


연구원-2019-24-534.9607호

2019년도 연구보고서

도로교통부문 산업동향분석 및 미래기술예측 II

An Analysis on the Industrial Trends and Future Technology
of Highway and Transportation Engineering II

김용원·배인철·박지호·김현정

 한국도로공사

도로교통연구원

연 구 진

■ 한국도로공사 도로교통연구원

연구책임자 : 김용원(경영전략연구실 책임연구원)

참여연구자 : 배인철(경영전략연구실 연구위원)

참여연구자 : 박지호(경영전략연구실 책임연구원)

참여연구자 : 김현정(경영전략연구실 책임연구원)

매칭파트너 : 조종석(미래전략처 차장)

목 차

목 차	i
표 목 차	v
그 립 목 차	vii
요 약 문	ix
ABSTRACT	xi
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경 및 필요성	1
1.2 연구목적	5
1.3 연구범위	6
제 2 장 현황 분석	8
2.1 도로부문 동향 탐색	8
2.1.1 도로부문 투자동향	8
2.1.2 교통 인프라 전망	9
2.2 주요국 도로부문 이슈 및 해소방향	10
2.2.1 미국	11
2.2.2 유럽	13
2.2.3 일본	14
제 3 장 정책 및 기술분석	17
3.1 주요국 도로부문 정책 및 연구동향	17
3.1.1 미국	25

3.1.2 유럽	27
3.1.3 일본	29
3.2 도로부문 분야별 기술동향	31
3.2.1 교통	31
3.2.2 포장	33
3.2.3 안전	35
3.2.4 구조물	37
3.2.5 환경	39
제 4 장 미래 기술분석	41
4.1 분석 개요	41
4.1.1 정책(기술) 산업동향 조사	42
4.1.2 정성·정량 평가	43
4.1.3 기술 후보군 도출	45
4.2 집중대상 기술선정	47
4.2.1 부문별 유망기술 평가	47
4.2.2 부문별 유망기술 분포	49
제 5 장 기술 확보 전략	50
5.1 과제 도출	50
5.1.1 집중 대상기술의 검토	50
5.1.2 기준정보정립	52
5.1.3 정보획득 다변화로 적시성 향상	53
5.1.4 노면정보획득 차량단말 보급	54
5.1.5 교통정보 공유기반의 주행안정성 제고	55
5.1.6 포장·구조 건전성 추적으로 유지관리 최적화	56
5.1.7 정보활용 목적별 센터 설치	57
5.1.8 정보 정합성을 보장하는 환류체계 구축	58

5.2 전략과제 도출방향	59
5.2.1 집중대상 기술확보안	59
5.2.2 국가별 주요 협업후보	61
 참고문헌	 66

별첨 목 차

별첨 1. 소재	68
별첨 2. 공법	71
별첨 3. 유지관리	74
별첨 4. 안전	77
별첨 5. 교통	79
별첨 6. 탄소저감	83
별첨 7. 소재부문 분석대상 선별	86
별첨 8. 공법부문 분석대상 선별	87
별첨 9. 유지관리부문 분석대상 선별	88
별첨 10. 안전부문 분석대상 선별	89
별첨 11. 교통부문 분석대상 선별	90
별첨 12. 탄소저감부문 분석대상 선별	91

표 목 차

[표 1] 16 대 도로·운송산업의 와해적 변화	3
[표 2] 연구수행 범위	7
[표 3] 전세계 교통인프라 동향	10
[표 4] 미국 DOT 도로교통기술 R&D 추진방향	18
[표 5] 유럽 ERTRAC 도로교통기술 R&D 추진방향	18
[표 6] 주요국 교통정책 동향	19
[표 7] 주요국의 미래변화 대응방향 예시	20
[표 8] 주요국 인프라 법·제도 및 주요 연구과제	22
[표 9] 미국 FHWA 연구과제	23
[표 10] 독일 BAST 연구 중 과제	23
[표 11] 주요 교통 관련 연구개발 동향	24
[표 12] 주요 안전 관련 연구개발 동향	24
[표 13] 도로부문 정책방향(미국)	25
[표 14] 교통전략계획(미국)	25
[표 15] 도로분야 정책방향(미국)	26
[표 16] 도로부문 정책방향(유럽)	27
[표 17] 도로부문 정책방향(일본)	29
[표 18] 도로부문 정책방향(미국)	30
[표 19] 네트워크 분석 방법 및 해석방향	44
[표 20] 주요 현황 및 이슈	51

[표 21] 국가별 협업후보	62
[표 22] 미국 협업후보	63
[표 23] 유럽 협업후보	64
[표 24] 일본 협업후보	65

그 립 목 차

[그림 1] 기술진화이론 모형	1
[그림 2] 과업 배경 및 목표	5
[그림 3] 수행범위 및 절차	6
[그림 4] 전 세계 도로부문 투자동인	9
[그림 5] 주요국 도로부문 유지보수 예산비중	13
[그림 6] 준공 50년 초과 교량비율	15
[그림 7] 교통부문 기술전망	31
[그림 8] 포장부문 주요전망	33
[그림 9] 안전부문 주요전망	35
[그림 10] 구조물부문 주요전망	37
[그림 11] 환경부문 주요전망	39
[그림 12] 계량분석 개요	42
[그림 13] 정책(기술) 산업동향 조사 공정	42
[그림 14] 정성정량평가 수행공정	43
[그림 15] 기술후보군 도출	45
[그림 16] 유망기술후보 평가 - 기술분포	47
[그림 17] 유망기술후보 평가 - 혁신지표 기준	48
[그림 18] 유망기술후보 평가 - 정량적 특허지표 기준	48
[그림 19] 유망기술 분포	49
[그림 20] 부문별 유망기술	49

[그림 21] 전력수립 예시	59
[그림 22] 과제분야 후보	60

요 약 문

인프라 개선의 국민적 요구가 증가하고 있는 도로교통부문은 진화 경제학 측면에서 신기술의 융·복합이 빈번하게 일어나면서 산업이 재편되는 동태적 변화(dynamic change)에 한 가운데 있어 이에 대한 선제적인 대응이 필요한 시점이다. 따라서 본 연구의 주요 목적은 첫째 주요국 경쟁기관의 시장, 산업, 인프라 및 정책(기술) 현황을 데이터마이닝과 네트워크 분석 등 계량적 접근방법과 전문가위원회를 활용한 정성적 접근방법으로 분석하고, 둘째 도로부문 산업재편을 초래하는 정책과 기술 수요를 토대로 유망기술 후보군을 확보하여 집중연구대상 기술을 도출하고, 마지막으로 도출된 기술을 확보하기 위한 추진전략 및 세부 과제를 도출하는 것이다.

먼저 주요국의 정책 및 기술연구 분석 결과로, 첫째 미국과 유럽은 통행량 증가와 교통체증 및 사고 감소를 위해 빅데이터를 활용한 교통정보 분석 기법을 정책에 활용하고 있었다. 일본은 전국 단위 과금을 위한 징수 시스템을 운영 중이며 교통지연 및 교통정체 요인을 사전에 제거하여 도로이용의 효율성을 제고하기 위한 다양한 정책을 시행 중이다. 또 미래 기술변화에 대응하기 위해 선진국들은 산업간 기술의 융·복합 연구, SOC 고도화 연구 및 자산 효율화 연구를 위한 R&D 투자를 확대하고 있다. 구체적으로 미국은 커넥티드카 및 자율주행 차량 보급을 위한 스마트 도시 인프라 구축에 전력을 다하고 있으며 인프라 구축이 완료되면 기존 도로의 효율성이 높아지고 도로안전과 환경에도 유리할 것이라 판단하고 있다. 유럽은 전통적으로 사회와 함께 성장하는 미래 기술사회에 대한 욕구가 강해 지속가능한 사회발전을 위해 인프라 자체를 고도화시키는 노력뿐만 아니라 기존 도로 시스템의 유지보수 및 효율성을 제고하기 위한 노력에 전력을 기울이고 있다. 둘째 도로분야별 기술 동향 분석 결과 각 분야(교통, 포장, 안전, 구조물, 환경)별로 주요국에서 추진되는 연구분야도 도출하였다. 교통분야에 있어서는 現 도로 효율 증대를 통해 인프라 확충 효과를 가져오겠다는 것이 주요국의 중요한 연구 지향점으로, 기존 차량 대상의 동적 교통표지와 커넥티드/자율주행 차량을 대상으로 교통흐름제어, 차선인식개선과 군집주행 등을 실증하고 있다. 포장분야는 재활용 소재의 모듈식 포장의 상용화 단계로 들어섰으며, 예측보전으로 도로인프라 가용성 제고와 자가치유 소재를 적용한 유지관리(투자재원의 과반 이상) 연구 분야에 비용 대부분을 투자하고 있다. 안전분야와 관련하여 무인화 및 비파괴검사 방안을 개발 중이고 재난

사고의 사전예방 뿐만 아니라 공사·사고 구간의 교통흐름제어 및 원격시공을 포함 작업자 안전을 보장하기 위한 다양한 시도도 추진 중이다. 구조물 연구에 있어서는 조립·모듈식 시공방안 및 자가치유 소재 적용 등 도로건설 및 유지보수 비용절감 목적을 달성하기 위한 연구를 진행 중인 것으로 나타났다. 마지막 환경분야의 주요 연구의 지향점은 탄소저감과 재생 에너지 발전이 중심이며, 소재생산과 시공 중 배출가스 저감 노력, 그리고 노면과 노변 설치물을 활용한 에너지 생산으로 도로 운영에 필요한 에너지를 충당하고자 하는 것을 주된 연구 주제로 삼고 있다.

또 도로 분야별 연구에서 적용된 기술을 파악하기 위해, 美, EU 및 日의 최근 5개년 연구사업(개념, 실증) 358개를 조사하였고, 각 사업의 관련 민간·연구개발 주제를 반영하여 6개 대분류(소재, 공법, 유지관리, 안전, 교통, 탄소저감), 20대 중분류 총212개 기술후보를 도출하였다. 각 분야별 기술을 살펴보면, 소재분야는 도로포장, 구조물의 부식방지, 강성유지 및 균열 등 손상부위의 자가치유 소재, 나노 코팅재 개발·적용 기술이며, 공법분야는 모듈화, 소음경감, 자가센싱 및 장수명화로 구조물의 건설 및 유지보수 비용절감과 안정적인 자율주행차 도입(공도주행 등)을 위해 요구되는 인프라 관련 기술이며, 유지관리분야는 균열열화 점검, 부식탐지, 변위변형파악, 추적관리 관련 기술로 접근이 용이치 않는 대형·고가 구조물의 실시간 손상부분 감지 및 사전 탐지기술이며, 안전분야는 주로 내구성과 무인화 진단점검 기술이며, 교통분야는 자율주행, 교통흐름제어, V2X 및 멀티모달을 실현하는 ICT 융·복합 기술이며, 탄소저감과 관련해서는 친환경·재활용 소재를 활용한 도로포장, 구조물 공법 및 에너지 생산 관련 기술을 도출하였다.

이와 같이 확보된 유망기술 후보군에서 연구원의 집중연구대상 기술을 선정하기 위해 정성 및 정량 평가를 실시하였으며, 구체적인 방법론으로 관련 기술의 특허 네트워크 분석과 시장기술 혁신성 지표를 이용한 평가를 수행하였다. 결과적으로 각6대 분야별 원천기술 35.5%, 핵심기술 31.9%, 융·복합기술 32.6%의 비율로 총27개의 집중연구 대상 기술을 도출하였다. 또한 27개 집중연구대상 기술과 관련하여 최근 연구동향을 파악하기 위해 논문 주제어 분석을 실시하고 상세 기술 프로파일을 작성하였다.

마지막으로 공사 미래상 구현을 위한 전략과제와 일치시키기 위해 기술 확보를 위한 전략적 지향점을 설정하고 7대 전략과제를 도출하였으며, 실무에 적용할 수 있는 방안에 대해 기술하여 우리 공사가 2차 산업 시대의 『7×9』을 건설하는 관리회사에서 → 3차 산업 시대의 『도로종합서비스』 회사를 넘어 ⇒ 4차 산업혁명 시대의 『도로종합플랫폼』 기업으로 발전할 수 있는 이론적 토대를 제공하고자 하였다.

ABSTRACT

National demand for infrastructure improvement by detailed research field(packaging, structure, transportation, safety, environment, etc.) in road transportation sector is increasing, and it is time to proactively respond to dynamic changes in which road industries are reorganized by new technologies. Therefore, the main purpose of this study is, targeting road-related institutions and researchers, first to identify market, industrial outlook, infrastructure, regulation and policy status of agencies in major countries by utilizing quantitative approach(data mining, network analysis) and expert committees to identify policy, technology and industry trend. Second is to secure emerging technologies and draw targeted research object technologies based on the policies and technology demand and outlook that are generated by road sector industry reconstruction. Lastly, to draw initiative strategies and detailed tasks to secure derived technology.

Therefore, the main purpose of this study is to target major road sector institutions and researchers from major overseas countries, first to identify policies, technologies and industrial trends in major countries(include institutions and researchers) by using market and industrial prospects, infrastructure, legal systems and policy(technology) status through data mining, network analysis(quantitative approach) and expert committees, and second, to draw up the implementation strategy and detailed task for securing derived technology, by secure promising technology candidates and by draw the technology for intensive research in the road sector based on the policy, technical demand and prospects caused by the industrial reorganization of the road sector..

First of all, as a result of policy and technical research analysis of major countries, the United States and Europe are realizing increase of traffic volume, reduction of traffic congestion and traffic accident through policies to improve road utilization, such as distribution of traffic, improvement of traffic flow, and analysis of traffic information using big data. Japan is trying to improve road utilization efficiency by

eliminating delay and congestion factors through the nationwide billing and collection systems. In particular, in order to cope with future technological changes, advanced countries are pursuing technology convergence, SOC advancement, efficiency, and R&D expansion. Specifically, the United States is implementing policies focused on road efficiency, road safety and environmental oriented road by establishing smart city urban infrastructure based on the supply of connected and self-driving vehicles. Europe is making efforts to improve the maintenance and efficiency of existing road systems outside of infrastructure advancement. Second, as a result of analyzing technology trends by road sector, research fields promoted in major countries(traffic, packaging, safety, structure, environment) were derived. In the area of transport, the main goal of the study is to increase the efficiency of the current road infrastructure, by control traffic flow, improve lane recognition, and demonstrate platooning for connected/automated vehicles as well as dynamic traffic signs improvement for existing vehicles.

In the pavement sector, modular pavement of recycled materials is in the process of commercializing, and the research and development is underway to improve the availability of road infrastructure and to reduce costs(more than half of the investment funds) applied with self-healing materials. The development of unmanned aerial vehicle and non-destructive inspection measures concerning safety areas not only prevents disaster accidents, but also ensures worker safety by controlling traffic flow and remote inspection maintenance in the area of construction. In the study of structures, research is underway to achieve the purpose of reducing the cost of road construction and maintenance including the application of assembly and module-type construction method and application of self-healing material.

The last, major focus of environmental research is on carbon reduction and renewable energy development, and the main purpose of the study is to reduce emissions during construction, and to supply energy for road operation by using road surface and roadside installation.

In order to identify the technologies applied in the study by each road sector, a total of 212 technology candidates were selected in six categories(materials, construction methods, maintenance, safety, transportation, carbon reduction) and twenty

divisions reflecting 358 research projects and R&D topics in recent five-year (concepts, validations) from the U.S., EU and Japan, and other related private sectors.

In each field, the material is applied to the development of self-healing material and nano-coating materials in damaged areas, such as road pavement, corrosion prevention of structures, rigidity maintenance and cracking. Construction methods are infrastructure-related technologies that are required to reduce construction and maintenance of structures with modularity, noise reduction, self-sensing, and long-lived structures and to introduce stable self-driving vehicles (highway driving).

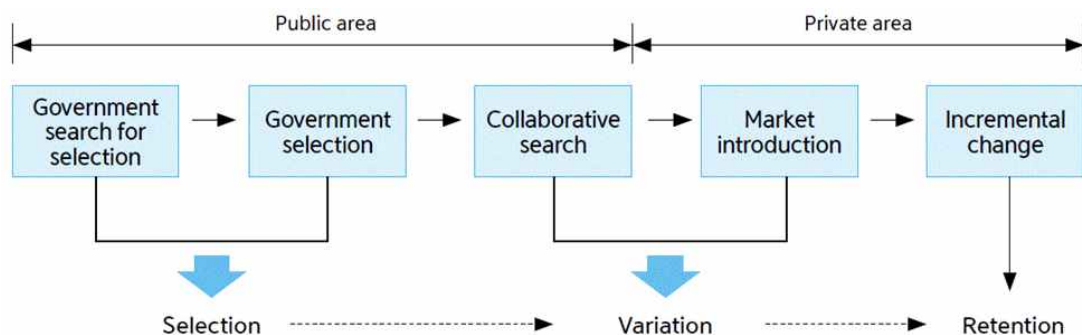
Main technology in maintenance area is crack deterioration detection, corrosion detection, displacement deformation, and structural health monitor. This technology is a real-time detection and pre-detection technology for damage parts of large-scale and high-rise structures that are not easily accessible by the technology related to displacement deformation and tracking control. The safety areas are mainly technologies related to the diagnosis and inspection by using unmanned aerial vehicles as well as for weather condition. For example, ICT technologies are contain self-driving, traffic flow control, V2X and multimodal. Road pavement, structure, construction method development and energy production using eco-friendly recycled materials in relation to carbon reduction.

In order to select technologies for intensive research of KEC researchers in secured promising technology candidates, qualitative and quantitative assessments were conducted, using patent network analysis of related technologies and market technology and innovation indicators as specific methodologies. As a result, a total of 27 technologies for intensive research were derived at the ratio of 35.5% of the original technologies, 31.9% of the core technologies, and 32.6% of the convergence technologies from each of the six major areas. In addition, in order to identify recent trends in research regarding 27 technologies subject to intensive research, the main topic analysis of paper was conducted and detailed technical profiles were prepared.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

기술진화 경제학 관점에서 기술혁신은 새로운 기술 또는 조직혁신을 만드는 변화 (variation)에서 대안이 되는 새로운 형태 사이에 경쟁이 발생하는 도태-선택(selection) 과정을 거쳐 유지(retention) 되는 단계를 거친다(Campbell, 1965; Van de Ven & Garud, 1994), 이에 따라 4차 산업혁명 시대의 도로부문에서는 타 산업의 신기술과 많은 융합이 예상됨으로 도로 산업을 재편하는 산업의 동태적 변화에 선제적 대응이 필요한 시점이다.



[그림 1] 기술진화이론 모형

도로·교통 및 운송산업은 크게 4개 화두로 산업이 재편 중이다. 이를 CASE¹⁾ 라고 하는데 ①차량 간, 차량-도로 등 전방위 네트워크 접속에 기반을 둔 ②자율주행의 안전 제고, ③공유차 서비스접근성 향상과 ④전기차의 내연기관 대체 방향으로 설명 할 수 있다. 아래는 동 부문의 산업 재편과 관련 된 주요 내용이다.

- 도로·교통부문의 와해적 혁신방향은 기존 도로의 건설, 운영, 유지관리에 있어 획기적인 재편을 요구

1) Connectivity, Autonomous Driving, Shared Mobility, Electricity

- 現 세부 연구영역(포장, 구조, 교통, 안전, 환경 등)별 인프라 개선의 국민적 요구와 신기술이 도로 산업을 재편하는 동태적 변화에 선제적 대응 필요성 증대
 - (인프라 개선요구 증대) 안전인식이 운전자 → 보행자로 확대되고 도시화로 인한 사회간접자본 확충수요와 全 수명주기(도로건설에서 유지관리까지)에서 탄소저감/중립 필요성 증대
 - 도로 쾌적성 요구 및 노후 인프라 개선을 위한 국민적 요구 증대
 - 포장, 구조, 교통, 안전, 환경 등 도로부문 세부 연구영역 개선 필요
 - (신기술 접목 확대) 자율주행 3단계 상용화 시작으로 RSE, DSRC 등 인프라 지능화가 확대되어 교통흐름 개선은 물론 안전확보가 진행 중으로 5G 상용화가 신기술 접목을 촉진
 - 도로부문은 기존에 없던 새로운 기술이 접목되어 동태적 변화임박
 - 자율주행차 및 ICT 기반 신기술은 산업의 잠재적 경쟁구도 재편
 - (선제적 인프라 구축 필요) 도시화로 인한 도로확충 대신 ICT를 활용한 교통흐름 개선, 효율적 유지관리 등 도로부문 산업재편에 대응하는 인프라 구축방안 강구 필요

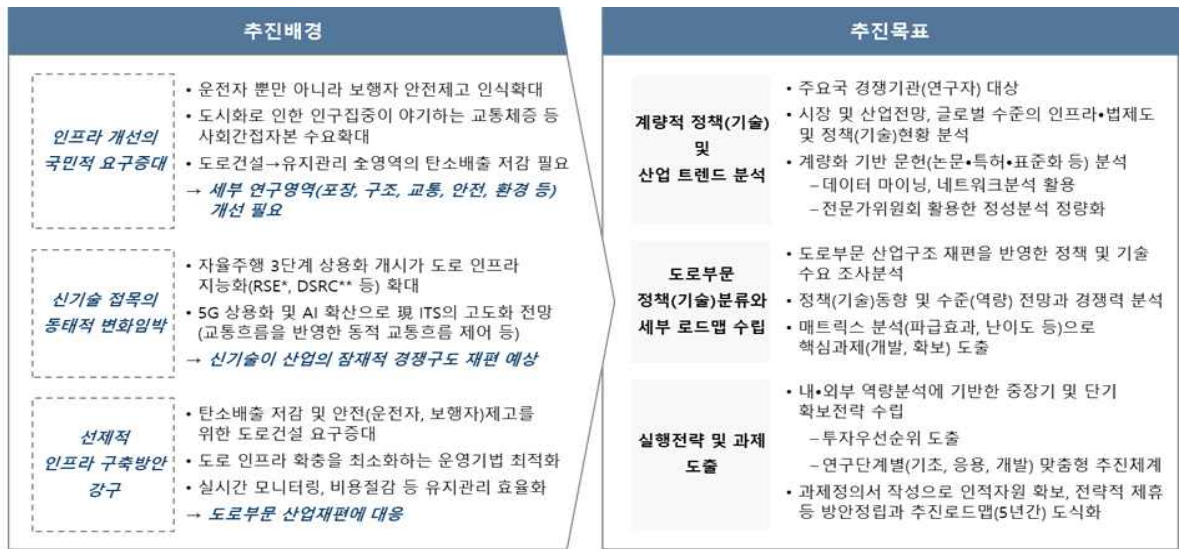
[표 1] 16대 도로·운송산업의 와해적 변화

와해적 변화방향	주요 예시
1. 전기자동차 확대 주요국(EU, 중국, 미국 등) 충전인프라 구축에 투자확대 Inductive Charging(주행 중 충전) 등 신규방식 연구개발	
2. 미국과 EU를 중심으로 승용/상용(트럭,버스 등) 차량의 커넥티드와 자율주행 추진 중	
3. 민간기업이 참여하는 도로인프라 개발확대, 민관투자방식(PPP; Public Private Partnership)의 고속도로 건설이 통행료 외 수익창출 촉진	
4. V2V(차량 간 통신), V2I(차량-인프라 통신) 등 V2X로 도로안전 제고(비, 눈, 안개 등 저시정 보완)	
5. 자율주행으로 기존 도로인프라 효율향상 (추가적인 도로건설 없이 도로당 수용능력 향상, 신호체계개선 등 차량흐름 개선)	
6. 초고속(Hyperloop 등) 운송수단 연구개발로 승객 및 화물 수송능력 혁신 中	
7. 교통흐름 모니터링 기술 개발, 도로 네트워크관리 역량 등의 개선 요구가 고속도로 디지털화 촉진	

와해적 변화방향	주요 예시
8. 사고예방과 신속한 사고대응 요구가 고속도로 센서화를 견인하며 실시간 경로탐색 등 도로이용률 향상 유도	
9. 센서화와 디지털화로 ‘가변식 요금 징수 체계(Dynamic toll/Surge toll)’ 등 교통혼잡 통제/관리 변화 촉진	
10. 시설물이 없는 톨게이트 구축으로 투자비용 절감과 차량규정 준수 향상	
11. MaaS(Mobility As A Service)가 운송수단 이용방식을 소유에서 이용으로 변화	
12. 공유경제는 차량 소유 및 사용 방식, 도로 수용능력과 혼잡도에 변화 초래 예상	
13. 유지예산 증가, 인력수급과 인건비 향상은 도로건설과 유지관리에 기계화/자동화 채택 촉진	
14. 도로 및 고속도로 건설에 통신기술을 포함한 ICT 적용으로 수명관리와 유지보수 효율향상 특히 조명(dynamic off peak lighting), 충전소, 보안/모니터링, 드론 활용 증가추세	
15. 물질화에서 정보화라 스마트 자산의 변화로 데이터관리와 분석, 표준, 프로토콜, 보안 중요도 증대	
16. 전 세계 주요 도시는 ‘Emission Free Zone’ 확대 中	

1.2 연구목적

본 연구의 주요 목적은 해외 주요국 도로관련 기관 및 연구자 등을 대상으로 정책(기술) 수준 및 산업동향 등을 계량적 방법으로 조사·분석하여, 추진정책의 내용과 기술수요 파악 및 경쟁력 분석으로 도로 산업의 재편에 대응하는 전략 및 실행방안 수립하는 것이다. 주요 내용은 아래와 같다.



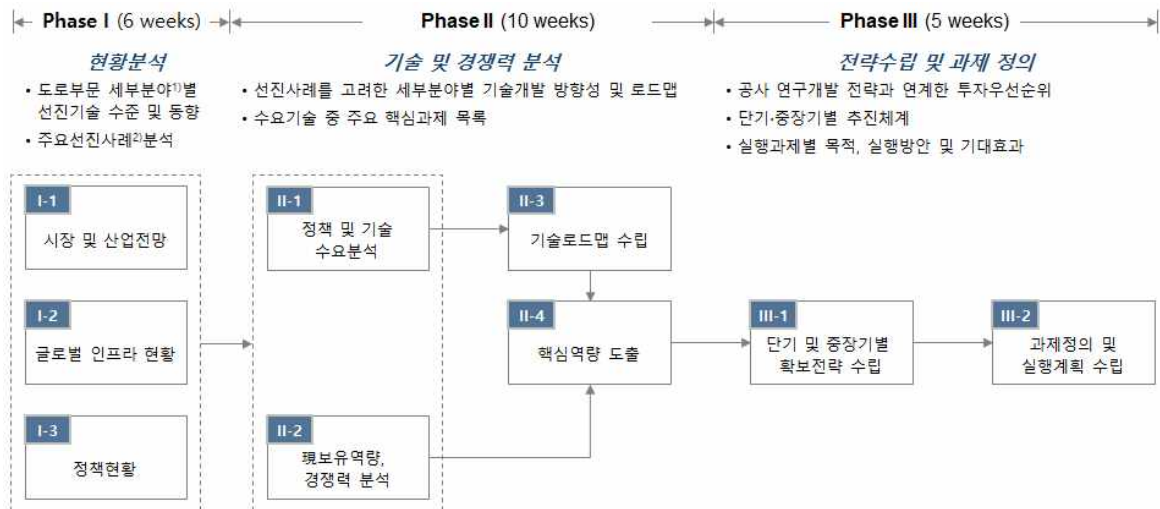
* RSE: Road Side Equipment ** DSRC: Dedicated Short Range Communication

[그림 2] 과업 배경 및 목표

- **(정책, 기술 및 산업 트렌트 분석)** 주요국 경쟁기관(연구자 포함)의 시장 및 산업전망, 인프라·법·제도 및 정책(기술)현황을 계량적 접근방법(데이터마이닝, 네트워크 분석)과 전문가위원회를 활용하여 분석
- **(기술분류와 세부로드맵 수립)** 도로부문 산업재편이 초래하는 정책과 기술 수요와 전망을 토대로 경쟁력 분석(매트릭스 등)을 활용하여 개발, 확보 등 핵심과제 도출
- **(실행전략 및 과제 도출)** 상기 정책(기술) 및 산업 트렌드 분석으로 유망미래기술 분류와 세부 로드맵 수립 후 내·외부 역량분석으로 기술확보를 위한 투자우선순위 도출과 연구단계별 맞춤형 추진체계 수립

1.3 연구범위

본 연구의 주요범위는 전 세계적으로 도로를 중심으로 일어나는 신기술 융·복합의 실제 확인과 동태적인 움직임을 파악하는 것이다. 이를 통해 중장기 및 단기과제를 도출하고 실행전략(세부 실행방안) 수립하여 제시하는 것이다. 주요 내용은 아래와 같다.



[그림 3] 수행범위 및 절차

- 국내외 정책(기술)수준을 문헌조사와 전문가위원회 등 계량적 분석 및 산업 트렌트 분석으로 시장 및 산업전망, 글로벌 수준의 인프라·법·제도 및 정책(기술) 현황 조사·분석
 - 문헌조사 대상에 논문·특허·표준화 동향 포함
 - 계량분석에 데이터 마이닝, 네트워크 분석 활용
- 도로부문 산업재편의 동인 및 저해요인 파악, 정책(기술)群 분류와 세부부문별 로드맵 도출 등 관련 정책 및 기술 수요 조사·분석으로 핵심과제 도출
 - 정책(기술) 동향 및 수준(역량) 분석으로 추세 및 경쟁력 파악
 - 정책 및 기술의 파급효과, 난이도 등을 매트릭스 분석 수행
- 내외부 역량분석으로 중·장기 및 단기(5년 내) 확보전략을 수립하고 공사 연구개발 전략에 부합하도록 과제간 상호 연계를 고려하여 실행계획 수립

- 선진사례 중심, 계량적 접근과 전문가위원회로 인프라·제도와 정책(기술)현황 파악 및 국내현황 비교분석
- 기술로드맵과 수요기술 도출 후, 단계별 확보전략과 세부 실행계획 수립

[표 2] 연구수행 범위

구분	수행범위
① 계량적 정책(기술) 및 산업 트렌드 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 경쟁기관, 연구자 대상 조사 • 국내외 정책(기술)수준 조사분석 (글로벌 수준의 인프라·법·제도 포함) • 국내외 산업 트렌드 분석 (시장 및 산업분석 포함) • 국내외 논문·특허·표준화 동향 문헌조사 • 데이터 마이닝, 네트워크 분석 등 계량적 접근수행 • 전문가위원회를 활용한 정량분석 계량화
② 도로부문 정책(기술)분류와 세부 로드맵 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 도로부문 산업재편을 반영하는 정책 및 기술 수요 조사·분석 및 분류 • 정책(기술)동향 및 수준(역량) 분석 및 추세 전망 • 정책(기술) 경쟁력의 매트릭스(파급효과, 난이도 등) 분석으로 핵심과제 도출
③ 실행전략 및 과제 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 내외부 역량분석 • 공사 연구개발 전략과 연계한 중·장기 및 단기 확보전략 • 부문별 투자우선순위 결정 • 연구단계별 맞춤형 추진체계 정립 • 과제정의서 작성(인적자원 확보, 전략적 체휴방안 포함) • 실행계획수립(과제간 상호 연계 도식화 포함)

제 2 장 현황 분석

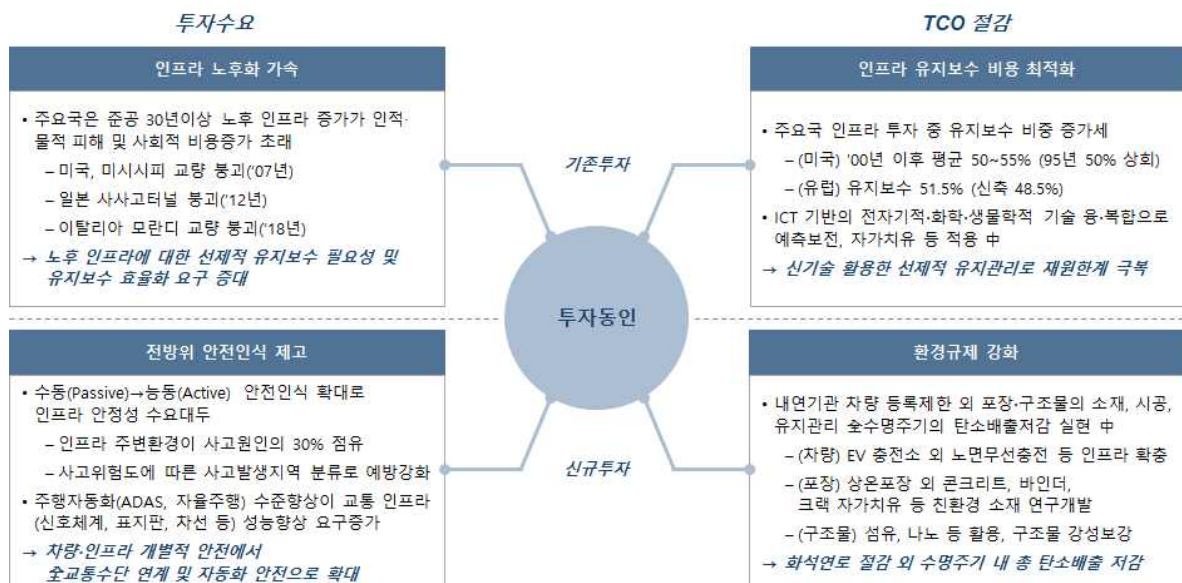
2.1 도로부문 동향 탐색

2.1.1 도로부문 투자동향

- (기존투자) 전 세계적으로 도로부문 투자는 노후화된 기존 교통 인프라의 선제적인 유지보수 실행과 유지보수 비용 최적화에 집중하는 추세
 - 주요국은 준공 30년이상 노후 인프라가 증가함에 따라서 인적·물적 피해 및 사회적 비용이 증가하는 초래 → 노후 인프라에 대한 선제적 유지보수 필요성 및 유지보수 효율화 요구 증대
 - 미국, 미시시피 교량 붕괴('07년)
 - 일본 사사고터널 붕괴('12년)
 - 이탈리아 모란디 교량 붕괴('18년)
 - 주요국 인프라 투자 중 유지보수 비중 증가 추세에 주요 해소방안으로 ICT 기반의 전자기적·화학·생물학적 기술 융·복합 방법인 예측보전, 자가치유 등 적용 中 → 신기술 활용한 선제적 유지관리로 재원한계 극복
 - (미국) '00년 이후 평균 50~55%('95년 50% 상회)
 - (유럽) 유지보수 51.5%(신축 48.5%)
- (신규투자) 교통부문의 신기술 접목으로 인한 안전제고와 환경규제 대응 연구에 신규 투자를 확대하는 추세
 - 交通安全 의식이 수동(Passive) → 능동(Active)으로 확대 및 전환되어 인프라 안정성 수요 요구 증대
 - 사고 원인으로 인프라 주변 환경 개선 요구 30% 이상 증가
 - 사고 위험도에 따른 사고발생지역 분류로 예방 강화 촉진 요구
 - 주행자동화(ADAS, 자율주행) 수준향상이 교통 인프라(신호체계, 표지판,

차선 등) 성능향상 요구가 증가함에 따라 차량·인프라 개별적 안전에서
→ 교통수단 연계 및 자동화 안전으로 요구 확대

- 내연기관 차량 등록제한 추세이며 포장·구조물의 소재, 시공, 유지관리 수명주기의 탄소배출저감 실현 노력 中 → 화석연료 절감 외 수명주기 내 총 탄소배출 저감 추진
 - (차량) EV 충전소 외 노면무선충전 등 인프라 확충
 - (포장) 상온포장 외 콘크리트, 바인더, 미세균열 자가치유 등 친환경 소재 연구개발
 - (구조물) 섬유, 나노 등 활용 증가, 구조물 강성보강 추진



[그림 4] 전 세계 도로부문 투자동인

2.1.2 교통 인프라 전망

- 전 세계적으로 급격한 도시화로 물리적 인프라 확충의 한계(토지수용 등) 봉착으로 스마트 인프라 도입 요구 증가 및 관련 법·규제 개정 요구 증가
 - 도시화가 초래한 교통 및 도로인프라 수요증가를 자원활용 최적화로 대응
 - '10년~'30년 교통수요 68% 증가 전망(인당 25.8조km → 43.2조km)으로 교통체증 손실 USD1.1조 예상

- 기존 인프라 건설비 대비 9배 소요되나 2.7배 기대효과 창출(연간 온실가스 배출 10% 절감 등)

□ 물리적 인프라 확충에 앞서 자원 이용률 최적화 및 향상, 동적 가격결정으로 수요 집중을 해소

[표 3] 전세계 교통인프라 동향

구분	주요동향
투자규모	<ul style="list-style-type: none"> • '10-'30년간 USD83.8조 채원소요 추정('18년 현재 GDP 수준 유지 시) 교통부문 비중 39.4%, 도로부문 46.3% 점유 예상 • 인프라 투자가 유보된 미주지역(북미, 남미) 비중 35.6%로 투자전인(이태 31.7%)
기술적 Initiative	<ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터 기술이 스마트化 촉진 → 지능화, 초연결 및 주문형 동적 서비스 창출 • 운영비 절감, 자원낭비 최소·최적화, 조기 투자재원 회수를 핵심기술로 인식
수요변화	<ul style="list-style-type: none"> • 공유경제의 확산으로 인프라 수혜자 → 프로슈머(Prosumer) 전환 노력 확대, 에너지 생산과 소비, 교통정보 생성과 활용에 기여 • ICT 기술(모바일 앱 등)로 프로슈머간 또는 프로슈머-인프라간 상호작용 증가
법·규제정비	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트인프라 도입으로 기존의 법·규제가 단편적 → 복합적으로 개정 요구 증가 • 기존 교통수단(버스, 택시 등) 경제 와해 촉진 및 교통수단간 연계 가속화 • 인프라, 자율주행 등 신개념 등장이 차량-도로-이용자간 상호작용 확대

2.2 주요국 도로부문 이슈 및 해소방향

美와 日은 인프라 노후화를 해소하는 예산확보 정책을 추진 중이나, 인프라 이용률 개선(美)과 내구성 강화(日)로 접근방향은 상이하다. 유럽은 역내 교통수단 연계와 탄소

중립형 도로에 집중하는 경향이 있다. 각국이 주요 내용은 아래와 같다.

2.2.1 미국

① 도로 인프라 노후화

- ASCE Report Card²⁾의거, 도로 및 구조물(교량, 터널 등) 노후화와 구조적 결함 심화
 - 포장상태 열화 진행 中(연방 고속도로 20%, 시내 도로 32%)
 - 교량의 평균 사용연수 43년(50년 이상 39%), 9.1% 구조적 결함내포
- **(해소방향)** 인프라 노후화(포장열화, 교량 평균사용연수 43년)로 투자예산 계획(FAST Act)을 수립·집행 中
 - FAST Act('15년)에서 육상교통 인프라 보수에 대한 예산계획 수립('19~'20년, '19년 USD485억 배정)
 - '20년 만료되는 FAST Act 후속으로 America's Transportation Infrastructure Act 법안 상정('19.7)

② SOC 투자 취약

- 유류세에 의존한 재원조달의 불안정성으로 투자 위축
 - 도로신탁기금(Highway Trust Fund), TIGER 등 연방정부 위주로 재원조달로 한계 봉착
 - '93년 이후 유류세율 유지, 구매력 감소
- 고속도로 및 교량의 만성적 투자보류(USD8,360억 규모)
 - USD2천억('03년) → USD1.6천억('14년) 감소
 - 고속도로 보수 50.2%, 교량보수 14.7%, 관제신호유지관리 등 시스템 관련(35.1%) 투자보류 中
- **(해소방향)** 노후 인프라 유지보수 및 재설계 요구
 - 유지보수예산이 신규건설예산을 초과, 확대 지속
 - 14년 단기교통개선프로그램, O&M 59.5%, 신규 40.5%
 - 13년~'17년 기존도로 축소 및 설계개선 요구증가로 27개州에서 교통량

2) *미국 토목학회 '17년 인프라 평가 보고서(American Infrastructure Report Card) 부문별 등급 - 교량(C+), 도로(D)

적은 도로의 포장제거(아스팔트→자갈 교체)

- **(해소방향)** 기능강화 혁신기술 및 소재 개발
 - 결합진단, 수명연장 및 시공역량 향상목적 연구 진행 中
 - 고성능 콘크리트, 강철소재, 조립식교량(PBE), 나노기술 활용 자가진단 등

③ 교통체증 악화

- 도시化로 인한 인구집중 → 교통혼잡* 초래, 사회환경적 문제로 대두
- 시간·환경적 비용 연간 USD1,600억 추산(연간 69억 시간, 21억 갤런 연료 소모)
- LA, 교통체증(연평균 102시간, 美 최악), 도심지역 5마일 중 2마일 혼잡
- 교통사고로 증가로 교통혼잡 가중(사망자 수 매년 7-8% 증가)
- **(해소방향)** 실시간 교통흐름을 제어하는‘Connectivity’, 인프라 기능을 강화하는’sustainability’, 신기술과 재설계로‘Safety’ 구현
 - (Connectivity) 실시간 교통흐름 제어(알고리즘, 모델링) 연구 진행 中
 - (Sustainability) 소재, 장치 및 시스템 등에 첨단기술 적용으로 인프라 기능강화(내구성 및 회복성 향상, 자가진단, 전기생산, 이동성 등)
 - (Safety) 도로 신규건설 보다는 신기술적용 및 재설계로 안전성 제고
 - 중앙분리대, 가드레일, 럼블스트립 추가 및 개선
 - 도로 노면표시 및 교통신호 개선, 고마찰 표면처리 → 자율주행기술 구현 인프라 구축(CACC)

④ 교통생태계 변화

- 4차 산업혁명 기술 등장으로 교통생태계의 자동화, 공유화, 연계화 전환 → 재정부족이 실증기술의 확산, 기술수요 증가 저해
 - IoT, AI, 빅데이터 위주로 기술실증 및 적용 中
 - 기술요구 조건의 불확실성, 기술적 한계 존재
- **(해소방향)** 민관협력으로 신기술 개발 및 실증, 민간기업 주도(기술력과 자금력 보유), 기술개발과 시범사업 진행

- Smart Pavement system, Smart Powered Lanes
- Surtrac system(자율신호체계, Intelligent Traffic Signal Control System)
- 정부주도(뉴욕, 와이오밍, 플로리다주 교통국)로 커넥티드 프로젝트 수행 및 지원



[그림 5] 주요국 도로부문 유지보수 예산비중

2.2.2 유럽

역내 화물수송을 육상교통에 의존(80%)하지만, 타 교통수단 대비 상대적으로 낮은 안전성을 이유로, 유럽 국가들은 다국적 연합과제로 차세대 저비용 도로건설과 교통시스템 안전강화 및 나아가 환경 문제인 온실가스 배출저감까지 공동 연구를 추진하고 있다.

① 교통 관련 사회적 비용증가

- 향후 20년간 도로교통 수요 50% 증가 전망, 관련 사회적 비용 증가세
 - 교통혼잡으로 인한 비용이 EU 전체 생산액 1%(EUR1천억) 점유
 - 제5세대 도로FOR(Forever Open Road)건설로, 건설·유지비용 절감 시도 中
- (해소방향) 역내 다국적 연합과제로 저비용 도로건설·유지관리 추진
 - 사전제작 모듈로 조립식 도로를 건설하는 적응 가능한 도로

- ICT 기술로 차량-운영자를 연계하는 자동화 도로
- 기후조건을 완화하여 도로이용을 보장하는 복원력 강한 도로

② 육상수송 안정성 미흡

- '17년 기준, 역내 화물수송 51.5%를 육상(도로)에 의존하나, 철도(11.6%)와 해운(32.4%) 대비 안전성(정시성, 가용성) 저조
 - 역내 화물교통 수요 60% 증가('10~'50년) 예상
 - 교통사고 사망자 34,500명('09년) → 25,500명('16년)(미국대비 교통사고 사망자 低)
- (해소방향) 'Vision Zero' 목표로 운전자 중심 → 교통시스템 안전으로 전환을 시도
 - 스웨덴, 사망사고 감소목표 50% 감소 목표(~'20년) → 100% 감소(~'50년) 목표 설정(全 EU, 호주 미국 등 감소목표 전파)
 - 차량의 이동성과 접근성 위주로 도로설계 추진하여 운전자·보행자·유지관리 안전성(속도제한, 차로분리 등) 위한 도로 설계 추진

③ 기후변화 대응

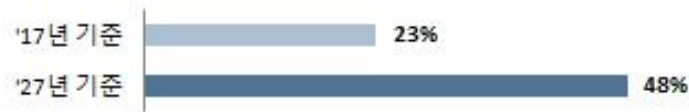
- 육상수송 배출가스 高, 도로를 反환경적으로 인식하는 경향 高
 - 전체 탄소 발생량의 25%를 육상수송 점유
 - EU 집행위원회, 온실가스 배출량 60% 감축목표(~'50년)
- (해소방향) 교통부문 탈탄소화 추구
 - 도로표면의 태양광발전, 열에너지 회수 등 도로운영에 소비에너지 순 제로(Zero) 化 시도 中
 - 도로건설 자재에 소요되는 에너지 25% 절감 목표

2.2.3 일본

노후화가 가중되고 있는 도로 및 교량 등 全 인프라를 9대 시설물로 분류하여 주체별로 장수명화를 추진하고, 시설물 붕괴와 지진 등 사고와 재난 발생 시 복구자원의 신속한 이동성 확보에 집중하여 유지관리 정량化에 힘쓰고 있다.

① 인프라 노후화

- 주요 인프라가 '70년대 집중적으로 건설되어 '17년 대비 인프라 노후화(준공 50년 초과) 급증 예상 → 공공부문 건설투자예산 중 도로정비 관련 예산만 43% 점유
 - '17년 기준 총73만개 교량 중 23% 50년 초과
 - '17년 기준 고속도 총9천km 중 40% 30년 도달



[그림 6] 준공 50년 초과 교량비율

- (해소방향) 인프라 장수명화 기본계획('13년) 수립 및 추진으로 9대 시설물 개별 유지관리계획 수립
 - 도로, 교통안전시설 외 7개(철도, 공항, 항만, 도로표식, 공원·녹지, 하수도, 하천) 대상
 - 정부를 중심으로 유지관리 주체(도도부현, 시정촌, 독립행정법인, 민간기업)별 역할정립
 - 지자체에 재정·기술적 지원으로 선제적 유지관리 실현 中

② 감재·방재 위주로 투자 추진

- 재난·사고 시 구호·복구 자원의 신속한 이동 강조
 - '14년 이후 중앙 지방체의 교량·터널 대상 안전점검 실시 의무화
 - 점검결과 철거·수리 등 조치 이행
 - 사사고 터널 붕괴로 사망 9명, 중경상 2명
(일본 내 고속도로 사고 중 최다 사망자)
 - 산요 신칸센 터널 붕괴, 운행 열차로 콘크리트 낙하
 - 고베지진, 한신고속도로 붕괴 시에 방재자원 이동 난항을 전 국민이 경험
 - 오사카지진 시에는 지반침하로 철도와 도로 운행이 중단된 아픔 경험

- (해소방향) 국토강인화 기본계획('14년~'23년) 수립 및 추진
 - SoC 사전 방재 및 감재 역량 확보에 총력
 - 3개 인프라(도로, 교량, 터널) 전세기 유지관리 30% 점유목표 설정
 - 교량, 휴게소 등 대상 3개년 긴급대책 발표('18년)
- 사회자본 정비 중점계획('15년) 수립 및 추진
 - 現 제4차 계획('15년~'20년) 시행 중
 - 도로 포함 9개 SoC 시설물 투자 통합운영
 - 유지관리 비용절감을 목표로 시설물 관리·갱신의 정량적 목표설정

제 3 장 정책 및 기술분석

3.1 주요국 도로부문 정책 및 연구동향

도로부문 기술정책은 첨단 IT 기술과 융합하여 발전 중으로 미국, 유럽 등 선진국은 교통시설투자부문과 함께 교통기술개발부문에 전략적으로 집중 투자를 하고 있다. 주요 내용은 아래와 같다.

□ **(주요국 정책방향)** 미국과 유럽은 국가 차원에서 향후 5~20년의 중·장기 추진방향을 안전성, 효율성, 지속성으로 두고 필수 목표별로 계획을 추진 中

- 미국과 유럽은 교통량 분산과 교통흐름 향상을 위해 빅데이터를 활용하여 교통정보를 분석해 도로 이용률을 획기적으로 향상시키는 정책으로 통행량 증가에 대응하고 교통체증 감소와 교통사고 예방을 위해 실현 노력을 기울임
- 일본은 전국 단위 과금 및 징수 시스템을 도입하여 도로의 지연 또는 정체 요인을 사전에 제거하여 이용객의 도로 이용효율 제고 노력을 경주
- 미국 교통부(DOT, Department of Transportation)는 향후 교통부문 기술 목표를 안전성, 혼잡경감, 친환경성, 보안 기술로 설정하고 관련 R&D를 추진하여 목표달성을 위해 노력 中

[표 4] 미국 DOT 도로교통기술 R&D 추진방향

전략적 목표	추진방향
안전성	<ul style="list-style-type: none"> • 우발적인 사고의 원인과 위험성 감소 • 사건·사고의 감소 • 새로운 기술·차량·설계·공정절차의 평가
혼잡 경감	<ul style="list-style-type: none"> • 승객과 화물 수송의 혼잡 경감 • 기존 교통시스템의 수명연장 및 인프라 내구성 향상 • 차세대 기술의 사용 및 결합, 재정계획 • 운영·관리 향상 • 서비스 취약지역과 인구에 대한 교통서비스 향상 • 국가교통 연구능력 증진
친환경성	<ul style="list-style-type: none"> • 교통의 영향 이해 및 경감 • 환경평가 절차의 향상
보안 및 대비·대응	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 대비·복구 향상 및 취약성 감소 • 위험물질 운송 보안 및 사고 시 위험도 책정

- 유럽은 도로전문자문회인 ETRAC(European Road Transport Research Advisory Council)은 향후 교통연구개발 중장기 계획을 이동성, 효율성, 안전성으로 설정하고 환경과 설계분야별로 세분화해 R&D 계획을 수립 중

[표 5] 유럽 ETRAC 도로교통기술 R&D 추진방향

전략적 목표	추진방향
이동성	<ul style="list-style-type: none"> • 교통이용자의 이동성 향상 시스템 구현 및 교통서비스 최적화 • 끊김 없는 서비스 제공 시스템
효율성	<ul style="list-style-type: none"> • 효과적 화물운송을 위한 최적의 화물교통서비스 제공시스템 구현
안전성·보안성	<ul style="list-style-type: none"> • 사고방지, 사고효과 경감을 위한 안전성 증대 • 도로교통시스템의 보안성 강화
환경·에너지·자원	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 방출 감소 및 효과적인 에너지 사용방안 • 사회·자연영향을 포함한 환경성 증대
설계 및 생산시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 유연한 생산시스템과 시장성 있는 제품 및 서비스의 경쟁력 제고 • 수명시간 회복 및 재사용에 따른 지속가능한 시스템 개발

[표 6] 주요국 교통정책 동향

국가	주요 정책	정책 내용	주요 성과
미국	유료 다인승전용차로제	<ul style="list-style-type: none"> 이용률 저조, 불법운행 등 운영상 문제 증가 통행료 부과한 일반차량 운행 혼잡도에 따라 통행료 탄력부과 	<ul style="list-style-type: none"> 통행시간 단축 통행속도 증가 통행량 증가
	교통 빅데이터 활용	<ul style="list-style-type: none"> 민간 교통정보회사와 계약 수집된 교통정보분석 및 활용 노스캐롤라이나, 175만대 차량, 센서, 카메라 활용한 정보수집 	<ul style="list-style-type: none"> 4백만마일 교통정보를 40개국에 제공
	AET (All-Electronic Tolling)	<ul style="list-style-type: none"> 펜실베이니아주, Turn-Pike(총연장 545마일)에서 PoC('11~'12년) 텍사스, Loop49 최초 적용('06년) 이후 美 전역으로 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 통행량 400% 증가 정체 20-93% 감소
유럽	다인승전용차로제	<ul style="list-style-type: none"> ICARO(Increasing Car Occupancy) 프로젝트 중 일부 차량공유 활성화 일환으로 시행 	<ul style="list-style-type: none"> 첨두 통행량 최대20% 감소 3년간 사고 30% 감소
	Horizon 2020 Big Data Value Lighthouse project	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 하이웨이, 커넥티드 차량 등에 지속적 활용목적으로 시행 	<ul style="list-style-type: none">
	eHighway System	<ul style="list-style-type: none"> 지멘스가 개발한 전력선 기반 하이브리드 트럭시스템 도로에 가설된 전력선으로 공급된 전원과 디젤 병용 	<ul style="list-style-type: none"> 배출가스 저감
일본	RSE ³⁾ 연계 ETC (Electric Toll Collect)	<ul style="list-style-type: none"> 동행료 징수 외 정체회피, 재해지원 등 제공 도로 측면에 ITS 설비로 교통영상 등 차량에 제공 주차요금징수, 페리 승선 간소화 등 확대 중 	<ul style="list-style-type: none"> 규격통일로 전국 단위 요금징수 통합

□ (미래변화 대응) 선진국은 기술융·복합, SOC 고도화, 효율화, R&D확대 추진 中

○ 미국은 커넥티드 및 자율주행 차량 보급에 따른 스마트 도시 인프라 구축으로

3) Road Side Equipment

도로 효율성 강화 및 도로안전과 환경 중심의 정책 추구

- 유럽은 인프라 고도화 外 기존 도로 시스템의 유지보수 및 효율성 제고 추구
예) 독일 연방인프라계획(FTIP) 예산 중 56%가 기존 인프라의 유지보수관련 투자계획으로 수립

[표 7] 주요국의 미래변화 대응방향 예시

국가		주요정책
미국	신 미국 혁신전략 (‘15)	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 자동차로 사망자 수 감소 • 스마트 도시건설 등 당면과제 해결을 위한 전략적 목표 제시
	각 부처 전략계획 (‘14-’18)	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 대응, 자연재해 예방·복구 • 맞춤형 공공서비스 제공, 복지, 안전, 정보보안 강화
독일	하이테크 전략 2020 (‘10)	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트공장 구현을 위한 표준화 등 추진 • IoT, 사이버 보안, 빅데이터, 3D 프린터 등 핵심기술개발 추진
	연방교통 디지털사회부 전략(‘16)	<ul style="list-style-type: none"> • 통합물류시스템 등 시스템 기반 SOC 효율성 제고 • 사용자 친화적·친환경 인프라 구축
영국	과학 자본 로드맵 (‘14)	<ul style="list-style-type: none"> • 사회·경제적 이슈와 과학기술연구 부문의 전략 제시
	국가 인프라 구축 플랜 (‘16-’21)	<ul style="list-style-type: none"> • 국가통합을 위한 교통 접근성 강화 지원 • 세계선도 기술개발 지원 및 전략적 인프라 고도화

□ (미국) 자율주행, AI 등 첨단기술을 도로에 적용하고 미래 기술변화에 따른 법·제도 대응 방안 모색

- 도로 및 교통흐름에 활용될 수 있는 첨단 기술과 다양한 교통 정보를 활용한 도

로운영 기법 고도화 추구

- 교통기반시설 재정 및 혁신법(TIFIA, Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act)을 통해 '16년 ~'20년간 고속도로와 교량 등 도로 시설에 ITS와 복합 연계 수송 시설, 환승시설, 물류시설 등을 설치하는 프로젝트 사업에 USD1.435조 지원

□ (영국) 미래도로를 위한 도로기술 혁신 추진

- '20년까지 연간 150억 £를 도로부문에 투자할 예정이며, 이 중 1%를 도로 혁신 및 기술 개발을 위해 투자 중
- 분야별로 스마트 인프라(5천만 £), 신기술 테스트(3천5백만 £), 스마트 운영(3천4백만 £), 데이터 분석(2천5백만 £), 안전(5백만 £)

□ (노르웨이) 전기차 관련 인프라 외 '10~'19년 국가교통망계획에서 기존 도로를 정비 하서 낙석 방지와 산사태 예방을 위한 교통망 개선 프로젝트를 추진

□ (독일) 기존 보유 인프라의 유지관리에 중점

- 연방 교통인프라계획에서 투자 우선순위를 도출하고 예산의 56%를 유지보수 관련 투자기로 결정
- 시나리오 평가로 투자우선순위를 선정한 후 최고긴급수요(VB+), 긴급수요(VB), 기타수요(WB)의 3단계로 구분하여 우선순위가 높은 VB+ 사업부터 우선 수행

□ (싱가포르) 자율주행 등 미래기술 대응 및 저탄소 친환경 도로건설 기술개발 추구

- 화물운송을 위한 자율주행 차량의 군집주행 기술개발 중
- Green Highway 건설계획으로 도로 재료에서 시공까지 저탄소 재활용 재료를 사용하고 시공법 등에 활용

[표 8] 주요국 인프라 법·제도 및 주요 연구과제

국가	대상	주요 연구과제
미국	<ul style="list-style-type: none"> Dept. of Transportation 및 산하 운영기관 (Federal Highway Administration, National Highway Traffic Safety Administration 등) 	<ul style="list-style-type: none"> A Remote, Self-sustained System for Monitoring Water Quality Near Highways A Self-Sensing Adaptive Material for New Generation of Multifunctional Highway Bridge Bearing System Advanced Freeway Merge Assistance: Harnessing the Potential of Connected Vehicles
유럽	<ul style="list-style-type: none"> (EU) European Road Transport Research Advisory Council (영국) Dept. of Transport, 및 산하 기관 (Office of Rail and Road, Highways England, TRL 등) (노르웨이) Ministry of Transport and Communication 및 산하기관 (Department of Public Roads and Traffic Safety, Norwegian Public Roads Administration, Roads and Transport Department 등) (독일) BMV(Federal Ministry of Transport), BASt 등 	<ul style="list-style-type: none"> EU Intelligent Road EU Horizon 2020 Big Data Value Lighthouse Project EU eHighway System UK High Occupancy Vehicle Lane UK Enabling Connected Autonomous Vehicle Environments UK StreetWise - Delivering an automated Personal Mobility Solution for London Commuters Norway Smart Tolling Technology Development Germany Local Analysis and Mapping of Potential Flood Areas in the Federal Highway Network of North Rhine-Westphalia as a Result of Heavy Rain Events Germany Road Construction 5.0 - Autonomously Working Road Construction Machines 4.0 Germany Smart Bridge - Methods for Evaluation. Verification and Processing of Measurement Data
싱가포르	<ul style="list-style-type: none"> Ministry of Transport, Land Transport Authority 	<ul style="list-style-type: none"> Platooning Cargo Truck technology development trials in West Coast Highway NTU Autonomous Bus Project

□ **(주요국 연구개발 방향)** 미국 FHWA⁴⁾, 독일 BAST⁵⁾ 연구과제의 세부 연구영역별 분석결과, 한정된 도로 인프라의 효율을 향상하는 교통과 운전자뿐만 아니라 보행자, 장애인 등 포괄적 안전부문을 중심의 R&D 수행·진행 中

- 세부 연구영역은 공사기준을 적용하여 포장, 구조, 교통, 안전, 환경으로 구분
- 미국 FHWA는 자율주행, 커넥티드 카 등 산업변화에 동태적으로 대응하기 위한 교통 인프라 기술 개발 및 도입을 추진 중이며 이와 함께 안전부문의 역량 강화를 위한 연구에 집중적으로 투자하고 있음

[표 9] 미국 FHWA 연구과제

부문	연도별 착수과제 비중(%)			
	'07~'12		'13~'17	
포장	10.6	(5개)	0.0	(0개)
구조	12.8	(6개)	17.9	(5개)
교통	55.3	(26개)	50.0	(14개)
안전	14.9	(7개)	21.4	(6개)
환경	6.4	(3개)	10.7	(3개)
계	100.0	(47개)	100.0	(28개)

- 독일 BAST도 교통 및 안전관련 연구과제가 가장 큰 부분을 차지하나 기존 포장, 구조물 등의 유지보수 관련 연구도 각각 18.5%, 16.6% 차지

[표 10] 독일 BAST 연구 중 과제

부문	現 진행 중 과제 비중(%)	
포장	18.5	(28개)
구조	16.6	(25개)
교통	33.1	(50개)
안전	23.2	(35개)
환경	8.6	(13개)
계	100.0	(151개)

4) Federal Highway Association

5) Bundesanstalt für Straßenwesen

- 現 주요국의 주요 연구개발 부문에서 ‘교통’과 ‘안전’의 논문발표 및 특허(출원, 등록)를 조사한 결과⁶⁾, 상용화가 개시된 V2I와 신호체계 지능화 대비 교통정보분석, 도로·구조 안전진단과 도로안전 컴퓨터비전의 연구부문이 활동이 활발한 것으로 조사됨

[표 11] 주요 교통 관련 연구개발 동향

구분	연구주제	기간(건)			
		~‘11년	‘12~’14년	‘15~’17년	‘18년~
논문	Traffic data analysis	4	-	23	6
	Vehicle Infrastructure Integration, V2I	43	7	5	-
	Smart Traffic signals	8	10	7	8
특허 (출원, 등록)	Traffic data analysis	7(4,3)	6(1,5)	5(5,0)	-
	Vehicle Infrastructure Integration, V2I	5(2,3)	2(0,2)	10(10,0)	-
	Smart Traffic signals	3(2,1)	3(2,1)	-	-

- 다음은 안전 관련 연구개발 동향이다.

[표 12] 주요 안전 관련 연구개발 동향

구분	연구주제	기간(건)			
		~‘11년	‘12~’14년	‘15~’17년	‘18년~
논문	Road Structure, pavement maintenance sensor	5	4	10	6
	Road safety computer vision	10	8	6	6
특허 (출원, 등록)	Road Structure, pavement maintenance sensor	4(1,3)	7(2,5)	2(2,0)	-
	Road safety computer vision	2(0,2)	2(2,0)	-	-

6) Google Scholar, Google Patent 검색결과('19년 4월 현재)

3.1.1 미국

재원부족으로 도로망 확충 한계(노후 인프라 교체, 신교통체계 도입) → 교통 흐름·안전개선으로 정책노선 전환, 자율주행차와 커넥티드카를 지원하는 인프라 구비 및 신소재(CNT*, 나노 등) 적용해 도로포장과 구조물의 손상을 감지하는 관련 연구를 집중적으로 수행 중이다.

□ **(정책방향)** 재원 소요형 국가도로망 구축 → 교통시설물 운영 및 유지보수로 정책 노선 방향성 전환

[표 13] 도로부문 정책방향(미국)

시기	~ '06년	'06년 ~ 현재
목표	도로망 확충, 신교통시스템 도입	효과적 교통흐름 실현, 교통안전 제고
기대효과	교통혼잡 완화	유지보수비용 최적화

- 교통부(US DOT) 주관, 연방정부 차원의 국가교통정책 정립 및 추진
 - '06년 이후 5개년 전략계획 수립 후 추진 中
 - 가장 최근 '17년~'21년 계획 추진 中

[표 14] 교통전략계획(미국)

교통전	주요 목표
NHPP(National Highway Performance Program)	<ul style="list-style-type: none"> • FAST Act 의거 '20년까지 운영예정 • 도로 및 교량의 유지보수에 중점
LPSTP(州별 장기 광역권 교통계획)	<ul style="list-style-type: none"> • 연방 차원에서 교통안전 제고 • 이동성 확보 및 교통시설물의 상태 보존(Preservation) 목표 • 교통부문(도로, 철도, 항공, 대중교통) 종합계획

- (주요추진분야) 자율/커넥티드 주행을 지원하는 차선인식 개선 및 가변속도 차선구현과 더불어 CNT(CNT: Carbone Nano Tube), 나노 등을 활용해 도로 포장의 파손과 교량 등의 구조물 자가진단 신소재 개발
- 향후 자율주행 대비한 도로인프라 개선 및 예측보전 강화

[표 15] 도로분야 정책방향(미국)

목적	부문	추진분야
교통 흐름 개선	교통	<ul style="list-style-type: none"> • 자율주행 차량의 차선인식 개선 • 차선평폭 150% 확장(4'→6') • 방진코팅 차선 적용 • 기상/교통정체 연동 가변속도 제어
	안전	<ul style="list-style-type: none"> • 2D 바코드 동적표지판(3M社), 차속제어 • 드론 및 비파괴 진단활용, 균열탐지
유지보수 비용 절감	포장	<ul style="list-style-type: none"> • 센서 내장형 조립식 포장, 예측보전 대응 • CNT 자가센싱 포장으로 응력변화 감지
	구조	<ul style="list-style-type: none"> • 조립식 구조물의 연결용 UHPC* 다변화 • 에폭시, 나노클레이드 등 철근부식 저감 • 무선센서, CNT 활용 철근 피로손상 감지

3.1.2 유럽

Vision Zero(유럽위원회 주관)에 부합하는 교통인프라 최적화 외 소재(폐자재)·시공(자가치유)의 탄소배출 저감과 비파괴검사의 다변화(드론, 로봇, 광통신 선로 등)로 국민(운전자, 작업자) 안전제고에 힘쓰고 있다.

- **(정책방향)** 지속가능한 도로교통체계 구축을 목표로 안전, 연결 및 환경 정책수립 → 교통수단별 연계를 토대로 환경·안전강화
 - Vision Zero(유럽위원회 주관)에 부합하는 안전 확보를 위해 차량, 보행자, 인프라 부문으로 세분화하여 연구개발을 추진 中
 - 인프라(도로-철도-항만) 연계 최적화에 자동화(자율주행) 접목 시도 中
 - 차량, 교통 외 산업적 관점에서 포괄적 환경문제를 인식하여 개선 위한 노력을 경주 中

[표 16] 도로부문 정책방향(유럽)

목적	전략	추진분야
환경강화	EU on the Move I (‘17.5)	<ul style="list-style-type: none"> • 교통소외 계층에 대한 교통편의 확대 • C-ITS 및 탄소배출저감 교통구현
	EU on the Move II (‘17.11)	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소배출저감 → 포괄적 환경보호로 확대 • 유럽 내 관련 산업의 보호와 육성
안전강화	EU on the Move III (‘18.5 ~ 현재)	<ul style="list-style-type: none"> • 교통의 전방위 안전성 강화 • 교통 인프라(도로-철도-항만) 연계 최적화, 자율주행 상용화 선도

- **(주요추진분야 - 환경강화)** 폐자원 활용, 자가치유 소재 등 적극적 탄소배출 저감 및 비파괴검사 다변화 관련 정책 추진
 - 폐기물(플라스틱, 아스팔트, 식용유 등)을 활용한 도로포장 상태와 구조물 안전 진단 및 대체 소재 개발을 추진 中

- 자가치유 소재(마이크로캡슐, 나노분말, 박테리아 등)로 노면 내구성 향상
- 도로 방음벽 및 나노크리스탈 집광 활용, 태양광 발전

□ **(주요추진분야 - 안전강화)** 도로 주행차량의 안전 및 포장·구조물 진단 시 투입되는 작업자의 안전 강화에 중점

- 주행차량에 광학단말을 장착해 주행안전성 제고 노력
 - 근적외 분광분석에 의한 노면상태 파악(스웨덴)
- 드론 및 센서 활용, 작업자 안전 추구
 - 드론 활용 측량, 손상복구 자재소요량 산정(독일)
 - 초음파 검사로봇, 배수관 점검(독일)
 - 교량구조진단용 데이터 획득 및 분석(슬로베니아)
- 포장·구조물 건전성 진단
 - 광섬유를 활용한 포장 변형 및 인장력 점검(벨기에)
 - 광섬유 통신선 매립으로 노면파손 파악(프랑스)
 - 압전 센서로 교량진동 측정(독일)

3.1.3 일본

‘국토강인화’와 ‘인프라 장수명화’ 정책에 의거, ICT와 화학기술로 자연재해 피해경감을 추진하고, 드론·로봇, 비파괴검사(초음파, 테라헤르츠, 광섬유)를 활용한 구조건전성 및 예방적 유지관리 실현을 위해 노력하고 있다.

- **(정책방향)** 재정부담 완화를 추진하는 가운데 기존 유효 사회자본 활용을 높이고 PPP, PFI⁷⁾ 활용하여 예방적 유지관리 역량 확보에 노력 中
 - 사업주체를 지자체 → 국가차원 통합관리로 전환해 재원 최적화 추진
 - 지자체의 예방적 유지관리 추진에 대한 재정·기술적 지원 동시 병행

[표 17] 도로부문 정책방향(일본)

주관기관	전략	주요 추진내용
국토 교통성	국토강인화(‘14-’23년)	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 자연재난의 대비 및 대응 계획 위주 • 高 취약 시설물 지정, 안전성 향상
	인프라 장수명화(’13년)	<ul style="list-style-type: none"> • 인프라 관리비용 절감에 목적으로 정기점검 추진 • 안전·사용·내구성 고려, 성능평가 중심의 SOC시설물의 유지관리 체계 • 신기술(ICT, 센서, 로봇, 비파괴 검사 등) 개발 및 활용
	사회자본정비(’03년~)	<ul style="list-style-type: none"> • 現 4차 계획(’15-’20년) 시행 중 • 중점적 투자가 필요한 사업 선정기준 설정 (재정부족을 선택과 집중으로 해소)

- **(주요추진분야)** 자연재해로 인한 피해를 경감하도록 소재(동결방지 등) 외 AI 활용한 위험도 예측 및 파동, 광학 등 활용 실내·외(GPS 미수신) 구조물의 손상균열 점검
 - AI 활용한 예측모형 및 비파괴검사로 예방적 유지관리 추진

7) Private Finance Initiative

[표 18] 도로부문 정책방향(미국)

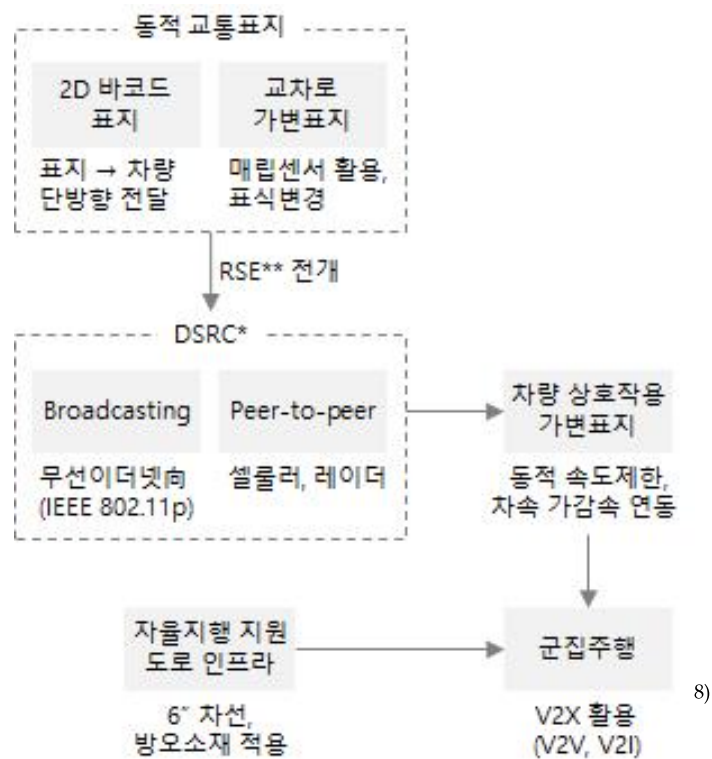
목적	부문	적용분야
감재·방재	기상예보	• AI 활용, 도로관리자원 예측·최적화
	토사재해	• 구조물 토양속성 DB구축, 위험도 평가
	노면동결	• 동결방지 대체제(프로피온산나트륨 등)
안전진단	드론·로봇	<ul style="list-style-type: none"> • 반발경도(소리, 진동) 활용, 균열점검 • 복안영상처리(일반렌즈) 활용, 균열판정 • 자율이동, SLAM* 활용, 실내구조물 점검
	비파괴 검사	<ul style="list-style-type: none"> • 위상배열 초음파 활용, 구조물 내부단면 손상과 균열 탐지(올림푸스社) • 테라헤르츠 활용, 표면균열탐지 • 광섬유 활용, 구조물 균열탐지

3.2 도로부문 분야별 기술동향

3.2.1 교통

도로 효율증대로 인프라 확충효과를 얻는 것을 연구개발의 지향점으로 삼고 기존 차량 대상 동적 교통표지와 커넥티드/자율주행 차량을 대상으로 교통흐름 제어와 차선인식 개선 연구와 군집주행 실증연구를 수행 중이다.

□ **(주요전망)** 기존 차량 대상 동적 교통표지로 흐름을 제어하고 커넥티드/자율주행 차량 대상 표지와 차속 연동 관련 연구를 집중하여 수행 중



[그림 7] 교통부문 기술전망

□ **(교통흐름 제어)** 교통량 자동탐지와 동적 속도제어 및 주행정보 공유로 운전자 안전 제고, 탄소저감 및 교통 혼잡 최소화 연구

○ Adaptive Ramp Metering을 활용 고속도로 진입로 교통량 증가를 탐지해

8) *Dedicated Short Range Communication, ** Road Side Equipment

능동적으로 차량흐름 통제 → (확산) 교통량증가 정보 전달로 사고율 감소

- 가변속도제어로 실시간 교통혼잡구간 능동적 제어

→ (확산) 속도감속제어로 CO² 저감, 안전성증가

- (V2I) Smart Work Zone은 실시간 작업구역 정보를 운전자 및 정보기관에 전달해 교통혼잡 최소화 → (확산) LCIS 활용 교통혼잡 최소화

- (V2X) 도로 및 도로변 매립된 센서 등 장치와 통과차량을 매개로 실시간 도로교통 데이터 수집 및 실시간 교통 공유·예측

- SAR(Synthetic Aperture Rader) 활용 도로 교통 데이터수집으로 교통량 최적화

- RSE(Road-Side Equipment) 통과 시 차량에 정보전달 및 차량의 정보수집으로 양방향 소통

→ (확산) 일본 ITS-Spot은 교통체증 해결과 사전 보수로 사고율 감소

- 지능형 로드마킹 시스템의 나노센서 활용 V2X 구현하여 실시간 예측 및 도로관리 구현 → (실증) 도로 동적·정적 정보를 실시간 전달

- (자율주행) 자율주행 공동주행 실현을 위한 차량-차량, 차량-인프라 간 통신 시스템 구현 및 자율주행차량의 도로 인식을 강화 연구

- (V2V) 군집주행의 CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control), DSRC(Dedicated Short Range Communication) 및 WAVE(Wireless Access for Vehicle Environment) 연계 시 클라우드 기반 네트워크가 트럭 자율주행 성능을 개선

→ (실증) 군집주행에 따른 고속도로 교통정체 및 사고율 감소

- 임베디드 기술 탑재된 2D 바코드표지판에 메시지를 생성하여 자율주행차량이 전방도로환경 인식 → (확산) 미국내 유리구슬을 함유한 신규레인을 추가로 설치하여 자율주행차량의 운전 완성도를 향상

- 6-inch Wide Road Demarcation Line

- 구슬·신소재활용 카메라의 차선 감지율 향상

3.2.2 포장

재활용 소재의 모듈식 포장이 상용화 단계이며, 예측보전으로 도로인프라 가용성 제고와 자가치유 소재를 적용한 유지관리(투자재원의 과반 이상) 비용절감 연구개발을 추진 중이다.

- (주요전망) 친환경·재활용소재 활용한 기능성 포장, 조립 모듈식 시공을 중심으로 자가센싱 등 측정·진단 및 자가 치유 방안 연구
→ 예측보전 및 비용절감 연구 추진



[그림 8] 포장부문 주요전망

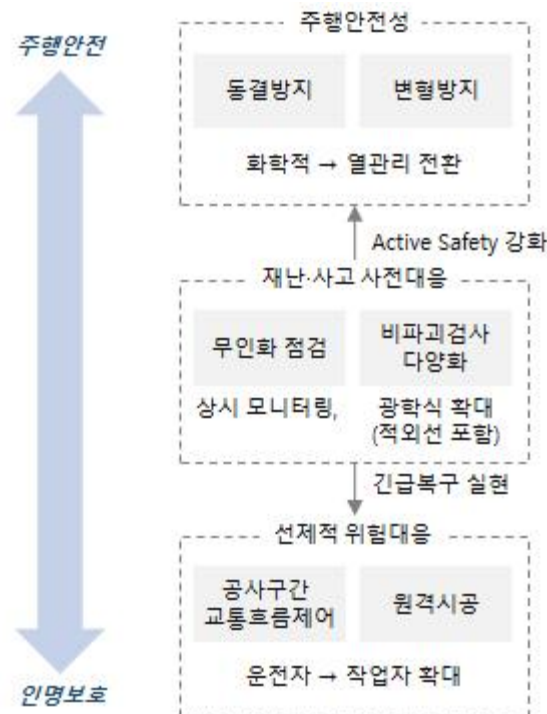
- (기능성 포장) 재활용 플라스틱 활용 기존 아스팔트 대체 연구
 - CNT(Carbon Nanotube) 사용 도로내부 응력변화 자체감지 및 모니터링
→ (실증) 기존대비 강도 증가 및 건설비용 절감
 - 친환경 바인더활용 아스팔트 시공 → (실증) CO₂ 저감 및 시공비용 절감 효과

- 소음경감 및 개선 다공성 아스팔트(설계된 수명동안 소음경감효과 보유, '20~'30년) → (실증) 실시간 센싱으로 유지보수비용 절감
- (조립·모듈 시공) Rollpave 모듈러는 친환경소재 및 사용자중심 맞춤 포장 기술이며 용도와 목적에 따라 다양한 포장적용 가능
 - 모듈형 포장시스템으로 포장시간단축 및 급속교체 시공에 중점
→ (실증) 기존대비 시공 성 향상 및 CO2·소음저감
 - 프리캐스트방식의 최대 30년 내구성입증 견고성 증가 → (실증) 기존대비 배수 기능 향상
- (자가치유) 아스팔트에 자가치유 新소재 첨가로 기존 및 신규도로 균열·변형 감지 및 능동적 자체회생 연구
 - 물리적, 열적, 화학적 작동체계의 다양한 소재와 기술로 연구진행
→ 도로의 수명 연장과 보수비용 절감

3.2.3 안전

무인화 및 비파괴검사는 재난·사고의 피해를 경감하며, 기후변화에도 주행안정성 확보로 운전자의 Active Safety 구현과 공사·사고 구간의 교통흐름제어 및 원격시공은 작업자 안전을 보장하는 연구개발이다.

- **(주요전망)** 피해경감 → 사고예방으로 능동적 안전제고 및 무인화, 2차 사고 예방으로 인명보호 확대



[그림 9] 안전부문 주요전망

- 기후 내후성 강화, 감재·방재 및 운전·작업자의 안전강화 연구로 주행안전성과 선제적 위험
- **(기후내후성 강화)** 아스팔트 온도 저감 코팅제/도료 개발, 도로결빙 및 손상 방지(지연) 물질 개발
- PerfectCool Coat, 복사열 반사 페인트로 아스팔트 온도 5°C 저감
→ (실증) 日 나가사키 와이와이 수영장 진입도로
 - 고정형 자동식 결빙 방지 분사 기술, 초음파 센서 기반 동결 조기 경보

시스템, Paraffin Wax, 도로 표면에 눈 / 결빙 시 작동

→ (확산) 염화칼슘 대체, 스프레이 스트립 설치

- PCM*, 계절적 온도 변화 및 그로인한 변형을 방지 → (개발中) 열 피로 손상 방지, 상변화 물질

□ **(감제·방제)** 드론을 활용한 접근 용이성이 낮은 구조물의 진단 및 비파괴 검사 방안 개발

- Drone based rebound hammer method, 교각과 교량 뒷면을 금속막대로 타격, 소리와 진동 차이로 균열유무 조사

→ (실증) 드론에 적용, 인프라 검사비용 해결

- 근적외 분광분석법, 광원을 노면에 조사, 반사된 광을 측정

→ (PoC) 측정정보를 V2I, V2V로 공유

- TeraHerz Sensing, 극초단파 보다 짧은 파장으로 공간 분해능력 高

→ (개발 中) X선 대비 낮은 출력으로 인체피해 저감

□ **(운전·작업자 안전강화)** 공사구간 흐름 제어 및 원격시공으로 선제적 위험 대응 및 운전·작업자 안전강화 연구

- Dynamic Lane Merging for Work Zone traffic control, PVMS와 VSL을 사용, 고속도로 교통·공사구역 관리 → (확산) 고속도로 차속제어로 안전·흐름 제고

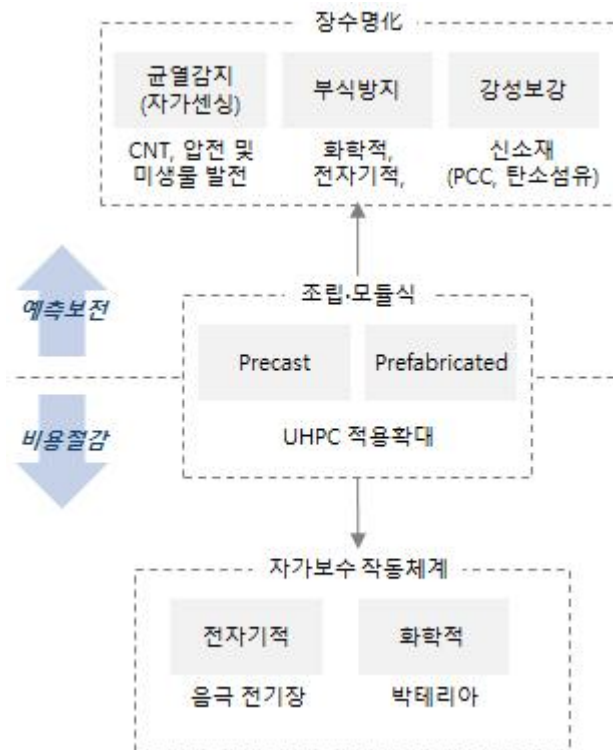
- ICT Pavement, 레이저 스캐너로 사전측량 후 Grader로 시공

→ (실증) 日 MLIT 24,000km, 향후 8,000km

3.2.4 구조물

조립·모듈식 시공증가는 고강도 바인더 소재개발을 촉진하며, 주요 연구개발 지향점으로 균열과 부식의 탐지, 강성보강으로 장수명화와 유지관리 비용을 절감하는 자가치유관련 연구가 부상하고 있다.

- 조립·모듈식 시공 및 상시 건전성 진단으로 예측보전 실현과 자가치유 소재 적용으로 유지보수 비용절감 연구 추진



[그림 10] 구조물부문 주요전망

- (건전성 진단) 구조물의 센서 등의 실시간 손상감지 장치 내장으로 원격 진단 및 평가 실현
 - 광섬유변위센서 사용 손상감지 구조물 손상감지 → (확산) 無부식과 장거리 구조물 모니터링 구현
 - Fiber Bragg Grating Sensor/Monitoring System
(구조물外 도로안전성 진단 및 모니터링 입증) → (PoC) 전자파간섭無 센서의 내구성 입증

- MEMS 가속도센서로 방재·감재時 구조물 안전평가, 위기관리 및 내진설계 구현
- 구조물 안전성/손상여부 실시간 모니터링 SHM(Structural Health Monitoring)(GPS, 지진계, 풍향·풍속계, 센서 활용 데이터 축적)
→ (실증) 유지보수비용 절감 및 예측보전 구현
- (자가보수) 터널, 교량 등의 콘크리트 구조물의 자가치유 및 부식방지 소재 개발 및 실증 연구
 - 음극부식방지기술 활용 손상이 감지될경우 정류 장치사용 전기장 생성으로 부식을 지연 → (PoC) 부식방지, 실시간 관측, PCCP 기능검증
 - Biogenetic healing agent는 콘크리트·박테리아 혼합시 화학반응발생 균열 부위 자가치유(터널, 지하층, 교량바닥판에 적합한 소재)
→ (실증) 터널 및 교량의 균열 자가치유 입증
 - 간헐적음극방식으로 교량의 부식방지(희생양극식 및 외부전원식으로 분류)
→ (실증) 전원공급 및 유지보수 필요無

3.2.5 환경

도로시설물을 활용한 태양광과 풍력 발전으로 에너지(가로등, 신호등 소요전력에 대한) 자립도 향상과 상·중온 시공 외 소재생산에서 발생하는 탄소배출저감 추진 중이다.

- (주요전망) 환경부문 연구의 주요 방향은 탄소저감과 재생 에너지 발전을 주제로 추진 중이며, 소재생산과 시공중 배출가스 저감 및 노면과 노변 설치물을 활용한 에너지 생산으로 도로 운영에 필요한 에너지 충당



[그림 11] 환경부문 주요전망

- (재생에너지 발전) 태양광 집광장치로 태양광 발전효율 향상과 주행편의 및 충전 장치증설 연구추진

- Solar Noise Barrier with LSC(Luminescent Solar Concentrator), 발광성 태양열 집광장치로 Nano Crystal로 태양광 발전효율 향상
→ (실증) EU, 400m 길이, 5m 높이 방음벽에 적용
- Solar Noise Barrier with Bifacial PV module, 소음 경감, 에너지 생산 및

기후변화 대응, 공간활용 → (실증 中) 주차장에 설치, 가로등 전력확보

- Solar Roadways(주행가능 태양광 패널) → (실증) 발전전력으로 무선통신
 - 일반도로를 에너지 Source로 변환
 - 패널 LED사용으로 도로 마킹 대체
 - 겨울철 패널 온도를 높여 눈, 얼음 제거
- Novergy(32 Bit Microprocessor based Controller), 태양광 발전으로 교통 신호 소요전력 생산

□ **(탄소저감)** 아스팔트 첨가제 및 대체소재 개발로 시공 중 발생 가스, 악취배출 감소 연구를 중심으로 추진

- Warm Mix Asphalt, Aspha-MinTM 합성 제올라이트, WAM-Foam 연질 및 경질 바인더 → (확산) 美 40개 이상 주, EU가 WMA 도입
- Sasobit(FT 파라핀 왁스), EvothermTM, Advera WMA → (확산) 소재생산 공정의 온도 54°F 감소, 발전연료 30% 절감 및 CO₂ 배출량 30% 감소

제 4 장 미래 기술분석

4.1 분석 개요

美, EU 및 日의 최근 5개년 연구사업 조사로 6대 대분류별 분석대상 기술을 확보하고, 정량(시장기술성 평가),정성(특허네트워크 분석)평가 수행으로 집중대상 기술을 선정하였다.

□ (정책(기술) 산업동향 조사) 주요국 도로산업 정책기술(연구과제) 조사

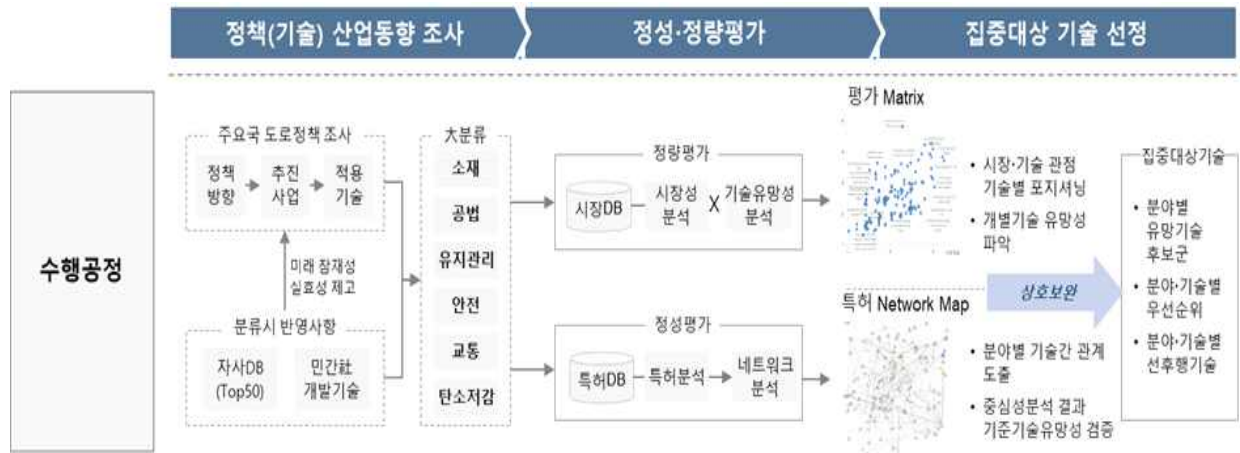
- FHWA(美), FEHRL(EU), BAST, VTI(스웨덴), NILIM, PWRI(日)
- 도로 5대부문(포장, 구조, 교통, 안전, 환경) 연구사업 중심의 연구주제 및 관련 기술센싱
- 既 확보기술과 민간社 연구개발 주제 반영 대분류 확정

□ (정성평가) 유망기술후보 도출을 위한 총8개 평가 척도 확정

- 기술/시장 평가척도 각4개
- 각 평가척도별 기준 확정

□ (정량평가 → 집중대상 기술선정) 대상기술 특허기반 네트워크 분석(중심성 분석)으로 대상기술 특허인용/피인용 파악 및 분야별 기술 Matrix 구성

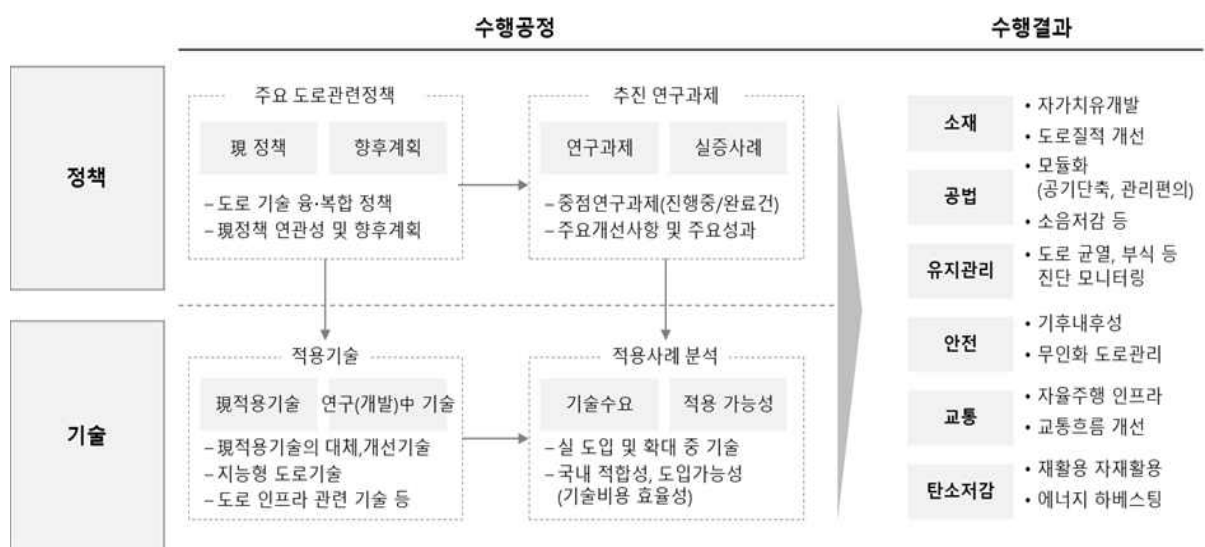
- 정량 분석결과를 토대로 분야별 시장성과 기술성으로 유망기술 후보군 도출
- 유망기술 특허기반 네트워크분석(중심성 분석)
→ 분야별 선후행 기술 및 핵심확보기술 판단



[그림 12] 계량분석 개요

4.1.1 정책(기술) 산업동향 조사

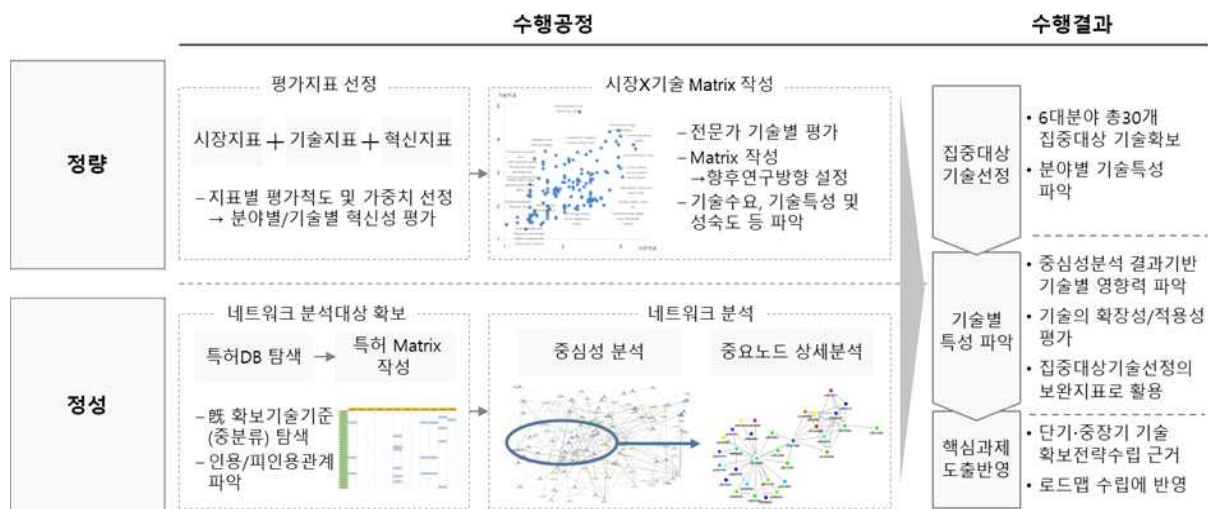
- 주요국 現 도로관련정책과 추진과제를 기반으로 도출된 적용기술 및 사례 검토로 집중연구대상 기술 선정을 위한 6대 기술 후보그룹(Pool) 확보
 - 도로관련 現 정책 및 향후계획 조사 분석으로 現 적용기술의 대체, 개선 기술 및 지능형 도로, 도로인프라 관련 기술 조사
 - 도로관련 중점연구과제(진행 중, 완료건 포함) 분석으로 주요개선사항, 기술수요 및 적용·확산 가능성 판단



[그림 13] 정책(기술) 산업동향 조사 공정

4.1.2 정성·정량 평가

- (정량평가) 정책(기술) 산업동향조사 결과로 확보된 6대 부문 총30개 집중대상을 기술을 대상으로 정량·정성 평가 실시
 - 평가지표 선정 후 지표별 척도 및 가중치 적용해 분야별/기술별 혁신성을 계량적으로 평가
 - 전문가 기술별 평가(기술별 수요, 특성 및 성숙도 등)로 시장×기술 Matrix 작성 → 향후 연구 추진방향 설정
- (정성평가) 既 확보기술의 특허 인용/피인용관계를 네트워크 분석 대상으로 확보 후, 중심성 분석으로 중요노드(기술)의 연관관계 상세 분석
 - 분야별/기술별 핵심, 융·복합, 원천기술로 재분류 및 분석



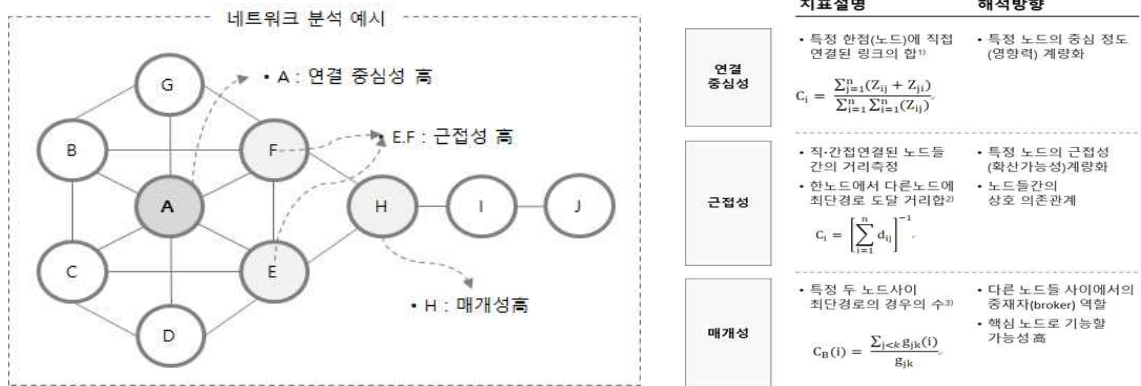
[그림 14] 정성정량평가 수행과정

[표 19] 네트워크 분석 방법 및 해석방향

<네트워크
분석>

□ 네트워크內 분석 객체들간 관계를 모델링하여 개별 객체의 영향력을 계량적으로 분석하는 방법론으로 중심성(Centrality) 지표를 중심으로 기술(특허 등)간의 구조와 영향력 판단에 활용

- 사람과 집단 및 사물 객체 등 관계를 노드(node)와 링크(link)로 모델링
→ 개별 객체의 위상(영향력)구조와 확산 예측(노드-분석단위, 링크-관계)
- **(주요 설명 지표)** 네트워크 구조 파악 시 연결중심성, 근접성중심성, 매개중심성 중심으로 분석(하기 그림참조)
- **(분석방법)** 분석범위 설정(노드설정) → 관계(링크)설정 → 매트릭스 작성(작성시 가중치 입력) → 네트워크 분석 실행



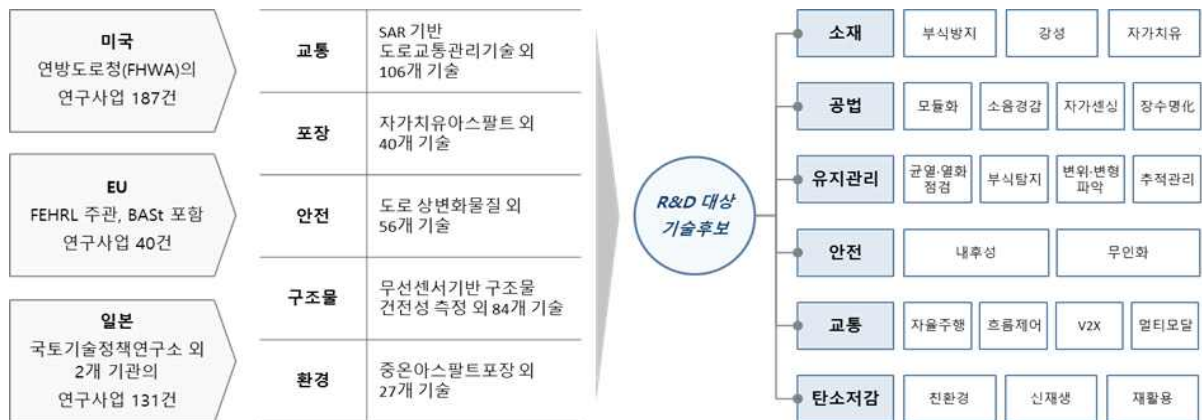
□ **(해석방향)** 중심성 분석결과를 토대로 네트워크 내 노드의 위치와 영향력을 기준으로 기술의 특성 판단

- (연결중심성) 연결 중심성이 높은 노드(A)는 피인용이 높은 노드(기술)이며, 특정 분야(하위 네트워크)에 높은 영향력을 가지는 원천기술 역할을 하는 것으로 판단
- (근접성) 근접성이 높은 노드(E, F)는 특정 네트워크내 타 노드와 최단거리에 위치한 기술로, 타 기술과의 상호의존성과 확장성의 특성을 보유한 융·복합기술로 판단
- (매개성) 매개성이 높은 노드(H)는 노드(네트워크)간 사이에 위치하여, 두 노드(네트워크)를 연결하는 역할로 타 분야(기술)로 진입(적용)시 반드시 보유 필요성이 있는 핵심기술로 판단

4.1.3 기술 후보군 도출

□ 美, EU 및 日의 최근 5개년 연구사업(개념, 실증) 358개를 조사하고⁹⁾, 각 사업의 관련 민간社 연구개발 주제를 반영하여 6개 대분류(소재, 공법, 유지관리, 안전, 교통, 탄소저감), 20대 중분류 총212개 기술후보 도출

- (미국) 연방도로청(FHWA) 연구사업 187건 조사
- (EU) FEHRL 주관, BAST 포함 연구사업 40건 조사
- (일본) 국토기술정책연구소 외 2개 기관의 연구사업 131건 조사



[그림 15] 기술후보군 도출

- **(소재)** 도로포장, 구조물의 부식방지, 강성유지 및 균열 등 손상부위의 자가치유 소재 및 나노 코팅재 개발·적용 기술
- **(공법)** 모듈화, 소음경감, 자가센싱 및 장수명화로 구조물의 건설 및 유지보수 비용 저감과 안정적인 자율주행차 도입(공도주행 등)을 위해 요구되는 인프라 관련 기술
 - 조립 모듈화는 플라스틱 재활용 및 친환경소재 활용으로 아스팔트 대체 기술로 고려
 - 아스팔트 첨가제(치유재, 감지소재)를 활용하여 균열조기감지로 유지보수 비용 절감에 기여하는 기술
- **(유지관리)** 균열열화 점검, 부식탐지, 변위변형파악, 추적관리 관련 기술로

9) 별권참조

접근이 용이치 않는 대형·고가 구조물의 실시간 손상부분 감지 및 사전 탐지기술

- 도로 표면 및 교량에 장착된 센서(차량내 카메라, PCCP, PFG소자 등) 탑재
- 실시간 도로·교량의 건전성 데이터 수집 및 빅데이터 분석으로 사전 손상부분 예측 및 탐지 기술

○ (안전) 내후성과 무인화 진단점검 기술

- 드론을 활용한 노면, 구조물 이미지 수집 및 분석(이미지 프로세싱 알고리즘 적용)으로 구조물의 건전성 진단
- 기상조건을 고려하여 실시간 주행환경 변화에 대응하는 예컨대 결빙 등에 적용되는 발열도로 기술 등

○ (교통) 자율주행, 교통흐름제어, V2X 및 멀티모달을 실현하는 ICT 기술

- 차선 및 표지판 인지를 향상 및 동적정보 제공을 차량 흐름 개선 기술
- 차량의 협력주행, 군집주행 실현에 요구되는 통신 프로토콜 개발
- 신호제어, 차량추적 제어, 운전자 편의서비스 등 C-ITS 실현 기술

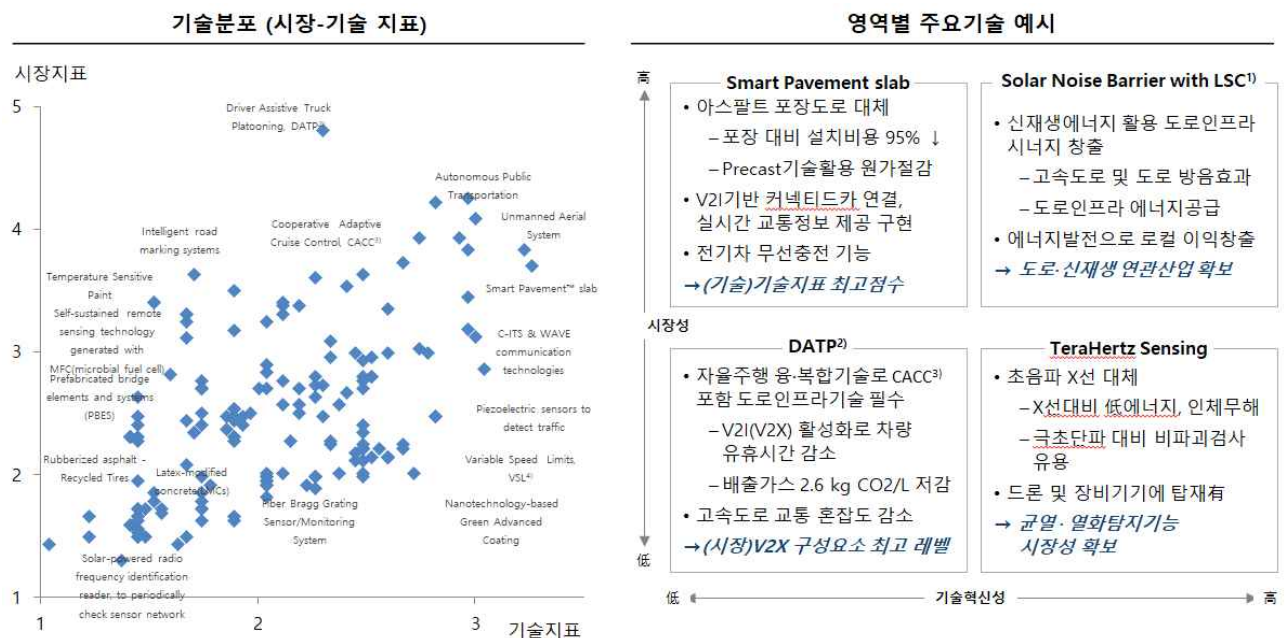
○ (탄소저감) 친환경·재활용 소재 활용한 도로포장, 구조, 공법 개발 및 에너지 생산 관련 기술로 도로 시공 및 운행 중에 발생하는 배출가스 저감 및 도로 운영 시 필요한 전력 충당

- 도로 운영 시 태양광 패널도로, 방음벽, 전기차 충전도로 도입으로 탄소저감 실현 가능 기술
- 도로 건설 시 재활용 소재, 섬유강화 소재 및 플라이애쉬 등을 적용하여 온실가스 발생을 저감을 실현하는 기술

4.2 집중대상 기술선정

4.2.1 부문별 유망기술 평가

- 유망기술을 시장지표와 기술지표 점수로 분류하여 각 지표에서 가장 주목 받고 있는 기술을 선정하여 분석



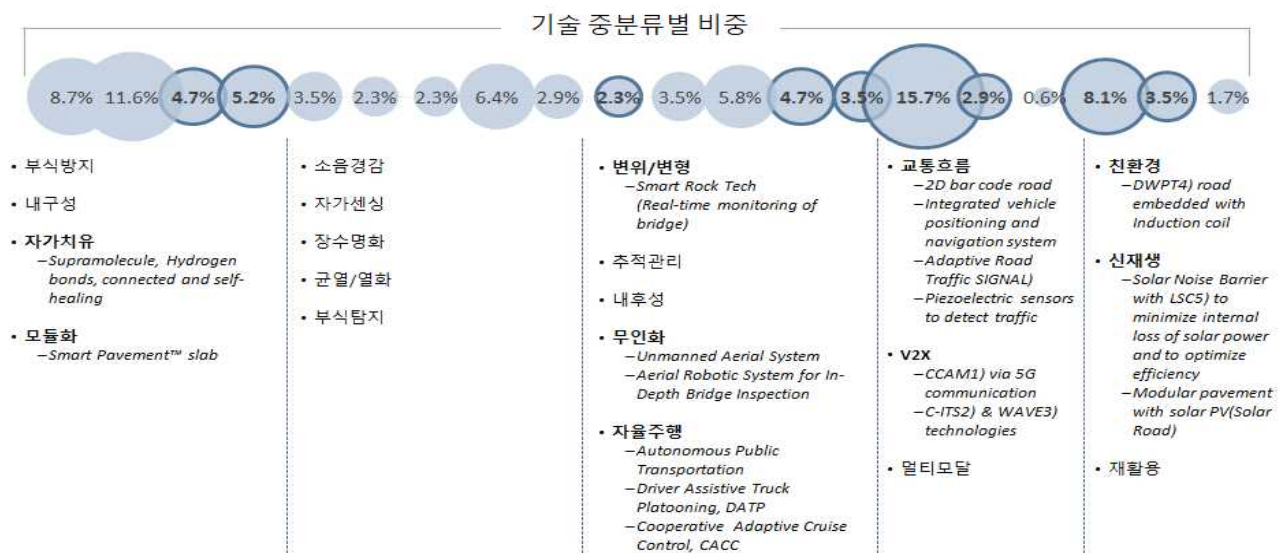
[그림 16] 유망기술후보 평가 - 기술분포

□ 6대 부문 172개 유망기술을 기술유망성 혁신지표 기준에 따라 평가, 상위 10%부터 하위 10%에 속한 기술 아이템을 파악



[그림 17] 유망기술후보 평가 - 혁신지표 기준

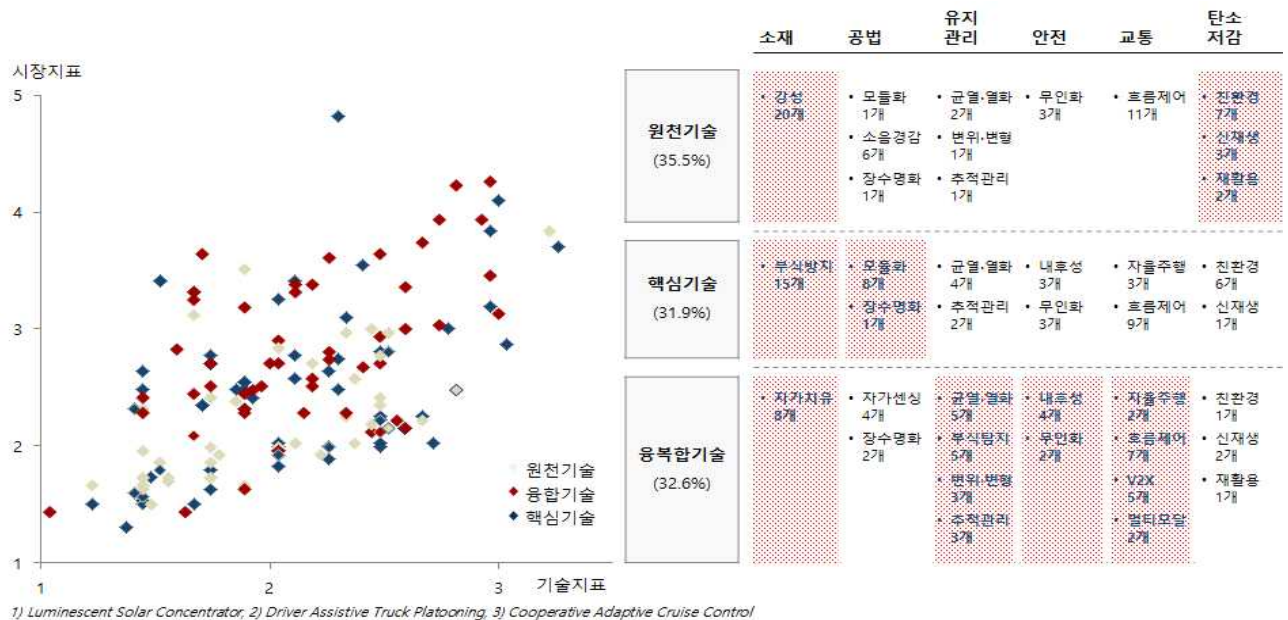
□ 각 172개 도로기술의 특허를 식별하고 중분류한 후 각 범주별 도로기술 분포비율 구분, 혁신점수 상위 10%기술 및 범주를 파악



[그림 18] 유망기술후보 평가 - 정량적 특허지표 기준

4.2.2 부문별 유망기술 분포

- 특허분석(네트워크 분석)의 연결중심성, 매개성, 근접성을 시장-기술 기술지표에 의한 분포에 투영한 결과, 소재는 전방위 내재화가 요구되고 유지관리·안전·교통은 이중기술 융·복합 필요



[그림 19] 유망기술 분포

- 각 부문별 유망기술을(27개) 선정하고 유망기술 중 효과로 인한 혜택 및 이점이 스마트 고속도로에 부합하는 7개의 상위기술을 재선정



[그림 20] 부문별 유망기술

제 5 장 기술 확보 전략

5.1 과제 도출

집중대상기술 선정결과를 토대로 전문가와 협의 후 선진사례 분석 결과를 반영하여 Quick-Win과제와 전략과제를 도출하였다. 도출과정 및 도출한 과제에 대한 설명은 아래와 같다.

5.1.1 집중 대상기술의 검토

- 집중대상 기술선정과 연구원의 연구현황 협의
 - (일시) '19년 11월 7일(목) ~ 8일(금)
 - (참석) 경영전략, ICT 융합, 포장, 교통 및 구조물, 환경 분야 연구 담당자
 - (주요안건) 집중대상 기술 선정 및 검토
 - 집중대상 도출과정 및 선정근거
 - 연구원 연구현황, 집중기술 평가 및 연구혁신 방향

[표 20] 주요 현황 및 이슈

분류	집중대상 기술	사례
교통	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행 지원과 교통흐름제어 인프라 미흡 실시간 데이터 수집·저장 체계 취약 자율주행을 보조하는 Geo-contents 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 연구부서별 데이터 표준 부재로 공간정보 불일치 <ul style="list-style-type: none"> - 노드·링크 맵핑 불가 - 기 획득정보 DB화 결여
포장	<ul style="list-style-type: none"> 노면분석연구 진행 중, 파손분석 취약 및 정보축적 부재 소재 관련 연구(자가치유, 열화저감 등)성과 미흡 미끄럼사고 저감 연구 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 시계열정보 취약으로 기존 연구의 고도화 난항 <ul style="list-style-type: none"> - 저소음, 먼지저감 연구 - 포장 내구성, 설계·공법 연구
구조물	<ul style="list-style-type: none"> 모듈화, 공법 연구 중, 연구결과 공유미비 유지관리 무인화 추진 중, 측위, 명칭 등 표준화 미비 영상정보로 변위·변형, 균열 판단 알고리즘 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 측위정보 부족으로 무인점검 난항 (드론 조종 숙련도 低) 작업별 구조물 GPS 정보 불일치 → 수작업 지속

- ☐ 연구결과가 후행연구로 선순환이 미흡한 주 요인으로 데이터 표준화 부재, 획득정보 신뢰성 결여, 정보축적 업무프로세스 미흡 도출
- ☐ (개선방향) 연구 데이터의 표준화와 공유체계 완비로 연구결과 검증에 포함
한 全 연구원의 획득 데이터의 신뢰성 제고 및 연구데이터 축적, 관리 프로
세스 정립
 - 전사·전연구원 데이터 표준화 및 저장체계 정립 → 전사 기준정보 정립
및 업무프로세스 이식
 - 既 연구결과 공유체계로 후행연구 고도화 → 연구결과 검증과 활용 프로
세스 정착
 - 측위 메타정보 제정으로 무인화 기반확보 → 획득정보 신뢰성 제고, 예측
보전 실현

5.1.2 기준정보정립

과제명	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보 정립으로 정보활용성 확보 	과제속성	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보 표준화의 정책수립과 대상정보 통합 DB구축 마스터데이터 관리체계 및 활용방안 구성하여 기본구조 정립으로 現 업무프로세스에 이식 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> 연구·과제관리 주제영역 기준정보 정의 기준정보 등록수정삭제 프로세스 정립
주관부서	<ul style="list-style-type: none"> 추후지정 	이해관계자	<ul style="list-style-type: none"> 소연구실, 정보시스템 관련 부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> 정보 표준화 정책수립 및 대상정보 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 전사가 동일한 표준항목명, 자리수, 단위 사용 - 데이터 항목정보의 통합 DB화 및 정보 공유 마스터데이터 정의와 관리체계(담당자, 업무프로세스, 운영매뉴얼) 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 분야별 체계적인 분류 및 데이터 항목별 업무 운영기준 정의 - 각 분야별 업무절차와 기준 정의를 통한 마스터 데이터 활용 방안 구성 전사 정보운영 기본구조 정립(각 단위 업무별)과 現 업무프로세스에 이식 	<ul style="list-style-type: none"> 표준항목명 속성통합 및 코드체계 통합으로 항목 정의서 작성 및 시스템 등록 <ul style="list-style-type: none"> - 항목해설 및 속성, 코드체계, 운영방법 등 포함한 To-Be 항목정의서 작성 - 표준화 결과 리뷰 및 항목관리시스템 등록 고수준 거버넌스 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 수행조직, R&R - 상위레벨 업무절차 	
투자재원	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보 식별 및 프로세스 정립 3억원 기준정보 구현 및 데이터 이관 12억원 	<ul style="list-style-type: none"> 레거시 정보시스템 프로그램 수정비용 제외 	

5.1.3 정보획득 다변화로 적시성 향상

과제명	• 정보획득 다변화로 적시성 향상	과제속성	• 기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> 도로 인프라에 설치한 센서로 교통량, 노면·구조물 건정성 정보를 실시간으로 획득 및 저장 기반 구축 도로인프라 매립 고정형, 차량설치 이동형으로 구분 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> 교량 매립센서 정보수집 초당 983,300개¹⁰⁾ 지점 터널 매립센서 정보수집 초당 115,900개¹¹⁾ 지점 차량설치 이동형 센서 정보수집 초당 47,670개¹²⁾ 지점
주관부서	• 추후지정	이해관계자	• 소연구실, 정보시스템 관련 부서

세부내용		고려사항
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> 도로인프라의 교통량, 변형·변위 등 건정성, 기후(기온, 습도), 대기오염 등 정보를 실시간 수집 및 전송하는 체계구현 <ul style="list-style-type: none"> 노면과 구조물(교량, 터널)에 센서매립, 육안점검의 사각지대 제거 차량설치 이동형 센서로 실시간 노면과 해당 지점 기후정보 획득 既 설치 CCTV 사고·정체 현장확인, 설치예정 C-ITS 노면기지국 활용 (고정형) 평균 교량·터널 개소당 평균 100개 설치 가정 (이동형) 평균 차량 간격 100m 기준 동시에 47,670개 지점에서 정보획득이 가능하도록 센서설치, 일반렌즈 2개(노면형상과 심도 동시 획득), 적외선렌즈 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 선도국(美, EU) 에너지 하베스팅 기반 자가센싱 참조, 매립형 센서의 유지비용(배터리 교체) 절감연구 병행 CCTV 획득영상의 이미지인식 알고리즘 고도화 필요
투자재원	<ul style="list-style-type: none"> 정보수집시스템 구축 20억원 센서설치 1,100억원 	• 이동형 센서 제외

10)18년 기준 국내 소속도로 교량 9,833개소, 터널 1,159 개소, 구조물당 100개 센서 설치 가정, 국토교통부

11)18년 기준 국내 소속도로 교량 9,833개소, 터널 1,159 개소, 구조물당 100개 센서 설치 가정, 국토교통부

12)18년 기준 국내 소속도로 총연장 4,767km, 100m당 차량 1대 가정, 국토교통부

5.1.4 노면정보획득 차량단말 보급

과제명	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 노면정보를 획득하는 차량단말 보급 	과제속성	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> 차량설치 이동형 단말장치로 교통흐름, 노면정보 획득 지점별 속도, 노면상태와 기후정보를 노면기지국 전송 단말장치 차량에게 통행료 감면혜택 부여 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> 시간대별, 구간별로 이동차량에 단말부착 차량설치 이동형 센서 정보수집 초당 4,767개¹³⁾지점
주관부서	<ul style="list-style-type: none"> 추후지정 	이해관계자	<ul style="list-style-type: none"> 숏연구실, 정보시스템 관련 부서, 공사회계부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> (장착대상) 시간대·구간별로 상용차 위주로 단말을 설치(동일시간·노선, 매일 운행), 고속도로 쏘구간의 교통 및 노면정보 획득 <ul style="list-style-type: none"> - 고속·시외버스, 버스 운행 시간 내 정보획득 - 화물트럭, 새벽 및 심야시간 위주로 정보획득 (단말기능) 속도와 기후정보를 측정하는 상부단말(하이패스 겸용), 노면정보를 획득하는 하부단말로 단말구성 <ul style="list-style-type: none"> - 상부단말, Radar와 GPS 기반 속도측정과 카메라 기반 교통정보 획득 - 하부단말, 2개 일반렌즈(심도측정)와 적외선 렌즈로 노상태 측정 (운영방안) 노선·구간별 단말장치 차량에게 통행료 감면 차등부여 	<ul style="list-style-type: none"> 日 차세대 ETC 참조, 상부단말은 노면기지국과 레이저 통신기능을 고려하여 이동통신망 장애대비 필요 하부단말은 노면영상의 판독 외 심도측정과 적외선으로 노면의 마모, 균열, 포트홀 판정의 보완에 활용검토 필요 	
투자재원	<ul style="list-style-type: none"> 상하부 단말장치 75억원 (획득정보 저장용 정보시스템은 『정보획득 다변화로 적시성 향상』에 반영) 	<ul style="list-style-type: none"> 상하부 단말장치(설치비 포함) 150만원 가정, 통행료 감면비용 제외 	

13)18년 기준 국내 소속도로 총연장 4,767km, 100m당 차량 1대 가정, 국토교통부

5.1.5 교통정보 공유기반의 주행안정성 제고

과제명	• 교통정보 공유기반으로 주행안정성 제고	과제속성	• 기준정보-정보획득-정보분석-정보유 통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> • 측정정보의 정량적 품질평가와 교통혼잡도분석 개발 • 획득한 주행환경정보를 DB化하여 실시간 분석하는 알고리즘 개발 및 적용 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> • 신규 알고리즘 정확도 93% 이상 • 매년 기존 알고리즘 정확도 1% 이상 향상
주관부서	• 추후지정	이해 관계자	• 소연구실, 정보시스템 관련 부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> • (분석 알고리즘) 센싱된 정보를 실시간으로 분석하여 정체·지체 발생지점 지역의 운행차량에게 공유 → 교통흐름제어로 혼잡방지 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 측정정보의(사진 및 영상) 정량적 품질평가와 교통혼잡도 분석(시계열분석 등)으로 운전자에게 우회경로 정보제공 - 실시간 측정정보의 통계형 패턴정보와 단기 예측 정보를 통합하여 우회경로 정보제공 • (사전적 예방) 실시간 센싱된 위치정보를(동결·파손) 해당지역 노면기지국에 전송하여 접근차량(GPS) 인식시 운전자에게 선제적 주의 <ul style="list-style-type: none"> - 기후정보 DB化로 위험구간 발생 시 사고위험요인 정보생성 - 기 획득정보(파손위치)의 보수여부를 현행화하여 위험지역 정보생성 	<ul style="list-style-type: none"> • 알고리즘내재화(자체개발) 외 경쟁형 R&D 추진으로 선진기술 활용검토 필요 • 미국 FHWA 상황정보 수집·분석기술 참고, 교통정보 및 주행환경정보 빅데이터化 선행 필요 	
투자재원	• 연간 12억원 (알고리즘 3명, 모형화 3명 기준, 간접비 및 고정비 제외)	<ul style="list-style-type: none"> • 요구 정보시스템 비용산정 제외 (요구 컴퓨팅 파워 변동폭 大, 필요 시 클라우드 활용) 	

5.1.6 포장·구조 건전성 추적으로 유지관리 최적화

과제명	<ul style="list-style-type: none"> 포장·구조 건전성 추적으로 유지관리 최적화 	과제속성	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> 고정·이동형 센서로 부터 획득정보를 가공·분석, 변위·변형, 파손 등을 판단하는 알고리즘 개발 및 적용 예측보전 실현에 요구되는 비용 최적화 모형 개발 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> 신규 알고리즘 정확도 93% 이상 매년 기존 알고리즘 정확도 1% 이상 향상
주관부서	<ul style="list-style-type: none"> 추후지정 	이해관계자	<ul style="list-style-type: none"> 소연구실, 정보시스템 관련 부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> (판단 알고리즘) 영상정보와 측정정보를 활용하여 유지관리가 요구되는 변위·변형, 파손을 판단 <ul style="list-style-type: none"> -통계적 접근, 동일지점 측정정보의 통계적 추론(시계열분석, 회귀분석 등)으로 유지관리 여부 판단 -AI적 접근, 측정정보(영상 포함)의 패턴비교로 결함 여부와 규모 판단 (예측보전 최적화) 노면, 교량(상하부)와 터널의 점검 항목과 측정방식·값을 표준화하여 선제적 유지관리의 최적화 모형 도출 <ul style="list-style-type: none"> -노면, 교통량, 하중, 기후정보를 반영하여 요구강성, 관리주기 등 모형화 -교량 및 터널, 구성요소의 점검 측정값을 반영하여 모형화 	<ul style="list-style-type: none"> 알고리즘내재화(자체개발) 외 경쟁형 R&D 추진으로 선진기술 활용검토 필요 日 정기점검 기술표준 참고, 유지관리 표준화(점검대상·방식과 측정 등) 선행 필요 	
투자재원	<ul style="list-style-type: none"> 연간 12억원 (알고리즘 3명, 모형화 3명 기준, 간접비 및 고정비 제외) 	<ul style="list-style-type: none"> 요구 정보시스템 비용산정 제외 (요구 컴퓨팅 파워 변동폭 大, 필요 시 클라우드 활용) 	

5.1.7 정보활용 목적별 센터 설치

과제명	<ul style="list-style-type: none"> 정보활용 목적별 설치로 거버넌스 강화 	과제속성	<ul style="list-style-type: none"> 기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none"> 목적별로 정보의 분석·유통을 담당하는 전문조직 구성 활용결과로 생성된 정보를 정제하여 환류가치 제고 해당분야의 미래 연구주제의 선정 및 평가 주도 	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> 연구원 수 연구보고서의 원시·분석정보 추출 및 정제 반기당 1회 해당분야 기술로드맵 Roll-up 및 배포
주관부서	<ul style="list-style-type: none"> 추후지정 	이해관계자	<ul style="list-style-type: none"> 공사 기획관련 부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none"> (조직위상) 초연구원의 획득·분석정보의 정합성을 유지하는 조직으로, 원장 직속으로 편제하여 각 연구부서의 정보분석·활용 통제 (조직구성) 정보활용 목적별로 3개 센터(자율주행, 포장, 구조물)을 설치, 각 센터에 정보관리의 최상위 기관으로 독립적인 예산집행 권한부여 <ul style="list-style-type: none"> 자율주행센터, 교통흐름 관련 정보의 획득과 분석의 주체로 자율주행 확산에 요구되는 정책제시 포장정보센터, 예측보전 이행을 목표로 노면정보를 분석하여 손상여부와 복원절차를 표준화 구조물정보센터, 건전성 점검표준화와 공간정보 측위로 무인이동체 활용확대 	<ul style="list-style-type: none"> 각 센터가 설정한 정보분석 프레임워크의 이행이 초연구원, 타 부서의 업무절차에 영향을 미치므로 원장 직속의 위상 필요 센터조직은 기술직군·연구직군을 동일조직에 배속, 의사결정과 실행력 담보 필요 안전 및 환경은 각 센터가 해당분야에서 고려, 이후 독립센터로 전문화 고려 	
투자재원	<ul style="list-style-type: none"> 연간 30억원(간접비, 고정비 제외) 	<ul style="list-style-type: none"> 각 센터 10명(총30명), 연평균 인건비(복리후생 포함) 1억원 가정 	

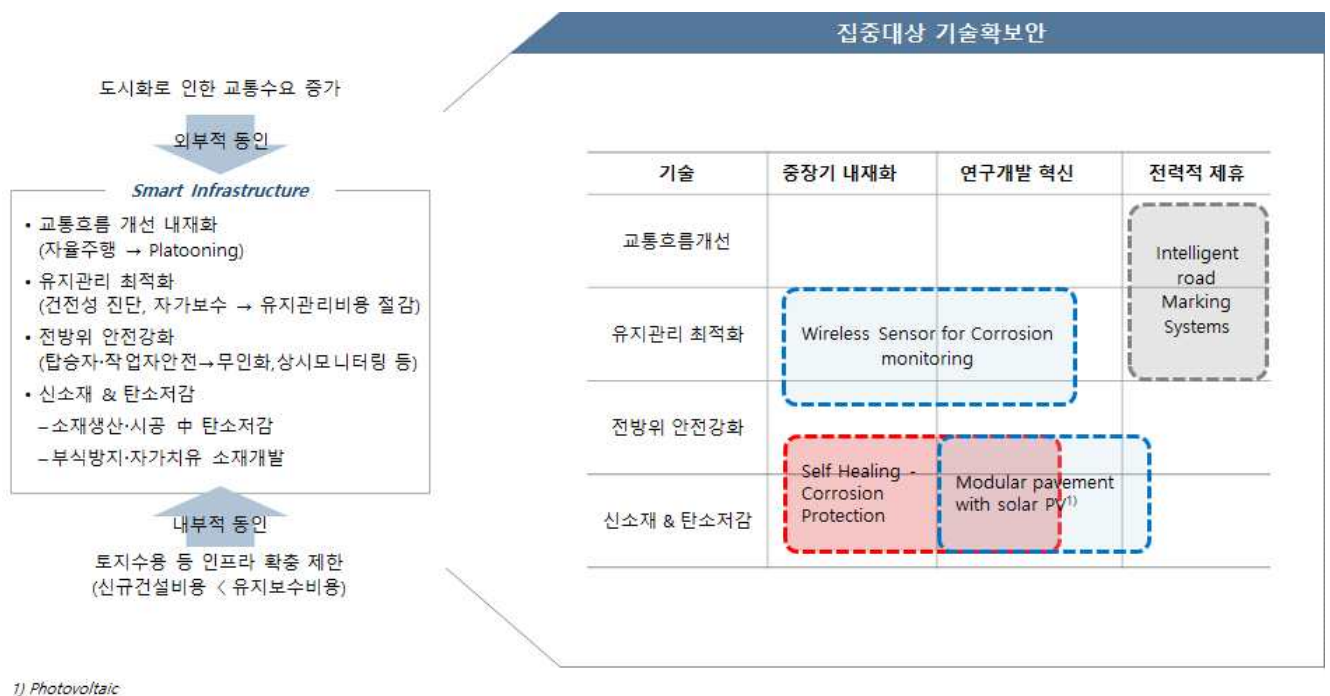
5.1.8 정보 정합성을 보장하는 환류체계 구축

과제명	<ul style="list-style-type: none">정보 정합성을 보장하는 환류체계 구축	과제속성	<ul style="list-style-type: none">기준정보-정보획득-정보분석-정보유통-정보활용
과제개요	<ul style="list-style-type: none">획득정보의 저장·분석·활용의 선순환체계수립연구에 활용된 정보, 연구에서 도출한 정보의 정합성, 연구자 독립적인 연구결과 재연으로 신뢰성 확보	달성목표 (KPI)	<ul style="list-style-type: none">연구원 수 연구보고서의 원시·분석정보 추출 및 정제
주관부서	<ul style="list-style-type: none">추후지정	이해관계자	<ul style="list-style-type: none">수요조사실, 정보시스템 관련 부서
세부내용		고려사항	
과제이행	<ul style="list-style-type: none">(정보활용정책 마련) 연구 데이터 활용 시 연구기관 보편적 기준과 특정분야 적용기준 동시마련<ul style="list-style-type: none">전원차원의 데이터 활용기준, 공유 및 공개범위 설정연구분야별 관리와 접근 관련 정책수립(Data Provenance) 데이터 활용 및 결과 데이터(중간과정물 포함)의 신뢰성, 정확성 및 공신력 확보<ul style="list-style-type: none">연구 데이터 획득·활용·관리절차마련 → 연구자의 의한 데이터 조작방지수집·분석·해석 시(오류발견, 정정) 활용되는 측정·도구·방법 검증기준 및 절차마련 → 데이터 가공으로 인한 연구 결과물 오류 발생 방지(Data Replication) 데이터 수집·생성·분석에 사용되는 기법, 절차 및 도구 등 연구방법 명시 → 동일 데이터 및 동일 조건시 동일 연구결과 보장<ul style="list-style-type: none">생성된 결과물에 사용된 연구 데이터와 방법 및 관련 주요정보 명시데이터 보존, 장기접근을 위한 정책과 기준개발	<ul style="list-style-type: none">데이터의 생성시 최초 생성정보, 환경조건 및 추적관리 이력 관리 정책 마련데이터 출처, 기관, 버전, 생성절차, 측정·도구연구 과정시 생성된 중간·과정물연구 데이터 관리정책과 연구윤리지침을 연계하여 연구의 진실성 및 신뢰성 제고연구 데이터 저장·보관을 위한 보존·가치 판단기준 및 보존기간 산정기준 마련데이터에 주석을 달아 장기 보존 가치를 유지	
투자재원	<ul style="list-style-type: none">NA	<ul style="list-style-type: none">現 직무규정에 해당 업무기능 추가	

5.2 전략과제 도출방향

5.2.1 집중대상 기술확보안

□ 既 보유 기술과 시장 분석결과를 활용해 심층 매트릭스 분석을 실시하여 확보한 주요 대상기술을 파악하고, 이를 ①증장기 내재화, ②연구개발 혁신, ③전략적 제휴 등 전략수립에 반영



[그림 21] 전력수립 예시

□ 전략과제 7대 후보를 도출하고, 과제별 확보 안 제시

- (세부 과제안 1) 도로 구조물 진단 평가 및 유지관리를 위한 기준정보(공간정보, 메타데이터, 마스터데이터, 측정 장비 등) 표준화 정립
 - 데이터 적시성, 신뢰성 개선으로 연구 및 진단·유지보수의 효과성 향상
- (세부 과제안 2) 도로, 구조물 균열 등 손상 데이터 수집으로 R&D 데이터 플랫폼 구축 → 실시간 데이터 축적으로 이미지 프로세싱 및 빅데이터 분석으로 사전균열 예측

- (세부 과제안 3) 포장, 도로, 구조물 등 연구원의 R&D 데이터의 관리주체 및 거버넌스 정립 → 지오컨텐츠 생성 및 관리로 시계열적 진단·분석 수행 및 알고리즘 개발 기반 제공

과제분야 후보	확보방안		
	중장기 내재화	연구개발 혁신	전략적 제휴
1	생산 및 시공 과정에서 탄소배출을 저감하는 고강도 소재 개발 (지적재산)		기술이전
2	유지보수 비용을 절감하는 포장 및 구조물 장수명화(부식방지, 자가치유) 소재개발		
3	건설비용(자재, 인건비, 경비)를 절감하는 재활용 포장모듈 상용화	(지적재산)	기술이전
4	안전(작업자, 탑승객)을 향상하는 무인이동체를 활용한 비파괴(광학, 전자기) 건정성 탐지방안체계 수립		
5	C-ITS 연계하여 환경(기후, 기상) 독립적 자율주행 지원체계 개발		
6	실시간 주행정보를 활용한 교통흐름(속도, 차선) 제어 상용화		
7	에너지 자립형 도로 인프라(시공, 유지관리, 흐름제어 등) 운영체계 실증		

[그림 22] 과제분야 후보

5.2.2 국가별 주요 협업후보

- 美, EU, 日 도로 관련 R&D 사업의 분석결과, 각 부문(자율주행, 포장, 구조물)의 주요 연구책임자로 분석기법 및 실적용 효과를 협의할 수 있는 협업후보 36명 도출
 - 美 도로 관련 R&D 사업의 분석결과, 각 부문(자율주행, 포장, 구조물)의 주요 연구책임자로 분석기법 및 실적용 효과를 협의할 수 있는 협업후보 12명과 협업가능 분야 도출
 - EU 도로 관련 R&D 사업의 분석결과, 각 부문(자율주행, 포장, 구조물)의 주요 연구책임자로 분석기법 및 실적용 효과를 협의할 수 있는 협업후보 12명과 협업가능 분야 도출
 - 日 도로 관련 R&D 사업의 분석결과, 각 부문(자율주행, 포장, 구조물)의 주요 연구책임자로 분석기법 및 실적용 효과를 협의할 수 있는 협업후보 12명과 협업가능 분야 도출

[표 21] 국가별 협업후보

분류	미국	유럽	일본
자율주행센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Shladover, University California PATH • Lincoln Cobb, FHWA • Martesha Lee, FHWA • Dr. Smith, University of Virginia 	<ul style="list-style-type: none"> • Francois Fischer, ERTICO, Belgium • Julian Schindler, DLR¹⁴⁾, Germany • Dr. Lu, Dynniq, Netherlands • Dr. Buizer, Rijkswaterstaat, Netherlands 	<ul style="list-style-type: none"> • Shinsuke Setoshita, MLIT • Hiroshi Makino, MLIT • Dr. Itsubo, NILIM • Dr. Suda, The University of Tokyo
포장정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Karthik Obla, Purdue University • Richard Meininger, FHWA • Dr. Sant, UCLA • Jack Youtcheff, FHWA 	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Pablo, GITECO Research, Spain • Moisés Bueno, Empa, Swiss • Dr. Presti, University of Nottingham, UK • Dr. Chailleux, IFSTTAR, France 	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Takahashi, The University of Tokyo • Dr. Nishizaki, PWRI • Dr. Ishida, The University of Tokyo • Masayuki Yabu, P.E. JP, PWRI
구조물 정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Angelos, ICCS, Greece • Maria Zalbide, TECNALIA, Spain • Konstantinos Loupos, ICCS, Greece • Dr. Belie, Universiteit Gent, Belgium 	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Angelos, ICCS, Greece • Maria Zalbide, TECNALIA, Spain • Konstantinos Loupos, ICCS, Greece • Dr. Belie, Universiteit Gent, Belgium 	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Hayashikawa, LBSDE¹⁵⁾ • Toshiaki Mabuchi, MLIT • Dr. Sakano, Kansai University • Dr. Nakamura, Nagoya University

14) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

15) Laboratory of Bridge and Structural Design Engineering

① 미국 주요 협업후보

[표 22] 미국 협업후보

분류	이름	협업가능분야	연락처
자율주행센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Shladover, University California PATH • Lincoln Cobb, FHWA • Martesha Lee, FHWA • Dr. Smith, University of Virginia 	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-Modal¹⁶⁾, CVHACS¹⁷⁾, ITS • Data-Mine, ML¹⁸⁾, Traffic Prediction • Multi-Modal, ITS • AI, GIS, Advanced Transportation System 	<ul style="list-style-type: none"> • steve@path.berkeley.edu • lincoln.cobb@dot.gov • martesha.lee@dot.gov • briansmith@virginia.edu
포장정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Karthik Obla, Purdue University • Richard Meininger, FHWA • Dr. Sant, UCLA • Jack Youtcheff, FHWA 	<ul style="list-style-type: none"> • Material Develop/Management(Strength), Anti-crack • Anti-crack Cement and Pavement, Material Develop • Material Development(Resistance to Crack, Fire, Salt) • Development for Pavement/Material include Fly-Ash 	<ul style="list-style-type: none"> • ramani@purdue.edu • richard.meininger@dot.gov • gsant@ucla.edu • jack.youtcheff@dot.gov
구조물 정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dale Thompson, FHWA • Dr. Thostenson, University of Delaware • Katherine Petros, FHWA • Dr. Zhang, Washington State University 	<ul style="list-style-type: none"> • Development of Infrastructure stone-based material • Carbon Nanotube-Reinforced Composites • Infra/Construction Design, Analysis, and Monitoring • Biobased Polymer Materials for Structures 	<ul style="list-style-type: none"> • dale.thompson@dot.gov • thosten@udel.edu • katherine.petros@dot.gov • jwzhang@wsu.edu

16) Intelligent Traffic System(Including Advanced Traffic Signal Control Algorithms)

② 유럽 주요 협업후보

[표 23] 유럽 협업후보

분류	이름	협업가능분야	연락처
자율주행센터	<ul style="list-style-type: none"> • Francois Fischer, ERTICO, Belgium • Julian Schindler, DLR1), Germany • Dr. Lu, Dynniq, Netherlands • Dr. Buizer, Rijkswaterstaat, Netherlands 	<ul style="list-style-type: none"> • 5G Connectivity / Automation • (V2X) Traffic Management & ICT Infrastructure for AD • Multi-modal Transport System & C-ITS Development • (V2X) Traffic Management with ICT Platform 	<ul style="list-style-type: none"> • f.fischer@mail.ertico.com • julian.schindler@dlr.de • meng.lu@dynniq.com • charm@rws.nl
포장정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Pablo, GITECO Research, Spain • Moisés Bueno, Empa, Swiss • Dr. Presti, University of Nottingham, UK • Dr. Chailleux, IFSTTAR, France 	<ul style="list-style-type: none"> • Asphalt Mixture Development for Road Durability • Develop Materials(Mechanical, Thermal, Rheological) • Sustainable Materials Design, Recycling Pavement etc. • Modular Development(Asphalt Mixtures and Binders) 	<ul style="list-style-type: none"> • pablo.pascualm@unican.es • moises.bueno@empa.ch • davide.lopresti@nottingham.ac.uk • emmanuel.chailleux@ifsttar.fr
구조물 정보센터	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Angelos, ICCS, Greece • Maria Zalbide, TECNALIA, Spain • Konstantinos Loupos, ICCS, Greece • Dr. Belie, Universiteit Gent, Belgium 	<ul style="list-style-type: none"> • SHM* with Sensors and Network • Asset Integrity Mgmt.(Infra); Durability, Resiliency • SHM* & Robotics Inspection(Bridge, Tunnels etc.) • Concrete Materials(Strength, Sustaining, Self-healing) 	<ul style="list-style-type: none"> • a.amditis@iccs.gr • maria.zalbide@tecnalia.com • kloupos@iccs.gr • nele.debelie@ugent.be

17) Cooperative Vehicle-Highway Automation Systems(Including Cooperative Adaptive Cruise Control and Platooning)

18) Machine Learning

③ 일본 주요 협업후보

[표 24] 일본 협업후보

분류	이름	협업가능분야	연락처
자율주행센터	<ul style="list-style-type: none"> Shinsuke Setoshita, MLIT Hiroshi Makino, MLIT Dr. Itsubo, NILIM Dr. Suda, The University of Tokyo 	<ul style="list-style-type: none"> ICT Infra Development and Traffic Management (V2X) Traffic Mitigation ETC 2.0, ITS C-ITS Platform Development with Road-sided Unit Multi-modal Transportation System, 5G and IoT 	<ul style="list-style-type: none"> setoshita@pwri.go.jp makino-h87bh@mlit.go.jp itsubo-s257@nilim.go.jp infosuda@iis.u-tokyo.ac.jp
포장정보센터	<ul style="list-style-type: none"> Dr. Takahashi, The University of Tokyo Dr. Nishizaki, PWRI Dr. Ishida, The University of Tokyo Masayuki Yabu, P.E. JP, PWRI 	<ul style="list-style-type: none"> Modeling Concrete Performance via SCMs** Asphalt Pavement Degradation Analysis Thermodynamic Materials and Concrete Durability Recycled Asphalt Pavement, and Pavement Durability 	<ul style="list-style-type: none"> takahashi@concrete.t.u-tokyo.ac.jp nishizaki@pwri.go.jp tetsuya.ishida@civil.t.u-tokyo.ac.jp yabu@pwri.go.jp
구조물 정보센터	<ul style="list-style-type: none"> Dr. Hayashikawa, LBSDE* Toshiaki Mabuchi, MLIT Dr. Sakano, Kansai University Dr. Nakamura, Nagoya University 	<ul style="list-style-type: none"> Structural Health Monitoring Analysis for Bridges Structural Health Monitoring Analysis for Tunnels Steel Bridge Rehabilitation(Corrosion & Deterioration) (Bridge) Cracking Simulation, Structure Measurement 	<ul style="list-style-type: none"> toshiroh@eng.hokudai.ac.jp nil-dokan@ml.mlit.go.jp peg03032@kansai-u.ac.jp hikaru@cc.nagoya-u.ac.jp

참 고 문 헌

1. 국토교통부, 사회기반 시설의 노후화와 장수명화 대응방안 연구, 2018, 성언수
2. 대한건설정책연구원, 일본 노후 인프라 개웅 전략 및 정책적 시사점, 2017, 조재용
3. Campbell, D. T.(1965). “Variation and selective retention in 내구io-cultural evolution. Social change in developing areas: A reinterpretation of evolutionary theory”, 19, 26-27.
4. European Commission, Transport Research and Innovation Monitoring and Information System(TRIMIS) projects, <https://trimis.ec.europa.eu/>
5. European Commission, Europe on the Move I~III, 2017~2018, http://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3708
6. European Commission, Horizon 2020, Smart, Green and Integrated Transport, <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
7. European Commission, Strategic Plan 2016-2020 Mobility and Transport, https://ec.europa.eu/info/publications/strategic-plan-2016-2020-mobility-and-transport_en
8. European Commission, TEN-T Project, <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects>
9. Ministry of Land, Infrastructure Transport and Tourism(MLIT) of Japan, <http://www.mlit.go.jp/en/index.html>
10. National Institute for Land and Infrastructure Management(NILIM), Research Activities, <http://www.nilim.go.jp/english/eindex.htm>
11. NEXCO central, Annual Report 2017, <https://global.c-nexco.co.jp>
12. NILIM, Revision of National Institute for Land and Infrastructure Management ‘Rsearch Policy’, 2018
13. Public Works Research Institute, Japan, Research Activities, <https://www.pwri.go.jp/eindex.html>
14. The European Road Transport Research Advisory Council(ERTRAC), European Road Transport 2020, <https://trimis.ec.europa.eu/project/ertrac-european-road-transport-2020-vision-and-strategi>
c-research-agenda

15. The Federal Highway Research Institute(BAST) of the German Government, Research,
<https://www.bast.de>
16. The Forum of European Highway Research Laboratories(FEHRL), Forever Open Road
Programme, Strategy Paper, 2017
17. The Swedish National Road and Transport Research Institute(VTI), Research results,
<https://www.vti.se/en/>
18. U.S FHWA, 2018 Research & Technology Now Publication,
<https://www.fhwa.dot.gov/publications/rtnow/>
19. U.S FHWA, FHWA Turner–Fairbank Highway Research Projects, Exploratory Advanced
Research(EAR),
<https://highways.dot.gov/turner-fairbank-highway-research-center/projects-search>
20. U.S. DOT, Beyond Traffic 2045, 2017, Highway Trust Fund Balance
21. U.S. DOT, Research, Development and Technology Strategic Plan, FY2017–2019,
FY2019–2022
22. U.S. Federal Highway Administration(FHWA), Fixing America’s Surface Transportation Act,
2015, <https://www.fhwa.dot.gov/fastact/>
23. U.S. Federal Highway Administration(FHWA), Fixing America’s Surface Transportation Act,
2015, <https://www.fhwa.dot.gov/fastact/>
24. U.S. FHWA, Every Day Counts Program, EDC rounds 1~5,
<https://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/>
25. Van de Ven, A. H., and Garud, R.(1994). “The coevolution of technical and institutional
events in the development of an innovation”. *Evolutionary dynamics of organizations*,
425–443.

별첨1. 소재

□ 소재 > 부식방지

기술 명		속성 ¹⁹⁾
선·후행기술	현행기술	
Zinc-enhanced, epoxy-based coating	Nanotechnology-based, green coating on Steel structures <ul style="list-style-type: none"> Conductive polymer nanoparticles Carbon-black additives with metallic nanoparticles 	S, E
Zinc-rich epoxy primer	Nanoclay-enhanced calcium sulfonate alkyd(CSA) system	S, E
Zinc-rich epoxy primer	Polyaniline(PANi) epoxy system with carbon-black additives (PANi: Polymer with high electrical conductivity)	S
Chromium-based coating	Multifunctional CNTs-based composite coating(self-curing, spray-on type)	S
Polyaniline(PANi) nanofiber	Sulfonated Polyaniline(PANi) nanofiber	S
	Graphene coating	S
	Self-Healing Coating	S
	Nanomaterial-enhanced calcium sulfonate alkyd(CSA) system	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Stainless Steel-clad Steel(SCR2)	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Duplex Solid Steel stainless steel(SSR2)	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Solid Stainless Steel(SS)	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Stainless steel-clad(SC)	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Zinc-clad(ZC) steel	S
Black reinforcing steel Fusion-bonded epoxy coating	[Alloy reinforcing steel] Plastic coated(PC) steel	S
	Magnesium Plasma Spray	S

19) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 소재 > 내구성강화

기술 명		속성 ²⁰⁾
선·후행기술	현행기술	
	Ultra High-Performance Concrete(UHPC)	S
Latex-modified concrete(LMCs) Asphalt with waterproofing membranes High-performance concrete(HPCs)	UHPC Overlay	S
Non-shrink cementitious grouts Epoxy grouts Polymer modified grouts Fiber reinforced grouts Magnesium phosphate grouts	Field-cast UHPC for connections of PBE	S
Conventional concrete	Hybrid Fibre Reinforced Concrete(HyFRC) composite	E
Conventional concrete	[Fiber-reinforced asphalt mixtures, FRAM] Engineered cementitious concrete(ECC)	P
Conventional concrete	[FRAM] Steel Fiber Reinforced Concrete(SFRC)	P
Conventional concrete	[FRAM] Glass Fiber Reinforced Concrete(GFRC)	P
Conventional concrete	[FRAM] Portland Cement concrete using synthetic fibers(Polypropylene Fiber Reinforced Concrete(PPFRC), Polyethylene based, Polyvinyl-alcohol based)	P
	[FRAM] Carbon fiber reinforced mortars incorporating silica fume with latex modification	P
	Novel Mineral material/composition for road marking; Vac/VeoVa	P, S, E

20) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 소재 > 자가치유

기술 명		속성 ²¹⁾
선·후행기술	현행기술	
	Microcapsule	P, E
	Montmorillonite(나노분말)	P, E
	Microwave heating with metallic fibers(금속섬유)	P, E
	Supramolecule(초분자)	P, E
	Biogenic Healing Agents	S, E
	Superabsorbent polymer	S, E
	Elastic Polymer	P, E
	Self-healing Bio-Concrete by Bacterial Mineral Precipitation	S, E
	Self-healing asphalt using steel fibers	P, E
	Self-healing asphalt using Iron Oxide Nanoparticles	P, E
	Self-healing asphalt using Capheal(sunflower oil microcapsule)	P, E

21) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

별첨2. 공법

□ 공법 > 모듈화

기술 명		속성 ²²⁾
선·후행기술	현행기술	
Cast-in-place pavement	Prefabricated bridge elements and systems(PBES) <ul style="list-style-type: none"> ▪ (Type 1)Integral deck girder systems ▪ (Type 2)Partial-depth deck panel systems ▪ (Type 3)Full-depth deck panel systems 	P
Cast-in-place pavement	Precast Concrete Pavement(PCP)	P
Cast-in-place pavement	Prestressed Precast Concrete Pavement(PPCP)	P
Cast-in-place pavement	Jointed Precast Concrete Pavement(JPrCP)	P
Cast-in-place pavement	Modular pavement(Rollpave)	P
Cast-in-place pavement	Module type pavement utilizing recycled plastic	P
Cast-in-place pavement	Smart Pavement slab	P
Cast-in-place pavement	Integration design technique of road earthwork and pavement	P
Cast-in-place pavement	Module type pavement utilizing recycled plastic	P
Cast-in-place pavement	Integration design technique of road earthwork and pavement	P
Cast-in-place pavement	Geosynthetic Reinforced Soil-Integrated Bridge System, GRS-IBS	P
Cast-in-place pavement	Slide-In bridge construction, SIBC	P

22) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 공법 > 소음경감

기술 명		속성 ²³⁾
선·후행기술	현행기술	
Open-graded friction courses(OGFC) Rubberized asphalt	Exposed Aggregate Cement Concrete(EACC)	P
Open-graded friction courses(OGFC) Rubberized asphalt	Stone-matrix asphalt(SMA)	P
Open-graded friction courses(OGFC) Rubberized asphalt	NovaChip®	P
Open-graded friction courses(OGFC) Rubberized asphalt	Microsurfacing	P
	Diamond Grinding	P

□ 공법 > 자가센싱

기술 명		속성
선·후행기술	현행기술	
[Embedded sensors type] Electric-resistance strain gauge Fiber optic sensors Piezoelectric ceramic sensors	CNT-based self-stress sensing Concrete Composites	P
MEMS/NEMS-based system(Micro/Nano electromechanical sensors and systems)	[Nano Filament concrete pavement] Carbon nanofiber(CNFs) incorporating cement paste	P
MEMS/NEMS-based system	Multi-Walled Carbon Nanotubes(MWCNT) as reinforcement for Portland cement paste	P
	Structural Carbon nanotube-based sensing composite; CNT-GFRP composite	P
	Multifunctional Highway Bridge Bearing System : Self-sensing adaptive bearing(SSAB) system	S

23) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 공법 > 장수명화

기술 명		속성 ²⁴⁾
선·후행기술	현행기술	
	Glass-fiber reinforced polymer(GFRP) decking system + Pre-stressed carbon fiber polymer(CFRP) for girder and flange	S
	한랭지 신축 이음 장치 개선 작업 <ul style="list-style-type: none"> 스노플라우 유도판 설치간격 조정 방진재료(폴리에틸렌폼) 및 미끄럼 방지판 설치 	S
	Cathodic Protection	S
	Multifunctional, intelligent strengthening and protective interlayer for bridge(Smart deck) <ul style="list-style-type: none"> Preventive cathodic corrosion protection 	S

24) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

별첨3. 유지관리

□ 유지관리 > 균열·열화점검

기술 명		속성 ²⁵⁾
선·후행기술	현행기술	
	Metamaterial-enhanced acoustic sensing technique	S
Conventional strain gauge(for long-term monitoring)	Fiber Optic sensor in Asphalt pavement -Telecommunication fiber optic cable embedded in the pavement layer as distributed sensor	P
	Phased array ultrasonic testing(PAUT) weld inspection techniques	D, S
	VFUT 고속, 고분해, 고검출탐상 초음파검사	D, S
	Radiography testing(RT) image for welds(X-ray)	P, D, S
	Ultrasonic Inspection for culvert	D, S
	TeraHertz Sensing	P, D
	Near infrared spectroscopy(NIRS)	P
	아스팔트 포장의 열화진단을 위한 적외 분광 분석법	P, D
	충격파로 콘크리트 박리현상 파악, 증강현실 기반 열화지도 생성 Virtual Nondestructive Testing	S, D
	APT(Accelerated Pavement Test), 비파괴검사 포함	P, D
	Passive wireless antenna sensor	S
	Passive or active millimeter wave antennas	S

25) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 유지관리 > 부식탐지

기술 명		속성 ²⁶⁾
선·후행기술	현행기술	
Contact(point-based) sensor for corrosion detection	Wireless Sensor for Corrosion monitoring	S
Piezoelectric accelerometer	MEMS accelerometer as a structural monitoring tool	S
	Highway Infrastructure Health Monitoring Using MEMS	P, S
	Smart Pebble <ul style="list-style-type: none"> Wireless chloride sensor RFID chip 	S
	Semi-passive RFID System	S
	Smart Aggregate	S
	Single-walled carbonnanotube(SWNT) <ul style="list-style-type: none"> Ultrasonic nano transducers for microporosity assessment 	S
	Single-walled carbonnanotube(SWNT) <ul style="list-style-type: none"> Field-effect transistors for humidity monitoring 	S
	Acoustic Emission Testing	S

□ 유지관리 > 변위·변형파악

기술 명		속성
선·후행기술	현행기술	
Conventional strain gauge(for long-term monitoring)	Fiber Bragg Grating Sensor/Monitoring System	S
	Fiber Optic Sensor	S
	Passive) Smart Rock Technology	S
	Micro Electro-Mechanical System(MEMS) Accelerometers	S

26) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 유지관리 > 추적관리

기술 명		속성 ²⁷⁾
선·후행기술	현행기술	
	Remote, Self-powered piezoelectric-floating-gate(PFG) sensors	S
	PFG기술을 통한 대형 교량의 지속 모니터링	S
	Low-Powered Wired Sensors for Asset Management or Health Monitoring of Structure and Pavements	P, S
	Micro-electronic, skin-like sensor for structure strain(SENSKIN)	S
	Infrastructure Management System for SHM	S
	토양층 두께 분포 추정 및 토사재해 감시&관측법(CCTV 이미지 기반)	P
	TriSCAN Sensor/ EnviroSCAN/ IrriMax Software	P

27) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

별첨4. 안전

□ 안전 > 내후성

기술 명		속성 ²⁸⁾
선·후행기술	현행기술	
	Road marker or light based warning device	T, D
	Phase Change Materials(PCMs)	P, S, D
	Paraffin-treated slab(Metling off ice and snow with Paraffin wax)	P, D
	PerfectCool Coat(High albedo pavement coating)	P, D
	발열제(heating element)를 컨트롤하고 하중을 감지하는 마이크로프로세서 보드가 탑재되어있는 electronics layer	P, D
	동결 방지제 개발(프로피온산 나트륨)	P, D
	고정형 자동식 결빙방지분사기술 Fixed Automated Spray Technology(FAST)	P, S, D
	온도 감응 도료(temperature sensitive paint)	P, D, T
	Thermosensitive paints(Method of making a road marking material with thermochromic colouring user interfaces)	P, D, T
	Mobile Advanced Road Weather Information Sensor - Optical spectroscopy Technology(분광학)	T, D
	도로 콘크리트 제조시 Paraffin Wax를 첨가하여 도로 표면에 눈 또는 결빙시 작동	P, D
	Snow Melting System with Underground Thermal Energy Storage(UTES)	D
	Underground thermal energy storage(UTES) for bridge deck	P, D

28) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

Road Weather Information System(RWIS)	Mobile Advanced Road Weather Information Sensor(MARWIS) based on Optical spectroscopy Technology	P, D
	AI Road Management Support System	P, D
Calcium Chloride	Mini-Thawing System(TMS)	P, D
	Ice Early Warning System ▪ Blow Ice Signalized Warning System Design	P, D

□ 안전 > 무인화

기술 명		속성 ²⁹⁾
선·후행기술	현행기술	
Visual inspection	복안식 이미지 처리장치 탑재해 콘크리트 균열을 점검하는 도로 교량 점검용 로봇	S, D
Visual inspection	Robotic Tunnel Inspection System with Intelligent vision and control	S, D
Visual inspection	터널 검사용 드론	S, D
Visual inspection	Dual thermal /visible UAV camera system(double UAV sensing capability)	S, D
Visual inspection	Unmanned Aerial System with Non-destructive testing	S, D
	Small UAV for volume estimation	S, D
	Aerial Robotic System for In-Depth Bridge Inspection(AEROBI)	S, D
Unmanned Aerial System	Drone based rebound hammer method	S, D
	i-Construction	S, D

29) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

별첨5. 교통

□ 교통 > 자율주행

기술 명		속성 ³⁰⁾
선·후행기술	현행기술	
Adaptive Cruise Control(ACC)	Truck Platooning based on CACC	T
	Simulation tool for Cooperative Adaptive Cruise Control(CACC)	T
	Hardware in the loop(HIL) testing architecture for V2X	T
	Driver Assistive Truck Platooning, DATP	T
	DotLine - Advanced lining system	T, D
	6-inch wide road demarcration line	T
	Intelligent road marking systems	T
	Acrylic Cold Plastic	P
Thermoplastic pavement marking Epoxy pavement marking	3M Pavement Marking Tape	P
Performed polymer tape	Easy-to-clean, visibility-enhancing coating for road mark with high reflective rate	P

30) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 교통 > 흐름제어

기술 명		속성 ³¹⁾
선·후행기술	현행기술	
Adaptive Signal Control	Adaptive Ramp Metering - Advanced Freeway Merge Assistance	T
	Coordinated Ramp metering	
	Variable Speed Limits, VSL	T
Variable Speed Limits, VSL	Weather-Related Variable Speed Limits Congestion-Related Variable Speed Limits Active Traffic and Demand Management (ATDM)	T
Variable Speed Limits, VSL	Inductive loop detector	T
Traditional traffic sign	2D bar code road sign: Encrypted digital codes	T
	Integrated Vehicle Positioning System	T
	Vehicle Positioning system with Real Time Kinematic(RTK) & Inertial Measurement Unit(IMU)	T
	Dynamic Lane Merging for Work Zone Traffic Control, PVMS & VSL	T
	MOT(Maintenance of Traffic) consisted of adding a VSL to the late SDLMS(Simplified Dynamic Lane Merging Systems)	T
	Data collection for Traffic Incident Management(using data) <Intrusive Method> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pneumatic road tubes ▪ Piezoelectric sensors ▪ Magnetic loops <Non-intrusive Method> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Passive and active infra-red ▪ Passive magnetic ▪ Microwave radar ▪ Ultrasonic and passive acoustic ▪ Video image detection 	T
	Advanced Traffic Management System, ATMS	T

31) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

	SMART SIGNAL(Smartest Model of Adaptive Road Traffic SIGNAL)	T
	Adaptive signal control technology, ASCT	T
	A new smart traffic monitoring method using embedded cement-based piezoelectric sensors	T
	Traffic management based on Synthetic Aperture Radar(SAR)	T
	Web-connected Wireless camera system	T
Airborne optical sensor system Spaceborne SAR Vehicle Detection and Velocity Estimation	Remote Sensing Technologies for Linear Infrastructure Monitoring(DInSAR and Lidar Remote Sensing Technology)	T

□ 교통 > V2X

기술 명		속성 ³²⁾
선·후행기술	현행기술	
	Solar-powered radio frequency identification reader	T
	5G 통신을 이용한 커넥티드 자율 모빌리티 (CCAM) 기술	T
	Vehicle Information and Communication System(VICS)	T
	C-ITS & WAVE 통신 기술	T
	Mobile Ad Hoc Network 'MANET'	T
	Driver Behavioral situational awareness system DB-SAM	T

32) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

□ 교통 > 멀티모달

기술 명		속성 ³³⁾
선·후행기술	현행기술	
	Multimodal microscopic traffic stimulation model, VISSIM	T
	National Freight demand model(behavior based)	T
	Human behavior and travel choice	T
	Multimodal Transportation Simulation with wearable biosensor and AR/VR technologies	T
	Long-distance passenger travel demand modeling system, Journey	T

33) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

별첨6. 탄소저감

□ 탄소저감 > 친환경

기술 명		속성 ³⁴⁾
선·후행기술	현행기술	
Hot mix asphalt	Biophalt®(Pale-colored vegetable binder produced from pine derivatives and by-products of the papermaking industry)	E
Hot mix asphalt	Epoxidized Methyl Soyate	E
Hot mix asphalt	Evotherm	E
Hot mix asphalt	Sasobit®	E
Hot mix asphalt	Aspha-Min®	E
Hot mix asphalt	WAM-Foam®	E
Hot mix asphalt	Advera® WMA	E
Hot mix asphalt	HVFA with nano silica	E
Hot mix asphalt	ACM(Alternative Cementitious Materials) - Calcium sulfoaluminate(CSA)	E
Hot mix asphalt	Cold mix asphalt with Bitumen emulsion	E
Portland cement	Polymer-modified CSA	E
Portland cement	Cacium aluminated(CA)	E
Portland cement	Cement-free Inorganic Polymer Binder(IPBs)	E

34) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

	Chemically activated Class C fly ash(AA1)	E
	High Volume Fly Ash in cement, HVFA	E
	HVFA with nano silica	E
	Dynamic Wireless Power Transfer(DWPT) road embedded with Induction coil	E
	인비로완 공법 (구조물 도막 제거기술)	E

□ 탄소저감 > 신재생

기술 명		속성 ³⁵⁾
선·후행기술	현행기술	
	Solar Road	E
	SR3 Panel: Solar Panel Pavement	E
	Solar noise barrier with Bifacial PV module	E
	Solar Noise Barrier with LSC(luminescent solar concentrator)	E
	Energy-plus traffic signal generated by wind power and solar cell	E
	Self-sustained Remote sensing generated with MFC	E

35) T: 교통 P:포장 D:안전 S:구조물 E:환경

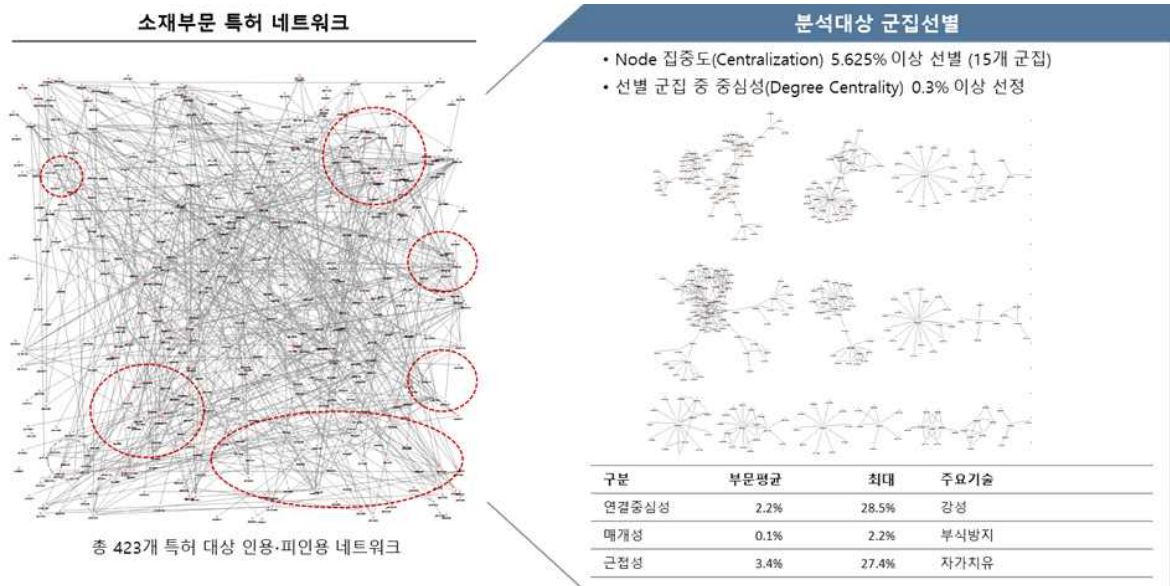
□ 탄소저감 > 재활용

기술 명		속성 ³⁶⁾
선·후행기술	현행기술	
	SYLVAROAD□ RP1000	E
	Reclaimed Asphalt Concrete(RAC)	E
Fly ash based Geopolymer concrete Hybrid Fiber Reinforced Concrete(HyFRC)	Deterioration Reduction through Micro and Macro Crack Control(DRMC)	E

36) T: 교통 P: 포장 D: 안전 S: 구조물 E: 환경

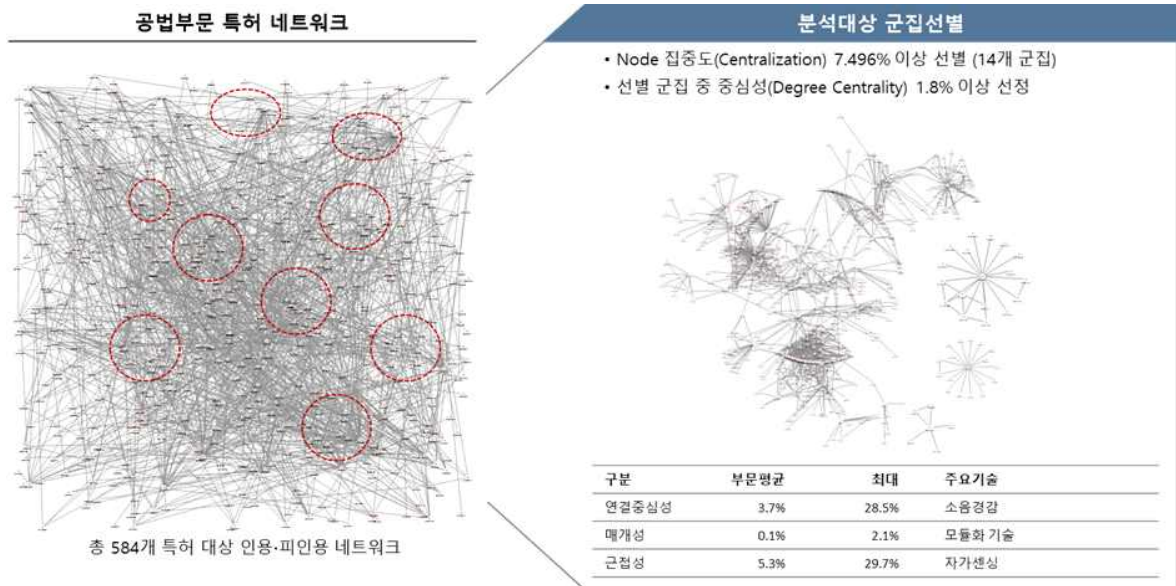
별첨7. 소재부문 분석대상 선별

- 소재부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 15개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 강성기술, 부식방지기술, 자가치유기술 등 집중대상 기술군 선정



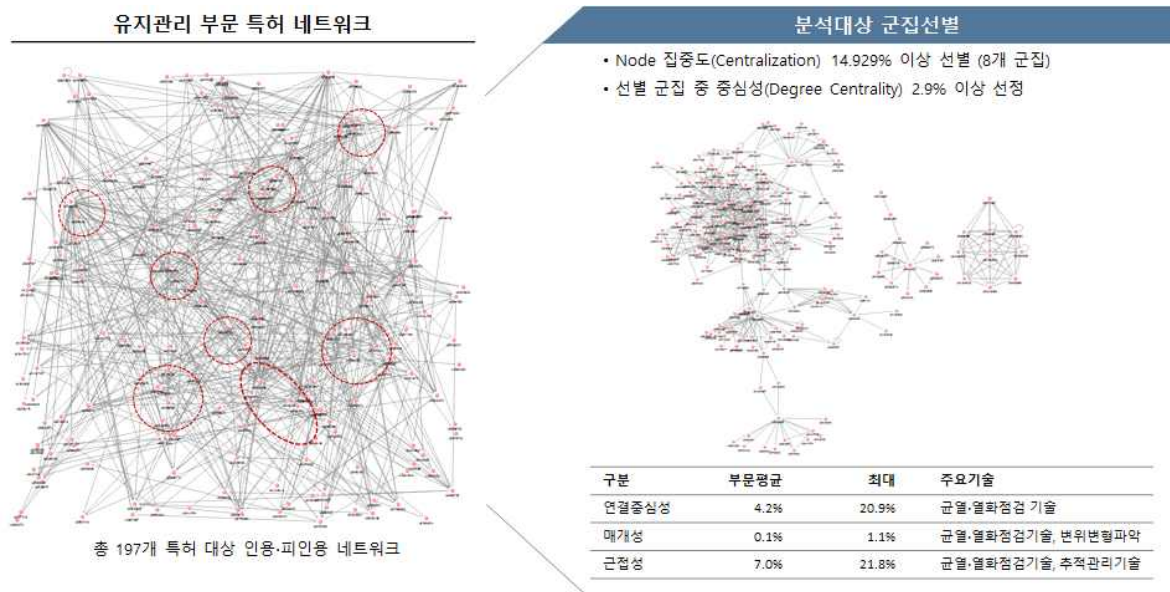
별첨8. 공법부문 분석대상 선별

- 공법부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 14개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 모듈화, 소음경감 및 자가센싱 등 집중 대상 기술군 선정



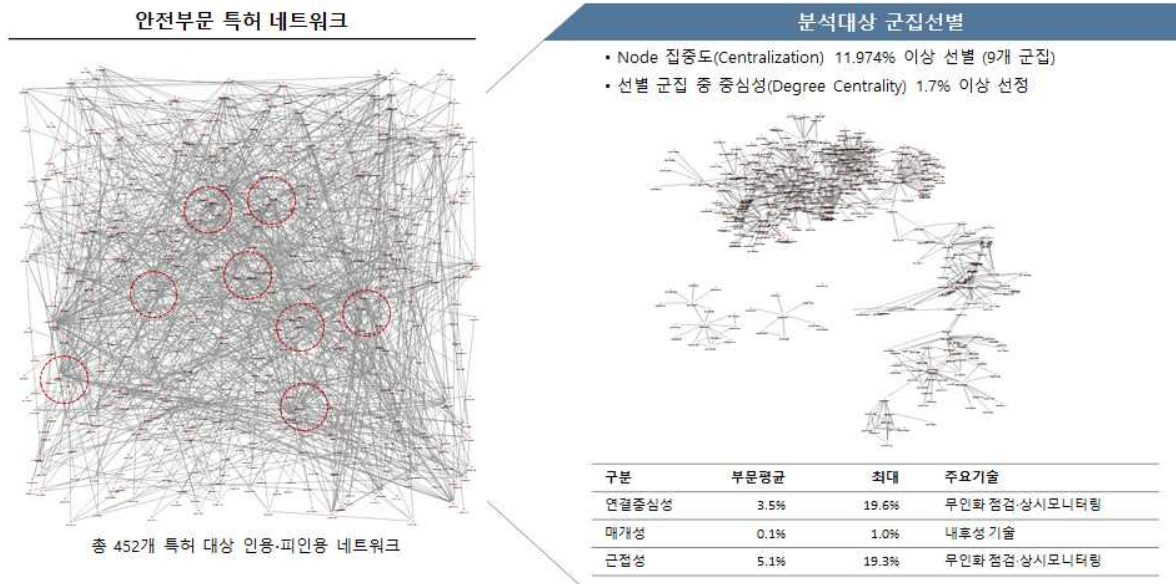
별첨9. 유지관리부문 분석대상 선별

- 유지관리부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 8개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 군열·열화 및 변위·변형식별, 추적관리 등 집중대상 기술군 선정



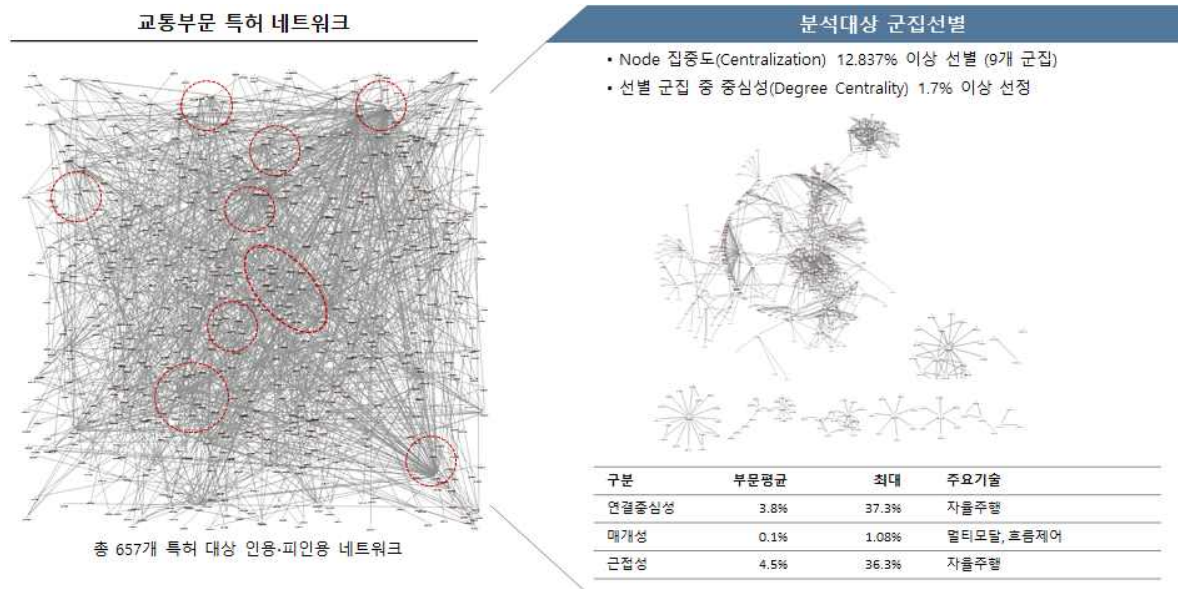
별첨10. 안전부문 분석대상 선별

- 안전부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 9개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 무인화 점검·상시모니터링, 내후성기술 등 집중대상 기술군 선정



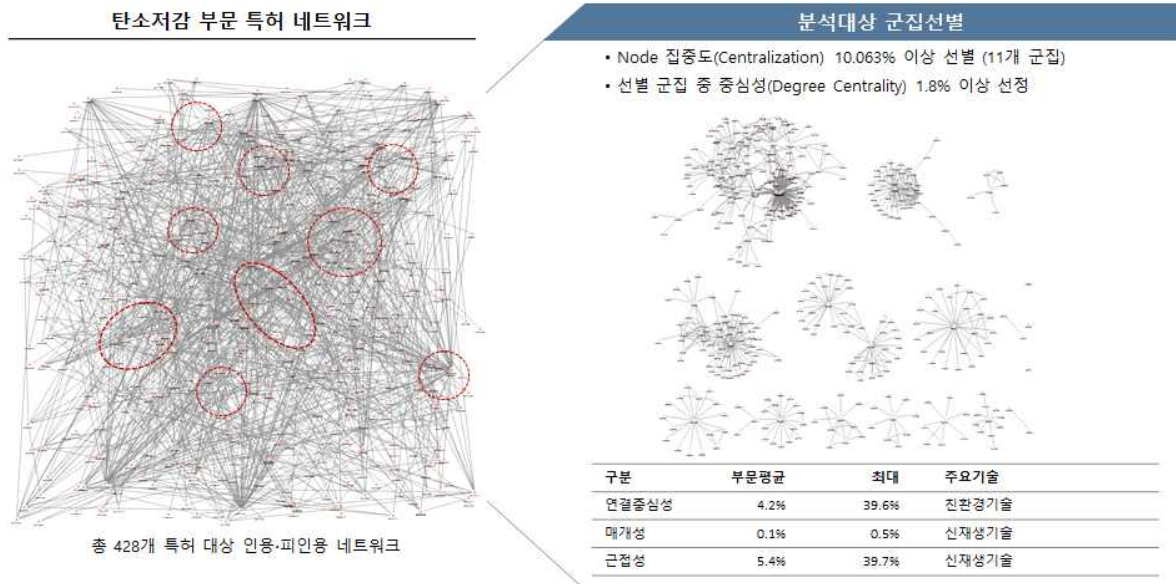
별첨11. 교통부문 분석대상 선별

- 교통부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 9개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 자율주행기술, 흐름제어, 멀티모달 등 집중대상 기술군 선정



별첨12. 탄소저감부문 분석대상 선별

- 탄소저감부문 전체네트워크에서 최종 분석대상 상위 11개 네트워크를 도출하여 분류, 각 네트워크의 중심성, 매개성, 인접성 분석으로 친환경기술, 신재생기술 등 집중대상 기술군 선정



도 서 정 보

1. 연구보고서 번호 : 연구원-2019-24-534.9607호	2. 도서목록번호	3. 수령번호 :	
4. 제 목: 도로교통부문 산업동향분석 및 미래기술예측		5. 발간년월일: 2019년 12월	
		6. 연구수행 기관명 코드	
7. 연구담당자와 소속연구실: 경영전략연구실 김용원		8. 연구보고서 발간번호	
9. 연구수행기관 또는 부서: 도로교통연구원		10. 사업분류코드	
		11. 계약 또는 인가번호	
12. 연구제안 부서 또는 기관명: 도로교통연구원		13. 연구기관과 보고형태	
		14. 연구의뢰 기관명코드	
15. 기타사항			
<p>16. 요 약:</p> <p>인프라 개선의 국민적 요구가 증가하고 있는 도로교통부문은 진화 경제학 측면에서 신기술의 융·복합이 빈번하게 일어나면서 산업이 재편되는 동태적 변화(dynamic change)에 한 가운데 있어 이에 대한 선제적인 대응이 필요한 시점이다.</p> <p>따라서 본 연구의 주요 목적은 첫째 주요국 경쟁기관의 시장, 산업, 인프라 및 정책(기술) 현황을 데이터마이닝과 네트워크 분석 등 계량적 접근방법과 전문가위원회를 활용한 정성적 접근방법으로 분석하는 것이다.</p> <p>둘째 도로부문 산업재편을 초래하는 정책과 기술 수요를 토대로 유망기술 후보군을 확보하여 집중연구대상 기술을 도출하는 것이다.</p> <p>마지막으로 도출된 기술을 확보하기 위한 추진전략 및 세부 과제를 도출하는 것이다.</p>			
17. 키워드: 산업동향, 존속적 혁신, 제휴			18. 발행부서 및 배포구분
19. 비밀구분	20. 비밀페이지	21. 총페이지: 110	22. 가격


INFORMATION

1. Report No. EXTRI-2019-24-534.9607		2. Accession No.		3. Receipt No.	
4. Title and Subtitle: An Analysis on the Industrial Trends and Future Technology of Highway and Transportation Engineering II				5. Report Date: 2019. 12.	
				6. Performing	
7. Researchers: Yongwon Kim, Business Administration Strategy Research Division				8. Performing Organization Report No.	
9. Performing Organization Name or Department: Expressway & Transportation Research Institute				10. Work Unit Code	
				11. Contract or Grant No.	
12. Sponsoring Agency Name and Address: Expressway & Transportation Research Institute				13. Type of Report and Period Covered	
				14. Sponsoring Agency	
15. Supplementary Note					
16. Abstract: National demand for infrastructure improvement by detailed research field(packaging, structure, transportation, safety, environment, etc.) in road transportation sector is increasing, and it is time to proactively respond to dynamic changes in which road industries are reorganized by new technologies. Therefore, the main purpose of this study is, targeting road-related institutions and researchers, first to identify market, industrial outlook, infrastructure, regulation and policy status of agencies in major countries by utilizing quantitative approach(data mining, network analysis) and expert committees to identify policy, technology and industry trend. Second is to secure emerging technologies and draw targeted research object technologies based on the policies and technology demand and outlook that are generated by road sector industry reconstruction. Lastly, to draw initiative strategies and detailed tasks to secure derived technology.					
17. Key Word: Industrial Trend, Sustainable Innovation, Alliance Strategy				18. Circulation and Distribution Statement	
19. Security Classify	20. Security Page		21. No. of Page: 110		22. Price

보고서 집필 내역

구분	소속 및 직책	성명	집필 부분	비고
연구책임자	경영전략연구실 책임연구원	김용원	총괄	
참여연구자	경영전략연구실 연구위원	배인철	제1장, 제2장	
	경영전략연구실 책임연구원	박지호 김현정	제3장, 제5장	
	프로스트앤설리반	배순한	제3장, 제4장, 제5장	위탁 용역

본 연구는 한국도로공사 도로교통연구원에서 수행한 연구성과
물로서 정부와 공사의 정책이나 견해와는 관계없으며, 공사의 승
인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수
없습니다.

발 행 처 :  한국도로공사 도로교통연구원

우편번호 : 18489

주 소 : 경기도 화성시 동부대로 922번길, 208-96

전 화 : 031-8098-6161

F A X : 031-8098-6149

홈페이지 : <http://www.ex.co.kr>

발 행 월 : 2020년 2월