국가 도약	◎	○	◎	◎
빠르고 안전한 지능형 교통체계	◎	○	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준

- 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준은 헌법과 법률에 근거하여 정부연구개발 활동의 목적을 명확히 설정하고, 이에 맞는 정부 R&D 투자영역 및 투자방향 수립
- (목적) 헌법과 법률에 명시된 정부 R&D의 목적은 1) 과학기술혁신(기초연구, 인력 개발), 2) 국민경제 발전, 삶의 질 제고
- (투자영역) 정부 R&D 투자는 과학기술혁신, 공공수요, 산업선도 등 민간이 투자하기 어려운 분야에 집중하는 것이 필요
- (투자방향) 목적 및 투자영역에 따른 정부 R&D사업의 추진방향

〈 표 5.9 〉 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준의 부합성

(단위 : 억원)

구분		차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
		920	947	1,127	5,673
창의적인 연구환경 조성	연구자 주도 기초연구	◎	○	◎	◎
	사람 중심 연구생태계	○	◎	○	○
	공공수요 및 규제개선 연계	○	○	◎	◎
국민이 체감하는 삶의 질 향상	예방 중심의 재난·재해 R&D	○	◎	◎	◎
	국민건강 및 생활편익 증진	○	◎	○	○
	사회적 지속가능성 확보	○	○	○	○
미래를 준비하는 혁신성장 가속화	4차 산업혁명 대응 R&D	◎	◎	◎	○
	신시장·신산업 R&D	◎	○	○	○
	산업경쟁력 제고 R&D	◎	○	◎	○
과학기술 기반 고급 일자리 창출	R&D 일자리 생태계 구축	◎	◎	◎	◎
	신기술·신서비스 일자리 창출	◎	○	◎	○
	미래대비 창의· 융합형 인재양성	◎	◎	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

(3) 국가 안전정책 동향

□ 국가 안전정책 부문은 국가안전관리기본계획, 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합 계획, 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획을 분석하여 국가안전정책과 동사업의 부합성을 검토

- 국가안전관리기본계획은 국가의 재난 및 안전관리 기본방향을 설정하고 재난 환경 변화에 대응하여 재난 및 안전사고로부터 국민을 보호하기 위해 수립
- 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획은 국민 삶의 질 향상을 위한 재난안전기술개발 및 환경조성을 목표로 설정하여 국민의 안전을 도모
- 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획은 국민생활과 밀접한 관계를 갖고 있는 시설물에 대한 안전관리를 위해 수립

□ 국가안전관리기본계획

- 국가안전관리기본계획은 안전 선진국 실현이라는 비전 달성을 위해 안전문화, 생활안전, 기업안전, 국가기반체계, 재난관리체계 등 5대 요소를 목표로 설정하고 9개 추진전략을 제시
 - Urban Loop형 차량탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사업과 관련하여 안전 디자인개념의 전영역 확산, 능동적인 국가기반체계 관리, 신속·정확한 재난상황보고 체계 정립, 즉각 대응 및 긴급복구 체계 확립, 미래 재난 환경 변화에 적극 대응의 추진전략을 제시

〈 표 5.10 〉 국가안전관리기본계획과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
안전디자인 개념의 전영역 확산	△	◎	◎	◎
예방중심의 국가 재난안전관리정책 추진	△	◎	◎	◎
기업의 안전관리 참여와 활용영역 확대	△	◎	◎	◎
능동적인 국가기반체계 관리	△	◎	◎	◎

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운영 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
신속 정확한 재난상황보고 체계 확립	△	○	○	○
즉각 대응 및 긴급복구체계 확립	△	○	○	○
미래재난 환경변화에 적극 대응	△	○	○	○

○: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획

- 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획은 ‘SMART 기술개발로 국민 맞춤형 안전복지 구현’을 비전으로 설정하여 추진
- 대형·복합·신종재난 등 각종 재난 및 안전사고로부터 국민 안전 기본권 확보를 위한 과학기술의 역할 증대
- 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난안전 분야 과학기술개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진

〈 표 5.11 〉 제3차 재난안전기술개발과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탑재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운영 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
국민안전 확보를 위한 맞춤형 서비스 개발	○	○	○	○
미래·신종재난 대비 재난안전기술 선진화	○	○	○	○
현장 실용화 중심의 안전생태계 구축	○	○	○	○

○: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획

- 시설물 유지관리 기본계획은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반 조성, 국민 소통형 시설물 안전·유지관리 서비스 지향 등을 제시
- 시설물 미래요구에 대응하기 위한 지속적 성능개선 기반 구축에 따른 4대 전략은 각각의 추진과제로 구성
- 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전 및 유지관리 서비스 지향 부문에서 Urban Loop형 차량탐재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 사업과 관련성이 높은 것으로 판단

〈 표 5.12 〉 제3차 재난안전기술개발과의 부합성

(단위 : 억원)

구분	차량탐재 고속 이동체 기술	인프라 구축 기술	운행 및 제어 시스템 기술	개발기술 검증 및 실용화
	920	947	1,127	5,673
시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착	◎	◎	◎	◎
4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화	◎	◎	◎	◎
융·복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반 조성	△	◎	△	△
국민 소통형 시설물 안전·유지관리 서비스 지향	△	○	△	△

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

(4) 평가결과

- 상위계획과의 부합성은 국가정책과 Urban Loop형 차량 탐재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획이 정책적 부합성을 검토하여, 동 사업이 국가정책의 구체적 실현에 기여할 수 있으며, 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가
- 상위계획은 (1) 국가정책, (2) 연구개발정책의 부문, (3) 국가안전정책 부문으로 나누어 검토하였으며, 국가 국정운영 안전정책에 이르기까지 다양한 정책방향을 검토

- 검토결과, Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획은 상위계획과의 부합성이 높기 때문에, 정책적 타당성이 높은 것으로 평가
- 자연친화적, 안전한 국토, 첨단기술, 융·복합, 4차 산업혁명, 미래사회 변화 대응 등의 정책목표를 달성하기 위한 수단으로써 Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 필요
 - 문재인 정부 100대 국정과제는 ‘4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가’에서 ‘과학·기술혁신으로 초지능·초연결 기반 구축’ 및 ‘역동적 4차 산업혁명 생태계 조성으로 신성장 동력 확보’와 부합성이 높음
 - 제4차 국가과학기술기본계획은 쾌적하고 편안한 생활환경조성 및 지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 미세먼지 등 대기오염 대응기술과 부합성이 높음
 - 제4차 국토종합계획 수정계획은 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화, 자연친화적이고 안전한 국토공간조성, 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축과 부합성이 높음
 - 제6차 건설기술진흥기본계획은 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상, 해외 수요 대응형 건설기술 개발, 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화, 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성과 부합성이 높음
 - 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획은 고부가가치 건설기술 창출, 기존 수송시스템 혁신기술 도입, 사회이슈 해결형 기술개발 등과 부합성이 높음
 - 건설산업 혁신 방안은 고부가가치 건설시장 확대와 부합성이 높음
 - 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획은 자율차·자율운항선박·드론 등 스마트 이동체 선도국가 도약, 빠르고 안전한 지능형 교통체계가 부합성이 높음
 - 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준은 연구자 주도 기초연구, 예방 중심의 재난·재해 R&D, 4차 산업혁명 대응 R&D, 신시장·신산업 R&D, R&D 일자리 생태계 구축, 신기술·신서비스 일자리 창출, 미래대비 창의·융합형 인재양성과 부합성이 높음
 - 국가안전관리기본계획은 예방중심의 국가 재난안전관리정책 추진, 즉각 대응 및 긴급복구체계 확립, 미래재난 환경변화에 적극 대응과 부합성이 높음
 - 제3차 재난 안전 및 안전관리 기술개발 종합계획은 국민안전 확보를 위한 맞춤형 서비스 개발, 현장 실용화 중심의 안전생태계 구축과 부합성이 높음

- 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전 및 유지관리 서비스 지향과 부합성이 높음

〈 표 5.13 〉 상위계획과의 부합성 평가

국가과학기술기본계획 부문별 정책		부합도 낮음	부합도 높음	부합도 높음
국가정책	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
연구개발	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
국가안전	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2) 사업 추진체제 및 추진의지

- 사업 추진체제 및 추진의지는 주관부처·사업수행기관·유관부처·유관기관 등 각 주체 간의 사업수행체제와 협조체제를 검토하고, 사업주체들의 추진의지를 평가하는 항목
 - 정책목표를 달성하기 위해 사업수행체제와 역할분담의 적절성, 협조체제와 운영방안의 효율성 등을 거버넌스 관점에서 수직적·수평적 협력체제로 평가
 - 수직적협력체제는 정책을 결정하는 정부부처, 사업을 관리하는 연구관리전문기관, 연구과제를 수행하는 연구기관 간의 정책목적 전달과 자금의 제공 및 조정체제를 평가
 - 수평적 협력체제는 사업에 참여하는 정부부처·연구기관·연구자 등 사업참여주체 간, 사업참여주체와 이해관계자 간의 네트워크 및 소통체제를 평가
 - 사업 추진의지는 사업기획주체들의 사업추진의지와 사업으로 인해 영향 받는 이해관계자들의 선호도를 분석

(1) 사업 추진체제

□ 수직적 협력체제

- 수직적 협력체제는 사업수행체제·사업관리체제의 관점에서 타당성을 분석하며, 실제 연구과제를 주관하여 수행하는 연구단 체계를 별도로 분석
- 국토교통부-국토교통과학기술진흥원-사업단의 수직적 협력체제를 구성하고 적절한 역할을 분담하여, 사업수행 및 사업관리의 효율성 증대
 - (국토교통부) 최상위 의사결정기관으로서 Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사업 추진과 관련한 정책결정·총괄관리·투자우선순위 결정 등의 업무 수행
 - (국토교통과학기술진흥원) 관리감독 및 지원기관으로서 사업추진방향과 과제기획방향 설정, 사업수행 결과물 관리, 총괄운영, 사후관리 등 업무 수행
 - (사업단) 사업을 주관하여 수행하는 기관으로서 모든 과제를 총괄관리하고 지원하는 역할 수행, 또한 각 과제수행에 대한 책임을 가지고 R&D 예산을 집행·관리

- 사업단은 독립성 강화를 위해 중점기술 분야별 추진체계를 구성하고, 연구개발그룹의 구성은 세부기술의 성격과 유형을 고려하여, 산·학·연 참여형태를 차별화
 - 과제 유형과 사업기간 및 규모 등을 고려하여 1개 산업단으로 구성
 - 사업 주관 및 참여기관은 국·공립 연구기관, 출연(연), 대학, 기업부설연구소, 공공기관, 조합 등 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제4조(연구개발사업 참여기관의 자격)에 의한 기관으로 구성
- 사업단 형태로 추진하되 단점을 보완하기 위해 심의위원회를 설치하여 사업단의 주요 의사결정에 대한 심의를 받도록 조치
 - 과제 기획 부문과 사업수행자 선정 부문에서 객관성 및 전문성이 요구되고 있어 기존의 국토교통부 소관 연구관리 전문기관의 사업관리부서가 전담

□ 수평적 협력체계

- 국토교통부 내에 심의위원회와 이해관계자간의 다부처협의체를 구성하고, 국토교통과 학기술훈원에서 사업과 사업성과를 체계적으로 관리
 - (심의위원회) 국토교통부 담당실장 및 관련부서 담당과장, 외부 산학연 민간전문가 등으로 구성되어 사업 및 정책목표에 부합하는 운영계획 및 주요 안전에 대한 최종 결정 및 추진을 담당
- 건축물 및 SOC 시설물의 관리주체가 다원화되어 있기 때문에, 중앙정부-중앙부처-지자체간의 네트워크 구축을 통해 파급효과 극대화
 - 현재, 개별 관리주체는 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 지자체, 관리기관 등으로 다원화되어 있어 연구개발성과의 현장적용에 어려움이 존재
 - 각각의 건축물 및 시설물의 계획과 관리체계 또한 해당 시설물의 특성에 따라 상이하므로 계획단계나 적용에 대한 협력적 네트워크 구축 필요

(2) 사업 추진의지

□ 사업추진의지는 사업기획 주체들의 사업추진의지와 사업으로 인해 영향받는 이해관계자들의 선호도를 분석

- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사업 사전기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가 기획위원회가 협력하여 체계적인 사업기획 추진
- 동 사업 관련 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회를 구성하여, 체계적으로 기획

□ 사업기획 단계에서 사업기획에 필요한 적정한 기관들을 참여시키고, 기관의 역량에 따라 필요한 역할을 분담하여, 체계적으로 사업도출

- (국토교통부) Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사업의 추진 주체이며, 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 안건에 대한 심의 및 결정을 담당
- (국토교통과학기술진흥원) Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성 방향설정, 전문가 위원회 및 기획자와의 정보교류 및 모니터링 등의 실무 총괄을 담당
- (기획위원회) 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하며, Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사업의 아이템 발굴, 목표설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 등 기획보고서 작성 전반을 담당
- (자문위원회 및 경제성 검토위원회) Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 보고서 작성 안에 대하여 국내외 정책, 경제, 기술 등 다방면으로 검토 및 자문

□ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사업 관련 비전 및 목표, 중점 기술 도출, 기술로드맵 제시, 사업의 기술성과 투자 타당성 확보를 위한 연구개발 기획 수행

- 워크숍, 기획위원회, 자문위원회 등 관련 분야의 외부전문가 의견을 수렴하고 기획 연구에 반영
- 워크숍 : 사업 추진 현황 점검 및 방향성 검토를 위해, 관련 분야 외부전문가와 브레인스토밍을 진행하고 내부연구진과의 의견 교류

- 기획위원회 및 자문위원회 : 각계 전문가 의견을 수렴하고, 중점분야, 세부기술, 구성기술 등의 기획내용 작성 및 검토

(3) 평가결과

- 검토결과, 연구개발사업 기획의 추진체계는 해당사업을 추진하는데 필요한 주체들이 추진체계상에 포함되어 있고, 사업주체의 준비정도와 사업추진 의지가 높은 것으로 평가되는바, 타당성이 높다고 판단
- 정책결정을 위한 정부부처, 사업관리를 위한 연구관리 전문기관, 연구과제를 수행할 사업단을 국토교통부-국토교통과학기술진흥원- 사업단의 협력체계로 적절하게 구성
- 또한, 사업기획 연구진은 기획위원회 및 자문위원회 등 관련 분야의 외부전문가 의견을 충분히 수렴

나. 사업 추진상의 위험요인

1) 법·제도적 위험요인

- 법적·제도적 위험요인은 기술개발 분야에 따라 관련 법률을 검토하여 연구개발사업이 관련 법·제도·규정에 부합하는지를 평가
- (1) 사업추진 근거법령의 적절성, (2) 타 법령과의 충돌 가능성, (3) 연구개발사업 추진 결과의 분쟁 가능성 여부를 중심으로 분석

(1) 사업추진 근거법령의 적절성

- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획의 추진 근거법령은 도로법으로 동법 제3장 제58조에서는 도로와 관련한 연구·개발사업 등을 추진할 수 있다고 명시
- 도로법은 도로망의 계획수립, 도로 노선의 지정, 도로공사의 시행과 도로의 시설 기준, 도로의 관리·보전 및 비용 부담 등에 관한 사항을 규정하여 국민이 안전하고 편리

하게 이용할 수 있는 도로의 건설과 공공복리의 향상에 이바지함을 목적으로 설정

□ 또한, 건설기술진흥법 제8조 및 제10조에서 국토부장관은 종합계획의 효율적인 추진을 위하여 국토교통연구개발사업을 추진할 수 있으며, 연구과제와 관련하여 협약을 추진할 수 있다고 명시

- 건설기술진흥법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 설정

□ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획은 국토교통과학기술육성법에 정하는 국토교통기술에 해당

- “국토교통과학기술”이란 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 위하여 필요한 국토교통분야 산업의 발전에 관한 과학기술로서 관계법령에서 정한 기술

□ 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획기부터 안전성 검토까지 포괄하고 있으며, 시설물 운영부터 철거까지 넓은 범위를 제시

- 건설기술진흥법 제2조제2호에서 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토와 시설물의 운영·검사·안전점검·정밀안전진단·유지·관리·보수·보강 및 철거와 건설공사에 필요한 물자의 구매와 조달, 건설장비의 시운전, 건설사업 관리까지 규정
- 위의 건설기술의 정의 중 Urban Loop형 차량 탑재 고속이동체 및 인프라 기술개발은 “계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토”에 해당

(2) 타 법령과의 충돌 가능성

□ 동 사업과 관련된 법령은 아래와 같으며, 각 법률 및 제도의 건설기준을 만족할 경우 충돌 가능성은 없는 것으로 판단

〈 표 5.14 〉 동 사업과 관련된 법·제도와 성능 규제

관련 법류·제도	제시된 기준
과학기술 기본법	○ 제5조 1항(과학기술정책의 중시와 개방화 촉진) - 정부는 과학기술정책의 수립과 추진을 통하여 과학기술이 국가의 경제적·사회적 문제를 해결하고 미래전략을 달성하는 중추적인 역할을 할 수 있도록 필요한 자원을 최대한 동원하여 창의적 연구개발과 개방형 과학기술혁신활동을 적극적으로 지원하여야 한다. ○ 제7조 3항(과학기술기본계획) - 기본계획에서는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향 · 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향 ○ 제11조 1항(국가연구개발사업의 추진) - 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다. ○ 제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) - 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.
국토기본법	○ 제2조(국토관리의 기본 이념) - 국토는 모든 국민의 삶의 터전이며 후세에 물려줄 민족의 자산이므로, 국토에 관한 계획 및 정책은 개발과 환경의 조화를 바탕으로 국토를 균형 있게 발전시키고 국가의 경쟁력을 높이며 국민의 삶의 질을 개선함으로써 국토의 지속가능한 발전을 도모할 수 있도록 수립·집행하여야 한다. ○ 제4조 1항(경쟁력 있는 국토 여건의 조성) - 국가와 지방자치단체는 도로, 철도, 항만, 공항, 용수(用水) 시설, 물류 시설, 정보통신 시설 등 국토의 기간시설(基幹施設)을 체계적으로 확충하여 국가경쟁력을 강화하고 국민생활의 질적 향상을 도모하여야 한다.
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	○ 제3조(국토 이용 및 관리의 기본원칙) - 국토는 자연환경의 보전과 효율적 활용을 통하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 이루기 위하여 다음 각 호의 목적을 이룰 수 있도록 이용되고 관리되어야 한다.

관련 법류·제도	제시된 기준
건설산업 기본법	○ 제6조 1항(건설산업진흥 기본계획의 수립) - 국토교통부장관은 건설산업의 육성, 건설기술의 개발, 건설공사의 안전 및 품질 확보 등을 위하여 5년마다 건설산업진흥 기본계획을 수립·시행하여야 한다.
「건설기술 진흥법」 [2018.08.14., 타법개정]	○ 제8조(건설기술의 연구·개발 등의 권고) - 국토교통부장관은 새로운 건설기술의 도입·연구·개발을 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 대통령령으로 정하는 바에 따라 부설연구소의 설치·운영이나 공동연구 및 정보 교환 등과 기술개발을 위한 투자를 권고할 수 있다. ○ 제9조(공동연구·개발) - 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학(이들의 부설연구소 등을 포함한다. 이하 “건설연구기관”이라 한다)의 인력·자금·시험시설 및 기술정보의 효율적 활용과 선진기술 획득을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 공동연구를 추진하거나 건설기술연구기관의 건설기술 연구·개발을 지원할 수 있다.
「국토교통과학기술 육성법」 [2015.12.29., 제정]	○ 제7조(기술수요조사) - 국토교통부 장관은 국내외 기술동향조사 등을 통하여 정기적으로 기술수요조사를 하고, 그 결과를 반영하여 연구개발과제를 발굴하여야 한다. - 제1항에 따른 기술수요조사에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다. ○ 제8조(연구개발사업의 추진) - 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술연구개발사업(이하 “연구개발사업”이라 한다)을 할 수 있다. - 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별·분야별 연구과제를 선정하여 다음 각호의 기관 또는 단체등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다. <이하 중략>

관련 법류·제도	제시된 기준
도로공간의 입체개발에 관한 법률안 ('18.11 발의)	○ 제1조(목적) - 이 법은 도로공간과 그 주변지역의 입체적인 개발을 통하여 도로공간의 활용 및 창의적 도시공간의 조성에 기여하며 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다. ○ 제4조(입체개발구역의 지정 등) - 국토교통부장관은 입체개발사업을 추진하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 도로와 그 주변지역을 입체개발구역으로 지정할 수 있다.

(3) 국가연구개발사업 절차의 누락 가능성

□ 국가연구개발사업은 국가가 투자하는 공공사업이므로, 관련 법률·제도·규정에 부합하도록 진행 필요

□ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획의 추진체계 및 세부 절차가 「국가재정법」, 「과학기술기본법」에 근거하고 있는지 평가

- 과학기술기본법에서는 중앙행정기관의 장은 과학기술기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하도록 규정

□ 세부절차적인 사항은 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 근거하고 있는지 평가

- 국가연구개발사업의 추진체계는 중앙행정기관, 연구관리전문기관, 연구기관으로 구분
- 사업의 기획, 사업의 공고 및 신청, 과제평가 및 선정, 연구협약, 연구비 지급 및 사용, 결과보고 및 최종평가, 연구비 정산 순서의 절차를 따름
- 동 과제는 사업의 기획 단계로서 세부절차적인 사항이 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에 근거하고 있는지 평가

□ 중앙행정기관의 장은 다음의 사항을 포함한 기술수요조사를 정기적으로 실시하고 그 결과를 반영하여 연구개발과제를 발굴해야 함

- 제안하는 기술의 개발목표 및 내용

- 제안하는 기술의 연구개발 동향 및 파급효과
- 제안하는 기술의 시장 동향 및 규모
- 제안하는 기술의 개발기간, 정부지원 규모 및 형태
- 제안하는 기술의 연구개발 추진체계
- 제안하는 기술에 대한 평가의 주안점

2) 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성

- ☐ 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역재에 적용될 때의 고려사항으로써 국가연구개발사업의 지원이 금지보조금에 해당하여 외국과 마찰이 있을지 평가
 - WTO 보조금 협정에 관한 검토로써, 보조금이란 정책당국이 특정한 정책목표를 달성하기 위하여 산업 및 기업 활동에 제공하는 각종 지원을 의미
 - 연구개발지원정책이 내용상 금지보조금에 해당하는 경우 동 협정에 따른 조치의 대상이 될 수 있음
- ☐ Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획은 그 내용상 상품무역에 관련된 지원이 아니므로, 금지보조금에 따른 분쟁 가능성은 없음

3) 평가결과

- ☐ 법적·제도적 위험요인 평가는 근거법령의 적절성, 타 법령과의 충돌가능성, 국가연구개발사업 절차의 누락가능성, 연구개발사업 추진결과의 분쟁가능성 등을 평가
- ☐ 검토결과, 법적·제도적 위험요인은 없는 것으로 판단
 - 건설기술진흥법에서는 건설기술을 규정하고 있으며, 동 사업의 기술분야는 건설기술에 해당하며, 건설기술진흥법에 따라 연구개발사업과 공동연구개발을 지원받을 수 있음
 - 동 사업 관련 법령을 검토한 결과, 각 법 및 제도의 건설기준을 만족하게 되면 충

둘 가능성은 없는 것으로 판단

- 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에서 제시한 사전조사 및 기획연구의 내용을 충실히 반영하였으며, 절차의 누락 가능성은 낮은 것으로 판단됨
- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획은 그 내용상 상품 무역에 관련된 지원이 아니므로, 금지보조금에 따른 분쟁 가능성은 없음

〈 표 5.15 〉 위험요인 평가결과

구분	없음	일부위험	위험
사업추진 근거법령의 적절성	○		
타 법령과의 충돌 가능성	○		
국가연구개발사업 절차의 누락 가능성	○		
연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성	○		

다. 사업수행 위험요인 및 대응방안

1) 사업수행 위험요인

□ 동 사업 관련 불명확한 부처별 역할

- 각각의 개발된 기술 간의 연계 및 개발된 기술의 활용도를 높여 사회적, 경제적 이슈 해결이 가능토록 하는 것이 필요
- 동 사업 관련 기술개발의 연계 및 활용을 위해서는 관리주체 간 협의와 협력이 중요하며, 관리주체 간 이해관계 충돌을 완화하기 위해 산·학·연 등 다양한 부문 간의 협력적 네트워크 구축과 관계기관의 협의체 구성 등의 방안 검토

2) 대응방안

□ 타부처 협의방안

- 동 사업 관련 연구개발은 여러부처에서 연구개발이 진행되어야 되며, 이에 대한 연구를

연계 및 활용하기 위해서는 가장 밀접한 관련이 있는 국토부에서 전담하고 주요 융복합 관련 기술은 타부처와 협력하여 추진 필요

- 각각의 부처에서 추진하기 위해 고나련 주력 기술 및 지식을 공유하고 협력하여 Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 관련 연계 및 활용 기술 개발 추진 필요

5.2 기술적 타당성

가. 기술개발 계획의 적절성

1) 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 구체성

- “(가칭) Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발” 사업의 총괄 목표를 구체화하여 제시하였음
 - “Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발”은 현재 도심지 교통문제 해소 및 미래 사회 및 기술변화에 따른 모빌리티 변화를 고려하여 신 교통수단 및 관련 인프라에 대한 기술을 개발하는 사업으로 기술개발에 따른 수혜자는 국가와 국민이므로 연구개발 목적 및 타당성이 명확함
 - “Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발” 기술 구현 수준이 높은 자동차 교통물류체계와 관련 인프라 개발에 대한 것이며, 아직까지 국내에서 구현된 바 없는 기술로 운영(시스템) 기술과 안전확보 기술개발이 반드시 병행되어야 기술 완성도 및 실용화 가능성이 높기에 성과목표에 반영함
- 연구 비전 설정의 구체성
 - 본 연구의 비전은 “빠르고 편리한 친환경 신 교통인프라 구축을 통해 도로교통 패러다임 전환 및 미래 도로상 구현”이며 국토교통 7대 신산업 중 스마트 시티 및 자율 주행차 분야와 관련이 있고, 가까운 미래에 변화 가능한 도로상을 국민 요구 및 사회문제 해결에 부합하는 교통인프라 개발을 통해 구현하기 위한 목적으로 제시하였음
- 연구목표 설정의 구체성
 - 본 연구의 총괄 목표는 “친환경 차량탑재 고속 이동체 및 인프라 구축기술 확보를 통한 도심 공간 입체 활용성 증대 및 교통개선 기여”이며 연구개발을 통해 개발하고자 하는 목적물과 기술개발을 통해 실현 가능한 효과를 구체적으로 제시하였음

○ 연구내용 설정의 구체성

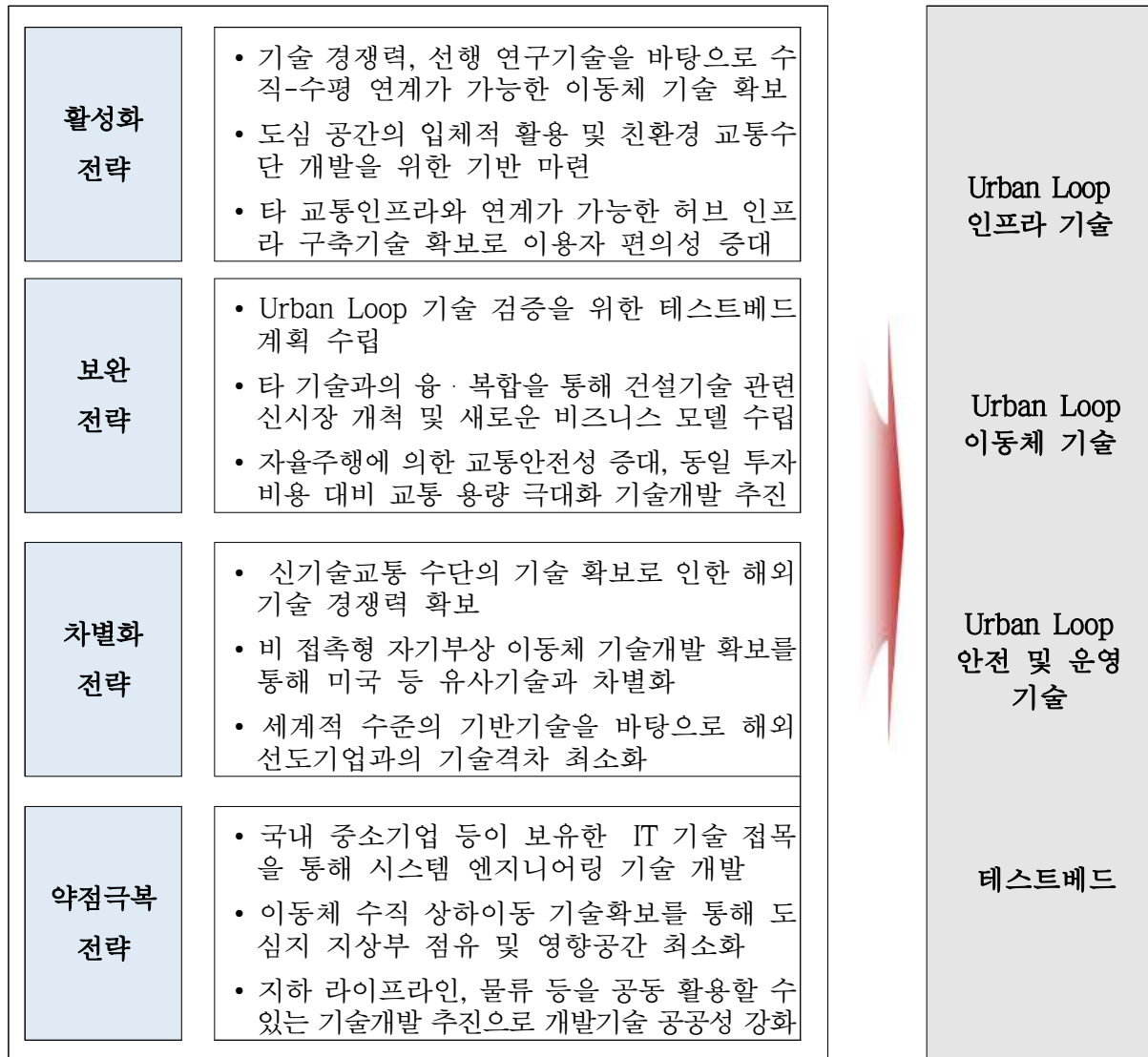
- 3개 중점분야 구분에 따라 8개 핵심기술로 분류하였으며 핵심기술에 따른 연구내용은 본 연구사업의 총괄목표 및 성과목표 달성을 위해 필요한 내용들로 적절하게 반영되었음
- 각 핵심기술의 기술개발 필요성, 기술개발 목표, 기술개발 내용 및 성과, 기술개발에 따른 기대효과를 정리하여 나타내었으며 각 연구내용은 각 핵심기술 및 중점분야 그리고 성과목표와 총괄목표 달성을 위해 타당하게 구성되었음

2) 사업 추진 전략의 적절성

□ 사업추진전략의 구체성 및 도출근거

○ 사업추진전략의 구체성

- 본 과제는 산, 학, 연 전문가로 구성된 기획위원회와 다양한 전문가 의견수렴을 통하여 기술의 정의 및 개발 기술의 적용 시나리오를 수립하였으며 이러한 과정을 통해 미래 사회 및 기술변화를 고려한 기술개발 시나리오를 수립함
- 또한 과제의 총괄목표 및 기술구성을 비롯하여 정책, 시장, 기술동향에 대한 조사와 함께 논문 및 특허분석 등 객관적이고 정량적인 자료를 바탕으로 PEST분석, SWOT 분석을 실시하였고 이를 통해 글로벌 주요 트렌드가 반영된 미래 교통인프라 관련 기술이슈를 도출함
- SWOT분석을 통한 중점분야도출, 중점분야에 따른 핵심기술과 각 핵심기술에 필요성 구성기술을 도출하였음
- 선정된 4개 중점분야와 7개 핵심기술, 연구내용을 바탕으로 사업 추진을 위해 반영해야할 5개 추진전략으로 단계별 추진전략, 수요처 확보 R&D 추진, 민간 참여 및 확산, 기술 경쟁력 확보 방안, 기존 연구 연계 활용 방안을 제시하였으며 사업 추진시 주요 수요처이자 테스트베드 사업 선정 협력이 가능한 지자체와의 구체적인 실증 추진방안을 제시함
- 2020년 이후 추진 사업(경기도)에 Urban Loop 기술개발 및 실증 협력 사업 반영을 통해 킨텍스, 판교(승객), 평택항(물류) 등을 대상으로 실증 추진이 가능할 것으로 기대되며 이러한 수요처 확보를 통해 사업추진전략을 구체화 함



중점분야 및 핵심기술	중점분야	핵심기술
	Urban Loop 인프라 기술	- 소단면 튜브 운송관 최적 설계 및 시공기술 - Prototype 선로 구축 및 기술검증 - 소·중규모 교통, 물류 허브 인프라 구축 기술
	Urban Loop 이동체 기술	- 수직-수평 연계가 가능한 자기부상 이동체 설계 및 제작기술 - 운행 동력 및 운영시스템 기술
	Urban Loop 안전 및 운영 기술	- 이동체 적정 교통량 관리기술 - 통합관리 및 모니터링 시스템 구축 기술
	테스트베드	- 테스트베드 - 실용화를 위한 법·제도 마련

○ 사업추진체계의 적절성

- 추진체계 및 핵심기술에 따른 연구개발 내용 등 구성은 기획연구진과 기획분과위원회의 브레인스토밍을 통해 과제의 목적, 기준, 그룹핑 순으로 진행함
- 본 연구과제는 총 10년의 연구기간, 7개의 핵심기술, 31개 세부 기술 구성 및 1,100억원(정출금 기준) 규모의 전체 사업 특성을 고려할 때 사업단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨
- 추진전략 수립을 통해 총 10년의 사업기간을 3단계로 나누어 사업추진체계를 수립하였으며 1) Urban Loop 이동체 및 인프라 핵심기술 개발, 2) 핵심기술의 연계 및 Prototype 검증, 3) 운용환경 구축 기술 및 테스트베드로 구분함
- 본 연구사업의 1단계는 단일노선 형태의 Urban Loop 구축을 위한 이동체 및 인프라에 대한 핵심기술 개발을 목표로 하며 기술적 및 사회적 여건 변화에 따라 연구개발 수행에 따른 기술력 확보가 시급할 경우에는 1단계 사업에 대해서 연구단급 형태의 추진을 통해 핵심기술 확보가 가능할 것으로 판단됨
- 또한 사업의 대상을 정의하고 중장기적 관점에서의 마스터플랜을 공간적 개념과 서비스 차원으로 구분하여 각각의 마스터플랜 적용 시 장단점을 분석하여 제시함

추진전략	내 용
3단계 추진	• 사업기간(10년)내 3단계(3+2+5)로 추진 - 본 연구개발 사업은 1) Urban Loop 이동체 및 인프라 핵심기술 개발, 2) 핵심기술의 연계 및 Prototype 검증, 3) 운용환경 구축 기술 및 테스트베드로 크게 구분 - (1단계) 단일노선 형태의 Urban Loop 구축을 위한 이동체 및 인프라에 대한 핵심기술 개발을 목표로 함 - (2단계) 1단계에서 개발된 핵심기술을 바탕으로 기술간 연계를 통해 Urban Loop 운영을 위한 기반 기술개발을 완료하여 Prototype 기술 검증 실시 - (3단계) 허브 인프라 구축, 시스템 평가 및 운용환경 구축 등 기술개발을 완료하여 테스트베드를 통해 개발기술의 종합적 실증 실시 • 단계별 연구성과, 기술적 및 사회적 여건 변화를 고려하여 사업 일부 조정
수요처 확보 R&D	• 경기도, 서울시 등 주요 수요처로 예상되는 지자체 참여를 통해 연구성과의 종합적 검증이 가능한 실증 계획 확보 - 경기도, 서울시 등과 지속적 공감대 형성 및 논의를 지속하여 왔으며 경기도의 경우 4차산업혁명위원회와 기술협력 방안 지속 논의 중 - 2020년 이후 추진 사업에 Urban Loop 기술개발 및 실증 협력 사업 반영을 통해 킨텍스, 판교(승객), 평택항(물류) 등을 대상으로 실증 추진
다양한 민간 참여·확산	• 건설사(설계·시공), 장비(건설엘리베이터), S/W(통신) 등 다양한 민간업체 참여 유도 • 중소기업 및 스타트업 기업 참여 유도를 통해 새로운 비즈니스모델 창출
국내 선도기술 융복합을 통한 경쟁력 확보	• 기술경쟁력이 높은 국내 ICT기술, 자기부상기술 및 수직이동(엘리베이터) 기술 융복합을 통해 해외 기술 경쟁력 확보 • 특히, 자기부상기술을 이용한 비접촉식 차량탑재 이동체 기술은 아직까지 국내외 적으로 개발 초기 단계이므로 기술 경쟁력 우수
기존 연구 연계활용	• PRT, 자기부상열차, 자율주행차 등 본 연구관련 기존 선행연구 결과를 연계·활용

3) 기술개발 로드맵의 우수성

- 본 연구개발 사업의 거시적 기술개발 로드맵을 작성함으로써 연도별, 중점분야별 및 핵심기술별 기술 추진 내용, 성과 등을 파악할 수 있도록 효과적으로 작성된 것으로 판단됨
- 또한, 제시된 기술로드맵을 바탕으로 사업추진 시급성이 높은 기술 및 기술간 연계 관계 파악, 각 핵심기술에서 도출 가능한 주요 성과물을 제시하여 연구개발 최종 성과물 도출에 필요한 요소기술과 기술개발 흐름이 명확하게 드러나도록 작성됨
- 본 연구기획을 통해 작성된 기술개발 로드맵은 국내외 기술동향, 환경분석 결과 등을 종합하여 도출된 핵심기술 및 구성기술을 대상으로 하기 때문에 기술적, 사회적, 경제적, 정책적 측면의 분석결과가 반영된 것으로 고려할 수 있음

중점분야	핵심기술	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	주요연구성과		
Urban Loop 언프로그 기술	소도면 특수 운송권 최적 설계 및 시공기술	이동체 속도, 환기 등을 고려한 최적 안전 설계 시공기술										다양한 건설장비 타점 및 자동차 수중에 따른 클라우드 컴퓨팅 기반 지능형 건설장비 제어 시스템		
		도시지 최적 수직류브 설계 시공 기술												
		분리류 류브 및 이동체 주행에도 설계 시공기술												
		운행 중 진동감압 및 내진 등 동적 구조물 안정성 확보 기술				지하 라이프라인 등 타 인공의 공동 활용 설계 시공 기술								
						류브 인공의류 유압유체를 위한 간접도 모-카탈 및 평가 기술								
						이동체 전파 기술(물리량 및 제제량) 계산								
		Prototype 선로 인공의류 설계 시공 및 상능 검증												
	소·중규모 교통, 물류 허브 인공의류 구축기술	소규모 모빌리티 허브 인공의류 구축 기술				소·중규모 복합 모빌리티 허브 인공의류 구축 기술						광역의 W-4를 이용한 무선통신 체계 및 Positioning 기술 기반 IoT 장비운영체계 구축		
						타 교통 인공의류 연계 기술								
		지하 물류 운송 인공의류 구축 기술												
Urban Loop 이동체 기술	수직·수평 연계 자기부상 이동체 설계 및 제작기술	수직·수평 연계가 가능한 이동체 최적 자기부상 설계 제작 기술										자율주행 가능한 드론 시스템 및 무인운행체		
		차량 통제 및 수평 연계가 가능한 초고속 수직 이동 시스템 기술												
		이동체 운영방식을 고려한 시스템 설계 제작 기술(1)				이동체 운영방식을 고려한 시스템 설계 제작 기술(2)								
		Prototype 이동체 설계 제작 및 상능 검증												
		수평 이동체 추진 방식 전역공간 방식 설계, 제작 기술												
	운행 동력 및 운영시스템 기술	수직 이동 시스템 운영 및 제어 기술										건설현장정보 수집 시스템 및 건설현장 분석·지원시스템		
		안전감압 구조, 과속 안전성 확보 등 안전 시스템 기술												
						수직·수평이동 연계 비동력 제어 기술								
						멀티 제어이동 알고리즘 기술								
Urban Loop 안전 및 운영기술	이동체 적정 교통량 관리기술					이동체 적정 교통량 관리 기술								다양한 건설장비 타점 및 자동차 수중에 따른 클라우드 컴퓨팅 기반 지능형 건설장비 제어 시스템
						분산제어 통합관리 기술								
						다중데이터를 센터 데이터 처리 기술								
	통합관리 및 모-부동 시스템 구축 기술	초고속 이동체 이동상황 모-부동 및 제어 시스템 기술												
										차량 및 이동체 네트워크 보안 및 불투명성 기술				
		유고상황 시 이동체 자동회복 시스템 구축 기술												
	테스트베드					테스트베드 설계								광역의 W-4를 이용한 무선통신 체계 및 Positioning 기술 기반 IoT 장비운영체계 구축
										테스트베드 건설				
	테스트 베드	기술표준화					설계 기준, 유지보수 지침서, 안전관리 지침서 개발							
								운영 및 안전 기술 표준화						

나. 기술수준 및 성공 가능성

1) 기술수준 및 성공 가능성

□ 지하공간 개발 분야

- Urban Loop 구축과 관련하여 지하공간개발 분야 기술은 성장기 단계로 판단되며, 지하공간을 활용한 도로 구축은 자연환경 훼손 방지와 새로운 공간 창출이라는 측면에서 매우 중요한 구조물로 인식
- 타 국가대비 국토가 작고 인구 밀집도가 높은 우리나라에서 활용도가 급증하고 장대화 되고 있는 추세임
- 수도권광역급행열차(GTX)와 제물포터널, 서부간선지하도로와 같은 대심도 터널 구축이 계획 또는 진행 중에 있으며 이러한 사업 동향을 고려할 때 지속적인 설계 및 시공 기술 발전이 예상됨
- 기존의 지하도로는 육상에 있는 도로를 지하로 옮기는 것으로 본 연구에서 고려하고 있는 Urban Loop와는 차별화 됨
- Urban Loop에 대한 직접적인 기술은 없는 상황이지만, 이를 실현하기 위한 부문 기술, 즉 자기부상, 터널 등에 대한 기술은 이미 기반 기술을 갖추고 있어 연구개발 목표 달성을 위한 충분한 역량을 확보한 상태임
- 해외에서도 관련 분야는 성장기 단계에 이르렀으며, 선진국인 유럽(스위스, 독일)이 기술을 선도 중임
- 국내와 달리 스위스의 경우 57km의 세계최장 철도터널을 개통하여 세계적으로 독보적인 지하 철도시설을 구축함
- 해외에서는 대심도 터널 및 해저터널뿐만이 아니라 지하에 에너지 저장고와 방폐장, 하수처리장등 혐오시설 수요도 꾸준히 증가 중임
- Urban Loop 시공시 비용절감, 성능향상 및 유지관리를 위한 정보화가 필요하며, 각각의 시공단계에서 구조별 성능중심의 체크리스트 정보화가 가능함
- 또한 기존의 3D 레이저 스캐닝으로 취득한 형상정보기반의 데이터와 AI기반의 머신러닝을 활용하여 시공단계 및 유지관리에 활용이 가능함

□ 자기부상 및 이동체 분야

- 이동체 분야는 개념 도입기로 구분할 수 있으며 자기부상 기술 활용이 예상되는 Urban Loop 이동체 분야는 아직 개념 설정 중의 미성숙 기술
- 미국의 엘런머스크가 제안한 이동체 컨셉은 초기개념이며 현재는 전기자동차에 보조 안내륜을 부착하는 형태로 인프라 구축 중
- 바퀴를 이용한 이동방식도 목표속도 달성에 불가능 한 것은 아니지만 타이어나 노면 마찰에 따른 마모 분진 발생 우려가 높으므로 자기부상 기술 적용 필요
- 최근 이탈리아(Ironlev사)에서는 자기부상의 원리를 이용한 이송체 기술 개발 중
- 해당 기술은 영구 자석의 특수 구성을 통해 외부에서 공급되는 전력이 없더라도 이송체를 레일위로 띄울 수 있다는 장점을 갖음
- 미국, 유럽 등을 중심으로 한 Hyperloop 개발사들은 Hyperloop 이동체의 핵심 기술 중 하나로 자기부상 기술을 적용

□ 이동체 자율주행 분야

- 수평 이동체에 대한 군집 및 자율 주행 관련 기술은 유럽·미국·일본 등 선진국에는 모두 뒤지고, 중국에만 겨우 앞서고 있는 것으로 나타남
- 세계 최고 수준인 유럽을 100으로 했을 때, 국내 기술 수준은 79.9 수준에 머물렀으며, 기술 격차도 1.6년에 이르며, 5년전 1.4년보다 기술격차가 더 벌어짐
- 이동체 안전기술을 구현하는 시스템은 대기업들의 투자로 어느 정도 확보한 상태이지만 주변상황인식 센서 등 핵심 부품 기술력이 미흡
- 이동체의 자율주행 관련 전체 특허 중 52%가 보쉬 등 독일 기업들이 소유하고 있음(보쉬의 특허 출원은 958건, 아우디 516건, 컨티넨탈 439건 등)
- 특허 보유 상위 10개 기업 중 6개가 독일 기업일 만큼 가장 앞서 나가고 있음
- 하지만 특허로 나타낼 수 없는 Big Data, Connectivity, AI, HMI 등의 플랫폼 영역에서는 구글, 애플 등의 미국 업체들의 독주가 이어지고 있으며, 향후 주요 기술 영역이 이 분야로 이동할 것으로 예상 됨

2) 기술개발의 성공 가능성

- 이동체 핵심기술 중 하나인 자기부상 기술에 있어서는 국내에서 중저속(인천공항) 및 고속(오송 철도시설공단내 시험선) 자기부상열차를 개발한 실적 등을 바탕으로 세계 최고 수준의 기술 보유
- 따라서 이동체 기술(시스템) 구현은 현 가용 기술의 조합을 최적화하여 도출 가능하므로 기술개발 성공가능성 높음
- 이동체, 추진, 동력, 운영 등에 관련된 요소기술을 어떻게 최적화 하여 조합하느냐에 따라서 경제성(초기 투자비 및 운영비 최소화), 기술성 등 확보가 좌우되므로 현재 보유 중인 기반기술을 바탕으로 최적화된 조합을 도출해 내는 것이 기술개발 성공의 핵심 열쇠임
- 기술개발이 상용화 수준으로 완료된다면 이동체, 산업자동화 등 다양한 분야에서 활용이 가능할 것으로 예상되어 시장성 및 기술사업화 가능성 높음
- 또한 다음의 관련 기술들을 연계하여 최적의 연구성과 도출 및 기술개발 성공이 가능할 것으로 예상
 - 초음파, 레이더, 라이다 등의 센서 기술에 적용 될 수 있는 지능형 반도체와 고성능 컴퓨팅 기능을 제공하는 멀티코어의 기술 개발
 - 세계적으로 앞서있는 국내 5G 기술을 이용하여 차량 간 또는 차량-인프라 간 Multi-Direction 커넥티드 기능을 제공하기 위한 초연결 통신기술 개발
 - 주어진 정보들을 기초로 새로운 명제를 도출하는 추론분야의 인공지능을 활용한 인식, 판단 관련 지능형 SW 플랫폼 기술 개발
 - 기존의 PKI 인증 기반의 보안 시스템에서 보다 실시간 무결성 확보가 중요한 자율주행의 해킹 방지를 위한 초 분산 환경에서의 보안 시스템 개발
 - C-ITS와 연계하여 전자정밀지도 기반의 LDM(Local Dynamic Map)을 통해 도로의 상황정보(낙하물, 공사중 등)를 실시간으로 서비스하여 자율주행의 안전성 및 주행 성능 향상
 - 기존 플랫폼 산업의 경쟁력을 도십지 초고속 지하도로와 연결하기 위한 비즈니스 모델 개발

- 본 연구과제에서 대상으로 하고 있는 Urban Loop는 아직까지 전 세계적으로도 그 사례가 없는 신 교통인프라 이므로 구체화 및 현실화를 위한 실증 및 검증이 연구 결과 성공/실패를 가름할 수 있는 중요한 요소임
- 따라서, 사업 준비 단계에서부터 테스트베드 대상 사업을 확보하고 해당 사업을 타겟팅하여 단계적이고 체계적인 연구개발 수행을 통해 성공적인 연구성과 도출을 도모할 수 있을 것으로 판단됨

3) 기존 연구과제의 중복성

- Urban Loop형 차량 탑재 고속 이동체 및 인프라 기술개발 사전기획 관련 각 부처별 유사사업을 조사 및 비교분석하여 차별성 및 연계방안을 제시
 - 총 3개 부처에서 6개의 유사한 세부사업을 비교 및 분석하여 본 사업의 차별성 및 연계성을 제시하였으며 기존 연구과제와의 중복성 문제는 없는 것으로 조사됨
 - 한편 유사 사업 조사를 통해 연계활용 방안을 수립하였음

5.3 경제적 타당성

5.3.1 비용편익 분석의 개요

가. 분석 개요

- 경제적 타당성 분석은 공공사업의 추진으로 통해 국민경제 전체에서 발생이 예상되는 편익과 비용을 추정하고 이를 이용해 투입 비용 대비 예상 가능한 편익의 비교를 통하여 사업추진의 타당성을 판단함
- 한편, 연구개발사업의 경제적 타당성 평가는 건설부문과 달리 수요추정에 기반한 편익 산출이 이루어지지 않으며, 비시장재에 대한 가치를 측정함에 따라 연구개발 결과물에 대한 내재된 가치를 계량화하는데 한계가 존재함
- 이러한 한계점에도 불구하고 사업추진 여부를 절대적인 가치 기준으로 판단이 용이한 비용편익 분석이 가장 폭넓게 활용되고 있으며, 현재, 연구개발부문 신규사업 추진을 위한 경제성 분석 방법론으로 인식되고 있음
- 경제적 타당성 분석을 위한 대표적인 분석방식인 비용편익 분석은 장기적인 안목과 넓은 안목에서 사업의 바람직한 정도를 평가할 수 있는 실용적인 방법이며, 모든 관련된 비용과 편익들을 하나하나 열거하고 평가하는 것을 의미
- 다만, 비용편익 분석을 위해서는 다양한 편익요소를 측정 가능한 화폐단위로서 분석이 이루어지는 것을 의미하며, 화폐단위로 환산이 불가능한 경우 비용효과 분석을 통하여 사업추진에 따른 상대적인 위치를 분석함
- 비용편익분석에 의한 결과 지표는 비용변계기간(pay-back period), 평균수익률(net average rate of return), 순현재가치(net present value; NPV), 비용편익비율(benefit-cost ratio), 내부수익률(internal rate of return; IRR) 등의 여러 가지가 있으며, 비용편익 비율을 기본 지표를 제시하며 순현재가치, 내부수익률 등의 지표를 제시함
- 비용편익 비율은 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나눈 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$\frac{B}{C} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함
- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단
- 편익/비용 비율은 특정 항목을 편익 또는 비용으로 처리하는가에 따라 값이 달라지는 단점이 있으나, 신규사업 추진의 타당성을 분석하기 위한 판단 기준으로 다양한 분야에서 활용되고 있음

나. 분석항목

- 경제적 타당성(비용편익 분석) 분석을 위한 기본항목으로 총사업비, 추가 투입비용 및 편익 등으로 구분할 수 있으며, 객관화된 데이터를 활용하여 화폐가치로 환산하여 추정함
 - 총 사업비는 계획된 사업기간 내 연구개발 목적을 달성하기 위해 투입되는 비용으로 인건비, 재료비 등의 직접비와 간접비 등의 항목으로 구성됨
 - 추가 투입비용은 기술개발 완료 후 사업화 또는 현장적용 등을 위해 추가적으로 투입되는 숨은비용(Hidden Cost)을 의미하며, 사업완료 후 등 사업기간과는 별도의 기간을 고려하여 합리적인 기준을 설정하여 추정함
 - 편익은 동 사업 추진을 통한 연구개발 결과물(성과)이 사업화 또는 현장적용을 달성하는 것을 가정하여 국민경제 측면에서 예상되는 편익항목을 세분화하여 추정함
- 분석된 총 비용과 총 편익을 현재가치화하여 B/C Ratio가 1.0이상일 경우 사업추진 타당성이 있는 것으로 판단

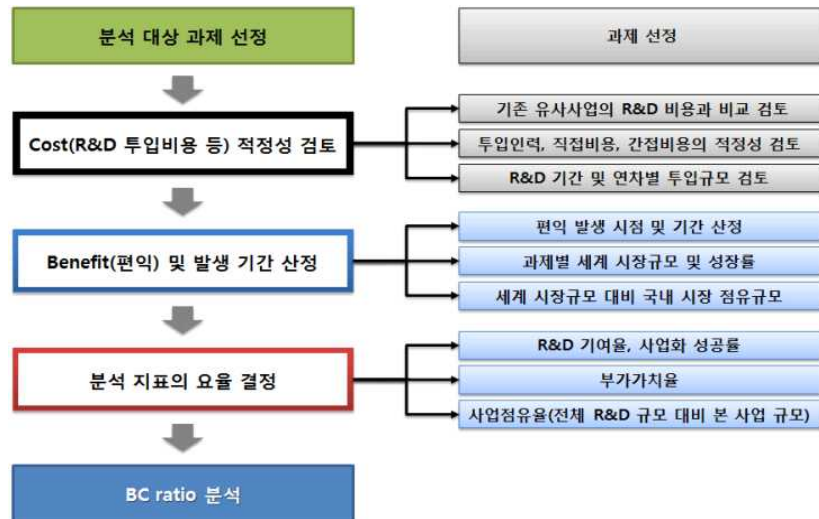
중항목	소항목		주요 검토 내용
비용 추정	연구개발	연구활동지원	· 과제규모, 연구수행주체(수, 질), 기술성숙도(기술수명주기), 연구기간, 연구개발단계, 과제특성(직접비/간접비 비중) 등
		체계개발(HW,SW)	· 용도, 사양, 중량, 복잡도, 기술적 난이도, 기존 수행경험, 기능점수 등
	연구시설·장비 구입 및 유지비	연구시설	· 용도, 면적(인원, 시설장비규모), 지형, 지질학적특성, 입지, 재료, 층수, 개조관련사항, 허가사항, 환경영향, 공공수용성, 내부체계 등
		연구장비	· 용도, 사양, 개수, 발주처(비교견적서) 등
	연구관리		· 관리인력(수, 질), 과제(평가, 관리방법, 과제규모), 등
편익 추정 ※ 시장수요접근법 ① 가장 많이 적용	수요 추정		· 해당 연구개발을 통해 실질적으로 혜택을 받을 수요를 추정
	편익 산정		· 對 국민 경제적 편익, 연구개발 편익, 과학기술 및 산업적 응용 편익 등을 고려 - 연구개발 편익 : 핵심 기술 및 노하우, 경험 확보->무형적 편익 - 편익 범위 명확화 및 기준선 설정 필요 - 직접 편익과 간접 편익 고려
경제성 분석	B/C 분석		· 현재가로 환산한 비용 대비 편익의 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단 · 시나리오 별로 BC 분석
	E/C 분석		· 편익을 화폐가치로 환산할 수 없는 경우 비용효과분석 적용 · 비용대비 효과 값이 비교대상 사업에 비해 클 경우 사업 시행이 적절함
	사회적 할인율 설정		· 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 데 사용하는 할인율 · 적정 사회적 할인율 5.5% 적용
	민감도 분석		· 투입 요소 변동에 따른 순현재가치의 변화 정도를 분석하기 위해 민감도 분석을 실시(할인율 $\pm 2\%$, 비용/편익 $\pm 20\%$) - 민감도가 클수록 위험한 사업으로 인식

〈 그림 5.1 〉 주요 검토 항목

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	· 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 추가 시장 창출 규모 · 관련 기업 추가 매출액 · 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 · 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 비용 절감액 · 인명피해/재해복구 등의 사회적 비용 감소 편익, 정보제공에 따른 사회적 편익증가 · 연구기반으로 인한 비용저감효과
	간접 편익	· 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등
비용 (Cost)	연구개발비	· 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연연의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고)
	시설구축비	· 단지조성, 센터 구축 등 시설구축비(설계비, 감리비, 측량비 등을 포함한 전체 공사비)
	운영 및 유지보수비	· 편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

〈 그림 5.2 〉 세부 편익 및 비용 항목

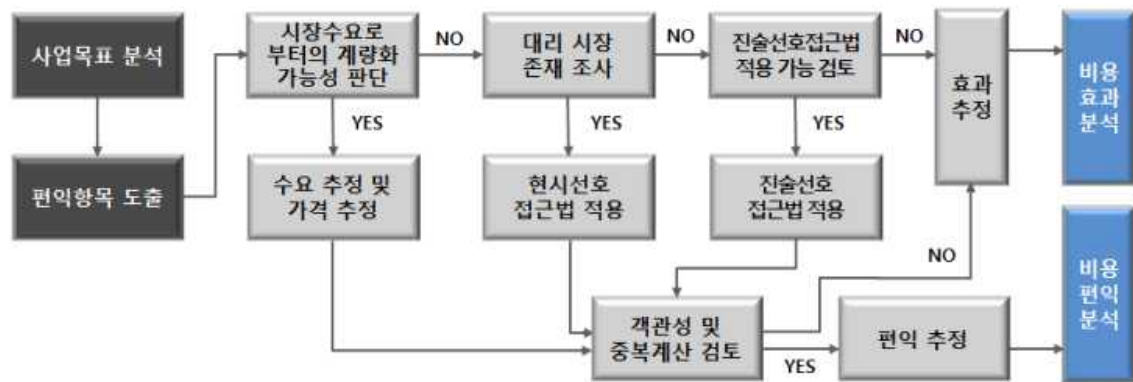
다. 비용-편익 분석 프로세스



〈 그림 5.3 〉 경제성 분석 프로세스

□ 분석대상 사업은 Urban Loop형 차량탐재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사전기획의 목표와 부합되는 예상성과로부터 기대되는 직접적인 경제적 편익을 분석하여 사업 전반적인 타당성 여부를 판단

- 먼저, 동 사업 수행을 위해 소요되는 총 사업비를 추정하여 기본비용으로 산정하고, 사업화 및 현장적용을 위한 추가 투입비용을 산정하여 총 비용으로 추정
- 다음으로 편익발생시점과 편익발생 기간 등을 설정한 후, 편익유형 및 추정방법을 결정하여 분석을 수행
- 마지막으로 편익산정을 위한 분석지표 설정 후 비용-편익 분석을 수행



〈 그림 5.4 〉 경제성 타당성 분석 과정 개략도

□ Urban Loop형 차량탐재 고속 이동체 및 인프라 기술개발사전기획은 총 4개의 전략분야에 24개 세부기술분야로 구성되어 있으며, 세부기술 분야의 예상 성과물로부터 기대되는 경제적 효과를 편익항목으로 세분화

- 동 사업추진에 따른 편익항목 도출을 위해 기존의 교통수단 및 인프라를 대체할 수 있는 신개념 교통수단으로써 비교 대상 교통수단/인프라인 도심도 지하도로 건설비용 대비 절감되는 공사비용과 지상부 교통을 지하화함에 따른 교통혼잡비용 절감 등을 추정
- (공사비용 절감) 현재, 도심지 지상부 교통체증이 심화됨에 따라 서울시와 부산시를 중심으로 교통정체 주요 구간의 지상부 도로를 지하화하는 사업을 추진 중에 있으며, Urban Loop형 교통수단 및 인프라 개발로 인해 도심지 도심도 지하도로를 대체할 수 있을 것으로 판단
 - 서울시와 부산시를 중심으로 일부 교통정체 구간에 대한 도심도 지하도로 건설사업을 추진 중에 있으나, 막대한 공사비용으로 사업추진 타당성 확보에 어려움에 직면
 - 지상부 교통을 지하화하는 기본방향은 동일하나 지하도로 대비 굴착면적이 현저히 감소함에 따라 지반굴착 비용을 획기적으로 감소할 수 있을 것으로 예상됨
- (교통혼잡 비용 감소) 기술적용 대상(혼잡구간)의 지상부 교통을 지하화함에 따라 상습적으로 정체됨에 따라 발생하는 사회적 비용은 교통혼잡 비용을 최소화할 수 있을 것으로 예상됨

5.3.2 비용편익 분석 전제조건

가. 비용편익 산정기준

□ 분석대상 기간

- 동 사업의 경제적 타당성 분석을 위한 분석대상 기간은 사업이 추진되는 초기 연도인 2020년을 시작으로 편익이 발생하는 최종년도까지로 설정함
- 경제성 분석기간은 사업 유형에 따라 각기 다른 기준을 적용함
- 국가연구개발사업은 기술분야에 따라 발전속도가 다른 특성을 고려하여 기술의 특허분석을 통해 산출되는 기술수명주기를 편익 회임기간 이후부터 적용함
- 일반적인 연구개발 사업의 경우 기술개발 완료후 회임기간을 고려한 기술수명주기를 편익발생기간으로 설정함
- 다만, 동 사업은 기술개발 완료 후 실질적인 인프라 건설이 이루어지는 것을 가정한 편익요소를 도출하였으며, 이에 따라 도로교량의 내구수명인 30년을 적용하여 편익발생기간을 설정함
- 즉, 사업 종료 이후 회임기간 5년을 고려하여 30년 동안 경제적 편익이 발생하는 것을 가정함

□ 사회적 할인율

- 동 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 기획재정부의 ‘예비타당성 조사 수행 총괄지침’에 따라 4.5%를 적용하여 추정

□ 편익항목

- 동 사업의 편익추정은 중점분야 및 세부기술이 개별적인 성과물로 시장에 출시되는 것이 아니며, 하나의 완성된 결과물으로써 새로운 교통수단 및 인프라의 형태로 추진됨에 따라 모든 세부기술의 유기적인 연계를 통해 상용화 되는 것을 가정하여 편익을 추정함
- 따라서, 동 사업의 편익항목은 기존의 공법(대심도 지하도로) 대비 새로운 공법

(Urban Loop 인프라)의 공사비용 절감 편익과 지상부 교통을 지하화함에 따라 교통체증이 해소되는 것을 가정한 교통혼잡비용 절감 편익을 추정

나. 총 비용 추정

□ 연구개발 비용

- 동 사업에 대한 총 비용은 사업초기연도인 2021년부터 사업이 종료되는 2030년까지 투입되는 총 비용을 고려하여 산정
- 3대 중점분야 27개 세부기술에 대한 사업비용은 총 1,473.5억 원이며, 연도별 투자계획은 다음과 같음
 - (Urban Loop 인프라 기술) 총 669.9억원(국고 500억원, 민자 169.9억원)
 - (Urban Loop 이동체 기술) 총 약468.9억원(국고 350억원, 민자 118.9억원)
 - (Urban Loop 안전 및 운영 기술) 총 약 334.7억원(국고 250억원, 민자 84.7억원)
 - (테스트베드) 본 예타사업 시 노선 선정 후 검토 필요

〈 표 5.16 〉 연도별 투자계획

세부기술	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	계
Urban Loop 인프라 기술	22.8	69.7	113.8	121.9	46.8	55	85.8	103.2	50.9	-	669.9
Urban Loop 이동체 기술	13.4	40.3	80.3	109.8	117.7	16.2	26.8	45.6	18.8	-	468.9
Urban Loop 안전 및 운영 기술	13.4	40.1	30.8	22.8	66.8	42.9	60.3	44.2	13.4	-	334.7
테스트베드	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	49.6	150.1	224.9	254.5	231.3	114.1	172.9	193	83.1	-	1,473.5

□ 추가 투입비용

- 동 사업의 지상부 교통을 지하화하기 위한 교통인프라 수단으로써 대심도 지하도로를 대체할 수 있는 Urban Loop형 인프라 구축을 목표로 하고 있음
- 따라서, 기존의 대심도 지하도로의 인프라 대비 추가적으로 차량 이동체 구축을 위한 시설설비 투자가 추가적으로 이루어질 것으로 예상되며, 이에 따른 차량 이동체 설비에 대한 추가적인 유지관리 비용을 발생할 것으로 예상됨
- 사업추진의 타당성 확보를 위한 사전 경제성 분석의 비용추정에서 실질적으로 투입되는 사업비와 함께 Hidden Cost를 추가적으로 고려할 필요가 있으며, 차량이동체에 대한 유지관리 비용을 추가 투입비용으로 고려함
- 유지관리비는 일반적으로 기존 실적을 바탕으로 예측 가능한 유지관리비를 추정하는 과정을 거치나, 동 사업의 인프라는 국내외 운영실적이 전무하여, 가장 유사한 경전철의 평균 유지관리 비용을 할인하여 적용함
- 철도부분 사업의 예비타당성조사 운영비 추정 개정(2015)에 따르면 경전철의 평균 유지관리 비용은 445,522천원/년·km(복선)으로 분석되었으며, 노면전차는 경전철 유지관리비의 약 37.5% 수준으로 검토됨
- 따라서, 동 사업의 차량이동체의 설비에 대한 유지관리비는 경전철 노면전차의 유지관리비의 유지관리비의 30% 수준으로 가정하여 편익발생 기간 동안의 유지관리비를 추가하여 총 비용을 추정함
- 경제성 분석을 위한 총 비용은 3,390.7원이며, 이를 현재가치로 환산하면 1,608.7억 원으로 산정됨

〈 표 5.17 〉 총 비용추정 결과

구분	총 비용	현재가치	구분	총 비용	현재가치
2021년	49.6	43.5	2041년	61.5	22.3
2022년	150.1	125.9	2042년	63.1	21.9
2023년	224.9	180.5	2043년	64.8	21.6
2024년	254.5	195.4	2044년	66.4	21.1
2025년	231.3	170.0	2045년	68.2	20.8
2026년	114.1	80.2	2046년	69.9	20.4
2027년	172.9	116.3	2047년	71.8	20.0
2028년	193.0	124.3	2048년	73.6	19.7
2029년	83.1	51.2	2049년	75.5	19.3
2030년	-	0.0	2050년	77.5	18.9
2031년	6.0	3.4	2051년	79.5	18.6
2032년	12.0	6.5	2052년	81.6	18.3
2033년	18.0	9.3	2053년	83.7	17.9
2034년	24.0	11.9	2054년	85.9	17.6
2035년	30.0	14.2	2055년	88.1	17.3
2036년	36.0	16.3	2056년	90.4	17.0
2037년	42.0	18.2	2057년	92.7	16.7
2038년	48.0	19.9	2058년	95.2	16.4
2039년	54.0	21.4	2059년	97.6	16.1
2040년	60.0	22.8	2060년	100.2	15.8
합계				3,390.7	1,608.7

다. 편익추정 항목 및 논리구조

□ 편익항목

- 동 사업의 목표와 성과물의 수혜자를 중심으로 달성 가능한 편익항목을 도출
 - Urban Loop형 이동체 및 인프라 기술개발을 통한 사업목적·목표는 지상부 교통량을 지하로 전환하기 위한 교통인프라 건설비용 감소와 도심부 극심한 교통체증 해소를 통한 사회적비용 감소로 설정

이에 따라 최종 수혜자는 교통인프라 건설비용을 직접적으로 지출하는 공공분야(중앙정부, 지자체)와 교통인프라 시설을 이용하는 국민으로 설정

〈 표 5.18 〉 사업 주요 편익항목

편익항목	주요내용
공사비용 감소	- 도심지 지상부 교통정체 해소를 위한 입체적 교통인프라 (지하도록) 건설비용 대비 새로운 인프라 건설비용의 공사비용 절감 편익
교통혼잡 비용 감소	- 지상부 교통의 지하화와 차량탐재 이동체를 활용한 신속한 운송을 통한 도심지 교통혼잡비용 감소

□ 편익추정 계산식 및 분석지표

- 편익추정 방법은 우리나라 주요 대도시인 서울시·부산시 등에서 수립한 지하도로 건설 총 연장을 Urban Loop형 교통인프라로 대체되는 것을 가정한 두 가지 인프라 건설비용의 차이에 따른 공사비용 감소 편익
- 또한, 지상부 교통의 지하화와 차량탐재 이동체를 활용한 신속한 물류 운송을 통한 도심지 교통혼잡비용 감소 효과를 추정
- 편익발생 기간
 - 연구개발 성과물의 실제 현장적용을 위한 회임기간(5년)을 고려하여 일반적인 도로·교통 인프라 시설의 내구수명 30년을 적용하여 편익기간을 설정

○ 부가가치율

- 한국은행 산업연관표의 산업분류 중 기술분야와 연관성이 높은 토목건설 구조물에 대한 부가가치율을 적용

○ 사업기여율

- 동 사업 정부투자자와 민간투자 규모를 추정하여 동 사업과 관련된 분야에 대한 전체 투자와 동 사업이 점유하는 비율을 산정

○ 사회적 할인율

- 예비타당성 조사 표준지침(KDI)의 4.5%을 적용

〈 표 5.19 〉 편익분석 지표 및 산정기준

구분	주요내용
편익항목	- 기존 인프라 건설비용 대비 새로운 인프라 건설비용 감소 효과 - 도심지 교통체증 해소에 따른 교통혼잡비용 감소 효과
편익발생기간	- 도로교통 시설물의 내구수명을 고려한 30년을 적용
사회적 할인율	- 현재가치 환산 시 4.5% 적용(KDI 예비타당성 조사 지침)
사업기여율	- 동 사업과 관련된 분야에 대한 전체 투자와 동 사업이 점유하는 비율 54.6를 적용
R&D 기여율	- 35.4% 적용(2013년 국가과학기술심의회 제3차 과학기술기본계획에서 제시)
사업화 성공율	- 국토교통 R&D 과제의 평균 사업화 성공률 31.6% 적용
부가가치율	- 한국은행 산업연관표 투입산출표 기초가격 통합 소분류 데이터 활용

5.3.3 편익추정

가. 공사비용 절감 편익

□ 편익추정 개요

- 동 사업 수행에 따른 편익항목 중 공사비용 감소 편익은 대도시 도심지내 극심한 교통체증 해소를 위한 지상부 교통의 지하화를 위한 대심도 지하도로 인프라 건설을 대체할 수 있는 새로운 교통인프라로서 지하도로 굴차면적 대비 획기적으로 감소된 지하굴착에 따른 굴착비용 감소 규모를 추정
- 최근 대도시를 중심으로 개인차량 이용수요의 지속적 증가로 인해 교통혼잡이동이 지속적으로 증가하고 있으며, 도심지내 교통량 집중으로 인해 온실가스 배출량 및 미세먼지 등의 환경적 요인으로 지상부 도로의 지하화에 대한 요구가 확대
- 즉, 지상부 도로를 지하화함으로써 지상 녹지공간을 확보하고 입체적인 지하도로 건설을 통해 교통체증을 원천적으로 해소하여 막대한 사회적 비용인 교통혼잡비용을 최소화하기 위한 대심도 지하도로 건설을 추진 및 계획을 수립 중
- 특히, 국내 주요 대도시(서울시·부산시)를 중심으로 교통혼잡이 상시적으로 발생하는 주요 10개 구간을 대상으로 단계적인 추진계획을 수립

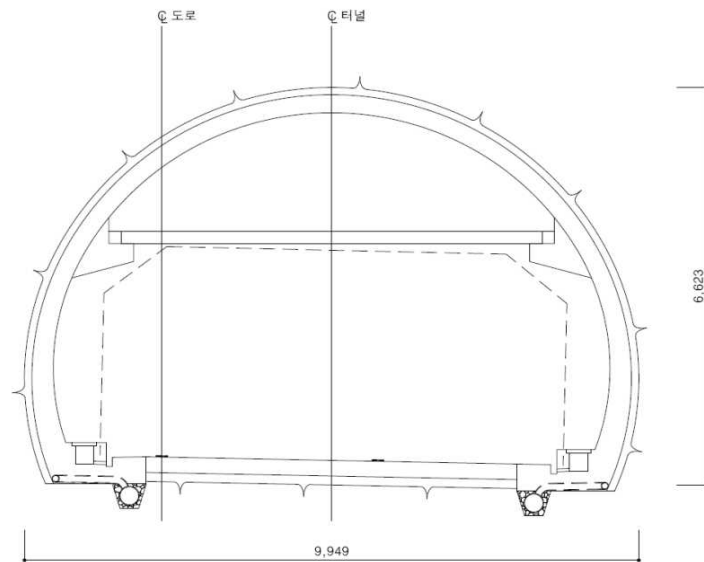
〈 표 5.20 〉 주요도시 지하도로 건설계획

사업명	연장(km)	주체	비고
서부간선도로 지하화	10.3	서울시	시공중
서울 재물포터널	7.5	서울시	시공중
만덕 ~ 센텀 지하도로	9.55	부산시	실시설계
경인고속도로 지하화	9.9	국토부	적경성 조사 중
서창김포 고속도로	18.4	국토부	
문학 ~ 검단 도로	18.5	인천시	
이수 ~ 과천 지하도로	5.4	서울시	최초 제안 접수
동부간선도로 지하화	12.8	서울시	
김해신공항 고속도로	22.8	국토부	
동작 ~ 서울역 도로	4.8	서울시	
합계	-	-	-

- 위와 같이 지상부 도로의 지하화에 대한 요구가 지속적으로 증가함에도 불구하고 막대한 공사비용과 기간이 소요되며, 싱크홀 및 환풍기 문제 등과 주변 주민의 지속적인 민원발생으로 사업시행에 걸림돌로 작용 중
- 한편, 동 사업에서 제시한 새로운 교통인프라는 지상부 도로를 지하화하는 기본방향은 동일하나 차량탑재 이동체를 적용한 모듈 주행을 통해 대심도 지하도로 대비 획기적으로 감소된 도로굴착이 이루어지는 것을 가정함
- 따라서, 대심도 지하도로 건설을 위해 소요되는 비용 항목 중 Urban Loop형 교통인프라를 건설함에 따라 절감할 수 있는 항목을 선정하여 지하도로 건설비용과 Urban Loop 건설 비용의 감소액을 추정함

□ Urban Loop 튜브(터널) 단면(안) 검토

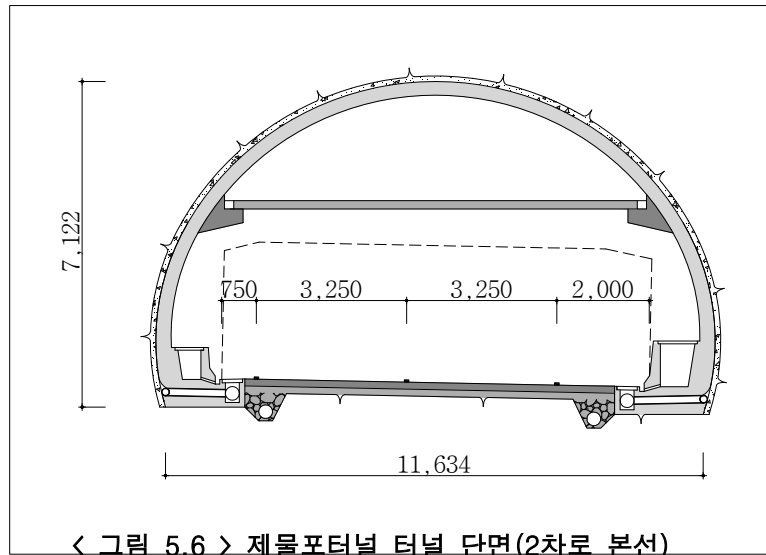
- Urban loop 단면(안) 도출을 위한 주요 고려사항은 다음과 같음
 - 기존 도로 대비 동일 교통량 처리 → 필요 차선 수 산정
 - 운행조건, 적용차량 및 이동체 제원 고려 → 노선(차로) 폭 및 시설한계 산정
 - 오염물질 제로화, 화재시 배연 고려 → 집중배연 조건을 고려한 풍도면적 산정
- 차선폭 설정 : 편도 3m(국내 등록 승용 및 승합차 최대제원 전폭은 2.4m이며 이동체 탑재조건을 고려하여 산정)
- 시설한계 폭 및 높이 설정 : 차선폭(3m), 양방향 운행 조건 고려 2개 노선, 여유 공간 0.5m×3를 고려하여 시설한계 폭은 7.5m로 설정하였으며 이동체에 탑재된 차량 높이(2.35m)를 고려하여 시설한계 높이는 3.5m로 설정
- 내연기관 배기가스 및 타이어 마모에 의한 오염물질 등이 발생하지 않는다는 조건에서 배연 목적으로 현행 최소 기준을 참고하여 풍도면적은 10.5m² 적용
- 상기와 같은 고려사항 및 조건을 적용하여 산정된 단면(안)은 폭 9.9m, 높이 6.6m이며 단면적은 55.5m² 임



〈 그림 5.5 〉 Urban Loop 튜브(터널) 단면(안)

□ Urban loop 단면(안)을 고려한 굴착비용 절감액 산정 (제물포터널 사례 참조)

- 지하도로의 경우 구조물공과 터널공이 토목공사비의 대부분을 차지함 (제물포터널의 경우 87.5%)
- 구조물공의 항목 대부분은 지상에서 지하로 또는 지하에서 지상으로 진입 또는 진출하는 개착 BOX구간 공사비이며 Urban Loop의 경우에는 지하 본선으로 수직이동을 통해 진입하므로 구조물공의 비용은 감소하고 수직구 공사비용은 증가할 것임
- 또한 동일한 노선 수 조건에서 기존 지하도로 대비 2배 이상의 교통용량 처리가 가능하기 때문에 터널 단면뿐만 아니라 터널 개수 감소(병렬터널 → 단터널)에 따른 비용 감소 효과가 발생함
- 제물포터널의 2차로 본선 터널은 차로폭 3.25m, 우측 길어깨 2.0m, 좌측 길어깨 0.75m가 적용되었으며 단면적은 72.7m^2 임
- 터널 공사비에 대한 개략 검토에서는 일반적으로 면적비에 따른 공사비 산정을 통해 비교할 수 있으므로 터널공에 대한 공사비 감소효과는 “Urban Loop 터널 단면적/제물포터널 단면적”의 비율을 고려하여 개략적인 검토가 가능함



□ 비용감소액 추정

- 현재 사업이 추진 중인 제물포 터널의 총 공사비와 세부항목을 검토하여 Urban Loop 건설에 따라 감소되거나 증가되는 주요 항목을 도출함
- 인천 제물포 터널 총 연장은 6.756km이며, 총 공사비는 4,922.3억원으로 산정되며, 비용항목은 토목공사비, 건축공사비, 전기공사비, 기계공사비, 조경공사비 등으로 구분
 - 공사비용 항목별 비중은 토목공사비(84.9%), 건축공사비(1.5%), 전기공사비(6.9%), 기계공사비(6.4%), 조경공사비(0.3%) 등으로 구분됨
 - 또한, 전체 공사비 중 토목공사비가 84.9%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 63.1%의 비용이 터널공에 소요됨

< 표 5.21 > 주요 항목별 공사비 증감 원인

공사비 항목	증감	증감원인
토목공사비	▽	터널단면 축소로 인한 굴착공비용 감소
건축공사비	-	
전기공사비	△	이동체 인프라 비용
기계공사비	△	
조경공사비	-	

- 전체 공사비 중 굴착공사 비용은 2,127억원이며, 총 연장을 고려한 공사비용은 315억원/km로 산출됨
- 한편, 인천 재물포 터널의 2차로 구간의 본선 굴착면적은 72.7㎡이며, Urban Loop형 인프라의 굴착면적은 최대 55.5㎡로 예상됨
- 굴착면적 비율을 적용한 굴착공사 비용은 240억원/km으로 기존 공사비 대비 약 24% 규모인 75억원/km의 비용이 감소될 것으로 추정됨
- 한편, 자기부상 기수 차량탑재 이동체 적용을 위해 필수적인 궤도설치 비용과 전력설비 등의 부분에서는 추가적인 비용이 발생할 것으로 예상되나, 현재 세부적인 건설비용 추정에 한계가 존재하여 기존의 인천자기부상열차 건설공사 비용을 참조하여 단위거리당 공사비용을 추정함
- 인천 자기부상 열차 궤도설치 비용은 40억원/km이며, 전력설비 비용은 12억원/km로 산정됨
- 다만, Urban Loop형 차량탑재 이동체는 자기부상 열차 대비 소형으로 궤도 및 전력설비 공사비용이 약 60%수준으로 적용되는 것을 가정
- 동 사업의 기술이 실질적으로 적용된다는 것을 가정하여 총 공사비의 변화를 살펴본 결과 비용 감소규모 75억원, 비용증가 규모 31.2억원으로 산정됨

〈 표 5.22 〉 적용대상 기술의 공사비 감소 규모 추정

공사비 항목	기존 인프라	신교통 인프라	증감
굴착공사비	315 억원/km	240 억원/km	▽ 75 억원/km
건축공사비	-	24 억원/km	△ 24 억원/km
전기공사비	-	7.2 억원/km	△ 7.2 억원/km
합 계			▽ 43.8억원/km

- 다음으로 해당기술 적용을 위한 대상선정은 현재 계획 중인 총 119.55km 구간의 계획대상을 중심으로 편익발생기간 동안에 단계적으로 10년간 추진되는 것을 가정하면 연간 약 11.95km의 구간에 Urban Loop형 인프라 건설기술 적용이 가능할 것으로 판단됨

〈 표 5.23 〉 연도별 공사비용 감소 규모 추정

(단위 : km, 억원)

연도	적용대상 구간	공사비용 감소 규모
2031	11.99	525.4
2032	11.99	525.4
2033	11.99	525.4
2034	11.99	525.4
2035	11.99	525.4
2036	11.99	525.4
2037	11.99	525.4
2038	11.99	525.4
2039	11.99	525.4
2040	11.99	525.4
합 계	119.95	5,254

□ 편익추정

- Urban Loop형 인프라 건설에 따른 공사비용 절감 편익을 추정하기 위해 단위당 공사비 절감액에 미래수요를 적용하여 총 공사비 절감액을 추정하였으며, 편익규모의 세분화를 위해 사업화 성공률, 사업기여율, R&D 기여율 등을 적용하여 편익규모를 추정

〈 표 5.24 〉 편익산정 기준 및 지표설명

구분	기준	주요내용
R&D 기여율	35.4%	- 35.4% 적용(2013년 국가과학기술심의회 제3차 과학기술기본계획에서 제시)
사업화 성공율	31.6%	- 국토교통 R&D 과제의 평균 사업화 성공률 31.6% 적용
사업기여율	80.0%	- 동 사업과 관련된 분야에 대한 전체 투자와 동 사업이 점유하는 비율 54.6를 적용
사회적 할인율	4.5%	-
편익발생기간	10년	- 사업종료 후 회임기간 5년을 고려

- Urban Loop형 인프라 건설에 따른 공사비용 절감 편익은 470.0억 원으로 산정되었으며, 현재가치화하면 229.3억원의 편익이 발생함

〈 표 5.25 〉 Urban Loop형 인프라 건설 공사비용 절감 편익

(단위 : 억원, %)

연도	비용 감소규모	R&D기여율	사업화 성공률	사업기여율	편익	현재가치
2031	525.4	35.4%	35.5%	80.0%	47.0	27.7
2032	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	26.5
2033	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	25.4
2034	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	24.3
2035	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	23.2
2036	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	22.2
2037	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	21.3
2038	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	2.4
2039	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	19.5
2040	525.4	525.4	35.5%	80.0%	47.0	18.7
합 계	-	-	-	-	470.0	229.3

나. 교통혼잡이용 감소 편익

□ 편익추정 개요

- 동 사업은 국내 도심지 지상부의 정체된 교통량을 지하공간에 Urban Loop형 인프라 건설을 통해 차량탑재 이동체를 활용함으로써 교통정체를 원천적으로 해소하고 신속성과 정시성을 담보함에 따라 사회적 비용인 교통혼잡 비용 감소가 가능
- 현재, 지상부의 정체된 교통량을 지하공간으로 대체하기 위해 도심도 지하도로 건설을 계획 중에 있으나, 막대한 공사비용과 과도한 공사기간, 환경적 문제, 다양한 민원발생 등으로 사회수행에 한계가 존재함
- Urban Loop형 신개념 교통 인프라는 기존의 지하도로 건설비용 대비 최소 24% 수준의 공사비용 절감이 가능하며, 지하도로 대비 더욱 향상된 교통운송 기능을 담당할 수 있을 것으로 예상되며, 이에 따른 교통정체 해소로 인한 사회적 비용 감소 편익이 발생할 것으로 예상됨

- 한국교통연구원(2015년)에 따르면 국내 교통혼잡 이용은 총 33조 4천억원으로 GDP의 2.16%로 예측되었으며, 서울을 포함한 수도권과 5대 광역시를 중심으로 심각한 수준의 교통혼잡 비용이 야기되는 것으로 분석됨
 - 서울 : 총 9조 4,353억 원(2010년 대비 18.6% 증가)
 - 6대 광역시(부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산) : 총 11조 8,575억 원(2010년 대비 17.2% 증가)
- 한편, 지역간 도로와 도시부 도로로 구분하여 교통혼잡 비용을 추정한 결과 지역간 도로(고속국도, 일반국도, 지방도 등)의 교통 혼잡 비용은 12조 567억 원이며, 도시부 도로의 교통혼잡비용은 총 21조 2,929억원으로 추정됨
- 즉, 우리나라 전체 교통혼잡 비용 중 도시부 도로의 교통혼잡 비용이 전체의 약 63% 수준으로 지역간 연계도로 대비 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 지속적인 도시 과밀과 승용차 이용비율 증가로 인한 것으로 나타남
- 한편, 교통수요 증가에 따른 도로 통행의 공급측면을 살펴보면 1980년 6,610km에 소 2016년 8,241km로 도로의 연장과 도로율이 지속적으로 증가했음에도 불구하고 증가된 승용차 통행을 모두 충족시키지 못하고 있는 것으로 판단됨
- 이에 따라서 기존의 교통수단과 인프라로 지속적으로 증가하고 있는 심각한 수준의 교통혼잡 비용을 해소하지 못할 것으로 예상됨에 따라 기존의 개념과 다른 신 개념 교통수단과 인프라 구축이 필요하며, Urban Loop형 교통수단 인프라를 통해 교통혼잡비용 감소에 기여할 수 있을 것으로 판단됨
- 따라서, Urban Loop형 교통수단 인프라 적용대상 도로연장과 교통연구원의 지역별 교통혼잡비용 연구결과를 활용하여 동 사업 추진에 따라 예상되는 교통혼잡 비용 감소 규모를 편익항목으로 추정함
 - Urban Loop형 교통수단 인프라의 기본개념과 목적성에 따라 도심지 내 지하도로 대체 수단으로 설정하며, 도심도 지하도로 건설이 추진 중이거나 추진예정 지역의 도로 연장을 추정하며,
 - 서울시와 부산시의 도시부 도로 총 교통혼잡 비용 중에서 도시부 도로 총 연장 대비 Urban Loop형 적용대상 도로 연장비율을 적용하여 교통혼잡비용 감소 규모를 추정

□ 교통혼잡 비용 감소규모 추정

- 동 사업의 성과물(교통수단 및 인프라) 적용대상인 도심도 지하터널을 계획 중이 대
도시는 서울시·인천시·부산시 등으로 분석됨
- 3개 대도시의 총 교통혼잡비용은 2012년 14조 8,560억 원에서 2015년 16조 5,028억
원으로 연평균 3.6% 증가 추세를 보이고 있음
- 3개 대도시의 도시부 교통혼잡 비용은 6개 광역시의 도시부 교통혼잡 비용의 77.5%
로 매우 높은 비중을 차지하고 있음

〈 표 5.26 〉 3개 대도시 도시부 교통혼잡 비용

(억원, %)

구분	2012	2013	2014	2015	증가율
서울	84,144	88,000	91,177	94,353	3.9%
인천	25,375	27,846	28,951	30,057	5.8%
부산	39,041	39,146	39,882	40,618	1.3%
합계	148,560	154,992	160,010	165,028	3.6%

- 3개 대도시의 총 도로연장은 2012년 15,449km에서 2015년 15,048km로 소폭의 감소
추세를 보이고 있음
- 서울시는 2010년 이후 도심지 교통혼잡 해소를 위한 다양한 정책수단을 추진 중에
있으며, 도로 인프라 구축의 한계점을 인식한 이후 도로용량 공급을 지양
- 인천과 부산시는 각각 연평균 2.1%, 6.0%의 증가 추세를 보이고 있음

〈 표 5.27 〉 3개 대도시 도시부 도로연장

(단위 : km, %)

구분	2012	2013	2014	2015	증가율
서울	9,286	9,212	8,263	8,124	-4.4%
인천	3,286	3,405	3,403	3,501	2.1%
부산	2,876	3,206	3,304	3,423	6.0%
합계	15,449	15,823	14,970	15,048	2.6%

자료: 통계청(도시계획현황 통계)

* 교통혼잡 비용은 지역간 연계교통과 도시부 교통으로 구분하였으나, 각 시도내 도로를 지역간 도로와 도시부 도로로 구분할 수 없어 전체 도로연장을 적용

- 앞서 추정한 3개 대도시의 교통혼잡 비용과 도시부 도로연장을 적용하여 단위당(km) 교통혼잡비용을 추정한 후 3개 대도시의 평균값을 적용하여 동 사업 추진에 따른 교통혼잡 비용 감소 규모를 추정
- 서울시, 인천시, 부산시의 단위규모에 따른 교통혼잡 비용은 2015년 기준으로 각각 11.61억원, 8.59억원, 11.87억원이며, 3개 대도시의 평균 값은 10.69억원으로 추정됨

〈 표 5.28 〉 3개 대도시 도시부 교통혼잡 비용(km)

(억원, %)

구분	2012	2013	2014	2015	증가율
서울	9.06	9.55	11.03	11.61	8.6%
인천	7.72	8.18	8.51	8.59	3.3%
부산	13.57	12.21	12.07	11.87	-4.4%
평균	10.12	9.98	10.54	10.69	1.8%

□ 교통혼잡 비용 감소 편익추정

- Urban Loop형 인프라 건설에 따른 교통혼잡 비용 편익추정을 위해 3개 대도시의 단위당(km) 교통혼잡비용 평균 값을 추정하였으며, 연간 11.99km의 Urban Loop형 교통인프라 구축을 가정하여 편익규모를 추정
- 한편, Urban Loop형 인프라 구축에 따른 편익기간은 일반적인 기술개발 사업의 기술수명주기를 활용하기 보다는 인프라 구축에 따른 사회적 비용감소 측면을 고려하여 일반적인 SCO 시설물의 내용연수인 30년을 적용하여 편익규모를 추정함
- 또한, Urban Loop형 인프라 구축 수요는 사업종료 후 회임기간 5년을 적용한 후 약 10년간 발생하며, 10년 이후에는 평균적인 도로연장 증가율에 따라 Urban loop형 인프라 관련 연장이 점진적인 증가추세를 이룰 것으로 가정하였으며, 기 구축된 인프라를 통한 편익은 지속적으로 발생하는 것으로 추정

〈 표 5.29 〉 교통혼잡비용 감소 규모 추정

연도	도로연장(km)	혼잡비용(억원/km)	혼잡비용 감소규모	비고
2031	11.99	10.69	128.2	-
2032	23.98	10.88	261.0	-
2033	35.97	11.08	398.5	-
2034	47.96	11.28	540.9	-
2035	59.95	11.48	688.3	-
2036	71.94	11.69	840.8	-
2037	83.93	11.90	998.6	-
2038	95.92	12.11	1,161.8	-
2039	107.91	12.33	1,330.5	-
2040	119.90	12.55	1,505.0	-
2041	123.02	12.78	1,571.9	-
2042	126.22	13.01	1,641.8	-
2043	129.50	13.24	1,714.8	-
2044	132.86	13.48	1,791.0	-
2045	136.32	13.72	1,870.7	-
2046	139.86	13.97	1,953.9	-
2047	143.50	14.22	2,040.8	-
2048	147.23	14.48	2,131.5	-
2049	151.06	14.74	2,226.3	-
2050	154.99	15.00	2,325.3	-
2051	159.02	15.27	2,428.7	-
2052	163.15	15.55	2,536.7	-
2053	167.39	15.83	2,649.5	-
2054	171.74	16.11	2,767.3	-
2055	176.21	16.40	2,890.4	-
2056	180.79	16.70	3,018.9	-
2057	185.49	17.00	3,153.1	-
2058	190.31	17.30	3,293.4	-
2059	195.26	17.62	3,439.8	-
2060	200.34	17.93	3,592.8	-
합 계	-	-	56,891.9	-

- 위 교통혼잡 비용 감소 규모에 Urban Loop형 인프라 구축 도로연장, R&D 기여율, 사업화 성공률, 사업기여율, 사회적 할인율 등을 적용하여 편익규모를 세분화함
- 대도시 도심부의 심각한 수준의 교통정체 구간을 대상으로 Urban Loop형 인프라를 건설하여 신속성과 정시성을 확보함에 따라 예상되는 교통혼잡 비용 절감 편익은 총 5,719.7억원으로 산정되었으며, 이를 현재가치화하면 1,552.2억원이 편익이 발생함

< 표 5.30 > Urban Loop형 인프라 교통혼잡 비용 감소 편익

(단위 : 억원, %)

연도	비용감소규모	R&D기여율	사업화성공률	사업기여율	편익	현재가치
2031	128.2	35.4%	35.5%	80.0%	12.9	7.6
2032	261.0	35.4%	35.5%	80.0%	26.2	14.8
2033	398.5	35.4%	35.5%	80.0%	40.1	21.6
2034	540.9	35.4%	35.5%	80.0%	54.4	28.1
2035	688.3	35.4%	35.5%	80.0%	69.2	34.2
2036	840.8	35.4%	35.5%	80.0%	84.5	40.0
2037	998.6	35.4%	35.5%	80.0%	100.4	45.5
2038	1,161.8	35.4%	35.5%	80.0%	116.8	50.6
2039	1,330.5	35.4%	35.5%	80.0%	133.8	55.5
2040	1,505.0	35.4%	35.5%	80.0%	151.3	60.0
2041	1,571.9	35.4%	35.5%	80.0%	158.0	60.0
2042	1,641.8	35.4%	35.5%	80.0%	165.1	60.0
2043	1,714.8	35.4%	35.5%	80.0%	172.4	59.9
2044	1,791.0	35.4%	35.5%	80.0%	180.1	59.9
2045	1,870.7	35.4%	35.5%	80.0%	188.1	59.9
2046	1,953.9	35.4%	35.5%	80.0%	196.4	59.9
2047	2,040.8	35.4%	35.5%	80.0%	205.2	59.8
2048	2,131.5	35.4%	35.5%	80.0%	214.3	59.8
2049	2,226.3	35.4%	35.5%	80.0%	223.8	59.8
2050	2,325.3	35.4%	35.5%	80.0%	233.8	59.7
2051	2,428.7	35.4%	35.5%	80.0%	244.2	59.7
2052	2,536.7	35.4%	35.5%	80.0%	255.0	59.7
2053	2,649.5	35.4%	35.5%	80.0%	266.4	59.6
2054	2,767.3	35.4%	35.5%	80.0%	278.2	59.6
2055	2,890.4	35.4%	35.5%	80.0%	290.6	59.6
2056	3,018.9	35.4%	35.5%	80.0%	303.5	59.5
2057	3,153.1	35.4%	35.5%	80.0%	317.0	59.5
2058	3,293.4	35.4%	35.5%	80.0%	331.1	59.5
2059	3,439.8	35.4%	35.5%	80.0%	345.8	59.5
2060	3,592.8	35.4%	35.5%	80.0%	361.2	59.4
합 계	56,891.9	-	-	-	5,719.7	1,552.2

다. 비용편익 분석 종합

- 동 사업 추진을 통해 예상되는 Urban Loop형 교통수단 및 인프라의 주요 편익항목 두 가지를 기준으로 경제적 타당성 분석을 수행하여 사업추진 타당성을 분석
 - Urban Loop형 교통 인프라 구축에 따른 기존 대심도 지하도로 대비 공사비 절감에 따른 비용감소 편익을 추정하였으며,
 - Urban Loop형 교통 인프라 구축에 따른 대도시 지역 교통혼잡비용 감소에 따른 사회적 비용감소 편익을 추정함
- 동 사업의 총 비용은 연구개발 비용과 인프라 구축에 따른 추가비용으로 차량이동체 유지관리비용을 고려하여 추정하였으며, 편익발생 기간 동안 총 3,390.7억원이 투입되며, 이를 현재가치화하면 1,608.7억원으로 산정됨
- 한편, 주요 두 가지 편익항목에 대한 총 편익을 현재가치로 환산하면 최소 1,384.9억 원에서 최대 2,311.7억원으로 산정됨
- 중립적 시나리오의 비용편익 분석 결과 B/C Ratio 1.11로 경제적 타당성을 확보한 것으로 나타남
 - 한편, 보수적 시나리오에서 총 비용은 1,418.8억 원이며, 편익은 1,384.9억 원으로 B/C Ratio는 0.98로 사업추진 타당성을 확보하지 못하였지만, 적용대상 확대 등으로 사업추진 타당성 확보가 가능할 것으로 판단됨

〈 표 5.31 〉 총 편익 추정

(억원, %)

구분		목표 시나리오		
		보수적(5.5%)	중립적(4.5%)	낙관적(3.5%)
비 용		1,418.8	1,608.7	1,847.2
편 익	공사비용 감소	196.6	229.3	267.7
	교통혼잡비용 감소	1,188.3	1,552.2	2,044.0
	합계	1,384.9	1,781.5	2,311.7
B/C Ratio		0.98	1.11	1.25

5.4 파급효과 및 미래상

□ 기술적 파급효과

- 미래 신교통 시스템 원천기술 확보를 통한 과학·기술 선도
 - 자율주행, 인공지능, 친환경자동차 등의 미래기술로 인한 시장의 확대로 제조산업 분야의 차세대 성장동력 확보, 서비스산업 분야의 성장 극대화가 예상되며, 향후 취업유발 8.8만명, 경제적 파급효과 23조원 예측(국토교통부, 드론 및 자율주행차 규제혁신 보고서)
- 미래형 교통수단 실용화 기술 선도, 수요처 확보 및 대응 가능한 연구개발 추진으로 실 현장 적용에 의한 기술 검증
- 지속 가능한 지하공간 개발 효율화 및 국내 확보 기술 활용
 - 미래형 지하공간 구축 및 터널(튜브) 직경 최소화로 기계화굴착장비(TBM)에 대한 현재 국내 보유 기술의 적극적인 활용 가능
 - 국내 도심구간 지하구조물 건설 관련 민원(발파 등)을 최소화 할 수 있는 기술 활용 증가
- 수직-수평 이동 시스템의 운영 및 제어 기술은 타 교통 분야의 주행안전기술, 지능형 주행 및 자동화기술 등에 활용 가능
- 복합 모빌리티 허브 인프라 구축 기술은 지하 교통 인프라의 발전에 따른 지하 교차로 등에 활용
 - 다양한 교통 인프라의 환승, 교차 등의 다양한 데이터 공유를 통한 국가 인프라 건설 경쟁력 향상에 기여
- 교통(이동) 분야뿐만 아니라 물류 분야 등 다분야 산업에 접목 가능

□ 사회적 파급효과

- 서울 등 대도시 및 수도권 현황 해결이 가능한 미래형 교통, 운송 수단 구축
- 광역교통망 강화 : 광역교통망 인프라 공급, 광역교통 환승체계구축

- 도심간 직결체계 등 연계기능 강화, 상부공간은 공원, 녹지 등 시민을 위한 공간으로 활용, 주차장 등 시민의 활동을 보조하는 교통기반시설은 지하에 배치, 시민의 동선이 단절되지 않도록 입체적 연계성 강화 등
- 사람 및 환경 중심의 교통체계 구축, 효율적인 친환경 물류체계 구축
 - 복합환승센터 건설, 지속적인 신교통수단 도입, 차량배출 오염원 관리 강화, 공간 구조 실현, 토지 이용 방향 부합
- 도시 교통 흐름 최적화 및 효율화를 통한 교통서비스의 질적 향상, 교통수단에 의한 온실가스 배출 감소 및 미세먼지 유발요인 최소화
- 운전시간 감소 및 신속한 사고처리로 대국민 손실 최소화 및 삶의 질 향상
 - 맥킨지 보고서(2015, 미국)는 자율주행자동차로 인해 운전자 1인당 하루에 50분(연간 12일)의 여가시간이 창출가능 하고 이로 유발되는 경제적 효과만 연간 약 159조원에 이를 것으로 분석
 - 또한, 운전에서 해방된 운전자는 더 많은 여가시간을 차안에서 즐기게 되고, 자동차는 이동수단이 아닌 다양한 정보통신 서비스를 제공하는 종합 문화공간으로 재탄생 될 것으로 예측됨

□ 경제적 파급효과

- 공공 건설인프라 건설산업 견인을 통한 경제성장 및 일자리 창출에 기여
 - ' 18년 9월 기준 국내 전체 취업인구 중 7.6%가 건설업에 종사하고 있어 국내 일자리 창출과 소득 향상에 핵심적인 분야
 - 미국 트럼프 정부는 건설분야에 투자를 집중하여 국가경제를 재건하고 일자리를 확대 정책을 추진 중
- 교통혼잡비용(약 33조원, 2015년 기준) 절감과 지상의 녹지공간 확보로 인한 부가가치 유발효과 발생
- 동동 또는 동등 이상의 교통량 처리를 위한 교통 인프라 시공 비용 감소(굴착면적 최소화)

- 1차로 기준 굴착 직경 약 8.5m에서 약 4.3m로 감소 (차량 오염물질 배출을 위한 환기설비 등 불필요), The Boring Company 홈페이지(<https://www.boringcompany.com>) 자료 참고
- 기존 대비 터널 공사비 약 2.2배 절감 가능(J. Rostami et al.(2013) 연구자료 참조)
- 이동체 자율주행에 의한 교통사고 감소 및 운전취약자(고령자, 장애인 등) 지원 등으로 국민의 이동성, 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 교통사고 원인에 대한 분석 결과 인적 요인이 90% 이상 (진화하는 교통, 서울연구원 (2017))
- 도로교통공단의 교통사고비용 추계에 따르면, 2014년 우리나라에서 발생한 교통사고는 1,129,974건(4,762명 사망, 1,792,235명 부상)으로 매일 약 3,000건의 교통사고가 발생하며, 약 13명이 사망하고 4,910명의 부상자가 발생
- 교통사고에 따른 사회적 비용은 약 27조원 규모로 우리나라 GDP의 약 1.8%수준으로 자율주행을 통한 교통사고가 감소할 경우 연간 약 24조원의 사회적 비용이 절감될 수 있음

6. 기획과제 공모 방안

□ 과제제안 요구서

연구과제명	도심형 신교통인프라 Urban Loop 이동체 및 인프라 개발 기획
1. 연구기획 목표	○ 소형화 공유형 모빌리티의 모듈화, 군집화 이동성 제공 및 20인승 이하 소규모 대중교통 활용이 가능한 신교통인프라 개발사업 기획 - 사업의 정책적·기술적·경제적 타당성 확보를 위한 예비타당성조사 신청 및 대응
2. 연구기획 필요성	□ 필요성 ○ 도시화에 따른 대도시 등 공간 및 교통문제 해소를 위하여 다양한 신공간 개발과 활용방안이 논의되고 있으며 지하공간 이용에 대한 관심은 전세계적 중요 관심사항 임 - 서울의 도로정체 해소를 위해 여러 효율화 전략들을 실시해왔으나 시내 평균 통행속도가 21~22km/h로 정체 또는 지체가 지속 - 영국 대도시 대중교통 출근자 행복지수 80.1~96.6점으로 분포하는 반면에 서울시는 71.3점에 불과함 ○ 국내에서도 서울 등 대도시를 중심으로 지하공간의 대형화, 복합화 등 추세에 따라 교통인프라 지하 허브 등 입체 지하공간 개발 정책 추진 중 - 수도권 광역교통망, 국가기간교통망 등 연계 교통 인프라 사업은 국민의 편리한 이동권, 주택 수요 분산 등 공공의 이익 발생 예상 ○ 도시지역의 도심도 지하공간을 이용한 지하도로 구축사업이 진행 중에 있지만 근본적인 교통문제, 환경문제 및 민원문제 등 해결에는 한계 - 도시 내에 위치한 도심도, 장대 지하도로라는 위치적, 공간적 및 구조적 특징으로 일반 터널 대비 환기설비 및 부대 토목비용에 대한 부담 증가 ○ 최근 세계 각국은 스마트시티, 스마트교통, 친환경 인프라, 미래 선도형

인프라 기술 등의 연구개발에 집중하고 있으며, 특히 자율주행, 하이퍼루프(Hyper loop)를 비롯한 수송시스템 혁신기술 확보에 초점

- 정부는 2027년까지 완전자율주행 상용화를 목표로 2024년까지 관련 제도와 인프라 구축을 완료할 계획임
- 스마트시티 기반으로 스마트 모빌리티를 구현하기 위해서는 도시유형에 맞는 스마트도로의 전환 등, 자율주행 기술개발 단계를 고려한 신도시 내 인프라를 구축이 필요
- 자율주행차와 일반차, 내연기관차와 전기/수소 차량이 혼재하는 시대를 대비한 인프라 개발 필요
 - 우리나라는 미세먼지 관리특별대책에 따라 2020년까지 전기차 25만대와 충전소 3,100기 보급을 목표로 함
 - 자율주행차량은 그동안 차량 운전을 하지 않던 연령대(고령자 또는 미성년자) 및 장애인 등의 차량 이용을 가능하게 만들어 결과적으로 교통량이 늘고 도로 혼잡도가 가중될 여지가 있음
 - 또한 차량운전에 따른 피로도가 없기 때문에 운전자가 장시간 차량이용에 대한 거부감이 사라지므로 차량 운행시간 증가가 예상

□ 정책동향

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)
 - 기후변화 대응 및 저탄소 녹색성장을 위한 새로운 국토발전전략을 국토계획에 반영
 - 글로벌 경쟁체제의 심화에 대응한 개방적 국토기반 형성전략을 국토계획에 반영
- 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획(2018~2027)
 - 경제·산업 구조가 근본적으로 변화하는 상황에서 미래 시장을 선점하기 위한 각국의 경쟁이 치열하게 전개
 - 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통산업 분야에도 新기술이 결합되어 고부가가치 산업으로의 도약 계기 마련
- 제6차 건설기술진흥 기본계획(2018~2022)
 - 분야간 융복합을 통한 경쟁력 강화
 - 무인화, 인공지능 적용을 통한 초연결 사회 도래를 대비

□ 국내외 연구동향

- (국내) 초고속 튜브철도 핵심요소기술 기초연구(2009~2011, 과학기술정보통신부, 68억원)
 - 튜브철도 핵심요소 기반기술 확보
 - 세계최초 튜브 주행 실험(1/52 축적, 최고시속 700km/h, 0.2기압)
- (국내) 550km/h 급 초고속 자기부상철도 핵심기술 개발(2013~2015, 국토교통부, 159억원)
 - 30톤급 자기부상 기술
- (국내) 아음속 캡슐트레인 핵심요소기술 개발(2016~2024, 과학기술정보통신부, 245억원)
 - 공력 통합설계 및 안전운영 기술, 냉동기 분리형 초전도 자기부상 기술, 모듈러 기반 아음속 추진기술, 튜브내 주행 안정화 기술, 아진공 튜브 및 기밀유지 기술, 아음속 캡슐 운행제어 기술 등 6개 핵심기술 개발 중
 - 1/1000기압 아진공 튜브 시제품 제작(세계최고수준)
- (미국) Virgin Hyperloop One 社
 - 2014년 창립 이후 3억불(3,600억원) 민간 펀드 확보
 - 300여명의 전문 기술자 전담
 - 네바다 사막 시험선(500m) 건설 및 384km/h 속도 달성
- (미국) The Boring Company 社
 - 라스베이거스 다운타운, 컨벤션센터, 매캐런 국제 공항 등을 연결하는 LVCC Loop 지하 운송수단에 대한 계획을 발표하였고, 2021년 CES 개최에 맞춰 완공을 목표
 - 시카고 시내에서 공항까지 약 26km를 150mph로 주행 가능한 Chicago Express Loop의 공사가 승인됨. 최대 16명이 동시 수용 가능한 이동체를 활용하여 12분만에 주파 가능
- (미국·영국) TEV(Tracked electric vehicles) 社
 - 전기자동차를 활용한 모듈형 인프라를 제안

- (독일) HERRENKNECHT 社
 - Vertical Shaft Sinking 기술을 이용하여 지하 공간에 방사형태의 수직 지하 주차장 U-Park를 제안
- (중국) 이펑오토메이션 테크놀로지 社
 - 자동주차 로봇 ‘제타’를 개발
 - 초당 1.5m의 속도로 이동하여 2.5톤 까지 적재하여 이동 가능
 - 주차 정확도는 5mm 미만으로 최대 100기의 자동주차 로봇이 함께 작동가능
 - 기존 주차공간 대비 40% 이상의 주차공간을 추가로 확보

3. 연구기획 범위

- Urban Loop의 정의 및 범위 제시
 - 개념, 정의 및 범위를 기존 및 최신 자료와 동향을 반영하여 재검토하고 세분화하여 제시
- Urban Loop 관련 기술개발 동향 및 환경 분석
 - 국내외 시장, 정책, 기술, 환경 및 특허 동향 분석
 - 국내외 기술개발 현황 및 인프라(기업, 연구소, 대학, 인력 등) 현황 분석
 - 동향 및 환경 분석을 통한 사업 추진방향 정립
- Urban Loop 기술개발 단기 및 중장기 로드맵 작성
- Urban Loop 기술개발사업 전략 수립 및 연구내용 설정
 - 대상 시설물 선정의 타당성 확보를 위한 근거와 논리 제시
 - 설정된 비전 및 목표 달성을 위한 사업추진 및 기술개발전략 등 사업 목표의 성공적 달성을 위한 체계적 전략 수립
 - 중점분야별 목표 달성을 위한 세부과제와 기술개발내용 도출 및 과제별 추진체계(사업단, 연구단, 일반과제 등) 설정
 - 세부과제 연차별·단계별 기술개발 로드맵 및 성과 로드맵 제시
 - 과제구성에 따른 인력투입계획 및 소요예산 산정
- 사업의 개념, 개발기술, 개발의 효과 등에 관한 이해를 높이기 위한 시나리오 등 작성
 - 전문 시나리오 작가, 일러스트레이터 등을 활용하여 미래 사회 예측,

기술개발 시나리오, 청사진 등을 제시

- 카툰, 홍보 동영상 등 제작으로 기획 연구결과의 이해도 제고

(기술의 범위) 고속 이동체, 도심 지하 및 지상 인프라 구축 필요 기술

- 차량 탑재 고속 이동체 관련 기술
 - 수평·수직 고속 이동체 및 시스템 기술
 - 차량제어, 운행 제어 시스템 모니터링 기술
- 교통정체 해소를 위해 이동체 기술을 적용·활용하고자 하는 기존 또는 신규 교통시설물 등의 인프라 구축에 필요 기술
 - 접합부의 유입, 유출시의 속도 손실을 최소화하고, 도심 차량진입을 최소화를 위한 이동체 운영에 필요한 인프라 구축의 필요 기술
- 완성된 기개발 도심과의 연계를 위해 환경 친화적인, 시민 편의적인 인프라 구축에 필요한 기술
- 비용절감 및 이용 편의를 위한 다양한 기술적 방안 및 제도적 문제와 해결방안 등 검토
 - 지하 또는 지상을 이용한 건물간 이동 시스템, 지하 타 인프라(타 교통 인프라, 라이프 라인 등)와의 공동 활용, 본선과 지하주차장 등 지하 인프라 연결 방안 등
- 기술 검증 및 Test bed 구축을 위한 세부사항 검토
 - Urban Loop를 포함한 신교통시스템 도입과 관련하여 권역별, 도시별 교통수요 및 지상 및 지하 구축에 따른 소요비용 등 검토
 - 또한, 신교통시스템들을 대상으로 경제성 측면과 수요 흡수 측면에 대한 비교·검토를 통해 우선 순위를 선정하여 Test bed 및 사업추진 타당성 확보
 - 현장시험 및 실증 방안
 - Prototype 이동체 및 시험 선로 구축을 위한 로드맵 수립

(사업 전략)

- 국토교통 R&D 사업과 연계한 본 사업의 정의, 비전 및 목표, 성과지표 및 목표 설정, 기술수준 분석 및 수요 발굴, 기술 확보 전략 및 기술·

성과 로드맵 작성, 예산투입 계획 도출, 과제별 RFP 작성 등

※ 중점 추진분야별로 작성하되 비즈니스 모델 개발 포함

- 도심 고속 이동 시스템(Urban Loop)을 위한 관계 부처와의 협력 방안(다 부처 공동 연구 등) 및 실용화를 위한 법·제도 정비 전략 수립
- 국제공동연구 등 글로벌 협력 방안 및 표준화 전략 수립
- Test bed 구축 및 효율적 운영을 위한 컨소시엄 구성전략 수립
 - Test bed 사업 또는 현장 제공 의사가 있는 지자체, 원활한 Test bed 구축이 가능한 대형 건설사, 핵심 요소기술 개발을 위한 장비 및 IT 관련 기업 등 참여를 고려한 컨소시엄 구성 방안 수립

4. 연구기획 내용

□ 사업개요 및 기획내용

- (이슈 및 니즈 분석) 주변 환경변화 분석을 통해 미래이슈를 도출하고, 이슈해결을 위한 기술적 니즈와 대안을 제시
 - * 대내외적 환경변화와 우리나라 R&D 추진방향, 국토교통R&D 현황 등을 바탕으로 기본적인 사업의 방향과 체계 등을 설계
 - 국토교통R&D 관련 산업 생태계 및 환경 분석
 - 최근 5년간 국토교통기술촉진연구사업 현황 및 연구성과 분석
 - * 기존 사업현황 분석 및 문제점 도출을 통한 후속사업의 개선방안 제시
 - 국내외 국토교통기술분야 트렌드 분석
 - 유망 국토교통 기술분야별 시장규모 현황 분석 및 예측
 - 타부처 유사사업 사례조사 및 운영방식 비교·분석
- (정의 및 개념) 미래이슈와 니즈에 기반하여 사업의 목적 및 개념, 기술 개발 범위를 정의
- (현황 및 발전전망) 이슈해결 및 기술실현을 통해 변화하게 될 미래사회 모습을 제시하고 시사점 도출
- (비전 및 목표 설정) 사업을 통해 달성하고자 하는 미래 비전을 제시함으로써 중점추진분야를 설정하고 성과목표 등 사업의 목표를 제시
 - 해당분야 산업의 생태계 및 가치사슬(Value-Chain) 분석

- (사업추진체계 도출)
 - 사업목표에 부합하는 추진방법, 연구개발 기간 및 소요예산, 성과목표 관리체계 등
- (중점추진분야 도출) 목적·목표 달성을 위해 반드시 개발 및 확보가 필요한 중점추진분야를 적합한 분석기법을 통해 도출
 - 중점추진분야별 동향 조사·분석 : 국내외 시장·산업, 기술, 논문·특허, 인프라(장비, 연구시설 및 인력 등)에 대한 종합분석 등에 대한 종합분석
 - 기술역량 분석 : 중점추진분야별 대상기술에 대한 상대적(필요시 절대적) 기술역량 분석
 - 기술분류체계 전개 및 분석 : 성과목표 달성을 위한 기능적 기술요소를 도출·전개하고, 핵심키워드와 성능요구조건을 분석
 - 국토교통 유망기술 발굴을 위한 중점추진분야* 및 지원방안 도출
 - * 예시 : 미래 원천기술분야, 신시장 창출분야, 융복합기술분야 등
 - 중점추진분야별 단계적 추진전략 도출
 - 중점추진분야별 연구과제 평가체계(안) 도출
 - 핵심기술(과제) 도출 : 목적·목표 달성을 위해 반드시 개발 및 확보가 필요한 기술(과제)을 다양한 분석기법을 통해 도출
- ※ 기술분류체계를 기반으로 기술적난이도, 파급효과 등에 대한 매트릭스 분석을 통해 핵심기술 도출
- ※ 도출된 핵심 기술별 기술성숙도(Technology Readiness Level) 제시 등
- (확보전략) 내·외부 역량(인력 및 연구인프라 등), 외부환경에 의한 기회나 위협 등을 분석하여 투자우선순위, 영역간 역할분담 등 연구성과 확보전략을 도출
 - 기존 사업(과제)과의 연계·중복성 검토 포함
- 핵심과제 공모를 위한 과제제안요구서(RFP) 작성
 - 연구개발 목표, 연구개발 필요성 및 기술동향, 연구개발 내용, 연구개발 추진방법, 기대효과 및 파급효과, 연구개발 기간 및 소요예산 등
- (기술지도) 핵심기술을 확보하기 위한 과제와 개발된 기술이 상호 연계되어 서비스되는 일련의 과정을 도식화하여 제시

□ 정책적 타당성

- (정부정책과의 부합성) 과학기술부문 상위계획과 국토교통 관련 정부 정책과의 관련성 및 연계성을 분석
 - 국가 정책을 구체적으로 실현하기 위해 사업의 정책적 일관성을 확보할 수 있도록 사업내용 구성
- (사업추진 타당성) 미래이슈 및 니즈, 정부정책과의 부합성을 토대로 이슈 해결을 위한 추진 타당성을 제시
- (법·제도적 위험요인) 재정집행 및 연구개발 결과물의 실제 적용을 위해서 정부 규제에 의한 쟁점사항과 국제통상 관점에서의 마찰 가능성을 검토

□ 과학기술적 타당성

- (기획과정의 적절성) 사업이 기획된 배경과 경위부터 전반적인 사업계획이 합리적인 과정(절차와 방법)을 거쳐 수행할 수 있도록 검토
- (사업목표의 적절성) 사업추진 필요성에 대한 문제를 정의하고 문제의 해결과 사업목표가 부합하도록 분석·제시
- (구성 및 내용의 적절성) 사업목표 달성을 위하여 중점추진분야와 그 하위의 구체적인 활동간 연계가 적절한지 분석·제시
- (기술개발 성공 가능성) 중점추진분야 또는 기술속성의 관점에서 쟁점사항을 검토하여 해당분야에 대한 투자시점의 적절성과 계획 대비 일정 지연 등의 발생 가능성에 대한 결과를 분석·제시
- (기존사업과의 중복성) 기존 사업과의 연계·중복성을 조사하고 비교 대상 사업과의 투자 포트폴리오가 유사동일한지 여부를 분석·제시

□ 경제적 타당성

- (소요예산) 연구기간, 투입인력 등을 분석하여 사업비 소요예산 산출
- (편익분석) 비용효과분석, 가상가치평가법(CVM: Contingent Valuation Method) 등을 활용하여 경제적 편익을 분석

	○ Urban Loop를 지하와 지상에 구축하는 각각의 조건에 대한 편익 분석을 통해 지하 및 지상 구축 조건에 대한 비교·검토 수행
□ 주요 산출물 ○ 예비타당성조사 신청용 기획연구보고서 ○ 예비타당성조사 신청서 ○ 예비타당성 조사 대응 관련 작성 자료	
5. 연구기획 추진방법	○ 국내외 동향조사, 사업 추진전략 및 추진체계, 중점지원분야 도출 등을 위하여 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 기술분야별 전문가 중심으로 구성된 기획위원회를 구성하여야 함 ○ 실용적인 연구결과 도출을 위하여 산·학·연 등 기술수요처 자문위원을 반드시 포함토록 함 - 수요기관 및 수요자들의 의견수렴 체계 확립 및 필수 협조기관 운영·활용 ○ 기획연구 수행시 관련 기관, 전문가 검토, 공청회 등을 실시 ○ 사전 타당성 검토결과와 객관성 확보를 위해 외부전문가(경제, 기술가치 평가, 정책 등)를 통해서 검증 필요 ○ 특허 및 논문 정보 등은 ‘국토교통 R&D포털(www.kaia.re.kr)’, ‘한국특허정보원(www.kipris.or.kr)’을 이용하여 객관적 분석 실시

붙임. 참고문헌

1. 국토교통부(2017). 제3차 대도시권 광역교통시행계획(2017~2020). 세종: 국토교통부.
2. 국립환경과학원(2018). 2015 국가 대기오염물질 배출량, NIER-GP2017-210.
3. 관계부처합동(2018). 미세먼지 기술개발 로드맵(안), 국가과학기술자문회의 심의회의 운영위원회.
4. 관계부처합동(2019). 미래자동차 산업 발전전략, 2030년 국가 로드맵, 2019.10.
5. 김광호(2018). “공유 모빌리티를 활용한 대중교통 접근성 개선방안: 수도권 광역통행을 중심으로”, 국토정책 Brief, No.692.
6. 김순관(2014). 서울시 출근자의 대중교통 행복지수 높이기, 서울연구원 정책리포트 180, 서울연구원.
7. 김주영, 황순연, 고두환, 오연선(2018). 통계로 본 교통 : 2017 교통 주요 이슈에 관한 인사이트, KTDB 정책자료집, 국가교통DB.
8. 김진하(2016). 제4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, 한국과학기술기획평가원, KISTEP InI, 제15호, pp45-58.
9. 빈미영, 김영돈(2017). “경기도민 삶의 질 조사 VI : 교통”, 이슈&진단, 경기연구원, No.288, pp.1-25.
10. 오동하, 배현(2012). “스마트시티 구축으로 IT융합 산업을 육성”, BDI정책포커스.
11. 오성훈, 성은영, 이종민, 강현미(2017). 차세대 교통기술 발전에 따른 건축 및 도시공간의 대응방안 연구. 세종: 건축도시공간연구소.
12. 유정복, 김영호, 조한선, 채찬들, 이상용(2014). 국가 도로교통 정책 구상 및 실행방안, 한국교통연구원, 연구총서 2014-30.
13. 이재관(2015). 융합Weekly TIP, 융합연구정책센터, Vol.4, pp.1-8.
14. 진장익 외(2017). 서울시 직장인들의 통근시간과 행복, 국토계획.
15. 한국교통연구원(2014). “교통물류R&D 5대분야 정책토론회, 교통혼잡 최소화 및 도로용량 확대를 위한 막힘없는 첨단교통(Smart Mobility) 로드맵 수립” .

16. 한국교통연구원(2014), 2015년 교통혼잡비용 33조 4천억원(GDP의 2.16%)으로 예측, 보도자료.
17. 한국정보화진흥원(2016). 모빌리티 4.0 시대의 혁신과 새로운 기회, IT & Future Strategy 보고서, 제8호.
18. 환경부(2014). 국가 온실가스 감축, 2020년 로드맵 마련(보도자료), 2014.01.28.
19. 환경부(2018). 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2018~2020년 배출권 할당계획 확정(보도자료), 2018.07.24.
20. Litman, T.(2018). Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for transport planning. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
21. UN(2007). World Population Prospects: The 2007 Revision. Technical Report. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
22. UN(2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. Technical Report ESA/P/WP.228. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

주 의

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