

RS-2023
-003210
96

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()발간등록번호(11-1613000-100133-01)
2023년 국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / RS-2023-00321096

스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획

최종보고서

2025. 5. 21.

주관연구기관 / 한국도로공사
공동연구기관 / 유틸정보(주)

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

스
마
트
화
물
차
중
량
관
리
지
원
기
술
개
발
기
획
최
종
보
고
서

2025

국
토
교
통
부
국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획’(연구개발 기간 : 2023. 12. 22. ~ 2024. 12. 21.)
과제의 최종보고서를 제출합니다.

2025. 05. 21.

주관연구기관명 : 한국도로공사 (대표자) 함진규 (인)

공동연구기관명 : 유틸정보(주) (대표자) 길기순 (인)

주관연구기관책임자 : 최윤희

공동연구기관책임자 : 장영규

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

“스마트 자율차 중앙관리 지원기술 개발 기획”(연구개발 기간 : 2023. 12. 22. ~ 2024. 12. 21.)
과제의 최종보고서를 제출합니다.

2025. 05. 21

주관연구기관명 : 한국도로공사

(대표자) 함진규



공동연구기관명 : 유티정보(주)

(대표자) 길기순



주관연구기관책임자 : 최윤혁

공동연구기관책임자 : 장영규

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

< 요약 문 >

사업명	국토교통연구기획사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-
내역사업명 (해당 시 작성)	-	연구개발과제번호	RS-2023-00321906
국가과학기술 표준분류	교통안전기술	50%	교통운영관리기술 30% 교통시설기반기술 20%
총괄연구개발명	스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획		
연구개발과제명	스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획		
전체 연구개발기간	2023. 12. 22 - 2024. 12. 21(12개월)		
총 연구개발비	총 100,000천원 (정부지원연구개발비 : 100,000천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체지원연구개발비 : 천원, 그 외 지원연구개발비 : 천원)		
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]	기술성숙도 (해당 시 기재)	착수시점 기준() 종료시점 목표()
연구개발과제 유형	지정공모[<input checked="" type="checkbox"/>] 자유공모[]		
연구개발과제 특성	기획		
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	육상-항만의 화물정보 결합으로 정확한 중량정보를 실시간 관리·공유하여 교통·운송 등 통합 관리체계 마련 및 화물차량의 사전 계중 활성화를 통해 과적 관리·예방의 효율성을 극대화하고, 도로·교량 등 국가 주요 인프라 파손 예방을 도모	
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AS-IS (중량정보 미활용, 모든 화물차량 과적관리 : 과적검사 최대 7~9회) <ul style="list-style-type: none"> ▪ TO-BE (육상-항만 화물정보 결합/유통, 선별적 화물차량 과적관리) : 과적검사 0~1회 	

연구개발 목표 및 내용	전체 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>중점분야</th> <th>핵심기술</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">고정밀 자동/무인 계중시스템 개발</td> <td>1.1. 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>1.2. AI기반 과적단속 효율화 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>1.3. 정적/동적 자동/무인 화물차 계중제어 시스템 개발</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술</td> <td>2.1. 중량 측정 자중계 센서 및 차량 구조별 장착 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>2.2. 정확한 중량 측정을 위한 수평성 보정 및 이동측위 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>2.3. 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술</td> <td>3.1. 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 개발</td> </tr> <tr> <td>3.2. 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술</td> </tr> <tr> <td>3.3. 빅데이터 기반 계중장비 정확도 검증 알고리즘 기술</td> </tr> <tr> <td>3.4. 중량 재검측 면제 서비스를 위한 알고리즘 기술</td> </tr> <tr> <td>3.5. 블록체인/빅데이터 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구 ※ 해양수산부 공동 추진</td> <td>4.1. 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 및 표준 마련</td> </tr> <tr> <td>4.2. 중량정보 수집용 계측장비 및 통합운영센터 평가 기술 개발</td> </tr> <tr> <td>4.3. 테스트베드 기반 연구성과 실증</td> </tr> <tr> <td>4.4. 항만 內 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증</td> </tr> </tbody> </table>	중점분야	핵심기술	고정밀 자동/무인 계중시스템 개발	1.1. 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발	1.2. AI기반 과적단속 효율화 기술 개발	1.3. 정적/동적 자동/무인 화물차 계중제어 시스템 개발	화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술	2.1. 중량 측정 자중계 센서 및 차량 구조별 장착 기술 개발	2.2. 정확한 중량 측정을 위한 수평성 보정 및 이동측위 기술 개발	2.3. 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발	블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술	3.1. 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 개발	3.2. 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술	3.3. 빅데이터 기반 계중장비 정확도 검증 알고리즘 기술	3.4. 중량 재검측 면제 서비스를 위한 알고리즘 기술	3.5. 블록체인/빅데이터 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술	테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구 ※ 해양수산부 공동 추진	4.1. 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 및 표준 마련	4.2. 중량정보 수집용 계측장비 및 통합운영센터 평가 기술 개발	4.3. 테스트베드 기반 연구성과 실증	4.4. 항만 內 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증
		중점분야	핵심기술																				
		고정밀 자동/무인 계중시스템 개발	1.1. 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발																				
			1.2. AI기반 과적단속 효율화 기술 개발																				
			1.3. 정적/동적 자동/무인 화물차 계중제어 시스템 개발																				
화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술	2.1. 중량 측정 자중계 센서 및 차량 구조별 장착 기술 개발																						
	2.2. 정확한 중량 측정을 위한 수평성 보정 및 이동측위 기술 개발																						
	2.3. 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발																						
블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술	3.1. 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 개발																						
	3.2. 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술																						
	3.3. 빅데이터 기반 계중장비 정확도 검증 알고리즘 기술																						
	3.4. 중량 재검측 면제 서비스를 위한 알고리즘 기술																						
	3.5. 블록체인/빅데이터 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술																						
테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구 ※ 해양수산부 공동 추진	4.1. 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 및 표준 마련																						
	4.2. 중량정보 수집용 계측장비 및 통합운영센터 평가 기술 개발																						
	4.3. 테스트베드 기반 연구성과 실증																						
	4.4. 항만 內 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증																						
연구개발성과	<p>[스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획]</p> <ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 육상-항만의 화물정보 결합으로 정확한 중량정보를 실시간 관리·공유하여 교통·운송 등 통합 관리체계 마련 및 화물차량의 사전 계중 활성화를 통해 과적 관리·예방의 효율성을 극대화하고, 도로·교량 등 국가 주요 인프라 파손 예방을 도모 - (기간/예산) '26. ~ '30.(5년), 336억원(국비 280억원, 민간 56억원) - (주요내용) 1. 고정밀 자동/무인 계중시스템 개발, 2. 화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술, 3. 블록체인 기반 화물차 중량 관리 플랫폼 기술, 4. 테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구 																						
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>□ 연구개발성과 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 화물차 대량 이동지역에 PWS(공공 계량소) 도입 및 중량정보 수집기관의 정보를 통합 연계·활용을 통해 동일 적재물·차량의 반복적인 과적검사 개선 ○ 해외 제품에 의존했던 중량센서의 국산화 및 미래형 K-계중시스템의 표준 기술 모델을 제시 ○ 민간 계량소에서 운영하는 계중시스템을 연구성과인 정적 계중시스템으로 전환하여 24시간 무인 자동화 운영 실현 ○ 항만 터미널, 선사 등에 컨테이너 총중량검증제*(VGM : Verified Gross Mass)로 신고된 중량 검증을 위한 계중시스템으로 보급·활용 <ul style="list-style-type: none"> * 배에 선적하기 전에 “컨테이너 총중량” 사전 검증을 의무화한 제도 ○ 공사자재(흙, 자갈, 모래 등) 및 철근, 고철 등 출하전 중량의 위변조가 불가한 계중시스템으로 검증을 통한 투명한 거래문화 확립 ○ 과적 검문소에 현재 운영 중인 저정밀 과적단속시스템(저속 측정기)을 대체 ○ 자중계 장착 차량이 특정 안전기준을 충족할 경우, 운행허가 면제 혜택 부여 ○ 블록체인에 저장된 신뢰 기반의 중량 데이터는 화물차 교통량 분석, 도로 구간별 누적하중 분포, 도로포장 유지보수 계획 수립 등 다양한 정책 수립에 활용 																						

연구개발성과
활용계획 및
기대 효과

- 단속장비간 편차를 실시간 확인하여 장비의 비정상적인 계중오차를 파악, 원격으로 재교정을 실시하여 단속장비의 신뢰성 확보
- 축적된 중량 데이터를 활용하여 새로운 비즈니스 모델을 창출하고, 데이터 기반 산업 활성화 촉진

□ 기대효과

(1) 사회적 효과

- 사전에 과적여부를 운전자가 자발적 확인으로 과적 운행이 연간 4만 건에서 1.2만 건으로 약 70% 감소 효과 및 화주의 과적 요구에 대한 방어권 확보
- 이를 과적에 의한 도로, 구조물 보수 비용에 적용시 연간 약 2,400억원 절감 효과 및 과적으로 인한 교통사고 손실 비용 연간 약 1,030억원 절감 효과
- 불필요한 과적검사 개선으로 시간과 비용을 줄이고, 단속업무의 효율성 및 운전자 편의성 제고
- 사전 계중 활성화를 통해 중량에 기반 적정 운임보장 등 공정한 운송 지원을 통해 사회적 비용 절감 효과
- 중량정보 유통 등 활성화를 통한 안전한 화물운송 문화 확립
- 사전 계량으로 인증된 화물차의 일반차로 이용 등 공평한 교통복지 실현
- 화물차 대량 이동지역의 교통체증 해소 및 무정차로 친환경성 증대

(2) 기술적 효과

- 화물 중량 계측시스템의 자동·무인화 등 국산기술 경쟁력 강화·확산
- 해외 기술에 의존했던 센싱기술을 국산화 및 AI+IT 융복합 방식의 미래형 K-계중시스템의 표준 기술 모델을 제시
- 공공-민간 기관 간 데이터 공유 촉진으로 다양한 新서비스 창출
- 블록체인 기반 플랫폼을 통해 다양한 수용에 맞는 맞춤형 서비스 제공이 실시간으로 가능한 정보관리 산업의 활성화

(3) 경제·산업적 효과

- 과적검사 차량 감소로 단속설비 투자 예산의 점진적인 감소
- 실시간 연계되는 중량정보 관리를 통해 데이터 기반의 단속설비간 편차(성능) 확인 및 조정 등 능동형 유지관리·제어 및 예산 절감
- 도로구간별 중차량 군집도, 누적하중 분석 등 최적의 도로·교량 노후도 예측 관리를 통해 구조물 안전 및 경제적인 효과 기대
- 육상-항만 화물정보의 결합으로 연계된 화물운송(중량) 관리의 효율화 등 스마트화를 가속화

연구개발성과의
비공개여부 및 사유

-

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	중량관리		계중기		과적		블록체인		육상-항만 연계			
영문핵심어 (5개 이내)	Weight Management		Truck Scale		Overweight		Block Chain		Land-Harbor connection			

<목 차>

1. 연구개발과제의 개요	1
1.1. 기획 배경 및 필요성	1
1.2. 기획 추진체계	5
1.3. 기획 추진절차 및 경과	6
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	10
2.1. 기획의 범위	10
2.2. 국내외 환경 분석	11
2.2.1. 정책적 환경 분석	11
2.2.2. 기술적 환경 분석	24
2.2.3. 산업/시장적 환경 분석	53
2.2.4. 주요 시사점	65
2.3. 국내외 연구개발 현황 분석	71
2.3.1. 연구개발 투자 현황 분석	71
2.3.2. 연구개발 인프라 현황 분석	75
2.3.3. 연구개발 성과 및 한계 분석	79
2.3.4. 주요 시사점	85
2.4. 종합분석	86
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	87
3.1. 신규 연구개발사업 추진전략	87
3.1.1. 사업 추진방향 및 범위	87
3.1.2. 사업 추진 필요성	88
3.1.3. 사업 비전 및 목표	92
3.1.4. 사업 추진전략	92
3.1.5. 사업 중점 추진분야	101
3.2. 중점 추진 분야별 기술개발 내용	102
3.2.1. 고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템 기술 분야	102
3.2.2. 화물차 탑재 중량 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술 개발 분야	114
3.2.3. 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 개발 분야	117

3.2.4. 테스트베드 기반 실증연구 분야(해양수산부 공동연구 추진)	120
3.2.5. 분야별/기술별 연계체계 및 로드맵	121
3.3. 소요예산 및 자원 투입계획	130
3.3.1. 소요예산	130
3.3.2. 자원(인력, 장비 등) 투입계획	122
3.4. 사전 타당성 분석	133
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 없음)	141
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	141
5.1. 기술별 최종 연구개발성과물	141
5.2. 단계별/연차별 성과목표 및 지표	144
5.2.1 1단계 성과목표 및 지표	144
5.2.2 2단계 성과목표 및 지표	146
5.3. 기대(파급)효과	149
5.3.1 과학기술적 기대효과	149
5.3.2 사회경제적 기대효과	149
5.3.3 정책적 기대효과	150
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	150
6.1. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안(테스트베드 구축 등)	150
6.2. 연구개발 성과물 활용 방안	154
6.3. 과제제안요구서(RFP)	158

별첨자료

1. 전략계획서

<표 목 차>

<표 1> 한국도로공사 과적단속 현황 ('20~'24)	1
<표 2> 국내 과적단속 현황	2
<표 3> 화물차 자율주행 계획	3
<표 4> 도로-차량 환경 변화	3
<표 5> 전문가 명단	5
<표 6> 가축분뇨 운반 차량 관리를 위한 시스템 구성 및 기능	12
<표 7> 2023년 블록체인 지원사업	14
<표 8> 2024년 블록체인 지원사업	14
<표 9> 2024년 블록체인 지원사업 민간분야	14
<표 10> 중량화물 관련 법령내용	16
<표 11> 운행제한 관련 도로법과 도로교통법 차이	17
<표 12> 자중계 사용 사례	19
<표 13> 운행제한 차량 단속 개인정보 처리 목적	19
<표 14> 미국 FMCSA 차량 중량제한	20
<표 15> 국가별 블록체인 정책동향	21
<표 16> 고속축중기(HS-WIM) 성능평가의 평가등급별 성능기준	24
<표 17> 고속축중기 주요기능	25
<표 18> 센서 배치 특성	26
<표 19> 적재물 불균형 화물 차량	28
<표 20> 한국도로공사의 적재불량	28
<표 21> 운행제한 위반차량 과태료부과시스템	29
<표 22> 화물차량에 장착하는 자중계의 센서 유형	31
<표 23> AI 기반 데이터 분석 기술을 활용한 과적예측 및 예방시스템 개발 주요 내용	32
<표 24> 「토사 등 운반 대형 자동차에 설치하는 자중계의 기술상 기준을 정하는 성령」 주요 내용 ..	38
<표 25> 호주의 형식 승인된 Smart OBM 장치 예시	41
<표 26> 호주 자중계(OBM) 시스템의 3가지 범주	41
<표 27> 블록체인의 기술분류	43
<표 28> 분산신원 인증 서비스 적용 사례	45

<표 29> W3C 표준 DID 프라이버시 고려사항	46
<표 30> 블록체인 유형별 솔루션 현황	46
<표 31> 국내 기업별 솔루션 현황	47
<표 32> 특허 및 논문 검색식	49
<표 33> 블록체인 특허 출원 건수	52
<표 34> 기업별 블록체인 특허 출원 건수	52
<표 35> 2020년 기준 국내 과적단속 시스템 점유율	53
<표 36> 2022년도 기준 지역별 시장 추정 점유율	58
<표 37> 아시아 지역 주요 국가 시장 동향	58
<표 38> WIM 시장 주요 업체	58
<표 39> 2017년 호주의 IAP, ISC, OBM, CTS 등록 차량 대수 현황	63
<표 40> 호주 빅토리아 주의 자중계(OBM) 시스템 장착이 요구되는 차량	64
<표 41> 국가별 저속축중기 센서 비교	65
<표 42> 저속축중기 센서 성능비교(1차로 기준)	65
<표 43> 저속축중 제어기 국내외 기술 성능비교	65
<표 44> 고속축중 제어기 국내외 기술 성능비교	66
<표 45> 국가별 과적단속 성능기준	66
<표 46> 이동식축중기 센서	67
<표 47> 자중계 운영국가 사례	68
<표 48> 제조사별 자중계 현황	68
<표 49> 국내 R&D 현황	74
<표 50> 국내 연구시설 현황	78
<표 51> 화물운송 분담률	89
<표 52> 수요 조사 분야	93
<표 53> 수요조사 제안 과제 목록	93
<표 54> WIM 시스템 평가 기준 (예시)	95
<표 55> SWOT 분석	96
<표 56> SWOT 분석 매트릭스	97
<표 57> 정적 계중시스템 기술구성	102
<표 58> 동적 계중시스템 기술구성	103
<표 59> 화물차 계중시스템 센터연계 주요기술 구성	104

<표 60> 비과적차량(예시)	104
<표 61> 비정상 계중시스템 상황 및 대응 방안	105
<표 62> 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 주요 운영기능(예시)	105
<표 63> 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 주요 서비스(예시)	106
<표 64> PWS 제공 서비스 및 주요기능(예시)	107
<표 65> 민간 계량소 시스템 개선 전후 기술 비교(예시)	108
<표 66> 민간 계량소 시스템 개선 전후 기술 비교	109
<표 67> 비과적화물차 특징 및 선별 기술(예시)	111
<표 68> 제원정보 항목	112
<표 69> 비과적차량 선별 절차(예시)	112
<표 70> 객체추출(Segmentation) 알고리즘 비교	112
<표 71> 자동 학습자료 생성 소프트웨어(예시)	113
<표 72> 딥러닝 영상객체 기술비교	114
<표 73> 4대 중점분야, 15개 핵심 기술별 소요예산 규모	130
<표 74> 동 사업 중점 연구내용별, 연차별 소요예산	131
<표 75> 중점분야별 인력 투입 현황(※ 인건비는 책임연구원(교수급)을 기준으로 산정)	132
<표 76> 장비 재료비 및 연구비(경비, 간접비) 투입현황	133

<그림 목 차>

<그림 1> 무선통신 하이패스	1
<그림 2> 영상인식 스마트톨링	1
<그림 3> 과다 하중 차량 증가에 따른 포장수명	2
<그림 4> 레벨 1	3
<그림 5> 레벨 2	3
<그림 6> 레벨 3	3
<그림 7> 레벨 4	3
<그림 8> 과제 수행체계	5
<그림 9> 전문가 그룹 의견수렴 절차	6
<그림 10> 착수보고 결과 및 주요의견	6
<그림 11> 중간보고 결과 및 주요의견	7
<그림 12> 수요조사 결과 및 주요의견	7
<그림 13> 테스트베드기반 연구실증 관련 업무협약-1	8
<그림 14> 테스트베드기반 연구실증 관련 업무협약-2	8
<그림 15> 기술분과별 회의 결과 및 주요의견	9
<그림 16> 기술분과위원회 추진 결과 및 주요의견	9
<그림 17> 총괄기획위원회 추진 결과 및 주요의견	10
<그림 18> (AS-IS) 하이패스차로+현장수납차로(축중)	11
<그림 19> (TO-BE) 하이패스차로(영상, 축중)	11
<그림 20> 온보드 계량(OBW, On Board Weighing) 장비	12
<그림 21> 자중계 설치위치	12
<그림 22> 화물자동차 가변축 설치 예시도	13
<그림 23> 호주의 트럭 스케일 자료 수집 관리	20
<그림 24> 국토교통부 과적차량 단속 시스템 현장 구성도	24
<그림 25> 고속축중기(HS-WIM) 제어부와 장치간 연계도	26
<그림 26> 주 운영화면	27
<그림 27> 현장시설물 관리 화면	27
<그림 28> 부산항만공사 올컨e	29

<그림 29> 블록체인기반 상호신뢰 통행료 정산플랫폼의 데이터 처리	29
<그림 30> 차량 동적하중 측정 시 오차 발생의 원인 예시	32
<그림 31> 체코 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황	33
<그림 32> 헝가리 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황	34
<그림 33> 독일 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황	34
<그림 34> 프랑스 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황	35
<그림 35> 벨기에 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황	35
<그림 36> Cat Scale사의 중량관리 모바일 앱	37
<그림 37> Recalibration을 결정을 위한 WIM 자료의 정확도 Check 예	37
<그림 38> 자중계(아날로그 방식 예)	38
<그림 39> 미국 미래 과적단속체계아키텍처	39
<그림 40> 유럽의 스마트 타코그래프 운영개념도	40
<그림 41> 지능형 접근 프로그램(IAP)에서의 자중계운영관계	42
<그림 42> 블록체인의 개념	42
<그림 43> 블록체인 기반 주요 서비스 - 2023 블록체인 솔루션 &기업편람	44
<그림 44> 블록체인모델 변화	44
<그림 45> 분산신원 인증 구성	45
<그림 46> 블록체인 산업실태조사	46
<그림 47> 뉴럴블록 솔루션	48
<그림 48> 로지체인 솔루션	48
<그림 49> 특허 및 논문 기술동향 조사	49
<그림 50> 각 국가별 전체 연동별 특허 동향	50
<그림 51> 주요 시장국 내/외국인 특허출원 현황	50
<그림 52> 과적단속 관련 특허 기술시장 단계	51
<그림 53> 과적단속 시스템 국내시장 동향	53
<그림 54> 2022년도 저속축중기시장 동향	53
<그림 55> 2022년도 고속축중기 시장 동향	54
<그림 56> 2022년도 이동식축중기 시장 동향	54
<그림 57> 2020~2022년도 과적단속시스템 관련 용역 동향	54
<그림 58> 물류관련 서비스업 주요지표	55
<그림 59> 화물자동차 가변축 장착 대수('22.01 ~ '22.07)	56

<그림 60> 과적단속 시스템 시장 예측 동향	57
<그림 61> 국제 WIM 시장 동향	57
<그림 62> 글로벌 화물 포워딩 시장규모(2016년-2021년, 2022년(전망), 2023년(전망) (국제물류위클리 제657호 발췌)	59
<그림 63> 해상화물 운송시장(해운의 소리, 2024.09.19. 발췌)	59
<그림 64> 글로벌 항공화물 추이(항공정보포털시스템 2025.01 Vol50)	60
<그림 65> 블록체인 시장전망 - 마켓앤마켓	60
<그림 66> Blockchain Identity Management Market Global Forecast to 2028 - 마켓앤마켓> ..	61
<그림 67> Blockchain Identity Management Market Ecosystem - 마켓앤마켓	61
<그림 68> IDC와 스타티스타 데이터를 토대로 삼성KPMG 경제연구원 재구성	61
<그림 69> 2020~2030년 글로벌 DID 시장규모 - 그랜드뷰리서치	62
<그림 70> 일본의 대형 덤프차량 등록대수 추이	62
<그림 71> 빅토리아 주의 자중계(OBM) 시스템 장착이 요구되는 차량 예시	64
<그림 72> 블록체인 상대적 기술수준 조사	69
<그림 73> 블록체인 기술수준 및 격차	69
<그림 74> 블록체인 기술수준 및 격차 세부 내용	70
<그림 75> 교통사고 사망자 통계	88
<그림 76> 도로인프라 보수비용	89
<그림 77> 제한차량 운행허가 현황	90
<그림 78> 스마트 자중계를 통한 중량정보 관리	91
<그림 79> 수요조사 제안과제 접수	93
<그림 80> 중량관리를 위한 블록체인 플랫폼 아키텍처 구성	100
<그림 81> 미래 모빌리티 대응을 위한 디지털 기반의 통합 운행제한 관제체계	101
<그림 82> 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 구성도	102
<그림 83> 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 구성도	102
<그림 84> 자동/무인 화물차 계중시스템 센터연계 구성도	103
<그림 85> 계중 전 화면	104
<그림 86> 로그인 화면	104
<그림 87> 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 구성도(예시)	106
<그림 88> 항만터미널 PWS 시스템 구성도(예시)	108
<그림 89> 민간계근소 구성	108

<그림 90> 민간 PWS 시스템	108
<그림 91> 화물차량 주행 중 시스템별 중량 계층 흐름	109
<그림 92> 민간기업 자체 계층시스템 지원	110
<그림 93> 이동단속반의 불필요한 반복단속 제한 방안	110
<그림 94> 활어차	111
<그림 95> 카캐리어	111
<그림 96> 펌프차	111
<그림 97> 레미콘	111
<그림 98> 공차	111
<그림 99> 잡자재	111
<그림 100> 카크레인	111
<그림 101> 묘목적재	111
<그림 102> 토목폐기	111
<그림 103> 타워크레인	111
<그림 104> 건설철근	111
<그림 105> 건축자재	111
<그림 106> FCN 및 Mask R CNN을 사용한 기존 Panoptic Segmentation 접근 방식	112
<그림 107> Efficient Panoptic Segmentation (EfficientPS) 아키텍처	112
<그림 108> SuperGlue 정확도 비교 (Red: 불일치, Green: 일치)	113
<그림 109> 자동분류 S/W	113
<그림 110> 자동라벨링 S/W	113
<그림 111> 딥러닝 영상객체 기술 성능비교	114
<그림 112> 미소 변형량 측정용 로드센서 설치 예시(좌), 총중량 측정 예시(우)	114
<그림 113> 실시간 각도/측위 센서 개발 및 데이터 수집 및 처리	115
<그림 114> 동적하중 측정 알고리즘 개발 및 편향 적재 경고 예시	115
<그림 115> 로베드 트레일러 구조 및 축별 자중계 장착 예시	116
<그림 116> 고중량 차량 대상 운행 허가 서비스 예시	116
<그림 117> 중량관리 플랫폼 아키텍처	117
<그림 118> 통합운영(유통)센터 기술 로드맵	121
<그림 119> 스마트 자중계 기술개발 로드맵	123
<그림 120> 통합운영(유통)센터 연계체계	125

<그림 121> 통합운영(유통)센터 기술 로드맵	126
<그림 122> 테스트베드 기반 실증연구 로드맵	129
<그림 123> 하이패스와 스마트톨링 비교	134
<그림 124> 2020 교통사고 사망자 줄이기 대책	135
<그림 125> 국도교통 관련 국정 과제	135
<그림 126> 차종별 중량별 마일 당 포장 파손에 따른 보수비용	138
<그림 127> 6축 트레일러 마일 당 포장 파손에 따른 보수비용	138
<그림 128> 교량유지관리 비용발생 비율	139
<그림 129> 차종별 중량별 마일 당 교량 파손에 따른 보수비용	139
<그림 130> 6축 트레일러 마일 당 교량 파손에 따른 보수비용	139
<그림 131> 운전자 이익과 피해 비용 비교표	140

1. 연구개발과제의 개요

1.1. 기획 배경 및 필요성

(가) 기획 배경

(1) 現과적단속 체계의 한계점

- 20년 이상 과적단속을 진행하였으나 現 단속체계하에서 과적 화물차량 적발률 감소를 기대하기 어려움
<표 1> 한국도로공사 과적단속 현황 ('20~'24)

단위 : 천대

년도 구분	2020	2021	2022	2023	2024
검측 대수	52,457	99,350	113,175	110,986	120,841
1차 적발	174	281	392	432	499
적발 비율	0.33%	0.28%	0.35%	0.39%	0.41%

- 과적 화물차 출현비율이 정체된 원인은 과적단속 체계(법/제도, 기술, 운영)의 한계, 물류운송 시장 내 정상 화물운전자의 과적 예방검증 방안 부재가 주원인으로 분석됨
- 화주의 운송물에 대한 중량정보를 화물차 운전자가 확인할 수 있는 방안 부재
- 과적단속시 동적하중 계측의 오차를 해결하기 위해 단속중량(총중 40톤, 축중 10톤)의 10% 허용중량(총중 4톤, 축중 1톤)을 허용하나 화물운송자는 이 점을 이용하여 적재중량(총중량 44톤, 축중량 11톤)을 악용하여 이용하고 있음
- 화물운전자는 기기오차를 원인으로 과적단속 시스템의 기술적 문제를 제기하며 이에 단속기관은 재검측을 허락하는 방식으로 대응하고 있으나, 이 과정에서 운전자와 단속원 간 대면 단속으로 인한 갈등이 증가
- 국토교통부는 국민들에게 새로운 통행료 지불 서비스를 제공하기 위해 2026년 말부터 스마트톨링을 확대할 계획



<그림 1> 무선통신 하이패스



<그림 2> 영상인식 스마트톨링

- 스마트톨링 도입 시에는 화물차 과적단속 체계는 현행 방법으로 한계점을 내포하고 있어 새로운 단속방법에 대한 고찰이 필요함

(2) 화물차 중량정보 관리 부재의 문제점

- 전국의 과적단속 시스템 현황은 아래와 같으나, 화물 중량정보를 체계적으로 수집/관리 및 운용할 수 있는 시스템 부재

<표 2> 국내 과적단속 현황

구분		지점 수	차로 수	비고
한국도로공사	저속축중기	381	473	
	고속축중기	2	4	
	계중기	11	11	
국토교통부	저속축중기	21	42	
	고속축중기	14	28	
	이동단속	약 200	약 200	
행정안전부	저속축중기	7	12	
	고속축중기	2	4	
민자고속도로	저속축중기	135	211	
	계중기	2	2	

- 화물차 중량정보를 위치정보와 시간정보를 결합할 경우 단위 도로당 누적 하중을 통해 도로 유지보수의 데이터로 활용 가능

구분	포장수명					
	신설포장	수명차	1차 덧씌우기	수명차	2차 덧씌우기	수명차
초형사대형	10.4년	-	7.3년	-	5.7년	-
과다하중(10%)	7.7년	2.7년	5.9년	1.4년	4.9년	0.8년
과다하중(20%)	6.1년	1.6년	5.0년	0.9년	4.2년	0.7년
과다하중(30%)	5.0년	1.1년	4.2년	0.7년	3.7년	0.5년
과다하중(40%)	4.3년	0.7년	3.7년	0.6년	3.3년	0.4년

*출처 : 서울시 도로의 포장 수명상향 대책 평가백서(안) 통 1(별. 2006. 6)

<그림 3> 과다 하중 차량 증가에 따른 포장수명

- 서울시 연구보고서에 따르면 포장 차량의 기준 적재량을 초과할 경우 초과정도에 따라서 포장 및 교량 수명을 단축 시키고 있음
- 단일 주행에서 최초 과적 검측 후 비(非)과적일 경우 이후 적재물 변동이 없는 연속 주행에서 재검측이 불필요하지만, 현재 운영환경 하에서는 재검측을 받아야 함
- 일반적으로 고속도로 입구 영업소에 과적단속 시스템 의무 설치. 저속축중기 시스템으로 시속 10km/h 이하로 통행해야 하며 4.5톤 이상의 모든 화물차가 대상으로 적재물이 없는 공차여도 반드시 중량검측을 해야하기 때문에 상습 교통정체 발생
- 국제해사기구에서 2016년 도입한 컨테이너총중량 검증제(VGM: Verified Gross Mass)는 화물차량의 중량정보를 국가간 공유하는 것으로 수출 컨테이너 중량을 제공해야 하는데, 현재 계중시스템의 정보를 활용하여 효율적인 운영이 가능함에도 중량정보 유통이 불가능하여 활용을 못하고 있음

국제해사기구(IMO)에서 제94차 해상안전위원회에서 적재하기 전에 컨테이너 총중량을 사전에 정확하게 선사 및 항만 터미널에 통보하고 검증하도록 의무화하는 해상인명안전협약(SOLAS)규칙 개정을 채택 (2016년 7월 1일부터 시행)

- 계측 방법 1: 적입 및 봉인지(SEAL)을 채운 컨테이너의 중량을 실측 (계근방식)
- 계측 방법 2: 적입내품 중량 및 고정을 위한 부자재 중량을 포함하여 실측한 다음 컨테이너 문에 인쇄되어 있는 컨테이너순중량(tare weight) 정보를 합산

- 화물차 군집주행은 물류비용 절감, 자동차 사업 활성화, 모빌리티 사업 창출 및 도로 경쟁력 강화에 영향을 주게 될 것. 또한 자중계를 통한 화물차 중량 계중 정보를 이용하여 과적단속 시스템과의 연계 및 안전주행을 위한 정보활용도 가능함

<표 3> 화물차 자율주행 계획

시기	2018~2020	2022~2025	2025~2027	2027+
시나리오				
	<그림 4> 레벨 1 Driver in each Truck	<그림 5> 레벨 2 Driver in leading Truck	<그림 6> 레벨 3 Driver for pickup and drop-off	<그림 7> 레벨 4 Driverless
내용	<ul style="list-style-type: none"> • 트럭 : 2대 • 유인 운전으로 연속류 구간에서 군집주행을 실시하고 단속류 구간에서는 개별운전 	<ul style="list-style-type: none"> • 트럭 : 2대 • 선두차량(유인) + 후속차량(무인)으로 연속류 구간에서만 군집주행을 실시하고 단속류 구간에서는 개별운전 • 고속도로 이탈지점에 운전자가 탑승할 수 있는 Truck Stop 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 트럭 : 2대 이상 • 선두차량(무인)+ 후속차량(무인)으로 연속류 도로에서 군집주행을 실시 • 고속도로 진입 시 선두차량의 운전자는 Truck Stop에서 하차 	<ul style="list-style-type: none"> • 트럭 : 2대 이상 • 모든 구간에 대해 무인으로 군집주행 실시

(3) 화물차 모빌리티 중량계중 기술 발전

- 자율주행 화물차의 등장, 스마트톨링 등 차량과 도로의 모빌리티 환경은 스마트화하고 있으나, 과적단속 업무의 기술적 기능은 답보 상태
 - 매설식 장비(Weigh-In-Motion, 축중기)의 문제점과 기존 자중계의 한계 극복을 위한 화물차 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술개발
- 대형 교통사고, 교량 붕괴, 도로포장 손상 등 사회안전 문제를 기존 과적 관리방식에서 벗어나 혁신 디지털 기술을 적용하여 해결
- 도로-차량 환경은 점차 지능화되고 있는 반면에 과적 업무는 여전히 기존 방식을 고수하고 있어 미래지향적으로 패러다임 전환 필요

<표 4> 도로-차량 환경 변화

		
스마트톨링	화물차 자율주행	물류, 운송- Smart Work

(나) 기획추진 필요성

- [과적단속 문제점 I] 고속도로 이용 화물차량 중 도로법 기준 과적단속 대상 차량을 1차 적발 기준으로 적용할 경우 0.4% 미만임. 0.4%의 과적혐의 화물차량을 단속하기 위해 99.6%의 정상 화물차량을 과적단속차로에서 정체시키고 있음
* 4.5톤 이상 모든 화물차 과적단속 차로 의무 진입

[도로법] 화물차 과적단속 기준	총중량 40톤, 축하중 10톤 초과 차량
-------------------	------------------------

위와 같은 단속방식은 20년 이상 유지되었고, 이런 단속절차로 발생하는 사회적/경제적 손실을 화주 및 운전자가 감당하고 있음. 현재의 과적단속 방법 및 절차를 효율화시켜 화주 및 화물운전자가 감당하는 피해를 개선할 수 있는 합리적인 단속체계 마련이 필요함

- [과적단속 문제점 II] 국도의 경우 국도 검문소와 이동단속을 통해 과적단속을 진행하고 있으나 고속도로에 비해 효과적이지 않음. 과적검문소의 경우 선별(고속)시스템과 단속(저속)시스템의 조합으로 잘 구축되어 있으나, 과적검문소의 수가 적어 단속의 효율성이 낮고, 이동단속의 경우 설치지점은 상대적으로 많으나 동적계중(WIM: Weigh-In Motion)이 아닌 정적계중(Static Weighing) 방식으로 과적단속 시간 및 과적차량 선별의 어려움이 존재함. 국도 과적단속 시스템의 경우 자원 및 인력의 부족문제를 해결할 수 있는 새로운 방식의 과적단속 시스템 도입이 필요함
- [과적단속 개선방향] 과적 화물차 단속은 강화하며 비(非)과적 화물차량의 운행 편의를 보장할 수 있도록 단속방식 변화가 필요. 본 과제에서는 이러한 화물차 전체를 대상으로 하는 단속방식을 지양하고 비(非)과적 화물차량에 대한 사전 계중, 차량제원정보, 영상정보, 중량정보 연계 등을 통해 선별함으로써 효율적인 과적차량 단속 효율화 플랫폼 기술 연구를 제안하고 있음
- [자동/무인 화물차 계중시스템] 24시간 무인 자동화 운영이 가능하도록 필요한 센싱 및 제어기술을 확보하여 화물차 운전자들이 과적검사전 스스로 과적여부를 확인할 수 있도록 할 필요가 있음. 고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템을 통해 화물기사가 부당(적재중량을 모르고 운행하여 과적에 적발되는 사례)하게 과적으로 적발되는 상황을 예방할 수 있게 되고, 또한 고의적인 과적 화물차들에 대해서는 과적단속을 강화할 수 있는 환경이 마련됨
- [계중 정확도 향상] 자동/무인 화물차 계중시스템을 통해 계중한 중량 정보의 신뢰성 확보를 위해서는 기존 과적단속 시스템 중량계중 정확도 이상의 정적/동적 계중 정확도 확보가 필요하며 현재의 동적 중량계측 기술보다 더 정밀화된 센서 및 제어 기술에 대한 연구개발 필요
- [법/제도 및 운영] 현재 과적단속 운영방식은 과적으로 적발될 경우 재검측이 가능하도록 훈령에 명시되어 있어 직접단속이 불가능함. 그 이유는 환경오차와 기기오차를 고려하여 마련된 법으로 화물운전자가 원할 경우 반복 계측을 허용하도록 되어있기 때문이며, 또한 이로 인해 파생된 회차로 이용 및 단속원 상주 등과 같은 추가 경제적/운영적 제원이 필요한 상황임. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 정확한 화물차 중량 계중 기술을 통해 중량정보를 수집할 수 있어야 하며 수집된 계중정보 유통과정에서 정보 신뢰성을 확보되어야 함
- 과적 차량을 식별하고 단속하여 도로 인프라를 보호하고 안전성을 제고하기 위해 개별 과적검문소의 운영과 더불어 전국을 연계하여 차량 중량 모니터링을 통한 통합운영체계를 확보하는 것도 필요함

1.2. 기획 추진체계

(가) 기획과제 수행체계

(1) 수행체계



<그림 8> 과제 수행체계

(2) 전문가 그룹 구성

○ 총괄기획위원회, 4개의 기분분과회, 자문위원회 구성

<표 5> 전문가 명단

구분	성함	직함	소속
총괄기획위원회	조**	본부장	한국지능형교통체계협회
	장**	대표	티엠이엔씨
	이**	교수	아주대학교
	신**	교수	경성대학교
[기술분과위원회] 기술개발 1분과	최**	교수	한성대학교
	정**	연구원	에스에이티
	박**	팀장	메가존클라우드
	김**	이사	티디씨
[기술분과위원회] 기술개발 2분과	이**	CTO	한일에스티엠
	이**	교수	아주대학교
	이**	상무	MarkAny*
	최**	교수	고려대학교
[기술분과위원회] 기술개발 3분과	이**	교수	아주대학교
	박**	대표	모빌리티시스템연구소
	김**	교수	공주대학교
	김**	팀장	한국건설기술연구원
	양**	교수	한국교통대학교
[기술분과위원회] 기술개발 4분과	구**	대표	(주)아이투에이시스템즈
	김**	대표	유디코
	배**	센터장	한국지능형교통체계협회
	최**	연구원	한국산업기술시험원
	허**	연구원	도로교통공단
자문위원회	양**	연구원	한국건설기술연구원
	김**	교수	경기대학교
	박**	교수	서울시립대
	박**	교수	단국대학교
자문위원회	유**	부장	도로교통공단
	김**	연구원	한국기계전기전자시험연구원

1.3. 기획 추진절차 및 경과

(가) 기획 추진절차

- 1단계
 - 국내외 시장, 정책, 기술, 환경 및 기술 동향 분석
 - 이슈 및 니즈 분석
- 2단계
 - 기술 수요조사를 통한 기술개발 사업 전략 수립 및 연구내용 설정
- 3단계
 - 기술수요 제출 과제 분류
 - 중점분야별 핵심기술 선정
- 4단계
 - 분야별 전문가들이 선정기술의 우선순위 평가
- 5단계
 - 기술 우선순위 평가를 기반으로 최종순위 도출
 - 시급성, 진보성, 경제성, 파급성을 고려한 후보과제 도출
 - 과제간 연계 및 중복성 등 검토/조정



<그림 9> 전문가 그룹 의견수렴 절차

(나) 추진경과

- 국토교통부 과제추진 관련 회의 추진


착수보고 결과 및 주요 의견	
회의개요	주요의견
<p>목적 기획연구 착수보고 및 향후 연구 방향 관련 회의</p> <p>일정 2024. 01. 18, 14:30-17:00</p> <p>장소 국토교통부 도로시설안전과 회의실</p> <p>참석자 명단</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국토교통부 이* * 사무장 등 2명 - 국토교통과학기술진흥원 김* * 실장 등 3명 - 한국도로공사 최* * 박사 등 4명 - 유탄정보 이* * 이사 - 건설기술연구원 김* * 박사 등 2명 	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트 중량관리 측면과 더불어 스마트 자중계 등을 고려한 과적단속 체계 고려 • 현재 진행중인 과제 'AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발(국가R&D)' 및 '화물차 자중계 도입 방안 연구(건기연)'와 연계협력 필요 • 핵심기술 개발과 더불어 법적근거, 제도적 보완, 관계부처 협의 사항 등에 대한 검토 필요 - 차세대 화물차 관리 및 단속 체계 개발 등 • 시험·인증과 관련하여 SW 측면과 더불어 HW 측면의 검토 필요 - 계근시스템 개발, 중량정보 유통과 관련하여 SW와 HW 모두 검토 - 다만, 과적단속 장비 성능시험장 구축은 기획 연구 범위를 벗어나므로 신중한 접근 필요

<그림 10> 착수보고 결과 및 주요의견

중간보고 결과 및 주요 의견	
<p>회의개요</p> <p>목적 기획연구 중간보고 및 향후 연구 방향 관련 회의 일정 2024. 06. 18, 14:30-17:00 장소 국토교통부 도시시설안전과 회의실</p> <p>• 참석자 명단</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국토교통부 이* • 사무관 등 2명 • 국토교통과학기술진흥원 강* • PD • 한국도로공사 최* • 박사 등 4명 • 건설기술연구원 김* • 박사 등 2명 	<p>주요의견(국토교통부)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 민간 계층정보 활용 및 센터 운영에 있어 과학단속 요소가 부족해 보임 • 국토부 과제 담당과(도로국)는 민간 계근소 관련 소관부처 아 니어서 관여(법적사항 등)가 어려움 • 스마트플링 및 플류에 맞춘 과제로 보임 • 국도보다는 고속도로에 맞춰진 과제로 보임 - 과학근 고속도로보다는 국도에서 많이 발생
<p>추진방안 재검토</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수요부서(도로국) 요구사항 반영(우선순위 조정) - 차세대 단속 체계, 과학단속 기술 요소 강화 • 민간 영역인 계층기술 공공 부분으로 전환 - 민간 계층>법령계량기 설치역→WM단속형비 국토부 - 화물차 운전자가 자체 중량계측을 위한 공공 • 계근소(Public Station) 도입 ○ 단속 X → 확인 ○ 	<ul style="list-style-type: none"> • 국도 과학단속 효율화 방안 강구 - 고정식·이동식 계근소, 공공 계근소 활용 방안 • 중량계측 장비별 중량 재검측 연계 서비스 구분 - (루인·자동차 계근시스템) 과학중량 더위반(오로법) 화물차, 박스형, 공차 - (사중계) 고중량 및 허가 화물차량 • 자동계 등 성능평가(인증) 및 법제도 마련



<그림 11> 중간보고 결과 및 주요의견

○ 수요조사

기술 수요조사 결과																																											
<p>개요</p> <p>기간 2024. 07. 01 - 07. 31 방법 온라인(ITSK, ITS학회), 대면(인터뷰 등) 조사결과 총 13건</p> <p>- 온라인 1건, 대면 12건(연일과적검문소 인터뷰* 포함) * (참석자) 이* • 방청 등 3명</p> 	<p>기술수요 제안과제</p> <ul style="list-style-type: none"> • 연일과적검문소(포항국토관리사무소) - (제안) 과적검문소에서 계층의 차량 중량 등 정보 연계 필요 * 과적검문소에서 과학단속을 할성 통과한 차량이 어중단속반에서 확인 불가로 과적경사 재상사 → 연일 - (의견) 경문소 등 단속 정보 연계로 중량 재검측 연계 시 단속 효율 향상 <table border="1"> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>과제</th> <th>제안처</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1건</td> <td>과적단속</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>2건</td> <td>연일과적검문소</td> <td>포항국토관리사무소</td> </tr> <tr> <td>3건</td> <td>중량계측과제</td> <td>한국도로공사 도로국</td> </tr> <tr> <td>4건</td> <td>중량계측</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>5건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>6건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>7건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>8건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>9건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>10건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>11건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>12건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> <tr> <td>13건</td> <td>과적단속과제</td> <td>국토교통부 도시시설안전과</td> </tr> </tbody> </table>	번호	과제	제안처	1건	과적단속	국토교통부 도시시설안전과	2건	연일과적검문소	포항국토관리사무소	3건	중량계측과제	한국도로공사 도로국	4건	중량계측	국토교통부 도시시설안전과	5건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	6건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	7건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	8건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	9건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	10건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	11건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	12건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과	13건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과
번호	과제	제안처																																									
1건	과적단속	국토교통부 도시시설안전과																																									
2건	연일과적검문소	포항국토관리사무소																																									
3건	중량계측과제	한국도로공사 도로국																																									
4건	중량계측	국토교통부 도시시설안전과																																									
5건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
6건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
7건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
8건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
9건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
10건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
11건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
12건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									
13건	과적단속과제	국토교통부 도시시설안전과																																									

<그림 12> 수요조사 결과 및 주요의견

○ 유관기관 수요조사 및 방문협의

테스트베드 기반 실증연구 관련 업무 협의(부산항만공사 등)	
회의개요	주요내용
<p>일시/협의기관</p> <ul style="list-style-type: none"> - (1차) 2024.07.22, 13:00~16:00/부산신항만위 - (2차) 2024.08.06, 13:30~16:00/부산항만공사 - (3차) 2024.11.01, 10:30~15:00/부산항만공사 - (4차) 2024.12.18~19, 부산항만공사, 북항만/신항만 <p>장소 각 기관 회의실 및 부산항만 현장(4차)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 참석자 명단 - 부산항만공사 측 • • 상감 등 4명, 부산항만(비공) • • 차성 - 부산해상위 • • 부청, 부산항만 DTG • • 이진 - 한국도로공사 측 • • 박자 등 3명 - 유티칼무 측 • • 천우, SAT 이 • • 소정 <p>• 부산항만공사 합동 현장조사: 터미널 게이트 등 5개소</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> (부산항만공사) (부산항만공사) </p>	<ul style="list-style-type: none"> • 테스트베드(공공 계급소) 설치위치에 대한 검토 요청 - 최적 위치는 신항만역 또는 게이트(도공 제안) - 항만 인근 학동차 휴게소 추가 검토(항만공사 제안) • 플랫폼(도공 운영센터)→항만공사 체인포털)간 정보* * 부산항 터미널 운영사(TDG) 운송관련 정보 • 연계 방안: 도공 TG의 컨테이너 차량 통행정보의 항만 수/출입 차량 진출입 정보 연계, VCM 서비스 등(도공 제안) <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • R&D 연구 과제제 추진시 공동 수행 추진(해수부) - (검정) 현장 실증 및 시회적 편익이 큼(부산항만공사) • 과제 추진시, 우려사항 및 수요자 확보를 위한 면의사항에 대한 충분한 검토(항만역 공공 계급시스템 운영 등) 필요

<그림 13> 테스트베드기반 연구실증 관련 업무협의-1

○ 유관기관 수요조사 및 방문협의

테스트베드 기반 실증연구 관련 업무 협의(포스코)	
회의개요	주요내용
<p>일시 2024. 08. 26, 13:30~17:00</p> <p>장소 포스코 회의실</p> <ul style="list-style-type: none"> • 참석자 명단 - 포스코 측 • • 개장 등 4명 - 한국도로공사 측 • • 박자 등 3명 <p>• 테스트베드(자동-무인 계중시스템) 구축-운영 가능 여부</p> <ul style="list-style-type: none"> - (터미널 운송관련 부서) 포스코내 별도부처 확보주 단, 기존 계중기(8기) 중 1기 대체 또는 출구 게이트 구축 운영은 내부검토 필요 - (철강 생산 운송부서) 테스트베드 구축-실증 및 저점측 면제 서비스는 운송사에 필요 <p>[아젠]</p> <ul style="list-style-type: none"> • ① 동적 운영으로 계중을 위한 포스코내 차량 대기 행렬 감소 <ul style="list-style-type: none"> * 현재 출중용 정차 계중기 운영중 → 차량 정체 ↑ → 운전자 불편 ↑ • ② 동운영 계중기와 계속된 중량감 비교 가능으로 편차 즉시 확인 - 다만, 과적단속 장비 성능시험장 구축은 기획 연구 범위를 벗어나므로 선정한 접근 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 포스코 자체 계중기(8기, 총중량만 계속) 운영 중 • 최적 위치는 신항만역 또는 게이트(도공 제안) • 코일, 슬래브 등 제품은 자체 계중후 운송사에 출하 → 출하 후 운송사역서 추가 적재(중량 변화) 여부는 포스코에서 파악인 • 운영되는 차량의 최종 중량은 운송사만 알 수 있음

<그림 14> 테스트베드기반 연구실증 관련 업무협의-2

○ 기술분과별 회의 개최

기술분과별 회의 개최		회의내용
회의개요 발차(20차) • (1차) 2024.01.22(화) • (2차) 2024.01.30(목) • (3차) 2024.02.21(수) • (4차) 2024.03.07(목) • (5차) 2024.03.12(화) • (6차) 2024.03.19(화) • (7차) 2024.03.28(목) • (8차) 2024.04.05(화) • (9차) 2024.05.02(목) • (10차) 2024.04.09(화)		• 연구기획 추진방향 정립, 연구과제 내용 설정 및 과제 분담 • 'AI 데이터 중심의 화물차 운송방안(국가R&D)' 및 '화물차 자율계 도입 방안 연구(연구기연)'와 연계 협력 방안 검토 • 자동/무인 화물차 계근시스템 개발 방안 검토 • 철도차량 기반 운영센터 구축방안 및 응용 서비스 개발 기술 검토 • 객적단속 관련 자율계 적용 사례 및 시험 인증 기준 등 검토 • 자율계 정확도 기준 및 국내/해외 적용 사례, 허용 측정원리 등 • 자율계 시험-인증 및 교정주기 등 외부위원 자문요건 검토 • 운영센터 설계 및 서비스 종류 데이터 수집범위 설정 • 화물차 과학 및 중앙관리 시스템 관련 국내외 특허-기술동향 검토 • 서비스 수요자(제별) 받주화 및 실현 가능성 여부 자문위원 의견 수렴 • 상용차용 온보드 축하중 측정 시스템 관련 연구 활용방안 검토 • 화물차 자율계 설치 방법(로드빌, 연상 등) 및 적용가능 여부 검토 • 화물차 중앙관리 센터 시스템 구축을 위한 법-제도 검토 • 제인요청서(RFP) 관련 분과별 주요 연구기술 요소 검토 • 공공 자동/무인 계근시스템 도입 및 운영방안 검토 • 중점분야 핵심 과제별 기술 개발 추진전략 논의 등 • 플랫폼(도공-부신항만공사) 간 보유 데이터 연계 방안 검토
참석자(29명) • (주관연구기관) 한국도로공사 최* * 박사 등 5명 • (공동연구기관) 유티정보 마* * 이사 등 4명 • (1분과) 단정대 최* * 교수 등 5명 • (2분과) 금주대 김* * 교수 등 5명 • (3분과) 아주대 이* * 교수 등 3명 • (4분과) ITSK 배* * 센터장 등 5명		

<그림 15> 기술분과별 회의 결과 및 주요의견

○ 기술분과위원회 개최

전체 기술분과위원회 개최			
위원회 개요 일시 2024. 09. 06. 10:30-13:00 장소 국제세미나실(동행) • 참석자 명단 - 최* * 교수 등 기술분과위원 17명 - 한국도로공사 최* * 박사 등 10명		총명 • 제시한 주요 기술요소는 대체로 적정함 - 단, 정보보안-인증 취약점 보완 및 법제도 개선-실증을 위한 체계적인 방안 마련 필요.	
회의결과			
1차	2차	3차	4차
• 재검토 번째 화물차량 위변조 검출방안 제시 • AI 영상분석 기반 화물차량 차등 계 등 활용 • 전방계근시스템 자동 무인 계근시스템 도입 검토 • 시험용 공공데이터(Sandbox)를 자율계고, 정전차량으로 인한 화재 유발 • 현행 시스템 속 데이터 보안검토 기준 정립 필요	• 운전자, 차량 데이터 등 위변조 방지 방안 검토 • 구축 및 운영 등 단계별 시스템 구축-차량 전역에 맞추어 보안대책 마련(가시성 확보 등) 등 계획 수립 • 시스템 구축 및 활용 가능성 기반 데이터 표준 정립	• 기존 과학단속시스템 기술 성능 기준 및 신뢰성 분석 • 과학단속을 위한 자율계 정확성 및 신뢰성 확보 • 자율계 성능평가 및 관련 기준규격 등 제시 • 데이터 전송-처리 규격 및 화물차 설치 호환성 검토	• 테스트베드의 성능평가, 인증 기술 등 검증 준비 마련 • 화물차 중앙 정보(가시성, 위치정보 등) 유통 관련 개인정보보호법 및 위치정보보호법 등 법제도 보완 • 예산인도 차질(연구비) 관련 예산 확보 • 정보보안-인증 관련 법제도 개선 필요 • 자율계 시스템의 성능평가 이후 관계 방안 고려 • 초기적인 교통 관측기 이해(무인)로, 자율계의 공공계근소의 계속적 비효율 가능성 검토 필요

<그림 16> 기술분과위원회 추진 결과 및 주요의견

○ 총괄기획위원회 개최

총괄 기획위원회 자문회의 개최			
위원회 개요	자문내용		
기간 (1차) 10. 14. ~ 19. (2차) 12. 18. ~ 20. 대상 이* * 교수 등 총괄기획위원 4명	• 분과별 중점분야* 및 세부 기술관련 총괄기획위원 의견 수렴 * ① 시동-무인 계급시스템 ② 통합 운영센터 ③ 스마트 자중계 ④ 테스트베드 실증 • 중점분야별 주요 기술 우선순위 선정 및 연구방향 검토 • 다부채(태수부 등) 과제 진행 적정성 및 고려사항 검토 • 2차 기술 범위 적정성 검토(1차 의견 반영)		
주요 자문내용			
이* * 교수(국립중앙대)	이* * 교수(국립중앙대)	이* * 교수(국립중앙대)	이* * 교수(국립중앙대)
• 분과별 구성이 체계적이며, 다부차 과제란 추진 • “운영관리용 모바일 앱” 개발의 우선순위를 조정 • 자중계 플랫폼을 운영할 터에 연계 기술 검토 • “차 명칭분석 기반 차제어제어 제어기술” → “분과제 차제어제어 제어 기술 추가 검토” * 기술 범위는 적정함	• 인력역량 단축 및 현재 국내 기술 개발 및 연구의 추진 체계는 적절 • 각 분과별 연구개발 내용외엔 개성 강화를 위한 코드필 작성 필요 • 중점 개발분야에 따른 수요처를 충분히 제시 필요 • 미래 교통 체계 변화에 맞는 시의 적절한 연구임	• 센서 개발은 장비도 가 관련 센서 개발 난이도 높 (→ 소카를 2개) • “자중계 센서 및 차량 구조별 차량 기술” 및 “형제도 정보들 위한 수평성 보정 기술” 개발 세부과제를 통합 검토 (→ 3분과) • 세부과제 범위는 적정함	• 일부 세부 연구내용 중 보일 모하리나 중보시상 조정 • “차량 연구 내용 실증연구는 법제도 및 정책, 표준화 및 현행법기, 테스트베드 구축 및 실증 초기로 구성할 계획” • 기대효과는 전송이 가능한 부분은 장문적으로 제시

<그림 17> 총괄기획위원회 추진 결과 및 주요의견

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2.1. 기획의 범위

- 자율주행, 스마트톨링 등 차량 및 도로 환경의 디지털 전환 시대를 맞아 새로운 과적단속 환경과 기술 요구를 극복할 선도 융합기술 개발을 목표로 함
- 디지털 전환에 따른 미래 모빌리티 환경변화에 대응하여 센서기술 집약의 단속장비 고도화, 도로 정보 기반 중차량 및 중량정보관리 플랫폼 개발
- 개발 과적단속장비가 충족해야 할 계량적/기술적 특성에 대한 시험평가 기술 확보 및 실증시스템 구축/운영을 통한 신뢰성과 개발 효과 증대
- 화물차 중량정보의 신뢰성 확보를 위한 중량정보 수집용 계측장비에 대한 평가기술의 국내외 환경 분석 및 진단을 통한 개선방안을 제시하고 신규 개발 장비에 대한 평가기술 개발
- 중량정보의 연계 및 유통 활용을 위한 법제도 및 표준 현황을 진단하고 이에 대한 법제도 정책 및 표준 마련을 위한 연구
- 연구개발 성과 검증을 위한 테스트베드 구축 및 실증 방안을 마련하고, 스마트 화물차 중량관리 시스템의 적정 운영기술 개발
- 항만 내 테스트베드를 구축하여 스마트 화물차 중량관리 시스템의 운영 및 연구성과 실증

2.2. 국내외 환경 분석

2.2.1. 정책적 환경 분석

(가) 국내 정책동향

(1) 화물차 교통안전 및 적재중량 범위반 차량 단속

- 120대 국정과제를 통해 차세대 영업시스템 전환 강조

< 국정과제 38-4-5 : 「스마트톨링 확산」 >

- ① 영상방식의 스마트톨링 도입 ② 다차로 하이패스 확대



<그림 18> (AS-IS) 하이패스차로현장수차로(축중) <그림 19> (TO-BE) 하이패스차로(영상, 축중)

- 2024년 교통사고 사망자 감소대책으로 화물차 정비/점검 강화, 운송사업자 등 안전의무 및 안전의식 확산을 위반 단속을 강화하고 있음
- 실질적인 화물차 교통안전 강화, 판스프링 등 낙하사고에 대한 처벌 강화, 과적에 대한 화주/운수사 책임을 강화하고 있음
- 화물차 과적/적재불량 등 근절을 위한 제도 개선, 화물차 및 위험물질 운송차량 운행관리 강화, 관계기관 합동단속 및 단속기관 간 위반정보 공유, 차량 안전기준/관리 강화 등 안전사고 예방에 힘쓰고 있음

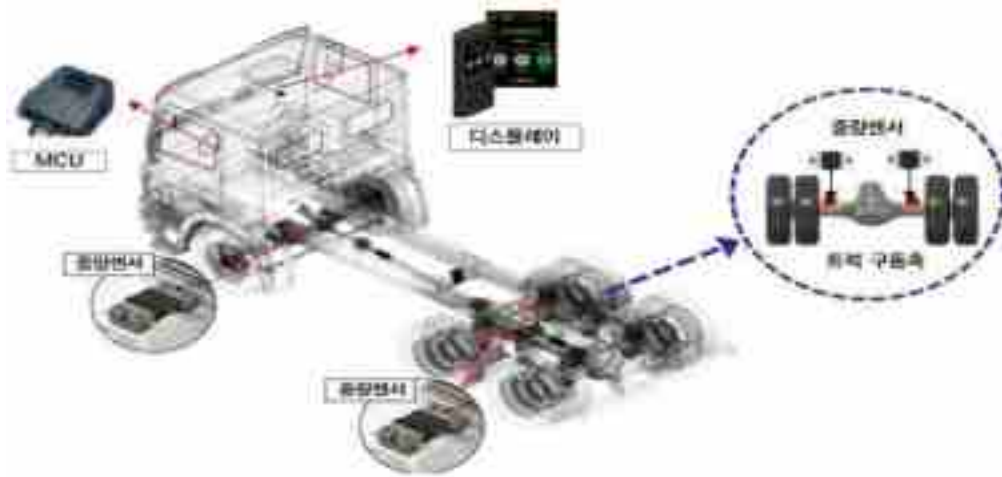
(2) 화물차 중량 관리센터/서비스

- 국내 중차량운행제한 및 과적단속 시스템 운영 관련 데이터 수집 센터 운영은 국토교통부의 CALS 시스템을 통해서 수행하고 있음
- 이는 국토교통부 산하 지방국토관리청 및 국토관리사무소에서 기록한 과적단속 검차정보를 취합하고 저장하는 시스템으로 과적단속 데이터를 분석하여 주요 과적 차량 유형과 적재물 종류를 파악할 수 있음
- 일반국도와 시군도 및 지방도에서 이동식 축중기를 구비한 과적단속반을 운영하여 이동식 단속을 수행
- 과적단속 시스템 운영은 과적단속을 수행하는 주체로, 도로법에 근거하여 총중량 40톤, 축하중 10톤의 중량제한을 시행하고 있으며 고정식 단속과 이동식 단속을 통해 과적 차량을 단속 중
- 반면 고속도로에서 대해서는 한국도로공사에서 고속도로 톨게이트에서 주로 저속 축중기를 활용하여 고정식 단속을 수행하고 있음
- 특히 국토교통부의 CALS 시스템에서는 4개의 정보(과적, 비탈면, 점용, 보상)가 중앙으로 저장되어 보유하고 있으나 과적단속 현황은 관리하는 부서에서 과적단속 현황을 파악하고 분석함

(3) 자중계 시스템

- 자중계란 중량센서 및 장치를 차량 자체에 장착하여 차량의 축하중과 총중량을 측정하는 비매설 방식의 중량계측 시스템임
- 국내에서 차량에 적재한 화물이나 차축에 실리는 하중을 확인하기 자중계를 사용하는 대표적인 사례는 환경부의 ‘가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템’ 및 국토교통부의 화물자동차 가변축의 불법/편법적인 사용 방지를 위한 ‘가변축 자동화 시스템’이 있음

- ‘가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템’ 및 ‘가변축 자동화 시스템’의 경우는 과적단속이나 화주의 강요 등에 직접 대응하기 위해 자중계를 설치하는 것은 아니지만 중량정보를 관리한다는 측면에서 관련성이 높음



<그림 20> 온보드 계량(OBW, On Board Weighing) 장비

□ 가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템

- 환경부의 ‘가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템’은 가축분뇨 또는 액비의 배출에서부터 운반/최종 처리까지의 전 과정을 전자인계서와 차량 설치 장비를 활용하여 실시간으로 관리하고 적정 처리를 유도하기 위한 시스템임
- 본 연구의 대상이 되는 자중계는 양돈 등 축산농가에서 가축분뇨 등을 수거하여 이동하는 차량에 장착하여 적재된 분뇨의 무게 정보를 모니터링하고, 데이터 분석을 통해 가축분뇨의 무단 살포 등 불법행위를 적발하거나 가축분뇨 관리 정책에 활용하고 있음
- 현재 차량의 실 중량 오차율은 정적하중의 경우 평균 5% 이내로 설정하고 있으나, 도로 주행 시의 하중인 동적하중에 대한 오차율은 정확도 문제로 인해 아직 규정하지 않고 있음

<표 6> 가축분뇨 운반 차량 관리를 위한 시스템 구성 및 기능



<그림 21> 자중계 설치위치

번호	품명	기능
①	통합 단말기	위성항법장치, 중량센서를 포함한 중량 측정장치, 사진 촬영장치로부터 수집되는 데이터를 취합하여 주기에 따라 전자인계관리시스템 서버로 정보전송 프로그램을 통해 중량정보를 운전자의 태블릿PC 및 휴대폰에 표시
②	GPS 및 통신장치	LTE/5G 통신 가능, TCP/IP통신방법을 사용 보안 및 통신상태 확인 기능 탑재 GPS 값 및 센서 신호를 Network를 통해 전송

③	사진 촬영장치	통합단말기와 CVBS(NTCS)로 통신 사진의 해상도 : 최소 4CIF(704 X 576) 이상 사진 사이즈 : 100kbps 이하
④	중량센서 (또는 장치)	차량의 중량정보를 계측하여 해당 수치를 3초 이내로 통합단말기로 전송함 실 중량과 측정 중량(정적하중)의 중량오차범위는 ±5% 이내 무선 기능 또는 통신포트 연결을 통한 설정 프로그램을 활용하여 정보전송 통신 방법: RS232 Std 또는 CAN 인터페이스 사용

(※ 출처: '14년도 유비쿼터스 기반 전자정부 서비스 지원사업 제안요청서 및 전자인계관리시스템 차량검증장비 표준안)

□ 화물자동차 가변축 자동화 시스템

- 가변축이란 적재물 중량에 따라 차량의 축을 올리거나 내릴 수 있는 장치이며 화물자동차에 적재한 화물의 하중이 집중되는 후륜에 바퀴를 상하로 움직일 수 있도록 추가로 설치한 바퀴축을 의미함
- 화물 업계에서는 가변축을 장착한 트럭을 줄여서 '축차'라고도 부르며 중형트럭의 경우 원래 설치된 1개의 축에 2번째 축을 추가하고 대형트럭의 경우는 가변축이 3번째 위치에 추가되어서 '쓰리축'이라고도 부름



<그림 22> 화물자동차 가변축 설치 예시도

(※ 출처 : 나무위키(<https://namu.wiki>>가변축) 및 상용차신문(2021.06.11.))

- 1998년 등장한 가변축은 운송비용 절감, 도로파손 최소화, 차량 수명 연장 등을 목적으로 2008년 설치 규정인 '자동차안전기준에 관한 규칙(현행 : 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙)'을 마련하여 운영하고 있음
- 당초 정부가 가변축을 허용한 것은 과적에 따른 피해를 줄이는 동시에 화주의 물류비 부담을 줄이고 차주의 수익 향상을 가져올 수 있기 때문이나, 상당수의 차주가 화물을 적재하면 가변축을 내려 축하중을 낮춰야 하는 의무사항을 지키지 않으면서 곳곳에서 부작용이 나타났음
- 가변축을 조작한 행위는 도로법 제78조 제1항(적재량 측정 방해 행위의 금지 등)을 위반한 것으로 형사처벌 대상이 되지만 기술적 문제와 단속에 대한 감독 부재 등으로 인해 과적단속장비를 통과할 때 가변축을 들었다가 통과 후 다시 내려 중량을 감소시키는 이른바 '차축 들기'와 같은 축조작은 사회적 이슈로 불거지게 되었음
- 좋은 취지로 도입한 가변축의 악용 사례를 방지하기 위해 정부는 2020년 관련 법규인 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙'을 개정하여 새로이 생산하는 가변축 차량은 허용 무게 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되도록 하여, 의도적인 조작으로 발생할 수 있는 과적에 대한 예방조치를 취하고 있음

(4) 블록체인 동향

○ 블록체인 관련 기술/산업을 육성하고 시장을 선점하기 위한 정부의 역할이 강화되는 추세로 있음

□ **2023년 블록체인 지원 사업**

과학기술정보통신부 보도자료(2023.06.27.) 자료를 살펴보면 ('22)24개(15억 원 과제 5개, 6억 원 과제19개) → ('23) 12개(30억 원 과제 3개, 13억 원 과제 9개)의 블록체인 사업에 지원됨을 알 수 있음
 <표 7> 2023년 블록체인 지원사업

제안기관	사업명
한국산업 인력공단	국가자격/훈련 디지털 배지 시스템 구축 사업
중앙선거 관리위원회	블록체인 기반 온라인 투표시스템 확산 사업
공무원 연금공단	블록체인/신체인증 기술 활용 공무원 연금 수급권 확인 시스템 구축
법무부	블록체인 기반 전자 공증시스템 고도화
한국교통안전공단	블록체인 기반 드론 운항 안전 정보 서비스 구축
대한체육회	블록체인 기반 스포츠 선수 이력 및 실적관리 플랫폼 구축

○ 2024년 블록체인 지원사업은 공공분야 집중, 확산사업(100억 규모)을 지원

<표 8> 2024년 블록체인 지원사업

구분		공공분야	
구분		집중사업	확산사업
국비지원금(사업당)		30억원	10억원
사업수		2개	4개
구분	제안기관	사업명	정부지원금
집중	한국은행	CBDC기반 디지털 바우처 관리 플랫폼 구축	30억원 (사업당)
집중	한국고용정보원	블록체인 기반의 디지털 이력서 증명서비스 구축사업	30억원 (사업당)
확산	한국교육학술정보원	블록체인 기반 고등 평생교육 디지털 배지 플랫폼 구축	10억원 (사업당)
확산	전라남도 강진군	블록체인 기반 공공비축미 수매 종합플랫폼 구축	10억원 (사업당)
확산	법무부	블록체인 기반 사서증서 인증 구현 및 공증문서 보관 체계 구축	10억원 (사업당)
확산	인천광역시	자원순환을 위한 환경실천 멤버십 통합 서비스	10억원 (사업당)

(참조 : <https://www.kisa.or.kr/403/form?postSeq=9633>)

○ 2024년 블록체인 지원사업 민간분야 집중, 확산사업(50억 규모)을 지원

<표 9> 2024년 블록체인 지원사업 민간분야

구분	주제	사업당 지원금	사업 수
집중사업	자유	30억원	1개
확산사업		10억원	6개
확산사업	상호운용	10억원	1개

(참조 : https://www.kisa.or.kr/403/form?postSeq=9322&lang_type=KO)

(5) 화물차 중량정보 처리

□ 화물차 중량정보 수집

- 국내 화물차 중량정보를 측정하여 활용하는 곳은 과적차량의 단속 및 예방을 위한 목적으로 각 도로관리청의 과적단속장비 운영과 민간계량소, 대규모 공사장 및 항만 등의 출입구로 한정되어 있으며, 각각 독립적으로 운영하고 있음
- 과적단속의 법적 근거로는 도로법과 동법 시행령 제28조 3항에 의거하여 도로의 구조를 보전하고 차량 운행의 위험을 방지하기 위하여 일정 기준을 초과하는 화물차 및 건설기계 등을 단속하고 있음
- 과적단속을 위한 세부 규정은 차량의 운행제한 규정(국토교통부훈령 제1832호)로 이 규정은 도로법 제77조, 제78조 및 제80조, 동법 시행령 제79조 및 제80조, 동법 시행규칙 제40조에 따른 운행제한 차량의 단속 및 허가에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있음
- 다만, 위 규정을 적용하여 상시 단속을 하고 있는 곳은 고속도로 입구와 국도 검문소이며, 이외는 이동 단속반에 의한 선별적 단속이 이뤄지고 있음
- 중량정보를 측정하기 위한 환경은 실외 차량이 진출입 가능한 옥외환경으로 중량측정장비 자체의 신뢰성도 중요하지만 도로평탄상태, 차량적재물 등 차량상태, 주행방법, 주행속도, 비정상주행 등에 따라 측정오차 발생가능성이 존재함
- 따라서, 중량정보 수집 환경을 포함하여 중량정보의 신뢰성 확보를 위한 성능평가, 장비인증, 검교정 등 평가체계의 법제도 정비가 필요함
- 국내 화물차 중량정보를 수집(측정)하는 장비는 저속 WIM, 고속 WIM, 이동식측중기, 민간계중기, 자중계(스마트중량센서) 등이 있음
- 저속 WIM의 평가기준은 한국도로공사 BMT(성능평가)만 존재하고 현행 법률과 기준만 참조하고 평가방법은 자체적으로 시행하고 있으며, 정확도 관리를 위해 월단위 오차보정의 정기검사를 통해 센서상태, 통신상태, 장비의 물리적 상태 등을 점검하여 발생가능한 오차요인을 사전에 차단하고 있음
- 고속 WIM의 평가기준은 자동차/도로교통분야 ITS 성능평가 기준에서 규정하고 있으나 개략적인 방법만 존재하며 세부적인 평가방법 및 평가환경에 대한 기준은 부재한 실정임
- 이동식측중기는 과적차량단속용 장비로 활용되어 최근까지 '계량에 관한 법률'에서 정한 법정계량기였으나 법정계량기 관리 효율성 제고 방침에 따라 법정계량기에서 제외됨
- 하지만 이동식측중기의 정확도 유지를 위해 검/교정검사(사용오차 이내임이 확인된 장비) 결과를 발급받아 보관해야 하며, 사용오차를 초과하는 경우 수리 및 오차 보정을 받은 후 지정된 검정기관에서 검정을 받아야 함

□ 화물차 중량정보 유통 및 활용

- 화물차 중량정보를 연계, 교환 및 유통을 하기 위해서는 관련 법제도적 체계와 통일된 정보교환을 위한 표준 그리고 정보를 수집, 연계 및 제공을 위한 시스템이 필요함
- 국내 화물차 중량정보를 수집하여 제공하는 기관은 존재하지 않으며, 화물차 관련 정보를 다루고 있는 정부나 기관 등을 살펴보기로 함
- 국토교통부 국가물류통합정보센터에서 차종별 화물차 등록현황(일반형, 덤프형, 밴형, 특수용도형 등)을 제공하고 있으며, 적재량별 화물차 등록현황(톤급별 등록 통계)을 조회할 수 있음
- 또한, 공공데이터포털을 통해 전국 화물자동차 운송사업자 표준데이터가 있으며, 지방자치단체에서 관리하는 일반 화물 운송사업자 현황정보 등을 다루고 있음
- 기타 화물운송사업의 실적 정보를 관리하는 시스템인 화물운송실적 관리시스템에서 기본적인 통계자료를 찾을 수 있음
- 화물차량의 중량정보의 유통은 해당 정보에 개인정보와 위치정보가 포함되어 있어 관련 개인정보 보호법과 위치정보보호법에 대한 해당 내용을 검토하여 활용할 수 있도록 해야함
- 개인정보의 수집/이용은 개인정보 보호법 제15조 규정에 의거 정보주체의 동의를 받은 경우, 법률에 특별한 규정이 있거나 법령상 의무를 준수하기 위하여 불가피한 경우, 공공기관이 법령 등에서 정하는 소관 업무의 수행을 위하여 불가피한 경우 등에 대하여 수집할 수 있으며, 이를 위반하여

개인정보를 수집한 자는 개인정보 보호위원회에게 전체 매출액의 100분의 3을 초과하지 않는 범위에서 과징금을 부과 받을 수 있음(개인정보보호법 제64조)

- 위치정보의 수집/이용은 위치정보보호법 제18조(개인위치정보의 수집)와 제19조(개인위치정보의 이용 또는 제공) 규정에 의거 위치정보사업자가 개인위치정보를 수집하거나 위치기반서비스사업자가 개인위치정보를 이용 또는 제3자에게 제공하고자 하는 경우, 위치정보법에서 규정한 사항들을 이용약관에 명시한 후 개인위치정보주체의 동의를 얻어야 하는바, 명시되어야 하는 사항으로 ‘개인위치정보의 보유목적 및 보유기간’이 추가됨
- 따라서, 중량정보의 수집, 연계 및 유통을 위해서는 중량정보 수집시 포함된 ‘개인정보(차량번호)’, ‘위치정보(측정위치)’를 제외하거나 비식별처리 하여야 하며, 원시정보 자체를 연계 및 유통은 불가하며, 개인정보를 특정할 수 없는 가공된 정보에 한하여 연계 및 유통이 가능함
- 단, 공공기관이 법령 등에서 정하는 소관 단속(과적, 적재불량 등) 업무의 수행을 위하여 개인정보와 위치정보 수집 및 활용이 가능하고, 개인사업자나 민간계량소, 대규모 공사장, 항만 등 중량정보를 수집 및 활용하는 기관에 제공하여 다양한 서비스 개발에 활용하기 위해서는 제3자 정보제공 동의를 받아야 하며, 임의 차량의 중량정보는 개인정보를 제외하고 유통이 가능하기 때문에 개별차량 서비스에 한계가 있음

(나) 국내 법제도

(1) 화물 과적 관련 법제도

- 과적 차량은 대형 교통사고뿐 아니라 교량 붕괴 사고까지 유발할 수 있으므로, 운행 제한 조치와 과태료 부과에 대한 법제도가 적용되고 있음
 - 과적단속의 법적 근거로는 도로법과 동법 시행령 제28조 3항에 의거하여 도로의 구조를 보전하고 차량 운행의 위험을 방지하기 위하여 일정 기준을 초과하는 화물차 및 건설기계 등을 단속함.
 - 과적관련한 차량의 운행제한 규정으로 국토교통부훈령의 “차량의 운행제한 규정”으로 정의하고 있음
 - 도로법 제77조(차량의 운행제한)에 따라 총중량 40톤, 축하중 10톤을 초과하는 차량의 운행을 제한하고 있으며, 이를 위반하는 차량에 대해서는 도로법 제117조(과태료)에 따라 과태료를 부과하고 있음
- <표 10> 중량화물 관련 법령내용

구분	법령
<p>도로법</p> <p>[시행 2024. 10. 25.]</p> <p>[법률 제19766호, 2023. 10. 24., 일부개정]</p>	<p>제77조(차량의 운행 제한 및 운행 허가)</p> <p>① 도로관리청은 도로 구조를 보전하고 도로에서의 차량 운행으로 인한 위험을 방지하기 위하여 필요하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 도로에서의 차량 운행을 제한할 수 있다. 다만, 차량의 구조나 적재화물의 특수성으로 인하여 도로관리청의 허가를 받아 운행하는 차량의 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <p>제117조(과태료) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 500만원 이하의 과태료를 부과한다. <개정 2022. 11. 15.></p>
<p>도로법시행령</p>	<p>제79조(차량의 운행 제한 등) ② 도로관리청이 법 제77조제1항에 따라 운행을 제한할 수 있는 차량은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 축하중(軸荷重)이 10톤을 초과하거나 총중량이 40톤을 초과하는 차량</p>
<p>지속가능 교통물류 발전법</p> <p>(약칭: 지속가능교통법)</p> <p>[시행 2021. 12. 7.]</p> <p>[법률 제18563호, 2021. 12. 7., 일부개정]</p>	<p>제20조(대형중량화물의 운송대책) ① 국가 및 지방자치단체는 대통령령으로 정하는 대형중량화물에 대하여 환경친화적이고 효율적인 운송대책을 마련하여야 한다. ② 국토교통부장관·특별시장·광역시장·특별자치시장·시장 또는 군수는 환경친화적이고 효율적인 대형중량화물 운송대책을 수립하기 위하여 교통물류운영자에게 다음 각 호의 조치를 준수하도록 요청할 수 있다. <개정 2013. 3. 23, 2014. 5. 28.></p> <p>1. 대체교통수단을 지정하여 운행하도록 하는 조치</p> <p>2. 대체/우회 교통로를 지정하여 이용하도록 하는 조치</p> <p>3. 그 밖에 환경친화적이고 효율적인 운송을 위하여 대통령령으로 정하는 조치</p>

- 화물차 중량정보와 관련된 법령은 화물자동차 운수사업법, 도로법, 도로교통법, 교통안전법 등이 있으며, 화물자동차 운수사업법은 화물차 운송 사업에 대한 기본적인 법적 기준을 제시하고 있으며, 차량의 종류, 적재 중량 제한, 운송 사업자의 의무 등에 대한 내용을 다루고 있음
 - 도로법은 도로의 구조 보전 및 위험 방지를 주 목적으로 과적을 규제하고 있으며, 도로의 구조 보전과 안전한 통행을 위해 차량의 중량제한 등을 규정하고 단속하고 있음
 - 도로교통법은 주로 안전 및 원활한 교통 소통 확보를 목적으로 과적을 규제하고 있으며, 주로 적재중량을 기준으로 과적을 단속하고 있음
 - 교통안전법은 교통안전 전반에 관한 법률로, 과적으로 인한 교통사고 예방을 위한 규정 등을 다루고 있음
- <표 11> 운행제한 관련 도로법과 도로교통법 차이

구분	도로교통법	도로법
소관 부처	경찰청	국토교통부
목적	교통안전 및 원활한 소통 확보	도로 구조의 보전과 위험 방지
단속기준	적재중량(적재중량의 110% 초과)	총중량(40톤 초과), 축중량(10톤 초과)
처벌	법칙금 부과 및 벌점 부여	과태료 부과

(2) 블록체인 관련 법제도

- 블록체인 서비스 도입 과정에서 기존 규제와 충돌이 잦으며, 블록체인을 위한 전용 법령이 없어 구체적으로 제정되어 있지는 않으나 블록체인 산업 진흥 전략 수립을 위한 정책이 추진되고 있음
 - ‘18.6月 : 「블록체인 기술 발전 전략(과학기술정보통신부)」 발표
 - ‘20.6月 : 「블록체인 기술 확산 전략(관계부처 합동)」 발표
 - ‘21.5月 : 「가상자산 거래 관리방안(관계부처 합동)」 발표
- 블록체인 관련 분야별로 본격적인 법/제도 정비와 함께 구체적 충돌 해결 및 발전 방안을 발굴하기 위한 법률안이 제시되고 있음
 - (진흥법) 기술개발·표준화 및 특례 등 체계적인 블록체인 산업 진흥지원을 위한 ‘(가칭)블록체인 산업 진흥법’ 제정 추진
 - (분산신원증명) DID 서비스의 안전/신뢰성 확보를 위한 평가/인정 체계와 DID 간 상호운용을 위한 법제화 추진 계획
 - (스마트 계약) 소비자보호를 위해 마련된 기존 법/제도 체계에서 ‘스마트 계약(Smart contract)’이 실현될 수 있도록 법/제도 개선 계획

(3) 자증계 관련 법제도

□ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률

- 환경부는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」은 법률 제8010호로 2006년 9월 27일 제정되어 2007년 9월 28일 시행되었으며, 가축분뇨 전자인계관리시스템 관련 규정은 2014년 신설되어 한국환경공단이 운영 중

가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 (약칭: 가축분뇨법)

[시행 2022. 4. 14.] [법률 제18027호, 2021. 4. 13., 일부개정]

제7장 보칙

제37조의2(가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템의 구축·운영)

- ① 환경부장관은 제37 조의3에 따른 가축분뇨 또는 액비의 관리업무를 효율적으로 처리하기 위한 전자인계관리시스템을 구축·운영하여야 한다.
- ② 환경부장관은 배출시설설치·운영자, 처리시설설치·운영자, 재활용신고자, 가축분뇨관련영업자 및 공공처리시설설치자등이 제11조제2항 및 제3항에 따른 변경허가신청·변경신고 또는 제39조에 따른 장부기록 등 대통령령으로 정하는 업무에 관한 내용도 전자인계관리시스템으로 처리할 수 있도록 하여야 한다.

- ③ 환경부장관은 제37조의3제1항에 따라 입력된 가축분뇨 또는 액비의 인계·인수, 처리 또는 살포에 관한 내용과 제2항에 따라 입력된 기록(이하 “전산기록”이라 한다)을 입력된 날부터 3년간 보존하여야 한다.
- ④ 환경부장관은 해당 가축분뇨 및 액비의 배출자, 수집·운반자, 처리자 또는 살포자와 관계 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 전산기록을 검색·확인하거나 출력할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑤ 농림축산식품부장관, 시·도지사, 시장·군수·구청장과 환경부령으로 정하는 자는 환경부장관에게 전자인계관리시스템으로 관리하는 자료의 제공을 요청할 수 있다. 이 경우 환경부장관은 해당 자료를 환경부령으로 정하는 기간 이내에 제공하여야 한다.
- ⑥ 환경부장관은 제2항·제4항·제5항 및 제37조의3에 따라 전자인계관리시스템을 이용하는 자로부터 해당 정보의 처리에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 징수할 수 있다.

[본조신설 2014. 3. 24.]

제37조의3(가축분뇨 등의 전자인계 관리 등)

- ① 대통령령으로 정하는 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 자는 그 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 경우 환경부령으로 정하는 바에 따라 전자인계관리시스템의 운용 방법, 절차 등 운영 관리에 관한 사항을 준수하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 가축분뇨 또는 액비를 수집·운반·살포하는 자는 가축분뇨 또는 액비를 수집·운반하는 중에 관계 행정기관이나 그 소속 공무원이 요구하는 때에는 전자인계관리시스템에 입력된 가축분뇨 또는 액비의 인계·인수, 처리 또는 살포에 관한 내용을 확인할 수 있도록 협조하여야 한다. 본조신설 2014. 3. 24.]

- 가축분뇨 전자인계관리시스템의 운용 및 절차 등에 관한 환경부고시
 - 가축분뇨 전자인계관리시스템의 운용 및 절차 등에 관한 환경부고시 제2022-50호는 가축분뇨 전자인계관리시스템의 운용방법, 절차 등 운영관리에 관한 세부적인 사항에 대해 정함을 목적으로 운용하고 있음
 - 자중계와 관련해서는 제11조(검증장비의 설치 및 관리·점검) 규정을 따르며, 가축분뇨 전자인계관리시스템과 수탁폐수 전자인계관리시스템의 통신플랫폼과 연동하여 수집·운반 차량의 위치, 중량정보에 대한 수집 서비스를 제공하기 위해 전자인계관리시스템과 차량검증장비의 연동규격을 정의하는 '전자인계관리시스템 차량검증장비 표준'을 운영하고 있음

□ 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙

- 불법 및 편법적인 과적을 방지하기 위해 2021년 7월부터 생산하는 가변축 트럭은 적재량 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되도록 하여야 하며, 수동으로 상승 조작할 수 없음

자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 (약칭: 자동차규칙)

제13조(조종장치등)

- ① 자동차에 설치된 다음 각호의 조종장치 및 표시장치는 운전자가 좌석안전띠(이하 “안전띠”라 한다)를 착용한 상태에서 쉽게 조작 및 식별할 수 있도록 배치하여야 한다.

중략

- ⑦ 화물자동차 및 특수자동차에 상하로 움직일 수 있는 가변축을 설치하는 경우에는 가변축 인접축에 다음 각 호의 하중 중 작은 하중을 **초과하는 하중이 가해지면 자동으로 가변축을 하향시키고 상승조작이 불가능하며** 총중량의 하중을 받아 하향된 가변축이 받는 하중은 인접축이 받는 하중의 30퍼센트부터 100퍼센트까지의 하중을 분담하는 구조로 설치해야 한다. <개정 2020. 12. 24., 2021. 8. 27.>

1. 제6조에 따른 축하중

2. 「자동차관리법 시행규칙」 별지 제25호서식에 따른 자동차제원표에 적힌 축별설계허용하중(이하 “축별설계허용하중”이라 한다)

- 현재 국내에서는 가축분뇨(수탁폐수 포함) 전자인계관리시스템 및 가변축 자동화 시스템이 차량 중량(축하중)의 검증 및 확인을 위해 자중계를 사용하는 대표적인 사례이며, 가축분뇨 운반 차량

은 대체적으로 중소형 화물차량에 자중계를 적용하고 가변축 자동화 시스템의 경우는 준대형 및 대형 화물차량에 자중계를 적용하고 있음

<표 12> 자중계 사용 사례

구 분	가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템	화물자동차 가변축 자동화 시스템
관련 법령 및 규정	<ul style="list-style-type: none"> 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제37조의2(가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템의 구축/운영) 및 제37조의3 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제39조의3(전자인계관리시스템의 운용방법 및 절차 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」 제13조제7항 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준시행세칙」 별표 1의 제71호(화물자동차 및 특수자동차의 가변축 시험)
운영 부처 및 기관	<ul style="list-style-type: none"> 환경부, 한국환경공단(운영기관) 	<ul style="list-style-type: none"> 국토부, 자동차안전연구원(가변축 시험/인증)
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포할 때 컴퓨터, 이동형 통신수단, 전산장비를 이용하여 관련 정보를 가축분뇨 전자인계관리시스템에 입력 및 관리 	<ul style="list-style-type: none"> 자동 가변축은 허용 무게 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되는 시스템으로, 가변축 상승상태에서 축별설계허용하중의 130% 초과 하중 부과 시 가변축이 자동으로 하강 및 상승하지 않도록 함
자중계 사용 현황 및 이슈	<ul style="list-style-type: none"> 환경부는 가축분뇨 또는 액비의 전자인계서 작성 및 입력정보 검증을 위하여 중량계 및 위성항법장치(GPS) 등을 제공/설치하고 한국환경공단이 운영 분해능 부족으로 1톤 차량에 적용 불가, 센서의 서스펜션에 장착에 따른 동적하중 변위 문제로 인해 현재는 중량정보를 제외하고 GPS 정보만 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 가변축의 자동 상승 및 하강에 대응하여 '가변축분담하중'을 감지하고 측정하기 위해 자중계 사용 가변축의 과적예방 효과는 있으나, 그 외 축에는 장착하지 않는 실정임 국내 5개사가 자중계를 공급하고 있으나 1~2개 사 이외는 정확도 등 기술적 기능 부족
주요 적용 대상 차량	<ul style="list-style-type: none"> 중소형 화물차량 	<ul style="list-style-type: none"> 준대형 및 대형 화물차량

□ 자중계 도입 시 개인정보 보호 관련 법률

- 고중량 화물차에 자중계 도입 시 차량의 중량정보 활용하여 중차량 관리를 시행하기 위해서는 운행제한에 따른 관련 차량과 운전자 등 개인정보를 이용할 필요가 있음
- 자중계의 차량 중량정보와 연계될 수 있는 개인정보 항목은 성명, 생년월일, 집주소, 휴대전화번호, 운전면허번호, 차량번호, 차종 등이 있음

<표 13> 운행제한 차량 단속 개인정보 처리 목적

개인정보파일명	처리목적	개인정보 항목
운행제한차량 단속업무정보	<ul style="list-style-type: none"> 차량의 운행제한을 위반한 자에 대한 과태료의 부과, 징수 및 재판 등에 관한 사무 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 도로법 제77조 (차량의 운행 제한 및 운행 허가) 도로법 제78조(적재량 측정 방해 행위의 금지 등) 도로법 제112조 제1항, 제2항 (고속국도에 관한 도로관리청의 업무 대행)

(다) 국외 정책동향

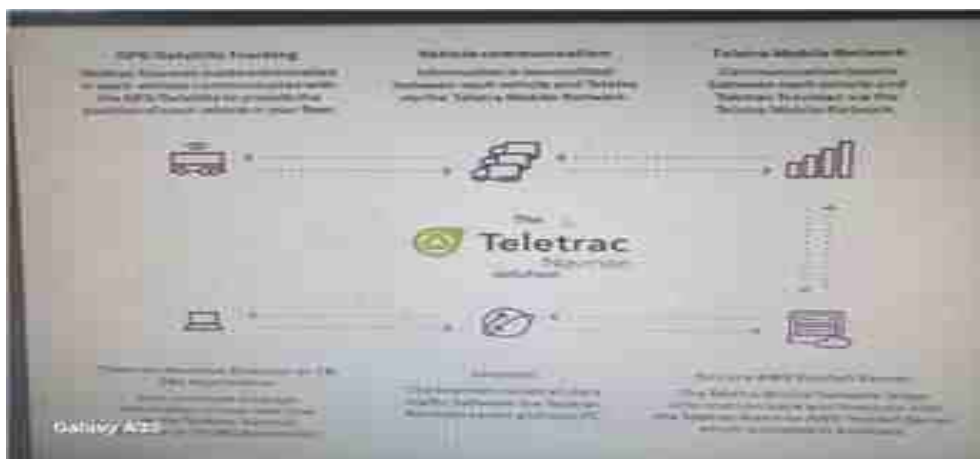
(1) 화물차 중량 관리센터/서비스 관련

- 미국의 과적단속 시스템은 Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA) 미국의 중차량 운행과 관련된 법률은 주로 FMCSA가 관리하고 있다. FMCSA(Federal Motor Carrier Safety Administration)는 미국 교통부(USDOT) 산하기관으로, 상용 자동차(CMV)의 안전을 규제하고 감독하는 책임을 맡고 있으며 FMCSA의 주요 임무는 대형 트럭 및 버스와 관련된 사고, 부상 및 사망자 수를 줄이는 것임. 이를 위해 FMCSA는 50만 개 이상의 주간 화물 운송업체, 4,000개 이상의 주간 버스 회사, 400만 명 이상의 상업용 운전 면허(CDL) 소지자를 포함한 상업용 자동차 (CMV)를 규제하고 안전 감독을 제공하고 있음 (참조 : www.fmcsa.dot.gov)

<표 14> 미국 FMCSA 차량 중량제한

구분	중량제한	비고
FMCSA의 차량정의 및 규제	<ul style="list-style-type: none"> 연방 규정에 따르면 주 간 고속도로의 최대 중량 제한은 80,000파운드, 단일 차축 중량은 20,000 파운드, 탠덤 차축 중량은 34,000파운드이며, 차축 간격을 고려한 브리지 공식을 준수해야함. 	<ul style="list-style-type: none"> 과적 차량 관련 데이터를 수집, 분석 및 공유하여 과적 차량 정보시스템 운영

- 중차량 운전자에 대한 교육과 자격증 요구, 운전 기록 관리 등도 수행하고 있으며 또한 Federal Highway Administration (FHWA)에서는 주도로와 연방도로에서 중차량의 크기와 적재량 제한을 관리하고 있으며 주 도로에서 중차량의 크기와 적재량 제한을 위반한 경우, 연방정부는 해당 주에 대한 자금 지원을 중단할 수 있는 권한을 보유하고 있음
- FHWA는 중차량의 안전을 위해 다양한 연구와 프로그램을 운영하고, 이를 통해 중차량의 안전을 향상시키고 있음
- 호주의 경우 중차량 운행과 관련된 법률은 주로 National Heavy Vehicle Regulator(NHVR)에 의해서 기반하고 있다. NHVR는 중차량의 안전을 위해 다양한 규제를 시행하고, 이를 위반한 경우 처벌하고 있음
 - 중차량의 적재량과 크기 제한을 규정하고, 이를 위반한 경우 과태료를 부과함
 - 중차량 운전자에 대한 교육과 자격증 요구, 운전 기록 관리 등도 수행함
 - 호주는 WIM 기술을 사용하여 중차량의 적재량을 측정하고, 이를 통해 과적차량을 단속함



<그림 23> 호주의 트럭 스케일 자료 수집 관리

- 일본의 경우는 중차량 운행과 관련된 법률은 주로 Road Transport Vehicle Act에 의해 관리된다. 중차량의 안전을 위해 다양한 규제를 시행하고, 이를 위반한 경우 처벌을 가함
 - 중차량의 적재량과 크기 제한을 규정하고, 이를 위반한 경우 과태료를 부과함.
 - 중차량 운전자에 대한 교육과 자격증 요구, 운전 기록 관리 등도 수행

(2) 블록체인 관련 국외 정책 동향

- 주요국은 웹 3.0 시대에서 디지털 패권 경쟁의 우위를 확보하기 위해 활성화 전략 및 정책을 발표하고 기술 개발, 법적 개선 등 블록체인 역량을 강화 중
 - 미국, EU, 일본 등 선진국과 중국 등의 신흥 기술국들은 초연결 사회에 선제적으로 대응하기 위해 국가적 차원의 대응 전략 수립
 - 해외 주요 국가들은 국가별 경제 상황과 산업 특성을 고려하여 다양한 블록체인 정책을 펼치고 있음
 - 스위스, 싱가포르 등의 국가는 적극적 블록체인 진흥 정책을 펼치고 있으며, 미국, 일본 등은 조심스러운 입장으로 공공서비스 개선 시점 적용 등 추진 중
- <표 15> 국가별 블록체인 정책동향

대상국	내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 미 연방준비제도(FRB)를 중심으로 가상통화 관련 기술 현황과 통화제도에 미칠 영향에 대한 논의가 진행 중이며 미 증권거래위원회 (SEC)와 미 국세청 (IRS)은 가상통화와 관련한 규제 움직임을 강화하고 있는 중 • "Fast Payments Task Force"를 발족하여 송금/결제 시스템 개선에 대한 논의를 시작하였고, 블록체인 기반 결제 플랫폼 회사인 Ripple사의 Ryan Zagone이 주요 멤버 (Elected Steering Committee)로 활동 중 • 미 증권거래위원회(SEC)는 가상통화에 ICO를 포함한 가상통화 관련 거래 및 투자는 미 연방의 증권 관련 조항에 의거하여 필수적으로 관련 등록 절차를 거쳐야 한다고 명시 • 미 국세청은 지침서를 통해 가상통화는 자산으로 인식되며 이를 이용한 거래는 자산 거래 시 적용 과세 원칙에 의거하여 과세한다고 적시 • 개방형 정부 구축에 블록체인을 활용하기 위한 연방정부 및 주정부의 법률 제정이 이루어지고 있으며, 정부부처의 블록체인에 대한 관심이 증가하고 있음
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 가상통화는 규제하나 블록체인 기술은 국가에서 주도적으로 나서 적극 지원 • 공업정보화부는 '중국 블록체인 기술과 응용발전 백서'를 발표하여 핵심기술 공략 및 시범 3 프로그램, 플랫폼 구축계획 제시 • 블록체인응용연구센터는 '18년 '중국 블록체인산업 발전보고서'를 발표하면서 중국 블록체인 산업의 발전과정과 현재의 도전, 산업전망 등을 분석하고, 중국의 블록체인 산업 발전의 잠재력에 대해 긍정적으로 평가 • 저장/장쑤/구이저우/푸젠/광둥/산둥/장시/네이멍구/충칭 9개 성(省)급 지방정부에서 블록체인 관련 지침을 발표하는 등 블록체인 기술에 국가적인 관심 • 완상 그룹은 약 2000억 위안을 투자하여 항저우시 근처에 세계 최대 블록체인 응용사업기지가 될 스마트 시티를 건설하겠다고 밝혔으며, 중국 인민은행은 산하기관인 블록체인연구원을 항저우 시에 설립 • 블록체인 기반 서비스 네트워크(Blockchain-based Service Network, BSN)을 통해 블록체인 기업의 개발 비용 절감 및 편리성 증진, 상호운용성 확보 지원으로 기술 개발을 장려하고 보편적 활용을 가속하려 함 • 중국 내 약 110 개 이상의 PCN(Public City Nodes), 남극 외 대륙에 8개의 국제 PCN을 확보하며 글로벌 상용화를 위한 베타 테스트 진행 중('20.4월말)
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 경제산업성은 노무라 종합연구소와 협력해 금융/비금융 서비스 분야의 블록체인 활용사례를 담은 보고서를 통해 정부가 유효성을 입증하는데 앞장서야 함을 강조 • 블록체인 기술 조사를 통해 67조 엔의 관련 시장 파급 발표('16.3)하였으며, 은행법 등 개정안을 통해 가상통화를 실제 통화와 비슷한 기능을 갖는 "재산적 가치"로 규정하여 지급결제 수단외 하나로 인정('16.5) • “차세대 블록체인기술 : 개인과 사회의 데이터 공유 및 가치교환을 안전하게 실현 (국가연구개발전략센터(CRDS), 2020. 3. 2)” 을 발표하며, 국가가 연구개발을

대상국	내용
	<p>통한 기초 기반 확립에 나설 필요가 있으며, 연구개발의 기초기반 확립에 5년, 공공 및 민간 응용 적용에 5년을 권고</p>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽은행감독청(EBA)은 블록체인 기술이 금융 비용 절감 및 거래 품질과 속도를 증대시킬 수 있는 잠재력이 있다고 평가한 보고서를 발표함 • 유럽연합의회는 사회적 과제 해결과 획기적인 혁신을 위한 Horizon 2020 프로그램의 일환으로 블록체인 기술을 포함하여 '18-'20 기간 내 300억 유로 투자 계획 발표('17.10)
영국	<ul style="list-style-type: none"> • '15년부터 과학부를 중심으로 블록체인의 국가적 도입을 선언하였으며, 재무부에서는 블록체인 기반 핀테크 산업 육성을 강조 • 과학부(Government Office for Science)는 '15년 "분산원장기술 : 블록체인을 넘어 (Distributed Ledger Technology: beyond block chain)"을 통해 블록체인 기술 관련 8가지 사항을 권고 • 재무부(H M Treasury)는 '17년 예 2차 투자관리전략(Investment Management Strategy II)'에서 블록체인 기반 핀테크 산업 육성 명시
스위스	<ul style="list-style-type: none"> • 지방정부 중심으로 블록체인 및 가상통화 허브국가 목표로 정책 추진 중이며, 실리콘밸리와 유사한 개념의 크립토 밸리(Crypto Valley)가 스위스 추크시에 형성 • 비트코인 스위스(Bitcoin Suisse), 모네타스(Monetas), 이더리움재단(Ettierum Foundation) 등 약 20여개의 기업 입주해있으며, 세계 1위 채굴기업 비트메인(Bitmain)이 비트메인 스위스(Bitmain S/Witzerland)라는 이름으로 입주 • 추크 정부는 주민등록 등 각종 결제에 비트코인과 이더리움을 허용하고 있으며, 규제 샌드박스 제도를 시행하여 소규모 핀테크 업체들이 규제로부터 자유롭게 새로운 사업을 할 수 있도록 장려
에스토니아	<ul style="list-style-type: none"> • 블록체인을 정부 시스템에 가장 많이 도입한 국가로, 세계 최초로 e-residency 서비스를 시작 • 디지털 신원증명에 블록체인을 적용한 e-residency 서비스는 '14년에 시작하였으며, 이를 통해 전 세계 시민 누구나 에스토니아에서 사업 활동이 가능한 증명 발급 가능 • 에스토니아는 e-residency를 기반으로 국경에 구애받지 않는 디지털 국가 구상 • '14년 보건, 형사, 법제, 사업자 등록 등 다양한 공공 정보를 블록체인상에 구축하여 서비스 중 • 에스토니아 정부는 07년 창업한 보안회사 가드타임(Guardtime)이 개발한 KSI 프라이빗 블록체인 사용

(3) 자중계 관련 국외 정책 동향

□ 일본

- 일본은 1950년대 중/후반 고도의 경제 성장을 시작한 후, 1964년의 도쿄올림픽과 베트남 전쟁 등의 특수 수요와 맞물려 과적이 사회 문제로 부각 됨에 따라 과적 예방 및 방지 목적으로 1967년 법률 제 131호의 「토사 등을 운반하는 대형 자동차에 의한 교통사고의 방지 등에 관한 특별 조치법」을 제정하였음
- 「토사 등을 운반하는 대형 자동차에 의한 교통사고의 방지 등에 관한 특별 조치법」은 일명 덤프트럭 규제법이라고 불리는데 그 이유는 이 법에서 흙, 모래, 자갈 및 돌 등을 운반하는 대형 자동차가 덤프트럭을 의미하는 것이기 때문이며, 덤프트럭에는 적재중량을 자동적으로 계량하기 위한 장치로써 자중계를 부착하도록 규정하고 있음
- 자중계의 기술적 특성을 관리하기 위하여 「토사 등 운반 대형 자동차에 설치하는 자중계의 기술상 기준을 정하는 성령」(1968년 통상 산업성·운수성령 제 1호)을 제정하였고, 1999년 3월 기존 아날로그 방식의 자중계를 디지털 방식의 자중계로 개선하는 법 개정을 추진하여 2000년 3월 29일 자로 개정하여 현재까지 운영 중임

□ 유럽

- 유럽연합(EU)은 상업용 도로 차량의 중량 및 치수와 관련하여 회원국들이 시행 중인 표준 간의 차이는 경쟁 조건에 부정적인 영향을 미칠 수 있고, 회원국 간의 교통에 장애가 될 수 있다는 판단하에 1996년 7월 25일 유럽위원회의 이사회 지침인 ‘Council Directive 96/53/EC’를 마련하여 유럽연합 내에서 운행하는 특정 도로 차량에 대한 최대 치수와 중량 및 기술적 특성에 관한 사항을 규정하고 승인한 바 있음
- 유럽연합이 이 같은 공통표준을 마련한 것은 상업용 도로 차량의 합리적이고 경제적인 사용과 기반 시설의 유지 관리, 도로 안전, 환경 및 사회 보호 요구사항에 대하여 회원국 간의 균형을 반영하고자 함이 주된 목적이었음
- 이후 유럽연합은 이사회 지침 96/53/EC에 기반하여 2019년 7월 12일 집행위원회의 시행 규정 (COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION(EU) 2019/1213)을 마련하여 차량에 장착하는 온보드 계량 장비인 자중계 장치의 상호운용성과 호환성 구현을 위한 균일한 조건을 보장하는 세부 조항을 규정하였음
- 이는 운송산업의 발전과 자동차 제작 기술의 발달 등으로 인해 다양해진 대형 운송차량(HGV, Heavy Goods Vehicle)에 허용된 총중량 초과 문제를 해결하려는 방안의 일환으로 채택되었음
- EU 위원회 시행 규정 2019/1213에서는 유럽연합 회원국이 2021년 5월 27일까지 통일된 테스트 절차를 수립할 것을 요구하고 있으며, 첫 번째 방법은 도로 인프라 시설에 통합 가능한 자동 기록 시스템을 제공하는 것이며, 두 번째 방법은 차량의 총중량을 관리하기 위해 온보드 계량 시스템인 자중계를 사용하는 것을 규정하고 있음
- 1단계는 일반 트럭을 대상으로 시행하고 2단계부터는 세미 트레일러 또는 트레일러의 축하중 및 총중량을 자동으로 측정하며, 측정된 결과는 보안 신호를 통해 기록 장비로 전송되는데, 자중계를 사용하는 경우는 화물차량이 노변 기록 센서를 통과할 때 관리 당국이 DSRC(단거리 전용 통신)를 통해 중량 데이터에 접근할 수 있도록 규정하고 있으며 이는 2024년 5월 27일부터 적용됨

□ 호주

- 호주는 국토 면적이 넓고 도로운송이 전체 물류 산업의 약 50%를 차지하는 등의 특성으로 인해 대형 및 고중량의 화물차량 관리를 위한 제도 및 정책이 다른 나라보다 다소 복잡하고 다양한데, 대형 화물차량 관리를 위한 정책 일환으로 텔레매틱스(Telematics)를 운영하고 있음
- 텔레매틱스는 일반적으로 차량 내 장치를 사용하여 전자적으로 정보를 획득하고 전송하는 시스템으로, 응용하기에 따라 텔레매틱스는 운전자의 작업 및 휴식 시간 기록과 같은 규제 목적과 차량의 속도, 위치, 중량 등의 정보획득 및 관리를 위해 사용될 수 있음
- 또한, 운송회사에서는 텔레매틱스를 사용하여 급제동, 엔진성능 및 최적경로 등을 진단하거나 운전자 및 운전 작업을 모니터링하여 화물차량 운영의 효율성을 도모할 수 있음
- 도로 화물운송 측면에서 차량 내 텔레매틱스는 장착한 장치 및 중량에 대한 전자적 모니터링뿐만 아니라 차량의 관리 및 정상 운행 등에 대한 모니터링을 수행하며, 이 같은 텔레매틱스를 운영하기 위한 호주의 대표적인 제도가 지능형 접근 프로그램(Intelligent Access Program, 이하 IAP)이며, 국가중차량법(Heavy Vehicle National Law, 이하 HVNL)에 규정하고 규제되고 있음
- 지능형 접근 프로그램(IAP)은 대형 중차량이 승인된 시간에 승인된 경로를 준수하도록 보장하기 위해 텔레매틱스를 사용하는 인증된 차량 추적 시스템이며, 호주에서 OBM(On-Board Mass)로 부르는 자중계는 지능형 접근 프로그램(IAP)의 하위 프로그램으로 최근에는 스마트 OBM으로 운영되고 있음
- 특히 빅토리아(Victoria)주에서 운행하고 있는 고중량 화물차량과 뉴 사우스 웨일즈(New South Wales, NSW)주에서 운행하는 PBS(Performance Based Standards) 차량에 대한 요구사항으로 운영하고 있음

2.2.2. 기술적 환경 분석

(가) 국내 기술동향

(1) 화물차 과적단속 시스템 기술 동향

□ 국내 과적단속 시스템 기술

○ 고속축중기(HS-WIM) 성능기준

<표 16> 고속축중기(HS-WIM) 성능평가의 평가등급별 성능기준

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

※ HS-WIM을 과적의심차량 식별용으로 활용하고자 하는 경우의 성능평가 합격 기준은 평가등급 중급 이상

○ 고속축중기와 저속축중기 기술을 이용한 국도 과적화물차 단속 시스템

화물차가 과적단속 구간을 통과할 때 혐의구간 시스템(고속축중기: HS-WIM)이 중량을 계측하여 과적의심차량일 경우 유도원이 과적단속구간(저속축중기: LS-WIM)으로 유도하고, 2차 계중을 실시하여 과적으로 판별될 경우 고발 조치함

○ 화물운전자가 유도원의 유도를 무시하고 도주할 경우 도주구간의 영상제어기가 해당차량의 도주 동영상과 번호인식을 통해 도주 고발할 수 있도록 구성되어 있음



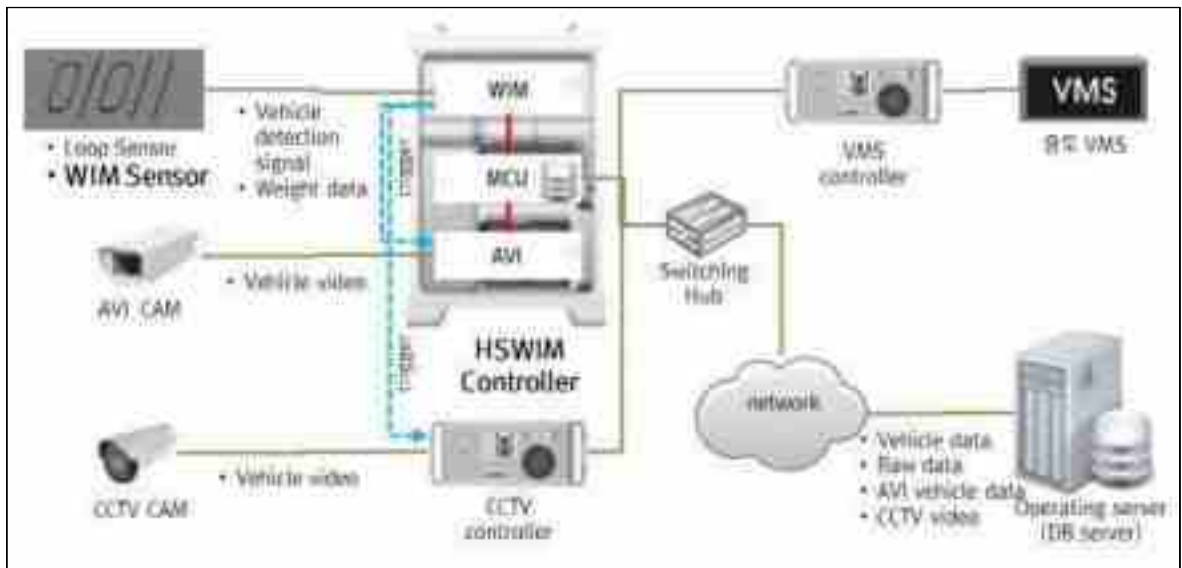
<그림 24> 국도교통부 과적차량 단속 시스템 현장 구성도

- 혐의구간: 고속축중기를 이용한 과적차량 선별 후 2차 과적단속 지점으로 유도
- 과적단속: 저속축중기를 이용하여 과적차량 선별 후 고발조치
- 도주단속: 2차 과적단속 지점으로 유도를 무시하고 도주하는 차량 선별 후 도주고발
(유도하는 사람의 유도행위에 대한 동영상이 없을 경우 도주고발 불가)
- 사무실: 혐의, 단속, 도주 상황 모니터

○ 고속축중기 제어부 주요기능 및 주요기술

<표 17> 고속축중기 주요기능

분류	주요기능	관련기술
WIM 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 신호처리기로부터 6CH 이상의 WIM 센서 중량 측정 가능 중량 보정 알고리즘 (신호, 온도, 속도 보정) 차량의 총중량 및 과적여부 판단 편차조정(Calibration) 기능 영상 동기화를 위한 ID 생성 차량정보(축수, 축거, 길이, 속도 등) 수집 	<ul style="list-style-type: none"> WIM B/D 회로 Artwork H/W Interface S/W Interface (센터, AVI) 보정 알고리즘 편차조정 UI
영상 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 차량 번호 인식 차량 이미지 저장 	<ul style="list-style-type: none"> LPR 알고리즘
MCU 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 차량정보 및 차량 번호 수집 센터로 정보 제공 2차 과적단속 시스템 정보 제공 운영 시스템 웹 서비스 (Virtual WIM) 편차조정 UI(User Interface)제공 로컬 DBMS 운영 유도 시스템(VMS)에 과적차량 정보 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 현장통합서버
	<ul style="list-style-type: none"> 무선통신 기능 (B/D 별도 설계) DSRC or WAVE 통신 화물차 하이패스 단말에 과적정보 저장 및 운전자 알림 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 무선통신보드
CCTV 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 정상 주행 모니터링을 위한 동영상 수집 전방 교통상황 모니터링 	
VMS 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 1차 과적차량 유도 시스템 (정보제공) 과적 알람 장치 및 유도 로봇 연계 	
Operating Server	<ul style="list-style-type: none"> 현장 CCTV 모니터링 서비스 1차 과적차량 알람 서비스 : 차량정보(축중, 총중, 차량번호, 위반정보) 표출 및 동영상 저장 2차 과적차량 알람 서비스 : 1차, 2차 차량정보 표출 및 적발보고서 출력 도주 차량 알람 서비스 : 도주 차량 알람 후 1차 과적차량정보 표출 및 도주 동영상 출력 및 저장 과적 적발보고서 출력 무선 통신(DSRC or WAVE) 서버에 과적 도주 차량 정보 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 중앙수집서버



<그림 25> 고속축중기(HS-WIM) 제어부와 장치간 연계도

○ 고속축중기 센서 레이아웃별 특성 및 정확도

<표 18> 센서 배치 특성

센서 배치	특 성	정확도
1열 (row) 배치 	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 사용하지 않으나, 다열센서 설치 후 고장 센서 발생 시 1열 센서 운영이 가능해야 함 	[오차율] • 총중 15% • 축중 20%
2열 (row) 배치 	<ul style="list-style-type: none"> 좌우 스테거 방식으로 센서의 숫자는 1열과 동일한 2개이지만, 열을 2열로 설치하여 1열에 비해 차량 바운스(bounce) 정확도 향상 2열 센서 혹은 3열 센서 배열에서 특정센서 고장 시 응용할 수 있는 배치 	미확인
2열 (row) 배치 	<ul style="list-style-type: none"> 국도 고속축중기 센서 배열 방식으로 Quartz 센서로 했을 경우 COST323 기준 최고 B+(7) 가능 	[오차율] • 총중 약 8% • 축중 약15%
3열 (row) 배치 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 한국도로공사 기준으로 COST323 기준 최고 A(5) 가능 	[오차율] • 총중 5% • 축중 10%

○ 고속축중기 주요 운영화면



<그림 26> 주 운영화면



<그림 27> 현장시설물 관리 화면

- 저속축중기(LS-WIM) 성능평가 기준은 존재하지 않음
- 교정기관을 통해 년 1회 교정을 받아 “차량의 운행제한 규정”에 명시된 오차율 4%이내의 장비를 통해 과적단속을 하도록 제한하고 있음

(2) 스마트 화물차량 중량관리 지원을 위한 플랫폼 구축 및 유통시스템 관련 기술동향

□ 적재물 불균형 화물차량에 대한 알림 서비스

- 국내에서는 화물차량 대상으로 적재 불량한 경우에 단속을 시행하고 있으며, 편중적재, 결속상태 불량, 덮개 미설치 등을 대상으로 단속하고 있음

<표 19> 적재물 불균형 화물 차량



편중 적재

결속상태 불량

덮개 미설치

- 적재 불균형으로 인한 사고의 위험을 보다 객관적으로 평가하기 위해서는 화물차량의 좌측, 우측 바퀴의 윤중량을 비교할 필요가 있으며 이와 같은 접근사례는 한국건설기술연구원의 화물차량의 불균형 적재상태 검출 및 안전운전 안내시스템(특허등록 : 10-0830578)에서는 화물차 중량 계중을 목적으로 도로에 매설한 집합형 센서를 이용하여 화물차량의 좌측과 우측의 바퀴의 윤하중을 산출하고 이를 활용하여 적재불량 여부를 판정 일정수준 이상의 불균형을 발견 시 경고하는 시스템을 고안하고 있음
- 과적 검문소 진입 시에는 차축을 모두 내려 정상 통과하고 본선 주행 시에는 가변축을 불법으로 들어 축하중 10톤을 초과하여 과적 운행이 증가하고 있으며, 이에 ‘과적 화물차 단속을 위한 Mask-RCNN기반 축조작 검지 기술 개발’(한국ITS학회논문지, 제21권 5호, 2022년 10월) 연구를 통해 도로변에 차량 옆면 촬영 카메라를 설치하여 도로 주행 중인 화물차의 가변축 상태를 검지하는 기술을 개발함
- 한편 한국도로공사의 사례는 톨게이트 과적단속차로에 화물차량이 통과 시 화물을 적재하고 있는 적재함을 AI 영상(이미지)분석 기반으로 적재 상태를 분석하고 불량 여부를 자동 판별하고 있고, 2023년 기준 13개 영업소 운영 사례가 있다. 참고로 기존 적재불량 단속시스템은 단순 화물차 적재함 이미지만 저장하고, 사후 근무자가 육안으로 적재불량 여부를 판단하고 있음

<표 20> 한국도로공사의 적재불량 단속



곡선부에서 적재 불량으로 전도된 사례

도로공사의 이미지 기반 적재불량 단속 시스템 예시

출처 : 중앙일보 <https://www.joongang.co.kr/article/25042196#home>

□ **운행제한 위반차량 과태료 부과**

- 운행제한 위반차량에 대한 과태료 부과는 국토교통부의 “운행제한 위반차량 과태료부과시스템”에서 운영되고 있음

<표 21> 운행제한 위반차량 과태료부과시스템



출처 : 운행제한 위반차량 과태료부과시스템(<https://www.roadfine.go.kr/main.do>)

□ **“부산항만공사” 컨테이너 관리 모바일 앱(App)**

- 컨테이너 운송기사들의 항만 내 대기시간 감소와 항만 관련 정보 조회의 편의 제공이 목적
- 부산항 통합모바일앱 ‘울컨e’는 부산항내에서 컨테이너 화물차의 효율적 운영관리를 위한 앱으로 중량관리는 포함되어 있지 않음
- 항만트럭예약, 환적운송, 통합정보조회 등의 서비스를 제공하는 모바일 앱



<그림 28> 부산항만공사 울컨e

□ **블록체인기반 플랫폼 구축**

- 한국도로공사에서는 2020년 블록체인 공공선도 시범사업인 ‘블록체인 기반 상호신뢰 통행료 정산플랫폼 구축’사업으로 상호정산을 이용한 통행료 과오납을 방지하고 민간/공공 상호 간 신뢰 있는 정산시스템을 구축하고자 함



<그림 29> 블록체인기반 상호신뢰 통행료 정산플랫폼의 데이터 처리

- 세종시에서는 '블록체인 기반 자율주행 자동차 신뢰 플랫폼 구축'을 통해 자율주행차의 보안/신뢰성 제고를 통해 인명사고 방지 및 위변조방지로 자율주행 자동차에 대한 대국민 안정성 인식을 제고하고자 함
- 세종시는 과학기술정보통신부와 한국인터넷진흥원의 2020년 블록체인 공공선도 시범사업의 일환으로 추진되는 '블록체인 기반 자율주행 자동차 신뢰 플랫폼 구축 시범사업'에 착수

(3) 통합센터를 통한 중량 재검측 면제 서비스

- 도로법에 제78조 ③에 의하면 화물자동차는 적재량 측정을 위하여 적재량 측정 장비가 설치된 차로나 장소를 거쳐야 한다. 이 경우 적재량 측정을 위한 화물자동차의 규모, 고속국도의 진출입로 등 대상 도로와 그 밖의 측정 방법 및 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. 라고 명시되어 있음
 - 관련 규정에 따라서 도로법 시행령 제80조에 의하면 최대적재량이 4.5톤 이상인 화물차 운전자는 고속국도 진입 요금소 통과할 때는 적재량 측정 장비가 설치된 차로로 통행하여야 하고 이때 통행속도는 10km/hr 이하하여야 한다고 규정하고 있음
- 화물차량 중량 재검측 면제에 대한 정책은 현재 정의되어 있지 않음

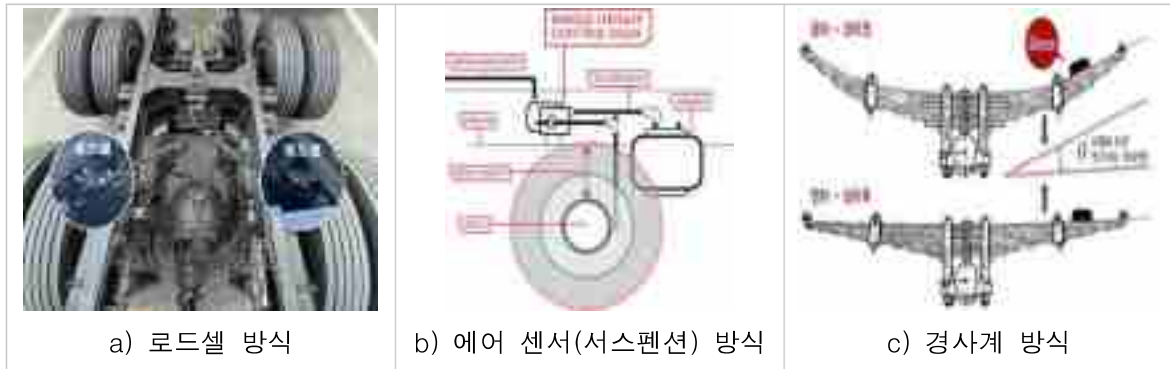
(4) 자중계 국내 기술동향

- 국내의 경우는 2000년대 중 후반에 화주의 과적 강요 및 지시를 사전 방지하고, 화물 적재량만큼의 운임 비용을 산정하는 방안의 일환으로 자중계의 도입이 수차례 논의된 바 있으나 무산되었으며, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 가축분뇨 전자인계관리시스템 관련 규정이 2014년 신설되어 가축분뇨 수집 운반 차량의 중량정보 획득을 위해 일부 차량에 장착됨
- 화물자동차의 가변축 악용 사례를 방지하기 위해 정부가 2020년 7월 자동 가변축 시스템 의무화 규정을 법제화함에 따라 화물차량에 자중계를 장착하여 허용 무게 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되도록 하고 있음
- 국내 자중계 도입은 업계 전문가의 인터뷰 내용을 참조해 보면 연간 약 7천 ~ 8천 대 수준의 화물 차량이 자중계를 장착하는 것으로 추정되고, 초기 도입된 자중계는 가변축의 자동 하강을 위한 것으로 차량의 축하중 측정 정확도는 다소 떨어지는 것으로 알려져 있음
- 그러나 물류비 감소라는 가변축의 경제적인 이점 때문에 2020년 하반기 이후 가변축을 장착하는 화물차량의 수요는 꾸준히 유지되고 있으며, 가변축에 장착하는 자중계의 시장수요도 일정량을 유지하고 있음
- 과적차량 단속업무, 적재량에 따른 정확한 운임 산정, 중차량의 운행허가를 위한 중량정보 제공, 가축분뇨 수집 운반 차량의 중량정보 제공 등을 위해서는 자중계의 측정 정확도 등 기술적 능력을 살펴보고 점검할 필요

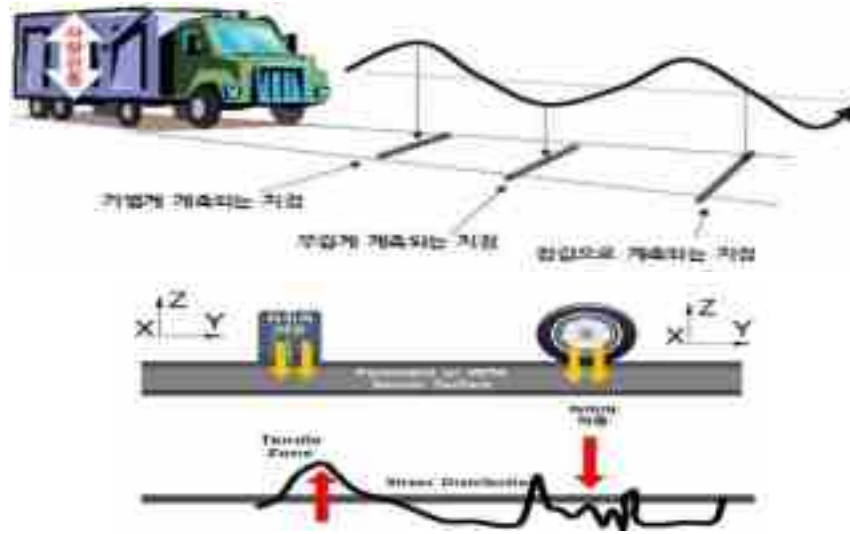
□ 국내업계의 기술력

- 자중계를 대상 차량에 설치하고 운영하고자 할 때는 크게 두 가지 기술적 사항을 검토해야 한다. 첫 번째는 어떤 유형의 자중계를 선정할 것인가이고, 두 번째는 얼마만큼의 측정 정확도를 확보할 것인가를 고려하여야 함
- 국내 센서 유형에 따른 자중계 기술 현황
 - 일반적으로 자중계는 차량의 서스펜션 종류 및 차량 특성이나 유형(예 : 일반 화물운송차량 혹은 덤프트럭, 중형화물차량 또는 대형화물차량, 건설기계 등)에 따라 로드셀 방식, 에어센서 방식, 유압센서 방식, 스트레인게이지 방식 및 경사계 방식 등의 다양한 자중계를 사용하므로 적합한 방식을 선택하여 대상 차량에 장착하여야 함

<표 22> 화물차량에 장착하는 자중계의 센서 유형



- 그리고, 자중계의 센서 유형이나 설치하는 센서의 개수 등에 따라 측정하는 하중의 정확도에 많은 영향을 미치기 때문에 최적의 방식을 선택하는 매우 어려운 작업이며, 특히 국내의 경우는 자중계의 도입 연혁이 짧을 뿐만 아니라 시장 규모도 제한적이어서 약 3~5개의 중소기업만이 기술 개발과 생산에 참여하는 실정이라 모든 유형의 자중계를 고수준의 정확도를 갖춘 장비로 개발하여 사업화하는 것은 어려움
- 하지만, 소수의 업체임에도 불구하고 최근에는 차량의 유형 및 서스펜션 종류에 상관없이 차량의 축에 하중 센서를 설치하여 무게를 측정하는 로드셀 방식의 자중계가 개발 및 기술사업화에 성공하여 시장에 안정적으로 공급되고 있으며, 국가연구개발사업의 일환으로 개발된 경사계 방식의 자중계는 시범사업 등을 거치면서 그 기능이 점점 고도화되고 있음
- 국내 자중계의 측정 정확도 기술 현황
 - 기술적 사항에서 두 번째로 고려해야 할 것이 측정의 정확도이며, 이것은 운행제한차량 단속업무와 관련하여 단속장비의 기능적 측면에서 가장 중요하게 언급되는 것이 차량의 중량 측정 정확도임
 - 단속 현장에서 단속원과 운전자 간에 단속장비의 측정오차로 인해 종종 시시비비가 발생하며, 또한, 운행제한 기준을 위반하여 부과하는 과태료, 교량 등의 도로시설 보호를 위한 운행허가, 공정사회 실현을 위한 적정운임 산정, 화주의 과적 강요나 지시에 대응한 사전예방 등의 제도나 규제는 단속장비가 측정하는 결과가 정확하다는 전제하에 실행하는 정책임
 - 측정 정확도라는 기술적 내용이 뒷받침되지 않는다면 정책결정자의 의사판단이 모호해지고, 피규제자의 규제 순응 또한 반감되어 결국에는 규제 실행의 효과가 떨어짐
 - 따라서 자중계의 하중 측정 정확도는 매우 중요하게 검토해야 할 기술요인에 해당하며, 현재 자중계의 경우 정적하중은 신뢰할 만한 수준의 정확도를 일부 확보하고 있으나, 동적하중은 정적하중 대비 중량계측의 정확도가 떨어짐
- 일반적으로 저속의 경우, 정적하중보다는 동적하중의 오차가 훨씬 크게 나타난다. 자중계뿐만 아니라 저속 및 고속측중기의 경우도 마찬가지인데, 이는 움직이는 차량의 무게는 정지한 차량의 무게를 쟈 때보다 고려해야 할 요소¹⁾가 많기 때문임
- 주행 중인 차량의 하중 측정 시 발생하는 오차의 원인을 개념적으로 도식화한 것으로 자중계의 경우는 다음과 같은 방안으로 동적하중의 계측 정확도를 향상을 위한 기술개발이 필요함
 - 차량 동적하중 측정 시 오차발생의 원인 예시의 상단 그림과 같이 차량 진동에 의해 발생하는 오차를 감소하기 위해서는 자중계나 차량에 진동을 측정할 수 있는 하드웨어적 장치를 마련하거나, 소프트웨어 측면에서 차량이 정지하거나 등속 주행하는 경우에만 하중을 측정하는 기법 적용
 - 자이로센서의 원리를 이용하여 X-Y-Z 방위로 차량이 얼마만큼의 하중을 전달하고 있는지를 측정할 수 있는 센서 방식을 적용



<그림 30> 차량 동적하중 측정 시 오차 발생의 원인 예시

□ 화물차 중량정보 수집 환경

- 국내 화물차 중량정보를 측정하는 장비는 저속 WIM, 고속 WIM, 이동식측중기, 민간계중기, 자중계(스마트중량센서) 등이 있음
- 저속 WIM은 주로 고속도로 톨게이트나 검문소 등에서 차량이 저속(5~20km/h)으로 주행하는 동안 축중량과 총중량을 측정하는 시스템으로 노면에 설치된 로드셀(Load Cell) 또는 벤딩플레이트(Bending Plate) 등의 센서를 이용하여 차량의 하중을 측정하고, 측정된 데이터는 실시간으로 톨게이트 관리사무소 및 중앙 관제시스템으로 전송되어 과적여부를 판단함.
- 저속 WIM은 비교적 정확도가 높으며 연속적인 측정이 가능하여 과적단속에 효율적인 이나 측정장소가 노출되어 있어 주변환경(온도변화, 노면의 평탄성 등)에 영향을 받기 때문에 정확도 향상, 유지보수 효율성, 데이터분석 기술 고도화 등에 관한 연구가 필요하며, 최근에는 AI 기반 데이터 분석 기술을 활용한 과적예측 및 예방시스템 개발 연구도 진행되고 있음

<표 23> AI 기반 데이터 분석 기술을 활용한 과적예측 및 예방시스템 개발 주요 내용

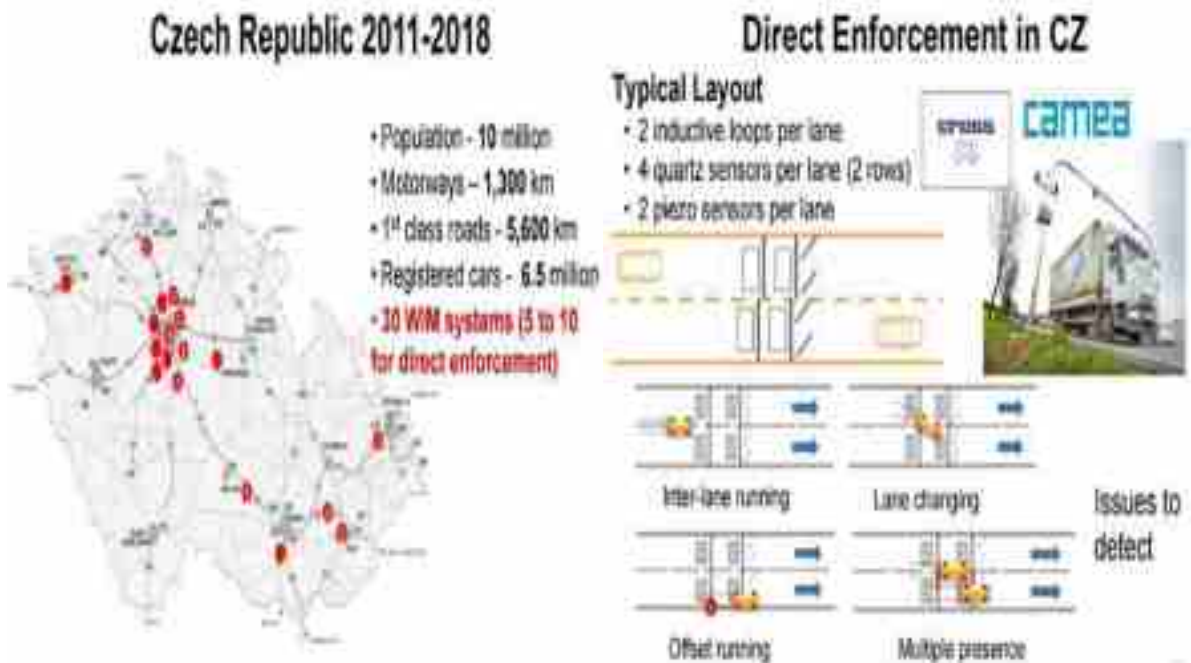
구분	주요내용	기대효과
데이터 수집 및 전처리	- 과적단속 지점 WIM 데이터, CCTV 영상, 교통량 데이터, 날씨정보, 도로환경정보 등 다양한 데이터 수집 - 데이터 정제 (오류 수정, 필요한 형태로 변환), 데이터 통합(여러 데이터 소스 통합)	- 분석에 용이한 데이터 확보 - 분석의 정확성 및 효율성 향상
AI 기반 과적 예측 모델 개발	- 과거 과적단속 데이터, 교통흐름 패턴, 날씨변화 등을 학습시켜 과적 발생 가능성 예측 모델 개발 - 과적 발생에 영향을 미치는 주요 요인분석 (예 : 특정 시간대, 특정 노선, 특정 화물 종류 등) - 실시간 예측 시스템 구축 (실시간 데이터 기반 과적 발생 가능성 예측 및 단속 기관 제공)	- 높은 정확도의 과적 예측 - 선제적인 과적단속 가능 - 단속 효율성 향상
과적 예방 전략 수립	- 예측된 과적 발생 가능성을 바탕으로 예방 전략 수립 (예 : 단속인력 집중배치, 운전자에게 과적 위험경고) - AI 모델을 활용하여 과적단속 효율을 극대화할 수 있는 최적의 단속지점 선정 - 과적 예방을 위한 정책 수립에 필요한 정보 제공	- 효과적인 과적 예방 - 단속 자원 효율적 배분 - 정책 결정 지원
시스템 성능 평가 및 개선	- 개발된 예측 모델의 정확도 검증 - 실제 단속현장에 시스템 적용 및 효과분석	- 시스템의 신뢰성 확보 - 시스템의 실용성 검증 - 지속적인 시스템 개선

- 고속 WIM은 고속주행(60km/h 이상) 중인 차량의 중량을 측정하는 시스템으로 저속 WIM과 유사한 원리를 사용하지만, 고속주행 시 발생하는 진동 및 충격에 대한 보정기술이 중요하고, 퀴츠센서(Quartz Sensor), 압전센서(Piezoelectric Sensor) 등 고정밀 센서가 사용되며, 무정차 단속이 가능하여 교통흐름에 미치는 영향 최소화 가능
- 고속 WIM은 국내에서 아직 상용화 단계는 아니지만 센서기술 고도화, 데이터 처리 알고리즘 개발, 시스템 안정성 확보 등 관련 연구가 진행되고 있음
- 이동식측중기는 휴대 가능한 형태로 제작된 측중기로, 현장에서 간편하게 차량의 중량을 측정할 수 있어, 주로 단속 현장이나 화물 운송 업체 등에서 사용됨
- 또한 법정계량기로 활용되었을 정도로 정확도가 높으며, 저속 WIM과 고속 WIM 오차보정 용도로도 사용되고 있으며, 휴대성 및 내구성 향상, 측정 편의성 개선, 데이터 관리 기능 강화 등에 초점을 맞춘 기술 개발이 진행되고 있음
- 민간계중기는 민간계량소, 화물운송업체, 물류창고 등 민간 사업장에서 자체적으로 사용하는 중량 측정 장비로 다양한 형태와 용량의 제품이 있으며, 사용 목적에 따라 선택적으로 사용됨
- 법정계량기는 아니지만, 상거래의 중요한 기준으로 활용되며, 주로 계량기 전문업체들을 중심으로 기술 개발 및 생산이 이루어지고 있고, 정확도 및 내구성 향상, 사용자 편의성 증대, 데이터 연동 기능 강화 등에 초점을 맞춘 기술 개발이 진행되고 있음

(나) 국외 기술동향

(1) 화물차 동적 중량 계측(WIM: Weighing-In-Motion)을 통한 과적차량 단속 기술

□ 체코



<그림 31> 체코 과적차량 단속용 고속측중기 시스템 운영 현황

(※ 출처: Bernard Jacob, 'Direct Enforcement by WIM' PRE-XVIII Congreso Argentino, 2020)

- 과적차량 단속에 있어 체코는 유럽에서 가장 적극적으로 고속 WIM 시스템을 적용하고 있으며, 2011년 법률개정을 통해 고속 WIM 시스템을 과적차량 단속에 활용하기 시작
- 단속을 위한 계측 정확도 오차율은 총중량 $\pm 5\%$, 축하중 $\pm 11\%$ 이상을 요구하고 있음
- 2018년 기준으로 전국에 30개의 고속 WIM 시스템을 운영 중에 있으며 이 중 5~10개 시스템을 단속용으로 사용하고 있음

□ 헝가리



<그림 32> 헝가리 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황

(※ 출처 : Bernard Jacob, 'Direct Enforcement by WIM', PRE-XVIII Congreso Argentino, 2020)

- 2017년 9월 국가중량관리시스템(National Axle Weighing System)을 본격 가동하기 시작하여 2018년 89개소에 고속 WIM 시스템을 설치하여 과적차량 단속에 적용하고 있음
- 단속을 위한 계측 정확도는 OIML 기준으로 총중량은 등급 5, 축하중은 E/F 등급(OIML 5/E-F)으로 운용하고 있음

□ 독일



<그림 33> 독일 과적차량 단속용 고속축중기 시스템 운영 현황

(※ 출처 : Bernard Jacob, 'Direct Enforcement by WIM', PRE-XVIII Congreso Argentino, 2020)

- 2020년 기준 독일은 21개의 고속 WIM 시스템을 설치 운영하고 있으며 중량 통계수집, 교량 및 포장 관리 그리고 과적의심 차량 선별을 주요 목적으로 운영하고 있음
- 장비 계측 정확도는 정지계측의 경우 2%의 정확도 오차를 허용하고 있는데, 고속 WIM 시스템은 사용 전 형식승인을 위해 OIML 정확도 등급 5 획득을 요구하고 있음
- 최근에는 AKSLast 프로젝트를 통해 수정 압전센서와 다른 센서를 혼용한 5열 배치방식의 시스템과 자료처리를 위한 새로운 알고리즘을 개발하였고, 인증을 위한 절차 및 방법 등이 논의됨

□ 프랑스



<그림 34> 프랑스 과적차량 단속용 고속측중기 시스템 운영 현황

(※ 출처 : Bernard Jacob, 'Direct Enforcement by WIM', PRE-XVIII Congreso Argentino, 2020)

- 프랑스는 연간 약 3천만 대의 트럭이 화물을 탑재하여 운행하며, 이 중에서 약 5~10%는 축하중 그리고 약 5~8%는 총중량에서 과적 운행을 하고 있음
- 과적차량 단속을 위해 500여대의 고정식 정지 계측저울과 3개의 저속 WIM 시스템을 운영하고 있으나, 전체 교통량의 0.1% 수준인 약 50,000트럭/년 정도만을 검측하고 있는 실정
- 이와 같은 문제점 극복을 위해 2010년까지 29개의 고속 WIM 시스템을 설치하여 운영하였으며, 2014년에는 국가 프로젝트를 통해 고속 WIM 시스템의 과적차량 단속 적용 타당성 여부를 검토함
- 단속을 위한 측정 정확도의 목표는 3축 이상의 차량에 대해서는 OIML 정확도 등급 5/E-F 그리고 2축 차량은 10/F으로 설정하여 프로젝트를 수행하였으나 다양한 측정 영향 요인들로 인해 고속 WIM 시스템의 직접적인 단속 적용은 유보됨
- 2014년 ~ 2016년에는 다양한 종류의 고속 WIM 시스템을 다양한 도로환경에서 테스트하였고, 2015년 ~ 2019년에는 프랑스 동쪽의 고속도로 A4에서 고속 WIM 시스템을 정지계측저울과 비교 시험하는 테스트를 수행하였음
- 2020년 WIM 시스템의 형식승인을 위한 법정계량화 작업을 수행하였고 리옹 인근에 형식승인을 위한 테스트 사이트를 선정한 바 있음

□ 벨기에



<그림 35> 벨기에 과적차량 단속용 고속측중기 시스템 운영 현황

(※ 출처 : Bernard Jacob, 'Direct Enforcement by WIM', PRE-XVIII Congreso Argentino, 2020)

- 2015년 이후 과적혐의 차량을 사전 선별하기 위해 고속 WIM 시스템을 5개 지점에 설치 운영하고 있음
- 벨기에에서는 연간 약 9백만 대의 화물차량 중량이 모니터링되고 있는데, 3.5톤 이하 소형 화물차의 과적비율은 최대 31%, 제한기준이 총중량 44톤 그리고 축하중 12톤인 연결차량은 10%까지 과적을 하는 것으로 나타났으며, 과적의심으로 선별된 차량의 95% 정도가 벌금을 부과받고 있음

(2) 스마트 화물차량 중량관리 지원을 위한 플랫폼 구축 및 유통시스템 개발

- 미국의 경우 북미 화물 고정 표준 모델 규정(North American Cargo Securement Standard Model Regulations)에서는 화물의 종류와 특성에 따른 구체적인 고정 및 적재 방식을 제시하고 있음
 - 화물의 종류(예: 일반 화물, 금속 제품, 목재, 차량 등)에 따른 고정 방법 및 요구사항을 상세히 규정하고 있음
 - 화물 고정을 위한 결박 장치, 고정 방법, 점검 주기 등 구체적인 지침 제공
 - 화물 적재 시 안전성 및 안정성 확보를 위한 다양한 요구사항 명시
- 캐나다의 경우도 주별로 도로를 주행하는 화물차량의 경우
 - 상업용 차량은 화물 고정 시스템(Cargo Securement System)과 화물 고정 요구사항(Cargo Securement Requirements)을 준수하도록 하고 있으며 화물차량의 좌측과 우측바퀴의 윗하중 적정배분 차이가 클 경우 제동성능 저하, 조향 안전성 저하, 타이어의 편마모 및 주행 연비 저하, 차량 구조물 손상 등을 초래한다고 명시하고 있음
 - 해외에서는 차량의 무게중심, 서스펜션, 타이어 특성 등을 고려한 Rollover 가능성에 관한 연구가 수행 됨
- 캘리포니아주 정부 교통국은 Caltrans의 PeMS (Performance Measurement System)를 운영 중에 있음
 - 본 시스템을 운영하여 도로 교통 데이터를 수집하고, 실시간 교통 정보를 제공함
 - 시스템은 WIM 기술을 포함하여 트럭의 중량을 측정하고, 교통 데이터를 수집함
- 미국 워싱턴주의 Commercial-vehicle Roadside Information Sorting System(CRISS)을 통하여 상업용 차량의 도로변 검사를 지원하는 시스템을 운영 중임
 - WIM 기술과 카메라 시스템을 통합하여 트럭의 중량과 사진을 함께 수집하고, 데이터를 중앙 센터에 전송하고 있음
 - 이 시스템은 트럭의 중량과 사진을 함께 수집하여 중량 제한을 모니터링하고, 교통 데이터를 수집하며, 도로 안전과 유지관리를 위해 사용함
- 미국에서 PrePass 및 NORPASS은 미국의 전자 중량 계량소 우회 플랫폼으로 상용 차량의 효율성과 안전성을 향상하기 위해 설계되었음
- 호주에서 화물차량 탑재 계중 시스템(On-Board Mass, OBM)은 차축 그룹의 무게를 측정하고 차량의 총 무게를 계산하여 실시간 데이터를 제공하여 생산성과 규제 준수를 향상 시키고 있음
 - 형식 승인 : 호주 운송 인증 기관(Transport Certification Australia, TCA)은 엄격한 기능적 및 기술적 사양에 따라 OBM 시스템에 대한 승인을 부여하고 있음
 - 텔레매틱스 통합 : 스마트 OBM 시스템은 인증된 애플리케이션 서비스 제공자(Application Service Provider, ASP)와 승인된 텔레매틱스 장치와 통합되어야 한다. 이를 통해 데이터가 신뢰할 수 있고 표준화된 방식으로 수집되고 전송 됨
 - 주별 규정 : 빅토리아, 뉴 사우스 웨일즈, 퀸즐랜드와 같은 주에서는 68.5톤 이상의 총 조합 무게(Gross Combination Mass, GCM) 또는 26m 이상의 길이를 가진 고생산성 화물 차량(High Productivity Freight Vehicles, HPFV)과 성능 기반 표준(Performance-Based Standards, PBS) 조합에 대해 스마트 OBM 시스템을 필요로 함
 - 실시간 데이터 : 스마트 OBM 시스템은 차량의 실시간 무게 데이터를 수집하고 전송하여 안전성과 규제 준수를 관리하면서 생산성을 최적화 하고 있음
 - 데이터 전송 : 데이터는 정기적으로 TCA에 자동으로 전송되어 준수 여부를 확인하고 있다. 이는 위치 데이터를 포함하며, 이를 통해 차량과 관련된 허가증을 확인하는 것이 가능함.
 - 저장 및 처리 : 데이터는 인증된 ASP에 의해 저장되고 처리되며, 다양한 무게 측정 시스템과

통합하여 포괄적인 차량 관리 솔루션을 제공함

- 교정 및 유지 관리 : 스마트 OBM 시스템은 정확하고 신뢰할 수 있는 무게 측정을 보장하기 위해 정기적으로 교정해야 한다. 공급자는 TCA 승인된 방법을 따라 유지 관리 및 교정 수행
- 데이터 보안 : 자동화된 API 및 클라우드 시스템을 사용하여 데이터 수집 및 처리를 향상시키고 데이터 보안을 강화하며, 시범 참가자의 행정 업무를 줄이고 있음
- 호주 내 탑재 트럭 무게 측정 장치의 현재 상태는 엄격한 법적 규정, 포괄적인 데이터 수집 및 활용 계획, 그리고 생산성과 규제 준수를 향상시키는 데 중점을 둔 특징을 가지고 있다. 스마트 OBM 시스템과 텔레매틱스의 통합, 그리고 인증된 ASP의 사용은 데이터가 효율적이고 안전하게 수집, 저장, 활용되도록 하고 있음

○ 미국 계량소 관련 모바일 앱

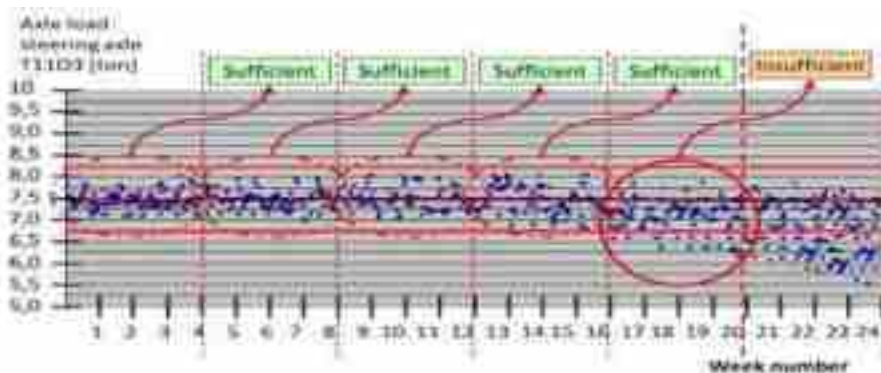
- 미국 전역에 1,600개 이상의 계량소를 운영하는 CAT Scale에서 제공하는 모바일 앱
- 계량소 위치 검색, 계량 기록 조회, 결제 등의 기능을 제공하며 화물차 운전자들이 편리하게 중량 정보를 관리하고 운송 효율성 향상하는데 활용되고 있음



<그림 36> Cat Scale사의 중량관리 모바일 앱

○ 해외 계중장비 정확도 모니터링 서비스 관련 국외 동향

- 운용하고 있는 동적계중장비의 정확도를 검증하기 위하여 ISWIM(International Society for Weigh-In-Motion)에서는 계중장비의 정확도 관리를 위하여 Calibration 주기는 3개월, 6개월, 12개월 주기로 시행이 필요하며 Calibration을 통한 정확도 관리가 필요하다고 판단하고 있음
- Calibration 주기는 장비가 설치된 곳의 장비특성, 환경특성 등을 고려하여 결정되어야 함
- 일반적으로 Calibration에 활용되는 차량은 통상 계중장치가 설치된 곳을 가장 빈번하게 통과하는 차량 모델을 선정하는 것이 일반적임
- 가능하면 2가지 트럭인 2축 트럭 1대화 5축 트레일러차량을 추천 하고 적재하중은 가능하면 최대하중에 가깝게 적재하여 최소 10회 이상 반복 계측하는 것을 권장. 톨게이트에서는 적재중량의 공차시, 부분적재시의 중량에 대해서도 최소 10회 이상 반복 주행을 권장
- Calibration 절차 관련해서는 COST 323, ASTM-E1318-09 등에서 언급)
- 아래의 그림은 주별 차수에 따른 조향축의 정확도 변화를 예시



<그림 37> Recalibration을 결정을 위한 WIM 자료의 정확도 Check 예

○ 미국의 경우 WIM 관련 시스템의 연계

- 단속 목적의 소프트웨어로 WIMCAT(WIM Compliance Assessment Tool)이라는 데이터 처리 도구를 사용함. 인디애나, 미네소타주에서 원시 WIM 자료를 대상으로 분석함
- Weigh-in-Motion(WIM) 시스템의 데이터를 관리하고 분석하기 위한 데이터 처리 도구임. 여기에는 데이터 수집, 처리 및 서비스 제공을 포함함.
- WIM 자료의 분석을 통하여 과적단속에 가장 효과적인 시간대, 장소 등에 관한 정보를 제공
- WIMCAT은 또한 미시간(Michigan)의 Truck Weight Information System(TWIS)와 같은 다른 시스템과 통합하여 데이터 관리 및 법 집행 기능을 향상시킬 수도 있음
- 여기서 미시간의 Truck Weight Information System은 상용차량의 중량을 모니터링하는 시스템으로 주(State)의 중량규제를 강화하고 과적차량을 보다 쉽게 식별하고 단속업무를 효율적으로 집행하는 것을 도와주는 시스템

(3) 자중계 국외 기술동향

□ 일본

- 「토사 등을 운반하는 대형 자동차에 의한 교통사고의 방지 등에 관한 특별 조치법」 제6조(적재 중량의 자중계 설치) 규정에 따라 차량 총중량 8톤 이상 또는 최대적재량 5톤 이상의 덤프트럭은 유압 실린더 방식의 자중계를 의무적으로 장착하도록 규정하고 있는데, 「토사 등 운반 대형 자동차에 설치하는 자중계의 기술상 기준을 정하는 성령」을 제정하여 자중계의 기본성능, 중량계측 정확도의 허용오차, 측정범위 등 기술상의 적합 기준에 관한 규정을 마련하여 자중계를 운영하고 있음



<그림 38> 자중계(아날로그 방식 예)

(※ 출처 : 동경도 건설국, ‘과적재 방지 대책 지침’, 2002)

<표 24> 「토사 등 운반 대형 자동차에 설치하는 자중계의 기술상 기준을 정하는 성령」 주요 내용

조항	세부 내용 (2016년 10월 1일 기준)
허용오차 (제2조)	<ul style="list-style-type: none"> • 자중계의 표시 오차는 대형 자동차의 물품 적재 장치에 토사 등을 균등하게 적재하여 평탄인 노면에 정지하고 있는 상태에서 참값의 25% 이상 또는 15% 이하를 넘지 않도록 함 • 다만, 최대적재량의 150%를 초과하는 경우 또는 최대적재량의 80%에 부족한 경우에는 그러하지 아니함 (즉, 적재량의 80% 이상~150% 이하의 무게가 측정 가능할 것)
기구 및 작용 (제3조)	<ul style="list-style-type: none"> • 진동, 충격, 침수 등에 의해 손상을 받지 않을 것 • 조향, 제동성능 그 외 대형 자동차의 운행상 안전성을 저해시키지 않을 것 • 내부기기를 쉽게 조작하지 못하도록 할 것 • 적재중량에 상당하는 질량의 보기가 쉬울 것 • 정지하고 있는 상태에서 최대적재량의 80~150%에 해당하는 중량측정이 가능할 것

표기 방법 (제4조)	<ul style="list-style-type: none"> • 자중계의 표기 및 눈금 표지는 쉽게 소멸하거나 불선명하거나 오인의 우려가 있는 것은 사용하지 아니함 • 적재 중량에 상당하는 질량이 최대적재량을 초과한 상태임을 나타내기 위한 눈금 표지가 붙어 있을 때는, 그 눈금 표지는 색채 또는 형상의 차이에 의해 다른 눈금 표지와 쉽게 식별할 수 있는 것 • 자중계의 표시 기구는, 그 나타내는 적재 중량에 상당하는 질량의 계량 단위 또는 그 기호가 표기되어 있고, 디지털 표시 기구는 질량이 표기되어 있어야 함
----------------	--

- 한편, 일본 「계량법」에서는 자중계를 특정 계량기로 분류(계량법 시행령 제2조)하여 검정이나 승인 없이 거래 및 증명에 사용할 수 있도록 규정하고 있음

계량법 시행령 (시행 2022년 8월 8일)

제2조(특정 계량기) 법 제2조제4항의 정령으로 정하는 계량기는 다음과 같다.

- ① 택시미터기
- ② 질량계 중, 다음에 해당하는 것으로
비자동 저울 중에서 다음에 해당하는 것
 - (1) 눈금(이웃하는 눈금 표시의 각각이 나타내는 물상 상태의 양의 차이를 말한다.)이 10mg 이상이며, 눈금 표시의 수가 백 이상인 경우의 저울
 - (2) 수동 저울 및 등비 접시 수동 저울 중, 표기된 감량(질량계가 반응할 수 있는 질량의 최소 변화를 말한다.)이 10mg 이상의 것
 - (3) **자중계**(화물자동차에 부착하여 적재물의 질량을 계량하는데 사용하는 질량계를 말한다.)

□ 미국

- 연방 도로국(Federal Highway Administration), 연방 차량안전국(Federal Motor Carrier Safety Administration), 플로리다 주 교통국, 몬테나주 교통국의 중차량 단속, 운영 및 관리를 담당하는 관계자와 과적차량 단속 장비 제조업체의 민간 전문가들이 2021년 개최한 웹비나의 자료 일부를 인용한 것인데, 스마트 툴링이나 자율 주행 및 커넥티드 카 등과 같은 미래 모빌리티 환경에서는 스마트 자중계의 사용이 확대될 것이고 고속충종기와 연동하여 운영될 것으로 예측하고 있음

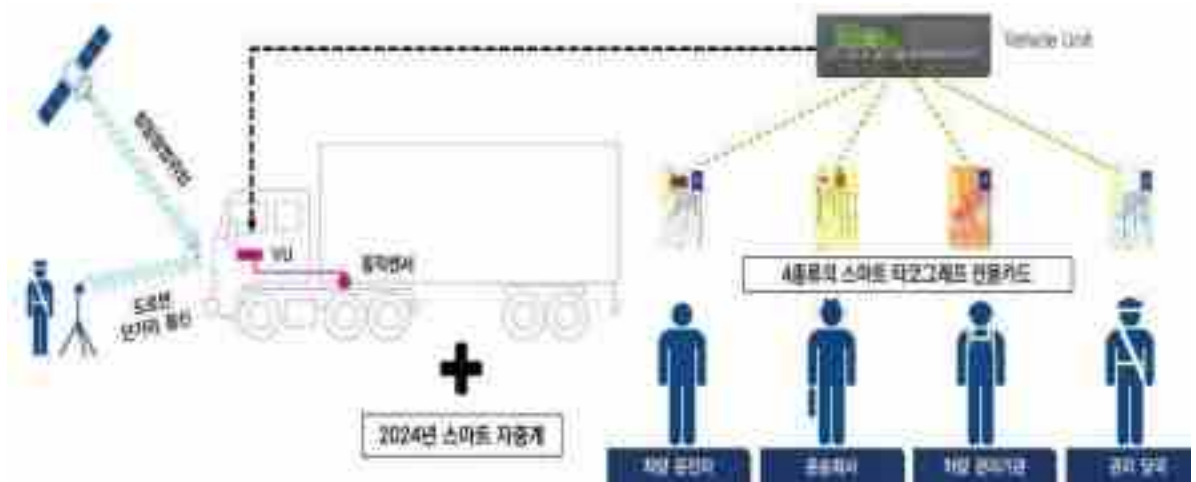


<그림 39> 미국 미래 과적단속체계아키텍처

(※ 출처 : Taling Freight, ‘The Future of Technology in Truck Size & Weight Enforcement,’ 2021)

□ 유럽

- 유럽연합은 온보드 계량 장비(자중계)를 통해 도로 인프라와 사회 안전을 도모하는 한편, 도로운송의 작업조건과 도로 안전을 개선하기 위한 동반 전략으로 운행기록계인 스마트 타코그래프(Smart Tachograph)를 도입하였음
- 스마트 타코그래프는 트럭 운전사와 같은 전문 운전자의 운전 및 휴식 시간에 대한 EU 법률(사회 규정)을 시행하고 운전자의 권리를 강화하기 위한 차세대 온보드 필수 디지털 레코더임
- 유럽연합(EU) 의회는 안정적인 데이터 수집을 통해 유럽 대륙 내의 운송을 더욱 효율적이고 공정하게 만들기 위해 2년 반이 넘는 힘든 협상 끝에 스마트 타코그래프를 채택하게 되었으며, 지능형 교통 시스템의 인터페이스를 통해 위성 위치 확인, 도로 경찰을 위한 단거리 통신, 기타 텔레매틱스 애플리케이션과의 상호 연결 등의 고급 디지털 기술을 활용함
- 차량 운행의 시작과 최종 위치를 자동으로 기록할 수 있으며 무선 데이터 전송을 통해 관리 당국은 타코그래프 데이터에 원격으로 액세스할 수 있음



<그림 40> 유럽의 스마트 타코그래프 운영개념도

- 스마트 타코그래프 버전 2에서는 두 국가 간 국경 통과가 발생하는 차량의 위치와 시간을 등록하기 위해 국경 지리 정보 시스템을 기본적으로 구현하고 있으며, 디지털 운행 기록계인 스마트 타코그래프는 이제 유럽의 새로운 물류 아키텍처의 중요한 구성요소로 자리매김하고 있음
- 새로운 규정에 따라 스마트 타코그래프 버전 2는 2023년 8월 21일부터 새로 등록된 차량과 2025년 8월 21일부터 유럽 내 국제 운송에 관련된 모든 차량에 의무적으로 적용됨

□ 호주

- 호주는 고(高)중량 제한기준(Higher Mass Limits, HML)이 점진적으로 확장됨에 따라 대형 중차량의 도로 운행을 중량 측면에서 관리할 필요성이 높아졌다. 따라서 운송사업자가 언제 고중량 대형차량을 운행하는지 식별하고 자가 신고 기능을 포함한 솔루션이 대형 중차량을 모니터링 하는 지능형 접근 프로그램(IAP)의 주요 부문으로 부각되었음
- 호주교통인증청(TCA) 이사회는 중량을 관리하기 위한 장기적인 해결책이 온보드 중량 모니터링 기술을 통한 것임을 인지하게 되었으며, 이를 위해 호주교통인증청(TCA)의 2006/07 사업 계획에 자중계(OBM)에 관한 다양한 기술적 내용을 새로운 연구과제로 포함하여 수행하였음
- 호주의 자중계(OBM) 시스템은 대형차량의 축그룹 하중(Axle Group Mass, AGM)과 연결 차량의 총중량(Gross Combination Mass, GCM)을 모두 측정하는 장치이며, 기본적으로 크게 전자제어 장치(Electronic Control Unit, ECU), 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 및 중량센서 장치(Mass Sensor Unit, MSU)로 구성되어 있음
- 호주에는 로드 셀 센서, 공기압 센서 및 스트레인 게이지 센서 방식의 세 가지 유형의 자중계(OBM) 시스템이 일반적으로 사용되고 있으며, 최근에는 대량의 데이터를 안정적이고 표준화된 방식으로 수집하고 전송하는 형식 승인된 스마트 자중계(OBM)가 7개의 공급업체를 통해 공급되고 있음

<표 25> 호주의 형식 승인된 Smart OBM 장치 예시



- 한편, 호주의 자중계(OBM) 시스템은 국가 텔레매틱스 프레임워크(National Telematics Framework)에 따라 세 가지 범주로 운영하고 있으며, 세 가지 범주의 자중계(OBM)는 제공하는 기능과 용도가 상호 다르지만 차속 그룹과 차량의 중량을 정확하게 측정하고 보고하는 기능은 모든 범주에서 동일하게 적용됨

<표 26> 호주 자중계(OBM) 시스템의 3가지 범주

범주	기능 및 용도
카테고리 A	• 수집된 데이터를 운전자 및/또는 화주에게 전자적으로 표시
카테고리 B	• 수집된 데이터를 운전자 및/또는 화주에게 전자적으로 표시하고, 도로 관리자에게 전송함
카테고리 C	• 다른 시스템 기능 및 기술 사양에 따른 텔레매틱스 장치의 상호연결성에 따라 표준화된 방식으로 데이터 기록을 텔레매틱스 장치로 전송

- 국가 텔레매틱스 프레임워크(National Telematics Framework)의 응용 프로그램에서는 Category B 또는 Category C의 스마트 자중계(OBM)만 작동한다. Category A의 자중계(OBM) 시스템은 호주교통인증청(TCA)의 형식승인을 받았으며 다양한 상업적 용도에는 적합할 수 있으나 스마트 자중계(OBM) 시스템의 요구사항을 준수하지는 않음
- 호주의 국가 텔레매틱스 프레임워크는 국제 표준화 기구(ISO 15638 : 규제된 상업용 화물 차량 (TARV)에 대한 협력 텔레매틱스 애플리케이션을 위한 프레임워크)에 의해 인정되었으며, 프레임워크를 통해 운영 애플리케이션을 배포하는 호주교통인증청(TCA)의 작업은 텔레매틱스 및 관련 지능형 기술의 지속 가능한 사용을 촉진하기 위한 세계의 모범적인 접근 방식 사례로 간주되고 있음
- 2020년 이전에는 지능형 접근 프로그램(IAP)과 자중계(OBM) 모니터링 프로그램이 완전히 통합 운영되지는 않았으나, OBM 모니터링 프로그램이 IAP에 또 다른 추가 개체로 포함되어 화물차량의 무게가 IAP의 네 번째 매개 변수(위치, 시간 및 속도 외에 중량)임을 의미하고 병렬로 실행되었음
- 지능형 접근 프로그램(IAP)과 자중계(OBM) 모니터링의 호주교통인증청(TCA) 및 도로관리청 등과의 운영 관계 및 내용은 도로관리청(Road Manager), 운송사업자(Transport Operator), IAP 공급자(IAP-SP, Intelligent Access Program - Service Provider), 호주교통인증청(TCA, Transport Certification Australia)에 대한 정의는 다음과 같음
 - 도로관리청(Road Manager) : 호주의 주 및 지역 도로 교통 당국, 도로관리자는 대형차량의 도로 접근을 개선하기 위한 애플리케이션, 계획 또는 허가를 수립하고 IAP를 규정 준수의 모니터링 도구로 사용할 수 있음. 도로관리자는 제안된 차량과 요청된 접근을 모두 검사하여 제안서가 안전, 기반 시설 및 환경에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 결정함
 - 운송사업자(Transport Operator) : 트럭 운송회사와 같은 운송사업자를 의미하며, 운송사업자는 도로관리청이 제공하는 특정 지능형 접근 프로그램(IAP) 애플리케이션에 등록하거나, 도로관리청에게 특정 요구에 더 적합한 고유한 지능형 접근 프로그램(IAP) 애플리케이션을 요청할 수 있음
 - IAP 공급자(IAP-SP, Intelligent Access Program - Service Provider) : IAP 공급자는 IAP 서비스를 제공하기 위해 호주교통인증청(TCA)에서 인증한 상업용 제3자 텔레매틱스 회사를 의미함. 운송사업자는 IAP 공급자를 통해 IAP에 사용하는 텔레매틱스 장치를 설치 및 유지 관

리하고 백오피스 시스템에서 대형차량을 모니터링함. IAP 공급자는 NCR(Non-Compliance Report) 형식으로 도로관리청에 비 준수 사례를 보고함

- 호주교통인증청(TCA, Transport Certification Australia) : 호주교통인증청(TCA)은 IAP를 관리하고 IAP 공급자를 인증 및 감사하며, IVU(In-Vehicle-Unit)를 형식 승인하는 독립적인 정부 기관임



<그림 41> 지능형 접근 프로그램(IAP)에서의 자중계운영관계

(※ 출처 : C. Koniditsiotis and G. Hill(2019), “On-Board Mass Monitoring for Commercial and Regulatory Purposes in Australia: Operational Learnings from the Interim OBM Solution,” HVT Forum 15.)

(다) 블록체인 기술동향

- 블록체인은 분산원장 기술(Distributed Ledger Technology, DLT)의 한 종류로, 데이터를 블록 단위로 저장하고 암호화하여 체인 형태로 연결하는 데이터 관리 기술 높은 투명성과 신뢰성을 보장하여 여러 분야에서 활용 범위가 굉장히 넓어지고 있음
- 금융 분야에서 탈중앙화된 디지털 화폐를 발행하고 거래하는 데 활용하게 사용되고 있으며 다양한 디지털 자산을 블록체인상에서 토큰화하여 관리하고 거래할 수 있음
- IBM과 월마트 등은 물류 과정의 투명성을 높이기 위해 블록체인을 도입하여 적용하고 있으며 이를 통해 원산지 추적 및 품질관리를 진행하고 있음



<그림 42> 블록체인의 개념

(1) 블록체인 기술 분류

- 블록체인의 기술은 참여자의 형태, 합의 알고리즘의 형태 및 활용분야에 따라 기술을 분류할 수 있음
<표 27> 블록체인의 기술분류

분류 기준	세부 분류	설명
참여자	• 퍼블릭 블록체인	• 누구나 참여 가능, 탈중앙화, 높은 투명성
	• 프라이빗 블록체인	• 허가된 참여자만 접근, 중앙화, 기업용에 적합
	• 컨소시엄 블록체인	• 여러 기관이 공동 운영, 프라이빗과 퍼블릭의 장점 결합
합의 알고리즘	• 작업증명(PoW, Proof of Work)	• 컴퓨팅 파워를 이용한 연산 작업으로 블록 생성
	• 지분증명(PoS, Proof of Stake)	• 보유 지분량에 따라 블록 생성 권한 부여
	• 위임지분증명(DPoS, Delegated Proof of Stake)	• 대표자를 선출하여 블록 생성, 효율성 증대
	• 기타	• PBFT, Raft 등 다양한 합의 알고리즘 존재
활용 분야	• 암호화폐	• 비트코인, 이더리움 등 디지털 자산
	• 스마트 계약	• 조건 충족 시 자동 실행되는 계약
	• 공급망 관리	• 제품 이력 추적, 투명성 확보
	• 금융 서비스	• 송금, 결제, 자산 관리 등
	• 기타	• 의료, 부동산, 투표 등 다양한 분야에 적용

- 블록체인에 참여자의 형태에 따라 크게 퍼블릭 블록체인, 프라이빗 블록체인, 컨소시엄 블록체인으로 분류
 - 퍼블릭 블록체인 : 누구나 자유롭게 참여하여 데이터를 읽고 쓰고 검증할 수 있는 개방형 블록체인으로 탈중앙화 정도가 높고 투명성이 보장되지만, 속도가 느리고 확장성이 제한적임 (예: 비트코인, 이더리움)
 - 프라이빗 블록체인 : 허가된 참여자만 데이터에 접근하고 검증할 수 있는 폐쇄형 블록체인이며 중앙 통제가 가능하고 속도 및 확장성이 우수하지만, 탈중앙화 정도가 낮고 투명성이 제한적임(예: 하이퍼레저 패브릭)
 - 컨소시엄 블록체인 : 여러 기관 또는 기업이 공동으로 운영하는 블록체인으로 퍼블릭 블록체인과 프라이빗 블록체인의 장점을 결합하여 탈중앙화와 효율성을 동시에 추구함(예: R3 코다)
- 참여자가 블록체인의 데이터를 검증하기 위한 합의 알고리즘은 블록체인 네트워크의 무결성, 보안, 신뢰성을 유지하는 데 중요한 역할을 진행함
 - 작업 증명(PoW, Proof of Work) : 복잡한 암호 퍼즐을 푸는 데 컴퓨팅 파워를 사용하여 블록을 생성하며, 비트코인에서 사용되는 알고리즘으로, 높은 보안성을 제공하지만 많은 에너지 소비
 - 지분 증명 (PoS, Proof of Stake) : 보유한 암호화폐 지분에 비례하여 블록 생성 권한을 부여하며 PoW보다 에너지 효율적이지만, 독점 문제가 발생소지 없음
 - 위임 지분 증명 (DPoS, Delegated Proof of Stake) : 투표를 통해 대표자를 선출하고, 대표자가 블록을 생성함. 빠른 트랜잭션 처리 속도를 제공하지만, 중앙 집중화 경향
 - 기타 합의 알고리즘 : PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance), Raft, Tendermint, Casper
- 블록체인 기술은 금융, 물류, 공공서비스, 의료 등 다양한 분야에서 활용되고 있음
 - 금융 : 암호화폐, 해외 송금, 무역 금융 등 기존 금융 시스템의 비효율성을 개선하고 새로운 금융 서비스를 제공하는 데 활용되고 있음
 - 물류 : 제품 이력 추적, 공급망 관리, 물류 정보 공유 등을 통해 물류 프로세스의 투명성과 효율성을 높이는 데 활용되고 있음

- 공공서비스 : 부동산 등기, 투표, 신원 확인 등 공공서비스의 신뢰성과 투명성을 강화하는 데 활용되고 있음
- 의료 : 의료 정보 관리, 임상 시험 데이터 관리 등을 통해 의료 서비스의 질을 향상시키고 개인 정보 보호를 강화하는 데 활용되고 있음

(2) 블록체인 기반주요 서비스



<그림 43> 블록체인 기반 주요 서비스 - 2023 블록체인 솔루션 &기업편람

(3) 블록체인 신원인증

- 블록체인의 장점을 이용하여 탈중앙 구조의 분산 신원인증 서비스를 만드는데 블록체인 기술을 이용하고 있음. 이러한 분산 신원인증 기술은 비대면 서비스를 기반으로 한 모바일과 언택트 (Untact) 중심의 문화에서 신원인증의 신뢰성을 확보할 수 있는 중요한 요소로 자리 잡고 있으며 데이터의 무결성을 보장하고, 데이터의 주권이 사용자에게 있다는 이점을 가지고 있음
- 분산 신원인증(DID)은 사용자가 자신의 신원 정보를 직접 관리하고 통제할 수 있도록 해주는 기술입니다. 블록체인 기술을 기반으로 하여, 개인 정보 유출 및 오용 위험을 줄이고, 중앙 기관에 의존하지 않는 탈중앙화된 신원 확인 시스템을 제공하고 있음. 또한, 다양한 서비스에 간편하고 안전하게 접근할 수 있도록 하여, 사용자 편의성을 높여주고 있음
 - 자기주권 신원 : 사용자가 자신의 신원 정보를 직접 관리하고 통제
 - 탈중앙화 : 블록체인 기술 기반, 중앙 기관 의존성 배제
 - 보안성 강화 : 개인 정보 유출 및 오용 위험 감소
 - 사용자 편의성 : 다양한 서비스에 간편하고 안전하게 접근 가능
- 디지털 기술 발전에 따라 신원인증 모델의 변화는 아래 그림처럼 모델의 변화가 이루어짐



<그림 44> 블록체인모델 변화

(참고 : 권준우, 서승현, 이강효, 박소현/블록체인 기반분산 신원증명의 이해와 서비스 적용사례/ACK 2021 학술발표대회 논문집 (28권 2호)/309)

- 분산 신원 인증 서비스 적용 사례

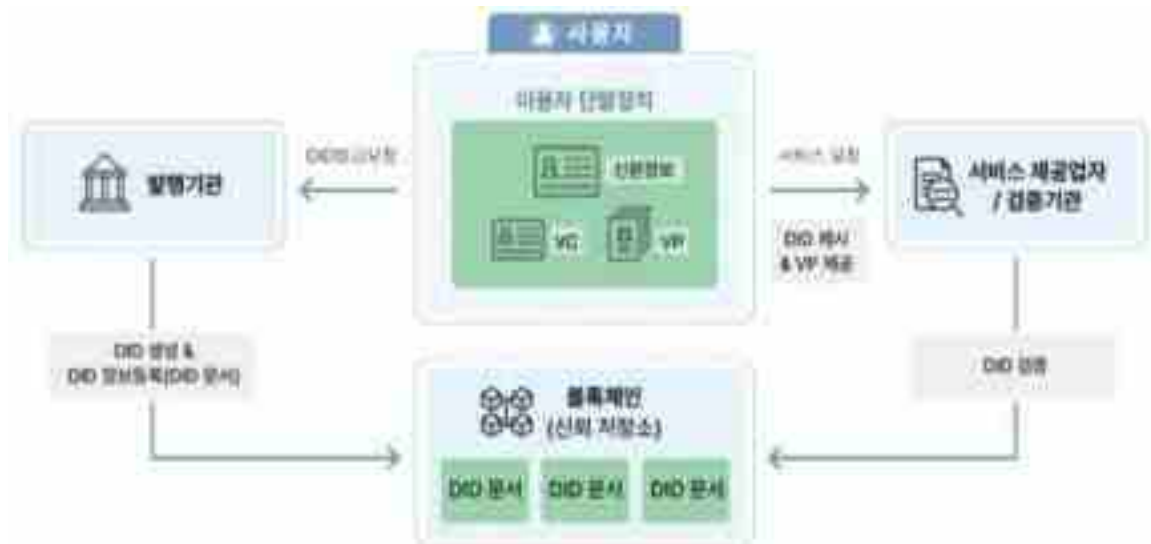
<표 28> 분산신원 인증 서비스 적용 사례

서비스	참여 기업 및 기관	적용 대상
위험 구조물 안전진단 플랫폼	시티랩스 컨소시엄, SKT	건축물
자율주행 상용화를 위한 블록체인 기반 자율주행자동차 신뢰 플랫폼 구축	세종시, 라온시큐어	자율주행 차량
COOV (예방접종증명서)	질병관리청, 블록체인랩스	예방접종증명서
모바일 공무원증	행정안전부, 라온시큐어	공무원증
블록체인 기반 비대면 국민연금 수급권 확인 시스템 구축	드림시큐리티, 삼성SDS, 시스젠	국민연금 수급권
SecureKey (사용자 간편인증)	시큐어키	캐나다 공공기관, 캐나다 주요 은행

(참고 : 권준우, 서승현, 이강효, 박소현/ 블록체인 기반 분산 신원증명의 이해와 서비스 적용사례/ ACK 2021 학술발표대회 논문집 (28권 2호)/312)

(4) 분산 신원인증 구성

- DID는 기본적으로 사용자의 요청에 따라 발행기관에 의해서 발급되며, 이는 신뢰할 수 있는 저장소인 블록체인상에 검증 가능하도록 기록된다. 사용자는 자신이 저장하고자 하는 개인정보를 인증하고 발행기관으로부터 검증 가능한 인증서인 VC(Verifiable Credential)을 발급받아 자신의 단말에 저장



<그림 45> 분산신원 인증 구성

(참고 : 김명길, 권민호, 이현희, 오시몬, 김요한/ 블록체인 기반 분산환경 상에서의 신원인증 기술동향/ 정보보호학회지 제34권 제1호, 2024(28권 2호)/47)

(5) 탈중앙화신원증명(DID, Decentralized Identity) 기술동향

- 월드와이드 웹 컨소시엄에서는 블록체인 기반 디지털 신원확인 기법의 보안가이드 및 표준화는 웹 컨소시엄(W3C)에서 발행한 Decentralized Identifier(DIDs) v1.0이 있으며 아키텍처, 데이터 모델, 보안기법 및 고려 사항이 명시되어 있음
- W3C는 DIDs의 표준화와 촉진을 위한 중요한 역할을 맡고 있으며, 여러 부문에서 DIDs의 추가 개발과 광범위한 채택 및 구현을 주도하고 있음. 현행되는 DID의 기본적인 사양은 W3C DIDs의 기본 원칙을 따르도록 권장하고 있음

<표 29> W3C 표준 DID 프라이버시 고려사항

조항	설명
Keep Personal Data Private	• DID 메서드 명세가 공개 데이터 레지스트리에 작성된 경우 DID 문서에는 개인정보가 포함되지 않아야 함
DID Correlation Risks	• DID는 전 세계에서 중복되지 않는 식별자로 상관관계를 위해 사용 가능함
DID Document Correlation Risks	• pairwise 식별자의 상관관계 보호가 제대로 작동하기 위해서는 DID 문서의 데이터도 서로 상관관계가 없도록 보장
DID Subject Classification	• DID 문서에 DID 주체의 유형이나 성질을 나타낼 수 있는 속성을 추가하는 것은 위험함
Herd Privacy	• DID 주체가 다른 주체들과 구별되지 않는 경우 프라이버시가 강화됨
Service Privacy	• 한 DID 문서에 여러 서비스 엔드 포인트를 사용하면 프라이버시 리스크가 발생할 수 있음

(6) 국내 블록체인 기업 및 솔루션 현황

- 2023년 블록체인 산업 실태조사(NIPA)’에서 대상기업(410개) 등을 기준으로 블록체인 솔루션과 기업을 조사 하였음(결과 : 솔루션 160개 기업, 블록체인 관련 기업 112개)



<그림 46> 블록체인 산업실태조사

□ 블록체인 솔루션 현황

<표 30> 블록체인 유형별 솔루션 현황

구분	현황
블록체인 플랫폼 구축/관리	46
데이터 이력관리 및 위, 변조 방지	34
DID 구축/관리	16
NFT발행/관리	28
디지털 지갑 구축/관리	16
블록체인 거래/결제	12
취약점 분석 및 정보보안	7
합계	159

□ 국내 블록체인 기업 현황

○ 블록체인 관련업체에서 보유하고 있는 블록체인은 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 솔루션이 구축되어 있음

<표 31> 국내 기업별 솔루션 현황

구분	솔루션 명	블록체인 솔루션 특징
블록체인 플랫폼 구축/관리	그리버(GREEVER)	• 안전운전 점수 측정이 가능한 서비스
	뉴럴블록(NeuralBlock)	• 전 산업분야 적용 엔터프라이즈 블록체인 상용 솔루션
	다큐체인(DocuChain)	• 엔터프라이즈 블록체인 솔루션
	레저마스터(LedgerMaster)	• 블록체인 기술을 다양한 분야에 쉽게 적용할 수 있는 범용 블록체인 미들웨어 솔루션
	로지체인(LogiChain)	• 항만물류 운송 정보 공유 솔루션
	리사이클렛저(recycleledger)	• 폐식용유 추적 플랫폼
	메디노미(MediNomi)	• 메디컬 토탈 플랫폼
	블루브릭(BlueBrick)	• 블록체인 통합 플랫폼
	NFT 티켓 예매 서비스	• SK플래닛의 독자적인 블록체인 넷(UPTN)을 기반으로 한 NFT 티켓 예매/입장 플랫폼
데이터 이력관리 및 위/변조 방지	구노	• 프라이빗 블록체인 기반의 SaaS형 전자연구노트 서비스
	기가플래시	• 미들넷으로 블록체인 데이터의 빠른 처리 및 위변조와 랜섬웨어를 방어하는 솔루션
	로지프로스트(Logifrost)	• 블록체인 기반 정온 물류 모니터링 시스템
DID 구축/관리	디엑스배지(DX Badge)	• 블록체인 & DID기반 자격/교육 등 증명 디지털배지 플랫폼
	소프트DID(SWDID)	• 블록체인 기반 자기주권형 분산 ID 신원인증을 제공하는 DID 서비스 플랫폼
	위즈아이디(WizID)	• 분산 신원인증 인프라 구축 솔루션
NFT 발행/관리	레비츄(REVITU)	• 블록체인 기반 실물자산 NFT 관리 서비스
	무브(Moove)	• NFT 연계 솔루션 및 이력관리 플랫폼
	보울NFT(BowINFT)	• 범용NFT 마켓플레이스 구축 솔루션
디지털 지갑 구축/관리	디센트(D'CENT)	• 모바일 연동 하드웨어 지갑 솔루션
	블록체인 PKI 보안 솔루션	• 디지털 자산의 안전한 저장을 위한 PKI 저장 알고리즘 및 카드형 지갑
	웰던월렛(WELLDONE Wallet)	• 다양한 블록체인을 지원하는 Multi-chain Wallet
블록체인 거래/결제	레버빗(Leverbit)	• 고객 계좌에 적용되는 위험 관리 시스템(Risk Management System)
	이지스(EZS)	• 국내외 거래소 데이터를 기반으로 가상자산 거래를 지원해 주는 블록체인 금융 솔루션
	플라페이(Plapay)	• 블록체인 기반 전자결제 솔루션
취약점 분석 및 정보보안	링크라이(reverseWall CDS LinkRai)	• 기존 한계를 뛰어넘은 블록체인 자료전송 플랫폼
	엣지체인 씨티티아이(EdgeChain CTTI)	• 사이버 위협 정보의 수집 분석 및 내/외부 신뢰 정보의 무결성을 확보 공유 가능한 플랫폼
	키가드 Titan-CY(KeyGuard Titan-Cy)	• 블록체인 전자서명 및 암호 키 관리 HSM 솔루션

□ **국내 블록체인 솔루션 현황**

○ 뉴럴블록(NeuralBlock)

- 전 산업분야 적용 엔터프라이즈 블록체인 상용 솔루션
- 최대 15,000TPS의 성능과 1,400노드 이상의 확장성 검증
- 노드 간 다중서명 인증 기술/지능형 비잔틴 비중 제어 기술/지능형 합의체 제어, 증명 기술 /Nonce Chain 방식 고성능 전파 기술/합의 메시지 복잡도 감소 기술



<그림 47> 뉴럴블록 솔루션

○ 로지체인(LogiChain)

- 항만물류 운송 정보 공유 솔루션
- 블록체인 기반 위변조 방지 및 이력관리를 통한 협력 업체와 신뢰 공유 체계 확보
- 블록체인 기반 위변조 방지 및 이력관리를 통한 데이터 주권 및 신뢰성 확보
- 협력 업체 증가에 따른 블록체인 네트워크를 빠르고 손쉽게 구축 및 확장 가능



<그림 48> 로지체인 솔루션

○ 소프트디아이드

- 블록체인 기반 자기주권형 분산 ID 신원 인증을 제공하는 DID 서비스 플랫폼
- 신뢰성 높은 소프트 제국 자체 블록체인 플랫폼 기반 DID 서비스 제공
- 블록체인 관련 구축 경험 및 노하우, 기술 인력 다수 보유 - 오류 감소 및 구축 기간 단축
- 통신 구간 데이터 토큰 정보를 활용한 무결성 검증 지원

- 인증서 키값을 Client에 보관하지 않고, 필요시 생성 후 바로 삭제(특허 보유)
- 인증 정보의 암호화 저장, TLS 보안, HTTPS 웹 통신 등으로 트랜잭션 보안 강화
- FIDO 기반 생체 인증, 보안 PIN, 패턴, mOTP, 브라우저 보안 PIN 등 다양한 인증 수단을 통한 사용자 인증 강화
- W3C DID 글로벌 표준 준수로 신뢰성과 확장성을 높임
- 신원 정보와 서식 관리를 통해 증명서 제출 가능(특허 보유)
- 클라우드 저장을 통한 DID 복구 서비스 지원

(라) 특허 및 논문 동향분석

(1) 특허 및 논문 기술동향 조사

○ 특허 및 논문 기술동향 조사는 특허검색 플랫폼을 기반으로 IP 부상도와 장벽도를 분석



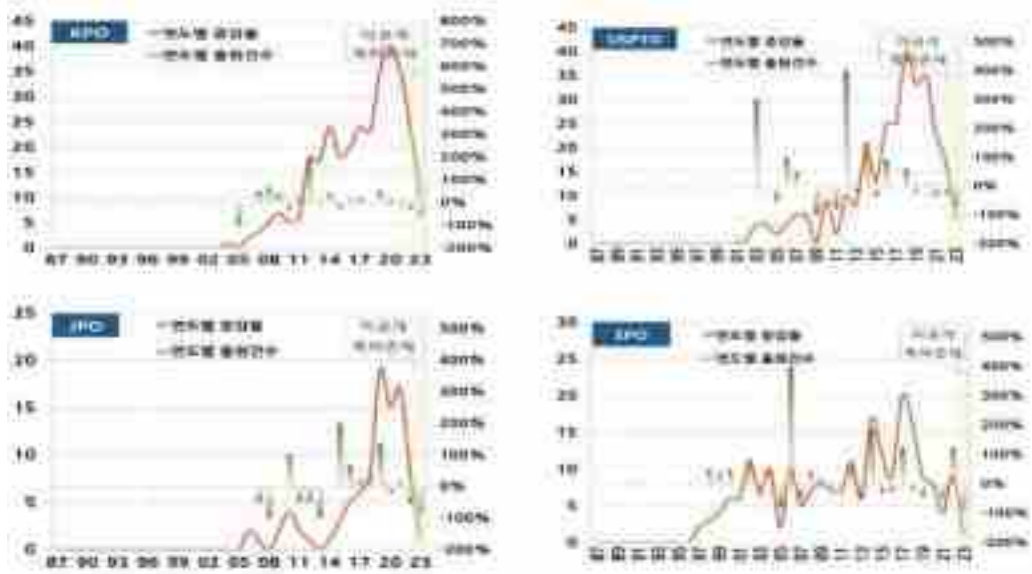
<그림 49> 특허 및 논문 기술동향 조사

(2) 기술분류 체계에 따른 특허 및 논문 검색식

<표 32> 특허 및 논문 검색식

대분류	중분류	검색식	검색 건수					
			KR	JP	US	EP	CN	합계
과적단속 플랫폼 (A)	과적계 측정장치 (AA)	((과적 하중 적재 축중량 중량) AND (센서 센싱 감지 계중 계측 축중 모니터링) AND (자동차 화물차 차량) AND (도로 고속도로) AND (장치)) or (((measur* (road N/1 weighter) sens* monitor*) AND (overweight weight overload ((axle axial) N/1 weight) weigh-in-motion ((axle axial) N/1 load) overcharge truckweight) AND (vehicle truck) AND (road (high A/1 way)) AND (apparatus device))	133	84	93	121	1,242	1,673
	통합 관제 기술 (AB)	((과적 하중 적재 축중량 중량 계중 계측 축중) and (자동차 화물차 차량) and ((블록 a/1 체인) (운전자 a/1 인증) (이력 n/1 (검증 추적) (스마트 a/1 톨링)))) or (((road N/1 weighter) overweight overload ((axle axial) N/1 weight) weigh-in-motion ((axle axial) N/1 load) overcharge truckweight) AND (vehicle truck) AND ((block a/1 chain) (driver n/1 auth*) (history n/1 (verif* trac*)) (smart n/1 toll*))	17	12	0	1	8	38
	자중계 (AC)	((과적 하중 적재 축중량 중량 센서 센싱 감지 계중 계측 축중 자중계 모니터링) AND (자동차 화물차 차량) and ((운 n/1 보드) 자중계 탑재형 (on-board onboard (on a/1 board)))) or (((roadN/1weighter) overweight weightoverload ((axleaxial)N/1weight) weigh-in-motion ((axleaxial)N/1load) overchargetruckweight) AND (vehicletruck) and ((on-boardonboard)))	167	0	199	95	1,035	1,496
총계			317	96	292	217	2,285	3,207

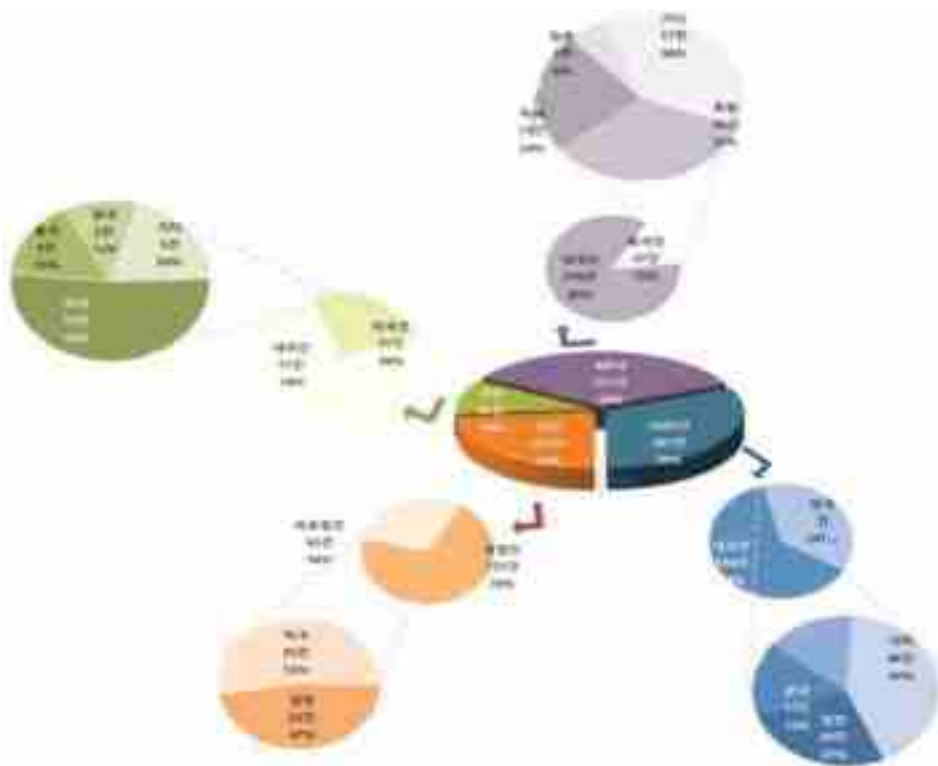
(3) 과적단속 플랫폼 기술 분야의 연도별 전체 특허동향



<그림 50> 각 국가별 전체 연도별 특허 동향

- 과적단속 플랫폼 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 단기 증감 사이클에도 불구하고 지속적으로 증가하는 것으로 관찰됨
- 한국, 미국, 일본에서는 공통적으로 2005년부터 출원이 증가하였고, 유럽의 경우 이미 1990년대부터 관련 기술이 출원되기 시작하였고, 2009년 이후 관련 기술이 꾸준히 출원되고 있음
- 중국의 경우 관련 기술의 출원 건수가 한국, 미국, 일본, 및 유럽 전체의 2.5배 수준이어서 별도로 분석할 예정임

(4) 주요시장국 내/외국인 특허출원 현황

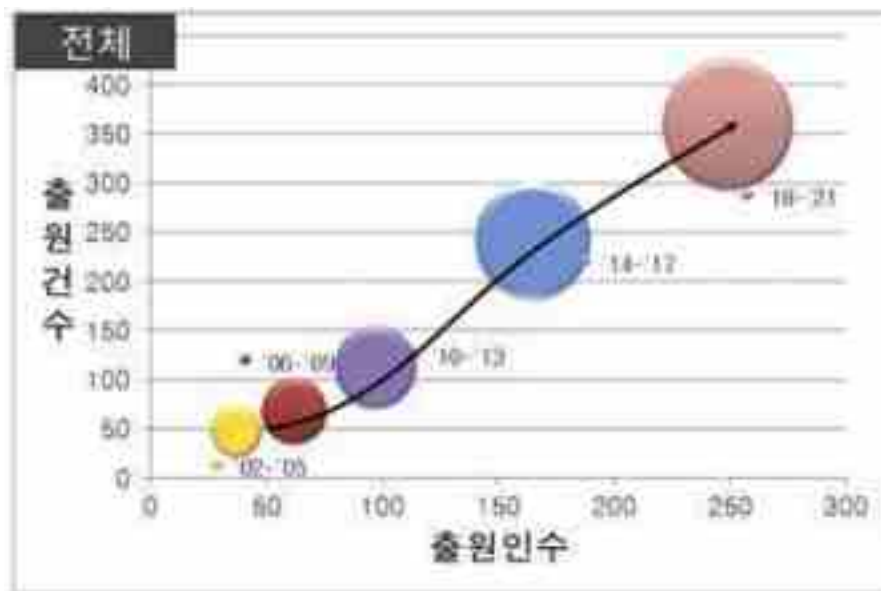


<그림 51> 주요 시장국 내/외국인 특허출원 현황

- 과적단속 플랫폼 기술 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면(중국 제외), 한국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원 규모에서 34%를 차지하며 시장의 관심도가 가장 높은 것으로 나타났고, 이어 미국, 유럽, 및 일본이 각각 29%, 24%, 및 10%를 차지하고 있음.
- 주요 시장국의 내/외국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국, 미국, 일본, 유럽 모두에서 내국인의 점유율이 외국인의 점유율보다 높은 것으로 나타났음.

(5) 특허 및 논문 시사점

- 전체적으로 기술시장 조사에서 1구간(2002년~2005년) 이후 5구간(2018년~2021년)까지의 출원 건수와 출원인 수가 모두 증가하는 양상 보임
- 국가별 기술시장 단계에서도 출원인과 출원 건수가 모두 증가하는 경향을 보이며 성장기에 있는 것으로 분석



<그림 52> 과적단속 관련 특허 기술시장 단계

- 과적 계측 장치(AA)의 경우, 센서에 관한 소분류 및 그 외의 소분류로 나눌 수 있을 것으로 판단
- 통합관제기술(AB)의 경우, 본 주제인 과적단속 플랫폼에 완전히 부합하는 특허 들은 매우 적은 것으로 보이기 때문에, 과적단속에 특화된 소분류 및 과적단속에 특화되지 않은 것이라고 하더라도 통합관제, 이력추적, 블록체인에 관련된 교통물류 특허를 다른 소분류로 삼을 수 있을 것으로 판단
- 자중계(AC)의 경우, 화물차의 자중계 자체에 완전히 부합하는 특허들은 매우 적은 것으로 보이기 때문에, 자중계 자체에 대한 소분류 및 자중계의 측정 결과를 이용하여 화물차의 운행에 응용할 수 있는 시스템, 예컨대 과속 제한 시스템과 같은 소분류로 나누어 구성할 수 있을 것으로 판단
- 논문으로 공개된 자료에 따르면, 과적 계측 장치(AA)의 경우 과적단속에 특화된 센서 자체를 새로 설계하는 기술은 찾아보기 어려우며, 다만 기존 과적단속에 특화된 센서들을 이용하여 실제 환경에서 과적단속을 위한 시스템을 구축하는 과정 및 그 결과를 논의하는 논문들이 다수이다.
- 통합관제 기술(AB)의 경우에는 스마트톨링, 적재불량 화물차 탐지, 블록체인 기술, 과적 예방 분석에 관한 기술들이 단편적으로 제시되어 있으나, 이러한 소주제들을 통합하여 관제하는 목적의 논문은 찾기 어렵다. 다만 국가 간의 전자 통행료 징수 시스템 기술을 표준화를 다룬 논문을 찾을 수 있음
- 자중계(AC)의 경우, 자중계를 이용한 실증 사업에 관한 논문들이 존재하지만, 자중계 자체의 성능개선을 위한 새로운 구조를 다룬 논문은 찾기 어려우며, 각 차량에 설치된 자중계들로부터 데이터를 얻어 통합하는 관제 솔루션에 관한 기술은 찾을 수 없음
- 중국 특허가 타국에 비하여 압도적으로 많은 특허들이 검색되기 때문에, 글로벌 다 출원인 순위를 선정함에 있어서 중국은 별도로 평가할 필요가 있음

(마) 블록체인 관련 특허 동향

(1) 국가별 블록체인 특허 동향

- 정보통신산업진흥원에서 조사한 자료에 의하면 블록체인 기술의 국가별 특허 현황은 중국의 해외 특허출원건수가 가장 많으며 한국은 4위에 위치하고 있음을 알 수 있음

<표 33> 블록체인 특허 출원 건수

순위	국가	해외 특허 출원 건수
1	중국(CN)	22,457건
2	미국(US)	8,950건
3	일본(JP)	1,339건
4	한국(KR)	976건
5	독일(DE)	604건
6	호주(AU)	453건
7	싱가포르(SG)	424건

출처 : 중국 국가지식산업권국, 워크투데이

(2) 기업별 블록체인 특허 동향

- 기업별 블록체인 특허의 출원건수 현황을 살펴보면 중국의 엔트그룹의 출원건수가 가장 많으며 중국과 미국 기업의 특허 출원이 두드러짐을 알 수 있음

<표 34> 기업별 블록체인 특허 출원 건수

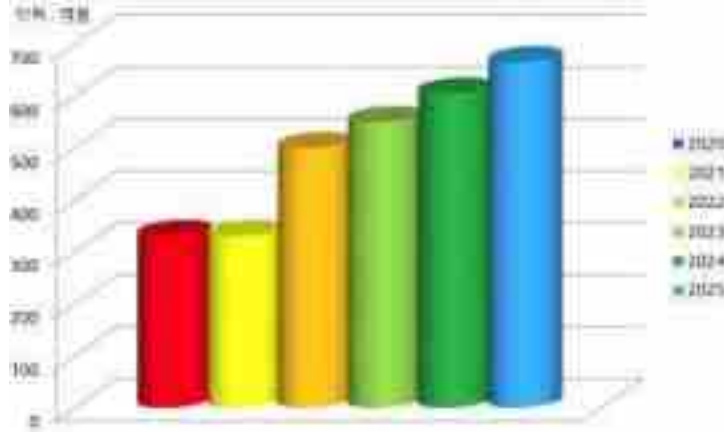
순위	기업명	국가	특허 건수	발명 건수
1	엔트그룹	중국	4,740건	4,715건
2	텐센트	미국	3,439건	3,438건
3	바이두	중국	1,123건	1,111건
4	IBM	미국	663건	663건
5	핑안테크놀로지	중국	425건	425건
6	차이나유니콤	중국	329건	324건
7	마스터카드	미국	243건	243건
8	항저우푸자메이테크놀로지	중국	202건	202건
9	뱅크오브아메리카	미국	173건	173건

2.2.3. 산업/시장적 환경 분석

(가) 국내 시장현황 및 전망

(1) 화물차 중량계측 시스템 시장현황

- 국내 과적단속 시스템 시장은 2020년 약 330억, 2022년 약 500억으로 2025까지 약 10%의 성장률을 가지고 2025년에는 약 665억 시장규모를 형성할 것으로 예상됨

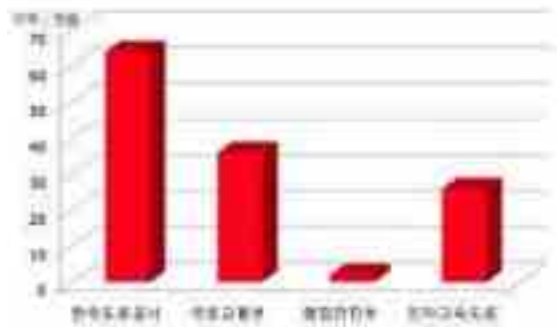


<그림 53> 과적단속 시스템 국내시장 동향

- 또한 현재 국내 과적단속 시스템의 시장 점유율을 볼 경우 저속축중기 시장이 약 70%의 점유율을 가지고 있으며 2022년도 기준 가장 큰 과적단속 시장은 약 67억을 구매한 한국도로공사임

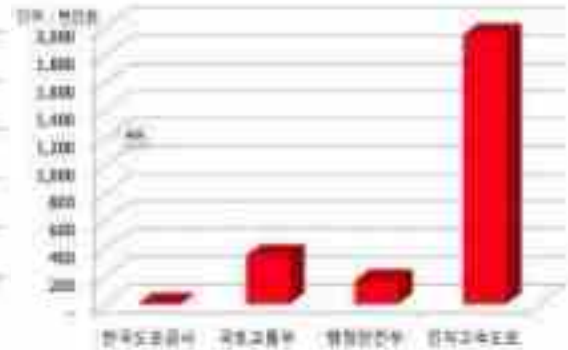
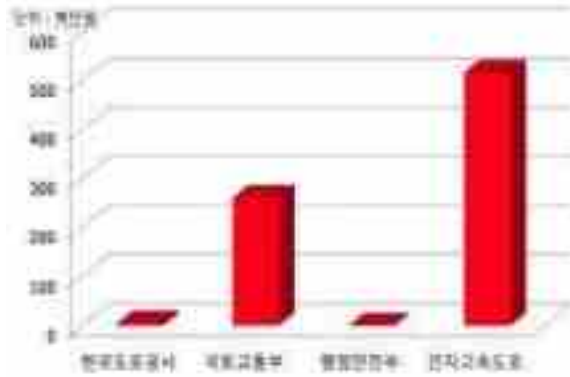


- 저속축중기의 경우, 2022년 기준 대략 125억원 규모로 추정되며 시장 내에서는 한국도로공사가 약 61억으로 가장 큰 점유율을 가지고 있음
- 고속축중기의 경우, 현재 시장 규모는 해외에 비해서 작은 편임
- 이동식축중기는 주로 2차 단속, 이동단속을 위한 장비로 사용되어 저속축중기 시장에 비해 작은 약 25억원의 시장규모를 형성하고 있음



<그림 54> 2022년도 저속축중기시장 동향

- 한국도로공사의 경우 이동단속반, 재검측용, 기준장비 용도로 구매/사용하고 있으며, 화물차 주요 이동 거점, 과적신고에 신속대응을 위해 이동식 단속반을 운영하는 국토교통부와 행정안전부, 그리고 신규 개통되는 민자 고속도로에서 많은 수요를 보이고 있음



<그림 55> 2022년도 고속충증기 시장 동향 <그림 56> 2022년도 이동식충증기 시장 동향

- 과적단속용 계중기의 경우, 정적 계량으로만 차량의 무게를 측정할 수 있다는 한계로 인해, 현재는 극히 제한적으로 사용되고 있어, 2022년도 기준 시장별 수요가 없는 것으로 보임
- 과적단속 시스템 관련 용역 시장 동향은 2022년도 약 200억으로 시스템 구축보다 더 큰 규모를 형성하고 있음



<그림 57> 2020~2022년도 과적단속시스템 관련 용역 동향

- 관련 용역들은 유지관리용역, 이동식단속 용역, 교정 용역이 있으며, 고속도로에 신규로 설치되는 과적단속 시스템은 계속해서 늘어나고 인건비 또한 계속해서 상승하기에 해가 갈수록 큰 폭으로 상승하는 추세임
- 추후 과적단속 시스템이 스마트톨링과 연계가 진행될 경우, 고속충증기 등을 활용하여 인건비 감소 및 추가적인 시장을 확보할 것으로 예상됨

(2) 화물운송 시장현황

- 화물운송 중개시장에서 각 기업들은 디지털 전환의 필요성이 크지만 여전히 아날로그 방식으로 관리되고 있다고 판단하여 화물운송 관련 디지털 전환의 선도 업체가 될 수 있도록 다양한 플랫폼을 출시하고 있음
- 37조 화물운송 시장을 잡기 위하여 화주/주선사/차주를 연결하는 플랫폼을 SKT/KT/LG유플러스에서 화물운송 중개플랫폼을 출시 중
 - LG유플러스는 ‘화물잇고’, SK텔레콤은 모빌리티 자회사인 ‘티맵화물’ 플랫폼, KT는 디지털물류 자회사 롤랩을 세워 ‘브로캐리’를 서비스 중에 있음

(3) 물류관련 서비스업 시장현황

- 물류관련 서비스업은 기업체수(1.4만개) 0.4%, 매출액(40.3조원) 9.2% 감소, 종사자수(15.2만명) 0.4% 증가를 보이고 있음

(단위: 개, 명, 십억원, %)

업종	기업체수			종사자수			매출액		
	2022년	2023년	증감률	2022년	2023년	증감률	2022년	2023년	증감률
물류관련 서비스업	14,458	14,402	-0.4	151,822	152,459	0.4	44,330	40,256	-9.2
- 운수업*	14,322	14,243	-0.6	148,320	148,284	0.0	40,450	37,490	-7.3
화물위급	897	911	1.6	33,342	31,692	-4.9	7,159	5,704	-20.3
화물통관중개	12,363	12,245	-1.0	93,024	96,405	3.6	30,419	28,584	-6.0
기타물류서비스	1,062	1,087	2.4	21,954	20,187	-8.0	2,872	3,202	11.5
- 운수업 외*	136	159	16.9	3,502	4,175	19.3	3,880	2,766	-28.7

- 1) (운수업) 화물위급 : 항공 및 해상화물, 수송화물 위급 / 화물통관중개 : 통관대리, 화물운송중개대리 / 기타물류서비스 : 화물포장검사, 기타 수송보조지원, 기타 운송관련
- 2) (운수업 외) 물류관련 정보처리 서비스 : 물류소프트웨어 개발 및 공급업, 컴퓨터 프로그래밍 서비스업, 컴퓨터시스템 통합 차분 및 구축 서비스업, 데이터베이스 및 온라인정보 제공업 / 물류정보 임대 : 운송 장비 임대업, 기계장치 임대업, 자동차 임대업 / 물류관련 강연 컨설팅 서비스 : 강연 컨설팅업

<그림 58> 물류관련 서비스업 주요지표

(4) 자중계 분야 시장현황

□ 환경부

- 가축분뇨 전자인계관리시스템은 2017년 1월부터 허가 규모 1,000m² 이상의 양돈 농가 4,526곳에서 의무화가 시작되었고 2019년 1월부터는 50~1,000m² 미만의 신고 대상 양돈 농가에서도 의무화가 시행된 제도이며, 2017년 기준으로 1,139대 차량에 설치 및 운영을 시작하였음
- 가축분뇨 전자인계관리시스템은 자료 검증을 위한 방안으로 차량에 중량센서 및 위성항법장치 등을 설치하여 차량 출발과 동시에 차량의 위치, 중량정보, 사진 촬영정보를 중앙시스템으로 전송하여 DB화하고 저장 및 분석하고 있는데, 이때 자중계는 중량센서(중량정보)의 역할 및 기능으로 사용되고 있음
- 한편 환경부는 「물환경보전법」 제66조의2(수탁처리폐수의 전산처리) 및 같은 법 시행령 제79조의3(전자인계/인수관리시스템의 구축/운영)에 따라 수탁폐수 전자인계/인수관리시스템(물바로시스템)을 한국환경공단에 위탁하여 2019년 10월부터 운영하고 있으며, 전자인계 자료의 검증 및 관리 방법은 2020년 말 기준 국내 폐수 운반 탱크로리 차량 290대에 설치하여 가축분뇨 전자인계관리시스템과 동일한 방식으로 운영하고 있음

□ 화물자동차의 자동 가변축 시스템

- 2019년 영업용 화물자동차 업종 구분의 개편 시행 이후 영업용 개인 번호판에 대한 톤급 제한이 4.5톤에서 16톤으로 완화됨에 따라 가변축 장착에 대한 시장수요는 증가 추세임
- 화물자동차 운전자(차주)들이 가변축을 추가로 장착하는 것을 선호하는 이유는 경제성과 효율성 때문임(예를 들어, 4×2 화물차량에 가변축을 장착할 경우는 6×4 화물차량과 동일한 수준의 적재능력을 가지면서도 차량 구입비용, 연비와 회전반경에서도 유리한 장점을 지님)
- 화물자동차에 가변축을 장착하는 동향은 2022년 1월부터 7월까지 판매된 5~8톤급 중형/준대형

트럭(구동축 기준 4×2) 4,976대 중 가변축(4×2 → 6×2)을 장착한 트럭은 2,925대(59%)로 집계되었고, 9.5톤 이상 대형트럭(6×4)의 경우는 2022년 7월까지 판매된 1,673대 중 1,081대가 가변축(6×4 → 8×4)을 장착한 것으로 나타남

- 화물자동차의 업종 개편 이후 톤급 제한이 기준이 완화됨에 따라, 트럭 샤시(Chassis)를 제작하는 상용차 업체에서도 가변축 장착에 유리한 모델들을 선보이면서 카고 및 탑차 시장에서 가변축 선호 현상이 확산되는 것으로 전망됨



<그림 59> 화물자동차 가변축 장착 대수('22.01 ~ '22.07)

(※ 출처 : 상용차신문, 2022. 10. 04, “화물운송의 해결사 ‘가변축 트럭’, 인기 고공”에서 인용 및 수정)

(5) 시장 전망

□ 국내물류 효율성 향상

- 적정 중량 관리 : 실시간 중량정보를 통해 과적을 방지하고 적정 중량 운송을 유도함으로써, 운송 효율성을 극대화하고 불필요한 비용 발생을 줄일 수 있음
- 운송 경로 최적화 : 중량정보를 기반으로 도로상황, 교통량 등을 고려한 최적의 운송 경로를 설정하여 시간과 비용을 절감할 수 있음
- 물류 관리 시스템 고도화 : 중량정보를 물류 관리 시스템과 연동하여 재고 관리, 배차 관리, 운송 추적 등을 효율적으로 수행할 수 있음

□ 도로 관리 효율성 향상

- 도로파손 예방 : 과적 차량으로 인한 도로파손을 예방하고, 도로 유지보수 비용을 절감할 수 있음
- 도로설계 및 관리 개선 : 중량정보를 활용하여 도로 설계 기준을 개선하고, 도로 관리 계획을 효율적으로 수립할 수 있음
- 교통안전 증진 : 과적으로 인한 교통사고를 예방하고, 안전한 도로 환경을 조성할 수 있음

□ 새로운 서비스 및 비즈니스 모델 창출

- 중량 기반 운임 산정 서비스 : 운송 거리뿐만 아니라 중량을 고려한 합리적인 운임 산정 서비스를 제공할 수 있음
- 과적예방 서비스 : 중량정보를 분석하여 운송업체에 과적 예방 서비스를 제공할 수 있음
- 보험상품 개발 : 중량정보를 활용한 새로운 보험상품을 개발하여 운송업체의 위험관리 및 비용절감을 지원할 수 있음

□ 데이터 기반 정책 결정 지원

- 과적단속 정책 개선 : 중량정보를 분석하여 과적단속의 효율성을 높이는 정책 수립
- 물류산업 발전 정책 수립 : 중량정보를 활용하여 물류산업 발전을 위한 정책 방향 설정

□ **국내시장 규모 및 성장 가능성**

- 화물운송 시장의 규모가 크고 지속적으로 성장하고 있으며, 중량정보에 대한 수요 또한 증가하고 있음
- 특히, 스마트 물류, 디지털 전환 등의 추세에 따라 중량정보 활용 시장은 더욱 확대될 것으로 예상됨

□ **주요 시장 참여자**

- 정부기관 : 국토교통부, 한국도로공사 등 도로 관리 및 정책 수립 기관
- 물류업체 : 화물 운송, 물류창고 운영, 물류 IT 솔루션 제공 업체
- IT 기업: 데이터 분석, AI 기술, 플랫폼 개발 업체
- 자동차 제조사 : 자중계(스마트 중량 센서) 기술 개발 및 차량 탑재
- 계측장비 제조사 : WIM, 이동식 축중기 등 중량측정 장비 제조사

□ **시장 경쟁 환경 조성**

- 중량측정 기술, 데이터 분석 기술, 플랫폼 구축 기술 등 다양한 분야에서 경쟁이 발생하고 있으며, 데이터의 정확성, 실시간성, 활용성 등이 경쟁의 주요 요소임
- 정부 및 관련 기관과의 협력 : 데이터 확보 및 정책 연계 등을 위한 협력
- 물류업체와의 파트너십 : 물류 현장 데이터 확보 및 서비스 제공
- 차별화된 기술 및 서비스 개발 : 경쟁 우위 확보를 위한 핵심기술 및 서비스 개발
- 데이터 보안 및 개인 정보 보호 : 안전한 데이터 관리 및 활용을 위한 보안 시스템 구축

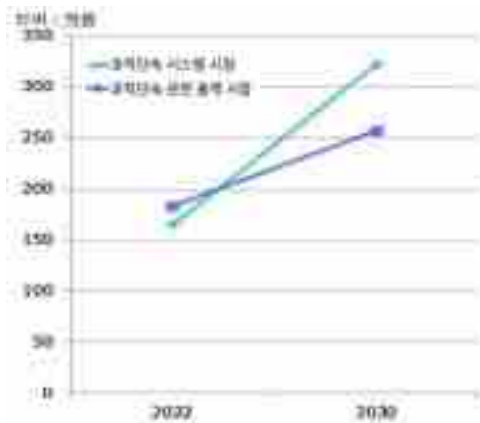
□ **시장 진입을 위한 고려사항**

- 데이터의 정확성 및 신뢰성 확보 : 정확한 중량 측정 기술 및 데이터 관리 시스템 구축
- 데이터의 표준화 및 연동성 확보 : 다양한 데이터 소스를 통합하여 활용하기 위한 표준화된 데이터 형식 및 연동 시스템 구축 필요
- 데이터 보안 및 개인 정보 보호 : 수집된 데이터의 안전한 관리 및 개인 정보 보호를 위한 철저한 보안 시스템 구축이 필요
- 관련 법규 및 정책 준수 : 데이터 활용 및 서비스 제공 시 관련 법규 및 정책 준수

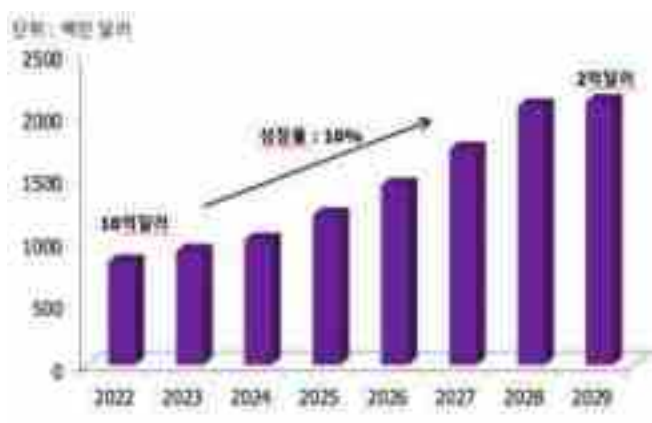
(나) **국외 시장현황 및 전망**

(1) **화물차 중량계측 시스템 시장**

- 해외의 과적단속 시스템(WIM) 시장의 경우, 많은 시장 분석 업체들이 2022년 기준 약 10억 달러 내외로 추산하고 있으며 성장률 또한 10% 내외로 예측하여 2028년 기준 약 20억 달러 내외의 시장 규모를 설정할 것으로 예측하고 있음



<그림 60> 과적단속 시스템 시장 예측 동향



<그림 61> 국제 WIM 시장 동향

- 지역별 WIM 시장 규모를 보면 유럽이 34%대인 약 3억 5천 달러 규모로 시장을 주도하고 있으며 북미시장이 30%, 아시아-태평양은 3번째로 큰 시장을 형성하고 있는 것으로 추정됨
<표 36> 2022년도 기준 지역별 시장 추정 점유율



- 아시아-태평양 시장의 경우, 향후 가장 큰 성장 잠재성을 가지고 있는 지역으로서 2022년 기준, 가장 큰 시장을 가지고 있는 국가는 중국이 3억 달러 가량의 시장을 가지고 있는 것으로 추정되며, 인도는 가장 큰 성장성을 가지고 있는 국가로 2027년엔 약 5억 3천만 달러 시장을 형성할 것으로 추정됨

<표 37> 아시아 지역 주요 국가 시장 동향



- 현재 WIM 시장에서 가장 큰 트렌드는 정확도 확보로 주요 업체들이 신규 센서 및 시스템을 개발하며 시장을 주도하고 있음

<표 38> WIM 시장 주요 업체

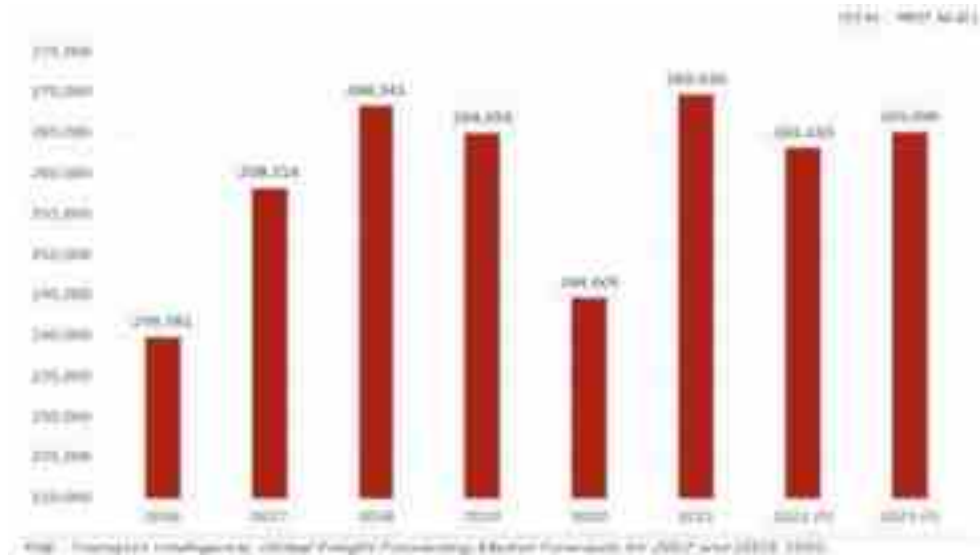
업체명	국가	주요 제품
Q프리	노르웨이	HI-TRAC TMU4
IRD	캐나다	IRD-PAT Bending Plate, SLC WIM Scale
Kistler	스위스	Lineasquartz sensor
Intercomp	미국	Strip sensor, LS-WIM Axle Scale
TE Connectivity	스위스	QL Quartz WIM sensor

(2) 화물 운송시장 현황

□ 생산/유통 단계 B2B 화물 이동 시장현황 및 전망

- '미들마일(middle mile)' 물류는 최종 소비 이전의 생산/유통 단계 화물이 이동되는 B2B 시장으로서 물류창고나 판매처에서 최종 소비자에게 배송되는 택배와 퀵 등 라스트마일에 앞서, 화물을 공장에서 물류창고나 판매처까지 화물차로 운송하는 기업 간 운송으로 원자재가 중간/최종 생산자를 거쳐 물류기업으로 이어지는 과정을 거치므로 라스트마일보다 시장이 큼
- 미 360리서치사에 따르면 글로벌 시장 규모는 2024년 1,107억 달러에서 연평균 7.35% 확대, 2030년에는 1,698억 달러에 이를 것으로 전망

□ 글로벌 화물 포워딩 시장 규모



<그림 62> 글로벌 화물 포워딩 시장규모(2016년-2021년, 2022년(전망), 2023년(전망) (국제물류위클리 제657호 발췌)

□ 해상화물 운송시장 규모

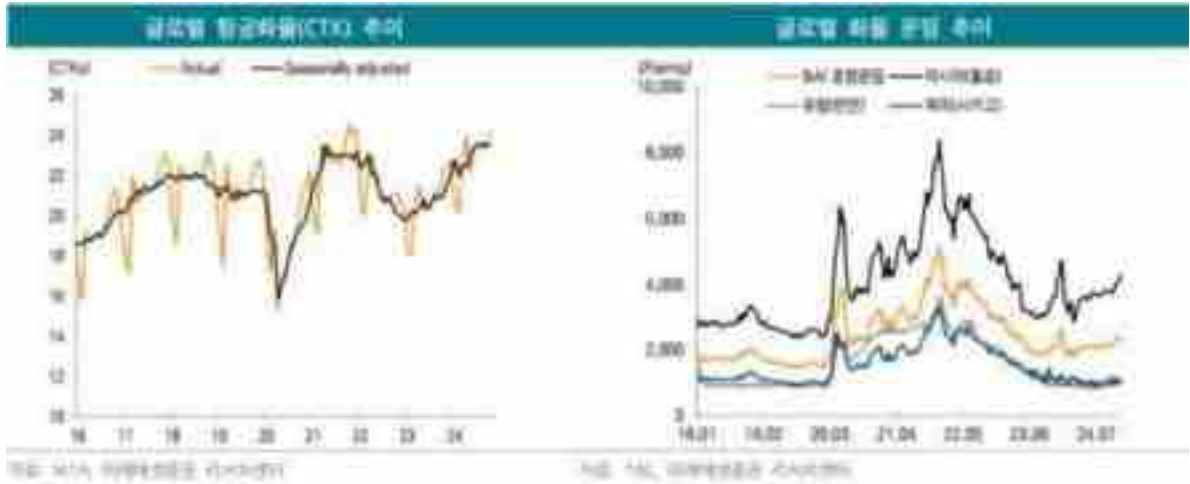
- 해상화물 운송 시장은 향후 10년간 연평균 4.3%의 성장률을 기록 전망
- 해상화물 운송시장 규모는 2023년 3,719억달러에서 2033년에는 5,521억 달러에 도달할 것으로 추산



<그림 63> 해상화물 운송시장(해운의 소리, 2024.09.19. 발췌)

□ **항공화물 운송시장 규모**

- 글로벌 화물 시장은 2024년 들어서도 성장을 지속하고 있으며 10월 글로벌 화물실적(CTK, 화물 톤킬로)은 9.8% YoY 성장



<그림 64> 글로벌 항공화물 추이(항공정보포털시스템 2025.01 Vol50)

□ **해외 운송시장의 전망**

- 해외 운송시장의 미들마일, 해상화물, 항공화물 운송 시장 모두 긍정적인 성장세를 이어갈 것으로 예상되며, 특히 미들마일 시장은 높은 성장률을 보이며, 해상화물 시장 또한 꾸준한 성장세를 유지할 것으로 보임. 또한 항공화물 시장 역시 지속적인 성장세를 보이고 있어, 향후 운송 시장 전반에 있어 화물이 지속적으로 확장됨을 전망할 수 있음

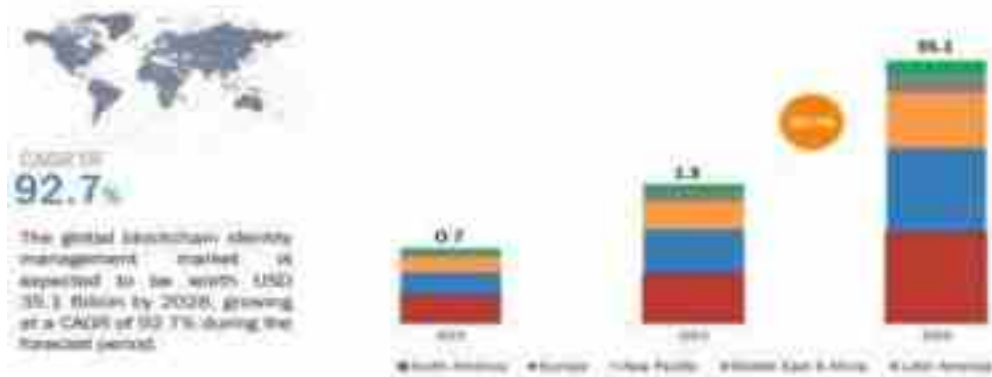
(3) 블록체인 시장현황 및 전망

- 세계경제포럼(WEF)은 2025년 전 세계 GDP의 10%가 블록체인 기술에서 창출될 것으로 전하고 있으며, 마켓앤마켓(MarketsandMarkets)은 '2026년까지 블록체인 시장 예측(Blockchain Market - Global Forecast to 2026)' 보고서를 통해 전 세계 블록체인 시장이 68.4%의 성장률을 기록하며, 2021년 49억 달러에 불과하던 시장 규모가 2026년이 되면 674억 달러로 성장할 것으로 전망함



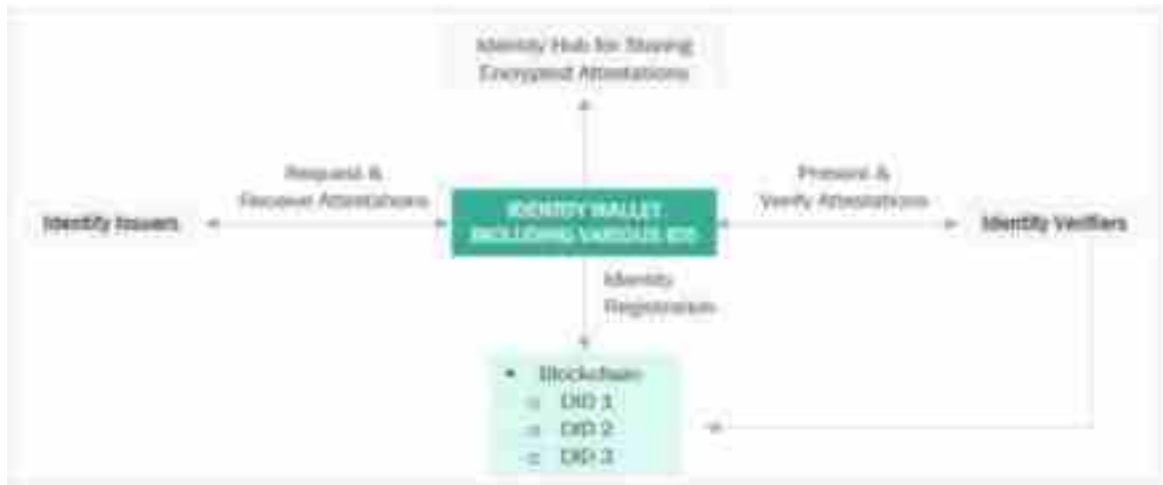
<그림 65> 블록체인 시장전망 - 마켓앤마켓

- 특히, 블록체인의 DID 분야는 매년 92.7%의 놀라운 성장을 지속하여 2023년 1.3억 달러에 불과하던 DID 시장이 2028년 35.1억 달러로 증가할 것으로 판단



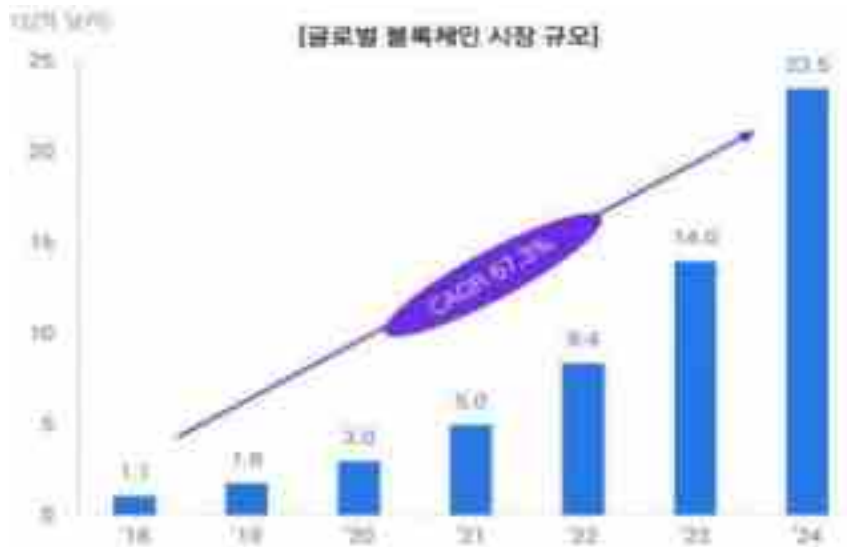
<그림 66> Blockchain Identity Management Market Global Forecast to 2028 - 마켓앤마켓

- 블록체인 DID 에코시스템의 구조는 다음과 같으며 인증을 디지털 지갑에 각종 ID를 저장할 수 있으며 발급 및 검증의 기본 메커니즘과 암호화된 데이터 자산에 대한 저장 및 조회를 포함



<그림 67> Blockchain Identity Management Market Ecosystem - 마켓앤마켓

- IDC는 전 세계 블록체인 솔루션 지출이 2024년까지 약 24조 8,140억 원에 이를 것으로 예측함



<그림 68> IDC와 스타티스타 데이터를 토대로 삼성KPMG 경제연구원 재구성

- 미국 시장조사기관 그랜드뷰리서치(Grand View Research)가 새로운 보고서를 통해 '탈중앙화 신원증명(DID, Decentralized Identifier)' 시장의 규모가 오는 2030년 1020억달러에 이를 것으로 전망
- 보고서에 따르면 2021년 글로벌 DID 시장 규모는 3억7966만달러(한화 약 5419억6465만원)로 조사됐다. 2030년 예측치 1020억달러는 이것의 270배가 넘는 수치임



<그림 69> 2020~2030년 글로벌 DID 시장규모 - 그랜드뷰리서치

- DID 시장의 성장 요인에 대해 보고서는 "기존 신원증명(ID) 방식의 비효율성에 대한 문제 인식과 보안 위험 확대에 의해 DID 플랫폼에 대한 수요가 증가하고 있다"며 "기업과 개인의 DID 플랫폼 채택 사례가 늘고 있다"고 분석
- '디지털화(Digitization)'에 대한 수요 증가 역시 성장의 요인이다. 현재 의료, 소비재, 제조, 소매 등 다양한 산업 분야에서 데이터의 디지털화가 확산되고 있고 해당 분야 기업은 사이버 공격과 신원 도용에 더 취약하기에 침입을 방지하는 블록체인 기반 DID 시스템이 대중화될 것이라는 분석
- 주요국은 웹 3.0 시대에서 디지털 패권 경쟁의 우위를 확보하기 위해 활성화 전략 및 정책을 발표하고 기술 개발, 법제 개선 등 블록체인 역량을 강화 중

(4) 자중계 분야

□ 일본

- 일본의 「토사 등을 운반하는 대형 자동차에 의한 교통사고의 방지 등에 관한 특별 조치법」은 일명 덤프트럭 규제법이라고 불리는데 그 이유는 이 법에서 흙, 모래, 자갈 및 돌 등을 운반하는 대형 자동차가 덤프트럭을 의미하는 것이기 때문임



<그림 70> 일본의 대형 덤프차량 등록대수 추이

(※ 출처 : <https://www.mlit.go.jp/jidosha/content>)

- 일본의 대형 덤프트럭의 등록대수를 나타낸 것으로 2022년 12월 말 기준 일본의 대형 덤프차량의 등록대수는 영업용 71,940대, 자가용 114,730대 합계 186,3670대로 약 20만 대 수준이다. 따라서 자중계 또한 약 20만 대 정도가 장착 및 운영 중인 것으로 추정됨

□ 미국

- 1990년대 초 미국은 주 교통국의 차량 과적에 대한 단속이 강화되면서 벌크, 골재 및 폐기물 운반과 같은 산업에 종사하는 트럭에 대한 과적단속 역시 확산 되었음
- 수거된 쓰레기나 폐기물의 무게를 알지 못한 채 트럭을 운행하게 됨에 따라 운송자들의 이익을 잠식하게 되었고, 이는 운송 트럭에 자중계를 사용하는 주요 이유가 되었음
- 미국 교통통계국의 2019년 말 기준 자료를 살펴보면 등록된 공공, 개인 및 상업용 트럭 대수는 모두 158,352,117대이고 캘리포니아 주와 텍사스 주가 각각 1천 5백만 대 수준으로 가장 많은 비중을 차지하고 있음
- 트럭 전체 등록 대수 158,352,117대 중에서 트럭 트랙터는 2,758,682대이며 중형 및 대형트럭은 11,610,658대이다. 트럭 트랙터와 중형 및 대형트럭의 10%만 자중계를 장착한 것으로 가정하면 약 140만 대 정도가 자중계를 중량 확인에 사용하고 있다고 추정할 수 있음
- 한편, 일부 민간의 시장 조사 보고서를 검토해 보면 2021년의 글로벌 자중계 시장 규모는 약 19억 불(약 2조 6천억원)로 추정하고 있는데, 자중계 설치비용이 \$1,000~\$2,000인 것을 고려하여 평균가 \$1,500을 적용하면 약 130만 대 정도의 시장 규모를 추정할 수 있으며, 일본이나 유럽 시장 규모를 감안하면 미국의 자중계 시장 규모는 약 100만 대 안팎으로 가늠할 수 있음

□ 호주

- 2017년 말을 기준으로 호주 시장에는 규제 및 상업용 텔레매틱스 솔루션을 제공하는 50개 이상의 서비스 제공업체가 있으며 지능형 접근 프로그램(IAP)을 제공하는 서비스 제공업체는 5개이며, ISC(Intelligent Speed Compliance) 및 OBM 시스템에 등록된 차량은 지능형 접근 프로그램(IAP)의 하위 집합으로 구성되어 있으며, 2017년 기준으로 차량의 중량 정보를 측정하고 수집하는 OBM 시스템의 차량 등록대수는 미비한 것을 알 수 있음

<표 39> 2017년 호주의 IAP, ISC, OBM, CTS 등록 차량 대수 현황

분류	NWS	QLD	SA	TAS	VIC	WA
Intelligent Access Program (IAP)	2,883	1,951	44	0	397	154
Intelligent Speed Compliance (ISC)	0	0	0	0	0	76
On Board Mass(OBM) System	79	270	0	0	0	0
Certified Telematics Service (CTS)	0	0	0	187	0	0
Road Pricing App	0	0	0	0	0	40

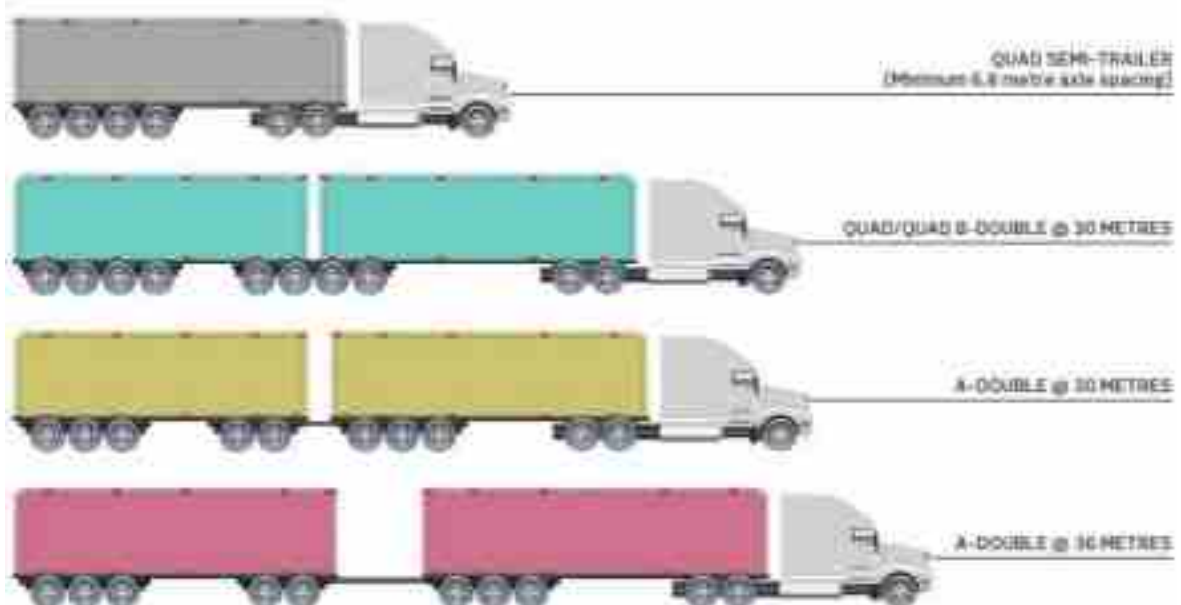
주) NSW : New South Wales(뉴 사우스 웨일스 주), QLD : Queensland(퀸즈랜드 주), SA : South Australia(사우스오스트레일리아 주), TAS : Tasmania(태즈메니아 주), VIC : Victoria(빅토리아 주), WA : Western Australia(웨스턴오스트레일리아 주)

- 그러나 최근 들어 기존 자중계의 성능과 기능을 개선한 스마트 자중계(Smart OBM)가 개발되었고 관련 수요 또한 증가하고 있으며, 빅토리아 주의 경우는 2021년 11월부터 68.5톤의 GCM(Gross combination mass limits) 보다 무거운 고중량 대형차량(HPFV, High-Productivity Freight

Vehicle) 및 46톤의 GCM을 초과하는 4축 세미 트레일러에는 지능형 접근 프로그램(IAP)과 통합할 수 있는 카테고리 B 또는 C를 인증 받은 자중계(OBM) 시스템을 장착하여야 함

<표 40> 호주 빅토리아 주의 자중계(OBM) 시스템 장착이 요구되는 차량

차량 조합형식	높이	너비	길이	총중량
36.5m A-Doubles	4.3m	2.5m	36.5m	85.5t
30m A-Doubles	4.3m	2.5m	30m	85.5t
73t Quad-Tri B-Double	4.3m	2.5m	30m	73.0t
77.5t Quad-Quad B-Double	4.3m	2.5m	30m	77.5t
Quad-Axle Semi	4.3m	2.5m	20m	50.5t
PBS Level 2B (Cubic)	4.3m	2.5m	30m	68.5t



<그림 71> 빅토리아 주의 자중계(OBM) 시스템 장착이 요구되는 차량 예시

(※ 출처 : Victoria DOT(2021), Moving more with Less 2021-HIGH PRODUCTIVITY FREIGHT VEHICLE PLAN)

- 한편, 뉴 사우스 웨일즈(NSW) 주에서 자중계(OBM)가 필요한 차량은 68.5톤 이상의 총중량을 갖는 고(高)중량 제한기준(Higher Mass Limits, HML) B-더블 차량인데, 뉴 사우스 웨일즈 교통국은 2022년 12월 1일부터 기존 임시 자중계(OBM)를 스마트 자중계(OBM) 시스템으로 전환 및 지능형 접근 프로그램(IAP)에 등록하고 있으며, 임시 자중계(OBM)를 사용하는 운영자는 2024년 5월 31일까지는 스마트 자중계(OBM) 시스템으로 전환하도록 하고 있음
- 또한 퀸즈랜드 주에서도 2022년 12월 1일부터 고(高)중량 제한기준(Higher Mass Limits, HML)에 따라 운영되는 클래스 2 대형차량과 텔레매틱스 장착이 요구되는 일부 클래스 3 대형차량은 기존의 임시 자중계(OBM)를 스마트 자중계(OBM) 시스템으로 전환하도록 하고 있으며, 신규 사용자는 2022년 12월 1일부터 스마트 자중계(OBM)를 장착하며 기존 등록 차량은 전환 기간이 끝나는 2024년 6월 1일까지 스마트 자중계(OBM)로 전환 등록하여야 함

2.2.4. 주요 시사점

(가) 화물차 중량 계중 시스템 기술수준 분석

(1) 화물차 중량 계중 분야 기술수준

○ 저속축중기(LS-WIM: LowSpeed WIM)

- 저속축중기는 저속(10km/h ~ 30km/h: 국가별 기준 상이)으로 주행하는 화물차량의 축하중 (또는 윤하중)을 측정할 수 있는 시스템으로 센서 기술과 제어 기술로 구성됨

<표 41> 국가별 저속축중기 센서 비교

국가	LS-WIM 센서	사용목적	과적단속 사용국가
캐나다	Bending Plate	과적검지 및 교통량	북남미, 유럽, 아시아
미국	Load cell	과적검지 및 상거래	북남미, 유럽, 아시아
스위스	Piezo Quartz	과적검지	유럽
중국	Bending Plate, Quartz	과적검지, 교통량	아시아
한국	Bending Plate, Load cell	과적검지	아시아

* 저속축중기 센서를 생산하는 국가와 센서의 사용목적

- 국가별 저속축중기 센서 성능비교

<표 42> 저속축중기 센서 성능비교(1차로 기준)

구분	Bending Plate	Piezo Quartz	Load cell
정확도 (등급)	상급 (2~3%)	상급 (2~3%)	상급 (2~3%)
가격	중가	고가	중가
설치 방식	절차복잡 (타설-양생-교정) 설치시간: 1일	절차단순 (매설-교정) 설치시간: 4시간	절차복잡 (타설-양생-교정) 설치시간: 1일
단속 편의	효율적	효율적	효율적
고장 수리	가능 : 센서 교체	불가능 : 센서 재시공	가능 : 센서 교체
과적단속	가능	가능	가능

- Bending Plate 성능은 Quartz 센서와 유사하지만, 설치 및 유지관리에서의 불편한 반면 고장수리가 가능하다는 점에서 유지관리의 용이성이 있음

- 저속축중기(LS-WIM: LowSpeed WIM) 센서는 현재 해외 기술에 의존적이며 국내 센서의 시장점유율은 3% 미만으로 신뢰성 및 시장 경쟁력이 매우 낮은 상태임
- 그 이유는 국내 센서의 경우 해외의 센서를 모방하거나 복제하는 수준의 센서들로서 내수에만 제한적으로 사용되기 때문에 국제시장에서는 한국만의 모델로 인정받지 못함
- 생산 및 유통, 설치 용이성, 유지보수성, 가격 경쟁력을 확보하며 국내 환경에 최적화된 센서의 개발이 필요하며, 추가로 국제적 경쟁력을 갖을 수 있도록 지원기술을 포함한 연구개발이 수반되어야 함
- 제어기 시스템 국내외 성능비교

<표 43> 저속축중 제어기 국내외 기술 성능비교

기능	국내 기술	해외 기술
성능(총중/축중 오차율)	2% / 5%	2% / 5%
중량(축, 총중)	수집 가능	수집 가능
영상 서비스	번호인식/적재불량	번호인식(부분)

- 국내 과적단속 시스템의 경우 국내 제어기 시스템과 해외 저속축중기 센서로 구성하며 제어기 시스템의 단속시스템 정확도는 해외기술과 비교하여 동등 이상의 기술력을 가지고 있음
- 국내 저속축중기를 이용한 과적단속 체계는 세계시장을 기준으로 비교하여도 높은 수준의 시스템 운영관리 기술을 보유하고 있으며 함께 운영하는 차량번호인식(LPR) 기술 및 AI 적재불량 선별 기술을 통해 확대 서비스를 제공하고 있음
- 과적단속 시스템 운영기술이 경쟁력이 있음에도 현재의 기술은 더욱 빠르게 발전하는 교통 체계 변화에 맞추어 운영하는데 한계를 가지고 있음
- 한계점으로는 고속도로 스마트톨링 무인 영업소 운영 시 과적단속 업무 불가 문제, 고속도로보다 상대적으로 긴 국도의 경우 국도과적 검문소를 운영할 수 있는 인적·물적 자원확보가 힘들기 때문에 역시 무인 자동화 시스템의 도입이 필요함
- 고속축중기(HS-WIM: HighSpeed WIM)
 - 고속축중기는 고속(30km/h ~ 250km/h: 국가별 기준 상이)으로 주행하는 화물차량의 축하중(또는 윤하중)을 측정할 수 있는 시스템으로 센서 기술과 제어 기술로 구성됨
- 국내 고속축중기 센서 역시 저속과 동일하게 해외 제품의 복제 및 모방 기술의 한계를 벗어나지 못하고 있음
- 고속축중기 센서 운영을 통해 자동/무인 과적단속 시스템을 시범적으로 시행하였으나 센서의 시공 및 유지관리의 한계 그리고 비용적인 부담으로 현재까지는 선별장치로 활용되고 있음
- 고속축중기 센서의 활성화를 위해서는 고속축중기 시스템의 구성 및 운영방안 그리고 제도적으로 계측 결과를 인정받을 수 있는 규정들이 필요함
 - 제어기 시스템 국내외 성능비교

<표 44> 고속축중 제어기 국내외 기술 성능비교

기능	국내 기술	해외 기술
성능(총중/축중 오차율)	±5% / ±10%	±5% / ±10%, ±11%
중량(축, 총중)	수집 가능	수집 가능
영상 서비스	번호인식/적재불량	번호인식(부분)

- 국내 고속축중기 제어기술의 수준은 해외 기술에 비해 동등 이상의 기술력을 확보하고 있음
- 고속축중기 시스템을 구축할 때 국내제어기와 해외 고속축중기 센서를 통해 구축하는데, 센서를 해외제품을 사용하기 때문에 센서 공급업체와 가격 경쟁력에서 매우 불리함
- 고속축중기 센서의 연구개발을 통해 대량 저가의 센서를 생산하여 선별 및 직접단속용으로 사용할 경우 국내외 제품 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료됨
- 이러한 센서 기술력 및 가격 경쟁력의 한계로 국내 고속축중기 요구성능은 해외 국가들에 비해 현저히 낮은 기준을 가지고 있음, 또한, 단속시스템 목적도 직접단속이 아닌 선별장비로 제한적임
 - 국가별 과적단속 성능 기준

<표 45> 국가별 과적단속 성능기준

국 가	성능기준 (오차 %)	
	총중량	축하중
체코	±5%	±11%
헝가리	±5%(OIML 등급: 5)	±8% ~ ±16%(OIML 등급: E-F)
독일	±5%(OIML 등급: 5)	±8% ~ ±16%(OIML 등급: E-F)
대만	±10%	-
미국(주마다 상이)	±5%	±10%
한국(선별 기준)	±10%	±20%

○ 계중기(Truck Scales)

- 계중기 시스템의 경우 국제계량기구의 OIML R76를 기준으로 국가별로 자체 계량법 및 기준을 가지고 운영하고 있으며, 한국의 경우에도 기술표준원에서 비자동저울 기술기준 고시를 통해 관리하고 있음
- 국내의 경우 과적단속 기준이 총중량, 축하중으로 구분되어 있어 동시에 여러 축을 측정할 수 있도록 개량하여 계중 시간을 단축할 수 있도록 함
- 국내에도 Cardinal과 같이 총중량만 측정할 수 있는 계량소가 많이 존재하지만 과적단속을 목적으로 운영하지 않음

○ 국내 계중기 시스템의 정확도는 국내 계량법을 기준으로 삼고 있으며, 국내 계량법이 OIML(국제 법정계량기구)에서 정의한 기술내용이 유사하기 때문에 해외 기술과 동일하다고 판단함

○ 계량기 시스템의 경우 오랜 기간 기술이 정체되어 계측정보의 위변조 및 정보의 유통기술에 있어서는 활용할 수 있는 인프라가 없어 지점 중심의 제한적인 정보 활용이 되고 있으며, 계측된 결과를 공인된 계량증명원을 통해 유통되거나 그 역시 위변조가 가능하기 때문에 신뢰성에 치명적인 약점을 가지고 있음

○ 현재의 계량기술에 정보통신기술을 계량하여 고도화된 시스템으로 정비할 필요가 있으며, 그에 대한 연구개발 항목으로 계중기 시스템의 구조 및 설치에 대한 규격화(표준화)가 필요하며 계중된 정보에 대한 암호화를 기반(블록체인)으로 유통할 수 있도록 운영센터의 구축도 필요함

○ 이동식축중기(Portable scale)

- 과적단속에 사용되는 이동식축중기 센서는 3가지 정도로 분류 가능

<표 46> 이동식축중기 센서

센서모델명	LP 788	WL 108	SAW 15C III
제조국가	미국	스위스	캐나다
제품사진			
측정 범위	0 ~ 15 ton	0 ~ 15 ton	0 ~ 15 ton
눈금 단위	50 kg	50 kg	1 ~ 50 kg
사용 온도	-10 ~ 60℃	-20 ~ 60℃	-20 ~ 40℃
허용 오차	OIML Class 4 NTEP Class4	-	OIML ±0.25%(0~2.5 ton) OIML±0.5%(2.5~10ton) OIML±0.75%(10~15ton)
구 조	IP65	IP65	IP65
감지 센서	로드셀	유압 + 스트레인 게이지	밴딩플레이트
Back Light	O	O	O
자동영점	O	X	O

- 해외 인디게이터의 경우 자사의 제품만 사용할 수 있지만 국산 인디게이터는 해외 이동식축중기 모두 호환이 가능하여 경쟁력이 있음
- 해외 인디게이터의 경우 동시에 2대의 이동식 축중기와 연결되어 축단위 계중이 가능하지만 국산 인디게이터의 경우 동시에 6대의 이동식 축중기와 연결되어 차량 한대 계중 절차가 상대적으로 편리함

○ 이동식 축중기의 경우 과적단속 보완 시스템으로 많이 활용되고 있으며 국내 인디게이터의 경우 개량작업이 이루어져 4대 이상의 이동식 축중기 연결이 가능하도록 하여 경쟁력이 있으며, 향후 온라인 연결을 통해 계측 정보를 수집할 수 있도록 기술개발을 진행

(나) 자중계 분야 기술수준 분석

(1) 자중계 시스템 해외 운영사례 및 기술 분석



<표 47> 자중계 운영국가 사례

국가	사례
미국	1970년 이후 20%/년 정도의 성장 법이 허용하는 범위 내에서 최대한 적재하는 것이 경제적이란 인식 자중계로 인한 정량 적재는 도로보수 및 차량 유지보수 비용도 절감, 운송주가 비용을 부담하는 방식으로 2005년 현재 약 300만 대 장착
독일	경찰국에서는 운송업자와 화주가 과적 방지를 위해 택하는 방법으로 아래와 같은 사항을 권장함 <ul style="list-style-type: none"> • 화물차에 적재 시 총중량뿐 아니라 축하중의 확인이 필요함 • 총중량, 축하중 측정이 가능한 차량 설치용 자중계 도입 • 사실 축하중 측정장치를 늘려 화물차의 도로 진입 전 과적 여부 확인
대만	일본과 유사하게 과적과 관련하여 차량에 부착하는 자중계의 의무 장착을 법제화

- 자중 센싱 시스템의 법제화(의무 장착)에 따른 활용범위는 아직 제한적임
- 국내 자중계 관련 기술기준은 일본과 대만의 기술기준을 참고하여 기술 신뢰 기준 및 관리 기준에 대한 보완이 필요함
- 자중계 시스템은 설치가 간편하여 차량의 구조 변화 없이 설치 운용이 가능하고, 운행 중 또는 정지시 모두 계측이 가능하므로 계측 이력을 통해 화주는 차량 운행 관리 및 적재물 관리가 가능한 장점을 가지고 있음

(2) 자중계 제조사(국가)별 성능비교

<표 48> 제조사별 자중계 현황

제조사	국가	제품명	사진	센서 종류	정확도
(주)유디코	한국	트럭캘리버		경사센서	±3~5%
VEI	이탈리아	HELPERX		로드셀	±1%
Vulcan	미국	VSL		에어센서	±1%
Liftow	캐나다	Safe-Weigh		유압식	±1%
Sensy	벨기에	ON-BOARD WEIGHING LOAD CELLS		로드셀	±0.5%
KIMAX	덴마크	KIMAX 1air		에어센서	±2%
MOBA	미국	Overload avoidance system		로드셀	±3%

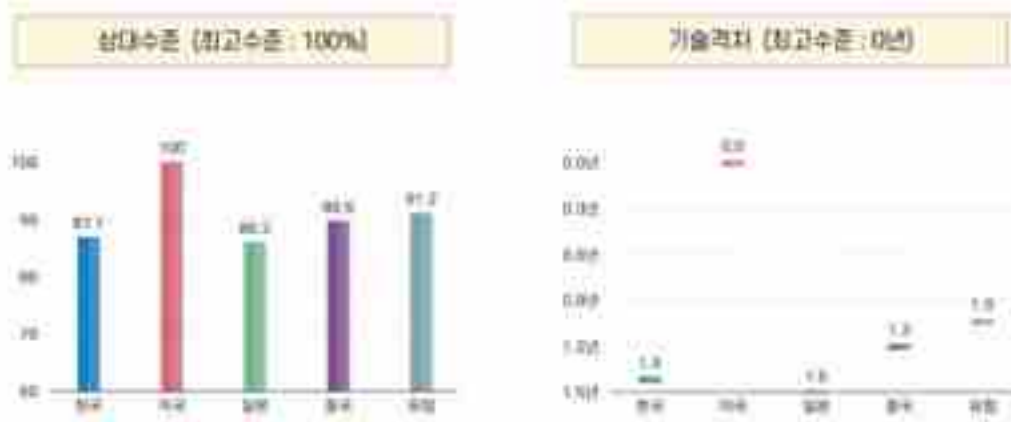
(다) 화물차 중량 관리센터 분야 기술수준 분석

(1) 화물차 중량관리 통합 플랫폼 분야 기술수준

- 과적차량으로 인한 SOC 수명단축과 교통사고에 미치는 영향이 큼에 따라서 각국에서는 과적단속을 시행하고 있음. 각국의 과적단속 시행 현황은 과적검문소들을 연계, 수집을 통하여 센터 단위에 통합 관리하는 경우와 개별 계량소별로 별도로 관리하는 것으로 구분됨
- 미국, 유럽과 같은 곳에서는 과적검문소들의 자료를 연계하여 개별 계량소별 단위 운영에서는 얻을 수 없는 정책적, 기술적인 효과를 얻고 있음
- 미국 미네소타 주의 경우 12개 WIM Site를 연계를 바탕으로 데이터 웨어하우스와 분석 SW 패키지를 활용하여 WIM 자료를 분석, 그 결과를 활용하고 있음. 이를 통하여 관련 업무 수행에서 효율성을 높이는 기회가 되었음
- 미국의 NCDOT가 후원하는 MEPDG 프로젝트에 사용되는 45개소의 WIM 측정소를 통해서 수집되는 100Gigabyte의 데이터가 저장되고 이들을 대상으로 WIM 자료를 대상으로 분석에 활용하고 있음. 현장에서 수집된 WIM 데이터는 분석하기 전에 품질을 확인하기 위해서 품질관리 절차를 거치게됨. 이와 같은 과정에서 불완전한 데이터셋, 차종별 계측될 수 있는 범위를 벗어난 데이터의 확인 등이 이루어지고 있음
- NC 주립대학에서 NCDOT를 위해서 개발한 QC절차는 포괄적인 오류를 수정에서 제시한 개선된 방안으로 큐브분석 방법을 통하여 WIM 데이터베이스 시스템에 대한 품질 관리 절차를 수행하는 것이다. 이와 같은 방법을 통하여 데이터의 구조적 시각화를 통해 문제를 보다 쉽게 식별하고, 오류를 수정하며, 데이터 품질을 향상 시키는 것으로 되어 있음

(2) 블록체인 기술수준 조사

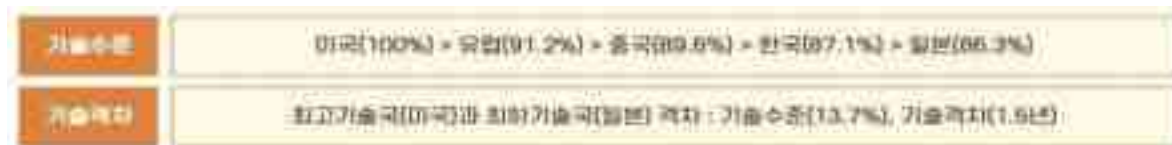
- 블록체인 분야의 세계최고 기술국(미국: 100%, 0년) 대비 상대적 기술수준 및 기술격차



<그림 72> 블록체인 상대적 기술수준 조사

(3) 국내 블록체인 기술의 해외대비 기술수준 평가

- 미국은 전 세계에서 가장 활발한 메인넷 개발 국가. 특히, 세계최대 금융 및 IT 시장으로써 블록체인 관련 비즈니스 투자규모가 지속 증가하며 최고 기술국 유지
- 한국은 ETRI 등 정부R&D 및 민간사업으로 대규모 트랜잭션 고속처리 및 분석기술 개발 등 사례 증가와 산업융합 기술 적용이 활발하나, 미국의 블록체인 네트워크 기술의 비약적인 발전 등으로 현상유지 수준



<그림 73> 블록체인 기술수준 및 격차

구분	상대수준(100%)										기술격차(연년)										
	한국		미국		일본		중국		유럽		한국-미국-일본-중국-유럽										
	기준	비율	기준	비율	기준	비율	기준	비율	기준	비율	2022	2023	2024	2025							
공통기준	99.9	100	100.0	100	100	100	99.7	99.8	99.7	99.3	93.1	91.2	91.2	94.2	94.2	1.1	0.0	1.2	1.0	0.0	
시스템 (디지털 트윈)	83.0	93.4	85.6	100	100	100	82.5	82.5	82.5	87.0	89.0	89.0	94.3	94.3	94.3	1.0	0.0	1.0	1.7	1.1	
나노입자 및 정밀서비스 산업	84.7	85.1	85.7	100	100	100	85.8	85.5	85.3	85.5	89.4	89.9	90.4	90.3	90.4	1.7	0.0	1.5	1.2	1.0	
물리 보안	83.4	85.5	85.5	100	100	100	83.4	84.4	84.8	83.7	86.4	86.2	85.0	86.2	87.2	1.5	0.0	1.6	1.4	1.3	
융합 보안	88.9	92.4	92.0	100	100	100	89.3	89.8	90.9	91.8	93.0	93.2	91.2	91.2	91.5	1.0	0.0	1.1	0.8	0.9	
양자 (양자통신)	85.9	87.4	87.9	100	100	100	85.9	86.3	86.0	88.2	90.2	90.3	90.5	91.4	91.0						
합계	87.1		100				86.3			85.6			91.2			1.4	0.0	1.5	1.2	1.0	
2022	87.1		100				86.3			85.6			91.2			1.4	0.0	1.5	1.2	1.0	
2023	87.1		100				86.3			85.6			91.2			1.4	0.0	1.5	1.2	1.0	

<그림 74> 블록체인 기술수준 및 격차 세부 내용

(라) 주요 시사점

(1) 화물차 중량 계중 기술

- 화물차 중량 계중 기술들이 기존 저정밀한 과적단속 시스템으로 활용되고 있으나 향후 육사-해상 통합 중량정보 연계 및 사전 계중차량의 “중량 재검측 면제 서비스”를 위해서는 고정밀한 24시간 무인 자동화된 과적단속 시스템을 위한 연구개발이 필요함
- 과적단속을 위해 기술적으로 필요한 기술은 무인운행을 위해 필요한 AI 센싱 기술 및 원격 운영관리 기술 고도화가 필요함
- 미래 자동/무인 과적단속 시스템을 현장에 적용하기 위해서는 시스템의 규격화(표준화), 운영에 필요한 제도적 뒷받침, 무인 운영관리에 필요한 기술적 신뢰성 확보 방안이 확보되어야 함
- 과적단속 시스템 외 중량계중 시스템의 규격화 및 고도화를 통해 수집된 정보를 보안 및 통신을 기반으로 유통구조를 만들어 공공기관 및 민간기관이 정보를 활용할 수 있다면 경제적/사회적 비용의 감소 효과를 얻을 수 있음
- 추가적으로 화물차 교통체계에 관한 지속적인 추적연구 환경을 구축할 수 있음

(2) 블록체인 기술

- 블록체인 기술은 지속적인 발전을 거듭하고 있으며, 향후 다양한 분야에서 더욱 활발하게 활용될 것으로 전망되며 특히, IoT, 인공지능, 빅데이터 등 다른 기술과의 융합을 통해 새로운 가치를 창출할 것으로 기대하고 있음
- 최근 블록체인 기술은 금융 및 사이버 보안, 결제, 신원인증 시스템 등 다양한 분야로 블록체인 기술의 사용 영역이 확대되고 있으며, 이는 기존의 블록체인 원천 기술과 코인 거래 위주의 블록체인 시장이 다양한 방면에서 서비스 위주의 블록체인 시장으로 변화되고 있음을 의미함
- 블록체인이 갖는 데이터의 무결성과 불변성은 화물차 중량 데이터의 위변조를 방지하여 투명하고 신뢰성 있는 중량 관리 시스템을 구축할 수 있도록 함
- 또한, 자기 주권 신원인증 강화는 화물차 운전자 및 운송업체의 책임 소재를 명확히 하고, 부정행위를 방지하는 데 이바지할 수 있음
- 국내 블록체인 기술의 성숙도는 이미 높은 수준에 도달하여, 위변조 방지 및 실시간 데이터 공유 등 화물차 중량관리에 필요한 핵심 기능을 충분히 구현할 수 있으며, 이는 국내 기술력만으로도 효과적인 블록체인 기반 중량관리 시스템 구축이 가능하며, 해외기술 의존도를 낮추고 국내 블록체인 산업 발전에도 이바지할 수 있음
- 블록체인 기술은 단독으로 활용되기도는 다른 산업과의 융합을 통해 더 큰 가치를 창출하는 특징을 가짐

- 따라서 화물차 중량관리 시스템 구축에서도 블록체인 기술 자체에만 집중하기보다는 자중계 등 중량관리 현장 설비 관련 기술과의 융합을 적극적인 모색이 필요함
- 또한, 성공적인 시스템 구축을 위해서는 정부 주도의 기술 개발 및 융합 지원이 필수적임

(3) 테스트베드 기반 실증연구

- 국내 중량정보 수집 및 유통 활용을 위한 정책적, 기술적, 산업적, 시장적인 환경 분석 결과
- 연구개발 성과 검증을 위해 항만 터미널 등 화물차 밀집 구간에 다수의 실증사이트를 구축하여 실제 현장과 센터 간의 시범운영을 통해 정보 연계의 적정성 등 충분한 기능/성능검증이 필수적임
- 중량정보의 신뢰성 확보를 위해 계측장비 자체의 정확도 확보
- 중량정보 수집용 계측장비의 성능을 보증할 수 있는 성능평가, 인증 및 검교정 제도
- 중량정보 유통을 위한 데이터 표준과 정보교환 표준 및 법제도 마련 등이 필요

2.3. 국내외 연구개발 현황 분석

2.3.1. 연구개발 투자 현황 분석

- 미국
- 국외 R&D 현황

연구과제명 및 내용	수행기관	연구기간	연구비	발주기관
[과제명] Study on heavy vehicle on-board weighing [내용] 자중계 센서의 기술적 분석, 화물차에 의무화 하는 비용 추정 및 정확성, 신뢰성, 실용성 및 비용 간 합리적인 솔루션 모색 등	Transport & Environment	2013	-	Belgium
[과제명] OBW implementations utilizing existing equipment [내용] 유럽 내 자중계 도입 입법화를 위한 정의 및 구현 방안에 대한 연구	European Automobile Manufacturers Association	2017	-	EU
[과제명] Smart Enforcement of Transport Operations [내용] '원클릭' 원칙을 사용하여 실시간으로 운송 및 안전 법규를 스마트하게 시행하는 데 필요한 모든 정보에 액세스할 수 있도록 하는 혁신적인 디지털 솔루션을 제공하고, 특히 WIM 중 운행 중 축중계 및 자중계를 사용하여 과적차량을 직접 단속하기 위한 혁신적인 기술(위성항법장치 및 통신기술 등)을 개발하는 내용임	UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN	2023~2026	4백만 유로	EU

- 미연방 고속도로 관리국(FHWA)은 주도로 WIM 기술개발 및 도로 관리 시스템 연구에 지속적인 투자가 이루어지고 있으며, WIM 기술의 정확도 향상, 데이터 활용 증대, 시스템 효율성 개선 등을 목표로 다양한 연구 및 사업에 투자하고 있음
 - 고속 WIM(HS-WIM) 기술개발 : 고속 주행 중인 차량의 중량을 정확하게 측정하기 위한 센서 기술, 데이터 처리 알고리즘 개발 등
 - 교량 및 도로 모니터링 시스템 구축 : WIM 데이터를 활용하여 교량 및 도로의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 유지보수 계획 수립에 활용하는 시스템 개발 등
 - 데이터 분석 및 활용 기술개발 : WIM 데이터를 포함한 다양한 도로 관련 데이터를 통합 분석하여 교통흐름 예측, 도로 안전 개선, 물류 효율성 향상 등에 활용하는 기술개발
 - 표준 및 지침 개발 : WIM 시스템의 설치, 운영, 데이터 관리 등에 대한 표준 및 지침 개발을 지원하여 데이터의 신뢰성 및 상호 운용성을 확보
 - 파일럿 프로젝트 및 실증 사업 : 개발된 기술을 실제 도로 환경에 적용하여 성능을 검증하고, 효과를 분석하는 파일럿 프로젝트 및 실증사업 추진

○ FHWA의 WIM 관련 프로젝트 사례

- Long-Term Pavement Performance(LTPP) 프로그램 : LTPP 프로그램은 도로포장의 장기적인 성능을 연구하는 FHWA의 대표적인 프로그램으로 WIM 데이터를 활용하여 도로포장의 수명 예측, 유지보수 전략 개발 등에 활용하고 있으며, 수십 년에 걸쳐 수억 달러를 투자함
- Every Day Counts(EDC) 이니셔티브 : EDC는 FHWA가 추진하는 기술 혁신 및 보급 촉진 이니셔티브로, EDC의 단계별 개발계획에 WIM 기술, 데이터 활용 기술 등이 포함되어 있으며, 각 단계마다 수백만 달러의 예산을 투입함
- Strategic Highway Research Program 2(SHRP2) : SHRP2는 도로 안전, 용량, 신뢰성, 수명 등을 개선하기 위한 대규모 연구 프로그램으로, WIM 데이터를 활용한 연구가 진행되었으며, 총예산 규모는 수억 달러에 달함

○ 민간기업에서도 고속 WIM 센서, 데이터 분석 알고리즘, 스마트 중량 센서 등 다양한 기술 개발에 적극적으로 투자하고 있음

- International Road Dynamics(IRD) : IRD는 WIM 시스템, 센서, 소프트웨어 등 전반적인 솔루션을 제공하는 대표적인 기업으로 고속 WIM 시스템, 저속 WIM 시스템, 휴대용 측정기 등 다양한 제품군을 보유하고 있으며, 전 세계적으로 널리 사용되고 있습니다. 특히, 퀴츠 센서 기술 분야에서 강점을 가지고 있음
- SICK AG : SICK는 센서 기술 분야의 글로벌 리더로서, WIM 시스템에 사용되는 다양한 센서(로드셀, 광학 센서 등)를 제공하며, 높은 정밀도와 신뢰성을 자랑하는 센서 기술을 바탕으로 WIM 시스템의 성능 향상에 기여하고 있음
- Kistler Instrument Corp. : Kistler는 스위스에 본사를 두고 있으며 압전센서 기술 분야의 선두 주자로서, 고속 WIM 시스템에 적합한 고정밀 센서를 제공하며, 특히, 퀴츠 센서 기술을 활용한 WIM 시스템에서 높은 정확도를 구현하는 데 중요한 역할을 함
- Measurement Specialties, Inc.(TE Connectivity) : TE Connectivity는 다양한 센서 및 연결 솔루션을 제공하는 기업으로, WIM 시스템에 사용되는 로드셀, 압력 센서 등을 공급하며, 광범위한 센서 포트폴리오를 통해 다양한 WIM 시스템 요구사항을 제시하고 있음

□ 유럽

○ 유럽 연합(EU)은 주로 Horizon Europe, Connecting Europe Facility(CEF) 등의 프로그램을 통해 WIM 기술 개발에 투자를 진행하고 있음

○ 이러한 프로그램들은 연구, 혁신, 인프라 구축 등 다양한 분야를 지원하며, WIM 기술은 스마트 교통 시스템(ITS), 디지털 전환, 지속 가능한 운송 등과 관련된 맥락에서 지원하고 있음

- Horizon Europe : EU의 핵심 연구 및 혁신 프로그램으로, 다양한 분야의 연구 및 혁신 프로젝트에 자금을 지원하며, WIM 기술은 "스마트, 그린, 통합 운송" 클러스터 등의 영역에서 지원을 받을 수 있으며, 고속 WIM 기술, 데이터 분석 및 활용, 교통 모델링 등과 관련된 프로젝트들이 진행되고 있음
- 투자 금액은 프로젝트별로 다르지만, Horizon Europe 전체 예산 규모가 955억 유로(약 135조 원)에 달하는 것을 고려할 때, WIM 관련 연구에도 상당한 규모의 투자가 이루어지고 있음을 추정할 수 있음
- Connecting Europe Facility(CEF) : EU의 핵심 인프라 투자 프로그램으로, 운송, 에너지, 디지털 네트워크 등 유럽 전역의 인프라 구축 및 개선을 지원함
- WIM 시스템 구축은 CEF의 "운송" 분야에서 지원받을 수 있으며, 특히 유럽 전역의 주요 도로망에 WIM 시스템을 구축하여 데이터를 수집하고 활용하는 프로젝트들이 진행되고 있음
- CEF의 운송 분야 예산은 2021년부터 2027년까지 258억 유로(약 36조 원)이며, 이 중 일부가 WIM 시스템 구축에 투자되고 있음

○ CEF의 WIM 시스템 구축은 국경을 통과하는 주요 도로구간에 WIM 시스템이 집중적으로 투자가 되고 있으며 주요 사업내용은 다음과 같음

- 유럽 전역 WIM 네트워크 구축 : 주요 고속도로 및 간선 도로에 WIM 시스템을 설치하여 유럽 전역의 중량 데이터를 수집하고 활용하기 위한 기반 마련
- 국경 간 데이터 교환 시스템 구축 : 국가 간 WIM 데이터 교환을 위한 표준 및 시스템 구축을 통해 효율적인 과적단속 및 도로 관리 지원
- WIM 데이터 활용 플랫폼 구축 : 수집된 WIM 데이터를 다양한 사용자들이 활용할 수 있도록 데이터 공유 플랫폼 구축

□ 일본

- 일본은 국가적인 차원에서 "Society 5.0"이라는 초스마트 사회 구현을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 IoT, 빅데이터, AI 등의 기술을 활용한 스마트 인프라 구축에 힘쓰고 있음
- WIM 기술 역시 이러한 흐름 속에서 도로 관리 효율성 향상, 교통안전 증진, 물류 최적화 등을 위한 핵심기술로 인식되고 있으며, 다음과 같은 분야에 연구 개발 투자가 이루어지고 있음
 - 고정밀 WIM 센서 개발 : 온도변화, 진동 등 외부 환경 요인에 영향을 덜 받는 고정밀 WIM 센서 개발에 투자를 집중하고 있으며, 특히, 유지보수 비용 절감을 위한 내구성 향상 및 무선통신 기술과의 연계에 중점을 두고 있음
 - WIM 데이터 활용 기술 개발 : 수집된 WIM 데이터를 활용하여 도로포장 상태를 실시간으로 모니터링하고, 교량의 안전성을 평가하며, 교통흐름을 분석하는 기술개발에 투자를 진행하고 있으며, 또한, AI 기반의 데이터 분석 기술을 활용하여 과적 차량 예측 및 단속 효율성 향상 연구도 진행하고 있음
 - 스마트 교통 시스템(ITS)과의 연계 : WIM 데이터를 다른 ITS 시스템(예: 교통관제 시스템, 튜링 시스템)과 연계하여 시너지 효과를 창출하는 연구를 추진하고 있으며, 예를 들어, WIM 데이터를 활용하여 실시간 교통 정보를 제공하거나, 혼잡 구간의 우회 경로를 안내하는 시스템 개발 등이 진행되고 있음
 - 자율주행 및 화물 운송 효율화 : WIM 데이터를 자율주행 차량의 안전운행 및 화물 운송 효율화를 위한 정보로 활용하는 연구도 진행되고 있으며, 예를 들어, 화물 적재량에 따른 차량의 주행 성능 변화를 분석하여 자율주행 알고리즘을 개선하거나, 최적의 화물 운송 경로를 설정하는데, WIM 데이터를 활용하는 연구 등이 이루어지고 있음

□ 중국

- 중국은 국가 주도로 "신형 인프라 건설(新基建)" 정책을 추진하며, 디지털 인프라, 스마트 교통 인프라(ITS) 등에 대규모 투자를 하고 있음
- WIM 기술은 이러한 정책의 중요한 구성 요소로, 고속 WIM 기술개발 및 활용, 빅데이터 분석, AI 기반 교통관리시스템 등 다음과 같은 분야에 연구개발 투자가 이뤄지고 있음
 - 고속 WIM 기술개발 및 보급 확대 : 고속도로 및 주요 간선 도로에 고속 WIM 시스템 구축을 확대하고 있으며, 측정 정확도 향상 및 시스템 안정성 확보를 위한 연구 개발에 투자하고 있으며, 특히, 교통흐름에 미치는 영향을 최소화하면서 과적단속 효율성을 높이는 기술개발에 중점을 두고 있음
 - WIM 데이터 활용 플랫폼 구축 : 수집된 WIM 데이터를 도로관리, 교통계획, 물류 최적화 등 다양한 분야에 활용하기 위한 데이터 플랫폼 구축에 투자하고 있으며, 특히, 빅데이터 분석, 클라우드 컴퓨팅, AI 등의 기술을 활용하여 데이터 활용 가치를 극대화에 중점을 두고 있음
 - AI 기반 과적단속 및 예측 시스템 개발 : WIM 데이터, 교통 데이터, 날씨 데이터 등을 AI 기술로 분석하여 과적차량을 실시간으로 단속하고, 과적 발생 가능성을 예측하는 시스템 개발에 투자가 이뤄지고 있으며, 이를 통해 단속 효율성을 높이고, 과적으로 인한 도로 파손을 예방하는 것을 목표로 하고 있음
 - 차량-도로 협력 시스템(V2I)과의 연계 : WIM 데이터를 V2I 시스템과 연계하여 차량운전자에게 도로상황, 교통정보, 과적위험경고 등을 제공하는 서비스 개발 연구도 진행하고 있음

□ 한국

- 국토교통부, 한국도로공사 등을 중심으로 WIM 기술개발 및 활용, 도로 관리 시스템 개선 등에 대한 연구 개발이 진행되고 있음
- 민간기업에서도 WIM 센서, 데이터 분석 솔루션 등 관련 기술개발에 참여
- 상용차용 자중계 시스템은 차량에 직접 장착되어 적재하중과 총 하중을 측정하는 기술로, 최근 상용차 및 건설차량 분야에서 주목받고 있으며, 스마트 자중계 기술은 물류 및 교통 관리의 효율성을 높이고 과적 방지를 위한 필수 기술로 자리 잡고 있다. 국내외에서 스마트 자중계 기술개발을 위한 연구개발(R&D) 투자가 꾸준히 증가하고 있으며, 정부 및 민간기업이 협력하여 기술 발전을 도모하고 있음
- 국내 R&D 현황

<표 49> 국내 R&D 현황

연구과제명 및 내용	수행기관	연구기간	연구비	발주기관
[과제명] 법정계량기 수준 정확성을 확보하는 화물차용 스마트 무선 네트워크 자차하중 측정장치 개발 [내용] 다양한 축 형태에 적합한 축하중 센서 개발과 화물차 축 형태 분석 및 센서 요구사항 분석하고 판스프링용 Plate형 로드셀 개발 (싱글 축, 텐덤 축)	유디코	2015	2.4억원	중소기업청
[과제명] 주행차량 자동저울 분야 국제공인시험(OIML-R 134) 장비 개발 [내용] 스트레인게이지 방식의 전단빔 센서를 통해 하중 크기에 따라 신호크기도 비례하는 기술 적용으로 측정기능 개선 타이어 자국을 적용한 세부 차중분류 자동화 기술	삼인 데이터 시스템 (주)	2018	1.8억원	중소벤처기업부
[과제명] 5톤 상용차용 축중량 감지 기반 자동 가변 축 제어 시스템 개발 [내용] 화물 적재시 차량축의 수직 방향으로 전달되는 하중을 직접적으로 검출하는 모듈형 축하중 측정 모듈 설계 및 개발과 축하중 측정 센서 모듈 개발, 가변축 시제품 개발	(주) 지에스엠	2018	5억원	산업통상자원부
[과제명] 상용차 자동가변축 시스템 로드세이버(Loadsaver)의 악천후 및 주행 환경 평가를 통한 신뢰성 수명 개선 [내용] 상용차 자동가변축 시스템 로드세이버의 흑한기/흑서기/장마철 환경에서 로드센서 및 ECM 시험평가하고 수명데이터 분석을 통한 보증수명 제시 또는 수명예측 및 필드 테스트	(주) 아이투 에이 시스템즈	2023	3.3억원	산업통상자원부
[과제명] AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발 [내용] 다차로 고속주행 환경에서의 과적 의심차량 검지 시스템 실증 및 고도화	(주) 유디엔에스	2022.~2026.	98억원	국토교통부
[과제명] u-ICT를 이용한 가축분뇨 통합관리 시스템 개발(농업현장실용화기술개발) [내용] 개별/지역/국가 단위 가축분뇨 처리시설의 u-ICT 기반 통합관리체계 구축 및 경제성 분석	건국대학교	2011	2억원	농촌진흥청
[과제명] u-ICT를 이용한 가축분뇨 통합관리 시스템 시범구축 [내용] USN 및 Web-GIS 기반 가축분뇨 통합관리체계 시범구축 및 표준화 방안 도출	(주) 한국 지오매틱스	2012	0.8억원	농촌진흥청
[과제명] u-ICT를 이용한 가축분뇨 통합관리 시스템 설계요소 도출 및 시범운용 [내용] 가축분뇨 관리 시스템 시범운영, 운영성과 평가 및 보완 후 최종 성과 발표 추진	건국대학교	2012~2013	2.6억원	농촌진흥청
[과제명] 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축 [내용] 가축분뇨 통합관리 행정제도 개발, 양분관리 시스템 구축, 잉여양분 품질관리 및 비즈니스모델 실증화 추진	상지대학교 산학협력단	2016~2018	6.74억원	농림축산식품부

2.3.2. 연구개발 인프라 현황 분석

□ 미국

- 미국은 FHWA의 터너-페어뱅크 고속도로 연구 센터(TFHRC) 등 정부 연구기관과 대학, 민간기업의 연구소가 협력하여 연구를 진행하고 있으며, 연방정부 차원의 표준 및 지침은 다음과 같음
 - Traffic Monitoring Guide (TMG) : 교통 모니터링 전반에 대한 지침으로, WIM 데이터 수집, 품질 관리, 활용 등에 대한 내용이 포함되어 있으며, 특히, WIM 데이터의 정확도 및 신뢰성 확보를 위한 절차와 기준을 상세히 제시하고 있음
 - Highway Performance Monitoring System (HPMS) Field Manual : HPMS 데이터 수집 및 보고에 대한 지침으로, WIM 데이터를 HPMS에 통합하는 방법에 대한 내용이 포함되어 있으며, HPMS는 국가 차원의 도로 성능 분석을 위한 중요한 데이터베이스로, WIM 데이터는 도로 설계, 유지보수, 정책 결정 등에 활용됨
- 각 주정부의 교통부(DOT)는 연방정부 지침을 바탕으로 자체적인 WIM 운영지침을 마련하여 운영함
 - 지침 주요 내용 : WIM 시스템의 설치 위치 선정, 장비 선정, 데이터 품질 관리 절차, 데이터 활용 방안 등
- American Society for Testing and Materials (ASTM International)는 다양한 산업 분야의 표준을 개발하는 기관으로, WIM 장비의 성능평가, 교정절차, 데이터 품질관리 등에 관한 표준을 제공함
 - ASTM E1318 - Standard Specification for Highway WIM Systems : 고속도로 WIM 시스템의 최소 성능 요구 사항과 WIM 시스템의 유형(예: 판형, 굽힘판형, 압전 센서 등), 설치, 교정, 시험 방법 등에 대한 기준을 제시하고 있음
 - 또한, WIM 시스템의 정확도 등급 (예: Class I, Class II, Class III 등)을 정의하여 데이터의 활용 목적에 따른 적절한 시스템 선택을 지원함
 - ASTM E2938 - Standard Test Method for Evaluating the Performance of HS-WIM Systems : 고속 WIM 시스템의 성능을 평가하는 시험 방법을 구체적으로 제시한 표준으로 다양한 속도 및 하중 조건에서의 시험절차, 데이터 분석 방법, 성능지표 등을 제시하고 있음
 - ASTM E2771 - Standard Practice for Calibration of WIM Systems : WIM 시스템의 교정절차에 대한 지침을 제공하는 표준으로 정적 중량측정을 이용한 교정방법, 현장 교정방법 등을 포함하여 정기적인 교정을 통해 WIM 시스템의 정확도를 유지하는 용도로 사용
- International Society for Weighing and Measurement (ISWM)는 계량 및 측정 관련 국제 협회로, WIM 기술, 설치, 운영, 데이터 분석 등에 대한 교육 및 훈련 프로그램을 제공하며, 이 프로그램을 통해 WIM 시스템의 정확도 관리 및 데이터 활용에 대한 지식을 습득과 자격증 프로그램을 운영하여 WIM 관련 전문가를 양성하고, 업계의 전문성을 향상시키는 데 기여하고 있음

□ 호주

- 호주는 차량의 실시간 중량 측정을 위해 On-Board Mass(OBM) 시스템을 도입하였으며, 이는 과적 방지, 도로 안전 향상, 물류 효율성 증대를 목표로 한다. OBM 시스템은 차량 조합의 모든 축을 모니터링하며, 측정된 중량 데이터를 IAP(Intelligent Access Program) 시스템에 제공하도록 설계되었다. 호주 교통 인증기관인 Transport Certification Australia(TCA)가 승인된 OBM 시스템을 관리
- 고중량 운행 차량에는 OBM 시스템이 의무 적용되며, 퀸즐랜드주는 2024년 6월 1일부터 모든 고중량 차량의 TMA 등록을 필수화하였다. 또한, 빅토리아주와 뉴사우스웨일스주는 특정 고중량 차량에 대해 IAP 또는 TMA 등록을 요구하고 있다. Smart OBM 시스템을 활용해 트럭과 트레일러의 온보드 중량을 측정 및 수집하고, 주간 또는 월간 단위로 데이터를 보고
- 이를 통해 과적 차량 감소, 도로 안전성 향상, 물류 운영 최적화, 규제 준수 향상 등의 효과를 기대할 수 있으며, 이는 일본의 자중계 의무화 사례와 유사한 대형 차량의 안전 관리 및 과적 방지 조치로 볼 수 있음

□ 유럽

- 유럽은 EU 차원의 지침 및 CEN 표준을 중심으로 WIM 시스템의 운영 및 데이터 활용에 대한 기준을 제시하고 있음
 - EN 13425:2003 - Road weigh-in-motion systems - Functional requirements and testing 이 표준은 WIM 시스템의 기능적 요구사항 및 시험방법에 대한 기준을 제공하며, WIM 시스템의 정확도, 신뢰성, 내구성 등을 평가하는데 사용
 - CEN/TS 16834:2015 - Weigh-in-motion of road vehicles - Part 1: Vocabulary and classification 이 기술사양은 WIM 시스템과 관련된 용어 및 분류 정의와 WIM 기술에 대한 이해를 돕고, 관련 문서 및 표준 간의 일관성을 유지하는 목적으로 제정됨
- 각 회원국들은 이러한 기준을 기반으로 자체적인 지침을 마련하여 운영하고 있으며, 데이터 상호 운용성 확보 및 ITS와의 연계 등 다양한 노력을 기울이고 있음
- COST (European Cooperation in Science and Technology)는 유럽의 연구 협력 프로그램으로, 다양한 과학 기술 분야의 연구 프로젝트를 지원하며, COST 323 프로젝트는 "Weigh-in-Motion of Road Vehicles"라는 주제로 진행되어, WIM 시스템의 성능 평가, 데이터 품질 관리, 표준화 등을 목표로 수행됨
- COST 323 프로젝트의 주요 성과
 - WIM 시스템의 정확도 분류 체계 개발 : 다양한 유형의 WIM 시스템에 대한 정확도 등급 (예: Class 0.5, Class 1, Class 2 등) 을 정의하여 데이터의 활용 목적에 따른 적절한 시스템 선택을 지원함
 - WIM 시스템 성능평가 방법 제시 : 현장시험 및 데이터 분석을 통해 WIM 시스템의 성능을 평가하는 방법을 제시함
 - 유럽 WIM 표준의 기반 마련 : COST 323 프로젝트 결과는 이후 유럽 WIM 표준(EN 13425) 의 기반이 되었으며, 프로젝트 결과물은 WIM 시스템의 성능평가 및 데이터 활용에 대한 지침, 권장사항 등을 담고 있는 기술 보고서 형태로 발표됨
- 유럽연합(EU)은 도입하여 과적 방지, 도로 안전 향상, 물류 효율성 증대를 위해 온보드 계량 시스템(OBW)을 도입. 이 시스템은 차량의 실시간 중량을 측정하여 도로 인프라 보호와 교통 안전 강화를 목표로 함
- OBW 시스템은 차량의 총중량 및 축하중을 측정하며, 측정된 데이터를 CEN DSRC(단거리 전용 통신) 표준을 통해 당국 및 운전자에게 제공. 또한, C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems) 표준을 준수하여 트럭 및 트레일러 간 데이터 호환성을 보장해야 함
- 각 EU 회원국은 OBW 시스템 설치를 의무화할 수 있으며, 일부 특수 차량(액체 수송 탱크 트럭, 가축 운송 차량 등)은 면제 대상이 될 수 있다. 디지털 타코그래프(운행기록계)와 유사한 보안 시스템을 적용하여 데이터 조작을 방지하며, EU 공인 기관의 보안 인증(Common Criteria)을 획득한 시스템만 사용 가능
- OBW 시스템은 설치 후 2년마다 정기 검사를 받아야 하며, 이후에는 4년마다 반복 검사를 진행. 2021년 5월 27일부터 기초 기능(무게 측정 및 데이터 전송)이 도입되었으며, 2024년 5월 27일부터는 C-ITS 기반의 첨단 무선 통신 기능이 추가
- OBW 시스템은 N2, N3 화물차와 M2, M3 버스 및 이들이 견인하는 O3, O4 트레일러에 적용. 면제 차량도 중량 검사를 받을 수 있으며, 규정 위반 시 과태료가 부과될 수 있음. 이 제도의 시행으로 과적 차량 감소, 도로 안전성 향상, 물류 운영 최적화, 환경 보호(배출 규제 준수) 등의 효과 기대

□ 일본

- 일본은 국토교통성을 중심으로 WIM 기술 개발 및 활용에 힘쓰고 있으며, 도로 관리, 교통 안전, 물류 효율화 등 다양한 목적을 위해 WIM 시스템을 운영하고 있음
 - 일본의 WIM 관련 연구개발 인프라 현황은 다음과 같음
-

- 국토교통성 (MLIT) : 일본의 WIM 관련 정책 및 연구 개발을 주도하는 핵심 기관으로 도로관리, 과적단속, 교통량조사 등을 위해 WIM 시스템을 운영하고 있으며, 관련 기술 개발을 지원하고 있음
 - 독립행정법인 도로교통안전정보센터(JTSA) : 도로교통안전에 관한 연구, 조사, 정보제공 등을 수행하는 기관으로, WIM 데이터를 활용한 교통안전 분석 및 연구를 진행하고 있음
 - 대학 및 연구 기관 : 도쿄대학, 교토대학 등 주요 대학 및 연구기관에서 WIM 기술 관련 연구가 진행되고 있으며, 센서기술, 데이터 분석 기술, 시스템 통합 기술 등 다양한 분야의 연구가 이루어지고 있음
 - 민간기업 : WIM 시스템 제조, 설치, 유지보수 등을 담당하는 민간기업들이 WIM 기술 발전에 기여하고 있음
- 일본은 국제표준(예: ASTM, EN 등)을 참고하여 자체적인 WIM 관련 기준 및 지침을 마련하고 있음
- WIM 시스템 성능평가 기준 : WIM 시스템의 정확도, 재현성, 내구성 등을 평가하는 기준이 마련되어 있음
 - 데이터 품질 관리 지침 : WIM 데이터의 수집, 저장, 분석, 활용 등에 대한 지침이 마련되어 데이터의 신뢰성을 확보하기 위한 노력을 기울이고 있음
 - 과적단속 관련 기준 : 과적차량 단속기준, 처벌 규정 등이 법령 및 지침에 명시되어 있음
 - 도로설계 및 유지보수 지침 : WIM 데이터를 활용한 도로 설계 및 유지보수 지침이 마련되어 도로의 수명 연장 및 안전성 향상에 활용될 것으로 보임
- 일본은 1965년 대형 차량에 의한 교통사고를 방지하기 위해 ‘토사 등을 운반하는 대형 차량에 의한 교통사고의 방지 등에 관한 특별조치법’을 제정하고, 5톤 이상 토사 운반 덤프 차량에 자중계 설치를 의무화하였다. 이를 통해 과적 발생이 60% 이상 감소하고, 사망사고도 75% 이상 줄어드는 효과를 거둠
- 이 정책은 건설공사의 토사 운반 차량의 중량관리 및 과적 예방에 중요한 의미를 가지며, 자중계는 관리 주체가 중량 정보를 확보하는 수단이자 운전자가 적재 중량을 인지하고 과적을 예방하는 유용한 기술임이 확인

□ 중국

- 중국은 급속한 경제 성장과 함께 물류량이 크게 증가하면서 WIM 기술의 중요성을 인식하고, 국가 차원에서 관련 연구 개발 및 인프라 구축에 많은 투자를 하고 있음
- 교통운수부(MOT) : 중국의 WIM 관련 정책 및 규정을 총괄하는 주무 부처로, WIM 시스템 설치 및 운영, 과적단속, 도로관리 등을 담당하며, 관련 기술 개발을 지원하고 있음
 - 공안부(MPS) : 과적단속 및 교통법규 집행을 담당하는 기관으로, WIM 시스템을 활용하여 과적차량을 효율적으로 단속하고 있음
 - 국가표준화관리위원회(SAC) : 국가표준 제정을 담당하는 기관으로, WIM 관련 국가표준을 제정하고 있음
 - 교통과학연구원(RIOH) : 교통운수부 산하의 연구기관으로, WIM 기술 관련 연구를 수행하고 있으며, 센서기술, 데이터 분석 기술, 시스템 통합 기술 등 다양한 분야의 연구를 수행하고 있음
 - 대학 및 연구 기관 : 칭화대학, 베이징교통대학 등 주요 대학 및 연구기관에서 WIM 기술 관련 연구가 활발히 이루어지고 있음
 - 민간기업 : WIM 시스템 제조, 설치, 유지보수 등을 담당하는 민간기업들이 기술개발 및 시장 확대에 기여하고 있음

□ 한국

- 한국은 도로의 효율적인 관리, 과적단속, 교통안전 향상 등을 목적으로 WIM 기술을 활용하고 있으며, 관련 연구개발 인프라 현황은 다음과 같음

- 국토교통부 : WIM 관련 정책 및 규정을 총괄하는 주무 부처로 도로유지보수, 과적단속, 교통량조사 등을 위해 WIM 시스템을 운영하고 있으며, 관련 기술개발을 지원하고 있음
 - 한국도로공사 : 고속도로 관리 및 운영을 담당하는 기관으로, 고속도로의 효율적인 관리 및 과적단속을 위해 WIM 시스템을 운영하고 있으며, WIM 데이터를 활용한 도로유지보수 및 교통관리 연구를 수행하고 있음
 - 한국건설기술연구원(KICT) : 건설기술 전반에 대한 연구를 수행하는 기관으로, WIM 기술 관련 연구도 진행하고 있으며, 특히, 도로포장 및 교량의 내구성 평가, WIM 시스템 성능 향상 등에 대한 연구를 수행하고 있음
 - 한국교통연구원(KOTI) : 교통정책 및 기술에 대한 연구를 수행하는 기관으로, WIM 데이터를 활용한 교통분석 및 정책연구를 진행하고 있음
 - 민간기업 : WIM 시스템 제조, 설치, 유지보수 등을 담당하는 민간기업들이 WIM 기술 발전에 기여하고 있음
- [가축분뇨 전자인계 관리시스템] 환경부는 2017년 1월 1일부터 가축분뇨 전자인계관리시스템 사용을 의무화하고, 이를 전국적으로 확대하였다. 이를 위한 법적 근거로 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(가축분뇨법)’을 제정하여, 가축분뇨 및 액비의 배출, 수집운반, 처리, 살포 시 전자인계서 작성을 의무화
- 또한, 전국의 모든 가축분뇨 수집운반 및 액비 살포 차량에는 중량센서와 위성항법장치(GPS) 등의 차량설치장비 도입을 의무화하였다. 이를 통해 가축분뇨의 이동 경로와 중량을 실시간으로 모니터링할 수 있도록 함
- 이 시스템을 통해 가축분뇨 수집 시 정확한 중량 측정이 가능해졌으며, 운반 과정에서의 중량 변화 및 이동 경로를 감시하여 불법 투기를 사전에 예방할 수 있게 됨
- [가변축 자동제어 시스템] 국토교통부는 2021년 7월부터 가변축을 설치하는 상용차에 자동 가변축 시스템 장착을 의무화하였다. 이는 도로 보호 및 차량 안전성 확보를 위해 차량의 실중량에 따라 자동으로 축중을 조절하도록 한 조치로, 기존의 수동 조작 방식에서 벗어나 일정 중량 이상 적재 시 자동으로 가변축이 하강하여 구동축 하중을 30~100% 범위에서 배분하도록 함
- 이를 통해 도로 파손을 방지하고 유지보수 비용을 절감할 수 있으며, 과적단속을 강화하여 교통사고 예방에도 기여할 것으로 기대됨 또한, 운전자의 편의성을 높여 보다 안전하고 효율적인 운행이 가능
- 국내 자중계 관련 연구시설 현황

<표 50> 국내 연구시설 현황

연구시설 명칭	사진	활용도
자중계 캘리브레이션 장치		상용차의 샤시(chassis) 또는 적재함에 0~20톤 범위의 압축 하중을 가하면서, 하부 계근대와 차량에 장착된 자중계센서 간의 출력 특성을 비교 및 분석하여 캘리브레이션을 수행
자중계 캘리브레이션분동		상용차의 적재함에 1톤, 2톤 분동을 상차(loading) 및 하차(unloading)하면서, 하부 계근대와 차량에 장착된 자중계센서 간의 출력 특성을 비교 및 분석하여 캘리브레이션을 수행

2.3.3. 연구개발 성과 및 한계 분석

□ 미국

- 미국은 FHWA(연방 고속도로 관리청) 주도로 WIM 관련 표준 및 지침(TMG, HPMS 등) 을 체계적으로 정립하여 데이터 품질관리 및 활용에 대한 기준을 제시
- ASTM International을 통해 WIM 시스템의 성능평가, 교정 등에 대한 표준(E1318, E2938 등)을 제정하여 국제적인 표준화에 기여함
- LTPP(장기 도로 포장 성능) 프로그램을 통해 WIM 데이터를 활용한 도로포장 연구를 활발히 진행하여 도로설계 및 유지보수 기술 발전에 기여함
- 고속 WIM(HS-WIM) 기술 및 교량 WIM(B-WIM) 기술 개발에 선도적인 역할을 수행함
- 다만, 각 주별로 WIM 운영 방식 및 데이터 관리 방식에 차이가 있어 데이터 통합 및 활용에 어려움이 있고, WIM 데이터의 실시간 활용 및 ITS(지능형 교통시스템)와의 연계가 아직 충분히 이루어지지 않고 있는 측면이 있음

□ 유럽

- 유럽은 EU 차원에서 WIM 관련 지침(Directive 2015/719/EU)을 통해 회원국 간의 WIM 데이터 상호 운용성을 확보하기 위한 노력을 기울이고 있음
- CEN을 통해 WIM 시스템의 기능적 요구 사항 및 시험 방법에 대한 표준(EN 13425)을 제정하여 유럽 전역의 WIM 시스템 품질관리에 기여함
- COST 323 프로젝트를 통해 WIM 정확도 분류 체계를 개발하고, 유럽 WIM 표준의 기반을 마련함
- EU의 WIM 기술 개발 프로젝트는 다음과 같은 특징을 가지고 있음
 - 국제협력 강조 : EU 차원의 연구 및 혁신 프로그램은 회원국 간의 협력 및 정보 공유를 장려하고 있으며, WIM 기술 개발 분야에서도 다양한 국제협력 프로젝트가 진행되고 있음
 - 표준화 노력 : EU는 WIM 시스템의 설치, 운영, 데이터 관리 등에 대한 표준화를 추진하여 데이터의 상호 운용성을 확보하고, 유럽 전역에서 효율적인 데이터 활용을 가능하게 하려고 노력하고 있음
 - 데이터 활용 강조 : EU는 WIM 데이터를 단순히 과적단속에만 사용하는 것이 아니라, 도로 관리, 교통흐름 개선, 물류 최적화, 정책 결정 지원 등 다양한 분야에 활용하는 것을 목표로 하고 있음
- 도로 통행료 수납 시스템 및 ITS(지능형 교통시스템)와의 WIM 데이터 연계 활용에 관한 연구를 진행하고 있음
- 다만, EU 회원국 간의 WIM 시스템 운영 방식 및 데이터 활용 방식에 여전히 차이가 존재하여 완전한 데이터 통합 및 활용에는 어려움이 있음

□ 일본

- 일본은 국토교통성을 중심으로 WIM 기술 개발 및 활용에 적극적으로 나서고 있으며, 특히 고속 WIM 기술 개발에 강점을 가지고 있음
- 도로교통안전정보센터(JTSA)를 통해 WIM 데이터를 활용한 교통안전분석 및 연구를 진행하고 있음
- 정밀한 센서 기술 및 데이터 분석 기술을 바탕으로 고품질의 WIM 데이터 확보에 노력하고 있음
- 다만, WIM 관련 표준 및 지침이 국제표준에 비해 상대적으로 부족한 측면이 있으며, WIM 데이터를 활용한 다양한 서비스 개발 및 활용 사례가 미국과 유럽 국가들에 비해 상대적으로 적으며, 데이터 활용에 대한 규제가 상대적으로 엄격하여 데이터 공유 및 활용에 제약이 있음

□ 중국

- 중국은 WIM 시스템 구축 및 데이터 수집, 빅데이터 분석 기술 등에서 빠른 성장을 보이고 있으며, 고속 WIM(HS-WIM) 기술 고도화, AI 기반 데이터 분석 및 예측 기술 활용, 복합센서 기술 및 융합기술 개발, 무인자동 단속시스템 구축 등 연구개발을 활발히 진행하고 있음
 - 고속 WIM(HS-WIM) 기술 고도화 : 고속주행 중인 차량의 중량을 더욱 정확하게 측정하기 위한 HS-WIM 기술 개발에 집중하고 있으며, 특히, 고속도로 통행료 수납 시스템과 연계하여 활용하기 위한 연구가 활발함
 - 교량 WIM(B-WIM) 기술 적용 확대 : 교량의 안전관리 및 유지보수를 위해 B-WIM 시스템의 적용을 확대하고 있으며, IoT(사물인터넷) 기술과 연계하여 교량의 상태를 실시간으로 모니터링하는 시스템 개발이 진행중임
 - AI 기반 데이터 분석 및 예측기술 활용 : WIM 데이터를 활용하여 교통흐름 분석, 과적예측, 도로파손 예측 등 AI 기반 데이터 분석 및 예측기술 개발에 적극적임
 - 복합센서 기술 및 융합기술 개발 : 압전센서, 광섬유 센서 등 다양한 센서 기술을 융합하여 더욱 정확하고 신뢰성 높은 WIM 시스템 개발을 목표로 함
 - 자동/무인 단속시스템 구축 : AI 기반 영상분석 기술과 WIM 시스템을 결합하여 자동/무인 단속시스템 구축을 추진하고 있음
- AI 기반 교통관리시스템, 자율주행기술 등 첨단기술 개발에도 적극적으로 투자하고 있으나 데이터 품질 관리 및 표준화, 데이터 보안 등에 대한 개선이 필요함
- AI 기반 과적단속 및 예측 시스템 개발 성과 및 한계
 - AI 기반 영상분석을 통한 과적단속 : AI 기반 영상 분석 기술은 고속도로 및 일반 도로에 설치된 카메라를 통해 차량의 번호판을 자동으로 인식하고, 차량의 종류(트럭, 덤프트럭 등)를 식별하고, 차량의 영상 이미지를 분석하여 적재된 화물의 부피, 높이 등을 추정하고, 이를 통해 대략적인 중량을 계산하는 기술을 개발함
 - 과적의심차량 자동선별 : 실시간 영상분석을 통해 과적 의심 차량을 자동으로 선별하여 단속요원에게 알림을 전송함으로써 효율적인 단속을 지원함
 - 데이터베이스 연동 : 단속 시스템은 차량 정보, 운송사업자 정보, 과거 과적단속 이력 등의 데이터베이스와 연동되어 과적 차량의 효율적인 관리를 가능하게 함
 - AI 기반 예측 시스템은 과거의 교통흐름 데이터, 물류 데이터, 날씨 정보 등을 AI 알고리즘으로 분석하여 특정 시간대 및 지역의 과적 발생 가능성을 예측하고, 과적 발생 가능성이 높은 시간대 및 지역에 단속 인력을 집중하여 배치함으로 단속의 효율성을 극대화함
 - 일부 중국 도시에서는 AI 기반 과적단속 시스템을 시범 운영하여 과적차량 적발건수를 크게 줄이는 성과를 거두고, 고속도로 관리 기관에서는 AI 기반 예측 시스템을 활용하여 특정 구간의 과적 발생 가능성을 예측하고, 사전에 도로보수 작업을 진행하여 도로 안전을 강화함
 - 다만, 영상분석 기반 적재량 추정의 정확도를 높이는 것은 여전히 기술적인 과제이며, 개인 정보보호 및 데이터 오용 방지에 대한 사회적 논의가 필요하며, AI 시스템의 안정적인 운영 및 유지보수를 위한 기술 인력 확보가 중요함
 - 중국의 AI 기반 과적단속 및 예측 시스템 개발은 아직 발전 단계에 있으며, 향후 발전된 기술을 통해 과적문제 해결에 도움이 될 것으로 기대됨

□ 한국

- 국내외에서 스마트 자중계 기술이 물류 및 중량관리의 필수 기술로 자리 잡으면서, 연구개발(R&D) 투자가 지속적으로 증가, 이에 따라 국토교통부, 중소벤처기업부, 한국도로공사 등 정부 기관과 민간기업이 협력하여 다양한 연구과제를 수행하고 있으며, 도로 관리의 효율성을 높이고

화물차 중량관리를 지원하는 기술 개발에 집중하고 있음

- 개발된 기술이 모든 상용차 및 화물차에 빠르게 적용되지 못하고 있으며, 일부 차량에 국한된 적용 사례가 많음
- 스마트 자중계 및 OBM 시스템을 통한 데이터 수집이 이루어지고 있으나, 이를 효과적으로 분석하고 활용하는 체계가 아직 미흡함
- 차량에 중량 측정 장비 및 자동제어 시스템을 장착하는 데 상당한 비용이 발생하며, 중소 운송업체의 부담이 큼
- 규제 및 정책 미비 : 한국의 경우 가축분뇨 전자인계 시스템 및 가변속 자동제어 시스템과 같은 일부 자중계 관련 기술이 의무화되었으나, 과적 방지 및 중량 관리를 통한 스마트톨링 등 활용에 대한 전반적인 정책 개선 수립이 부족한 상태임
- 표준화 부족 : 각 분야별 중량 측정 및 관리 시스템이 다르게 운영되고 있어 과적예방과 물류분야에서의 상호 운용성이 낮으며, 자중계 분야 국제 표준화에 참여 필요
- 선행 연구개발사업*과 본 연구개발사업의 축중기 비교·분석
 - * AI 데이터 중심의 화물차 운송안전 향상 기술개발(2022.4.~2026.12.)
- 성능평가 방법 및 기준

구 분		선행 R&D	본 R&D
운영속도		80kph 이상	0~20kph
정확도 수준	0~20kph	-	(정적) 윤중량* 오차율 20kg 이하 * (정의) 바퀴에 가해지는 무게 * (조건) 윤중량 : 8톤 이하 (동적) 총중량/축하중 오차율 ±2% 이하
	80kph 이상	고속축중기(HS-WIM) 성능평가 최상급 * 총중량/축하중 : ±5%/±10% 충족	-
평가 방법	0~20kph	-	공인 성능평가기준*, 검/교정 기준 및 절차 마련 * 고정밀 자동무인 화물차 계중시스템 및 운영기술 * 화물차 탑재 중량 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술
	80kph 이상	고속축중기(HS-WIM) 성능평가기준 (국토부 고시)	-

- 선행 연구개발사업의 축중기 시공 방식은 본 연구개발사업의 공공계량소(PWS)에 적용 불가 (센서 종류/배열, 구조물, 평탄/직선구간 등)



- ◆WIM 시스템의 경우, 한창 특성에 따라 운행하는 차량에 영향을 주며 이로 인하여 차속의 동적 하중과 이에 의하여 정적 하중간의 큰 차이가 초래될 수 있음
- ◆따라서 이러한 오차의 발생을 감소시키고 요구되는 정밀도 수준을 유지하기 위하여 도로의 기하구조 조건 및 포장 특성 조건에 대하여 아래와 같은 조건을 만족하여야 함

□도로 기하 조건

- 최물차의 주행 환경조건에 의해 차량의 하중이 바뀌 또는 속 내에서 편심하중이 일어나지 않도록 직선구간을 원칙으로 하며, 곡선구간 조건이 충족되지 않을 경우, 종단구배, 횡단구배, 곡률반경 조건 기준을 만족하여야 함

직선구간	현장분류	직선구간 최소 확보 길이
	고속국도	• 시스템 전방 500m 이상, 후방 50m 이상
	일반국도	• 시스템 전방 100m 이상, 후방 20m 이상
구배	진출입로	• 시스템 전방 15m 이상, 후방 15m 이상
	구배분류	구배 확보기준
	종단경사	• ±1% 미만(Class I site) or ±2% 미만(class II, III site)
횡단경사	• ±2% 미만	
곡률반경	• 1km 이상(되도록 직선구간에 설치)	

□포장 특성 조건

- 축중센서가 도로 포장면에 설치되며, 도로 포장면의 평탄성이 고르지 못할 경우 차량 바퀴의 접지면과 도로 포장면의 상호작용으로 인하여 동적 하중이 발생하여 이는 센서 플랫폼 신호에 직접적인 영향을 미침
- 종방향 평탄성만 아니라 승, 변형 등의 외하, 편향과 기로 율방할 또한 센서의 신뢰성과 내구성에 영향을 미침

포장 두께 및 폭	Site	depth min. (mm)	WIM site class		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
			≥ 300	≥ 250	≥ 200
		width > length min. (mm)	≥ 850 × 3400	≥ 850 × 3400	≥ 850 × 3400
평탄도	IRI index	Index (m/km)	1 - 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4
	APCI	Range (mm, MW, LW)	9 - 10	7 - 8	5 - 6

□ 불럭아웃 공법 적용

- 현 대상 후보지 조사결과, Site class 2등급 "Good"에 해당하나, 비공용도로로 중차량의 통행량이 거의없어 별도의 포장치환은 필요없을 것으로 예상되며, 노면 그라인딩 적용 후 불럭아웃 공법으로 시공하는 것으로 설계

공법	불럭아웃 공법	포장치환 공법
그림		
설명	<ul style="list-style-type: none"> • 강성이 확보된 포장재(콘크리트 포장)에서 주로 사용하는 공법 • 마이크로 그라인딩 작업과 같은 도로 포장면의 평탄성을 확보할 수 있는 작업을 선행 • 노면 컷팅 작업으로 센서 플랫폼이 거치될 공간을 불럭아웃후 고강도 채움재를 타설하여 완성 	<ul style="list-style-type: none"> • 강성이 확보되지 않은 포장재(아스팔트 포장)에서 주로 사용하는 공법 • 치환할 부분을 모두 파쇄한 후, 기존 콘크리트를 타설하거나 고강도 계열 아스팔트를 포장 • 양생이 완료되면 불럭아웃과 동일한 방법으로 시공진행

㉑ LMC 채용재 적용

- 비공용도로일여도 차등주행 시험차량 등의 통행이 많으므로 초속경 LMC를 이용한 블랙아웃부 타점을 진행

	말입도 아스콘	콘크리트	LMC(Latex Modified Concrete)
골격구조	골재의 내부 마찰력과 아스팔트 함량이 낮은 골격 구조	골재 맞물림 효과(interlocking) 극대화한 골격구조	스틸판 부타디엔계 폴리머를 고르게 분산시킨 라텍스를 시멘트와 혼합
표상수명	6~8년	15~20년	20년 이상
시공공제	말입도 아스콘	SMA용 복수급재	일반 말입도 급재(1,2,5급)
수급성	양호	불량	불량
수상면형	수상면형과 무관해 취약	균열 및 코르로를 저감성 향상	균열 및 코르로를 저감성 향상
재료원가	저렴	말입도 대비 1.8배	고가

○ 現 고속도로의 저속충증기 현황

- 저속충증기 시스템



○ 목적 및 설치장소

- 목적: 저속 운행 차량의 교란(Noise) 감소
- 설치장소: 통행차량 교란차량, 국도, 지방도가 많은 구간

○ 시스템

- 적용구간: 1 km/h ~ 30 km/h (저속, LDPW)
- 1 km/h ~ 10 km/h (중속, ADPM)
- 적용도: 초속경 ±0%, 추경경 ±10% (10%~30% 이상)
- 도로 전폭: 30m 이상

○ 기능

- 초속경 및 중속경 저감
- 저속차량 인식
- 차량간격 유지 효과
- 능동적 사고 예방
- 보행자 및 자전거
- 구역 침범 방지 및 VMS 보충
- 속도 추이 및 위반차량

○ SPEC

VMC 표준	Corona-MM, HSDMC, ACS(MVMI)
VMC 및 MCU (VD)	0 (Blue) (Corona/VD), 00H-40
차량단	SDR11, 00A, 00B, 00C
VMC 인식	반달, 통행차량(Warning) (00A, 1, 00B, 1, 00C, 2) (00D)

Standard layout



Standard Type



Slipper Type

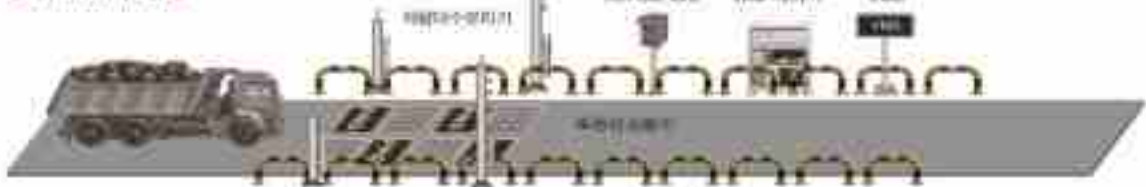


Standard & Slipper Type

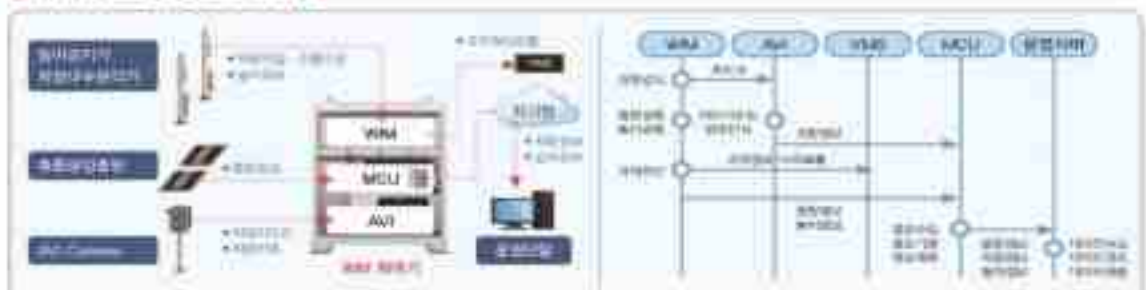


VMC Type

【 시스템 구성 】



【 데이터 흐름 (Data flow) 】



- 저속축중기 벤딩플레이트

INTERNATIONAL ROAD DYNAMICS INC.
www.irdinc.com




PAT Bending Plate

We make highways talk

- MANAGEMENT
- SAFETY
- PRESERVATION

International Road Dynamics Inc. develops and manufactures traffic management products and systems technology that make highways talk. What are they saying? They are providing information that highway administrators need to manage traffic, preserve infrastructure and provide safety warnings to drivers.

IRD's multi-disciplined, innovative and customer-focused team is expert in advanced technologies, advanced traffic solutions and custom-designed systems.

FEATURES

- Excellent long term stability
- Speed range: 5 to 200 km/h
- Robust

APPLICATION EXAMPLES

- Traffic monitoring
- Road maintenance planning
- Overload detection
- Toll applications
- Statistical purpose

DESCRIPTION

The foundation is made of high-strength steel plates. On the bottom side two slots are milled for the incorporation of wire strain gauges. The wire strain gauges are bridged to a Wheatstone-Bridge with supplementary fixed resistors for temperature compensation. The supply voltage and the output signal are carried in a shielded 4 conductor cable inserted through a hole with waterproof fitting.

The whole weighpad is covered with a neoprene rubber film hot vulcanized on. Along the longitudinal borders two rubber tapes, used as bearings, are vulcanized on the bottom side.

For fixing the weighpad, it is bevelled on both sides at the longitudinal borders and supported by two bevelled strips in a foundation frame.

The foundation frames are tied firmly in the road surface by a special installation procedure. Details are described in a separate installation manual.

Under normal operating conditions, the weigh pad has a design life of 5 years and/or 3,000,000 axes.





CUSTOMER DRIVEN

IRD products and components are protected by one or more worldwide patents and/or trademarks. IRD reserves the right to change, modify, or improve its products at any time without notice.

JUNE 2006 REV. 2
PRINTED IN CANADA

2.3.4. 주요 시사점

- 각 국가들은 도로 관리, 교통안전, 물류 효율성 향상 등을 목표로 중량 계측 기술 및 데이터 활용 연구 개발에 투자를 확대하고 있으며, 특히, 고속 WIM 기술, 데이터 분석 및 활용 기술, 스마트 교통 시스템 구축 등에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있음
- 한국은 저속 WIM 기술 및 과적단속 시스템 운영 경험을 바탕으로, 고속 WIM 기술 개발, 데이터 표준화 및 통합, 데이터 활용 서비스 개발 등에 집중해야 함
- 또한, 데이터 활용에 대한 법적, 제도적 기반을 마련하고, 민간 부문의 참여를 확대하여 관련 산업 생태계를 조성하는 것이 중요함
- 국내 중량정보 수집 및 유통 활용 환경은 정책적, 기술적, 산업적, 시장적인 측면에서 다양한 과제와 기회를 동시에 얻고 있음
- 데이터 활용의 법적 기반 마련, 데이터 표준화 및 연동성 확보, 민간 참여 확대, 기술 경쟁력 강화, 데이터 보안 및 개인 정보 보호 강화 등을 통해 중량정보의 가치를 극대화하고 관련 산업을 발전 및 확대해야 함
- 더불어, 앞서 논의되었던 미국, 유럽, 일본, 중국의 연구개발 현황 분석 결과를 참고하여 국내 환경에 적합한 정책 및 기술 개발 방향을 설정하는 것이 중요하며, 특히, 데이터 표준화 및 활용, 민간 참여 활성화, 데이터 보안 등에서 해외 사례를 참고하여 효과적인 전략을 수립해야 함
- 스마트 자중계 기술 적용 확대 : 특정 차량(덤프트럭, 에어서스펜션 차량)뿐만 아니라 대형 화물차 및 소형 상용차까지 적용 범위를 확대해야 하며, 건설, 폐기물 운반, 물류 등 다양한 산업 분야에 맞춘 맞춤형 기술 개발이 필요함
- AI 및 빅데이터 기반 중량관리 최적화 : 수집된 중량 데이터를 AI 및 빅데이터 기술과 연계하여 실시간 교통 관리(스마트톨링 등) 및 중량관리 최적화를 지원해야 하며, 이를 통해 과적 예방 및 단속의 정확도를 높이고, 물류 운영의 효율성을 향상할 수 있음
- 정부 지원 및 제도적 뒷받침 : 개인 및 중소기업도 부담 없이 기술을 도입할 수 있도록 정부 차원의 지원책이 필요하며, 자중계 장착에 대한 보조금 지원 및 의무 장착 시 재정적 부담 완화 방안을 마련해야 함
- 자중계 기술의 핵심 솔루션화 : 다양한 중량관리 기술이 개발되고 있으나, 자중계 기술이 과적 방지 및 도로 안전성 확보를 위한 핵심 솔루션이 될 것으로 예상되며, 정확성, 실시간성, 내구성 등 확보를 통한 보급 확대 및 관련 법/제도 정비를 통해 실효성을 강화해야 함
- 국제 표준화 및 글로벌 연계 강화 : 유럽 및 미국은 이미 자중계 기반의 과적 예방 및 스마트 물류 시스템을 도입 중이며, 국가 간 표준화가 중요해질 전망이며, 자중계 데이터를 국제적으로 호환 가능한 시스템과 연계하여 글로벌 네트워크에서 활용도를 높이고, 국가 간 정책 및 기술을 조화롭게 통합해야 함

2.4. 종합분석

- 국내외 중량정보 수집 및 유통 활용을 위한 정책적, 기술적, 산업적, 시장적인 환경 분석 결과
 - 화물차 중량정보는 도로 안전, 물류 효율, 정책 수립 등 다양한 분야에서 중요한 데이터로 활용될 수 있으며, 이를 효과적으로 수집, 유통 및 활용하기 위한 환경 조성이 필요
- 정책적 환경
 - 법적 기반의 부재 또는 미흡 : 중량정보 수집 및 활용에 대한 명확한 법적 근거가 부족하며, 데이터 소유권, 책임 소재, 개인정보보호 등에 관한 규정이 명확하지 않으며, 특히, 민간 사업자의 데이터 활용에 대한 명확한 지침이 필요함
 - 표준화 및 연동성 부족 : 중량정보의 데이터 표준 및 정보교환 표준이 부재하여 데이터의 호환성 및 연동성 확보가 어렵고, 이는 데이터의 효율적인 활용을 저해하는 요인으로 작용함
 - 정부 주도의 사업 추진 : 육상-항만 중량정보 수집/유통을 위한 중량정보 플랫폼 및 차세대 과적관리 체계의 표준/성능평가/인증 체계 개발 등은 민간 영역 아닌 정부의 주도적인 역할이 필요함
 - 데이터 활용 및 공유에 대한 소극적인 태도 : 데이터의 중요성에 대한 인식은 높아지고 있으나, 데이터 공유와 활용에 대한 사회적 합의 및 제도적 장치가 미흡하며, 데이터 개방 및 공유를 활성화하기 위한 정책적 노력이 필요함
- 기술적 환경
 - 계측장비의 정확도 및 신뢰성 확보 필요 : 현재 사용되는 WIM 장비의 정확도는 상황에 따라 편차가 발생할 수 있으며, 특히 고속 WIM 기술은 아직 발전 단계에 있고, 정확하고 신뢰성 있는 중량정보 확보를 위한 기술 개발 및 성능평가가 중요함
 - 다양한 데이터 수집 기술의 발전 : WIM 외에도 스마트 중량 센서, 영상 분석 기술 등 다양한 중량정보 수집 기술이 발전하고 있으며, 이러한 기술들을 효과적으로 활용하기 위한 연구 개발 및 시스템 구축이 필요함
 - 데이터 분석 및 활용 기술의 발전 : 빅데이터 분석, AI, 클라우드 컴퓨팅 등 데이터 분석 및 활용 기술이 빠르게 발전하고 있으며, 이러한 기술들을 활용하여 중량정보의 가치를 극대화할 수 있음
 - 데이터 보안 및 개인 정보 보호 기술의 중요성 증대 : 중량정보는 개인정보와 연관될 수 있으므로, 데이터 유출 및 오남용 방지를 위한 보안 기술 및 관리체계 구축이 필수적임
- 산업적 환경
 - 물류 산업의 디지털 전환 가속화 : 물류 산업 전반에서 디지털 전환이 가속화되고 있으며, 중량정보는 물류 효율성 향상을 위한 핵심 데이터로 주목받고 있음
 - 도로 유지보수 시장의 성장 : 도로 노후화 및 유지보수 수요 증가에 따라, 중량정보를 활용한 과학적인 도로 관리의 중요성이 부각되고 있음
 - 새로운 서비스 및 비즈니스 모델 창출 가능성 : 중량정보를 활용한 운임 산정, 과적 예방 컨설팅, 보험 상품 개발 등 새로운 서비스 및 비즈니스 모델 창출 가능성이 높음
 - 관련 산업 생태계 조성 필요 : 중량정보 수집, 분석, 활용 관련 기술 및 서비스를 제공하는 다양한 기업들이 협력하여 산업 생태계를 조성하는 것이 중요함
- 시장적 환경
 - 데이터 중심 경제의 부상 : 데이터가 새로운 경제적 가치를 창출하는 시대가 도래함에 따라, 중량정보의 시장 가치 또한 높아지고 있음
 - 스마트 물류 시장의 성장 : 물류 효율성 향상에 대한 요구가 높아짐에 따라, 중량정보를 활용한 스마트 물류 솔루션 시장이 성장하고 있음
 - 정부 주도의 시장 형성 : 현재 중량정보 관련 시장은 정부 주도로 형성되고 있으며, 민간 시장의 규모는 아직 작은 편으로, 향후 민간 시장 활성화를 위한 정책적 지원이 필요함
 - 데이터 활용 서비스에 대한 수요 증가 : 중량정보를 활용한 다양한 서비스(예: 운임산정, 과적예방, 도로관리)에 대한 시장수요가 증가하고 있음

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

3.1. 신규 연구개발사업 추진전략

3.1.1. 사업 추진방향 및 범위

핵심 항목	현재 수준(모습) ~'25(착수 전)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습) '31~(종료이후)
		'26년 수준 '26(착수년도)	목표수준 '30(종료년도)	
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 법제도적 한계 <ul style="list-style-type: none"> - 화물차 과적단속 지점마다 중복된 과적검사, 교통정체 유발, 중량정보 관리 부재 ▪ 과적차량 단속 한계 <ul style="list-style-type: none"> - 단속기관 노력↑→과적은 여전히 증가하고 단속 회피차량도 증가 * (국도) 단속기관의 인력부족 * (도공) 여성근무자 단속한계 * (과적적발건수) 4만건/년 이상 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고정밀 계중시스템 및 비과적 화물차 선별 시스템 요소 기술 및 프로세스 연구 ▪ 계중시스템 알고리즘 개발 및 시작품 설계제작 ▪ 중량관리 통합운영센터 플랫폼 운영 기술 연구 ▪ 법제도 개선 및 표준안 연구 ▪ 항만 내 컨테이너 운반환경 및 중량정보 현황 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 과적관리/교통흐름 효율화 - 사전 계중차량 및 공차 등 비(非) 과적 차량 과적검문소 프리패스 시범 서비스 실시 - 고정밀 저중계 개발을 통한 고중량대형 화물차의 과적 중량 상시 관리 및 단속 ▪ 육상-항만 중량정보 통합 운영 체계 마련으로 과적관리, 교통 관제 등 다양한 新 서비스 창출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 육상-항만 화물정보 결합으로 과적관리, 차량관제, 화물교통/운송 등 통합 관리체계 구축 ▪ 차세대 과적관리 체계 전환 및 중량정보 유통을 통한 민-관 新 서비스 창출 ▪ 화물차 자율주행 등 첨단 모빌리티 서비스 지원 ▪ 빅데이터 기반 안전/노후도 등 예측관리 체계 마련

As-is (중량정보 미활용, 모든 화물차량 과적관리) : 과적검사 최대 7~9회



그림

To-be (육상-항만 화물정보 결합/유통, 선별적 화물차량 과적관리) : 과적검사 0~1회



3.1.2. 사업 추진 필요성

(가) 정부지원 필요성

(1) 화물차 중량 계근 지원기술

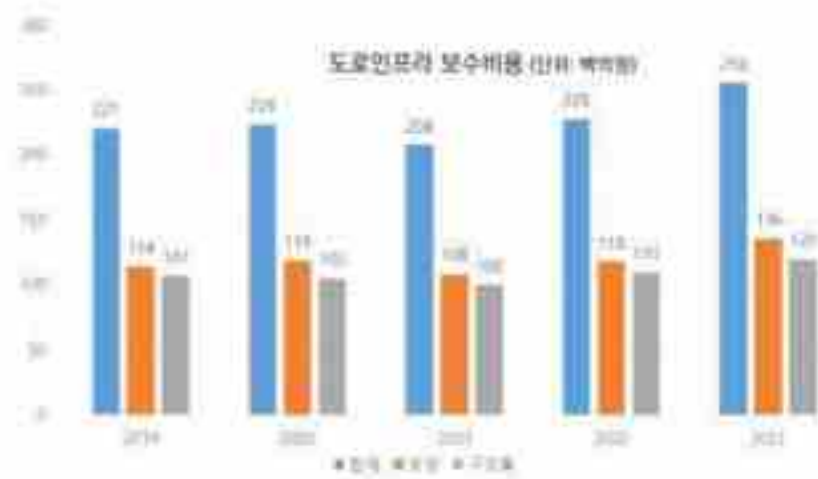
- 화물차 중량정보 계중 시스템은 산업계에서 주로 사용하는 계근소 시스템(정적 화물차 중량 계중 시스템)이 있고, 과적 화물차 단속에 주로 활용되는 저속축중기 시스템(동적 화물차 중량 계중 시스템)이 있음
- 계근소 시스템의 경우 계량법에 의한 관리하에 화물운전자들이 주로 이용하기 때문에 단위 정보 활용 외 정보의 수집, 가공, 제공 등의 통합 정보 운영관리가 필요하지 않았음. 저속축중기 시스템은 현장 단속을 목적으로 하므로 과적 화물차 적발 외에 수집된 정보들의 통합운영 관리의 필요성이 요구되지 않았음
- 그러나 산업의 발전과 함께 화물교통량이 증가함에 따라 과적 화물차 단속으로 인한 화물차 교통흐름 지연 및 불필요한 중량 재측정 등 비효율적인 기술운영 사항들이 도출되기 시작하였고, 또한 물류 운송 환경변화로 VGM과 같은 국제법상의 컨테이너 총중량을 계측해야 하는 사회적인 필요성이 생겨났음
- 이러한 변화로 화물차 중량 정보에 대한 체계적인 계측기술, 수집기술, 가공기술, 제공기술을 체계적으로 운영관리할 수 있는 통합운영센터 플랫폼이 필요함
- 통합 플랫폼 하에서 운영관리되는 과적화물차 단속 시스템들이 공공 자본으로 투자된다는 점과 수집된 정보 활용을 통해 교통흐름 및 도로포장 안전 등 공공의 사회적 비용을 절약할 수 있다는 측면에서 정부지원하에 진행되는 것이 타당함
- 통합 프로그램 최근 SI 및 빅데이터 분석 기술을 활용하여 기존 개별 계량소 단위의 운영을 통해서 해결할 수 없었던 고질적인 문제를 극복하는 것이 필요함
- 또한 전국의 다양한 계중 데이터의 실시간 수집, 가공을 통하여 화물차량 운전자, 화주, 도로관리 기관에 새로운 서비스를 제공하는 것이 가능
- 중차량 통행으로부터 교량 및 도로포장 등 도로인프라를 보호하고, 대형교통사고 사전 방지를 위한 안전 운영을 목적으로 꾸준히 과적단속업무 수행
 - 그러나 전체 교통사고 사망자 및 화물차/건설기계 등 중차량 사고로 인한 사망자 숫자는 감소 추세이나, 교통사고 사망자 중 화물차/건설기계 사고 사망자 비율은 감소하지 않아 적극적인 관리가 필요



<그림 75> 교통사고 사망자 통계

- 특히, 과적운행은 잘 알려져 있듯이 교량, 고가 등의 구조물과 도로포장 등 국가기반시설의 파손 및 노후화를 앞당기는 등 매년 2조 원 이상 지출하는 도로 보수비용의 상당 부분을 차지함

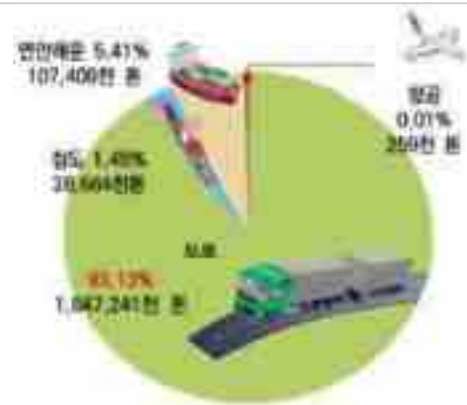
- 따라서, 차량의 중량 및 위치 정보를 측정하여 도로관리자에게 제공하는 자중계를 통하여 중량정보를 모니터링하고 분석함으로써 도로인프라를 비용 효율적으로 관리할 수 있는 도로자산 관리체계 필요



<그림 76> 도로인프라 보수비용
(※ 출처 : 국토교통 통계누리)

<표 51> 화물운송 분담률

- 한편, 국내의 경우는 화물운송의 90% 이상을 도로가 분담하고 있어 화물차량의 안전 운행은 중요하게 인식되고 있으며 과적은 안전 파괴의 주요 원인으로 작용하고 있으나, 과적 회피 방법은 지능화하는 반면 이를 판단하는 HW 및 S/W 기능이 미비하여 능동적으로 과적을 사전 예방하거나 비정상 운행을 판단하는 기술개발이 절실함



(2) 제도적 측면

- 화물차 중량 계중과 관련된 법률은 산업자원부의 기술표준원에서 관리하는 계량법과 국토교통부에서 관리하는 도로법, 경찰청에서 관리하는 도로교통법으로 분류할 수 있는데, 이와 같이 화물차 중량정보를 관리하는 모든 부서가 정부 기관이기 때문에 본 과제를 정부 지원하에 진행되어야 관련기관과 유기적인 협조가 가능할 것임
- 과적화물차 적발 시스템의 성능평가 및 운영절차에 대한 기준 및 규격을 결정할 때 투입되는 비용이 수입사업에 대한 투자가 아닌 정책을 마련하기 위한 비용들이기 때문에 정부지원하에 진행되는 것이 타당함
- 주요 제도적 한계점
 - 과적화물차 단속 시스템 운영의 비효율성
 - 화물차 계중 시스템의 기술 노후화 및 낮은 중량정보 신뢰성

- 중량정보 신뢰성 문제에 의한 중량정보 재사용 불가
 - 불필요한 반복 중량 계측 문제 유발
- 현재까지 운영관리 측면에서 발생한 제도적 한계를 정부와 위탁기관 그리고 화물 운전자들까지 공감대가 형성되었기 때문에 과적화물차 관리 및 화물교통 개선을 위한 새로운 패러다임이 요구되고 있으며 공공기관에서 선행해서 움직이면 공공과 민간 균형을 맞춰 효과적인 정책 수립이 가능할 것임

(나) 사업추진 시급성

□ 법적 측면의 시급성

- (도로법) 화주처벌 강화방안의 일환으로 2022년 11월 15일 도로법을 일부 개정하였으나, 여전히 운전자는 화주의 부당한 과적 지시/요구 또는 사실과 다른 중량 고지를 증명하는 것이 불가능함
- 과적 운영을 지시한 원인행위자에 대한 법적 실효성을 확보하기 위해 운전자가 자차 중량을 사전에 인지하거나 화주와 동시에 인지할 수 있는 중량 계측기술의 도입 및 적용 시급
- (가축분뇨법) 가축분뇨를 적정하게 처리하여 환경오염을 방지하기 위해 환경부는 ‘가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템’을 운영하고 있으며, 가축분뇨 처리의 전 과정을 관리하기 위해 분뇨를 수집 운반하는 차량의 위치 및 중량정보 수집
- 가축분뇨의 무단 살포 등 불법행위를 적발하거나 가축분뇨 관리 정책에 활용하기 위해서는 가축분뇨를 수거하여 이동하는 차량에 장착하여 적재된 분뇨의 무게 정보를 제공하는 자중 기술의 개발 시급

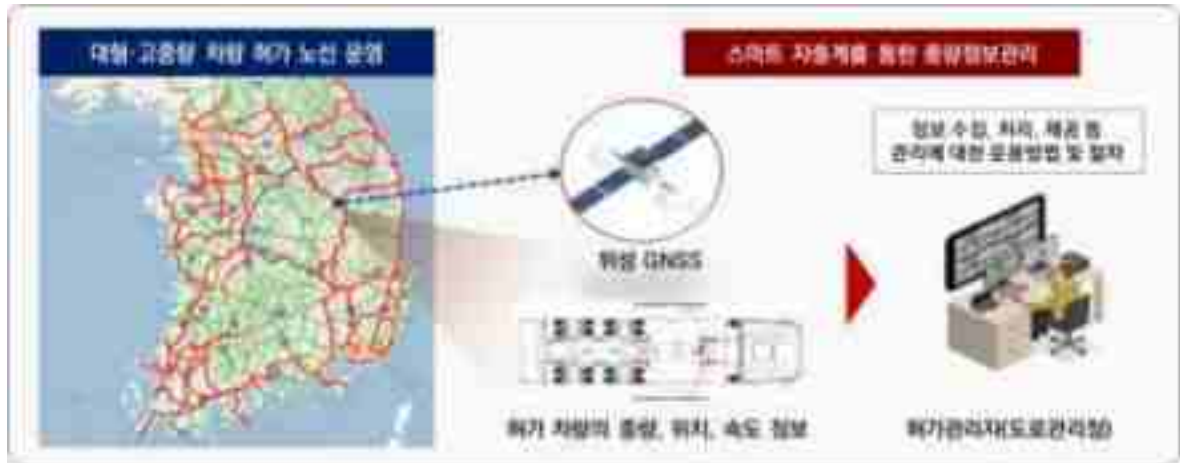
□ 제도적 측면의 시급성

- (운행허가) 23년 허가를 받고 운행한 차량은 약 40만 대에 다다르고 있으나, 허가 차량에 부여한 경로, 중량, 속도, 통행시간 등의 허가조건 준수 여부 판단 불가



<그림 77> 제한차량 운행허가 현황

- 국토부는 대민 서비스 및 대형차량의 불법 운행 사전 방지를 위해 '26년부터 인터넷을 통한 고중량/대형차량의 자동운행허가 서비스 제공을 추진 중
- 이때 운행허가가 부여된 차량의 운행조건 준수 여부를 도로관리청(허가담당자)이 판단하기 위한 경로/속도/중량/위치 정보를 제공할 수 있는 자중계 필요



<그림 78> 스마트 자중계를 통한 중량정보 관리

- (DTG와 연동) 운행기록장치(Digital Tachograph)는 「교통안전법」 제9조 및 제55조에 따라 장착하며,
 - ① 영업용 화물자동차, ② 택시 및 버스 등 사업용 자동차, ③ 어린이 통학버스 등 23년 말 현재 60만 대 가까이 설치 운영
 - 자중계와 함께 교통안전이 차량 장착의 주된 목적이라는 공통분모를 지니고 있어 기능을 연동하거나 플랫폼 등을 통한 정보를 연계하여 시너지 효과를 배가
- (과적단속 회피차량 증가) ① 화물차량들이 과적단속 검사를 회피하기 위해 일반차량 전용 하이패스 차로를 이용*하고 있어 과적차량 통행을 예방하지 못하고 있으며, ② 과적 차량 운전자 간 단속 정보교류로 국도의 대표적인 과적단속체계인 이동식 단속의 과적검사 회피가 빈번하게 이뤄지고 있음, ③ '26년 스마트톨링 도입에도 화물차 과적단속은 여전히 수동적인 방식을 운영되고 있어 미래지향적인 과적단속의 패러다임 전환 필요함
 - * 회피건수 : ('20년) 62,797건 → ('21년) 71,555건 → ('22년) 57,310

□ 기술적 측면의 시급성

- 가변축의 악용 사례를 방지하기 위해 2020년 7월, 자동 가변축 시스템 의무화 규정이 법제화됨에 따라 가변축 차량은 허용 무게 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되도록 설계함
 - 효율적인 운영을 위해서는 가변축 인접축에 자중계가 장착되어 허용 축하중을 정확히 계측하여 가변축을 작동시킬 수 있어야 함
 - 즉, 차량 축하중을 정확히 인지하는 자중기술의 사용이 중요한 요인으로 작용하므로 고정밀 센서 기술개발이 시급

□ 사회적 측면의 시급성

- (국민안전 위험) ① 과적을 근절하기 위해 이동식 단속을 늘리고 단속시스템 개량/확대 등 도로관리기관의 노력에도 화물차 과적운행은 여전히, ② 고속도로 화물차 사고의 주요 원인인 졸음운전 및 과적과 관련하여, 정부의 졸음쉼터와 화물차 휴게시설 확충으로 졸음운전으로 인한 사망자는 약 50% 줄었지만, 과적근절은 가시적인 성과를 내지 못하고 있음 ③ 지자체의 과적단속은 시군의 경찰과 공무원의 인력 지원의 어려움 및 정보 공유와 협조체계 부족으로 국민안전 위험 상황 초래
- (민간 계량의 신뢰성 저하) ① 민간에서도 과적차량 방지를 위해 민간 계량소, 건설현장/물류단지/항만 등에서 자체 계중기 및 축중기를 설치/운영하고 있지만 오차 등으로 공공에서는 계측결과를 신뢰하지 않고 있으며, ② 실제 일부 민간 계량소에서 발급된 화물차 중량 계량증명서가 위변조되어 유통되었고, 특히 항만 수출입 컨테이너의 총중량 신고*시 위변조된 계량 증명서로 중량을 낮게 신고할 경우 큰 해상사고로 이어질 수 있음
 - * VGM(총중량 검증제) : 배에 선적하기 전에 “컨테이너 총중량” 사전 검증을 의무화한 제도

3.1.3. 사업 비전 및 목표

(가) 사업 비전 및 목표

- 육상-항만의 화물정보 결합으로 정확한 중량정보를 실시간 관리·공유하여 교통·운송 등 통합 관리체계 마련 및 화물차량의 사전 계중 활성화를 통해 과적 관리·예방의 효율성을 극대화하고, 도로·교량 등 국가 주요 인프라 파손 예방을 도모
- 연구기획과제 사업의 비전 및 목표를 도식화 하였으며 화물 중량정보를 통합 관리하여 효율적인 과적관리 페러다임 전환 및 화물운송을 구현하기 위한 비전을 제시함

비전	“육상-항만-항공 화물정보 결합으로 스마트 화물차 관리체계 구현”
----	---



사업목적	육상-항만의 화물정보 결합·관리·공유하여 화물차 교통·운송 등 통합 관리체계 마련 및 화물차량의 사전 계중 활성화를 통해 과적 관리·예방 효율성 극대화
------	---



사업목표	육상-항만 “화물차 중량정보 연계 플랫폼” 개발 및 24시간 무인 자동화 “과적관리 효율화 시스템” 기술 기반 마련
------	---



중점 추진분야	<ul style="list-style-type: none"> ▪ [고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템 개발] 인공지능(AI) 분석 기술을 활용하여 고정밀 자동/무인 방식의 중량 계중시스템 및 非 과적차량 선별시스템 기술 개발 ▪ [화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술] 화물차에 장착, 적재된 중량의 스마트 센싱 및 적재량 모니터링 기술 개발 ▪ [블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술] 블록체인 기술을 이용하여 공공의 화물차 중량 계측정보 등을 인증/유통하여 서비스(과적관리, 운행관리, 교통안전 등) 할 수 있는 운영센터 플랫폼 기술 개발 ▪ [테스트베드 기반 실증연구, 해수부] 테스트베드 기반으로 연구개발 기술의 실질 검증 및 법제도 개선 ※ 육상-항만 연계 실증
---------	--

3.1.4. 사업 추진전략

(가) 사업 중점분야 도출방법

- 수요조사 분야를 결정하여 분야별 수요조사 제안과제를 도출함
- 수요조사 제안과제를 발체하고, 수요처에 대한 요구사항을 분석함
- SWOT 분석 및 SWOT 분석 매트릭스를 통해 중점분야를 도출함
 - SWOT분석은 대내외 환경변화와 R&D 역량분석을 통하여 도출된 화물차 중량정보 관리의 강점(S)과 약점(W)을 도출하고 이에 따르는 기회요인(O)과 위협요인(T)을 분석하여, SWOT matrix 분석을 통한 기술개발 전략 도출 절차로 진행
 - SO는 강점을 활용한 사업성공 전략, WO는 약점극복을 통한 기회를 활용하는 전략, ST는 강점을 활용하여 위협요인을 최소화하는 전략, WT는 위협을 회피하고 약점을 최소화하는 전략 관점에서 기술

(나) 수요조사 및 수요처 요구사항 분석

(1) 수요조사 실시(24. 07.01~31) ※ (방법) 온라인, 대면(인터뷰 등)

□ 수요조사 분야

- 스마트톨링, 자율주행 등 미래 도로교통 환경 변화에 따라 효율적인 과적관리 및 화물차 통행을 위해 4개 분야(과)의 “화물차 중량정보 관리 지원기술 개발” 기술 수요 도출

<표 52> 수요 조사 분야

구분	수요조사 분야	수요 조사 내용
1	고정밀 자동/무인 계중시스템	• 계중시스템 구축 및 국산 축하중 센서 개발
2	스마트 자중계 시스템	• 호환성 확보된 화물차 공용 자중센서 개발
3	블록체인 기반 운영센터	• 화물차 중량정보 통합 운영 플랫폼(수집/인증/가공/유통) 구축
4	테스트베드 기반 실증연구	• 실질 검증을 위한 테스트베드 선정 및 연구개발 • 기술 실증 평가결과 제시 및 표준/법제도 개선

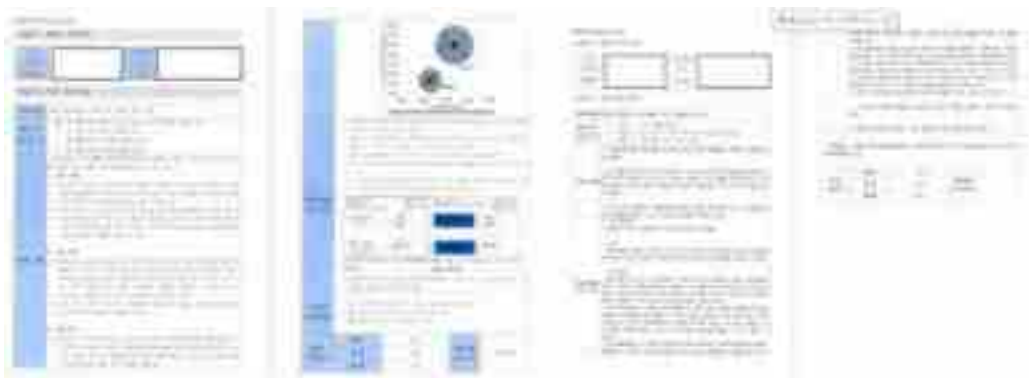
□ 수요조사 결과

- 총 13건 제안 접수(포함 연일과적검문소 인터뷰 1건 포함)

<표 53> 수요조사 제안 과제 목록

구분	수요조사 제안 과제명	제안자
1	과적검문소용 고정밀 Truck Scale 개발	대학
2	적재중량 불량 Warning 서비스	연구소
3	화물 차량 중복 계중 Free 서비스	기업
4	On Board Scales 장착 화물차량을 활용한 시설물 모니터링	공공기관
5	통합 DB기반 과적검문소 실시간 온라인 모니터링 기술 개발	연구소
6	특정 화물차량을 이용한 WIM정확도 평가 기술	연구소
7	포장 설계를 위한 차종별 축중량 모형 개발	연구소
8	화물차 중량관리 센터 플랫폼 구축 및 유통시스템 개발	기업
9	화물차 중량정보 통합 운영 플랫폼 구축	기업
10	화물차 동적 하중 계측센서 개발	기업
11	화물차 무인/자동 계중 제어시스템 개발	대학
12	타이어 내부센서를 활용한 화물차 적재량 변화 모니터링 기술 개발	기업

- 4개 분야에 대하여 수요조사 제안과제 접수



<그림 79> 수요조사 제안과제 접수

(2) 수요처 요구사항 분석

□ 과적단속 시스템 정확도에 대한 문제점 제기

- 과적단속 시스템은 교통정체 문제를 이유로 이동 시 계중하는 LS-WIM(Low Speed Weigh-In-Motion) 시스템을 이용하는데, WIM시스템의 운영오차($\pm 10\%$)로 인해 현장에서 많은 기술적 논쟁이 유발되고 있음
- 과적단속 결과에 대한 기술적 논쟁의 이유로 빈번하게 등장하는 것이 중량계측 센서 상에 계중하는 위치별 계중 결과가 다르게 발생하는 부분임
- 이 문제를 해결하기 위해 국내 4계절 도로환경 및 물리적 스트레스에 내구성이 최적화된 WIM 전용 센서의 개발이 필요함

□ 화물차 과적단속 외 관리에 대한 지원기술 필요

- 화물차 과적단속을 위해 운전자는 교통정체 감수하고 있으나, 과적단속 시스템은 단속 여부에 집중하여 화물차 안전에 대한 정보를 제공하지 않고 있음. 또한 화물운전자 중 대부분이 화물차 중량에 대해 사전에 확인 할 수 없어서 개선이 필요함
- 화물차가 본 주행을 시작할 때 과적여부를 사전에 체크할 수 있으며, 그 과정에서 적재불량(편중적재, 낙하위험, 결박위험 등) 정보를 제공받고 그 정보를 화주에 공유(연동)하는 방안을 지원하면 더욱 안전한 화물차 운송관리가 가능할 것임 (※ PWS : Public Weighing Station 필요성)

□ 과적불가 차량에 대한 계중 요구

- 구조적으로 도로법 상의 과적 기준인 축중량 10톤, 총중량 40톤을 초과할 수 없는 차량을 대상으로 과적검사를 요구하고 있어 해당 운전자들의 불만, 민원의 대상이 되고 있음
- 과적단속 이전에 차량의 중량을 검증된 계중 시스템을 통해 사전 계중 후 비과적 차량에 대해서 과적단속 계중면제를 할 수 있도록 하면 교통흐름 및 운전자의 편의가 향상될 것 (※ PWS : Public Weighing Station 필요성)
- 비과적차량 판별을 함에 있어 중량을 계중하지 않고 판별할 수 있다면 더 효과적일 수 있으며 기술방안으로는 차량번호판 인식을 통해 차량 제원정보를 검색 후 해당 차량이 과적할 수 없는 차량임을 판단함(차량제원정보 연계 및 번호인식 시스템 지원이 필요)
- 화물차 적재함 시 기반 영상을 분석하여 공차 및 소량적재 차량 그리고 규격화된 차량(특수차 등)들의 과적검사 면제시 효율적인 과적관리 및 화물차의 교통흐름을 원활하게 할 수 있음

□ 화물차 탑재형 중량관리 시스템(자중계)

- 해외에서 자중계(On Board Scales)를 이용한 화물차 중량계측 시스템이 활용되는 사례가 있는데, 중차량에 대해 국내 자중계시스템을 활용하여 과적단속 전에 중량정보를 수집할 수 있다면 해당차량을 비과적차량으로 선 판별하여 과적검사를 면제할 수 있음
- 현재 몇몇 분야(각축분뇨, 액비 : 액체상태 비료)에서 적재물의 운반 및 처리절차를 모니터링 하는 목적으로 자중계(GPS 내장)시스템을 장착하여 사용하고 있으나 중량정확도의 성능이 부족하여 추가적인 기술개발을 통하여 보다 다양한 부분에 자중계 시스템이 도입될 수 있다면 과적관리 및 적재물 관리에서 특별한 효과를 기대할 수 있을 것임

□ 센터 중심의 계중정보 연계

- 화주 및 화물운전자는 계량소에서 계중한 정보를 계량증명원(문서)로 받고 제출하고 나면 계중이력 정보를 다른 목적(운송관리 등)에 재사용 할 수 없음, 또한 법정계량기(계량법)로 계중하여 과

적이 아닌데도 과적 검문소에서 과적검사를 중복 실시해야 하는 번거로움이 있음

- 표준화된 계중 정보 관리체계를 마련하여 공인 계량소 및 계측한 중량정보를 통합관리하며 이 정보를 과적단속 운영기관에 공유하여 효과적인 과적단속이 가능하게 하고, 추가로 유관/민간 기관 및 개인사업자(화물운전자)에게 공유하여 재사용이 가능하게 한다면 사회적 비용 감소에 효과가 있을 것임
- 이러한 센터를 구축함에 있어 개인정보 보호 및 정보 위변조의 위험이 없도록 정보 암호화, 통신 보안, DB 보안 등 계중정보 유통에 필요한 기술들 도입이 필요함
 - ※ 블록체인 기반 계량정보 유통 플랫폼 필요성

□ WIM 장비 정확도 평가상의 문제점

- 국내 WIM 장비 정확도 평가는 저속축중기(LS-WIM)과 고속축중기(HS-WIM)로 구분됨
- 고속축중기(HS-WIM) 시스템의 공식적인 평가는 "ITS 기본성능평가"에 시험차량, 시험횟수, 시험항목과 정확도 기준이 명시되어 있음
- 저속축중기(LS-WIM) 시스템의 경우 도로 운영사가 자체적인 시험(BMT)에서 검증된 시스템의 기준을 제시하고 그 시험을 통과한 제품 중에서 선택하여 설치하는데, 그 시험 절차 및 규정이 국제계량협회 권고 기준인 OIML R134와 차이가 있어 해외에서 공식적으로 인정이 안 되고 있음
- 따라서 가장 많이 과적단속장비로 사용되고 있는 저속축중기(LS-WIM) 시스템에 대한 국제기준 기반의 객관적인 평가절차 마련이 필요함
- 평가를 위한 환경기준을 제시하여 절차상 기준이 마련되어 공식적으로 과적단속 시스템의 평가에 활용하여 현장에서의 장비 신뢰성에 대한 민원을 감소시키는 방안이 필요

<표 54> WIM 시스템 평가 기준 (예시)

평가 환경 및 항목	설 명
평탄도	• 노면평탄도 기준 및 평탄확보 길이
차량종류	• 평가에 사용할 화물차 종류(HS-WIM : 트레일러, 5축카고, 4축덤프, 3축 트럭) • 화물차의 노후화 정도
주행속도	• 평가에서 주행할 제한 속도
주행횟수	• 차량별 평가주행 횟 수
비정상주행 금지	• 비정상주행의 사례를 분석 후 주행방식을 지정 (예 : 축조작 주행, 가감속 주행 등)
차량번호 인식률	• 차량번호 인식률(LPR) 시험 방법
시험 예외 상황	• 시험에서 배제시킬 수 있는 주행 (예 : 운전자 부주위로 가감속, 차량고장, 적재물 유동 등)

- 계중 시스템의 경우 4계절 운영되기 때문에 지속적인 유지관리가 필요함
- 과적단속 시스템 및 계중시스템의 경우 고장이 발생을 사용자가 확인한 후에야 알 수 있기 때문에 확인과 동시에 운영이 중단되고 그 이후 수리까지 매우 오랜 시간이 걸릴 수 있음. 이러한 문제를 방지할 수 있는 자동 모니터링 및 원격 기술지원 기술개발이 필요함

(다) SWOT 분석 및 중점분야 도출

(1) SWOT 분석

<표 55> SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • 과적단속 시스템 및 계량소 IT 인프라 확보 • 전국단위 화물차 계중 정보 수집 시스템 • 법률 기반의 과적단속 체계 확보 • 플랫폼 개발에 필요한 주요기술(블록체인, AI, 예측기술 등) 확보 용이 • 세계 최고 수준의 정지 계중 센서 기술 • 시스템 제어기술 확보 및 가격 경쟁력 • 센서 및 시스템 시공 전문 기술자 • 자중계 기술 선행연구 진행 	<ul style="list-style-type: none"> • WIM 계중 국산 센서 기술 부재 • 자동/무인 계중시스템 운영자 인식부재 • 악의적인 화물차 운전자의 연구성과 시스템 수용 거부 시 실효성 저하 • 국내 OIML 성능평가기관 부재
기회(Opportunity)	위협(Treat)
<ul style="list-style-type: none"> • 관련기관의 중량유통 필요성 인식 • 자율주행, 스마트톨링 등 과적관리 플랫폼 변화 필요 • 물류운송 증가로 화물교통 개선 필요 • 무인 과적단속 요구 증가 • VGM 등 화물차 중량정보의 필요성 확대 • 의무적인 자중계 보급 법안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 WIM 기술 국내 진출비율 증가 • 수입 WIM 센서의 가격상승으로 국내 과적단속 시스템 원가 상승 • 유인 과적단속 시스템 유지시 운영비용 상승 • 과적단속 시스템 운영자 피로감 호소 및 단속원 여성 및 고령화로 효율저하

- [Strength : 강점] 전국단위의 계중시스템에서 중량정보를 수집하고 있고 전국단위 IT 네트워크 인프라가 구축되어 있기 때문에 통합센터, 인터페이스, 보안기술을 통해 신속하게 플랫폼을 구축할 수 있음
- [Strength : 강점] 과적단속 효율화 기술에서 필요한 AI(딥러닝, 머신러닝)기술과 계측제어기술 그리고 30년간 축적된 시공기술을 통해 시장 경쟁력이 있음
- [Weakness : 약점] 국내 저속축중기 및 고속축중기 센서는 전량 해외에서 수입하기 때문에 과적단속 시스템 구축 시 센서 가격에 따라 구축비용이 상승하는 약점이 있음
- [Weakness : 약점] 무인 계중시스템이 도입되었을 때 현재 운영 중인 사용자가 무인 운영에 대한 신뢰가 없어 거부할 수 있다는 점이 약점이며, 또한 자중계 시스템의 경우 화물차 운전자가 자중계를 사용하지 않으면 그 효과가 감소할 것으로 판단됨
- [Opportunity : 기회] 스마트톨링 및 자율주행 시대로 미래 교통환경이 변화함에 따라 단속원이 대면으로 진행하는 과적단속이 제약사항이 되고 있으며, 이 시스템을 무인단속으로 변경해야 한다는 요구사항이 늘고 있어 본 과제에서 진행하고자 하는 중량관리 통합운영센터 플랫폼과 자동/무인 화물차 계중시스템이 시장 도입에 최적기로 판단됨
- [Opportunity : 기회] 컨테이너총중량 검증제(VGM: Verified Gross Mass)가 도입되어 항만 터미널사에서는 수출되는 모든 컨테이너의 중량정보 확보가 가능함, 현재는 중량정보의 대부분을 민간 계량소에서 정보를 취득하나, 정보의 위변조가 가능하여 신뢰성에 문제가 발생할 수 있음, 이 문제를 해결하는 방법으로 PWS(Public Weighing Station) 운영이 좋은 대안이 될 수 있음
- [Treat : 위협] 국내 과적단속 시장에 중국, 미국, 스위스, 캐나다 등 각 국가별 자국의 센서를 고가에 수출하는 방식으로 사업을 전개하였고 이는 국내 제조사가 해외시장으로 나가는데 제약사항이 되어왔음
- [Treat : 위협] 최근에는 제어를 포함한 시스템 진출을 시도하고 있지만, 국산 WIM 센서가 부재한 한국시장에서 전체 시스템의 가격 경쟁력 약화로 해외 시스템과의 시장경쟁 시 매우 불리한 조건임

(2) SWOT 분석 매트릭스

<표 56> SWOT 분석 매트릭스

내적요소 외적요소	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	SO 전략	WO 전략
	<ul style="list-style-type: none"> • 화물차 계중정보 유통을 위한 블록 체인 기반 통합운영센터 플랫폼 개발 • 자동/무인 화물차 계중시스템 개발 및 비전기반 AI 기술을 활용한 서비스 개발 • 자중계를 통한 화물차 계중정보 연계 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 비대면 과적단속 시스템으로 PWS 개발 • 화물운전자의 운송환경 서비스 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 과적단속 중량계중 면제 - VGM 계중비용 감소 • 국내 ITS 성능평가기관을 활용하여 법률과 운영환경에 적합한 성능평가 방안 마련
위험 (Treat)	ST 전략	WT 전략
	<ul style="list-style-type: none"> • WIM 센서 개발로 경쟁력 강화 • 해외 시스템과 차별화전략 <ul style="list-style-type: none"> - 자중계 화물차 관리 시스템 - 계중시스템 원격 관리 시스템 - AI 영상 기반 비과적 선별 - 위험화물차 진단 서비스 - 과적단속 시스템 국내기술 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> • 적발중심에서 예방중심으로 과적 관리 방식의 변화를 위한 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - K-계중시스템 개발 - 화물차 중량계중 - 화물차 안전지원 - 화물차 교통개선 - 운전자 편의제공

- [SO 전략] 전국에 있는 계량소 및 과적단속 시스템을 하나의 통합운영센터로 정보를 연계하며 미래의 새로운 교통변화(자율주행 및 스마트톨링 등)에 대응할 수 있는 중량정보 유통 플랫폼을 개발
- [SO 전략] 무인 과적단속에 대한 시장의 요구를 반영하여 고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템을 개발
- [SO 전략] 선행 연구된 자중계 시스템 개발을 연속적으로 추진하여 화물차량의 동적 추적 (GPS) 및 계중정보를 실시간으로 수집하여 과적단속 및 분뇨, 폐기물 등 다양한 화물차량에 의무적으로 장착하여 사용함으로써 화물차 교통흐름 개선 및 관리기능을 강화할 수 있음
- [ST 전략] 국내 정적 센서 기술을 이용하여 동적 센서(WIM 센서)를 개발할 수 있고, 그동안 축적된 운영 및 제어 시스템 기술을 통해 동적 센서의 성능 시험 및 현장 시험을 신속히 진행하여 국산 동적 계중시스템을 개발할 수 있음
- [ST 전략] 화물차 중량정보 유통을 위한 통합운영센터와 고정밀 자동/무인 화물차 계중 시스템을 개발할 경우 해외 과적단속 및 일반적인 계중시스템과는 기술 및 운영방식의 차별화가 가능하기 때문에 국내 표준 기술 제정이 가능함
- [ST 전략] 고정밀 자동/무인 화물차 계중 시스템 경쟁력 강화를 위해 빠르게 진행 중인 영상기반의 딥러닝 기술을 이용해 비과적 차량선별 기술 및 위험화물차 진단기술을 개발
- [WO 전략] PWS(Public Weighing Station) 시스템을 개발하여 통합운영센터와 연계하여 비과적차량에 대한 과적단속 면제 그리고 VGM 지원을 위해 설치/운영할 경우 화물운전자의 운송편의 및 계량비용을 절감할 수 있어 본 과제에서 진행하는 미래 기술 보급에 이질감을 줄일 수 있음
- [WT 전략] 거점 단위(고속도로 입구, 국도 과적단속검문소, 국도 이동단속검문소)에서 과적차량을 적발하던 방식의 경우, 과적 계중 정체로 인한 운전자 피로감 및 불필요한 계중 반복으로 사회적 비용이 손실됨. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 단속 전에 화물운전자가 과적여부를 사전에 계중하여 과적이 아닐 경우 계중 없이 운행하는 방식의 과적예방 문화로 과적단속 정책의 패러다임을 변화시키고, 향후 무인 단속시스템으로 비대면 단속이 가능하도록 AI 기반의 고정밀 국산 계중시스템(K-WIM Scales)을 도입이 필요함

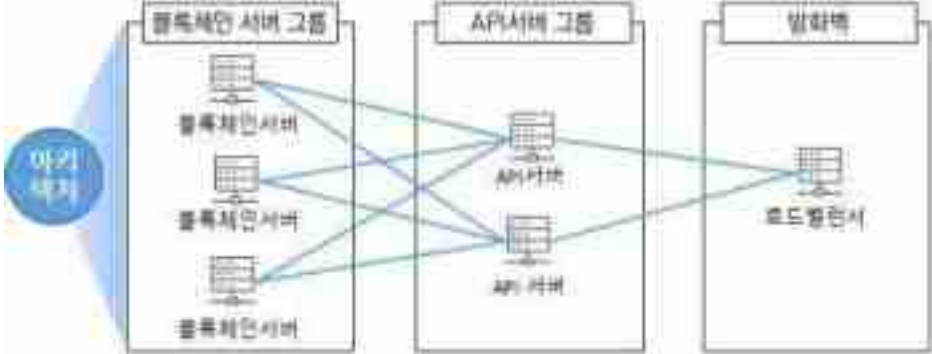
(3) 중점분야 도출(SWOT 분석 결과 반영)

□ 고정밀 자동/무인 계중시스템

구 분	중점 분야
센서분야	<ul style="list-style-type: none"> • 센서 물성특성(편하중 등) 기준을 만족하며 4계절 별도 보정없이 사용가능한 센서 개발 • 도로 매설식으로 내 환경성을 고려한 센서 구조물 설계 및 개발 • 센서 특성검사(편하중, 직선성, 반복성 등)를 위한 지그 개발 • 센서 고장진단 절차서 및 센서 교체 작업지도서 • 고속/저속 정확도 기준을 만족할 수 있는 신호처리 알고리즘 개발 • 대용량 축하중 계측을 위한 센서 구조 설계 기술 • 차량 위치/차축 검지 등 IT 융합 복합 센싱 기술 • 편차 보정값 산출 기술 개발 • 센서 및 제어 장치별 자가진단 기술 개발 • 화물차 중량 위변조(추가적재) 검정용 WIM 센서 개발
제어분야	<ul style="list-style-type: none"> • 24시간 자동/무인 운영이 가능한 계중 시스템 표준화 • 무인 하중 측정 프로세스 개발 • 단계별 데이터 처리/교환 알고리즘 개발 • 단위(그룹)축 계측시스템 및 연속적 축하중 계측 제어 기술 • 차량 구조 분석을 통한 축하중 조작 방지 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 축그룹을 고려한 다중 계중판 구조 설계 • 계중 후 전자 계량증명원 발급 기술 • 차량주행 패턴 분석을 통한 중량 보정 알고리즘 개발 • 무인 자동 운영 맞춤형 운전자 유도 시스템 • 계중시스템 운영환경 기준 및 기준 적합성 확인 방안 제시 • 공공 자동/무인 계중시스템(PWS) 운영 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공공 자동/무인 계중시스템 설치 규격 표준화 개발 - 시스템 설치환경 기준(교통량, 안전성, 설치 용이성) 마련 - 시스템 성능유지 및 운영관리 기술
AI 영상분야	<ul style="list-style-type: none"> • 비전(AI)기반 딥러닝 영상 분류 알고리즘 개발 • 비과적 화물차 선별 알고리즘 개발 • 적재물 위변조 차량 검출 방안 연구개발

□ 스마트 자중계 시스템

구 분	중점 분야
스마트 화물차 중량관리 운영개념 및 시나리오	<ul style="list-style-type: none"> • 화물차 중량 정보 관리 시스템의 흐름을 보여주며 현장 중량계측 장비를 통해 중량정보를 수집하고, 이를 전송, 집계, 가공하여 서비스에 활용함 • 또한 중량계측기 신뢰성 검증, 중량 재검측 면제, 화물차 안전 알림 등의 서비스를 제공하며 외부 시스템과 연계되어 활용됨 <p>□ 중량정보 수집</p> <ul style="list-style-type: none"> • 현재 국내에서는 국토교통부에서 운영하는 과적검문소에 과적차량 대상을 저속 및 고속 WIM을 통하여 차량번호, 축별 중량, 측정 시각과 같은 데이터가 수집되고 있음 • 유료도로에 대해서는 한국도로공사를 비롯하여 민자 고속도로의 톨게이트에 중량측정 가능한 저속 WIM을 통하여 차량번호, 축별 중량, 측정 시각과 같은 데이터가 수집되고 있다. 한국도로공사의 경우 현장뿐만 아니라 센터에서 전체 과적 관련 자료가 저장되고 있음 • 전국에 산재한 다양한 화물차량의 중량 계측 정보가 통합운영센터에 실시간으로 전송되어 저장되는 수집/유통되는 체계가 필수적임 <p>□ 중량정보의 수집(집계) 및 가공</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전국에 산재한 화물차량의 중량을 계측한 자료를 대상으로 중량정보 유통 시스템 운영, 계측장비 간 정확도/편차 감시, 중량 재검측 면제 서비스 등을 구현하기 위해서 화물차량에 관한 기본정보를 갖고 있는 DB(차량제원정보 등)와의 연계가 필요함 • 전국 동일 차량, 동일 적재물인 것을 판단하는 로직을 개발할 필요가 있음 동일 적재물을 적재한 차량이 다수의 계량소를 통과 했을 때 계량소별로 측정 오차는 일정한 범위내에서 있어야 하며, 계량소별로 편차가 크게 발생하는 경우 계중장비의 정확도를 점검하고 것이 필요함 • 즉, 데이터 분석에 기반하는 의사결정 과정을 정립하는 것이 가능해짐 <p>□ 서비스 시나리오</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기존 독립적으로 운영되는 개별 화물차량 계량소를 중량관리 통합운센터 DB에 연계하여 중량정보를 분석함 • 신뢰도가 확보된 계량소(PWS)에서 측정된 중량정보는 해당 차량이 목적지까지 통행하는 경로상에 있는 계량소에 계중 결과가 연계되어 있어 중복 계중하는 과정 없이 통과하는 서비스를 구현하는 것이 가능함 • 전국에 산재한 도로관리기관에 의해서 운영 중인 과적검문소의 단속장비 정확도에 관한 모니터링을 DB에 저장된 자료를 기반으로 수행하는 것이 가능함 • 통합운영센터 DB 기반 화물차량의 실시간 모니터링을 통하여 트럭의 중량을 실시간으로 모니터링하여 중량 규정 준수, 교통안전 강화, 인프라 마모 수명 감소를 예방하는 효과 있다. 화물차량의 차종별 중량 데이터를 지속적으로 수집하여 교통 패턴에 대한 인사이트를 제공 할 수 있다. 또한 법정 중량 제한을 시행하는 데 중요한 역할을 하며, 상습 과적차량을 식별하고 즉시 대응하는 것이 가능함

	<p>□ 기존 시스템과의 연계 및 통합</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기존 톨게이트 과적단속 시스템들과 국토교통부에서 운영 중인 과적검문소 간 계중정보 및 시스템 연계가 필요함, 신뢰도가 확보된 계량소(PWS)에서 계중하는 경우에 대해서 타 계량소 전방에서 동일 차량, 동일 중량이 인정된다고 검증되는 경우 중복 계중 없이 통과하는 서비스 제공이 가능함
<p>스마트 화물차 중량관리 지원기술 구성 및 연계 분석</p>	<p>□ 중량정보 데이터 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> • WIM 데이터 웨어하우스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 육상-항만으로부터 통합 DB에 수집/저장된 WIM 데이터를 관리하고 더 많은 사용자가 데이터에 액세스할 수 있도록 데이터 웨어하우스를 개발이 필요함 - WIM 데이터를 관리하고 활용할 계획을 세우는 것이 장비의 적절한 작동을 보장하는 것만큼이나 중요 - 데이터 수집 및 관리, 데이터베이스 설계, 데이터 웨어하우스 설계, 데이터 분석 및 정책 자료 추출, 시스템 구축 및 운영, 보안 및 모니터링 등 • WIM 데이터 웨어하우스 운영에 필요한 S/W 패키지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 분석을 통하여 WIM을 구성하는 주요 센서, 제어기, 도로포장 등과 간 정확도에 영향을 미치는 요소들을 운영 모니터링 및 이력관리 - 과적차량 단속 지원에 관련된 S/W 개발 - 계중장비의 품질관리를 위한 S/W 및 통계처리용 개발 <p>□ 중량정보 플랫폼 아키텍처 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 화물차 중량관리 데이터의 신뢰성을 확보하고 데이터를 공유, 추적하기 위한 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 구성 - 블록체인 기반 시스템의 보안성, 안정성, 확장성을 확보하기 위하여 외부 시스템은 API 서버 그룹을 통해 블록체인 서버 그룹에 접근하여 데이터를 저장하거나 조회할 수 있도록 구성  <p><그림 80> 중량관리를 위한 블록체인 플랫폼 아키텍처 구성</p>

□ 블록체인 기반 중량정보 관리 통합운영센터

구 분	중점 분야
<p>스마트 화물차 자중계 운영개념 및 시나리오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 자중계 사용의 가장 큰 장점은 차량에 적재하는 화물의 무게를 즉시 운전자가 인지할 수 있다는 것이며, 또한, 스마트 화물차 중량관리 시스템을 이용하여 차량의 위치 및 중량정보를 도로관리자가 수집하여 관리 할 수 있음 • 이처럼 자중계는 화물적재 즉시 차량 중량을 확인할 수 있어 화주 강요 대응, 적재 중량 확인을 통한 적정운임 산정, 과적 운전을 사전예방, 대형 화

물을 운반하는 차량에 대한 관리 등이 가능하고, 자율주행 등 미래 모빌리티 환경에도 대응할 수 있어 과적의 원인 제거와 해결방안의 솔루션으로 작동할 수 있음

- 그리고 추후 운행제한 차량 허가, 단속 업무 등에 사용하여 고중량 화물차에 대한 모니터링 능력을 향상할 수 있으며, DTG 및 차량의 자체의 데이터(CAN)를 추가 활용하여 화물차량에 대한 안전한 자율주행을 도모할 수 있음



<그림 81> 미래 모빌리티 대응을 위한 디지털 기반의 통합 운행제한 관제체계

3.1.5. 사업 중점 추진분야

(가) 중점 추진 분야

- (연구내용 1)
- 인공지능(AI) 분석 기술을 활용하여 고정밀 자동·무인 방식의 화물차 계중시스템 개발
- (연구내용 2)
- 화물차에 장착, 적재된 중량의 스마트 센싱 및 적재량 모니터링 기술개발
- (연구내용 3)
- 블록체인 기술을 이용하여 육상-항만 화물차 중량정보 등을 인증·유통하여 서비스(과적관리, 운행관리 등) 할 수 있는 운영센터 플랫폼 기술개발
- (연구내용 4)
- 테스트베드 기반으로 연구개발 기술의 실질 검증 및 법제도 개선 ※ 육상-항만 연계 실증



3.2. 중점 추진 분야별 기술개발 내용

3.2.1. 고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템 기술 분야

(가) 자동/무인 화물차 계중시스템 개발 기술

(1) 자동/무인 정적 화물차 계중시스템

- 現 계중시스템은 S/W 조작에 의한 계중정보 위변조 및 비절차적 계측 시행으로 중량정보 위조가 가능하다는 기술적 문제와 재검측 및 데이터 입력 등 계측업무를 위해 인력이 필요한 시스템으로 운영 비용상승 및 시간 제약의 문제가 존재함, 본 과제에서는 이러한 문제를 신뢰 기반의 고정밀 센서 및 계중시스템 개발과 블록체인 기반의 암호화 기술을 적용하여 정보의 신뢰성과 운영의 편의성 및 경제성을 개선할 수 있는 기술지원을 하고자 함



<그림 82> 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 구성도

- 또한 지원기술을 통해 既 설치된 시스템의 개선을 통해 새로운 표준 시스템으로 활용할 수 있도록 개발
- 자동/무인 정적 화물차 계중시스템을 통해 자체적으로 계중기를 운영하는 기업 및 기관의 시스템을 개선하고, 수집된 중량정보를 통합센터를 통해 유통하여 공공기관 및 민간기업의 목적에 맞게 활용할 수 있도록 시스템 및 수집정보를 구성하여 공공과 민간 모두 시너지 효과를 거둘 수 있도록 개발
- 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 주요 기술 구성

<표 57> 정적 계중시스템 기술구성

항목	기술 설명
센서	검지, 정지중량 신호계측 및 영상 정보로 차량의 위치, 상태 및 중량 정보 수집 기술
보안	차량 식별 및 계중 정보에 대한 위변조 방지 기술
비전	수집된 영상정보를 AI(딥러닝+머신러닝) 기술을 통해 계중신뢰성 검증 기술
계측	수집된 센싱 정보를 통해 정확한 차량의 중량을 계산하는 제어 기술
통신	현장 및 센터와 정보교환을 위한 통신 기술

(2) 자동/무인 동적 화물차 계중시스템

- 과적검사로 인한 교통체증을 해소하기 위해 화물차 이동중 중량을 계중하는 자동제어 시스템 기술이 필요함
- 자동/무인 동적 화물차 계중시스템은 과적차량 및 중차량 화물차가 유발되는 거점(항만터미널, 물류창고, 대규모 토목/건축공사, 제철소 등) 인근에 설치하여 과적여부를 화물운전자가 사전 확인할 수 있어 과적을 예방할 수 있으며, 또한 계중된 화물중량 정보를 센터를 통해 유통함으로써 공공기관 및 민간기관에서 목적에 맞게 활용할 수 있도록 시스템을 개발



<그림 83> 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 구성도

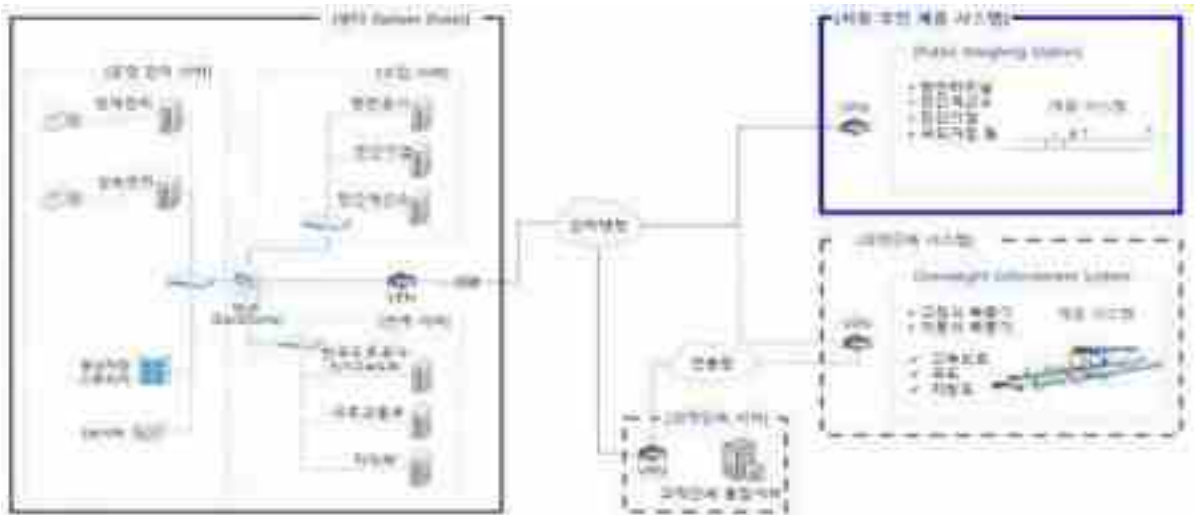
- 과적단속 시스템 정확도 성능 대비 동등 이상의 정확도를 확보하여 과적단속 시스템으로 활용할 수 있는 기술 제공
- 화물차 유발 거점 외 국도의 화물교통량 빈도가 높은 지점에 설치하여 화물운전자 스스로 과적 위반에 대한 자정효과를 만들어 낼 수 있는 환경을 제공
- 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 주요 기술 구성

<표 58> 동적 계중시스템 기술구성

항목	기술 설명
센서	검지, 동적중량(WIM : Weigh-In-Motion) 신호계측 및 영상 정보로 차량의 위치, 상태 및 중량 정보 수집 기술
보안	차량 식별 및 계중 정보에 대한 위변조 방지 기술
비전	수집된 영상정보를 AI(딥러닝 + 머신러닝) 기술을 통해 계중신뢰성 검증 기술
계측	이동 화물차량의 중량을 계산할 수 있는 계측 제어 기술
통신	현장 및 센터와 정보교환을 위한 통신 기술

(3) 통합운영센터 연계 시스템 지원기술

- 현장의 자동/무인 계중시스템은 계중정보 유통을 위해 통합운영센터로 정보연계가 필요하며 네트워크 구성은 <그림 91>와 같이 구성할 수 있음
- 자동/무인 계중시스템이 센터와 연계를 통해 화물차량을 인증하고, 계중된 중량 및 차량 정보를 센터를 통해 유통될 수 있도록 생성하며, 시스템의 원격관리 및 신뢰성 확보를 위한 솔루션을 통합센터에 구축하여 관리할 수 있도록 지원 기술을 개발해야 함



<그림 84> 자동/무인 화물차 계중시스템 센터연계 구성도

- 과적단속 시스템과 효과적인 정보교환 및 정보제공을 위해 과적단속기관 시스템에 수집된 정보를 통합운영센터 시스템에 수용하여 연계할 수 있으며, 이와 같은 연계를 통해 과적재검측 면제 서비스, 상습과적차량 관리 등 다양한 서비스 제공에 필요한 기술 개발이 가능함
- 화물차 중량관리를 위한 블록체인 처리 프로세스
 - 화물운전자는 사전 “회원가입”절차와 “신원인증”단계를 통해 DID(Decentralized Identity)가 생성된 후 신원증명을 위한 VC(Verified Credential)를 저장
 - 사전계중을 위한 화물차가 진입하면 “화물차 계중 VC”를 발행하여 계중정보를 저장
 - 발행된 VC를 통해 주행중 필요한 서비스(과적단속 중량 재측정 면죄 등)를 받으며 단위 주행이 완료될 경우 VC를 폐기함

○ 자동/무인 화물차 계중시스템 센터연계 주요 기술 구성

<표 59> 화물차 계중시스템 센터연계 주요기술 구성

항목	기술 설명
보안	<ul style="list-style-type: none"> • 블록체인을 통한 화물차량 인증 기술 • 블록체인 기반의 유통정보 위변조 방지를 위한 암호화 기술
통신	<ul style="list-style-type: none"> • 통합센터와 계중시스템 표준 인터페이스 개발 • 민간 계중시스템 호환을 위한 최적화된 인터페이스 개발 • 과적단속 시스템 연계에 필요한 표준 인터페이스 개발
관리	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 장애 모니터링을 위한 시스템 및 센서 자가진단 기술 개발 • 동적 화물차 계중 신뢰성 확보를 위한 원격 편차조정 기술 개발 • 원격 시설물 관리를 위한 시스템 원격 제어 기술 개발

(4) AI 기반 비(非)과적 화물차 선별 기술

- 무인으로 운영되는 화물차 계중시스템은 화물운전자의 과실로 계중 오차가 발생할 수 있으며, 또는 고의로 중량정보 위변조를 시도하는 경우가 예상되므로 이러한 중량 정확도 신뢰성 문제를 해결하기 위한 센싱 및 비전기술 개발이 필요
- 비과적 화물차 선별기술은 딥러닝을 이용한 영상분석 기술을 통해 공차 및 적재량 미달 차량화물차 제원정보와 통합 분석하는 기술로 계중 시스템보다 비과적차량 선별이 효율적이며 빠르게 처리할 수 있는 기술

<표 60> 비과적차량(예시)



- 비과적차량 확정차량이 추가 적재를 통해 적재물의 변조를 시도했을 경우 과적단속 시스템 계중면제 시 위변조를 검사할 수 있는 영상 분석기술이 필요

(나) 자동/무인 화물차 계중시스템 운영기능 및 서비스 지원기술

(1) 자동/무인 정적 화물차 계중시스템

- 정적 화물차 계중 시스템 운영화면 (예시)



<그림 85> 계중 전 화면



<그림 86> 로그인 화면

○ 표준 설치 기준 정의 필요

- 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 설치 시 필요한 기준들에 대한 표준 정의
- 시설물 개발 규격 및 성능 정의
- 설치 시 필요한 공간/위치/거리 기준 정의
- 시설물 안전사고 대책 마련
- 비정상적인 상황에 대한 설정 후 각 시나리오별 대응방안 제시
- 비정상적인 상황 예시

<표 61> 비정상 계중시스템 상황 및 대응 방안

상황	대응 방안
계중 무결성 오류	운전자 표시판 표출과 알람을 통해 후진 후 재진입 유도
장비 고장	운영중단 메시지 표출을 통한 안내메시지 제공

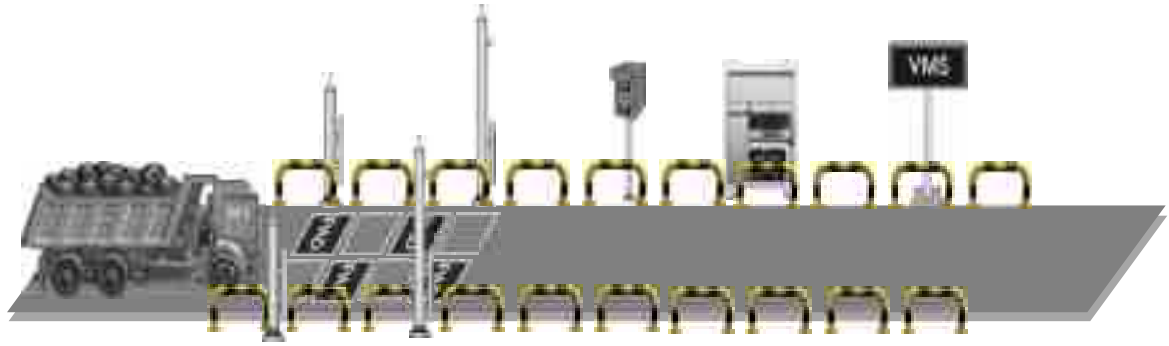
○ 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 운영기능

<표 62> 자동/무인 정적 화물차 계중시스템 주요 운영기능(예시)

주요 기능	기능 설명	비고
보안기술	• 블록체인기반 신원인증 및 정보 암호화 기능	
설정기능	• 시스템 운영에 필요한 정보들을 설정하는 기능 - 장비 기본정보 - 센터연계정보 - 과적판단 기준정보 - 주변설비 설정정보(프린터, 인디게이터, 중량표시판 등) - CCTV 설정 정보	*민간 계중기 호환의 경우 별도 정의 필요
계중기능	• 화물차 중량 계측 기능	
자가진단	• 주변설비 자가진단 기능으로 상태정보와 함께 관리하는 기능	
출력기능	• 계중결과를 프린터로 출력하는 기능	
센터연계	• 계중 후 수집된 정보를 통합센터로 전송하는 기능 * 표준인터페이스 정의	
과적판단	• 계중 결과 과적 여부를 판단하여 제공	
계중녹화	• 계중 과정에 대한 영상을 CCTV를 통해 동영상으로 녹화하여 비정상인 경우 통합센터 제공	
번호인식	• 화물차 번호인식 시스템(LPR: License Platenumber Recognition)을 통한 차량번호를 차량정보 및 신원인증 정보로 활용	
중량표시	• 운전자 중량정보 표시판을 통해 계중 후 수집된 정보를 운전자에게 알려주는 기능 • 주의 및 비상 시 운전자 경고 알람 기능	

(2) 자동/무인 동적 화물차 계중시스템

- 화물차량의 총중량을 측정하는 정적 화물차 계중시스템과 달리 동적 계중 시스템은 이동하는 화물차량의 각 축중량(또는 윤중량)을 측정하며 측정된 중량을 모두 합산하여 총중량을 계산하는 방식으로 운영되기 때문에 센서의 수량 및 종류가 다양하여 시스템 유지관리를 위해 복잡한 자동화 기술이 필요함
- 계측 중량 정확도 신뢰성 확보를 위해 노면의 평탄도, 주행속도, 주행위치별 보정계수, 축 구조 및 차량 구조, 환경온도변화 등 다양한 변수들에 대한 기준과 대응기술 개발이 필요함
- 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 기본 운영 시나리오



<그림 87> 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 구성도(예시)

- ① (진입 검지 센서) 차량 진입 감지
- ② (영상 촬영 센서) 번호인식을 위한 전면 영상 수집
- ③ (중량 계측 센서) 중량 신호 수집 및 축하중(윤하중) 계산 시작
- ④ (영상 LPR 제어기) 이미지 영상으로부터 차량번호 인식
- ⑤ (높이 검지 센서) 차량 높이초과 감지
- ⑥ (진출 검지 센서) 차량 진출 감지
- ⑦ (계중 제어기) 차량중량 계산 및 높이초과 위반여부 판단
- ⑧ (운전자표시판) 계중정보, 차량정보 및 위반정보 표출

○ 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 서비스

<표 63> 자동/무인 동적 화물차 계중시스템 주요 서비스(예시)

주요 서비스	내용 설명	비고
원격 운영관리	<ul style="list-style-type: none"> • 화물차 중량 계측 모니터링 • 현장 설비 운영환경 설정 • 운영 시 원격 사용자 대응방안 기술 (예: 화상통화 및 음성통화 기능 또는 실시간 기술 지원 기능) 	운영지원
교정 및 검정	<ul style="list-style-type: none"> • 원격 교정 서비스 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 절차 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 현장 : 교정 기준차량 운행 (표준분동 적재) ▪ 시스템 : 원격 교정 기능 • 원격 교정 서비스 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 교정절차서 기준 준수 - 원격 교정 신뢰성 확보 방안 제시 - 고장 수리 후 원격 교정 기술 개발 • 표준분동 검/교정 방안 	운영지원
원격 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> • 통합센터 계중 시스템 원격관리 기술을 통해 무인운영 시스템에 대한 고장 및 장애 진단 • 계중 정보에 통계 및 이력관리 기능 • 현장 설비 자가진단 기능 • 장애처리에 대한 원격보수 기능 제공 * 원격보수 불가 시 기술적 조치 필요사항 제공 	운영지원

중량정보 유통	<ul style="list-style-type: none"> • 화물운전자가 계중 중량정보를 온라인을 통해 확인하고자 할 경우 통합센터를 통해 제공하는 서비스 	사용자 지원
계중시스템 사용 이력 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 화물운전자가 자신의 화물차 계중정보 이력을 확인하고자 할 경우 통합센터를 통해 제공하는 서비스 • 화물차 안전진단(적재상태 등) 서비스 제공 	사용자 지원
과적단속 기술지원	<ul style="list-style-type: none"> • 과적단속 정확도 대비 동등이상의 정확도 제공 • 과적단속 시스템으로 활용 가능 • 과적단속 고발보고서 작성 및 출력기능 	운영지원

(3) PWS 연계 서비스 시스템 지원기술

- PWS(Public Weighing Station, 자동/무인 화물차 계중시스템)은 화물차가 과적단속 시스템 계중 전 사전 계중을 실시하여 과적 여부를 사전에 인지할 수 있도록 하며, 과적일 경우 화주에게 정당한 적재중량 적재를 요구할 수 있는 기술적 예방 방안을 제시함
- PWS 계중에서 과적 및 높이초과 등의 위반사항이 없을 경우 이후 과적단속 시스템에서 계중을 면제받으며 단위 주행이 종료될 때까지 계중 면제 혜택은 유지됨
- PWS에서 제공하는 서비스와 주요 기능은 다음과 같음

<표 64> PWS 제공 서비스 및 주요기능(예시)

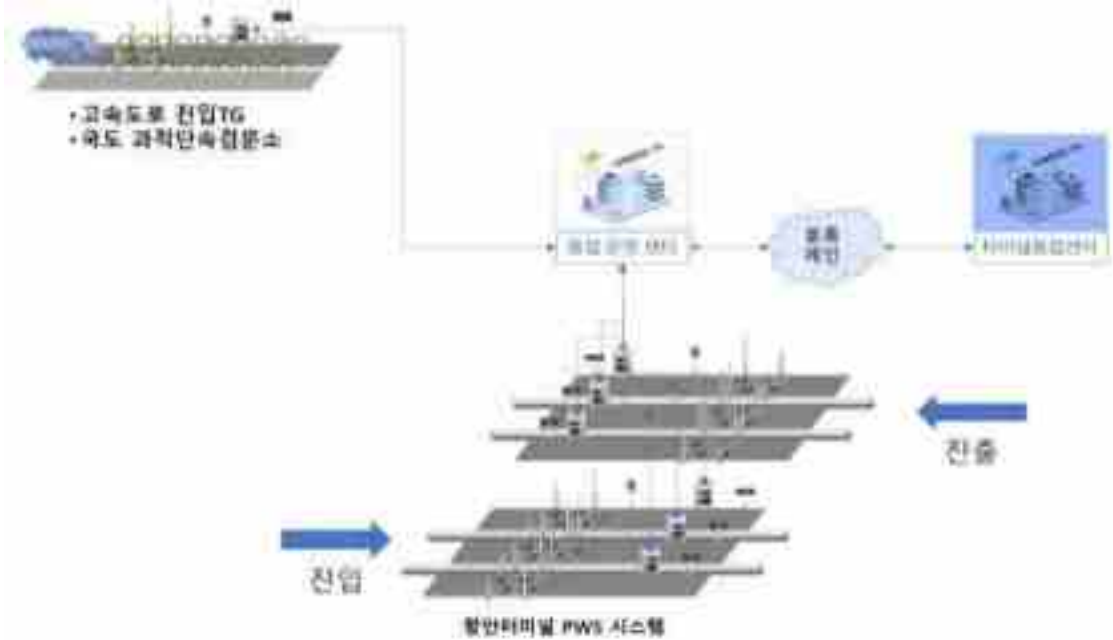
서비스	주요기능	연계 시스템
PWS 이용등록	<ul style="list-style-type: none"> • 회원가입 및 보안인증 • 정보 조회 및 수정 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합운영센터
중량계중서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 축하중 및 총중량 계중 • 계중 정보 이력 조회 • 위반정보(과적, 높이초과 등) 조회 • 화물차 안전진단 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합운영센터 • 모바일
화물차 교통지원 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 과적단속 계중 면제 기능 • 비과적화물차 판단 기능 • 화물차 중량변화 의심차량 선별 기능 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합운영센터 • 모바일
계량증명서 발급	<ul style="list-style-type: none"> • 중량 계량 증명원 온라인 발급 • 계량증명원 조회 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합운영센터 • 모바일

- PWS(Public Weighing Station)은 설치되는 위치에 따라 필요한 연계기능을 제공해야 함

① 항만터미널

- PWS 시스템을 터미널 입출구 차로에 설치하여 진입하는 차량의 중량과 진출하는 차량의 중량을 측정할 수 있도록 구성
- 예약된 수출 컨테이너의 경우 진입 시 총중량(W_{before})을 측정하고, 진출 시 총중량(W_{After})을 측정하여 그 차이값으로 적재된 컨테이너 중량을 계산할 수 있음

$$\text{컨테이너 중량}(W) = W_{before} - W_{After}$$




<그림 88> 항만터미널 PWS 시스템 구성도(예시)

- 항만터미널은 이와 같은 PWS 시스템을 통해 VGM(Verified Gross Mass: 화물총중량검증제)을 화주들이 신고한 중량을 검증할 수 있음
- 수입 컨테이너 화물차가 항만 터미널에 진출할 경우 진출중량 정보를 통합운영센터로 전송하여 목적지까지 과적단속 계층을 면제받아 운송효율을 향상시킬 수 있음
- 수출 컨테이너 화물차가 고속도로 진입TG 또는 국도 과적단속 검문소를 통해 항만 터미널로 이동할 경우 항만 터미널 관제센터는 컨테이너 화물차 이동정보를 통합운영센터로부터 수집하여 도착 예정시간을 예측할 수 있으며, 이 정보를 이용하여 컨테이너 적재 스케줄 관리에 이용함으로써 항만 운영의 효율성 향상을 도모할 수 있음

② 민간 계량소

- 기존 운영중인 민간 계량소 계중시스템을 “자동/무인 화물차 계중시스템”으로 업그레이드하여 PWS 시스템과 같이 사용할 수 있도록 개발
- 민간 계량소 24시간 자동/무인 방식으로 업그레이드 시 기술 요소

<표 65> 민간 계량소 시스템 개선 전후 기술 비교(예시)

항 목	기존 시스템	개선 PWS 시스템
구성도	 <p><그림 89> 민간계량소 구성</p>	 <p><그림 90> 민간 PWS 시스템</p>
시스템	<p>[사무실 장비]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인디게이터 - 운영컴퓨터 - 방송장비 - 프린터 	<p>[센서장비]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차량 및 높이검지 센서 - 계중대(중량계측센서) - 영상촬영장치

	[차로장비] - 계중대(중량계측센서) - 높이검지 시스템 - 영상 모니터링 시스템 (CCTV)	[제어시스템] - 중량, 높이 계측 제어기 - 운영관리 제어기 (센터연계, 운전자 표시 등) - 영상 모니터링 시스템 (번호인식 및 RFID 식별) - 계중 무결성 검지 제어기
운영방식	유인운영	무인운영
운영시간	제한적운영(인건비 상대적)	365일 24시간 운영가능

- 민간 계량소 유인운영 환경 하에 업그레이드시 시스템 재구성 가능
<표 66> 민간 계량소 시스템 개선 전후 기술 비교

항 목	기존 시스템	개선 PWS 시스템
시스템 변동사항	[사무실 장비] - 운영컴퓨터	[사무실 장비] - 운영컴퓨터 S/W 업그레이드 - 통신장비 (인터넷)

- 민간 계량소의 경우 다양한 사용자의 이용으로 계중정보 통합운영센터 연계로 충분함

③ 중량 재검측 면제 서비스(과적검사 프리패스)

- 중량 재검측 면제를 위해서는 통합운영센터와 화물차량의 운행상태에 대해서 운행시작, 면제 유효시간, 운행종료, 상태변화 범위 등 다양한 변수를 고려하여 판단할 수 있는 알고리즘을 통합운영센터는 제공해야 하고 PWS 시스템은 알고리즘 절차대로 수행할 수 있는 설계 및 개발이 지원되어야 함



<그림 91> 화물차량 주행 중 시스템별 중량 계중 흐름

- 재검측 면제를 위해 운행시작 계중 시 과적단속 계중면제에 필요한 정보를 수집하여 통합운영센터로 전송해야 하며, 이후 통합운영센터는 경과시간 및 지점을 확인하여 정해진 알고리즘에 의해 면제 여부를 과적단속 시스템에 통보해 주어야 하며, 화물차량이 중량변동이 발생했을 경우 과적면제 상태를 초기화한 후 재시작할 수 있도록 인터페이스를 제공해야 함
- 통합운영센터와 통신장애가 발생할 경우 PWS 시스템은 단독으로 운영하되 화물운전자에게 서비스 지원이 불가하다는 안내를 제공해야 하며, 통신이 복구되면 수집된 정보를 운영센터로 전송하여 서비스가 원활하게 진행될 수 있도록 개발되어야 함

④ 기타활용(민간기업 및 과적단속 지원)

- PWS 시스템을 민간기업의 계중기 시스템으로 사용할 경우 통합운영센터 연계와 자체 운영을 위한 기업 ERP 연계를 지원해야 함

- 민간기업이 계중하는 적재물이 폐기물, 토목(흙, 자갈 등), 철판매 등 적재중량이 판매 물건의 중량과 연관되어 있으면 통합운영센터를 통해 공급자와 수요자의 인터페이스 역할을 할 수 있도록 통합운영센터가 설계되어야 하며, 그 설계에 맞게 PWS 시스템에서는 인터페이스 개발이 이루어져야 함
- 인터넷 네트워크에 장애가 발생하여도 자체적인 업무 프로세스는 정상적으로 작동해야 하므로 PWS 시스템의 계중운영시스템은 망 분리 운영이 가능하도록 설계되어야 함
- 민간기업 사업모델에 따라 화물차 관리, 운행, 적재물 관리 등 다양한 수집 및 관리정보가 발생할 것을 고려하여 정보수집 시스템 기술 및 연계방안을 고려해야 함
- (예) 건설폐기물 처리업체: 낙하물에 의한 사회적 피해를 고려해 적재불량 안전관리 여부 판단 기능을 요구할 수 있음



<그림 92> 민간기업 자체 계중시스템 지원

- 과적단속 지원기능으로 현재 국도 이동단속반의 경우 사전 과적단속을 받고 운행하는 화물차라고 해도 적재상태가 과적으로 의심되면 이동식축중기 계중절차를 수행하고 있음






<그림 93> 이동단속반의 불필요한 반복단속 제한 방안

- 모바일을 통해 사전계중을 마치고 과적면제 차량으로 확정될 경우 이동단속반이 간단한 앱검색으로 결과를 확인할 수 있음
- 이동단속반 업무 지원을 위해서 중량정보외에 PWS 시스템에서 계중 시 축수 정보 및 적재상태 정보를 수집하여 이동단속반이 적재물 위변조 및 주행상태 변경(축수 감소)이 발생했는지 확인할 수 있도록 제공해야 함(PWS 시스템 계중시 5축으로 계중한 차량이 4축으로 주행했다면 다시 과적단속 계중을 받아야 함)

(4) AI 기반 비(非)과적 화물차 선별 기술

○ 영상 분석을 통한 비과적 화물차 분류

<표 67> 비과적화물차 특징 및 선별 기술(예시)

비과적화물차 분류	분석 중점 사항
차량 형태	<ul style="list-style-type: none"> 차량구조가 과적 불가능한 차량 <ul style="list-style-type: none"> 화물차로 분류된 차량중 적재함 또는 구조가 과적 불가능한 차량을 분류하여 계중면제 서비스를 제공할 수 있음 과적불가능 화물차(예시) <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 94> 활어차</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 95> 카캐리어</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 96> 펌프차</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 97> 레미콘</p> </div> </div>
적재함 상태	<ul style="list-style-type: none"> 적재상태가 과적 불가능한 상태 차량(예시) <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 98> 공차</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 99> 잡자재</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 100> 카크레인</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 101> 묘목적재</p> </div> </div>
과적 화물차 적재 패턴	<ul style="list-style-type: none"> 과적 의심 화물차(예시) <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 102> 토목폐기</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 103> 타워크레인</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p><그림 104> 건설철근</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><그림 105> 건축자재</p> </div> </div>

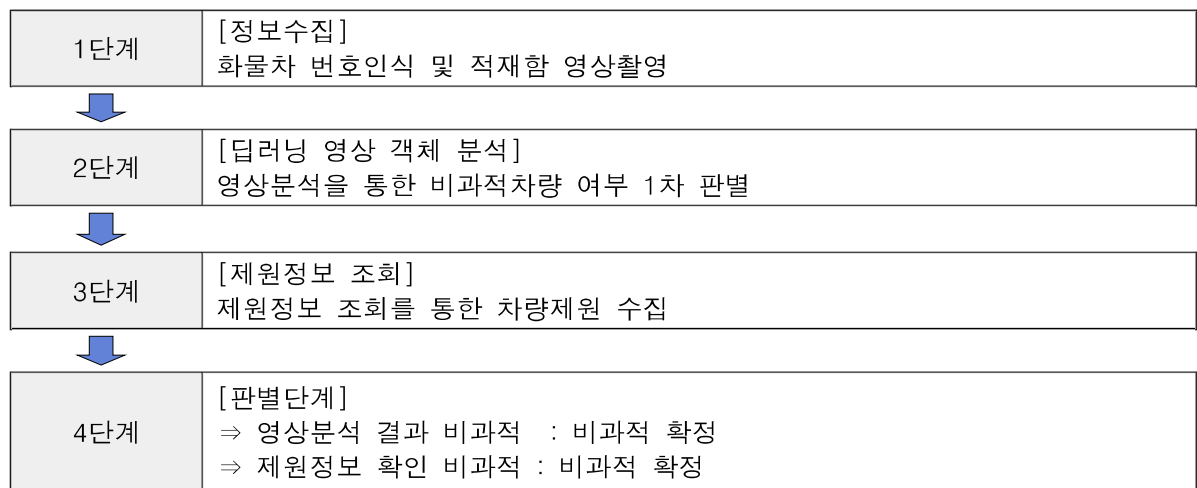
- 비전(AI)기반 영상 객체 분류 기술을 이용하여 화물차량의 형태별, 적재상태별 그룹 정의가 가능하며 이를 통하여 과적의심 여부 1차 판별이 가능함
- 비과적 화물차 선별을 위한 통합운영센터와 연계
 - 통합운영센터로부터 제원정보를 주기적으로 갱신하여 현장에서 화물차량의 비과적 여부를 판단할 수 있는 알고리즘을 개발
 - 비과적 화물차 선별에 필요한 제원정보

<표 68> 제원정보 항목

항목	연계 설명
차량번호	현장에서 수집한 차량번호로 조회 기준값
적재중량	화물차량이 적재할 수 있는 최대 적재하중값
최대 총중량	화물차량 전체의 최대 중량값

- 영상 객체 분류와 차량제원정보를 통한 비과적 화물차 선별 알고리즘 개발방안

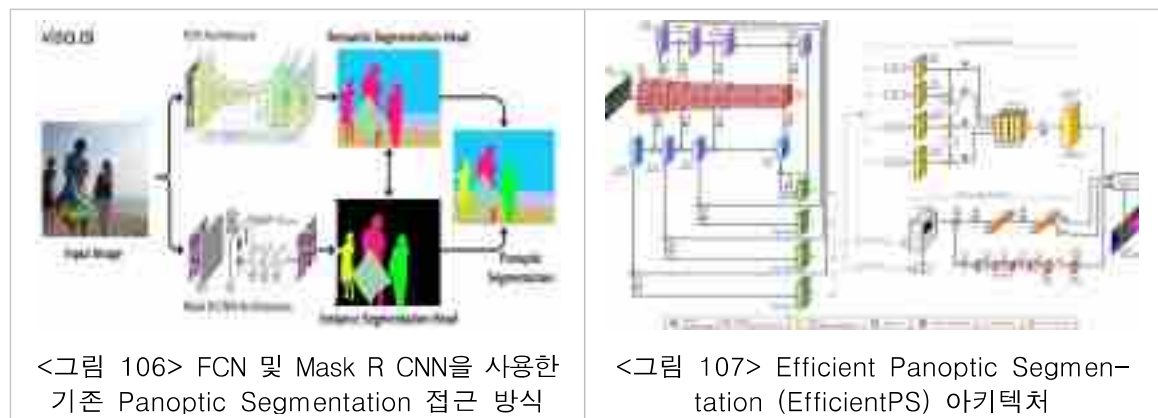
<표 69> 비과적차량 선별 절차(예시)



○ AI 영상기술을 이용한 적재물 위변조 검출 기술

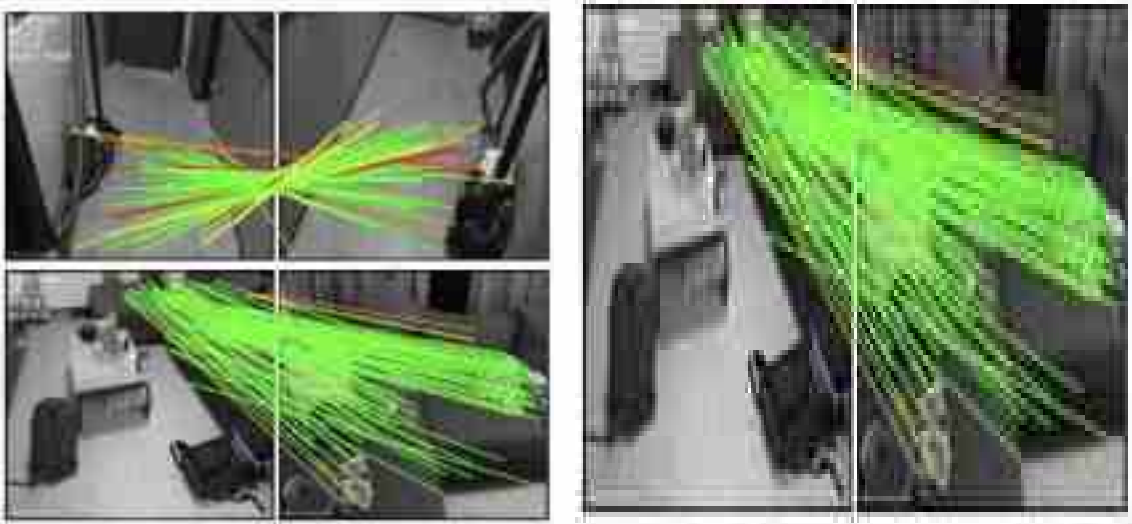
- 적재물 위변조를 검출하기위해 사전에 촬영한 영상과 이후 촬영한 영상간의 차이를 검출하는 알고리즘 개발
- 위변조 검출 단계는 첫 번째, 객체를 추출한 후 객체별 특징점을 찾고 그 특징점 간의 유사성을 확인하는 방식으로 진행함
- [객체추출] Efficient Panoptic 분할(Segmentation) 방식은 Semantic 분할과 Instance 분할 방식을 결합하여 더욱 강력한 딥러닝 네트워크를 구성할 수 있음

<표 70> 객체추출(Segmentation) 알고리즘 비교



(출처: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11263-021-01445-z>)

- [유사비교] Panoptic 분할로 구해진 영상을 SuperGlue 알고리즘 이용하여 두 영상간의 특징 점을 비교한 후 유사도를 표시하면 아래와 같음 (출처: <https://arxiv.org/pdf/1911.11763v2>)





<그림 108> SuperGlue 정확도 비교 (Red: 불일치, Green: 일치)

○ 화물차량 분류 기술 및 딥러닝 영상 학습 지원 기술

- 화물차량 검출을 위한 딥러닝 학습 고도화 기술 개발이 필요하며, 이 기술을 통해 수집된 자료에 대한 신속한 라벨링과 학습이 가능하도록 개발 필요
- 딥러닝 학습을 위해 필요한 영상분류 작업은 사전 정의된 그룹들에 육안을 통해 확인된 영상들을 이동시키는 방식으로 분류작업이 진행되고, 영상라벨링 작업은 분류된 영상중 화물차 객체에 대한 바운딩 박스(화물차영역) 설정 후 별도의 창에 정의된 그룹이름을 입력하는 절차로 이루어져 학습자료 생성에 방대한 인력과 시간이 소요되는 문제가 있음
- 학습자료 자동생성 기술은 “영상자동분류” 및 ”자동 라벨링“ 절차를 통해 이루어져야 하며, 이를 위해 각각의 분류 및 라벨링 개발이 필요


<표 71> 자동 학습자료 생성 소프트웨어(예시)

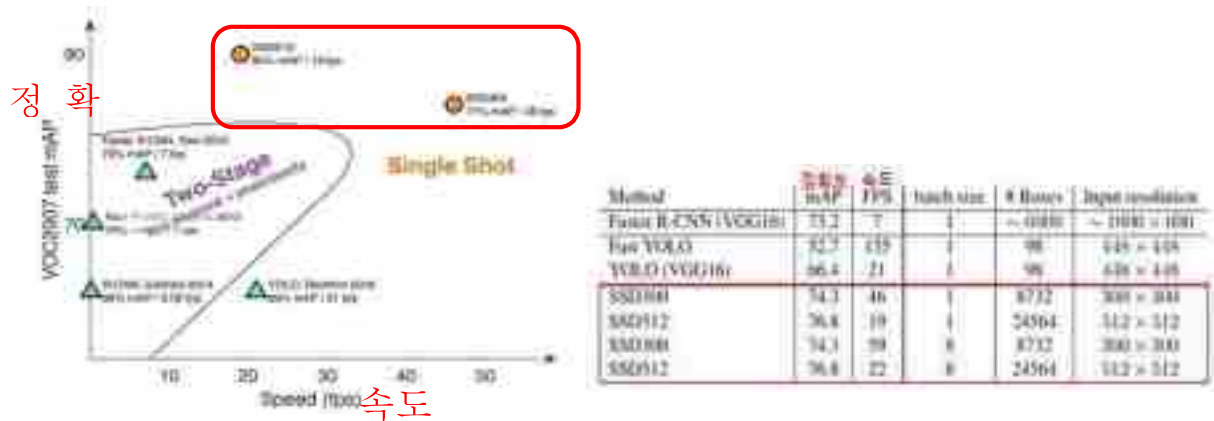
소프트웨어	기능설명
 <p data-bbox="304 1641 639 1671"><그림 109> 자동분류 S/W</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수집된 영상을 사전정의된 분류정의에 맞게 자동으로 분류 • 딥러닝 분류엔진 개발 후 적용 • 분류된 영상들을 그룹별 폴더구조로 저장되어 이후 자동 라벨링 작업을 이어서 작업할 수 있도록 개발 • 분류명(그룹명)을 수정할 수 있음 • 작업 전/후 폴더를 지정 기능
 <p data-bbox="292 1919 655 1948"><그림 110> 자동라벨링 S/W</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 분류된 폴더 지정 후 이미지 로딩 • 각각의 이미지를 표출 후 객체추출 딥러닝 알고리즘을 통해 자동으로 바운딩박스 생성 • 바운딩박스에 대한 라벨링을 분류명(그룹명)으로 자동 입력 • 분류명(그룹명)을 수정할 수 있음 • 오류 라벨 수정 기능

- 비(非) 과적 화물차의 중량 재검측 면제 판단
- 사전 계중한 차량의 추가 화물적재 여부 판단

- 비과적 화물차 및 중량변화 의심차량 선별을 위한 딥러닝 알고리즘
 - 과적화물차 분류에 적합한 딥러닝 영상분류 알고리즘에 대한 연구가 필요

<표 72> 딥러닝 영상객체 기술비교

구분	SSD VGG16	SSD MobileNet	FasterR-CNN	YOLO
망 구조				
특징	범용성우수 안정성 검증	IoT최적화 (모바일기기 활용)	우수한 정확도 느린 검출속도	처리속도 빠름 안정성 미확보
성능분석	<ul style="list-style-type: none"> 처리속도 : 빠름 정확도 : 우수 안정성 : 우수 	<ul style="list-style-type: none"> 처리속도 : 빠름 정확도 : 낮음 안정성 : 우수 	<ul style="list-style-type: none"> 처리속도 : 느림 정확도 : 우수 안정성 : 우수 	<ul style="list-style-type: none"> 처리속도 : 빠름 정확도 : 우수 안정성 : 낮음



<그림 111> 딥러닝 영상객체 기술 성능비교

(출처: W. Liu, et al., "SSD: Single Shot MultiBoxDetector," In ECCV, 2016.)

3.2.2. 화물차 탑재 중량 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술 개발 분야

(가) 고중량 차량용 고정밀 자중계 센서 개발

- 고중량 차량의 차축에 부하되는 축하중을 감지하기 위해 미소 변형량 측정 기반의 고정밀 축하중 측정용 센서 개발
- 단축 및 다축 로드셀, 스트레인게이지를 사용하여 모든 축(구동축, 조향축, 가변축)의 축하중을 측정할 수 있는 자중계 센서 개발
- 고중량 차량의 특성 상 10톤 이하에서 포화되지 않는 고하중 자중계 센서를 개발하여 축하중 10톤, 총중량 40톤 이상 측정 가능



<그림 112> 미소 변형량 측정용 로드센서 설치 예시(좌), 총중량 측정 예시(우)

- 축하중 측정 데이터를 기반으로 총중량을 정확하게 계산할 수 있는 기본 알고리즘을 개발하여, 다양한 주행 환경에서도 일관된 측정값을 제공함

- 주행 환경 및 차량의 운행 상태를 반영하여, 운송 중에 발생할 수 있는 하중 변화를 실시간으로 감지하고 보정할 수 있는 중량 측정 알고리즘을 연구함. 이를 통해 하중 변동을 최소화하고, 정확한 데이터 수집이 가능하도록 함

(나) 고중량 차량의 운행 환경을 고려한 수평성 보정 기술 및 실시간 이동 측위 기술 개발

- 실시간 각도 측정 센서 개발 및 경사도의 영향에 따른 자중계 데이터 보정 알고리즘 개발
- 지면 경사도를 실시간으로 감지하여, 차량이 평지에 있는지 경사에 있는지 판단하고, 경사로 인한 하중 측정값 변화를 분석하여 정확한 데이터를 제공함
- 경사도의 영향에 따른 하중 측정값 보정 또는 수평성 확보 조건에서의 측정값에 대한 가중치(weighting factor)를 적용하여, 다양한 주행 환경에서도 안정적이고 정확한 하중 측정이 가능하도록 설계



<그림 113> 실시간 각도/측위 센서 개발 및 데이터 수집 및 처리

- 수집된 데이터를 저장하고, 모뎀 등을 통해 서버로 전송하는 시스템 개발
- 차량 운행정보 프로파일, 자중계 센서 및 경사도 측정 정보 등을 실시간으로 수집 및 전송을 통해 통합 데이터 센터에서 데이터를 효율적으로 관리 및 분석
- 센서 데이터와 차량의 위치 데이터를 매칭하기 위한 실시간 이동 측위 기술 개발 (위치 정밀도 0.5m 이내)

(다) 고중량 차량의 동적 하중 측정 및 응용 기술 개발

- 차량의 CAN 데이터를 활용하여 운행 정보 프로파일 데이터 구축
- 주행 중인 화물차량의 운행 프로파일 특성을 적용한 동적 하중 계측 정확도(90% 이상) 개선 알고리즘 개발
- 주행 중 차량의 안전성을 평가하기 위한 기술개발. 차속과 회전 반경 등 주행 환경 특성에 따른 동적 하중값 영향 분석
- 좌측/우측 하중 차이에 따른 편향 적재 경고 기준값 설정 및 기타 하중 관련 운전자 알람 및 경고 방법 도출



<그림 114> 동적하중 측정 알고리즘 개발 및 편향 적재 경고 예시

(라) 고중량 차량 대상 자중계 장착 기술 개발

- 도로시설의 안전과 교통안전에 큰 영향을 끼치는 고중량 화물 수송차량의 자중계 센서 도입을 위해서는 대표적인 수송차량인 자주식 크레인, 로베드 트레일러 등에 적용 가능한 자중계 센서가 필요하며, 각 차량구조에 따른 최적화된 설치 위치와 장착 방법 개발
- 고중량 차량 대상 모든 축, 모든 서스펜션 타입에 적용 가능한 장착 기술 개발. 차량의 구조적 특성을 고려하여 센서의 위치 및 방향을 최적화하는 기술 연구
- 차량의 다양한 구조에 맞추어 자중계 센서를 효율적으로 설치하기 위한 기술 개발. 설치된 센서의 유지보수 및 교체 용이성을 고려한 설계로, 장기적 신뢰성 확보



<그림 115> 로베드 트레일러 구조 및 축별 자중계 장착 예시

(마) 고중량 차량 자중계 기반 운행 허가 시스템 실증 및 표준화

- 개발된 자중계 시스템이 충족해야 할 계량적/기술적 특성에 대한 시험평가 기술을 확보하고, 실증 시스템 구축/운영을 통해 신뢰성과 개발 효과를 증대
- 자중계 센서 운용을 위한 다양한 고중량 차량을 대상으로 한 장착 기술 평가. 30대 이상의 시험 차량을 통해 자중계 센서, 운행 프로파일 데이터, 동적 하중 측정 데이터, 편향 적재 알람 데이터, 실시간 이동 측위 데이터 등 필요 데이터 통합
- 시험 차량 데이터 분석 및 필드 테스트를 통한 주요 개발품의 개선점 도출. 고중량 차량 대상 자중계 기반 운행 허가 시스템 시범운영 및 표준화 방법 개발
- 자중계를 장착한 차량이 온라인으로 운행 허가를 요청하고, 승인을 받으면 해당 차량의 이동 경로가 제공되는 시스템
- 서버에서 지정한 경로를 벗어나거나, 허용된 하중을 초과할 경우 알람이 발생하여 운전자와 관리자가 이를 실시간으로 인지할 수 있는 관제 시스템을 시범운영



<그림 116> 고중량 차량 대상 운행 허가 서비스 예시

3.2.3. 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 개발 분야

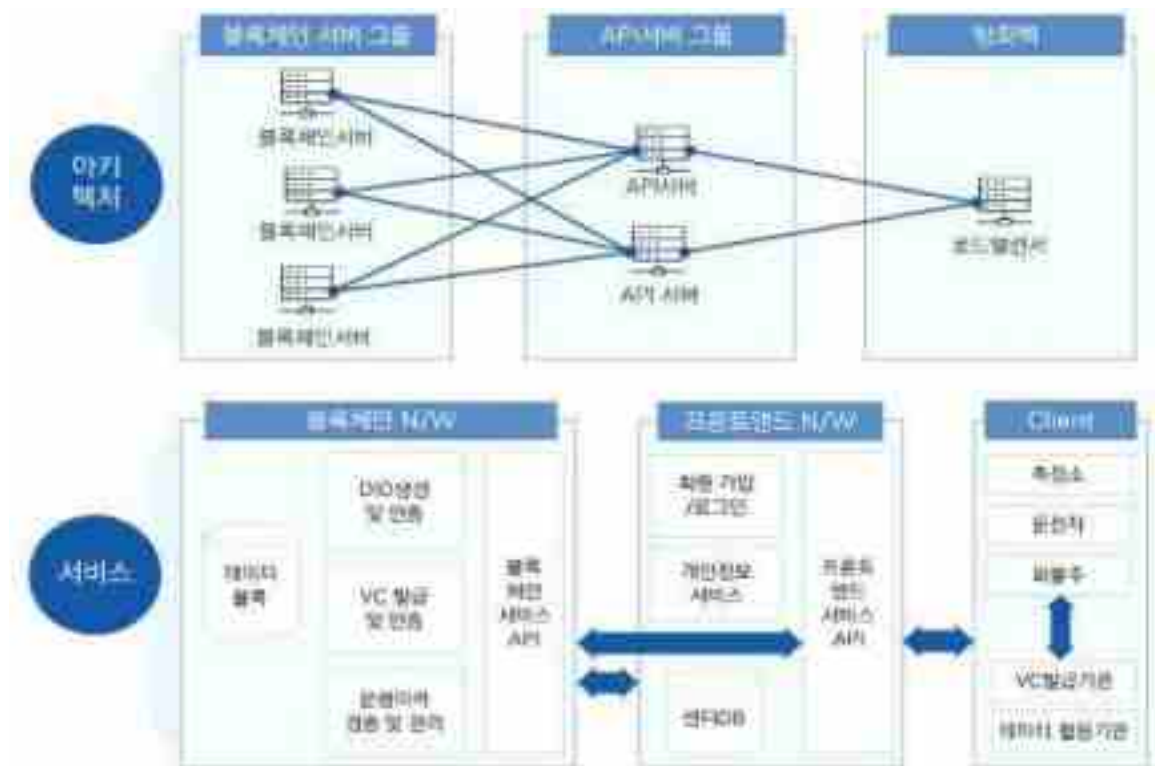
(가) 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술 개발

(1) 연구 필요성

- 화물차 중량정보 데이터 무결성 확보를 위하여 블록체인의 변경 불가능한 특성을 활용하여 데이터 위변조를 방지하고 신뢰성을 확보할 필요
- 효율적인 데이터 관리를 위하여 블록체인 기반 데이터 이력 관리 시스템을 통해 데이터 추적 및 관리 필요
- 신뢰 기반의 화물차 중량정보 유통 환경 조성으로 민/관의 데이터 활용 증진 및 새로운 비즈니스 모델 창출 필요

(2) 주요 연구내용

- 중량정보 유통을 위한 데이터 신뢰성 확보 및 인증 기술 개발
 - 블록체인의 변경 불가능한 특성을 활용하여 화물차 중량 데이터 위변조를 방지하고, 신뢰성 확보로 데이터 무결성 확보 기술
 - 운전자 신원, 계량증명서를 등록/유통/인증할 수 있는 블록체인 암호화 기술 연구
 - 분산원장기술(DLT) 기반 화물차 중량 데이터 공유 및 유통으로 중량데이터 관리 프로세스 간소화
 - 운송 이력, 계중 이력에 대한 중량 정보 유통 체계 정립 및 서비스 개발
 - 운전자 실명인증(CID기반) 및 운행 차량 정보 등록/인증(번호판, 차대번호)
 - 운전자 및 차량 정보 등록, 파기
 - 화물 운송을 위한 블록체인 기반의 DID 생성 요청 및 조회, 관리
- 운영 방안(예시)
 - 블록체인 기반의 화물차 중량정보 통합센터 플랫폼 구축/운영



<그림 117> 중량관리 플랫폼 아키텍처

- 탈중앙화된 신원증명(DID) 시스템 연동으로 중량 데이터 소유자 신원 확인 및 인증으로 중량정보 유통체계 확립

(나) 블록체인 기반 화물차 통합플랫폼 구축 및 중량정보 유통시스템 개발

(1) 연구 필요성

- 화물차 중량 계측장비의 측정 정보를 통합플랫폼에서 수집, 가공, 제공으로 중량정보의 연속성을 확보하고 교통안전 및 운송 효율성을 향상하고자 함
- 중량정보 미 통합으로 중복과적단속의 불편, 화물차 대량 이동지역의 과적여부 의무 확인으로 인한 상습 교통정체 발생, 과적재 화물차 위험성을 해소하고자 함

(2) 주요 연구내용

- 과적관리 및 화물차 중량정보 통합 운영관리를 위한 센터 플랫폼 기술 개발
 - 센터-계중기 및 센터-유관기관 연계 표준안 설계 및 연계 I/F 개발
 - 중량정보 유통을 위한 수집된 중량정보 데이터 카탈로그 설계
 - 화물차 중량정보 센터 플랫폼 개발을 위한 아키텍처 정의
 - 화물차 중량정보 수집/가공/분석/제공을 위한 블록체인 기반 센터 플랫폼 개발
 - 적재 불균형 정보제공을 통한 교통사고 방지 및 유지관리 및 수명 제고
 - 화물차 중량정보 수집/가공을 통한 외부 맞춤형 서비스 제공 기술 개발
 - 모바일 앱 개발을 통한 화물차 중량정보 인터넷 제공 서비스 연구
 - 항만에 실증 사이트 구축 및 중량관리 통합운영센터-항만 플랫폼 간 정보연계 및 제공 기술
- 운영 방안(예시)
 - 육상-항만 화물차 중량정보 연계 블록체인 기반의 통합운영센터 플랫폼 구축 운영
 - 수출 화물차량에서 신고한 중량(VGM) 검증 및 수입차량 비과적시 과적검문소 과적검사 면제

(다) 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술 개발

(1) 연구 필요성

- 화물차량의 중량을 계측하는 장비의 운영에서 가장 어려운 것 하나는 운영 중인 장비의 정확도를 확인하는 것임
- 현재 도로 기반 계중장비인 저속 WIM, 고속 WIM 정확도를 평가하는 데는 시험차량은 준비하고 각축별 기준값을 정하고 이를 반복 주행하여 평가함
- 이와 같은 평가는 다양한 차종, 다양한 속도, 다양한 중량에 대한 평가는 안 되는 불완전한 평가 방식임. 따라서 이와 같은 단점을 극복하기 위해서 센터에 저장된 자료에 기반을 둔 정확도 평가 방안 마련이 필요함

(2) 주요 연구내용

- 동일차량, 동일화물을 적재한 차량 반복 계중된 빅데이터 기반의 평가
 - 차량번호, GPS 좌표, 시각, 계측장비, 축별 중량, 속도, 이용 차로 등의 자료 수집
 - PWS에서 계중된 화물차를 Reference 차량 활용 가능 검증
 - Reference 차량을 활용 과적검문소 계중장비 간, 고속 WIM(선행연구 과제 성과물)의 중량편차 검증
- 운영 방안
 - 계중장비에 대해서 일/주별 정확도 평가
 - 계중장비 자동 Calibration 필요 시점 알림
 - PWS를 통해 과적검문소 계중장비 및 고속 WIM에서 계측된 중량의 과대 혹은 과소 편차 여부 알림

(라) 중량 재검측 면제 서비스 기술 개발

(1) 연구 필요성

- 장거리 화물 운송 통행과정에서 여러 차례 중복해서 중량을 계측하는 불편을 초래하고 있기에 과적의 가능성이 없는 차량에 대해서 “중량 재검측 면제 서비스”를 제공
- 민간에서도 과적을 피하고자 Truck Scale, 차량에 기반한 On Board Scale을 통해서 정확도 높은 자료가 수집되고 있으나 과적단속에는 활용이 안 되고 있음
- 과적 방지하기 위해서 화물차량 운전자, 화주 등 자발적인 규정 준수를 유도할 필요가 있음

(2) 주요 연구내용

- 화주, 화물차량을 대상으로 일정 수준 이상의 운행전 차량 계중정보 제공 시스템 구축
 - 차량 운송전 차량정보, 축별 중량정보, 운행경로 정보 등을 연계
 - 단속기관, PWS에 차량 중량 계중 시스템에 관련 정보 연계
- 운영 방안(예시)
 - PWS에 구축/운영중인 정적/동적 자동/무인 계중시스템에서 계측한 중량값 연계
 - 추가 적재(위변조 판단) 가능성에 관한 평가
 - 한국도로공사, 국도 검문소 등에 일반 톨게이트 및 차로 통과 허용

(마) 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술 개발

(1) 연구 필요성

- 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증은 실제 운영환경에서 발생 가능한 다양한 상황에 대한 검증을 통하여 시범운영의 제약성을 극복하고 서비스 오픈 시 플랫폼의 안전성 확보와 서비스 중단을 방지하기 위하여 필수적임
- 서비스 제공시 다양한 가상시나리오와 데이터를 기반으로 사용자의 편의성과 성능 평가 및 최적화를 검증할 필요가 있음

(2) 주요 연구내용

- 플랫폼 검증 기술
 - 중량관리 플랫폼의 각 기능(중량 데이터 등록, 인증, 조회, 공유 등)이 정상작동 여부 테스트 및 검증
 - 중량관리 플랫폼의 대용량 데이터 처리 속도, 응답 시간, 안정성 등 플랫폼 성능 테스트 및 최적화
 - 데이터 암호화, 접근제어, 블록체인 네트워크 보안 등 플랫폼 보안 취약점 점검 및 개선과 기존 시스템(과적단속 시스템, 운송관리 시스템 등)과의 연동 및 데이터 호환성 검증
- 운영 방안(예시)
 - 테스트베드를 기반으로 다양한 가상 테스트 시나리오 구성 및 데이터 생성으로 플랫폼 검증 환경 구성 및 검증
 - 검증 시스템은 실제 운영환경과 유사한 테스트 환경 구축, 실제 데이터 활용 및 시뮬레이션을 통한 플랫폼 안정성 및 신뢰성 평가

3.2.4. 테스트베드 기반 실증연구 분야(해양수산부 공동연구 추진)

(가) 연구의 필요성

- 국내 중량정보 수집 및 유통 활용 환경 마련을 위해서는 데이터 활용의 법적 기반 마련과 정보의 신뢰성 확인을 위한 성능평가 및 정보의 연동성 확보를 위한 표준화, 민간 참여 확대, 데이터 보안 및 개인정보보호 강화 등을 통한 중량정보의 가치를 높이기 위해 다음과 같은 연구가 필요함
 - 연구개발 계층시스템별 성능평가/인증 및 표준화(데이터 등) 기준 마련
 - 공공 생성정보(중량정보 등) 활용을 위한 법/제도 개선 및 보완 내용 도출
 - 과적단속설비 정확도 한계 검증 후 등급별 성능기준 제시
 - 연구실증을 위한 테스트베드 위치 구체화 및 시스템 운영 구체화 방안 마련

(나) 주요 연구내용

(1) 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 및 표준 마련

- 중량정보 수집 및 제공을 위한 법제도 개정안 제시
 - 중량정보 수집/제공, 정보교환 및 유통에 활용
 - “중량 재검측 면제 서비스” 제공
 - 자중계 단계별 의무제 도입 등 활용
 - 항만내 계층시스템 운영 및 정보연계 활용 근거(항만법 등) 마련
- 정보교환 기술 개발 표준안 마련
 - 장비별 ⇔ 센터 ⇔ 민관 데이터 통합/연계를 위한 표준 개발
 - 차량 모델별 자중계 센서 설치 위치 및 방법에 대한 표준 사양서 개발

(2) 중량정보 수집용 계측장비 및 통합운영센터 평가 기술 개발

- 중량 계측을 위한 연구개발 시스템의 성능평가 기술/체계 개발
 - 신규 개발 계층시스템의 검/교정 등 인증/평가 기술개발 및 절차/관리체계 마련
 - 과적단속설비별 정확도 한계 검증을 통한 맞춤형 활용방안 및 성능기준(오차율 등) 마련
 - 센터시스템 성능지표(처리속도, 신뢰도 등) 도출

(3) 테스트베드 기반 연구성과 실증

- 연구개발 성과 검증을 위한 테스트베드 구축 및 실증 기획
 - 개별 성과품의 실제 현장에서의 성능검증과 스마트 화물차 중량관리 지원서비스의 실증을 위한 테스트베드 구축 기획

(4) 항만 내 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증

- 항만 연계 계층시스템 적정 설치 위치 분석 연구
 - 차량별, 화물별, 목적지별 트레일러 이동 경로 및 동선, 교통 혼잡도 등을 활용한 계층시스템 최적 위치 분석 연구
 - 항만시설의 특성 터미널운영사 컨테이너 반/출입 환경/패턴 분석
 - VGM(화물총중량검증제) 시범 서비스 방안 및 항만 전체 확대 적용을 위한 단계별 로드맵 수립 연구
 - 블록체인 기반 플랫폼 간 정보 연계/인증 기술 연구
 - 블록체인 기반 디지털 전자지갑 적용(항만 ⇔ 운영센터) 기술
 - 항만 레거시 시스템 연동/개발
 - 항만 내 테스트베드/플랫폼 간 정보연계 및 서비스 실증
 - 블록체인 기술 활용한 데이터 연계 시스템 개발
 - 블록체인 기반 VGM 인증 증명서 발급 시스템 개발
-

3.2.5. 분야별/기술별 연계체계 및 로드맵

- 기술개발은 2단계(3년+2년)로 진행되며 1단계 3년(개발), 2단계 2년(실증)으로 구성됨
- 1단계는 3개의 구성기술에 대한 세부기술 개발 및 전체 시스템 구성 그리고 시제품 성능검사 까지 진행하여 2단계 테스트베드 운영시험이 가능하도록 개발을 진행함
- 2단계는 테스트베드 현장에 설치하여 실제 연구개발 기술 결과물을 운영하며 그 성과를 분석할 수 있는 정보를 수집할 수 있고, 각각의 기능/성능에 대한 효과를 검(실)증할 수 있는 단계까지 진행함

(가) 자동/무인 화물차 계중시스템 연계 체계 및 로드맵



<그림 118> 통합운영(유통)센터 기술 로드맵

□ 1단계 1년차

- 계중 체계 표준화를 위한 민관 유관기관 요구사항 조사
- 자동/무인 계중 시스템에 필요한 센서, 운영체계, 알고리즘 분석 설계
- 정적/동적 자동/무인 계중시스템 운영방식 설계 및 필요기능 도출
- 계중시스템 적용 시스템 연계사항 정리 및 연계방안 협의
- 단위 테스트 베드 시험환경 검토 및 사용방안 마련
 - 폐 고속도로 및 국도 임대방식
 - 다차로 하이패스 영업소 비운영 차로 활용 등
- AI 영상분석 기술 적용 사례 분석 및 알고리즘 설계

□ 1단계 2년차

- 계중 체계 표준화를 위한 민관 유관기관 표준화 내용 협의
- 자동/무인 계중 시스템에 필요한 센서 운영체계, 알고리즘 개발

- 동적 자동/무인 계중시스템 운영시스템 개발
 - 단위 기술개발 : 자동 편차보정, 장애 모니터링, 센터연계 기술
 - 시범 적용 사이트 구축 : 무인 운영환경 구축
- 중차량 계중에 최적화된 센서 개발
 - 정확성 : 중차량 최적화 등급 확보(정확도 C/D)
 - 내구성 : 로드셀의 수평부하 문제 해결(동적해석 기술)
 - 유지관리성 : 장애 자가진단, 원격모니터링(자가진단 기술)
 - 센서 시공 기술 고도화
- 차량검지에 최적화된 센서 검토 및 구성 개발
 - 차량검지 센서(루프, 포토, 레이더, 레이저, 라이더 등) 검토
 - 속도검지 센서(레이더, 레이저 등) 검토
 - 축검지 센서(피에조, 로드셀 등) 검토
 - 순간속도, 구간속도 분할 알고리즘(정확도 보정 요소)
 - 차량검지, 이동검지, 구조검지 정확도 확보
- AI 영상분석 기술 적용 사례 분석 및 알고리즘 설계
- 비과적 화물차 선별 알고리즘 개발 및 과적단속 시스템 연계기술 개발
- PWS 설계 및 운영기술 개발

□ 1단계 3년차

- 계중 체계 표준화를 위한 협의체 구성
- 센서 시제품 제작, 제어 시스템 시제품 제작, 운영 시스템 시제품 개발 및 기능시험 실시
- 정적 자동/무인 계중시스템 시제품 개발 및 운영시스템 개발
 - 계중 시스템 S/W : 기존 계중시스템 호환성 고려
 - 테스트베드 구축 : 무인 운영환경 구축
- 동적 자동/무인 계중시스템 시제품 개발 및 운영시스템 개발
 - 계중 시스템 S/W : 무인 운영 S/W 개발
 - 테스트베드 구축 : 무인 운영환경 구축
 - 센터 연계 : 개인 인증 및 정보 연계 S/W 구축
- 시스템 신뢰성 확보 기술개발
 - 유지관리 : 원격 모니터링 및 원격 제어기술
 - 정확도 유지를 위한 원격 관리 기술개발
- 자동/무인 계중시스템 표준화 및 PWS 운영 최적화 기술 개발
- AI 영상 기술 개발
 - AI 영상분석을 통한 위험차량 예측 및 적재물 위반조 차량 판별 솔루션 개발
 - AI 영상처리를 통한 비과적 화물차 선별 기술개발
 - 알고리즘 및 연계기술 개발

□ 2단계 1년차

- 자동/무인 계중시스템 및 비과적 화물차 선별 시스템 실증 사이트 선정 및 설계구축
- 정적/동적 자동/무인 계중시스템 시제품 실증 사이트(항만 등) 구축
 - 현장 설치(포장, 센서시공, 전기통신공사, 제어 시스템 등)
 - 원격 운영 시스템 구축(모니터링, 제어)
 - 연계 시스템(인증 및 정보연계) 연동

- 비과적 화물차 선별 시스템 시제품 실증 사이트 구축
 - 현장 설치(구조물 시공, 포장, 전기통신공사, 제어 시스템 등)
 - 원격 운영 시스템 구축(모니터링, 제어)
 - 연계 시스템(인증 및 정보연계) 연동
- 실증 사이트 기능시험 및 성능시험
 - 비과적차량 자동검지 시스템 실증 및 평가
 - 비과적차량 “중량 재검측 면제 서비스(시스템)” 실증 및 평가
 - 중량검측 정확도 확보 및 유지관리시스템 실증 및 평가
 - 정확도 성능평가 및 신뢰성 확보를 위한 유지관리 매뉴얼
 - 시스템 표준화
- 자동/무인 계중시스템의 과적단속 시스템 활용방안
 - 무인 과적단속에 필요한 운전자-단속자 온라인 인터페이스
 - 단속요건 만족을 위한 신뢰성 및 근거자료 생성
 - 기존 과적단속 시스템과 호환성 확보

□ 2단계 2년차

- 중량계측센서 포함 자동/무인 계중시스템 현장운영을 통한 실증 및 안정화
- 육상-항만 플랫폼 간 연계 시범운영 및 서비스 검증
- 원격 무인 유지관리 기능 검증
- 자동/무인 계중시스템의 효과적인 도입을 위한 법/제도 제/개정 지원
 - 과적단속 시스템과 융합할 수 있는 법/제도 개선 방안
 - 자동/무인 계중시스템의 중량 신뢰성 제도적 확보 방안

(나) 스마트 자중계 연계체계 및 로드맵



<그림 119> 스마트 자중계 기술개발 로드맵

□ 1단계 1년차

- 고중량 차량용 자중계 센서
 - 자중계 센서 기초 설계 : 고중량 환경에 적합한 고정밀 자중계 센서의 기본 설계를 수행
 - 센서 신호처리 보드 설계 : 주행 중에도 신뢰성 높은 데이터 수집이 가능하도록 신호처리 보드 설계
- 수평성 보정 및 실시간 이동 측위 기술
 - 각도센서 설계 및 제작 : 차량 경사에 따라 발생할 수 있는 오차를 보정하기 위한 각도센서 개발
 - 정밀 GPS 기반 이동 측위 기술 개발: 다양한 도로 환경에서 위치 정밀도 향상을 목표로 이동 측위 기술개발
- 동적 하중 측정 및 응용 기술
 - 동적 하중 측정 기본 알고리즘 개발 : 주행 중 하중 변동을 반영할 수 있는 기본 측정 알고리즘 개발
 - 차량 운행 프로파일 분석 및 경고 기준 설정 : 하중 초과 상황을 실시간으로 감지할 수 있도록 경고 기준 설정

□ 1단계 2년차

- 고중량 차량용 자중계 센서
 - 센서 성능개선 및 테스트 : 다양한 환경에서의 성능 평가를 통해 센서의 신뢰성과 정밀도 개선
 - 다양한 주행환경 평가 : 산악 도로, 고속도로 등 주행 환경에 따른 센서 성능 평가
- 수평성 보정 및 실시간 이동 측위 기술
 - 수평성 보정 알고리즘 개발 : 경사면 주행 시 발생하는 하중 오차를 최소화하는 보정 알고리즘 개발
 - 이동 측위 기술의 위치 정밀도 평가 : 실제 주행 상황에서 GPS 기반 측위 기술의 위치 정확도 평가
- 동적 하중 측정 및 응용 기술
 - 동적 하중 측정 알고리즘 최적화 : 주행 중 안정적인 하중 측정이 가능하도록 알고리즘 최적화
- 고중량 차량 자중계 장착 기술
 - 차량 구조 분석 및 자중계 장착 위치 선정 : 자중계 센서의 최적 장착 위치를 선정하여 데이터 정확도 향상
 - 에어서스펜션 및 판스프링 대상 호환성 테스트 : 다양한 서스펜션 타입과의 호환성 테스트 진행

□ 1단계 3년차

- 고중량 차량용 자중계 센서
 - 기술 통합 및 최적화 : 고정밀 자중계 센서의 기능을 통합하고 최적화
 - 실증 테스트 실시 : 실제 주행 환경에서 성능을 검증하는 실증 테스트 진행
 - 수평성 보정 및 실시간 이동 측위 기술
 - 보정 알고리즘 최적화 : 하중 측정 오차를 최소화하기 위한 보정 알고리즘 개선
 - 실증 데이터 수집 및 분석 : 수집된 데이터를 기반으로 보정 및 측위 성능 분석
 - 동적 하중 측정 및 응용 기술
 - 실시간 하중 변동 모니터링 시스템 구축 : 주행 중 실시간 하중 변동 모니터링 시스템 완성
 - 경고 모듈 및 안전성 평가 통합 : 운전자 경고와 차량 안정성 평가를 통합한 시스템 개발
 - 고중량 차량 자중계 장착 기술
 - 장착 지그 개선 및 평가 : 자중계 장착을 위한 지그 설계 개선 및 평가 진행
 - 경량 모듈형 장착 시스템 개발 : 설치 용이성과 유지보수를 고려한 모듈형 장착 시스템 개발
 - 자중계 기반 운행 허가 시스템 및 표준화
 - 시범운행을 위한 현장 테스트 : 자동 운행 허가 시스템의 시범 운영을 위한 필드 테스트 진행
 - 법적 기준 및 인증 절차 검토 : 표준화된 운행 허가 시스템 구축을 위한 법적 기준 검토
-

(2) 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통) 센터 기술 로드맵

핵심기능	구상기능	1단계			2단계	
		1년차	1.5년차	2년차	3년차	3.5년차
블록체인 기반 화물차 중량계측정보 통합운영(유통)센터 구축	블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술	블록체인 기반 인증/유통 체계 설계	블록체인 기반 인증/유통 체계 설계	블록체인 기반 인증/유통 체계 설계	블록체인 기반 인증/유통 체계 설계	블록체인 기반 인증/유통 체계 설계
	블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술	중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의	중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의	중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의	중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의	중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의
	빅데이터 기반 계측장비 정확도 추정 알고리즘 기술	통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립	통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립	통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립	통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립	통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립
	중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술	중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의	중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의	중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의	중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의	중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의
	블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술	플랫폼 선정 및 시스템 설계	플랫폼 선정 및 시스템 설계	플랫폼 선정 및 시스템 설계	플랫폼 선정 및 시스템 설계	플랫폼 선정 및 시스템 설계

<그림 121> 통합운영(유통)센터 기술 로드맵

□ 1단계 1년차

○ 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술

- 암호화/인증/유통 요구사항 정의 : 화물차 중량데이터 보안 및 유통을 위한 관련자와의 요구사항 정의
- 블록체인 기반 아키텍처 설계 : 화물차 중량 데이터의 무결성, 보안성, 투명성을 확보하기 위한 아키텍처 설계

○ 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술

- 중량관리 통합운영센터 플랫폼 요구사항 정의 : 중량관리 통합운영센터 플랫폼이 가져야 할 기능, 성능, 보안 등에 대한 요구사항 규정
- 화물차 중량 플랫폼 아키텍처 설계 : 화물차 중량관리 플랫폼을 구축하기 위한 전반적인 시스템 구조 설계

○ 빅데이터 기반 계측장비 정확도 추정 알고리즘 기술

- 통합 DB센터 기본설계 및 데이터 수집계획 수립 : 빅데이터 기반 통합 DB의 기본 설계를 수립하고, 중량관리 플랫폼 센터에서 중량 데이터를 수집하기 위한 계획 수립

○ 중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술

- 중량 재검측 면제 서비스 기본개념 정립 및 요구사항 정의 : 중량 재검측 면제 서비스의 기본 개념을 명확히 정의하고 필요한 요구사항을 정의

□ 1단계 2년차

○ 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술

- 플랫폼 선정 및 시스템 설계 : 블록체인 기반 플랫폼 구축을 위해 플랫폼을 선정하고, 시스템

아키텍처, 데이터베이스, 인터페이스 등의 시스템 설계 수행

- 암호화/인증/유통 모듈 개발 : 화물차 중량관리 플랫폼의 보안 및 신뢰성 확보를 위해 암호화, 인증, 유통 기능을 담당하는 모듈을 개발
- 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술
 - 중량계량소/측정기 연동 기술 개발 : 중량관리 통합운영센터에서 전국의 중량계량소 및 중량 측정기와 연동하여 데이터를 실시간으로 수집하고 안전하게 전송하는 기술을 개발
 - 플랫폼 선정 및 시스템 설계 : 화물차 중량관리 플랫폼 구축을 위해 최적의 플랫폼을 선정하고, 시스템 아키텍처 및 구성 요소 설계
- 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술
 - 동일차량 동일화물 적재 차량 인식 기술 : 계중장비 정확도를 높이기 위해, 동일한 차량이 동일한 화물을 적재했는지 판별하는 기술을 개발
 - 계중장비 정확도 알고리즘 개발 : 빅데이터 기반 계중장비 정확도를 높여 계중장비의 측정 오차를 줄이고 단속 효율성을 높이기 위한 알고리즘 개발 추진
 - 화물차량 중량데이터 빅데이터 설계 : 화물차량의 중량 데이터를 수집하고 분석하여 활용할 수 있도록 빅데이터 시스템을 설계
- 중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술
 - 계중 면제차량 선별 기술 개발 : 중량 재검측 면제 서비스를 위한 알고리즘 개발 중, 계중 시스템에서 면제 대상 차량을 자동으로 선별하는 기술 개발
 - 블록체인 기반 중량정보 서비스 기술개발 : 블록체인 기술을 이용하여 화물차 중량정보를 안전하고, 위변조 없이 투명하게 공유하여 서비스를 제공하는 기술 개발
 - 실시간 화물차량 경로 추적기술 개발 : 수집된 화물차 정보를 이용하여 화물차의 이동 경로를 추적할 수 있는 기술 개발

□ 1단계 3년차

- 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술
 - 암호화/인증/유통 모듈 개발 : 화물차 중량관리 플랫폼의 보안 및 신뢰성 확보를 위해 암호화, 인증, 유통 기능을 담당하는 모듈을 개발
- 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술
 - 화물차량 중량 플랫폼 개발 : 블록체인 기술을 활용하여 전국의 화물차 중량정보를 안전하게 저장하고 관리하는 플랫폼 구축
 - 화물차 중량 데이터 수집 시범운영 : 실제 화물차 운행 환경에서 중량 데이터를 실시간으로 수집하는 시범사업을 수행
 - 화물차 중량정보 운전자 APP 개발 : 화물차 운전자가 차량 중량정보를 쉽게 확인하고 관리할 수 있도록, 블록체인 기반의 모바일 앱 개발
- 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술
 - 정확도 평가에 활용하기 위한 Reference 차량 선별 기술 : 계중장비 정확도 평가를 위해 기준으로 삼을 수 있는 Reference 차량을 선별하는 기술 개발
 - 화물차량 중량정보 빅데이터 구축 : 화물차량의 측정된 중량정보를 수집하여 빅데이터를 구축
 - 빅데이터 기반 정확도 모니터링 기술 개발 : 수집된 빅데이터를 분석하여 계중장비의 정확도를 지속적으로 모니터링하고, 이를 통해 장비의 오차를 검증하고 성능을 개선하는 기술
- 중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술
 - 중량 재검측 면제 서비스 시스템 개발 : 화물차의 중량정보를 효율적으로 관리하고 중복 측정을 방지하는 시스템 구축
 - 중량 재검측 면제 서비스 블록체인 연동 : 서비스 기능을 블록체인 기술과 연동하여 데이터의 무결성을 확보하고, 투명하고 신뢰할 수 있는 시스템 구축

□ 2단계 1년차

- 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술
 - 성능평가 및 기능검증 : 개발된 기술이 실제 환경에서 요구 성능 충족 및 기능 동작 검증
- 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술
 - 화물차량 중량정보 플랫폼 실증 : 개발된 화물차 중량정보 플랫폼의 효율성과 안전성을 검증하기 위한 실증 운영
 - 화물차량 중량정보 운전 APP 시범운영 : 운전 APP 시범운영은 개발된 블록체인 기반 시스템을 화물차 운전자를 통하여 편의성, 안정성, 효용성 등을 평가하여 시스템 완성도 향상작업 수행
- 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술
 - 빅데이터 기반 화물차 중량 Autocalibration 시스템 운영 : 화물차 중량 빅데이터를 활용하여 자동으로 계중장비의 정확도를 평가하고 보정하는 시스템을 구축 및 운영하고 관리하여 정확성 확보
- 중량재검측 면제서비스 알고리즘 기술
 - 중량재검측 서비스 시스템 구축 및 시범운영 : 개발된 중량재검측 알고리즘을 기반으로 실제 서비스를 위한 시스템을 구축, 운영
- 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술
 - 검증대상 정의(기능, 성능, 보안, 운영) : 플랫폼의 기능, 성능, 보안, 운영 측면의 검증 대상을 정의하여 효율성, 안전성 및 운영성 등의 검증 기준을 설정
 - 검증설계(검증환경 및 시나리오 설계) : 플랫폼의 성능과 안정성을 평가하기 위한 테스트 환경을 구축하고, 실제 운영 상황을 모방한 다양한 시나리오 설계

□ 2단계 2년차

- 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술
 - 결과 분석 및 개선 : 시스템 구축 후 실제 운영 데이터를 분석 및 개선 활동 수행
 - 데이터 암호화/인증/유통체계 고도화 : 화물차 중량 데이터를 효율적으로 관리하기 위한 암호화, 인증, 유통 기술 개선 및 향상 작업
 - 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술
 - 플랫폼 시스템 성능 개선 및 안정화 : 블록체인 기반 중량관리 플랫폼의 시스템을 향상시키고 안정적으로 운영될 수 있도록 하는 작업
 - 운전자 앱 기능 개선 및 서비스 확대 : 앱을 통해 운전자가 더욱 효율적이고 편리하게 중량 정보를 관리하고 활용할 수 있도록 지원
 - 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술
 - 정확도 모니터링 고도화 : 계중장비의 측정 정확도 알고리즘 실행을 모니터링하고 정확도 향상을 위한 활동
 - 시스템 성능평가 및 개선 : 계중장비 데이터를 분석하고, 평가하여 알고리즘의 성능을 개선
 - 개별 측정소 교육자료 작성 및 배포 : 계중 측정소에서 활용할 수 있도록 교육 및 활용자료 제작 및 배포
 - 중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술
 - 중량 재검측 면제 서비스 확대 적용 : 중량 재검측 면제 서비스를 더욱 많은 화물차 운전자들이 이용할 수 있도록 서비스 대상과 범위 확장
 - 중량 재검측 면제 서비스 효과분석 및 개선 : 중복 계중(과적검사) 면제 서비스에 대한 효과 분석 및 문제점 개선 단계
 - 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술
 - 화물차 중량관리 플랫폼 검증 : 블록체인 기반으로 개발된 플랫폼이 실제 화물차 중량관리에 효과적인 활용 여부에 대한 정확성/안전성/효율성 등을 검증하는 단계
 - 검증결과 분석 및 개선 : 플랫폼 검증 결과를 기반으로 플랫폼의 완성도를 향상하는 단계
-

(라) 테스트베드 기반 실증 연구 기획 로드맵(해수부 공동 수행)



<그림 122> 테스트베드 기반 실증연구 로드맵

□ 1단계 1년차

- 기본 중량정보 수집/유통 관련 법제도 현황 분석
- 과적단속 시스템별 정확도 현황 및 한계분석
 - 과적단속 시스템의 평가지표는 중량 계측시스템의 다양성*을 고려 하여 지표 작성 필요
 - * 평가환경(평탄도 등), 용도별(단속→선별→참고) 등
- 자중계 시스템 및 통합운영센터 성능평가 방안 검토
 - 자중계 시스템에 대한 성능평가 요소 및 검증 기술 도출
 - 센터 기술에 대한 서비스 분류 및 기능 평가 요소 도출 후 기능별 성능평가 기준 연구
- 항만 내 연구실증 사이트 기획 및 설계
 - 항만시설 특성, 컨테이너 반/출입 현황/패턴 분석

□ 1단계 2년차

- 화물차 중량정보 연계에 필요한 정책연구
 - 화물차 중량정보 연계를 위해 필요한 법/제도 개선안 연구
- 정보교환 표준 연구
 - 서비스별 정보교환 표준화를 위해 필요한 기술적/운영적 요구사항 조사
- 항만 내 연구성과 실증 기획 및 설계
 - 항만 연계 계중시스템 기술 분석 및 도입 방안 연구
 - VGM(컨테이너 총중량검증제) 시범 서비스에 필요한 시스템 구축 방안 연구

□ 1단계 3년차

- 화물차 자동/무인 계중시스템 검교정 등 평가기술 개발
 - 화물차 계중시스템에 대한 검교정 방안 및 성능평가 기술 개발
- 자중계 시스템 및 통합운영센터 성능평가 방안 마련
 - 자중계 시스템에 대한 성능평가 요소 및 검증 기술 마련
 - 센터 기술에 대한 서비스 및 기능 평가 방안 마련
- 테스트베드(실증 사이트, 플랫폼)-운영센터 간 정보교환 표준 연구
 - 중량정보 생성/연계/유통에 관련된 운영, 기능 및 기술 표준화 문서작성
 - 중량정보 연계 및 유통을 위해 동일한 정보내용과 교환방법에 관한 표준화 실시
- 항만 내 연구성과 실증 기획 및 설계
 - 항만 내 연구성과 실증을 위한 테스트베드 구축, 운영 및 평가를 위한 설계서 작성
 - 항만 내 연구성과 실증을 위한 테스트베드 구축에 필요한 기술 개발
 - * 계중시스템 및 센터시스템 연계(블록체인 연계 및 정보보안 기술)

□ 2단계 1년차

- 테스트베드(실증 사이트) 구축 및 운영 평가
 - 테스트베드 기반 연구성과 실증 시스템 성능평가(외부전문가)
 - 테스트베드 내 운영 및 기능 요소 성능검증 실시
- 화물차 중량계측 장비 성능평가
 - 화물차 중량계측 시스템 구축 및 요구기능 사항 평가
 - VGM(컨테이너총중량검증제) 인증서 발급, 정보이력 관리
 - 항만 레거시 시스템 연동, 디지털 전자지갑 기술 등
- 자중계 시스템 성능평가
 - 자중계 시스템에 대한 기술 만족도 및 요구성능 1차 실증평가

□ 2단계 2년차

- 중량정보 연계 및 유통을 하기 위해서는 동일한 정보내용과 교환방법에 관한 표준화가 전제되어야 하며, 중량정보 생성기관 간 연계를 위한 표준제정
- 중량정보 유통 및 활용에 관한 관계기관의 의견수렴 등을 통해 중량정보 유통 활용에 관한 정책을 제안
- 테스트베드 운영 관계자를 대상으로 항만 내 연구성과 실증을 위한 테스트베드 실증환경 운영 평가 만족도로 평가
- 외부 전문가를 대상으로 테스트베드 실증 운영평가 결과를 반영하여 항만 전체 확대 적용을 위한 단계별 로드맵 수립

3.3. 소요예산 및 자원 투입계획

3.3.1. 소요예산

□ 5년('26~'30년)간 280억 원(해수부 30억 포함) 규모로 4대 중점분야, 15개 핵심기술을 선정

<표 73> 4대 중점분야, 15개 핵심 기술별 소요예산 규모

(단위: 백만원)

중점분야	핵심기술	총 사업비
1. 고정밀 자동/무인 계중시스템 개발	1.1. 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발	1,894
	1.2. AI기반 과적관리 효율화 기술 개발	1,830
	1.3. 정적 동적 자동무인 화물차 계중제어 시스템 개발	2,826
	소계	6,550

2. 화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술	2.1. 중량 측정 자중계 센서 및 차량 구조별 장착 기술 개발	1,638	
	2.2. 정확한 중량 측정을 위한 수평성 보정 및 이동측위 기술 개발	1,540	
	2.3. 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발	1,532	
	소계	4,710	
3. 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술	3.1. 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 개발	1,712	
	3.2. 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술	2,097	
	3.3. 빅데이터 기반 계중장비 정확도 검증 알고리즘 기술	1,735	
	3.4. 중량 재검측 면제 서비스를 위한 알고리즘 기술	1,290	
	3.5. 블록체인/빅데이터 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술	2,136	
	소계	8,970	
4. 테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구	국토부	4.1. 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 및 표준 마련	1,049
		4.2. 중량정보 수집용 계측장비 및 통합운영센터 평가 기술 개발	1,290
		4.3. 테스트베드 기반 연구성과 실증	1,134
		4.4. 항만 內 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증	1,297
	소계	4,770	
	해수부	1.1. 항만 레거시 시스템 연계 및 VGM 정보 공유·활용 기술 개발	3,000
		소계	3,000
합 계		28,000	

(가) 중점 연구 분야별 연차별 소요예산

<표 74> 동 사업 중점 연구내용별, 연차별 소요예산

(단위: 백만원)

구분	1차년도('26)	2차년도('27)	3차년도('28)	4차년도('29)	5차년도('30)	합계
합계 (국토부+해수부)	4,400	7,500	8,400	5,400	2,300	28,000
고정밀 자동·무인 화물차 계중시스템 개발 [연구내용 1]	960	1,640	2,610	740	600	6,550
	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 계중시스템 WIM 센서 연구개발 및 시제품 제작 자동무인 정적 계중 시스템 연구/설계 자동무인 동적 계중 시스템 연구/설계 무인과적단속 요구 사항 조사 및 요소 기술 분석 非 과적 화물차 선별 알고리즘 연구/설계 	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 계중시스템 WIM 센서 테스트 지그 개발 및 성능검증 자동무인 정적 계중시스템 시제품 제작/검증 자동무인 동적 계중시스템 시제품 제작/검증 非 과적 화물차 선별 시스템 시제품 개발 PWS(Public Weighing Station) 설계 및 운영 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 계중시스템 WIM 센서 시제품 제작/검증 화물차 자동무인 계중 시스템 시제품 개발/제작/검증 자동무인 계중시스템 표준화 및 PWS 운영 최적화 기술 개발 非 과적 화물차 선별 시스템 시제품 개발/제작/검증 	<ul style="list-style-type: none"> 시제품 실증사이트 구축(1단계) 및 운영기술 검증 정확도 검증, 신뢰성 확보기술 개발 및 검증/평가 방안 수립 과적단속시스템 연계 운영기술 구축 및 시범운영 PWS 위치, 배치, 규모 관리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 자동무인 화물차 계중시스템 실증사이트 구축(2단계)/시범운영/검증 (동적, 정적 계중) 육상-항만 플랫폼 간 연계운영 및 서비스 (VGM, 과적관리 등) 검증 원격 무인 유지관리 기술 개발/적용 	
화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술 [연구내용 2]	900	1,700	1,120	630	360	4,710
	<ul style="list-style-type: none"> 자중계/각센서 통합 제작 기술 연구 및 1차 시제품 제작 주행 중 중량 측정 및 응용 기술(편향 적재 판별 등) 알고리즘 연구 차량 구조별 센서 장착 방안 연구 운행 프로파일 수집 장치 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 자중계 센서 2차 시제품 개발/제작 차량 장착 기술개발 및 시험 지그 개발 중량측정 정확도 확보를 위한 수평 보정 및 실시간 이동 측위 기술개발 자중계 협의체 및 성과확산 방안 	<ul style="list-style-type: none"> 자중계 센서 차량별 정확도 확보기술 연구 개발 및 최종 시제품 제작 주행중 정확도 확보 알고리즘 개발/적용 위치기반 서비스 센터 플랫폼 연계 	<ul style="list-style-type: none"> 자중계 센서 정확도 향상 보정기술 연구 - 정지 : 수평보정 - 주행 : 중량보정 시험차량 선정 및 시범운영 실시 센터 플랫폼 연계 서비스 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 고정밀 자중계 시스템 플랫폼 연계 운영 실시 (위치, 과적관리 지원) 운영 신뢰성 및 유지관리 효과 분석 기술 표준화 지원 및 관리방안 수립 (교정/보정/수리) 	

블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 [연구내용 3]	1,400	2,360	2,790	2,090	330	8,970
	<ul style="list-style-type: none"> 블록체인 기반 정보 유통 및 망 운영 기술 설계 (암호화/인증/증명서) 통합운영센터 플랫폼 기술 설계 (검증/예측 알고리즘) 플랫폼 기반 서비스 요구분석 및 설계 GIS 기반 화물차 관제/모니터링 기술 연구 정보 연계 표준안 및 I/F 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 요소 기술별 단위 센터 시스템 구축 계중정보 및 유통 신뢰성 확보 알고리즘 개발 플랫폼 기반 서비스 개발 및 단위 연계 시스템 구축 (과적, VGM) 화물차 운전자 전용 모바일 운영방안 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 화물차 통합 플랫폼 및 운전자 전용 모바일 앱 시제품 개발 블록체인 기반 정보 (중량 등) 수집 유관 기관간 정보 연계 기술 개발(과적, VGM) 단속기관 현장 과적 단속시스템 수집정보 연계 기술 개발 기술 성능평가 계획 및 단위 평가 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 구축(시범운영) 현장 시스템 연계 운영 기술 개발 및 시범운영 실시 유관기관 연계 시스템 구축 및 운영 통합센터 플랫폼 관련 표준화 기술 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 화물차 중량 유통 서비스 효과분석 실시 (과적, VGM, 산업계 등) 통합플랫폼 지속 운영 방안 수립 스마트 화물차 통합운영센터 운영 방안 	
테스트베드 기반 육상-항만 연계 실증연구 [연구내용 4] (국토부)	740	1,100	1,180	1,140	610	4,770
	<ul style="list-style-type: none"> 화물차 중량관리 지원을 위한 법제도 요구사항 분석 실증연구에 필요한 서비스 기능분석 및 표준화 필요사항 도출 성능평가 및 인증에 필요한 환경 및 기술 요소 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 단위 시스템별 성능 평가 및 테스트베드 구축 방안 수립 단위 성능평가 시범 실시 후 합리적/객관적/실질적 필요 사항 도출 및 개발 표준화 항목/기술 정의 화물차 중량관리 지원 법제도 개선안 마련 도로 유관기관 정보연계 시스템 구축안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 단위 시스템별 성능 평가 실시 및 보완 실증사이트 확정 및 구축 설계 실시 단위 기술 및 시스템별 표준화 진행 화물차 중량관리 지원 법제도 개선안 검토 및 시행 방안 제시 실증 협의체 운영 	<ul style="list-style-type: none"> 실증사이트 운영/관리 및 성능 실증 (1단계) *계중 및 지중계 시스템, 중량관리 플랫폼 실증사이트 운영 및 관리방안 마련 실증연구 목표 설정 및 성과분석 방안 제시 기술 표준화 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 실증사이트 운영/관리 및 성능 실증 (2단계) *계중 및 지중계 시스템, 중량관리 플랫폼 실증사이트 내 시스템 주기적 성능평가 실시 연구과제 성과분석 기술 표준화 및 법제도 개선 추진 	
테스트베드 구축·운영 [연구내용 4] (해수부)	400	700	700	800	400	3,000
	<ul style="list-style-type: none"> 항만 컨테이너 반/출입 환경/패턴 분석 항만 내 중량정보 활용 방안 	<ul style="list-style-type: none"> 항만 연계 계중시스템 적정 설치 위치 분석 VGM 시범 서비스 방안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 항만 내 테스트베드 실증환경 구축 설계 육상-항만 데이터 연계 기술/시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 항만 내 테스트베드 /플랫폼 간 연계 실증(1) 공사 레거시 시스템 (올컨e 등) 연동 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 항만 내 테스트베드 /플랫폼 간 연계 실증(2) 항만 운영 효율화 효과분석 	

3.3.2. 자원(인력, 장비 등) 투입계획

(가) 중점분야별 인력현황(본 과제의 총 투입인력은 280명, 연평균 56명 소요)

<표 75> 중점분야별 인력 투입 현황(※ 인건비는 책임연구원(교수급)을 기준으로 산정)

구분	1차년도 ('26)	2차년도 ('27)	3차년도 ('28)	4차년도 ('29)	5차년도 ('30)	합계
고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템 개발 [연구내용 1]	15	16	20	10	7	68
화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술 [연구내용 2]	12	17	11	10	6	56
블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 [연구내용 3]	19	22	26	25	6	98
테스트베드 기반 항만 연계 실증연구 [연구내용 4]	9	13	14	12	10	58
합계 (명)	55	68	71	57	29	280

(나) 중점분야별 장비 및 연구비(간접비 포함) 투입현황

<표 76> 장비 재료비 및 연구비(경비, 간접비) 투입현황

(단위: 백만원)

중점분야	구분	1	2	3	4	5	합계
1. 고정밀 자동/무인 화물차 계중시스템 개발	장비재료비	383	659	959	292	265	2,558
	기타경비	175	251	393	122	110	1,051
	간접비	91	152	240	70	51	604
	소계	649	1,062	1,592	484	426	4,213
2. 화물차 탑재 하중 스마트 센싱 및 적재량 변화 모니터링 기술	장비재료비	288	503	342	174	43	1,349
	기타경비	163	298	212	138	100	911
	간접비	84	160	105	60	44	453
	소계	535	961	659	372	186	2,713
3. 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술	장비재료비	446	659	859	380	70	2414
	기타경비	254	536	533	520	77	1,919
	간접비	127	230	255	195	31	838
	소계	827	1,425	1,647	1,095	178	5,171
4. 테스트베드 기반 실증연구	장비재료비	150	190	285	249	75	949
	기타경비	227	272	282	318	161	1,259
	간접비	70	103	109	104	70	456
	소계	447	565	676	671	306	2,664
합 계		2,457	4,013	4,574	2,621	1,096	14,761

3.4. 사전 타당성 분석

(가) 정책적 타당성

(1) 자동/무인 화물차 계중시스템

- (제한차량의 단속 법률 보완 필요) 현재의 “차량의 운행제한 규정”에 정의된 과적단차량 단속 방법 중 국내에서 가장 많이 사용되는 시스템이 저속축중기 시스템인데, 저속축중기 시스템의 정확도 기준에 있어서 최대허용오차 ±2%(사용오차 ±4%)만 정의되어 있어 성능평가를 진행할 때 필요한 방법과 절차가 존재하지 않아 단속 기관의 임의대로 장비를 선별하여 설치 운영하고 있어 이를 보완할 수 있는 기술개발이 필요함

“차량의 운행제한 규정” 중

- 제14조(단속장비) ① 저속축중기는 시속 10킬로미터 이내의 속도로 운행하는 차량의 축하중 및 총중량을 측정할 수 있어야 한다.
- ② 고속축중기는 축하중 10톤, 총중량 40톤 초과 차량을 인식하고, 이를 이용한 제한차량 감시장치는 해당 차량의 번호판을 촬영하여 영상 또는 음향신호로 검문소와 유도초소에 알릴 수 있어야 한다.
- ③ 저속축중기와 고속축중기를 이용한 단속 시스템은 차량번호와 측정값(측정일시, 축하중,

총중량 등)을 표시/저장/출력할 수 있어야 한다.

[중략]

⑫ 단속장비(이동식측중기, 저속측중기)의 최대허용오차와 사용오차는 다음 각 호와 같다.

1. 이동식측중기의 최대허용오차(검정기준)는 0.5%

2. 저속측중기의 최대허용오차(설치기준)는 2%

3. 이동식측중기 및 저속측중기의 사용오차는 제1호 및 2호에 따른 최대허용오차의 2배

- (제한차량의 단속 법률 보완 필요) “차량의 운행제한 규정”에 정의된 정확도 기준이 국내 고속측중기 기본성능평가(최상급, 상급, 중급, 하급 분류), 유럽 성능평가 기준(COST323) 및 북미 표준(ASM E1318)과 같이 등급으로 구별되어 필요한 성능을 운영기관이 채택해서 사용할 수 있도록 수정할 필요가 있고, 이를 위한 법제도의 보완이 필요. 본 과제에서 저속측중기 시스템에 대한 평가 기준을 마련할 수 있다면 국내 계중 시스템 성능별 활용에 다양성을 제공할 수 있음
- (과적화물차 단속) 고속도로를 이용하는 모든 화물차량에 대해 과적단속 계중을 진행할 경우 0.4%의 차량을 위해 99.6%의 비과적 화물차량이 불필요한 계중을 해야하는 비효율적인 방식으로 운영되고 있으나, 본 연구의 PWS(Public Weighing Station) 시스템을 도입할 경우 이와 같은 불필요한 계중을 방지할 수 있고, 과적의심 화물차량에 대해 강력한 단속 방안(직접단속)을 수립할 수 있는 새로운 단속 체계를 마련할 수 있음
- (화물교통 효율화) 스마트톨링 도입 시 과적 화물차 단속을 위한 차로는 현재와 같은 방식(별도의 차로 시스템 및 단속원 필요)으로 운영되어야 하기 때문에 화물차 교통흐름의 개선은 이루어지지 않아 스마트톨링의 실효성이 화물차에는 영향을 주지 못함



<그림 123> 하이패스와 스마트톨링 비교

- 과적화물차 단속시스템을 PWS(Public Weighing Station) 시스템과 연계하여 운영할 경우 불필요한 계중을 방지하여 화물차 교통흐름을 효율적으로 개선할 수 있고, 이는 그 동안 방법을 찾지 못한 화물차 스마트톨링 정책에 돌파구를 제시할 수 있음

(2) 스마트 자중계

- 국토교통부는 관계부처 합동으로 「2020년 교통사고 사망자 줄이기 대책」을 마련하여, 제103회 국정현안점검조정회의에서 관계 중앙행정기관과 함께 논의/확정한 바 있으며,
- 교통안전 목표를 보다 적극적으로 관리하고 달성하기 위한 대책을 수립하였고, 특히 화물차는 사고 시 대형사고로 확대 가능성 및 높은 치사율 등으로 인해 교통안전에 대한 국민 불안이 높은 실정으로 화물차 안전관리 체계를 강화하고자 “화물자동차 안전 강화방안”을 마련함
- 이후 국토교통부는 고중량/대형차량 자동운행허가 서비스 시행('26년) 및 스마트 자중계 도입을 위한 사전 연구('23년) 등 추진



<그림 124> 2020 교통사고 사망자 줄이기 대책

- 정부 국정과제의 국토교통 관련 정책 방향 분석 내용을 검토하면 69. 국민이 안심하는 생활안전 확보(국토부, 경찰청)를 위한 화물차 사고 취약 요인 관리 강화로 국민 안전 확보 필요

국토교통 관련 국정과제	발향성
- (로드뷰 수집) 연도별 지역별 250만호 이상 주택광급 계획 마련 및 추진	⇒ 사회문제 해결
65. 선진화된 재난 안전 관리체계 구축 (행안부-소방청)	
- (디지털 재난관리) AI/데이터를 활용한 디지털 재난관리체계 구축	⇒ 국민안전 확보
69. 국민이 안심하는 생활안전 확보 (국토부-경찰청)	
- (교통안전) 보행자를 최우선으로 하는 교통체계(속도신호 등) 개선, 고령자 어린이 보호 미우 확대, 다중차량화물차 등 사고취약 요인 관리 강화	⇒ 국민안전 확보
- (건설건축안전 관리) 건설-주체별주사용장려의 안전 확보 책무를 강화하고, 건설 현장에 지능형 CCTV 등 스마트 안전장비를 확대	⇒ 국민안전 확보
- (안전한 국토 조성) IoT 등 스마트 기술과 로봇드론 등을 활용하여 시설물 안전 관리를 강화하고, 침해를 예방을 위한 장비-인력 확보	⇒ 국민안전 확보

<그림 125> 국토교통 관련 국정 과제

(※ 출처 : 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획, 국토교통과학기술진흥원, 2023.7.)

- (과적예방) 고중량 차량에 가중계 도입 시 화물차 운전자, 화주, 과적단속 단속원 모두 과적 여부를 인지할 수 있으며, 화물차 이동 중 중량의 변화를 알 수 있으므로, 가중계를 탑재한 고중량 차량은 과적을 예방할 수 있음
 - 고중량 차량이 과적 시 실시간으로 중량정보를 화물차 운전자, 화주, 과적단속 단속원 등 모두 알 수 있음
- (적정 화물운임 정착) 화물의 중량을 인지할 수 있어 화주와 운전자 간의 적정운임 근거 제공

(3) 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통) 센터

- 現 과적차량 관리와 관련하여 개별 과적검문소별 중차량을 대상으로 축별 중량 계측자료를 측정하여 단속함. 이에 따라 과적차량의 출발지부터 목적지까지 이동하는 경로에 과적검문소가 있으면 동일 차량/적재물이라도 범상 재검측을 실시해 옴
- 또한 다수의 과적운행 운수회사에 대한 정보가 없는 실정으로 과적 예방을 위한 사전/사후 계도 과정이 없다는 문제점이 있음
- 그러나 실시간 화물차량의 중량정보를 통합운영센터에서 수집(집계)/가공/분석하는 경우 과적문제를 종합적이고 체계적으로 방지할 수 있는 정책 수립이 가능함

(4) 테스트베드 기반 실증연구

□ 정부 정책과의 부합성

- 스마트 물류 체계 구축 : 물류 효율성 향상 및 안전 강화를 목표로 하는 스마트 물류 체계 구축 정책과 부합하며, 중량정보의 실시간 관리 및 활용을 통해 물류 흐름 개선 및 안전 운행 환경 조성에 기여할 수 있음
- 도로 안전 강화 정책 : 과적 차량으로 인한 도로파손 및 교통사고 예방을 목표로 하는 도로 안전 강화 정책과 부합하며, AI 기반 과적단속 시스템 구축을 통해 단속 효율성을 높이고 도로 안전을 확보할 수 있음

□ 법/제도적 정비 필요성

- 데이터 활용 및 공유에 대한 법적 근거 마련이 필요하며 특히, 개인정보보호 및 데이터 유출 방지에 대한 명확한 규정이 필요함
- 블록체인 기반 데이터 유통 플랫폼 운영에 대한 법적 검토 및 제도적 지원이 필요함
- 무정차 자동/무인 방식의 중량 계중시스템 운영에 대한 법적근거 및 안전기준 마련이 필요함

(나) 기술적 타당성

(1) 자동/무인 화물차 계중시스템

- 글로벌 시장에서 자국의 센서를 보유한 시스템과 기술적 경쟁을 할 경우 센서 기술을 확보하지 못한 국내 시스템은 기술적 경쟁력에서 저평가 받아 왔으며 이러한 문제가 해외로 과적단속 시스템을 수출하지 못하는 주요인이 되어왔음
 - 센서 기술을 해외에 의존하면 센서 공급사가 제공하는 제한적인 기능을 사용해야 하므로 응용 기술에서 상당한 제약이 발생하며, 제어기의 성능 역시 센서 기술에 의존되어 확장성이 낮아지는 문제가 있음
 - 본 과제를 통해 국내 환경에 최적화된 고정밀 동적 화물차 중량센서를 개발하여 이와 같은 글로벌 시장에서의 기술력을 확보하므로 저평가되어 있는 국내 과적단속시스템의 기술력을 향상 시키며, 국내 제어기술의 강점인 응용기술에서 세계시장과 격차를 벌려 나갈 수 있는 초석이 될 것임
 - 본 과제에서 진행 될 자동/무인 화물차 계중시스템의 경우 해외에서 시도되지 않은 새로운 서비스를 제공할 것이기 때문에 다음과 같은 기술 요소의 선점이 가능함
 - 정적/동적 자동/무인 계중시스템 제작, 설치/운영/유지관리 기술 표준화
 - 무인 운영 시 비정상 계중 행위에 대한 예외처리 기술
 - 사용자 인증 및 수집 정보에 대한 보안(암호화 및 통신) 기능
 - 원격 모니터링 및 원격 유지관리를 통한 장비 신뢰성 확보
- ※ 통합 유지관리 센터 운영을 통한 관리 효율성 제고

(2) 스마트 자중계

- (단속효율) 고중량 차량에 자중계 탑재로 과적검문소/고속도로 영업소 등을 통과 시 직접 검측이 아닌 자중계 중량계측정보 수집을 이용 위반차량 단속업무 효율화
 - 자중계 측정중량정보를 노변장치에서 수집하여 운행제한기준 위반여부를 판단함으로써 고정검문소/영업소, 이동검문소 등에서 저속측중기 및 이동식측중기로 검측/재검측 단속업무 효율화

(3) 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통) 센터

- 중량정보 관리 통합운영센터 : 개별 과적검문소별로 중차량을 대상으로 축별 중량 계측 자료를 센터에서 수집하면, 전국단위의 과적 실태 분석과 중량 자료의 빅데이터 분석이 가능합니다. 이는 과적단속의 정확성을 높이고, 도로 안전을 향상시키는 데 기여할 수 있음
- 데이터 분석의 활용 : 빅데이터 분석을 통해 과적 차량의 패턴과 경향을 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 과적단속 정책을 개선하고, 도로 안전을 강화할 수 있음
- 제도적 장치의 필요성 : 과적단속의 효과를 높이기 위해서는 제도적 장치가 필요함. 예를 들어, 적재중량 또는 적재불량 단속권한을 국토관리청에 부여하고, 3진 아웃제를 통해 고의 과적운행을 반복적으로 하는 화물차 운전자/화주에 대한 처벌 강화 등이 필요함

(4) 테스트베드 기반 실증연구

□ 기술개발 가능성

- AI, 센서, 블록체인 등 관련 기술은 이미 상당 수준으로 발전되어 있으며, 융합 및 고도화를 통해 목표 기술개발이 가능함
- 특히, AI 기반 비과적 화물차 선별 기술은 영상분석, 패턴인식 등 다양한 AI 기술을 활용하여야 구현 가능성이 높음

□ 기술의 차별성 및 경쟁력

- 기존의 계중기, 저속 WIM의 신뢰성(정확도) 한계를 극복하는 고정밀 무정차 자동/무인 방식의 계중시스템은 기술적 차별성을 확보할 수 있음
- 블록체인 기반 데이터 유통 플랫폼은 데이터의 신뢰성 및 투명성을 확보하여 기존 데이터 유통 방식과 차별성을 가짐

□ 기술의 실현 가능성

- 개발된 기술의 성능 및 안정성을 다양한 실증 환경에서 충분히 검증해야 하며 특히, 다양한 도로환경 및 기상조건에서의 성능평가나 성능확인이 중요함
- 스마트 자중계 센서의 내구성 및 신뢰성 확보, 블록체인 플랫폼의 확장성 및 보안성 확보 등 기술적 개선과 법/제도적 문제 해결이 필요해 보임

(다) 경제적 타당성

(1) 자동/무인 화물차 계중시스템

- 100% 수입에 의존하던 동적 계중 센서를 국산화함으로써 시스템 구축 원가 절감 효과 기대
 - 원가 절감에 의한 시스템 구축 비용 감소로 국제시장에서의 경쟁력 강화
 - PWS(Public Weighing Station) 서비스 도입으로 불필요한 반복계중 감소 및 화물차 교통흐름 개선에 따른 사회적 비용 감소 효과 기대
 - 과적화물차 단속 시스템 무인화를 통한 운영관리 비용 절감
 - 화물차 중량정보 유통체계 확립으로 화주 및 화물운전자의 불필요한 계중 비용을 감소
 - 새로운 과적단속 체계 단계별 추진 계획 수립
-

- PWS 및 고정밀 자동/무인 계중시스템 확대를 통한 과적 예방
- 사전 계중 정책으로 과적 예방 선순환 및 과적단속 차로의 이용률 감소로 단속설비 투자 감소
- 과적단속 강화 방안
 - 이용률 감소로 인한 화물차로 주행속도 기준 감소 정책 추진 ⇨ 계중 정확도 향상
- 원격 모니터링 및 유지관리 지원 기술 확보
- 자동/무인 과적단속 시스템(계중시스템) 정확도 신뢰성 유지기술 확보
- 중량계측 정확도의 신뢰성 확보를 통한 직접단속 방식 채택
- 자동/무인 과적 화물차 단속시스템 도입

위와 같은 과적화물차 단속 시스템이 도입될 경우 의도하지 않은 과적화물차량이 근절되어 도로 포장의 안전에 유의미한 비용절감을 기대할 수 있음

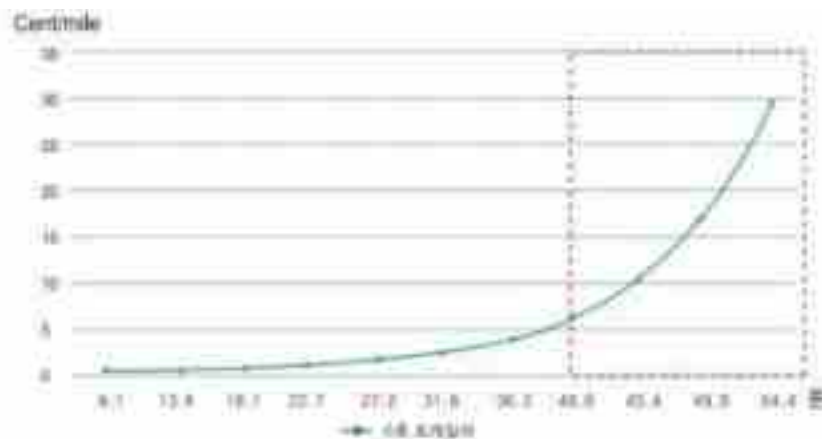
○ 과적에 따른 도로포장 유지보수 비용 분석

중량 (톤)	과적률 (%)	과적률 (%)	과적률 (%)	과적률 (%)	과적률 (%)	과적률 (%)
45.0	5.04					
49.7	5.73	11.01	3.64	3.81	0.01	
53.6	5.61	3.86	3.75	3.76	0.73	
58.7	6.45	1.52	3.88	11.87	3.44	
77.7	32.84	4.31	1.92	1.91	1.32	1.56
87.0		10.11	1.86	15.3	1.87	1.14
93.9		30.75	2.55	3.37	2.80	1.33
96.3			6.23	2.88	4.88	2.21
97.8			11.37	6.40	1.33	3.93
97.4			51.88	33.17	33.15	4.31
97.9			36.52	17.40		7.84
97.4				21.24		8.12
97.0						14.48
97.5						19.87
98.11						34.12

※ 출처 : Directory of Significant Truck Size and Weight Research (NACTO 20-02, 2011)

<그림 126> 차종별 중량별 마일 당 포장 파손에 따른 보수비용

총중량 40톤을 초과할 경우 포장 보수비용이 지수곡선으로 증가하는 추세임을 확인할 수 있음



※ 출처 : Directory of Significant Truck Size and Weight Research (NACTO 20-02, 2011)

<그림 127> 6축 트레일러 마일 당 포장 파손에 따른 보수비용

○ 과적에 따른 교량 유지보수 비용 분석

구분	중량	속도	과적률	
			전수비율	과적 비율
비율(%)	100	50	21	17

※출처 : District of Columbia Truck Safety Enforcement Study (Washington D.C. Urban Mobility, 2011, 10)

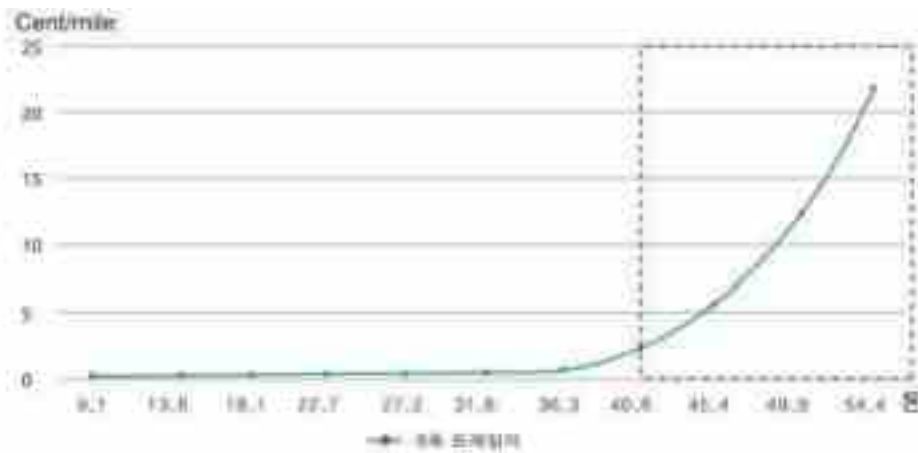
<그림 128> 교량유지관리 비용발생 비율

톤	단위 : Cent/mm					
	24 트레일러	34 트레일러	3A Axle	4A Axle	5A Axle	6A 트레일러
4.5	0.1					
9.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
13.6	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
18.1	0.7	0.8	0.2	0.7	0.2	0.2
22.7	2.4	1.7	0.3	0.2	0.2	0.2
27.2	4.8	4.3	0.4	0.3	0.3	0.2
31.8		10.1	0.5	0.8	0.8	0.2
36.3		23.8	1.2	0.9	0.7	0.4
40.8			2.1	2.4	1.2	0.8
45.4			4.4	3.5	2.3	1.2
49.9			12.1	13.1		1.8
54.4				21.9		3.1
58.9						3.7
63.5						8.1
68.0						15.5

※출처 : Directory of Significant Truck Size and Weight Research (ICRP 00-07, 2011)

<그림 129> 차종별 중량별 마일 당 교량 파손에 따른 보수비용

총중량 40톤을 초과할 경우 교량 보수비용이 지수곡선으로 증가하는 추세임을 확인할 수 있음



※출처 : Directory of Significant Truck Size and Weight Research (ICRP 20-07, 2011)

<그림 130> 6축 트레일러 마일 당 교량 파손에 따른 보수비용

○ 과적에 따른 운전자 이익과 피해 비용 비교 분석(가정 : 100마일 운행 시)

과적으로 인한 운전자의 이익보다 포장파손 피해비용이 높아 과적으로 인한 이익보다는 손실이 높음
 는 사실을 확인할 수 있으며 또한, 과적 초과 중량이 높을수록 손실비용은 지수적으로 증가하기 때문
 에 악의적인 과적차량의 단속강화는 결국 사회적 비용을 줄이는데 효과적이라는 결론이 가능함

구분	2011년 비율(%)	2012년 비율(%)	4분기 비율(%)	50년 비율(%)
과적운전자 이익	\$7.3	\$12.1	\$7.2	\$ 22.6
포장비손 피해 비용	\$8.2	\$11.1	\$11.2	\$249.0

출처 : The Importance of Commercial Vehicle Weight Enforcement in Safety and Road Asset Management (Brian Taylor & 29th, 2006. 5)

<그림 131> 운전자 이익과 피해 비용 비교표

(2) 스마트 자중계

- (경제적 편익) 과적 차량에 의한 도로포장 유지보수비 36%, 교량유지관리비 17% 증가를 방지할 수 있음
 - 과적 차량에 의한 도로포장 유지보수비 2011년 전체 고속도로 유지보수비용의 36%에 해당하고, 교량 파손 비용을 검토한 해외 사례를 적용한 결과 전체 교량 유지관리비 중 과적 차량에 의해 추가적으로 17%의 비용이 발생하는 것으로 분석됨
 - <출처 : 과적 관련 홍보책자, 한국도로공사, 2012년>
- (사회비용 감소) 화물차 운전자는 자중계 중량측정 정보를 노변장치로 자동 전송함으로써 검문소/영업소에서의 중량계측 등으로 인한 시간 절감, 적정 화물적재로 유류비 절감, 타이어 소모 저감 등 편의성 향상
- (사회비용 감소) 화물차의 과적 예방으로 재동거리 감소, 전복 위험성 감소 등으로 화물차 사고의 사망 치사율 감소와 화물차 교통사고 발생 빈도를 저감시킴

(3) 블록체인 기반 화물차 중량 측정정보 통합운영(유통) 센터

- (경제적 편익) 과적단속 시스템의 경제적 타당성을 분석하기 위해서는 비용-편익 분석을 통해 사업의 지속성을 평가해야 함, 이는 과적단속 시스템의 개발과 운영에 드는 비용과 이를 통해 발생하는 편익을 비교하여 사업의 타당성을 결정하는 데 도움이 됨
- (비용-편익 분석) 과적단속 시스템의 개발과 운영에 소요되는 비용은 센서의 개발과 설치, 유지보수 비용 등이 포함되며, 이를 통해 발생하는 편익은 도로 및 교량의 유지보수 비용 절감, 사고 위험 감소 등이 포함됨
- 화물차 중량정보 통합관리를 통한 과적단속 효율화에 대한 경제적 타당성을 분석한 결과, 도로 및 교량의 수명 단축을 방지하고 유지보수 비용을 절감시키는 데 효과적이며, 이를 통해 발생하는 편익은 소요되는 비용을 웃도는 것으로 나타남. 따라서, 새로운 자동/무인체계 과적단속 시스템 개발과 운영은 경제적으로 타당한 사업임

(4) 신규 시장 및 서비스 창출

- 중량정보 기반의 새로운 서비스 즉, 중량에 따른 운임산정, 실시간 과적예방 서비스 등 시장 창출이 가능함
- 블록체인 기반 데이터 유통 플랫폼을 통해 새로운 비즈니스 모델 개발이 가능함

(5) 투자 대비 효과분석

- 기술 개발 및 시스템 구축에 필요한 투자비용과 예상되는 경제적 효과를 비교 분석하여 타당성을 검토해야 함
- 직접적인 효과로 화물차량의 과적을 사전에 예방하고, 이로 인한 도로파손 정도도 감소하게 되고, 중량 재검측 면제 서비스 등 다양한 서비스 제공으로 운전자와 관리자에게 편의제공과 통행시간 단축 등의 효과가 있으며, 장기적인 관점에서 사회적 편익 즉, 도로안전 증진, 환경오염 감소 등 경제성 편익이 발생됨

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 없음)

5. 연구개발 성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

5.1. 기술별 최종 연구개발 성과물

(가) 자동/무인 계중시스템 개발 연구개발 성과물

(1) 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발

- 정적 중량 계측센서 시작품/시제품 개발
- 정적 중량 계측센서 신호처리 S/W
- 동적 계측센서 시작품/시제품 개발
- 동적 계측센서 패키징 시작품/시제품 개발
- 동적 계측센서 신호처리 S/W
- 화물차 검지 센서 및 신호처리 장치
- 화물차 주행정보 검지 센서 신호처리 S/W

(2) AI 기반 과적관리 효율화 기술

- 인공지능(AI) 영상분석을 통한 비정상 계중 화물차 선별 S/W 개발
- AI 분석을 통한 비과적 화물차 선별 S/W 개발
- 화물차 주행 영상촬영장치 및 문자인식 S/W
- 화물차 위험적재 상태 검출을 위한 영상인식 S/W
- 원격 유지관리 목적의 영상처리 장치 및 운영 S/W

(3) 정적/동적 자동/무인 계중제어 시스템 개발

- 정적 화물차 계중 시스템 시작품/시제품 개발
 - 장애 검지 상태 모니터링
 - 사용자 운영 인터페이스
 - 차로 장치 설정 및 이력 정보 모니터링
 - 주행 차량 수집정보 모니터링
 - 원격관제 S/W(모니터링, 설정수정, S/W 수정 등)
 - 무인 정적 계중 시스템 운영 S/W
 - 동적 화물차 계중시스템 시작품/시제품 개발
 - 무인 동적 계중시스템 운영 S/W
 - 중량정보 보정 알고리즘(정밀 편차조정, 보정계수 생성)
 - 장애 검지 상태 모니터링
 - 사용자 운영 인터페이스
 - 차로 장치 설정 및 이력 정보 모니터링
 - 주행 차량 수집정보 모니터링
 - 원격관제 S/W(모니터링, 설정수정, S/W 수정 등)
 - 화물차 중량 정보 센터 연계 S/W
 - 화물차 수집 정보 센터 연계 인터페이스
 - 블록체인 기반 화물차 인증/통신보안/정보보안 S/W
 - 계중시스템 성능평가 알고리즘
 - 정적/동적 시스템/관리자/사용자 매뉴얼 보고서
 - 자동/무인 화물차 계중시스템 설치 및 운영 표준규격 보고서
-

(나) 스마트 자중계 시스템

(1) 중량 측정 자중계 센서 및 차량 구조별 장착 기술 개발

- 고정밀 자중계 센서 시제품/시제품 개발
 - 축하중 감지를 위해 미소 변형량 측정 기반의 고정밀/高용량/高중량 센서 및 신호처리 S/W
 - 주행 환경을 고려한 중량 측정/보정 알고리즘
- 화물차별 서스펜션 타입(에어, 판스프링 등)에 최적화된 센서 장착기술
 - 장착 및 유지보수가 쉬운 경량 모듈형 지그 개발
- 화물차 감지 센서 및 신호처리 S/W

(2) 정확한 중량 측정을 위한 수평성 보정 및 이동측위 기술 개발

- 실시간 경사도 측정 센서 시제품/시제품 개발
- 실시간 위치기반 서비스 S/W
 - GPS 기반 실시간 이동 측위 및 동적 중량 모니터링 S/W
 - 데이터 저장 및 전송 S/W
- 자중계 시스템 ⇄ 센터 간 정보 연계시 인증 및 보안(통신, 데이터)
 - 정보 연계 인터페이스
 - 블록체인 기반 인증 및 보안 S/W

(3) 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발

- 주행 차량의 안전성 판별 및 운영센터 연계 기술
 - 자중계 운영 S/W
 - 화물차 중량정보 신뢰성 검사 및 정지 시 오차 보정 S/W
 - 실시간 센터연계 S/W
 - 화물차 운행 프로파일 특성을 적용한 동적 중량 계측 정확도 보정 알고리즘
 - 하중 초과 상황 감지 및 좌/우측 중량 차이에 따른 편향적재 판별 S/W
 - 운전자 위험 경보 S/W
- 고위험 적재 화물차 주행 모니터링 지원 S/W
- 초중량 화물차 운행 모니터링 지원 S/W
- 비과적 화물차 과적검사 면제 서비스 지원 S/W
- 자중계 시스템 원격 관리(고장, 정기검사, 자원검사 등) 지원 S/W

(다) 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 연구개발 성과물

(1) 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술

- 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 체계 기술 보고서
- 블록체인 기반 데이터 암호화/인증/유통 S/W
 - 화물차량 중량측정소 중량 정보 수집 및 연계 기술 S/W
 - 화물차량 중량계측 및 발급 및 폐기 S/W
 - 화물차 중량정보 플랫폼 및 유통시스템 S/W
- 계층 시스템-센터, 센터-단속운영 기관 간 블록체인 기반의 화물차 중량정보 연계 표준 지침(안)

(2) 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술

- 블록체인 기반 화물차 중량 플랫폼 기술보고서(설계서, 가이드라인)
- 블록체인 기반 화물차 중량 통합운영센터 구축(H/W, S/W, N/W 등)
- 블록체인 기반 화물차 중량 통합운영 플랫폼 S/W
 - 신뢰 있는 계층정보 검증 및 계량증명서 검증, 2중 검증을 통한 증명서 위/변조 방지 기술
 - 적재중량 불균형에 따른 사고 위험 평가 방안(S/W포함)

- 과적단속 회피 차량에 대한 실시간 정보 공유 및 추적 기술(S/W포함)
- 화물차 중량 데이터의 유용성과 데이터 활용성을 향상하기 화물차 중량데이터 카탈로그(S/W포함)
- 교통사고 위험 알림 대상 차량을 위한 맞춤 메시지 서비스 생성 기술(S/W포함)
- 적재중량 불균형에 따른 사고 위험 알림 서비스(기술) 개발(S/W포함)

(3) 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술

- 통합 DB 기반 계중장비 정확도 평가 업무 절차서 및 지침(안)
- 통합 DB 기반 계중장비 정확도 평가 알고리즘 모델(S/W포함)
- 개별 DB 기반 계중장비 정확도 평가 알고리즘 모델(S/W포함)
- 개별 계중장비 DB 기반 계중장비 정확도 평가 알고리즘 모델(S/W포함)
 - 개별 계중장비 DB 기반 평가 성적서 정확도
 - 개별 계중장비 DB 기반 Calibration 주기 및 튜닝 가이드라인(안)

(4) 중량 재검측 면제 서비스 알고리즘 기술

- 중량 재검측 면제 알림 업무 절차서 및 지침 가이드라인(안)
- 중량 재검측 면제 대상 화물차량 선별 알고리즘 (S/W 포함)
- 중량 재검측 면제 효과 추정 모델(안)

(5) 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 기술

- 화물차 중량관리 테스트베드 환경 구축
- 테스트베드 가상 시험 시나리오 및 검증 기준(안)(S/W 포함)
- 테스트베드 운영 결과 및 효과평가 보고서
- 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 확장 마스터플랜

(라) 테스트베드 기반 실증연구 성과물(해수부)

- 중량정보 교환 표준기술 개발
 - 계측장비와 운영센터(플랫폼) 간 정보교환 표준
 - 운영센터(플랫폼)과 타 운영센터(플랫폼) 간 정보교환 표준
- 중량정보 연계/유통 및 활용 관련 법제도안 마련
 - 기본 중량정보 교환을 위한 기술기준
 - 중량정보 연계 및 유통 관련 법제도안
 - 중량정보 활용을 위한 등급제 기준안
- 중량정보 신뢰성 확보를 위한 성능평가 기술 개발
 - 연구개발 중량 계측장비 검/교정 표준안
 - 중량정보 신뢰성 확보를 위한 중량 계측장비 관리체계 가이드
(과적검문소, 축중기(저속/고속), 자동무인 계중시스템, 자중계, 화물차 중량관리 센터 등)
- 연구개발 기술 실증을 위한 테스트베드 구축 및 서비스 운영
 - 연구개발 기술 실증을 위한 테스트베드 구축 기획 및 설계 보고서
 - 연구개발 기술 실증 테스트베드 운영결과 보고서
 - 테스트베드 서비스 운영결과 및 효과분석을 포함한 연구성과 실증 결과 보고서
- 항만 내 연계를 위한 테스트베드 구축 및 연구성과 실증
 - 항만 내 테스트베드 실증환경 구축
 - 항만 내 연계 구축 및 운영을 위한 요소기술 개발
(블록체인 기반 정보교환 인증 시스템, 항만 레거시 시스템 연동 기술, 테스트베드 플랫폼간 정보연계 시스템 구축)

5.2. 단계별/연차별 성과목표 및 지표

5.2.1 1단계 성과목표 및 지표

(가) 성과목표

단계(평가주기)	1단계	기간	2026~2028
단계별 성과목표			
<p>자동/무인 화물차 계측시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능시험 ※(목표) 계측시스템 정확도 ±2%</p>	가중치	0.3	<p>설정 근거</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고정밀 계측센서 기반 AI+IT 융복합 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 환경에 최적화된 고정밀 중량 계측센서의 국산화 기술 개발 * 센서 오차율 : 직선/반복성(0.8% 이하), 편하중(2% 이하) - AI 영상분석 기반 IT 융복합 기술 개발 ○ AI 기반 과적관리 효율화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 시스템 대체성, 호환성, 무인 운영 및 유지관리의 효율성을 확보한 시스템 구축 - AI 영상기술을 이용한 非 과적 화물차 선별 90% 이상 만족 ○ 정적/동적 자동/무인 계중제어 시스템 개발/구축 <ul style="list-style-type: none"> - 화물차 자동/무인 계중체계 표준 프로세스 개발
<p>자중계 시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능시험 ※(목표) 자중계 정확도 ±5%</p>	가중치	0.2	<p>설정 근거</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고중량 화물차용 자중계 센서 및 장착 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 자중계 시스템의 과적단속 활용을 위한 기반 기술 - 다양한 차량구조/주행 환경에서의 중량정보 신뢰성 확보 기술 ○ 정확도 향상을 위한 수평성 보정 및 이동 측위 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수평성 보정을 위한 각도센서(1도 이내) 개발 - 실시간 경로 확인을 위한 실시간 측위(0.5m 이내) 기술 ○ 주행 중 중량 측정 및 응용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 주행 차량의 안전성 판별 및 운영센터 연계 기술 개발 ○ 동적 하중 측정 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 자중계 센서 및 수평성 보정을 위한 각도센서, 실시간 경로 확인을 위한 실시간 측위 기술의 기본 성능평가 필요
<p>블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 기술 개발 ※(목표) 면제차량 선별 정확도 100%</p>	가중치	0.3	<p>설정 근거</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 블록체인 기반의 데이터 암호화/인증/유통 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 블록체인 기반 인증, 유통 기술 개발 - 화물차 운전자 전용 모바일 앱 개발 - VC(Verifiable credentials) 전주기 관리/운영 기술 - 데이터 연계 표준안 설계 및 I/F 마련 ○ 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 운영센터 플랫폼 아키텍처 정의 및 설계 - 중량 측정 데이터 수집 및 연계 기술 개발 ○ 빅데이터 기반 계중장비 정확도 알고리즘 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육상-항만 중량정보 통합 DB센터 기본 설계 - 계중장비 정확도 평가 알고리즘 개발(先 실행 연구과제* 연계) * AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발 - 계중장비 간 정확도 검증 및 연계 유지관리 기술개발 ○ “중량 재검측 면제 서비스”를 위한 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 서비스 대상 선정 및 제공 기술 연구
<p>표준 및 성능평가 관련 법/제도안 마련과 연구성과 실증 ※(목표) 육상-항만 화물정보 결합</p>	가중치	0.2	<p>설정 근거</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트베드 구축을 통한 시스템 요소기술 검증안 마련 ○ 시제품 등 성과물 시험 가이드, 정확도 등 평가방법 개발 ○ 중량정보 교환 표준 및 성능평가 법/제도안 검토 ○ 테스트베드 구축/운영 방안 마련

(나) 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치			성과 유형	지표 유형	질적 지표	
				연도	2026	2027	2028				
자동/무인 화물차 계중시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능시험	0.1	시제품 성능	%	목표	-	70	80	시제품	결과	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	자동/무인 화물차 계중 시스템의 기술성과를 측정할 수 있는 요소 기술 등 시제품의 성능평가를 검증할 수 있는 지표 설정								
	0.1	시제품 기술성능 만족도	점수	목표	-	50	80	시제품	산출 (질)	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	시제품의 기술성능에 대한 기준마련을 위해 외부 전문가를 대상으로 “AI 기반 자동 무인 중량계중시스템의 기술만족도 조사”를 통한 평가를 지표로 설정 이후, 정량적 기술 표준안 제시								
0.1	요소기술 요구성능	%	목표	30	70	80	시제품	결과	√		
			실적	-	-	-					
	설정사유	본 사업 기획연구를 통해 제시하고 있는 요구성능 도출안을 연차별 달성 가능한 목표치로 설정									
자중계 시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능시험	0.1	시제품 성능	%	목표	-	70	90	시제품	결과	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	고중량 차량 대상 자중계 시스템의 기술성과를 측정할 수 있는 요소기술 등 시제품의 성능을 평가할 수 있는 지표 설정								
	0.1	시제품 기술성능 만족도	점수	목표	-	50	80	시제품	산출 (질)	√	
실적				-	-	-					
	설정사유	외부 전문가를 대상으로 ‘자중계 시스템의 기술 만족도 조사’를 통한 평가를 지표로 설정									
블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼	0.05	블록체인 트랜잭션 처리 성능	TPS	목표	-	-	1000	소프트 웨어 처리성능	산출 (질)	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	블록체인 기반 고속/안정적인 중량정보 처리를 확보하기 위해 네트워크에서 트랜잭션 처리 속도가 화물차 중량관리 플랫폼에서 적정한 성능을 내는지 평가								
	0.05	시스템 구축 적정성	%	목표	30	70	100	센터 시스템 구축	결과	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	화물차 중량 관련 정보와 시스템을 하나로 통합하여 중량관리의 효율적인 운영/관제 및 수요처별 서비스가 원활하게 이루어지는지 평가								
	0.07	계중장비 정확도 추정 알고리즘 모델 정확도	%	목표	30	70	95	알고리즘 모델	결과	√	
				실적	-	-	-				
		설정사유	화물차 계중 데이터를 이용하여 산재되어 있는 화물차 과적단속장비와의 상대비교를 통한 측정 정확도를 추정 알고리즘 모델이 적절하게 개발 되었는지 평가								
	0.13	중량재검측 면제서비스 알고리즘 모델 정확도	%	목표	30	70	100	알고리즘 모델	결과	√	
실적				-	-	-					
	설정사유	화물차 운송 효율을 높이는 데 초점을 맞춘 성과지표로서 중량 재검측 면제에 대한 알고리즘 모델이 적절하게 개발 되었는지 평가									

표준 및 성능평가 관련 법/제도안 마련과 연구성과 실증	0.02	정보교환 표준	건	목표	-	-	1	표준	산출 (양)	
		설정사유	실적	-	-	-				
	0.02	성능평가 표준	건	목표	-	-	1	표준	산출 (양)	
		설정사유	실적	-	-	-				
	0.02	법제도 제안	건	목표	-	1	-	정책	산출 (양)	
		설정사유	실적	-	-	-				
	0.02	논문	건	목표	1	-	1	논문	산출 (양)	
		설정사유	실적	-	-	-				
	0.02	기획서 (전문가평가)	점수	목표	-	-	85	보고서	산출 (질)	√
		설정사유	실적	-	-	-				
	0.05	실증 기획서 (전문가평가)	점수	목표	60	85	-	보고서	산출 (질)	√
		설정사유	실적	-	-	-				
0.05	실증환경 구축 설계서 (전문가평가)	점수	목표	-	-	85	보고서	산출 (질)	√	
	설정사유	실적	-	-	-					

5.2.2 2단계 성과목표 및 지표

(가) 성과목표

단계(평가주기)	2단계	기간	2029~2030
단계별 성과목표			
자동/무인 화물차 계중시스템 요소기술 및 기능 검증	가중치	0.2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화물교통 흐름의 문제를 해결할 새로운 과적관리 체계 지원기술 실증사이트 구축 ○ 자동/무인 화물차 계중시스템 운영 및 현장 성능검증 ○ 원격 관제/장애관리/유지관리 기능에 대한 실증 ○ 화물차 인증 및 센터 연계 운영 등 센터지원 기술 검증
스마트 자중계 시스템 검증	가중치	0.2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 시험차량에 장착 적정성 검증 ○ 도로환경에 부합한 중량보정 정확도 검증 ○ 자중계 시스템 플랫폼 연계 운영 검증

블록체인 기반 통합운영센터 구축 및 플랫폼 검증 ※ (목표) 기능 오류 0.1% 미만	가중치	0.3	설정 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트베드 운영을 위한 “가상 시나리오별 기능 시험” 방안 마련 ○ 중량관리 통합운영센터 구축 및 플랫폼 검증 <ul style="list-style-type: none"> * 정보 수집/처리/연동 등 ○ 현장 시스템 연계 운영 기술 개발 및 시범운영
표준 및 성능평가 관련 법/제도안 마련 및 연구성과 실증	가중치	0.3	설정 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발 중량 계측시스템별 평가/성능인증 및 표준화(데이터 등) 기준 마련 ○ 공공 생성정보(중량 등) 활용을 위한 법/제도 개선 및 보완 내용 도출 ○ 육상-항만 화물차 중량정보 유통 효과분석

(나) 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분 실적 및 목표치			성과 유형	지표 유형	질적 지표
				연도	2029	2030			
자동/무인 화물차 계측시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능	0.1	시제품 성능	%	목표	90	100	시제품	결과	√
			실적	-	-				
		설정사유	자동/무인 화물차 계측 시스템의 기술성과를 측정할 수 있는 요소기술 등 시제품의 성능평가를 검증할 수 있는 지표 설정						
	0.05	시제품 기술성능 만족도	점수	목표	90	95	시제품	산출 (질)	√
			실적	-	-				
		설정사유	시제품의 기술성능에 대한 기준마련을 위해 외부 전문가를 대상으로 “자동/무인 화물차 계측시스템의 기술만족도 조사”를 통한 평가를 지표로 설정 이후, 정량적 기술표준안 제시						
0.05	요소기술 요구성능	%	목표	95	100	시제품	결과	√	
		실적	-	-					
	설정사유	본 사업 기획연구를 통해 제시하고 있는 요구성능 도출안을 연차별 달성 가능한 목표치로 설정							
자중계 시스템 개발을 통한 시제품 제작 및 기본 성능	0.07	시제품 성능	%	목표	-	100	시제품	결과	√
			실적	-	-				
		설정사유	자중계 시스템의 기술성과를 측정할 수 있는 요소기술 등 시제품의 성능평가를 검증할 수 있는 지표 설정						
	0.07	시제품 기술성능 만족도	점수	목표	-	90	시제품	산출 (질)	√
			실적	-	-				
		설정사유	시제품의 기술성능에 대한 기준마련을 위해 외부 전문가를 대상으로 “자중계 시스템의 기술만족도 조사”를 통한 평가를 지표로 설정						
0.06	매뉴얼 및 법제도 제/개정(안)	건	목표	2	2	보고서	산출 (양)		
		실적	-	-					
	설정사유	자중계 장착 및 유지보수를 위한 매뉴얼 및 자중계 보급 및 활성화를 위한 법령 및 기준 등 제/개정(안) 건수를 성과지표로 선정하여 성과물 관리							
블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼	0.06	화물차 중량 플랫폼 구현 기능 검증	%	목표	70	100	평가 보고서	결과	√
			실적	-	-				
		설정사유	화물차 중량 플랫폼 구현 기능검증과 중량데이터 수집을 위한 외부연동 평가						
	0.08	중량재검측 면제 및 계측장비 정확도	%	목표	70	95	평가 보고서	결과	√
		실적	-	-					
	설정사유	중량 재검측 면제 및 계측장비 정확도 알고리즘 정확도를 측정하여 목표성능에 부합하는지 평가							

표준 및 성능평가 관련 법/제도안 마련 및 연구성과 실증	0.06	가상 시나리오 시험 기능	%	목표	0.5	0.1	평가 보고서	결과	√
		설정사유		실적	-	-			
	0.1	블록체인 기반 플랫폼 서비스 효과 분석	%	목표	90	90	효과 분석 보고서	결과	√
		설정사유		실적	-	-			
	0.25	정보교환 표준	건	목표	-	1	표준	산출 (양)	
		설정사유		실적	-	-			
	0.25	성능평가 표준	건	목표	-	1	표준	산출 (양)	
		설정사유		실적	-	-			
	0.25	법제도 제안	건	목표	-	1	정책	산출 (양)	
		설정사유		실적	-	-			
	0.25	논문	건	목표	-	1	논문	산출 (양)	
		설정사유		실적	-	-			
	0.04	테스트베드 구축 진행도 (전문가평가)	%	목표	100	-	테스트 베드 구축	결과	√
		설정사유		실적	-	-			
	0.03	실증환경 운영평가 만족도	%	목표	-	85	테스트 베드	결과	√
		설정사유		실적	-	-			
	0.03	논문	건	목표	-	1	논문	산출 (양)	
		설정사유		실적	-	-			
0.05	요소기술 요구성능 달성도 (전문가평가)	%	목표	85	95	보고서	결과	√	
	설정사유		실적	-	-				
0.05	확대적용 로드맵 적정성 (전문가평가)	%	목표	-	85	보고서	결과	√	
	설정사유		실적	-	-				

5.3. 기대(파급)효과

5.3.1. 과학기술적 기대효과

- 고정밀 자동/무인 화물차 중량 계중시스템 기술 표준화를 통해 한국형 화물차 동적 중량계측센서 기술 확보
- 중량계측센서의 국산화를 통해 해외 수입 의존도를 낮추고 중량계측센서와 연관된 응용 개발 분야에서 기술적 우위를 확보할 수 있음
- AI 기술 및 센서기술을 연계하여 계중시스템의 24시간 자동/무인 운영 신뢰성 확보
- 민간 계중시스템의 기술 고도화를 통해 계량 기술 및 무인 화물 계량 운영시스템 기술을 확보하여 해당 분야에서 새로운 기술 모델을 제시
- 국내 과적단속 체계의 문제점들을 해결할 수 있는 정책 및 운영에 필요한 핵심기술을 확보하여 미래지향적인 단속시스템 운영이 가능
- 과적단속/유관기관 및 PWS에서 발생하는 중량정보를 통합으로 운영센터에서 수집/관리/유통하면, 전국단위의 과적 실태 분석과 육상-항만 통합 중량 빅데이터 분석이 가능하여 과적관리 및 화물차 교통흐름의 효율화를 실현하고, 과적운행 감소로 국민안전에 향상시킬 수 있음
- 향후 전국 모든 고속도로에 C-ITS 구축 및 스마트톨링 전면 도입이 계획되어 있으므로, 스마트 톨링 환경에서 무인과적단속 시스템의 확대 보급 및 자율주행 서비스 지원
- 중량 빅데이터 분석을 통해 과적차량의 패턴과 경향을 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 과적단속 정책을 개선하고, 도로 안전을 강화할 수 있음
- 블록체인 기반 중량관리 통합운영 플랫폼 구축으로 중량정보를 활용한 다양한 수요처에 맞춤형 서비스 제공의 기반 마련
- 전국 중량측정기 오차 검증을 통해 측정 기술의 정확성을 높이고, 첨단 기술 도입을 통한 중량 측정 시스템 고도화
- 블록체인의 분산원장기술(DLT)을 활용하여 중량 데이터를 분산 저장하고, 변경 불가능한 형태로 기록함으로써 데이터 위변조를 방지 및 신뢰도 향상
- 화물차 중량데이터에 대한 암호화 기술 및 분산 저장 기술을 통해 시스템 해킹 및 데이터 유출을 방지 및 보안 강화
- 화물차 중량 측정, 데이터 기록, 과적단속 등의 프로세스를 자동화하여 효율성 향상
- 신뢰성 있는 중량정보를 기반으로 운송계획, 차량관리, 인프라 투자 등에 데이터 기반 다양한 의사결정 가능
- AI, 빅데이터 기술을 활용하여 화물중량에 따른 사고위험과 사고발생 높은 구간 등의 예측 및 예방조치가 가능하고, 빅데이터 분석기술을 접목하여 예측기반의 새로운 서비스 발굴 등 가치 창출 가능
- 도로시설관리 측면에서 화물차량의 하중 변화를 분석하여 도로의 파손 및 손상 정도를 파악하여 도로유지보수 계획 수립과 도로수명 연구에도 활용 가능
- GNSS 등 다양한 센서정보와 결합하여 실시간 차량의 위치상태를 추적 및 관리할 수 있는 스마트 물류시스템 구축 가능

5.3.2. 사회경제적 기대효과

- 동적 중량계측센서 국산화를 통한 국내 저속/고속 축중기 시스템 해외시장 경쟁력 강화
- PWS(Public Weighing Station) : 정적/동적 자동/무인 화물차 계중시스템 표준화 기반의 시스템을 도입함으로써 인력기반 운영의 경제적 문제 해결하여 민관에 확대 보급되고, 적재중량 측정에서 과적단속 및 VGM(화물총중량검증제) 등 다양한 분야에 적용하여 시장의 확대 기대
- 과적단속 시스템의 무인화를 통해 대면단속 시 단속원과 운전자와의 고질적인 마찰 제거
- 축중량이 과적의 가능성이 없는 경우 해당 화물차량에 대해서 계중장치가 설치되지 않은 틀게이트 차로를 이용하여 효율적인 과적단속 체계로의 전환
- 과속단속 장비들을 상호 연계하여 계중자료 통합관리로 과속단속장비에 대한 운전자의 신뢰도 향상

- 축적된 중량 데이터를 활용하여 새로운 비즈니스 모델을 창출하고, 데이터 기반 산업 활성화 촉진
- 국내에서 과적 차량으로 인해 파손된 고속도로의 포장을 보수하는데 발생하는 연간 손실비용은 280억원, 교량을 보수하는 비용은 44억원이 추가로 소요되는 등 모두 324억 원이라는 비용을 절감시키는 효과
- 적재 최적화, 운송 경로 최적화, 재고 관리 개선 등을 통해 물류비용 절감 및 생산성 향상
- 운전자 스스로 사전 중량확인을 통한 과적예방을 통해 도로파손과 교통사고 위험을 줄일 수 있으며, 화물중량에 따른 차량상태를 진단하여 차량의 이상징후를 조기에 감지 가능
- 연료 효율 향상, 미세먼지 저감 등 환경오염을 줄이고 지속 가능한 발전에 기여
- 물류 산업의 경쟁력 강화를 통해 국가 경제 성장에 기여하고, 관련 산업의 발전을 촉진
- 스마트 물류 시스템 구축, 데이터 분석 등 새로운 분야에서 다양한 일자리 창출
- 화물차량의 과적을 방지하고, 안전한 물류 서비스 제공을 통해 국민의 안전과 삶의 질을 향상
- 미래 모빌리티 환경에서 화물차 자율주행중 자동/실시간 계중한 차량의 중량정보를 센터에 전송하고, 센터는 맞춤형 정보를 생성하여 수요처에 유통한다면 본 연구 결과 및 응용 연구들을 통해 새로운 물류 관련 서비스 및 사업이 등장할 수 있음
- 위험물차량관리시스템(HMMS)과 연계 서비스를 구성할 경우 기술적인 공통 요소와 교통이라는 환경요소에서 상호 시너지를 발휘할 수 있고, 위험물에 대한 보다 철저한 관리 환경이 구축될 수 있음

5.3.3. 정책적 기대효과

- 미래 화물차 운송형태 및 도로 시설물 운영 변화에 맞는 기술적 운영적 요소를 제시함으로써 새로운 법과 규정을 수립
- 과적차량 정보를 중량관리 플랫폼 통합센터에서 집계/가공/분석/처리 하는 경우 과적문제를 종합적이고 체계적으로 방지할 수 있는 정책 수립 가능성, 또한 블록체인망을 통한 신뢰 기반의 정보 유통은 화물차 중량정보에 대한 신뢰성을 높여 새로운 정책 수립을 지원할 수 있음
- 전국 단위의 중량정보 빅데이터를 활용하여 과적차량 단속 정확성 향상과 사전 계중차량의 과적 검사 재검측 면제 서비스를 통해 단속 행정의 효율성을 향상
- 수집된 중량 데이터 분석을 통해 화물 운송 정책 수립 및 개선에 필요한 과학적 근거 자료 제공으로 화물 운송 정책 수립 지원
- 국내 환경에 맞는 화물차 중량 계중시스템 기술 및 중량정보 유통 체계 등 다양한 표준화 제시

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

6.1. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안(테스트베드 구축 등)

(가) 자동/무인 화물차 계중시스템 검증 및 관리 방안

□ 정적동적 화물차 중량계측 센서 기술 검증

- 목표
 - 정적센서 : 비자동저울 기술기준 고시를 만족하는 정적 화물차 중량계측 센서
 - 동적센서 : 동적센서 특성만족 여부(직선성 0.8% 이하, 편하중 2% 이하, 반복성 0.8%이하)
- 방법
 - OIML R 134 기준에 따라 시험 진행
 - 국내 여건을 고려하여 차량 대수 및 환경 선택
 - 저속과 고속주행 모두 실시하여 내구성 시험
 - 차량 속도, 노면온도, 적재 중량별 센서 특성 만족 시험
- 기술검증 항목
 - 센서제작 및 설치상의 경제성 확인
 - 센서 신뢰성 확보와 고장 시 보수 용이성 확보 여부

- 적정하중 및 최대하중에 대한 내구성 확보 여부
- 정적센서에 대한 비자동저울 형식승인 확보 여부
- 최고저 온도 내구성 시험

□ AI 기반(영상+제원) 비과적 화물차 선별 기술

○ 목표

- 영상 AI 기반 비과적 화물차 선별기술 개발
- 제원정보 연계 및 분석 S/W 개발
- 위 기술을 조합하여 비과적 화물차 선별 솔루션 개발

○ 방법

- 화물차 적재상태별 분류 정확도 분석
 - * 공차 및 비과적 대상 화물차 선별 시험
- 화물차 번호인식 및 화물차 제원정보를 이용한 비과적 대상차량 선별
- 제원정보와 영상 분류 정보를 조합하여 비과적 화물차 선별기술 시험
 - * 종류별 시험차량 영상확보 후 정확도 시험

○ 기술검증 항목

- 비과적 화물차 선별을 위한 화물차 적재상태별 분류가 가능한가와 실효성 검증
- 제원정보를 기반으로 비과적 화물차 선별을 했을 때 신뢰도 확인
- 비과적 화물차 선별을 통해 과적단속 여부를 판단했을 때 실효성 검증
 - * 1차 사전선별을 영상기술과 제원정보를 통해 할 경우 경제적/운영적 효과 검증

□ 자동/무인 화물차 계중시스템 성능평가 및 실증 시험

○ 목표

- 정적 계중기시스템 비자동저울 형식승인 기준 만족
- 정적 계중기시스템 표준화 기술
- 동적 계중시스템 정확도 확보
 - * OIML R134 기준 만족 및 기본성능평가 최상급 만족
- 동적/정적 계중시스템 신뢰성 평가기술 및 장애 유지관리 기술 확보
- 무인 계중시스템에 필요한 센서, 통신 및 제어기술 확보
- 무인 계중시스템의 비정상 판별 알고리즘 개발
- 과적단속 시스템으로 활용 시 필요한 운영 기술
- 모든 기술이 접목된 PWS(Public Weighing Station) 시스템 개발

○ 방법

- 정적 계중시스템 비자동저울 형식승인(검/교정) 실시
- 동적 계중시스템 OIML R134 기준에 맞게 성능평가 실시
- 동적 계중시스템 기본 성능평가 실시
- 계중시스템 무인 운영에 필요한 기술 개발 후 테스트베드에서 운영시험 실시
- 테스트베드에서 운영시험 중 정기적인 신뢰성 검사 실시
- 비정상 주행 차량의 유형별 시험
- 원격 모니터링에 필요한 시스템 자가진단 기술에 대한 검사항목을 작성 후 시험실시
- 과적단속 시스템으로 운영시험 실시

○ 기술검증 항목

- 비자동저울 형식승인을 받음으로 법정계량기 지위를 확보
- 동적 계중 시스템 성능확보를 통해 직접 과적단속 기술 확보
- 자동/무인 계중 기술에 대한 검증을 통해 무인 과적단속 기술 확보

- 비정상주행 차량 검지 기술을 통해 무인 운영시 필요한 예외상황별 대처방안 수립
- 향후 무인과적단속 시스템으로 활용이 가능한지 기술적/운영적/경제적 효과분석
- PWS(Public Weighing Station) 시스템을 통해 자동/무인 화물차 계중 시스템 중량정보 유통에 필요한 정보생성 기능 확인 및 유통과정에서 목표한 서비스 기능 달성 여부

(나) 자중계 연구개발 성과물 검증 및 관리 방안

고중량 차량을 위한 자중계 센서 실증 테스트

- 목표
 - 다양한 서스펜션 타입과 고중량 차량에 자중계 센서를 장착하여 성능을 검증하고, 실제 주행 환경에서의 정확도와 신뢰성을 평가함
 - 축하중 10톤 이상, 총중량 40톤 이상의 하중을 정확하게 측정할 수 있는 성능을 확인하고, 오차율 $\pm 5\%$ 이하의 기준을 만족하는지 평가
- 방법
 - 30대 이상의 시험 차량을 대상으로 다양한 주행 환경(고속도로, 일반 도로, 비포장 도로 등)에서 자중계 센서의 성능을 검증
- 기술검증 항목
 - 실험을 통해 센서의 내구성과 장기적인 안정성을 검증하여, 상용화 시 발생할 수 있는 문제를 사전에 파악하고 개선

수평성 보정 및 실시간 이동 측위 기술 실증

- 목표
 - 다양한 도로 환경에서 실시간으로 지면 경사를 보정하고, 위치 데이터를 정확하게 연동할 수 있는 기술의 성능을 검증함
 - 실시간 각도 측정 센서와 GPS 기반 이동 측위 기술을 결합하여, 주행 중 발생할 수 있는 하중 변동을 실시간으로 보정하고, 차량의 위치 데이터를 정확하게 수집함
 - 각 주행 환경별로 하중 오차율 5% 이내의 성능을 검증하고, 위치 추적의 정밀도 0.5m 이하를 목표로 실험 진행
- 방법
 - 수집된 데이터를 기반으로 실시간 모니터링 시스템의 안정성을 평가하고, 요한 경우 알고리즘과 하드웨어의 개선점을 도출

자중계 기반 운행 허가 시스템 시범운영

- 목표
 - 자중계 기반의 운행 허가 시스템을 실제 환경에서 운영하여 기술의 신뢰성과 상용화 가능성을 검증함
- 기술검증 항목
 - 유관 공공기관(교통안전공단, 도로관리청 등)과의 협력을 통해, 자중계 시스템을 장착한 차량을 대상으로 시범사업을 운영하고, 실시간 데이터 기반의 운행 허가 시스템을 검증
 - 차량이 허가된 경로를 벗어나거나, 허용된 하중을 초과할 경우 즉각적인 알람이 발생하도록 하여, 불법 운행과 과적을 사전에 방지할 수 있는 시스템의 효율성을 평가
 - 초기 시범운영 결과를 바탕으로, 법적 규제 준수 여부와 기술적 개선사항을 반영하여, 전국적으로 도입할 수 있는 표준화 방안을 마련함

장착 기술의 현장 실증 및 효율성 평가

- 목표
 - 다양한 고중량 차량에 자중계를 안정적으로 장착할 수 있는 기술을 검증하고, 설치 및 유지보수의 용이성을 평가

- 방법
 - 크레인, 로베드 트레일러 등 다양한 차량을 대상으로 자중계를 장착한 후, 주행 환경에서의 성능을 평가하고, 설치된 자중계가 주행 중에도 안정적으로 작동하는지 확인
- 기술검증 항목
 - 설치와 유지보수의 효율성을 평가하여, 장착 비용 절감과 설치 시간 단축 방안을 마련. 이를 통해 대규모 차량군에 자중계를 적용할 때 발생할 수 있는 비용 문제를 해결함

□ 통합 데이터 관리 및 실시간 관제 시스템 실증

- 목표
 - 실시간 데이터를 통합 관리할 수 있는 관제 시스템의 성능을 검증하고, 운행 중 발생하는 위험 요소를 신속하게 감지하고 대응할 수 있는 체계를 구축함
- 방법
 - 실시간 데이터 통합 시스템을 구축하여, 운행 중 자중계 센서와 각도 센서, GPS 등의 데이터를 실시간으로 수집하고 통합하여 관리함
 - 데이터 수집 및 전송의 지연을 최소화하고, 통합 데이터 센터에서 효율적으로 분석하여, 차량의 주행 경로와 하중 상태를 종합적으로 모니터링
 - 정기적인 유지보수 및 시스템 업데이트를 통해, 관제 시스템의 신뢰성과 정확성을 지속적으로 보장하고, 시스템 운영의 효율성을 극대화함

(다) 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통) 센터 검증 및 관리 방안

□ 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증 및 관리 방안

- 목표
 - 화물차 중량관리 플랫폼 기능검증 100%, 중량정보 데이터 공유 및 연동 성공률 100%, 테스트 베드 가상 시나리오 시험 기능 오류 발생률 0.1% 미만
 - 안정적인 데이터 통신을 위하여 네트워크의 대역폭 용량, 네트워크 속도 등을 지속적으로 모니터링하고, 병목 구간 분석, 부하 분산 등을 통해 성능을 개선
 - 화물차 중량관리 플랫폼은 연중 99.9% 이상의 가용성을 확보하여 플랫폼의 안정성을 확보하도록 함
 - 블록체인 기반 신원인증 기술을 활용하여 초당 1,000건 이상의 트랜잭션 처리 속도(TPS)를 달성하는 신원인증/유통 체계 구축과 화물차 중량 데이터의 위변조 시도를 100% 탐지하거나, 위변조 방지 성공률을 100% 달성하는 체계 구축
- 방법
 - 화물차 중량관리 플랫폼 기능검증은 테스트케이스 설계와 테스트 데이터를 준비하여 기능검증을 수행하도록 하며 운영환경에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 예방할 수 있도록 테스트 환경은 유사환경을 구축하여 기능검증을 진행하도록 함
 - 중량정보 데이터 공유 및 연동 성공률을 위해서는 데이터 표준화 및 호환성 확보할 수 있도록 표준데이터 형식을 정의하고 API 연동규격을 준수 할 수 있도록 표준규격을 제공하여 관리하도록 함
 - 테스트베드 가상 시나리오 시험 기능 오류 발생률 검증은 제한된 자원(계측기 연동 수, 화물차 이동량, TG 수 등)에 한계를 극복할 수 있도록 확장된 자원으로 시험할 수 있도록 가상 시나리오(데이터 포함) 를 만들어 시험을 하고 이 시험에 대한 목표 성능을 오류 발생률로 하여 향후 전국으로 확장했을 때 플랫폼의 안전성을 검증하도록 함
 - 플랫폼의 안정성을 위한 가용성은 의도된 기능이 정상적으로 수행하는 시간의 비율. 시스템 장애, 유지보수, 업그레이드 등으로 인한 서비스 중단 시간을 제외한 실제 운영 시간을 기반으로 계산하여 관리하도록 함

- 가용성을 향상하기 위하여 시스템 이중화, 로드밸런싱 및 데이터 백업 및 복구, 보안 강화 및 모니터링할 수 있도록 시스템 구축하여 관리하도록 함
- 개발된 시스템의 TPS를 측정하기 위해 다양한 부하 환경에서 성능 테스트를 수행하며 테스트는 실제 서비스 환경을 모사하여 다양한 사용자 수 및 트랜잭션 유형을 고려 수행

□ 계중장비 정확도 추정 및 중량재검측 면제 알고리즘 검증 및 관리 방안

○ 목표

- 빅데이터 기반 계중장비 정확도 알고리즘이 추정된 교정대상 계중장비 오차범위 $\leq \pm 10\%$
- 중량재검측 면제 대상 선별 정확도 100%
- 개발된 알고리즘을 검증 데이터 셋을 활용하여 성능을 검증하도록 하며 목표 성능인 "오차범위 $\leq \pm 10\%$ "를 만족하는지 확인하도록 함
- 알고리즘 검증 결과를 바탕으로 알고리즘을 개선하고 최적화하여 목표 성능을 달성하도록 개선
- 면제 서비스 알고리즘 시스템 운영 상태 및 데이터 정확성 실시간 모니터링하여 이상 징후 발생 시 원인 분석 및 알고리즘 개선

○ 방법

- 수집된 중량정보데이터에서 오류 데이터, 이상치 등을 제거하고 분석에 적합하도록 데이터를 정제하여 정확도를 향상하도록 수행
- 측정된 화물차 중량정보와 이동경로를 기반으로 중량재검측 면제 대상을 선별하여 화물차가 중량측정소 도착 이전에 화물차와 중량측정소에 면제 대상 정보를 제공할 수 있도록 면제기준 및 면제 대상 선별 기준을 마련하여 관리

6.2. 연구개발 성과물 활용 방안

(가) 자동/무인 화물차 계중시스템 기술 성과물 활용 방안

□ 자동/무인 정적 화물차 계중 시스템 도입

- 민간 계량소 계중시스템 운영에 필요한 인력의 한계로 사업에 제한적인 정적 계중시스템을 새로운 계중시스템으로 전환하여 24시간 무인 자동화 운영체계 실현
- 자동/무인 계중시스템은 다양한 분야에 도입될 수 있음
 - 컨테이너총중량검증제(VGM: Verified Gross Mass) 법적 지원을 위한 계중시스템 보급
 - 건설현장에 사전 계중시스템 운영을 통해 과적검사 재검측 면제 서비스 이용 및 정확한 중량 계측으로 공사자재(흙, 자갈, 모래 등)의 투명한 거래문화 확립이 가능
 - 철근 및 고철 운송업자들이 PWS에서 운송전 사전에 스스로 계중으로 과적 예방의 선순환

□ 자동/무인 동적 화물차 계중 시스템 도입

- 스마트톨링 도입 시 화물차 과적단속 시스템의 대안이 될 수 있으며, 과적단속을 위해 필요한 기술은 다음과 같음
 - 중량정확도 신뢰성 확보 : 기존 과적단속 시스템 대비 동등 이상의 정확도를 확보
 - 무인단속 기능 : 스마트톨링방식의 운영을 위해서 단속원이 상주하지 않고 운영이 가능
 - 자동계중 기능 : 비정상주행 및 돌발상황에 대응이 가능한 자동 계중 시스템 기술 지원필요
 - 원격 유지관리 기능 : 중량 정확도 신뢰성 유지와 고장 및 장애를 신속히 검지 후 대응할 수 있는 원격 유지관리 기술 지원 필요
- 동적 계중시스템은 과적단속을 예방할 수 있는 사전 계중시스템용으로 적합함. 화물차량이 빈번하게 통행하는 지점에 계중시스템(PWS)을 운영하여 사전계중을 통해 과적검문소 및 고속도로 영업소에서 불필요한 과적단속을 면제받을 수 있음

비과적 화물차 선별 기술 도입

- 화물차 적재상태 영상을 분석하여 적재상태별 화물차량을 분리할 수 있는 기술은 다음과 같이 활용할 수 있음
 - 공차 및 소량적재, 규격화된 화물차 등 적재상태를 통해 비과적 화물차량을 판별할 수 있어 별도의 계중절차 없이 과적단속 면제 서비스에 활용 가능
 - 적재상태별 유형을 세분할 경우 적재불량과 같은 위험 화물차량을 선별 단속하는데 활용가능
 - 차량제원정보 연계를 통해 좀 더 정확한 분류가 가능하고 이를 통해 위험화물차량을 선별하여 안전상태 확인 서비스를 운전자에게 제공할 수 있음
- 비과적 화물차량을 선별한다는 것은 고가의 계중시스템 설치비용을 절감할 수 있으며, 또한 이 기술을 응용하여 과적차량을 선별하는 기술로 발전 가능성이 있음

PWS(Public Weighing Station) 시스템

- 과적단속 사전 계중시스템으로 활용 가능
 - 항만 터미널 차로에 설치하여 수출 컨테이너 GVM 정보 검증 시스템으로 활용 가능
 - 수입 컨테이너 사전 계중을 통해 내륙 과적검문소 법적 통과시 중량 재검측 면제 서비스 제공
- 과적단속 시스템으로 활용 가능
 - 화물차량이 빈번하게 출몰하는 불특정 지점에 설치하여 자동/무인 화물차 과적단속장비로 활용
 - 고속도로 톨게이트 및 국도검문소에 과적단속시스템(저속 WIM)을 대체
- 정적 계중기로 활용할 경우 법적계량기로 이용가능하기 때문에 수집된 중량정보를 상업적 목적으로 활용이 가능함
- 자동/무인 정적/동적 화물차 계중시스템으로 다양한 목적으로 해외 시장 진출이 가능함
 - 항공기 좌우 중량 발란스 교정용 저울 활용
 - 민간 계중기 시스템 대체 활용
 - 교량 및 도로 교통량 및 누적하중 모니터링 시스템으로 활용
 - 항만 GVM 서비스

(나) 자중계 시스템 연구개발 성과물 활용 방안

스마트 자중계 기반 자동 운행허가 시스템 도입

- 자중계 시스템을 통해 실시간 하중 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 자동으로 운행허가를 발급하는 시스템을 구축하여 고중량 차량이 운행 시작하기 전에 허가 절차를 빠르고 간편하게 완료할 수 있도록 함
- 자중계 장착 차량에 대해 안전 기준을 충족하는 경우, 별도의 운행허가 없이도 합법적으로 운행이 가능하도록 법적 혜택을 제공하여 차주나 운수업체가 번거로운 허가 절차를 거치지 않고도 편리하게 운행할 수 있게 하여 운송 효율성을 높임
- 유관 공공기관과 협력하여 자중계 기반 자동 운행허가 시스템의 법적 인프라를 마련하고, 이를 공식적인 운행허가 수단으로 인정받을 수 있도록 제도적 지원을 추진하여 자중계 시스템의 신뢰성과 상용화 가능성을 더욱 높임

스마트톨링 시스템과의 연계

- 자중계 시스템을 통해 수집된 실시간 하중 데이터를 스마트톨링 시스템과 연계하여, 무정차 톨링 및 자동화된 통행료 부과 시스템으로 확장하고, 이를 통해 차량의 이동 경로와 하중 데이터를 동시에 관리하여 도로 위의 과적 차량을 실시간으로 단속할 수 있는 통합 솔루션을 구축
- 스마트 자중계 시스템과 스마트톨링의 데이터를 통합 분석할 수 있는 기술을 개발하여, 도로 인프라와의 연계를 강화하고, 이를 통해 스마트 시티와 연계된 차세대 교통 인프라의 일부로서 기능할 수 있도록 함

-
- 스마트톨링 시스템과의 연계를 통해 운송 경로 최적화, 통행료 절감 등 물류 운영의 효율성을 높이고, 전체 물류 체계의 혁신적인 변화를 주도하여 차주와 운수업체에게 직접적인 비용 절감 혜택을 제공하며, 자중계 시스템의 장기적 도입을 촉진할 수 있음

□ 자중계 장착 차량의 법적 안전 기준 및 혜택 제도화

- 자중계 장착 차량이 특정 안전 기준을 충족할 경우, 운행허가 면제 혜택을 부여하여 합법적이고 편리한 운행 환경을 제공하여 고중량 차량 관리업체나 차주들이 합법적으로 운행할 수 있는 기준을 명확히 하고, 과적단속의 효율성을 높임
- 고중량 차량을 운영하는 운수업체, 차주 등과의 협력을 통해, 자중계 시스템의 도입을 촉진하고, 사용자 친화적인 서비스 환경을 마련하여 스마트 자중계 시스템의 시장 수요를 확대하고, 초기 도입 비용을 줄일 수 있는 방안을 모색함
- 자중계 시스템을 기반으로 법적 안전 기준과 관련된 제도적 혜택을 마련하여, 운행 허가 절차를 간소화하고, 불법 과적단속을 효율적으로 수행할 수 있는 법적 기반을 강화함, 이를 통해 운수업체가 더 안전하고 신속하게 운행할 수 있는 환경을 구축

□ 데이터 기반 물류 및 교통 관리 시스템 구축

- 자중계 시스템에서 수집된 실시간 하중 데이터를 바탕으로, 물류 차량의 운행 경로와 상태를 종합적으로 관리하여, 물류 흐름의 효율성을 극대화함. 이를 통해 과적 차량의 이동을 사전에 방지하고, 운송 시간과 비용을 절감할 수 있는 최적의 솔루션을 제공
- 스마트 자중계 시스템을 통합운영센터의 교통관제 시스템과 연계하여, 실시간으로 하중과 위치 정보를 모니터링하고, 도로 혼잡도와 교통사고를 줄일 수 있는 시스템을 구축함. 이를 통해 물류 운영의 전반적인 효율성을 높이고, 교통 안전성을 강화

□ 민간 검사기관 협력을 통한 자중계 시스템 관리 전략

- 자중계 시스템의 정기검사를 민간 검사기관과의 협력을 통해 관리하고, 각 스마트 자중계 제조사의 통신 프로토콜 및 검사장비를 통합하여 정기검사에 포함될 수 있는 체계를 마련함
- 화물차는 6개월마다 정기검사를 받아야 하므로, 자중계 시스템의 정상 작동을 확인할 수 있는 검사항목을 설정하고, 자중계 개발업체와 및 민간 검사기관의 협력을 통해 통신 프로토콜 정리 및 검사장비 개발을 추진함. 장기적으로 자중계 시스템이 정기검사의 평가 항목으로 포함될 수 있도록 제도적 기반을 마련하고, 민간 검사기관의 관리하에 운영될 수 있도록 사업화 방안을 강화함

□ 국내외 시장 진출 및 기술 표준화

- 자중계 기술의 국제 표준화를 추진하여, 국내외 시장에서 자중계 시스템의 신뢰성을 높이고, 해외 진출 가능성을 확대함. 다양한 국가의 교통 인프라와의 호환성을 고려하여, 글로벌 교통 시스템과의 연계를 강화
- 자중계 기반 운행 허가 시스템의 국내 상용화를 통해 시장 점유율을 높이고, 이를 바탕으로 해외 시장으로의 확장을 추진함. 국제 파트너와의 협력을 통해 자중계 시스템의 기술력을 인정받고, 글로벌 교통 솔루션의 주요 구성 요소로 자리 잡는 것을 목표로 함

(다) 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통) 센터 구축 성과물 활용 방안

(1) 성과물 종류 및 활용 방안

- 블록체인 기반 화물차 중량 계측정보 통합운영(유통)센터 구축 성과물은 크게 5개 분야에서 활용 가능함

(2) 성과물 활용 방안

□ 블록체인 기반 데이터 암호화 인증/유통체계 기술 활용

- 블록체인 기반 데이터 암호화 인증/유통 체계 기술은 블록체인 기반 플랫폼을 통해 중량 데이터를 관련 기관(정부, 운송업체, 운전자 등)과 안전하고 효율적인 데이터 공유를 통하여 중량 데이터 유통 프로세스를 간소화하고, 정보 접근성을 향상시켜 중량 데이터의 유통 활성화에 활용할 수 있음
- 향후 과적차량의 과적유무에 대하여 블록체인 기반 시스템에서 발급된 중량 증명서는 위변조가 불가능하고 실시간 검증이 가능하여 불필요한 행정 절차를 줄이는 데 활용할 수 있음

□ 블록체인 기반 화물차 중량관리 통합운영센터 플랫폼 구축 기술

- 블록체인에 저장된 신뢰도 높은 중량 데이터는 화물차 교통량 분석, 도로 구간별 누적하중 분포, 도로포장 유지보수 계획 수립 등 다양한 서비스 개발 및 정책 수립에 활용될 수 있음
- 실시간 중량 정보 모니터링, 과적 발생 위험 지역 예측과 데이터 기반 단속으로 과적관리 및 예방에 효율적으로 활용할 수 있음
- 화물차 중량 데이터와 도로 상태 정보를 연계 분석하여 도로 파손 가능성을 예측하고 도로 파손 위험도를 기반으로 유지보수 우선순위 결정으로 효율적인 정책결정, 예산 배분 및 관리에 활용할 수 있음
- 화물차 중량 통합 DB 기반에 의거 다수의 과적의심 차량이 출현 예상되는 월별, 요일별 시간대별 자료 예측하여, 이동 과적단속반 업무 스케줄 결정하는데 활용하면, 과적차량이 주로 선택하는 경로를 선정하여 이동식 과적단속 업무의 효율 극대화하는 데 활용할 수 있음

□ 빅데이터 기반 계중장비 정확도 추정 알고리즘 기술 활용

- 현재 과적단속을 위한 도로관리기관의 중량 계중장치인 저속/고속 WIM(축중기)의 경우 계측 지점별로 독립 운영중이며, 과적단속장비별 기기/사용 오차로 인해 동일 차량, 동일 화물을 적재한 차량임에 불구하고 과적검문소 마다 상이한 계중값으로 운전자로부터 단속장비의 신뢰성에 대해서 의심을 받게 되고 불만과 민원의 원인이 되고 있음. 이를 위한 솔루션으로 과적검문소의 단속장비들을 운영센터에 연계하여 계중자료를 통합/관리한다면 단속장비간 편차를 실시간 확인하여 장비의 비정상적인 계중오차를 파악, 원격 재교정을 실시하여 단속장비의 신뢰성 확보

□ 중량재검측 면제서비스 알고리즘 기술 활용

- 비과적 화물차량을 사전 선별하여 의무적인 과적검가 없이 일반차로를 이용한다면 과적단속 및 화물차 교통흐름의 효율성이 증대함
- PWS에서 사전 계중한 화물차량이 과적이 아닌 경우 해당 차량에 대해서 과적검문소 프리패스 즉, 중량 재검측을 면제 할 수 있도록 활용
- 과적검문소 근무자, 이동단속반에 사전 중량 재검측 면제대상 화물차 정보를 공유하여 불필요한 과적단속 업무를 하지 않으므로 업무 효율성 증대

□ 블록체인 기반 화물차 중량관리 플랫폼 검증기술

- 화물차 과적단속은 이동식 또는 고정식 축중기를 통해 이루어지고 있으나 단속장비간 측정 편 차에 대한 논란이 존재하며, 민간 계량소의 경우 계량증명서를 위변조하여 유통시킨 사례가 있음. 이러한 측정편차 및 위변조 여부를 운영센터 플랫폼에서 검증함으로써 단속의 효율성을 높이고 투명성을 확보할 수 있음. 또한 신뢰성 있는 화물차 중량 데이터는 다양한 분야에서 활용이 가능함. 예로, 물류 회사는 최적화된 운송 경로 설정, 보험 회사는 사고 위험 평가, 연구기관은 교통정책 수립 등에 활용할 수 있음

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국가교통연구기획 사업 “스마트 화물차 중량관리 지원기술 개발 기획” 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국가교통연구기획 사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.