

최종보고서(일반과제용)							보안등급					
							일반[✓], 보안[]					
중앙행정기관명	국토교통부			사업명	사업명		국토교통기술촉진연구사업					
전문기관명	국토교통과학기술진흥원				내역사업명		글로벌 기술협력					
공고번호	공고-제2019-03호			총괄연구개발 식별번호		-						
				연구개발과제번호		21CTAP-C151793-03						
국가과학기술 표준분류	EI0504	70%	EI0503	10%	EI0103	10%						
총괄연구개발명	국문	-										
	영문	-										
연구개발과제명	국문	중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발										
	영문	Development of High-Performance High Speed-WIM for Automatic Tolling Service of Freight Trucks in Central Asia										
주관연구기관	기관명	(주)유디엔에스			사업자등록번호		380-86-00555					
	주소	(우)16976 경기도 용인시 기흥구 기 흥로 58-1 A동 1513, 1514호			법인등록번호		134111-0441620					
주관연구책임자	성명		김종우		직위		CTO					
	연락처	직장전화		031-546-3855		휴대전화		010-5234-4830				
		전자우편		roadload2014@gmail.co m		국가연구자번호		1083 0665				
연구개발기간	전체	2019. 04. 05 - 2021. 12. 31 (2년 9개월)										
	1년차	2020. 04. 05 - 2019. 12. 31 (0년 9개월)										
	2년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31 (1년 0개월)										
	3년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31 (1년 0개월)										
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 자정단체 기타()				합계		연구개발비 외 지원금		
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계	
	총계	550,000	18,500	166,500	-	-	-	-	568,500	166,500	797,865	-
	1년차	146,000	4,900	44,100	-	-	-	-	150,900	44,100	212,145	-
	2년차	244,000	8,200	73,800	-	-	-	-	252,200	73,800	348,860	-
	3년차	160,000	5,400	48,600	-	-	-	-	165,400	48,600	236,860	-
공동연구기관 등	기관명	책임자		직위	휴대전화	전자우편		비고				
								역할				
								기관유형				
공동연구기관	NURIS	Zhanay Sagintayev	Professor	+77025572038	zhanay.sagintayev @nu.edu.kz		공동		대학			
위탁연구기관												
연구기관외 기관												
연구개발담당자 실무담당자	성명		정영우		직위		차장					
	연락처	직장전화		070-4896-4323		휴대전화		010-7484-0492				
		전자우편		udnsk@udnsk.com		국가연구자번호		1114 7106				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 02 월 04 일

주관연구책임자 :

김 종 우 (직인)

주관연구기관의 장 :

(주)유디엔에스

김 성 일 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		국토교통기술촉진연구사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명		글로벌 기술협력			연구개발과제번호		21CTAP-C151793-03	
국가과학기술 표준분류		EI0504	70%	EI0503	10%	EI0103	10%	
총괄연구개발명		-						
연구개발과제명		중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발						
전체 연구개발기간		2019. 04. 05 - 2021. 12. 31 (2년 9개월)						
총 연구개발비		총 797,865천원 (정부지원연구개발비 : 550,000천원, 기관부담연구개발비 : 247,865천원, 지방자치단체 : 0천원, 그 외 지원금 : 0천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형		지정공모 [☒] 자유공모 []						
연구개발과제 특성		실용화						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발					
	전체 내용		화물의 중량별 차등 요금제 도입을 위한 무인/무정차 고속 주행중 차량중량 측정시스템(HS-WIM)의 중앙아시아 시장개척을 위한 기술 현지화/고도화 및 합작회사 기반 구축					
	1년차	목표	■ 현지 시장 및 제도 분석 ■ 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발 ■ 국내 인증 시험					
		내용	▪ WIM 기술수준 및 시장분석 ▪ 유료도로 관리제도 분석 ▪ 현지 HS-WIM 기술기준 분석 ▪ 현지 운행 차량종류 및 운행형태 분석 ▪ 극저온용 특수 로드셀 개발 ▪ 극저온환경 능동형 온도제어 기술 개발 ▪ 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 ▪ 광폭덕트형 배수시스템 설계 ▪ 국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험					
	2년차	목표	■ 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발 ■ 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공 및 유지관리 기법 개발 ■ 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축					
		내용	▪ 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 ▪ 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계 ▪ 13종 차종분류 알고리즘 구현 ▪ 현지 인프라(위성통신 등) 연계 모듈 개발 ▪ 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동 ▪ 보조기층 치환 신규 공법 적용 평가- ▪ 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발- 언어 변경 UI 디자인 및 웹 퍼블리싱 ▪ 현지 합작 회사 설립 ▪ 현지 테스트베드 구축					
	3년차	목표	■ 원격지 유지관리 기법 개발 ■ 국제인증 및 사업화 준비					
		내용	▪ 동결융해 손상에 대한 보수재 평가 ▪ 원격접속 유지관리 솔루션 개발					

			▪ 모바일 알람 연계 솔루션 개발 ▪ 국외 실외 인증, OIML R 076-1-2011 국제 기준 성능 평가 주행 시험 ▪ 카자흐스탄 정부 조달 제품 등록 ▪ 정부 시범 사업 수행											
연구개발성과			■ 극저온 안정성이 확보된 중량측정 센서 플랫폼 ■ 고유진동 회피형 고정밀 중량환산 알고리즘 구현 ■ 23개국 차량 번호인식엔진 및 전/후방 촬영 솔루션 연계 ■ 13종 차종분류 및 카자흐스탄 정부 통신망 연계 ■ 치환형 공법 적용 및 원격지 유지관리 기법 개발 ■ 카자흐스탄에서 테스트 베드 구축 및 현지 공인성능인증 및 시범사업											
연구개발성과 활용방안 및 기대효과			▪ 중앙아시아 시장진출용 고정밀 HS-WIM 판매 ▪ 국내 무인과적단속장비로의 활용 ▪ 고정밀, 고내구성 HS-WIM 시스템의 국산화로 수입 대체 효과 ▪ 신규 HS-WIM 시스템 응용분야의 해외시장 개척 및 선점											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유			해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수			논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
										생명 정보	생물 자원		정보	실물
			2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황			구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
국문핵심어 (5개 이내)			고속차량 중량측정시스템		온도안정성		중량보정알고리즘		성능인증		해외시장 진출			
영문핵심어 (5개 이내)			High-speed WIM		Thermal stability		Weight calibrating algorithm		Performance certification		Pioneering overseas market			

< 제 목 차 례 >

1. 연구개발과제의 개요	1
1-1. 연구개발과제의 최종 목표	1
1-2. 연구개발과제의 년차별 목표	1
1-3. 정량적 연구성과 목표	5
1-4. 연구목표 및 평가기준	6
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	7
2-1. 연구개발 추진전략·방법	7
2-2. 연구개발 추진체계	8
2-3. 추진일정	8
2-4. 추진배경	9
가. 국제공동 연구	9
나. 성공 가능성	10
2-5. 수행연구 내용	11
가. 현지 시장 및 제도 분석	11
나. 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발	21
다. 국내 공인인증 시험	30
라. 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발	33
마. 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공관리 기법 개발	66
바. 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축	77
사. 원격지 유지관리 기법 개발	82
아. 국제인증 및 사업화 준비	92
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	120
가. 연구수행 결과	120
나. 목표 달성 수준	128
4. 목표 미달 시 원인분석	128
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	129
가. 과학·기술적 측면	129
나. 경제적 효과	129
다. 사회적 효과	129
6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획	130
가. 미래 원천기술 확보 및 활용 방안	130
나. 연구개발 성과의 확산	130
다. 기대효과	130

< 표 차례 >

[표 1] 현재 기술 수준과 최종 성과물 비교	2
[표 2] 정량적 연구성과 목표	5
[표 3] 연구목표 및 평가기준	6
[표 4] 카자흐스탄 도로 종류 및 길이	11
[표 5] 도로의 기술별 분류	13
[표 6] 도로의 횡단면 및 구조의 사양	13
[표 7] 카자흐스탄 과적 차량의 벌금 체계	15
[표 8] 카자흐스탄 운영 중인 고정식 과적 검문소	16
[표 9] HS-WIM 시스템 설치 현황	17
[표 10] 카테고리 별 차량 분류	19
[표 11] 차량의 허가제원	19
[표 12] 차량의 허가중량	19
[표 13] 카자흐스탄 중량측정 허용 오차율	20
[표 14] 극저온용 특수 로드셀 특성	21
[표 15] 극저온용 특수 로드셀 CAE 분석	22
[표 16] 기존 및 신규 플레이트 재질 비교 물성 및 물성 시험 결과	24
[표 17] 온도별 재하시험 결과 데이터	31
[표 18] 고속충돌기 주요 센서 타입에 대한 비교	33
[표 19] 알고리즘별 중량오차 분석결과	37
[표 20] 실차 주행시험 개요	38
[표 21] 시험 일정	39
[표 22] 시험 동원 차량종류 및 수량	39
[표 23] 시험차량 - 1단위	40
[표 24] 시험차량 - 2단위	40
[표 25] 기준중량 - 1단위 차량	41
[표 26] 기준중량 - 2단위 차량	42
[표 27] 중량정확도 평가기준	43
[표 28] 회피주행 검지율 평가기준	43
[표 29] 주행시험 횟수 요약	44
[표 30] 주행시험 센서 통과 시간 - 1단위 차량	44
[표 31] 주행시험 센서 통과 시간 - 2단위 차량	45
[표 32] 중량정확도 분석결과 세부 - 하행(스트립타입)	46
[표 33] 중량정확도 분석결과 세부 - 상행(매트타입, 융합형 알고리즘 적용)	46
[표 34] 중량정확도 결과요약	47
[표 35] 중량정확도 평가결과	47
[표 36] 중량정확도 등급 평가결과	47
[표 37] AVI용 아이디 트리거 커넥터 연결(RS232)	52

[표 38] AVI용 아이디 트리거 커넥터 연결(DI0)	52
[표 39] AVI용 RS232 통신 설정	52
[표 40] AVI용 RS232 송신 내용	52
[표 41] AVI용 아이디 트리거 RS232 송신	53
[표 42] AVI 송신 이미지의 FTP 로그인 정보	54
[표 43] AVI 송신 이미지의 FTP 프로토콜 규격	54
[표 44] 번호인식결과 파일명 예시	55
[표 45] 상태정보응답 예시	55
[표 46] EUR 13 기준 차종분류	56
[표 47] EUR 13 기준 차종분류 제원조사결과	57
[표 48] 미들웨어 1,2차선 수신데이터 로그 메시지 예시	62
[표 49] 미들웨어 1,2차선 수신데이터 로그 메시지 예시	63
[표 50] 교통위원회 정부서버 연계 xsd 타입 프로토콜	64
[표 51] 시공 기면과 포장층에 대한 표면오차 기준 비교	68
[표 52] 보조기층 재료비교	69
[표 53] 콘크리트용 재료비교	69
[표 54] 콘크리트용 재료비교	70
[표 55] 카자흐스탄의 도로 설계 등급 기준 (SNiP 2.05.02-85)	70
[표 56] 국내 도로 설계 등급 기준 (KDS 44 10 00)	71
[표 57] WIM 시공을 위한 포장 특성 조건	72
[표 58] 블록아웃 공법	73
[표 59] 테스트베드 구축 결과	79
[표 60] SCI 논문 게재	84
[표 61] 논문 발표	84
[표 62] 유지관리 동작알람 코드 및 조건	85
[표 63] 현장모사 시뮬레이션 시험장소	86
[표 64] 시험결과 - 제어기 무응답	87
[표 65] 시험결과 - 센서값 이상	87
[표 66] 정확도 등급	92
[표 67] 시험 방법	94
[표 68] 시험차량 - 3축 1단위	94
[표 69] 시험차량 - 4축 1단위	94
[표 70] 시험차량 - 5축 2단위	95
[표 71] 시험 방법	95
[표 72] 중량정확도 시험결과	96
[표 73] 성능평가 시험결과	96
[표 74] 3축 1단위 차량 측정결과 - 정상주행	100
[표 75] 4축 1단위 차량 측정결과 - 정상주행	101
[표 76] 5축 2단위 차량 측정결과 - 정상주행	102

[표 77] 4축 1단위 차량 측정결과 - 회피주행	103
[표 78] 테스트베드 현황	105
[표 79] 카자흐스탄 국영방송국 뉴스 Khabar24 보도내용	105
[표 80] 시스템 구성	110
[표 81] 정인식예시	110
[표 82] 오인식예시	110
[표 83] 시스템 구성	111
[표 84] 정인식예시	111
[표 85] 오인식예시	111
[표 86] 연구개발 성과 확산	130

< 그림 차례 >

[그림 1] 연구개발 개요	1
[그림 2] 연차별 연구 개발 목표 및 내용	1
[그림 3] 세부 목표별 연구 내용	2
[그림 4] 연구개발 추진 흐름도	7
[그림 5] 추진전략의 창의성	7
[그림 6] 사업화대상기술 검토를 위한 카자흐스탄 교통위원회의 국내 방문 협의	10
[그림 7] 교통위원회와 현지 에이전트 업체와의 제품 구매 관련 수신 공문	10
[그림 8] 국제공동연구 추진배경	10
[그림 9] 합작 회사 설립 예정	10
[그림 10] Nazarbayev University	11
[그림 11] 중국-중앙아시아-유럽 물류 네트워크	12
[그림 12] 카자흐스탄의 톨게이트 및 도로운송 현황	12
[그림 13] NACE “도로운송 및 운송서비스”에 등록된	12
[그림 14] 2017 년 지역별 총 트럭 수의 분포비율	12
[그림 15] 도로화물 수송에 의한 화물량 및 화물 회전율	12
[그림 16] 카자흐스탄의 도로를 통한 화물 운송 시장의 용량 예측	12
[그림 17] 카자흐스탄의 과적단속 검문소 및 이동단속 현장	14
[그림 18] 카자흐스탄의 현지 회의 참석 및 협력 컨소시엄 구성	15
[그림 19] 현지 번호인식장비 업체(ASKOM SERVICE)와의 현지상호합작투자를 위한 양해각서 체결	16
[그림 20] 카자흐스탄에 설치된 경쟁사 제품 현황	17
[그림 21] Kistler社의 Lineas Quartz Sensor	18
[그림 22] 카자흐스탄 국가 조달등록 절차	20
[그림 23] 셉트 교정 및 도선저항 보정 기법 적용	22
[그림 24] 능동형 온도 제어 히팅 케이블	23
[그림 25] 능동형 온도제어 히터가 적용된 옥외함체	23
[그림 26] 경량 고강성 복합수지 플레이트 적용	24
[그림 27] 설계 변경된 센서플랫폼 및 설치시공도	25
[그림 28] 설계 변경된 센서플랫폼 설계 도면	25
[그림 29] 설계 변경된 센서플랫폼 렌더링 결과	26
[그림 30] 중량측정 센서플랫폼 시제품	26
[그림 31] 해석 하중 조건	27
[그림 32] 매쉬 모델	27
[그림 33] 해석 결과: Unit load-1(최대 부모멘트 발생 예상위치)	28
[그림 34] 해석 결과: Unit load-2(최대 전단 발생 예상위치)	28
[그림 35] 해석 결과: Unit load-3(최대 정모멘트 발생 예상위치)	28
[그림 36] 크로스빔 추가 해석 결과: 변위와 응력	29
[그림 37] 크로스빔 추가 해석 결과: 볼트접합부 피로집중부위	29

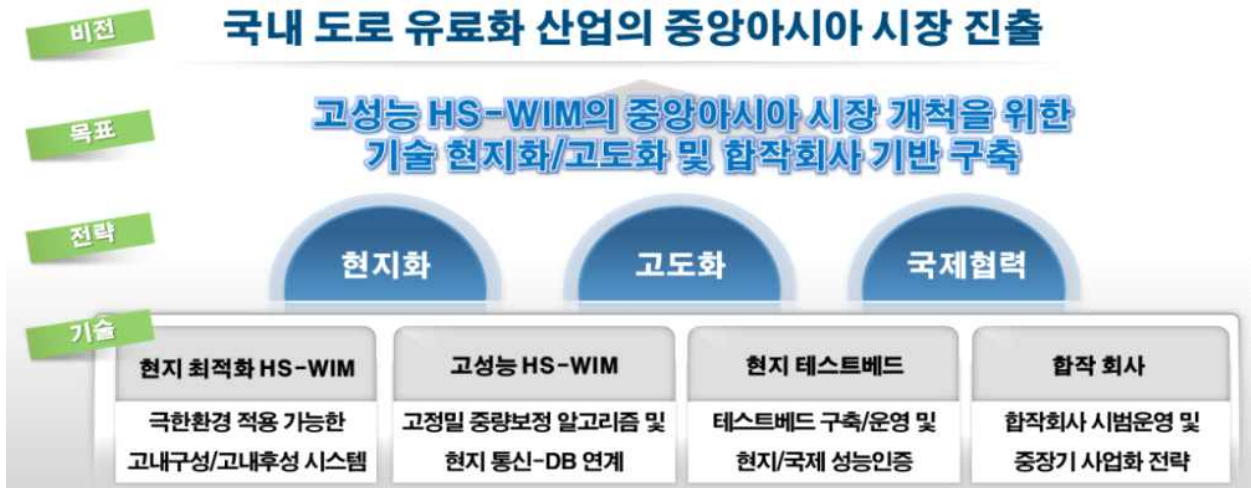
[그림 38] 광폭 덕트형 배수 시스템 설계	30
[그림 39] 한국건설생활환경시험연구원 로드셀 성능평가 수행절차	31
[그림 40] 로드셀 온도별 재하시험 결과 그래프	32
[그림 41] 한국건설생활환경시험연구원 공인성적서 발급	32
[그림 42] 스트립타입 WIM 센서와 적분형 중량환산 알고리즘	34
[그림 43] 매트타입 WIM 센서와 침투형 중량환산 알고리즘	34
[그림 44] 개선된 적분형 중량환산 알고리즘	35
[그림 45] 개선된 침투형 중량환산 알고리즘	36
[그림 46] 매트타입 센서용 융합형 중량환산 알고리즘	37
[그림 47] 중량환산 알고리즘별 총중량 측정 정확도 비교	38
[그림 48] 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	48
[그림 49] 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	48
[그림 50] 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	48
[그림 51] 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	48
[그림 52] 하행 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	48
[그림 53] 하행 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	48
[그림 54] 하행 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	49
[그림 55] 하행 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	49
[그림 56] 상행 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	49
[그림 57] 상행 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	49
[그림 58] 상행 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선	49
[그림 59] 상행 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선	49
[그림 60] 현지 번호판 인식엔진 인식결과 예시	50
[그림 61] 현지 번호판 인식엔진 인증서 및 촬영 이미지 예	50
[그림 62] 현지 AVI 시스템 연계 프로세스	51
[그림 63] 현지 AVI 시스템 연계 인터페이스	52
[그림 64] AVI 트리거 송신 딜레이	53
[그림 65] AVI 아이디 송신 딜레이	53
[그림 66] AVI 트리거 송신 딜레이에 따른 속도별 주행거리	53
[그림 67] 현지 번호판 촬영솔루션 연계 구축 모습	55
[그림 68] 현지 13종 차종분류 (※출처: 카자흐스탄 투자개발부 교통위원회)	56
[그림 69] 현지 13종 차종분류 알고리즘(안)	58
[그림 70] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 현황	59
[그림 71] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 변경안1 - 개별 VLAN	60
[그림 72] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 변경안2 - 통합 VLAN	60
[그림 73] 현지 연동형 미들웨어 화면 예시	63
[그림 74] 동작흐름 다이어그램	63
[그림 75] 카자흐스탄 현지 도로현황	66
[그림 76] 카자흐스탄 현지 주요 과적차량 예시	67

[그림 77] 카자흐스탄 주요 도시별 온도 및 강우량	67
[그림 78] 아스타나의 온도 및 강우량	68
[그림 79] 아스타나의 낮과 밤의 온도범위	68
[그림 80] 카자흐스탄과 AASHTO의 기층 및 보조기층 기준 비교	69
[그림 81] 카자흐스탄과 AASHTO의 아스팔트용 골재 입도분포를 비교	69
[그림 82] 카자흐스탄과 대한민국의 포장설계 단면 비교	71
[그림 83] 카자흐스탄 현지 도로파손 현황	72
[그림 84] 블록아웃 공법 예시	73
[그림 85] 부분치환 공법 예시	73
[그림 86] 신규 블록아웃 공법 절차 요약	74
[그림 87] 신규 부분치환 공법 절차 요약	75
[그림 88] 교통위원회에서 기 운영중인 웹 플랫폼 화면 예시	76
[그림 89] 사용자 소프트웨어와 클라우드 서버 연계 다이어그램	76
[그림 90] 로그인 화면 예시	77
[그림 91] 현장상태 화면 예시	77
[그림 92] 이력조회화면 예시	77
[그림 93] 상세조회화면 예시	77
[그림 94] 통계화면 예시 - 시간별	77
[그림 95] 통계화면 예시 - 총중량별	77
[그림 96] 카자흐스탄 인증센터 실내시험	78
[그림 97] 테스트베드 시공 도면	79
[그림 98] 테스트베드 시공 절차 요약	80
[그림 99] 테스트베드 현장모습	81
[그림 100] 합작회사 설립	82
[그림 101] BASF社 MasterFlow 928 물성치	83
[그림 102] MasterFlow 928 시공사진 예	83
[그림 103] 혹한기에 의한 동결융해 손상 및 보수부 확인	83
[그림 104] 원격지PC 관리 및 제어툴 적용	85
[그림 105] 서버 이벤트 로그 - 제어기 무응답	86
[그림 106] 휴대폰 알람수신 - 제어기 무응답	86
[그림 107] 서버 이벤트 로그 - 센서값 이상	87
[그림 108] 휴대폰 알람수신 - 센서값 이상	87
[그림 109] JRP-WIM 스마트폰 앱 설치 사용자수	91
[그림 110] JRP-WIM 스마트폰 앱 설치기기	91
[그림 111] 성능평가 시험결과 - 총중량 오차율(속도별)	97
[그림 112] 성능평가 시험결과 - 총중량 오차율(시간별)	97
[그림 113] 성능평가 시험결과 - 3축 1단위 차량	98
[그림 114] 성능평가 시험결과 - 4축 1단위 차량	98
[그림 115] 성능평가 시험결과 - 5축 2단위 차량	99

[그림 116] 현지정부 조달등록증(카자흐어)	104
[그림 117] 현지정부 조달등록증(러시아어)	104
[그림 118] 정부 인증서 OIML R076-1-2011	104
[그림 119] 운영온도 측정 포인트	107
[그림 120] 외기온도 일일 최저/최고온도 분포	107
[그림 121] 최저 외기온도와 센서 플랫폼 내부온도 분포	108
[그림 122] 최저 외기온도와 제어기 내부온도 분포	108
[그림 123] 누적교통량 및 일일교통량	109
[그림 124] 통과차량 차종별 누적종량	109
[그림 125] 전체차량 월별 통행량(차종분류)	112
[그림 126] 전체차량 월별 통행량(총종량분류)	112
[그림 127] 과적함의차량 월별 통행량	113
[그림 128] 전체차량 시간별 통행량(차종분류)	113
[그림 129] 전체차량 시간별 통행량(총종량분류)	114
[그림 130] 과적함의차량 시간별 통행량	114
[그림 131] 전체차량 차종별 통행량(총종량분류)	115
[그림 132] 과적함의차량 차종별 통행량	115
[그림 133] 전체차량 차종별 통행량(차종분류)	116
[그림 134] 과적함의차량 총종량별 통행량	116
[그림 135] 전체차량 속도별 통행량(차종분류)	117
[그림 136] 전체차량 속도별 통행량(총종량분류)	117
[그림 137] 과적함의차량 속도별 통행량	118
[그림 138] 전체차량 주행패턴별 통행량(차종분류)	118
[그림 139] 전체차량 주행패턴별 통행량(총종량분류)	119
[그림 140] 과적함의차량 주행패턴별 통행량	119
[그림 141] 미래 원천 기술 확보와 신산업 창출	130
[그림 142] 러시아 및 중앙아시아 시장 진입 방안	131
[그림 143] 광고 및 홍보전략	131
[그림 144] 고성능 HS-WIM 연구성과의 기대효과	134

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발과제의 최종 목표



[그림 1] 연구개발 개요

- 고성능 HS-WIM의 중앙아시아 시장개척을 위한 기술 현지화/고도화 및 합작회사 기반 구축
- 기술개발 최종목표는 “고성능 HS-WIM의 중앙아시아 시장 개척을 위한 기술 현지화/고도화 및 합작회사 기반 구축”이므로, 중앙아시아 현지조건은 국내 상황과 기후, 성능인증기준 및 통신 및 운영환경이 상이하기 때문에 현지 환경에서 정확성, 내구성을 확보할 수 있는 기술개발이 필수적임
- 본 연구진의 기술은 카자흐스탄 정부로부터 기술력을 인정받아 현지 적용의사를 확인하였으므로, 현지 운영환경 최적화 기술 개발 및 성능 공식인증을 통한 현지 상용화 및 시장진출 성공에 중점을 둠
- 이를 위하여, 아래 표와 같이 설정한 최종 목표 및 4가지 세부 목표 달성을 위한 기술적 분야와 제도적 분야를 구분하여 국제공동연구를 수행하고자 함

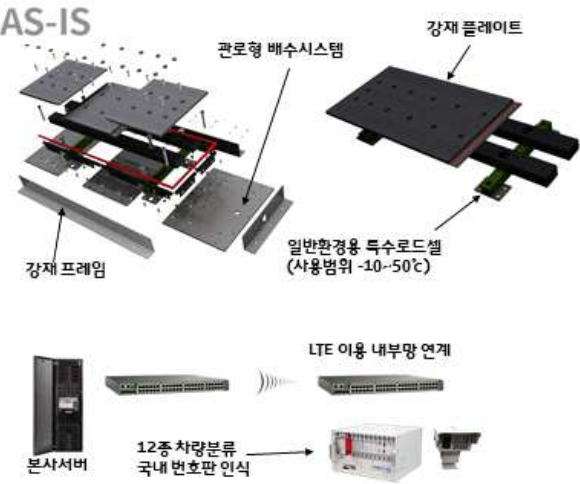
1-2. 연구개발과제의 년차별 목표



[그림 2] 연차별 연구 개발 목표 및 내용

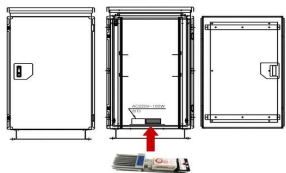
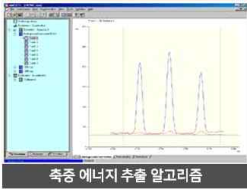
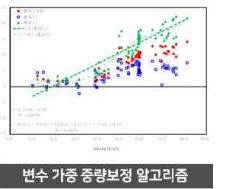
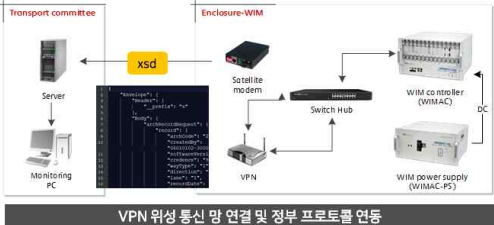
- 국내 고성능 HS-WIM 시스템의 중앙아시아 진출을 위하여 총 3년 동안
 - 1) 중앙아시아 현지 환경 적응을 위한 HS-WIM 시스템의 현지화,
 - 2) 축중 계측 정밀도 향상을 위한 HS-WIM 시스템의 고도화,
 - 3) 신시장 개척을 위한 합작회사 설립기반 및 기술 협력체계 구축에 대한 연구를 수행함
- 총 3년의 연구기간을 1차년도 도입/현지화, 2차년도 시장진출, 3차년도 사업화단계로 구분하고 각 단계별 주요 연구내용은 아래의 그림 및 표와 같음

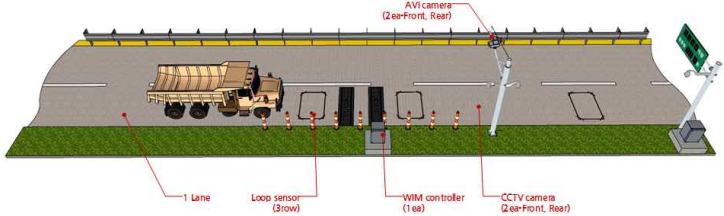
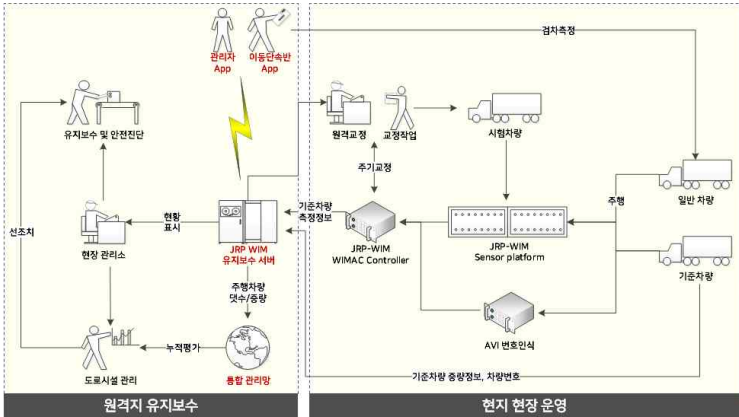
[표 1] 현재 기술 수준과 최종 성과물 비교

현재 기술 수준	최종 성과물 예시
AS-IS 	TO-BE 
극저온환경용 센서 플랫폼  • 확장형 배수덕트 설계 • 내장형 히팅시스템 설계 • 온도변형 최소화 재료 검토 • 극저온 센서 안정성 평가 • 극저온 제어기 안정성 평가	맞춤형 알고리즘 및 운영시스템  • 현지형 차량 분류 알고리즘 • 맞춤형 고정밀 알고리즘 구축 • 현지 위성통신 연계모듈 개발 • 정부 관리시스템 연계 • 현지 번호판 인식 장비 연계
시공 및 유지관리  • 현지 포장구조, 시공장비 조사 • 동절용 채움재 선정 • 노면 평탄화공법 구축 • 원격 시스템 관리 기법 구축 • 시공/유지관리 매뉴얼 작성	시험시공 및 성능인증  • 국내 극저온 환경 챔버 시험 • 현지 시험시공 • 현지 실내외 성능인증시험 • 계절별 발기 시험운영 • 정기적 정확도 평가 및 교정

[그림 3] 세부 목표별 연구 내용

연차	연구목표	개발 내용 및 범위
1차년도 (시장도입/ 고도화)	■ 현지 시장 및 제도 분석	■ WIM 기술 수준 및 시장 분석 ■ 유료도로 관리 제도 분석 ■ 현지 운행 차량 종류 및 운행 형태 분석 - 현지 포장거동 특성 파악 - 주요 운행 차량 및 과적 분포 분석
	■ 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발	■ 극저온용 특수 로드셀 개발 - 광대역 온도 보상 기술 적용 - 고내구성 스트레인게이지 및 부착물딩 기술 적용 ■ 극저온 환경 능동형 온도 제어 기술 개발 - 히팅케이블 내장형 피트프레임 설계 변경 - 능동형 온도 제어 기술 적용

연차	연구목표	개발 내용 및 범위																																																																																																
		 ① Bus wire ② Silicone insulation ③ Conductor ④ Glass fiber braid ⑤ Outer jacket (Silicone rubber) ⑥ Tinned copper braid - C (Option) ⑦ Covering outer sheath (Silicone) - CR (Option)  ■ 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 - 엔지니어링 플라스틱 물성 조사 및 적용 ■ 광폭 덕트형 배수 시스템 설계																																																																																																
	■ 국내 인증 시험	■ 국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험 - 국내 실내 환경 챔버의 센서의 무부하 출력 안정성 확인 - 온도별 하중 재하 시험을 통한 센서의 출력 선형성 확인																																																																																																
2차년도 (시장진출/ 현지화)	■ 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발	■ 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 - 카자흐스탄 주행중 차량의 고유진동수에 따른 필터링 기법 적용 - 측정 신호의 포장상태 영향 최소화 품질 개선 기법 개발 - 노후포장, 연결차량을 고려한 변수가중 통계기법의 중량보정 알고리즘 구축    고유진동수 FFT 분석 필터링 측정 에너지 추출 알고리즘 변수 가중 중량보정 알고리즘 ■ 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계 - 전/후면 촬영 RS232 트리거 송신 모듈 개발 - 고속측중계와 번호인식카메라가 연계된 테스트베드 구축 - 다국적 차량 번호인식 인식율 및 딜레이 분석   23개국 번호판 인식 엔진 카메라 촬영 트리거 제어 및 연계 솔루션 ■ 13종 차종분류 알고리즘 구현 - 카자흐스탄 차종 분류표 분석 - 차종 분류 알고리즘 고안 및 구현 <table><tr><th>차종</th><th>구분</th><th>차종</th><th>구분</th></tr><tr><td>승용차</td><td>1</td><td>승용차</td><td>1</td></tr><tr><td>승용차</td><td>2</td><td>승용차</td><td>2</td></tr><tr><td>승용차</td><td>3</td><td>승용차</td><td>3</td></tr><tr><td>승용차</td><td>4</td><td>승용차</td><td>4</td></tr><tr><td>승용차</td><td>5</td><td>승용차</td><td>5</td></tr><tr><td>승용차</td><td>6</td><td>승용차</td><td>6</td></tr><tr><td>승용차</td><td>7</td><td>승용차</td><td>7</td></tr><tr><td>승용차</td><td>8</td><td>승용차</td><td>8</td></tr><tr><td>승용차</td><td>9</td><td>승용차</td><td>9</td></tr><tr><td>승용차</td><td>10</td><td>승용차</td><td>10</td></tr><tr><td>승용차</td><td>11</td><td>승용차</td><td>11</td></tr><tr><td>승용차</td><td>12</td><td>승용차</td><td>12</td></tr><tr><td>승용차</td><td>13</td><td>승용차</td><td>13</td></tr><tr><td>승용차</td><td>14</td><td>승용차</td><td>14</td></tr><tr><td>승용차</td><td>15</td><td>승용차</td><td>15</td></tr><tr><td>승용차</td><td>16</td><td>승용차</td><td>16</td></tr><tr><td>승용차</td><td>17</td><td>승용차</td><td>17</td></tr><tr><td>승용차</td><td>18</td><td>승용차</td><td>18</td></tr><tr><td>승용차</td><td>19</td><td>승용차</td><td>19</td></tr><tr><td>승용차</td><td>20</td><td>승용차</td><td>20</td></tr><tr><td>승용차</td><td>21</td><td>승용차</td><td>21</td></tr><tr><td>승용차</td><td>22</td><td>승용차</td><td>22</td></tr><tr><td>승용차</td><td>23</td><td>승용차</td><td>23</td></tr></table>  13종차종 분류를 위한 차량 제원표 13종차종 분류 알고리즘 ■ 현지 인프라(위성통신 등) 연계 모듈 개발 - 카자흐스탄 도로환경 및 통신인프라를 고려한 통신모듈 조사 및 연동 ■ 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동 - 현지 데이터 관리시스템 및 DB 분석 - 정부 프로토콜 연동용 미들웨어 개발 - 교통 위원회 VPN 망 연계를 위한 시스템 구성 변경   정부 서버 간 위성 통신 점시 VPN 위성 통신 망 연결 및 정부 프로토콜 연동	차종	구분	차종	구분	승용차	1	승용차	1	승용차	2	승용차	2	승용차	3	승용차	3	승용차	4	승용차	4	승용차	5	승용차	5	승용차	6	승용차	6	승용차	7	승용차	7	승용차	8	승용차	8	승용차	9	승용차	9	승용차	10	승용차	10	승용차	11	승용차	11	승용차	12	승용차	12	승용차	13	승용차	13	승용차	14	승용차	14	승용차	15	승용차	15	승용차	16	승용차	16	승용차	17	승용차	17	승용차	18	승용차	18	승용차	19	승용차	19	승용차	20	승용차	20	승용차	21	승용차	21	승용차	22	승용차	22	승용차	23	승용차	23
차종	구분	차종	구분																																																																																															
승용차	1	승용차	1																																																																																															
승용차	2	승용차	2																																																																																															
승용차	3	승용차	3																																																																																															
승용차	4	승용차	4																																																																																															
승용차	5	승용차	5																																																																																															
승용차	6	승용차	6																																																																																															
승용차	7	승용차	7																																																																																															
승용차	8	승용차	8																																																																																															
승용차	9	승용차	9																																																																																															
승용차	10	승용차	10																																																																																															
승용차	11	승용차	11																																																																																															
승용차	12	승용차	12																																																																																															
승용차	13	승용차	13																																																																																															
승용차	14	승용차	14																																																																																															
승용차	15	승용차	15																																																																																															
승용차	16	승용차	16																																																																																															
승용차	17	승용차	17																																																																																															
승용차	18	승용차	18																																																																																															
승용차	19	승용차	19																																																																																															
승용차	20	승용차	20																																																																																															
승용차	21	승용차	21																																																																																															
승용차	22	승용차	22																																																																																															
승용차	23	승용차	23																																																																																															

연차	연구목표	개발 내용 및 범위
3차년도 (사업화)	■ 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공관리 기법 개발	- 보조기층 치환 신규 공법 적용 평가 - 시공장비, 시공재료, 현지 표준시설물 등 현지 조사 - 경제성을 고려한 고품질 시공메뉴얼 작성   현지 시공 장비 및 표준 시설물 현지 시공 공법 최적화 및 매뉴얼 작성 - 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발 - 언어 변경 UI 디자인 및 웹 퍼블리싱 - 원격지 통합 관리 웹 플랫폼 개발 - 테스트베드 운영 실시 및 시행효과 분석   원격지 통합 관리 웹 플랫폼 사용자 소프트웨어 언어팩 적용 UI 변경
	■ 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축	- 현지 합작 회사 설립 - 카자흐스탄내 합작회사(Contractual Joint Venture) 규정에 의거한 소요자금과 세부 운영계획을 수립 - 중장기 사업전략 수립 - 현지 테스트베드 구축  테스트베드 구축도
	■ 원격지 유지관리 기법 개발	- 동결융해 손상에 대한 보수재 평가 - 원격접속 유지관리 솔루션 개발 - 원격 접속을 위한 무선 통신 연계 - 시스템 동작상태 모니터링 및 국내 서버 연계 - 모바일 알람 연계 솔루션 개발 - 동작 및 혐의 알람 기준 및 알람 방법 정의 - 모바일 앱을 통한 알람 메시지 전송 기능 개발  원격지 유지보수 시스템 구성도 원격지 유지보수 현지 현장 운영
3차년도 (사업화)	■ 국제인증 및 사업화 준비	- 현지 실외인증, GOST OIML R 76-1-2011 기준 성능평가 주행사험 - 카자흐스탄 정부 조달제품 등록 - 정부 시범사업 수행 및 관련 시설물 설치운영

1-3. 정량적 연구성과 목표

[표 2] 정량적 연구성과 목표

(단위 : 편, 건, 명, 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	계
국외논문 게재	SCI			1	1
	비SCI				
	계			1	1
국내논문 게재	SCI				
	비SCI		1		1
	계		1		1
특허출원	국내		1		1
	국외				
	계		1		1
특허등록	국내			1	1
	국외				
	계			1	1
인력양성	석사				
	박사				
	계				
기술이전	계약건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문	1	2		3
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명 자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어		2		2
	화학물				
기타	시제품	1	2	1	4
	성과 홍보			1	1
	일자리 창출	1	1	1	3
	매뉴얼		1	2	3

1-4. 연구목표 및 평가기준

[표 3] 연구목표 및 평가기준

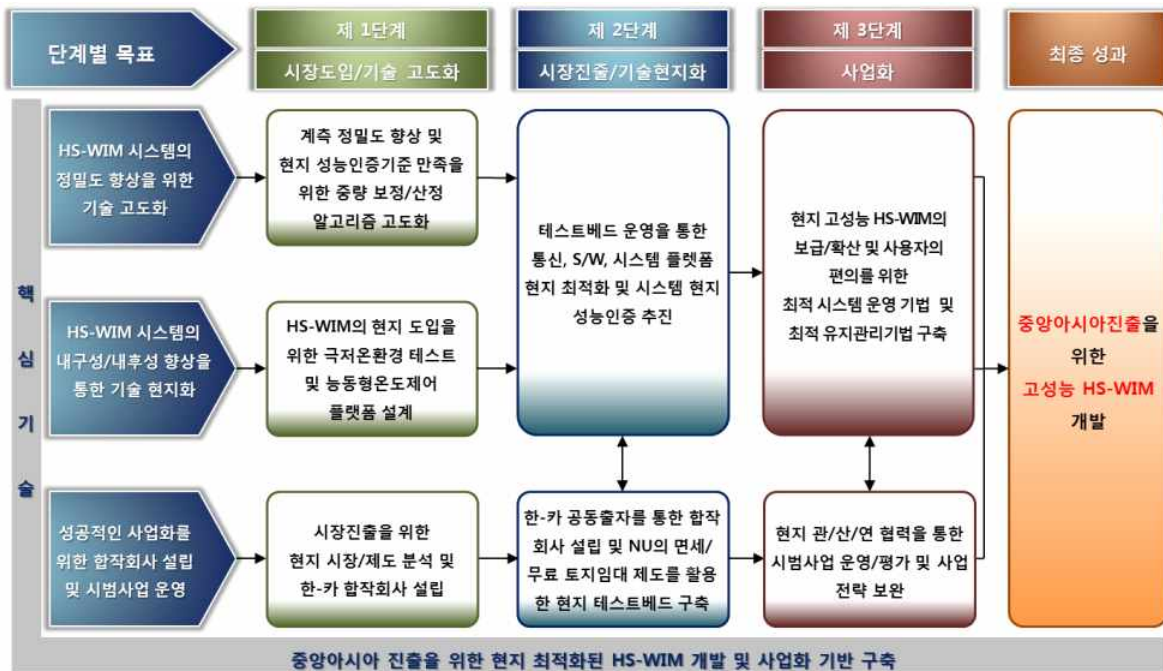
구분	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	평가목표 및 착안점	목표치	평가방법	평가기준	가중치 (%)
1차년도 (2019 시장도입/ 고도화)	■ 현지 시장 및 제도 분석	- WIM 기술 수준 및 시장 분석 - 유료도로 관리 제도 분석 - 현지 운행 차량 종류 및 운행 형태 분석	HS-WIM의 현지화 필요 정보 수집 및 사업성 검토	1권/ 1부	현지조사 보고서/ 상호투자 협약서	제출여부	30
	■ 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발	- 극저온용 특수 로드셀 개발 - 극저온 환경 능동형 온도 제어 기술 개발 - 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 - 광폭 덕트형 배수 시스템 설계	HS-WIM의 극저온환경 측정 정밀도 및 내후성 향상	1건	센서 플랫폼 설계도 및 특허명세서	3D CAD 설계도	50
	■ 국내 인증 시험	국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험	HS-WIM의 극저온환경 측정 선형성 확보	R2 0.96 이상	하중재하시험	공인시험 성적서	20
2차년도 (2020 시장진출/ 현지화)	■ 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발	- 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계 13종 차종분류 알고리즘 구현 - 현지 인프라 연계 모듈 개발 - 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동	HS-WIM의 보급/확산을 위한 현지 최적 시스템 구현	1건	시뮬레이션 결과분석 논문	국내 논문지 특허 출원	15
				1건	차종분류 알고리즘 설계서	제출여부	10
				1건	교통위원회 연동 미들웨어	소프트웨어 등록	10
	■ 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공관리 기법 개발	- 보조기층 치환 신규 공법 적용 평가 - 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발	현지 도로포장 및 극저온환경에 최적화된 시공기법 개발	1건	시공 메뉴얼	제출여부	10
			통합 운영 기법 개발	1건	사용자 웹 플랫폼	소프트웨어 등록	15
	■ 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축	- 현지 합작 회사 설립 - 현지 테스트베드 구축	HS-WIM의 사업화 가능성	1부	현지 설립 등기 및 사업자등록증	제출여부	10
			테스트베드 구축	1개소	시공보고서 및 데모영상	제출여부	30
3차년도 (2021 사업화)	■ 원격지 유지관리 기법 개발	- 동결융해 손상에 대한 보수재 평가 - 원격접속 유지관리 솔루션 개발 - 모바일 알람 연계 솔루션 개발	현지 도로포장 및 극저온환경에 최적화된 유지관리 및 운영 기법 개발	1건	보수재 평가 보고서	국외 논문지	10
				1건	운영 메뉴얼	제출여부	20
	■ 국제인증 및 사업화 준비	- 국외 실외 인증, OIML R 076-1 국제 기준 성능 평가 주행 시험 - 카자흐스탄 정부 조달 제품 등록 - 정부 시범 사업 수행	현지 성능인증 기준 만족	1건	OIML R 076-1 성능인증서	성능인증서 확인	40
				등록	조달제품 확인서	정부조달 확인	30

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 연구개발 추진전략 · 방법

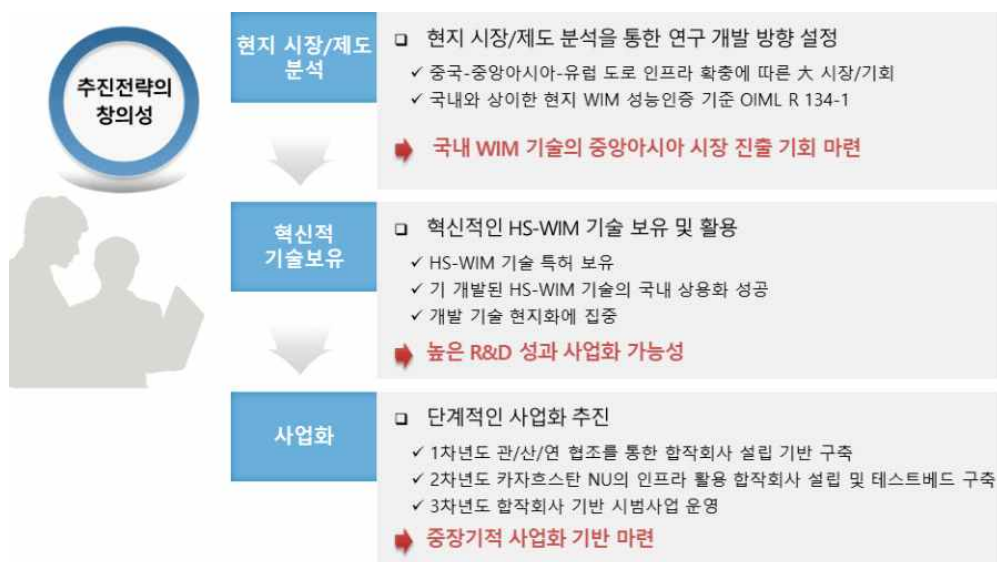
■ 연도별 연구개발 추진 전략 및 방법

- 1차년도에는 현지 제도 분석 및 HS-WIM 기술의 고도화 단계, 2차년도에는 합작회사 설립 및 HS-WIM 기술 현지화 단계, 3차년도에는 합작회사 기반 시범 사업 추진 단계로 구성함.
- 「중아시아 진출을 위한 고성능 HS-WIM 개발」이라는 최종 연구 목표 달성을 위한 각 연차별, 핵심요소기술별 연구의 흐름을 아래와 같이 체계적으로 계획함



[그림 4] 연구개발 추진 흐름도

- 효율적인 연구추진을 위해서 단계적인 전략을 아래 그림과 같이 수립함



[그림 5] 추진전략의 창의성

2-2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발	주관연구책임자 (김종우)외 총 14 명
기관별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	7
대 학	1	7
(주)유디엔에스 중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발 연구책임자 (김종우)외 7 명 담당기술개발내용 - 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발 - 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발 - 국내외 인증 및 사업화 준비		
Nazarbayev University Research and Innovation System (NURIS) 중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발 연구책임자 (Zhanay Sagintayev)외 6 명 담당기술개발내용 - 현지 시장 및 제도 분석 - 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공 및 유지관리 기법 개발 - 테스트베드 구축 지원, 현지 인증 및 사업화 합작회사 설립		

2-3. 추진일정

차수	세부 연구목표	세부 개발내용	추진 일정 (2019년)												연구 개발비 (천원)	책임자 (소속 기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1차년도	■ 현지 시장 및 제도 분석	WIM 기술 수준 및 시장 분석														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		유료도로 관리 제도 분석														
		OIML R076-1 국제 기준 분석														
		현지 운행 차량 종류 및 운행 형태 분석														
	■ 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발	극저온용 특수 로드셀 개발														김종우 (유디엔에스)
		극저온 환경 능동형 온도 제어 기술 개발														
		경량 고강성 복합수지 플레이트 개발														
		광폭 덕트형 배수 시스템 설계														
	■ 국내 인증 시험	국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험														김종우 (유디엔에스)

차수	세부 연구목표	세부 개발내용	추진 일정 (2020년)												연구 개발비 (천원)	책임자 (소속 기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2차년 도	■ 고정밀 보정 및 현지 연동 제 어기 기술 개발	■ 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발														김종우 (유디엔에스))
		■ 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계														
		■ 13종 차종분류 알고리즘 구현														
		■ 현지 인프라 연계 모듈 개발														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		■ 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동														김종우 (유디엔에스))
	■ 중앙아시아 환경조건을 고 려한 시공관리 기법 개발	■ 보조기증 치환 신규 공법 적용 평가														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		■ 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발														김종우 (유디엔에스))
	■ 합작 회사 설 립 및 테스트베 드 구축	■ 현지 합작 회사 설립														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		■ 현지 테스트베드 구축														김종우 (유디엔에스))

차수	세부 연구목표	세부 개발내용	추진 일정 (2021년)												연구 개발비 (천원)	책임자 (소속 기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3차년 도	■ 원격지 유지 관리 기법 개발	■ 동결응해 손상에 대한 보수재 평가														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		■ 원격접속 유지관리 솔루션 개발														
		■ 모바일 알람 연계 솔루션 개발														김종우 (유디엔에스))
	■ 국제인증 및 사업화 준비	■ 국외 실외 인증, OIML R 076-1 국제 기준 성능 평가 주행 시험														
		■ 카자흐스탄 정부 조달 제품 등록														Zhanay Sagintayev (NURIS)
		■ 정부 시범 사업 수행														

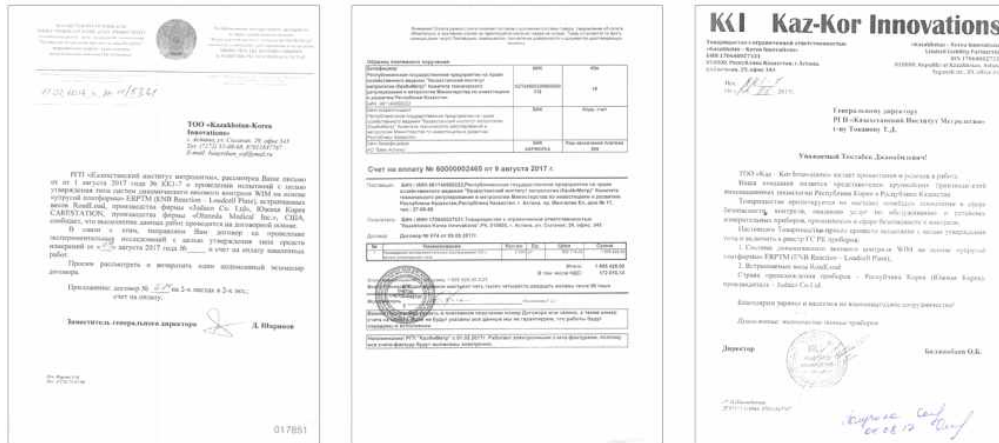
2-4. 추진배경

가. 국제공동 연구

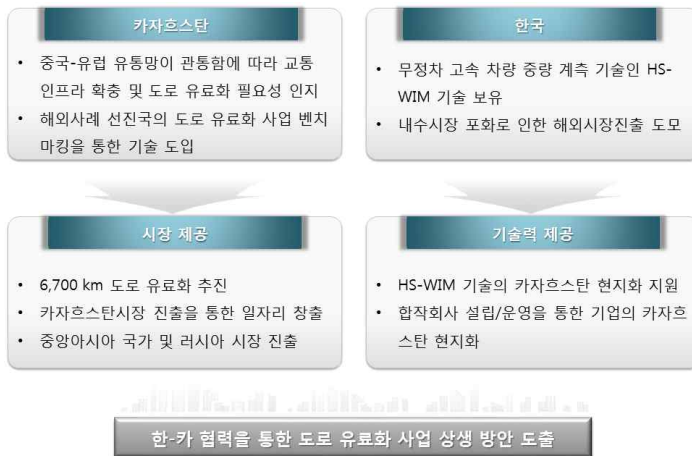
- 카자흐스탄 MID 교통위원회 본사 방문, 국내 설치된 제품 성능시험 참관 및 우수 성능 확인
- MID 교통위원회의 교통위원회 구매의향서 수신 및 시험시공 장소 제공 합의
- 카자흐스탄 현지 법규에 따라 현지 영업 활동을 위하여는 반드시 현지 법인 설립이 필요
- Nazarbayev University는 당 기관과 활발한 기술교류 및 현지 실험 수행 등의 협력을 통하여 본 연구의 성과를 실용화하는데 크게 기여 가능
- 현지 도로 주행 환경 및 운영 제도에 대한 현지 조사 필요
- 현지 테스트베드 시공 및 운영에 필요한 인력 지원과 원격 모니터링 필요



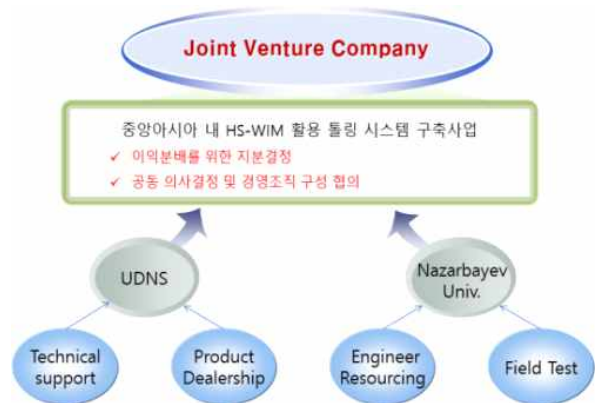
[그림 6] 사업화대상기술 검토를 위한 카자흐스탄 교통위원회의 국내 방문 협의



[그림 7] 교통위원회와 현지 에이전트 업체와의 제품 구매 관련 수신 공문



[그림 8] 국제공동연구 추진배경



[그림 9] 합작 회사 설립 예정

나. 성공 가능성

- 카자흐스탄의 인적/물적 인프라와 한국 기술력의 결합을 통한 시너지 효과 기대
- 국제협력연구 지원의 시너지 효과 기대
 - HS-WIM 시스템의 해외시장 진출 방안 마련
 - 시범 실시를 통한 기술 이해도 제고
 - HS-WIM 시스템의 톨링 시스템 적용 촉진
- 우수한 해외 공동연구기관의 참여
 - 공동연구기관의 우수함 : Nazarbayev University는 2010년 설립되어 우수한 연구진을 영입하여 급격히 성장하고 있으며, 그 결과 우수한 연구 및 교육기관으로 평가되어 2018년 기준 카자흐스탄 내 대학 중 세계순위가 가장 높게 평가
 - 공동연구기관의 전폭적인 지원 : Nazarbayev University는 해외 투자 유치에 대해 Special Economic Zone(SEZ)을 지정하여 해당 구역에 합작회사를 설립하는 경우, 2017년부터 2042년까지 법인 소득세, 재산세, 관세, 토지세, 부가가치세를 면제해 주고, 무료로 토지를 임대할 수 있는 혜택 존재

- 공동연구책임자의 역량: 공동연구책임자 Zhanay Sagintayev은 다수의 정부 및 민간 프로젝트를 수행하였으며, 카자흐스탄 교통위원회 및 연구기관과의 네트워크를 활용하여 적극적인 산/관/연의 협력으로 성공적인 연구 수행이 가능
- 연구개발수행단계 및 합작회사 설립에 Nazarbayev University에서 운영하는 기업인 R&D Engineering이 참여하고, 공동투자를 유도하여 사업화를 촉진
- 본 연구의 개시 이전, WIM은 공공사업 분야이므로, 정부기관 합의가 필수적임을 고려하여 민간분야의 MoA를 우선적으로 체결하여 카자흐스탄 시장진출 가능성을 확보



[그림 10] Nazarbayev University

2-5. 수행연구 내용

가. 현지 시장 및 제도 분석

1) WIM 기술 수준 및 시장 분석

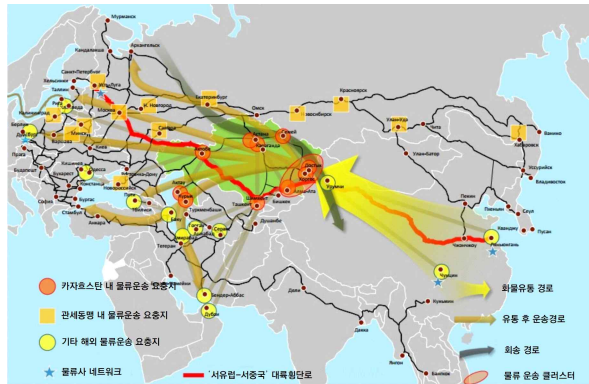
① 현지 시장 분석

- 현재 카자흐스탄의 차량 화물운송은 국가의 통합운송 시스템에 포함되는 기술수단 및 도로 인프라 최대의 결과물
- 도로 화물운송의 역할은 지속적으로 증가, 카자흐스탄 화물 회전율은 29.5%에 불과하며, 전체 화물 운송량(80%)에서 철도 운송은 47.3%, 파이프라인은 23%, 해상, 내부 및 항공 운송은 9.9%를 차지
- 지난 10년 동안 도로로 운송되는 화물량은 2007년 17억 톤에서 2017년 33억 톤으로 99.2% 증가했으며, 화물 회전율은 2007년도 615 억 tkm에서 2017년도에 1,660억 tkm으로 2배 증가됨
- 화물차량 보유율은 2017년 대비 22.7% 증가했으며 2003년 대비 2배 증가됨
- 화물차량 수와 작업량을 비교하면 차량당 생산량이 증가하고 있으며, 2007년에는 차량당 4,600톤의 화물이 운송되었으나 2017년에는 7,500톤이 운송
- 카자흐스탄의 경제적, 지리적 특징(광범위한 지역, 낮은 인구밀도, 국가의 서로 다양한 곳에 위치한 광역자원, 유럽과 아시아 사이의 위치)은 육상운송시스템에 크게 의존하기 때문에 이 분야는 세계 경제에서 가장 큰 규모

[표 4] 카자흐스탄 도로 종류 및 길이

도로 구분	길이 [Km]	비고
전체도로	128,000	
공용도로	856,000	
산업도로	424,000	산업 기업, 광산, 농장, 농업 등의 진입로
철도	153,000	
항로	60,000	

- 1,000Km² 당 철도 밀도는 6km, 수로는 1.5km이며, 포장 고속도로는 28.3km로 선진국 기준보다 낮음
- 현재까지 전국의 도로망 전체가 개발이 부족
- 포장도로가 증가하는 자동차 흐름에 대처할 수 없기 때문에 급속한 악화로 이어짐
- 카자흐스탄의 도로 포장률은 현재 공공 도로의 85.7% 만이 포장도로로 선진국 기준보다 현저히 낮음



[그림 11] 중국-중앙아시아-유럽 물류 네트워크

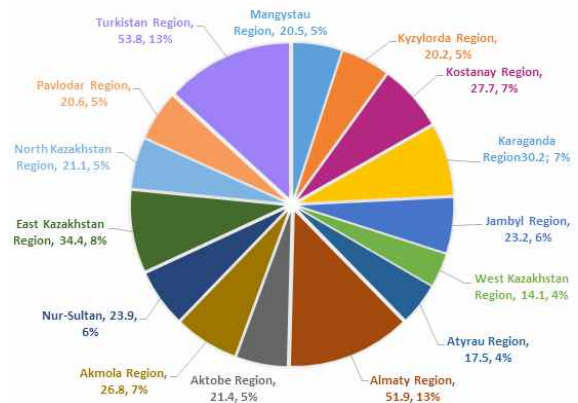


[그림 12] 카자흐스탄의 톨게이트 및 도로운송 현황

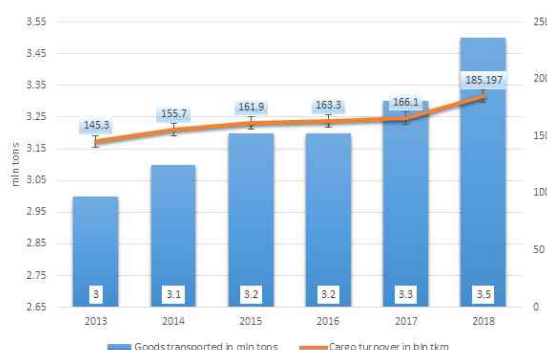
- 5개의 국제도로 노선이 카자흐스탄을 통과하며, 통과노선의 총 길이는 23,000km 임
 - 알마아타-아스타나-코스타나이, 첼라빈스크 방향 (M-36 고속도로)
 - Alma-Ata- Petropavlovsk, Omsk 방향 (Route M-51)
 - Alma-Ata-Semey-Pavlodar (고속도로 M-38), Omsk 방향
 - Alma-Ata- Shymkent, Tashkent 방향 (고속도로 A2)
 - Shymkent-Aktobe-Uralsk (M-32 고속도로), Samara로 방향
- 카자흐스탄 공화국 통계위원회(NACE)에 따르면, 2018년 9월 말 기준으로 주요 업무를 “도로운송 및 운송서비스”로 등록된 기업의 법인과 지사가 사업자는 5,532개
- 전체 분석기간 동안 이 분야에서 활동하는 기업의 수가 꾸준히 성장하는 추세로, 2017년 말 기준 등록된 기업 수는 5,070개로 2016년보다 12.7% 증가
- 2017년 말 카자흐스탄 공화국의 트럭 총 대수는 440,600대로 2016년보다 0.3% 증가함
- 총 트럭 대수 중 38.4%(269,100 대)가 개인소유
- 2017년 기준, 카자흐스탄 남쪽(53,800대, 총 트럭 수의 13.2%)과 알마티주(51,900대 또는 12.7%)에 많은 트럭이 분포



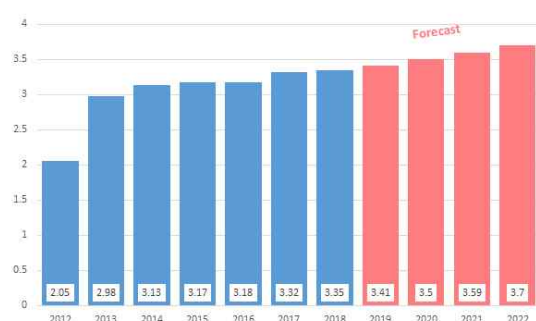
[그림 13] NACE “도로운송 및 운송서비스”에 등록된 기업 증감률



[그림 14] 2017년 지역별 총 트럭 수의 분포비율 (단위 1,000, 비율 %)



[그림 15] 도로화물 수송에 의한 화물량 및 화물 회전율



[그림 16] 카자흐스탄의 도로를 통한 화물 운송 시장의 용량 예측

- 2017년 말 33억톤의 수하물 및 화물(cargo luggage)이 운송되었으며 이는 2016년 대비 4.5%, 2013년에 대비 11.4%가 증가된 수치임
- 2018년 1월부터 9월까지 운송 화물량은 24억톤으로 2017년의 해당 기간보다 4.6 % 증가
- 2017년 자동차 운송의 화물회전율은 1,661억tkm로 2016년보다 1.8% 증가
- 2018년 1월부터 9월까지 도로화물 운송의 화물회전율은 2017년의 해당 기간에 비해 7.1% 증가하여 1,232억tkm로 나타남, 트럭으로 운송되는 화물의 최대수량은 카라간다주에 있으며(5억 6,680만톤, 즉 카자흐스탄 전체의 24.1%를 차지함), 동 카자흐스탄주(4억 362만톤 또는 17.9%)에 있음. 운송 화물의 최소 운송량은 서-카자흐스탄에 (2,770만톤 또는 국가 전체수량의 1.1%) 해당
- 차량으로 운송된 화물의 98.6%는 민간기업에 의해 운송되고 1.4%는 외국 기업에 의해 운송
- 화물 운송시장의 수용량은 운송된 물품, 수하물 및 화물(Cargo luggage)의 수량, 또한 운송서비스 제공으로 인한 매출의 2개의 지표로 검토를 수행
- “운송된 물품, 수하물 및 화물” 지표에 따른 시장용량을 살펴보면, 2017년 도로화물 운송시장의 용량은 33억톤이며, 지난 6년 동안 연간 평균 성장률은 11.3%로 작지만 안정적인 성장 추세를 보임
- 2022년까지 도로화물 운송시장의 용량은 2017년보다 11.4% 증가하여 37억 톤에 달하며 연간 평균성장률은 2.2% 수준으로 예측

[표 5] 도로의 기술별 분류

도로 카테고리	예상 교통량 [대/일]		예상 속도 [Km/h]		
	통과차량	운송차량	메인	교차로	산
I-a	14,000 이상	9,000 이상	150	120	80
I-b	14,000 이상	7,000 이상	150	100	60
II	6,000 에서 14,000 까지	3,000 에서 7,000 까지	120	100	60
III	2,000 에서 6,000 까지	1,000 에서 3,000 까지	100	80	50
IV	200 에서 2,000 까지	100 에서 1,000 까지	80	60	40
V	최대 200	최대 100	60	40	30

- 카자흐스탄 산업인프라 개발부 정보에 따르면, 2019년 1월 1일 기준 공공도로 길이는 96,245.7km이며, 그 중 포장도로의 길이는 80,245.7km로 나타남
- 국가 고속도로는 24,387.3km, 그중 카테고리 I은 2,740km, 카테고리 II는 5,445km, 카테고리 III은 14,350km, 카테고리 IV는 1,755km, 카테고리 V는 72km임
- 국가 고속도로의 현재 상태는 아주 양호한 상태는 12,425.85km, 비교적 양호한 상태는 8,773.03km, 불량 상태는 3,167.35km로 나타났으며, 2019년에는 4,027.5km 도로를 수리할 계획임
- 고속도로의 수명은 25년이며 주행 최고속도는 120km/h, 아스팔트 콘크리트 포장으로, 두께는 80cm 임

[표 6] 도로의 횡단면 및 구조의 사양

도로의 사양	도로 카테고리					
	I-a	I-B	II	III	IV	V
▪ 차선수 [pcs]	각 방향으로 2개 이상		2	2	2	1
▪ 폭 [m]						
– 차선	3.75	3.75	3.75	3,5	3.0	4,5
– 도로 경계	3.75	3.75	3.75	2.5	2	1.75
– 도로 경계의 강화 부분	0.75 이상 2.5 까지			0.5	0.5	–
– 도로 경계의 강화 부분(끝 차선 포함)	0.75			0.5	0.5	–
– 분리대(도로 장벽이 없는 경우, BRP)	6 이상	5 이상	–	–	–	–
– 분리대(도로 장벽이 있는 경우, BRP)	2m 이상 + 펜스 너비		–	–	–	–
– 분리대에서 안전 라인 있는 도로	1,0	1,0	–	–	–	–
– 차도	2 (3.75xn)		7.5	7	6	4,5
– 포장	2 (3.75xn + 1.75)		9	8	7	4,5
– 지하 토양	2 (3,75hn) + 7.5 + B _{pn}		15	12	10	8
▪ 참고 표는 포장의 가장 작은 너비를 보여준다. 너비가 0.75m 이상 및 주차선이 추가될 경우 도로 포장 너비는 횡단면이 구성하는 전체 요소들의 지표를 고려해야 된다.						

② 현지 과적단속 현황

- 과적 주행은 도로의 수명을 줄이고 포장의 파손로 이어지는데, 카자흐스탄 공화국의 MIIIR RK의 교통위원회 정보에 의하면 과적 주행을 하는 대부분은 중국산 덤프트럭으로 불활성 물질이 있는 채석장에서 적재한 경우가 다수를 차지함
- 현재 총 400,000대 이상의 화물차량이 등록되어 있으며, 그 중 채석장 덤프트럭은 약 55,000대가 등록되어 있음
- 현재 카자흐스탄 공화국의 과적통제는 고정식 및 이동식 단속장비에 의해 수행되어짐
- 이는 2010년 08월 13일자 카자흐스탄 교통부장관의 명령에 따라 승인된 카자흐스탄의 교통통제 지점의 업무절차 규칙에 따라 활동
- 이 규칙 6 항에 따라, 카자흐스탄에서 법으로 설정된 기준을 준수하는 지 여부를 확인하기 위하여 차량의 실제 중량과 차량규격 확인 또는 그 기준 위반사항에 대한 확인
 - 1) 자중계와 규격확인 프레임을 이용
 - 2) 고정식 축중기(Truck scale, weigh bridge) 또는 이동식 축중기(portable truck scale)를 통해서 확인
 - 3) 특수 자동측정 장비(HS-WIM)으로 측정



▲ 현지 고정식 과적 검문소 전경



▲ 현지 고정식 트럭스케일



▲ 현지 고정식 과적 검문소 검차 측정 현장



▲ 소형 고정식 트럭 스케일을 활용한 검차 측정



▲ 현지 이동식 과적 검문소 검차 측정 현장



▲ 이동식 축중기를 활용한 검차 측정

[그림 17] 카자흐스탄의 과적단속 검문소 및 이동단속 현장

- 실제 전체 차량규격의 측정은 2015년 3월 26일자 카자흐스탄 공화국 투자개발부 장관 업무대행의 “차량으로 운송되는 승객 및 수하물 운송규칙 승인” [No.349] 관련 명령의 요구사항을 고려
- 특수 자동측정장비(WIM)의 사용은 2013년 09월 05일자 카자흐스탄 공화국 교통부 장관 업무대행으로 부터 승인된 No.689 [3] 특수 자동측정장비 사용규칙에 따라 규제
- 카자흐스탄 공화국에는 이러한 특수 자동측정장비가 공공도로에 설치, 주행 중인 차량의 중량 측정을 수행하고 차량의 중량을 확인할 때 도로구조 및 포장종류를 고려하여 수행
- 카자흐스탄 현지의 과적단속 방법 중 고정식 검문소에는 고정식 소형 트럭스케일이 설치되어 있으며, 검문소 직원이 상주하며 주행차량을 임의로 선별하여 검차 단속을 수행함
- 이동식 검문소에는 주행도로의 우회로가 마련되어 있으며, 단속원의 자의적 판단에 의하여 과적 의심차량을 선별

하거나 검측지점을 주행하는 임의의 화물차량을 대상으로 운행을 통제 후 검측을 수행함

- 2014년 07월 05일에서 카자흐스탄 공화국의 No.235-V "법률 위반에 관한 법"의 제571조, "승객, 수하물 및 화물 운송 규칙 위반에 관한 법률"의 제6조에 따르면 화물의 과적 운송을 하게 될 경우(HS-WIM으로 측정되는 경우를 포함) 아래와 같은 벌금이 부과

[표 7] 카자흐스탄 과적 차량의 벌금 체계

과적 분류	초과 중량		
	1 ~ 5 톤	5 ~ 10 톤 이상	10 톤 이상
개인	40 MRP	80 MRP	180 MRP
소기업	80 MRP	130 MRP	480 MRP
중기업	120 MRP	180 MRP	780 MRP
대기업	200 MRP	280 MRP	1000 MRP
※ MRP (최소 계산 지수) 2019년 기준: 2,525 tenge			

③ 관/산/연과의 협력 컨소시엄 구축

- 2019년 09월 23일 현지 교통위원회 미팅을 수행
- 테스트베드 1개소 설치 후 샘플제품에 대한 성능확인이 필요하며, 조달등록을 위한 별도의 절차가 필요
- 조달등록을 위하여 인증위원회와 실내외 테스트에 대한 협의가 필요
- 극저온에서 동작을 보장할 수 있어야 함, 영하 45도에서도 동작되는 장비가 필요, 기 설치된 장비는 동작되지 않음
- HS-WIM에 대한 성능규격이 별도로 마련되어 있으며, OIML 규격을 참조한 GOST 규격을 통과하는 것이 필요
- 현지 번호판 인식장비 연계를 위하여 인식엔진을 가진 업체로, ASKOM SERVICE 라는 업체를 방문
- ASKOM SERVICE 는 교통위원회에 우리나라 주정차 단속 등과 같은 교통단속 솔루션을 공급한 업체로, PIS 쪽 관련 SI 구축 경험이 있으며, WIM 사업을 벨라루스 등의 CIS 지역에 공급하고자 함
- 현지 구축된 솔루션을 확인한 결과, 당사제품과 연동이 가능한 기술력을 확보한 것으로 파악됨
- 상호합작투자서(MOU)를 체결하여 차년도 테스트베드 구축을 함께 진행하는 것으로 협의함
- 현지생산을 위하여 금속가공 및 가공오차 관리가 가능한 신뢰성 있는 제조 설비를 보유한 업체를 견학



▲ 정부 교통위원회 회의 참석



▲ 나자르바예프 대학교 내 NURIS 회의 참석



▲ 현지합작투자사 설립을 위한 사무실 조사



▲ 현지생산을 위한 제조업체 조사

[그림 18] 카자흐스탄의 현지 회의 참석 및 협력 컨소시엄 구성



[그림 19] 현지 변호인식장비 업체(ASKOM SERVICE)와의 현지상호합작투자를 위한 양해각서 체결

④ 현지 HS-WIM 운영 실태

- 2011년 이후 카자흐스탄 공공 도로에서 8개의 과적 검문소가 설치되었으나, 그 중 5개가 오차율 및 유지보수 어려움 등의 이유로 현재 운영중단 상태임
- 운행통제는 그 지역의 교통 관리원이 수행하며, 이를 위해 MIIR RK 교통위원회 의장의 명령에 따라 승인된 이동식 측정기를 활용하여 48개의 이동단속반을 운영 중
- 이동식 검문소에는 이동식 측정기, 중량측정 플랫폼, 운영설비가 있으며, 총중량을 계산하는 장비가 있음
- 공공 도로에는 12개의 HS-WIM 시스템이 설치

[표 8] 카자흐스탄 운영 중인 고정식 과적 검문소

	검문소명	지역 또는 도시 이름	도로의 이름	운영 중단 여부
1	예르킨	알마티	알마티-우스트카메노고르스크, 270 km	2017 년 11 월 21 일자 명령 번호 800
2	카라 부락	악 토베	사마라-쉴켄트, 965 km	2012 년 2 월 3 일자 명령 번호 5-P
3	물로저지니	카라 간다	키질오르다- 파블로다르-우스펜카-러시아 국경, 1066 km	사용중
4	세메이	동부 카자흐스탄	움 스크-메이 캅 차가이, 757 km	2017 년 11 월 21 일자 명령 번호 800
5	카라 발리크	코스타 나이	러시아 국경 (예 카테 린 부르크까지)-알마티, 422 km	사용중
6	베이네우	망기 스타 우	도써르- 굴사르- 베이네우-사이-우테스-쉴트페-제티바이-악타우 항구, 844 km	2017 년 11 월 21 일자 명령 번호 800
7	맘룻카	북부 카자흐스탄	첼라빈스크-노보시비르스크, 496 km	2018 년 5 월 28 일자 명령 번호 397
8	키질 자르	아스타나시	예카테린부르크-알마티, 1281 km	사용중

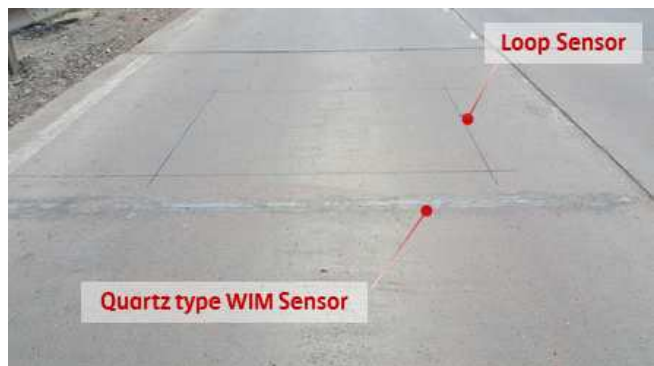
[표 9] HS-WIM 시스템 설치 현황

	지역명	지방	도로	장비
1	잠빌	메르케	메르케-쉴켄트	MIM 이동식 규격 및 중량 측정 기기 , Betamont , 슬로바키아, 2013
2		쉬가낙	알마티-아스타나- 러시아 (예카테린 부르크 행), 366 km	
3	알마티	알마티	알마티-아스타나-러시아 (예 카테 린 부르크 행), 56 km	
4		알마티	알마티-비슈케크, 키르기즈스탄 59 km	Kapsch TrafficCom AG 하드웨어 소프트웨어 복합 시스템, 오스트리아, 2013
5	카라간다	자레치니	알마티-아스타나 - 러시아 (예카테 린부르크 행), 997 km	데이터 없음
6		발카쉬	알마티-아스타나- 러시아 (예카테 린부르크행), 643 km	MIM 이동식 규격 및 중량 측정 기기 , Betamont , 슬로바키아, 2013
7	악몰라	탈랴게르	알마티-코스타나이-첼랴빈스크, 1231 km	
8		알바사르	알마티-코스타나이-첼랴빈스크, 1007 km	
9		코쉬	아스타나-키예프카-테미르타우, 22 km	
10		콕세 타우	알마티-아스타나-페트로 파블 롱 스크, 291 km	Kapsch TrafficCom AG 하드웨어 소프트웨어 복합 시스템, 오스트리아, 2013
11	코스타 나이	올리에콜	코스타 네이-올리 에콜-수르 간, 106 km	데이터 없음
12		카라-발리크	코스타나이- 러시아 (예카테린 부르크 행), 463 km	MIM 이동식 규격 및 중량 측정 기기 , Betamont , 슬로바키아, 2013

- 카자흐스탄에 진출한 HS-WIM 시스템은 대부분 스위스 Kistler社의 피에조퀼츠 타입의 센서가 적용된 것으로 확인
- 제어기는 오스트리아의 Kapsch TrafficCom社 혹은 슬로바키아의 Beneton社의 제품과 연동하여 설치됨
- 피에조 퀼츠 타입의 센서는 하중부하에 의한 압력을 수정소자에 의해 전기적 신호로 변환하는 방식으로 센서 폭이 작고 안정적인 출력을 얻을 수 있음
- 그러나 현지에 설치된 시스템은 중량오차가 10% 이상으로 벌어지거나 동절기 후 아예 동작되지 않는 경우가 많음
- 실제 설치된 센서 매설부를 육안검사한 결과, 극저온의 혹독한 겨울을 지나면서 동결융해에 따른 포장체의 손상 및 슬래브 사이의 이격이나 케이블링 손상 확인
- 또한 센서를 부분적으로 보수한 흔적이 많았으며, 이는 바퀴 접지면의 일부 압력에 의하여 중량을 측정하는 피에조퀼츠 타입의 경우 중량 정확도에 큰 영향을 줄 수 있음
- 또한 현지 포장체는 린 콘크리트 등의 보조기층이 없이 표층 위에 25cm 두께의 슬래브가 시공된 형태이며, 바퀴자국 패임, 표면 평탄성 및 침하량 등이 COST323 기준의 Class II 혹은 그 이하로 나타남
- 따라서 향후 WIM 시스템 설치 시 보조기층 부분치환 공법을 적용하고, 표면평탄성 확보를 위하여 다이아몬드 그라인딩장비를 활용하여 Class II 이상의 설치 조건을 확보하는 것이 필요할 것으로 판단됨



▲ 현지 기설치된 WIM 시스템 전경



▲ 현지 기설치 시스템 도로매설 센서



▲ 카메라 및 통신장비



▲ 제어기 합체

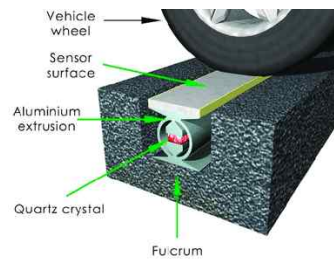


▲ 동결융해로 인한 파손



▲ 케이블링 손상

[그림 20] 카자흐스탄에 설치된 경쟁사 제품 현황



[그림 21] Kistler社의 Lineas Quartz Sensor

2) 차량 운송 활동을 규제하는 유료도로 관리 제도 분석

- 카자흐스탄은 운송분야에서 필요한 절차를 계획하기 위한 지침과 기초로 사용되는 많은 규범 및 법률을 보유
- 정부는 운송관련문제에 대한 일반적인 전략적 접근뿐만 아니라 특정기술 및 안전표준을 정의하는 관리 및 법률 절차에 대한 중앙 집중식 접근방식을 취함
- 다음은 카자흐스탄 공화국의 다음 법률문서는 도로운송 활동을 관리하는 주요 법률 및 규정임
 - 1994 년 9 월 21 일자 “카자흐스탄 공화국의 운송에 관한” 카자흐스탄 공화국의 법률 [No.156-XII13]
 - 2003 년 7 월 4 일자 카자흐스탄의 “도로 수송” 법 [No. 476-114]
 - 2014 년 4 월 17 일자 카자흐스탄의 “도로 주행에 관한” 법 [No. 194-V5]
 - 2015 년 4 월 30 일자 카자흐스탄 투자개발부 장관의 “화물 운송 규정의 승인에 관한 규정”이라는 명령 [No. 5466]
 - 카자흐스탄 공화국 투자개발부 장관 업무대행의 “2015 년 4 월 17 일자 차량으로 위험물 운송 규칙 및 카자흐스탄에서 차량 운송이 허용되는 위험물 목록 관련 규칙의 승인” 관련 명령 [No.4607]
 - 2015 년 3 월 26 일자 카자흐스탄 공화국 투자개발부 장관 업무대행의 “차량으로 운송되는 승객 및 수하물 운송 규칙 승인” [No.349] 관련 명령
 - 2015 년 12 월 31 일자 카자흐스탄 공화국 투자개발부 장관 “운행기록계의 사용, 운전자의 업무 및 휴무에 관한 규칙의 승인” 관련 명령 [No.1288]
- 2019년 초 카자흐스탄 공화국은 총 404,848대의 화물차량, 5,530대의 픽업 및 여객용 밴, 9,526대의 화물 세미-트레일러, 12,991대의 트레일러, 5,625대의 기타 트럭이 등록
- 카자흐스탄 공화국의 도로에서 운송이 허용되는 차량의 제원규격은 2015년 3월 26일 투자개발부 장관의 342번 명령으로 승인
- 카자흐스탄 공화국의 카테고리별 차량 분류는 "차량의 안전에 관한" 세관 연합 기술 규정의 부록 1 (TR TS 018/2011)에 해당하며 아래 [표 7]과 같음
- 차량의 허용제원 및 허용중량은 아래 [표 8], [표 9]와 같음

[표 10] 카테고리 별 차량 분류

카테고리	분류차량 상세
L	▪ 자동차
M	▪ 최소 4 개의 바퀴가 있고 승객 운송에 사용되는 차량
M 1	▪ 승객 운송에 사용되며 운전석 외에 8석 이하의 승용차
M 2	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 5톤을 초과하지 않고 운전석 외에 8 석 이상의 승객이 있는 차량.
M 3	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 5톤을 초과하고 운전석 외에 8 석 이상의 승객이 있는 차량.
N	▪ 화물 운송에 사용되는 차량-화물 자동차 및 차대
N 1	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 3.5톤 이하인 화물 운송용 차량.
N 2	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 3.5톤 이상 12톤 이하인 화물 운송용 차량.
N 3	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 12톤을 초과하는 화물 운송용 차량.
O	▪ L, M, N 카테고리의 차량을 위한 트레일러 (세미-트레일러)
O 1	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 0.75톤 이하인 트레일러.
O 2	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 0.75톤 이상 3.5톤을 이하의 트레일러.
O 3	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 3.5톤 이상 10톤 이하의 트레일러.
O 4	▪ 기술적으로 허용되는 최대 중량이 10톤 이상인 트레일러.

[표 11] 차량의 허가제한

허가 길이	이하 [m]
▪ 카테고리 M 1 , N 및 O (트레일러) 단일 차량	12.0
▪ 카테고리 M 2 및 M 3	13.5
▪ 두 개 이상의 축이있는 카테고리 M 2 및 M 3	15.0
▪ 트레일러가있는 카테고리 M 2 및 M 3	18.75
▪ M 2 및 M 3 카테고리의 연결식 버스	18.75
▪ 트랙터와 세미 트레일러로 구성된 대형 트레일러 트럭	16.5
▪ 트랙터와 트레일러로 구성된 대형 트레일러 트럭	20,0
▪ 부피가 크거나 무거운 화물 운송을 위해 특별히 만들어진 대형 트레일러 트럭	20,0
허가 폭	이하 [m]
▪ 모든 자동차	2,55
▪ 화물 차량의 전열체	2.6
허가 높이	이하 [m]
▪ 모든 차량	4

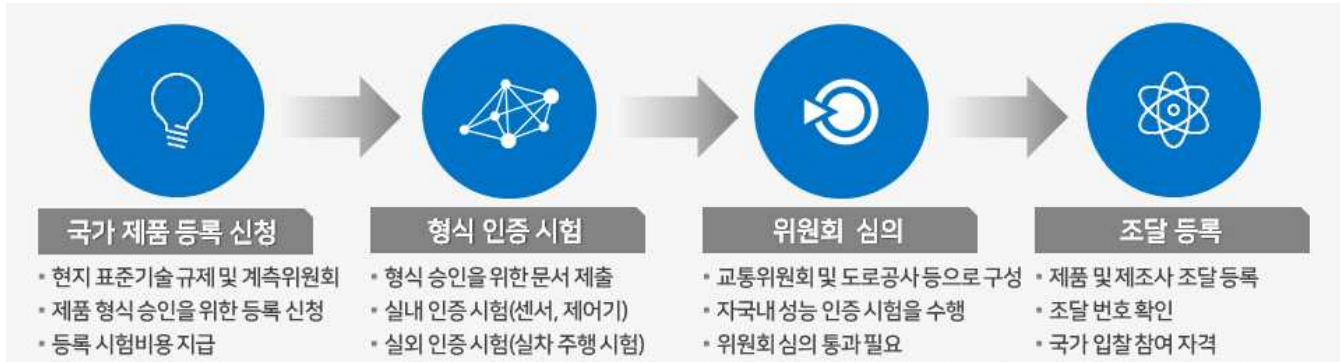
[표 12] 차량의 허가중량

축의 특성			허용 축하중 [tons]
	싱글축		10,0
	그룹축(2개의 인접 축으로 구성된 경우) 축간거리	1미터 이내	12,0
		1 ~ 1.3미터 이내	14,0
		1.3 ~ 1.8미터 이내	16,0
		1.8 ~ 2.0미터 이내	18,0
	그룹축(3개의 인접 축으로 구성된 경우) 축간거리	1미터 이내	18,0
		1 ~ 1.3미터 이내	21,0
		1.3 ~ 1.8미터 이내	24,0
		1.8 ~ 2.0미터 이내	27,0
	그룹축(3개 이상 인접 축으로 구성된 경우) 축간거리	1미터 이내	6,0
		1 ~ 1.3미터 이내	7,0
		1.3 ~ 1.8미터 이내	8,0
		1.8 ~ 2.0미터 이내	9,0

3) 현지 HS-WIM 기술기준 분석

① 국가 조달등록 절차

- 카자흐스탄 내에서 계측장비의 구매, 설치, 용역, 유지보수 등의 업무를 수행하기 위해서는 국가 조달등록 필요
- 현지 표준기술 규제 및 계측위원회에 본 계측장비에 대한 형식승인시험 신청
- 형식승인을 위해서는 위원회에서 별도 마련된 시험 규격에 따라 실내외 시험을 통과하는 것이 필요
- 실내시험은 제조사가 제시한 단위 제품의 성능치와 부합하는 시험결과가 나타나는지 확인하는 기본 절차
- 실외시험은 자국 내 테스트베드를 구축하여 자국 내 최소 시험규격을 만족하는지 확인하는 절차
- 형식 승인이 완료되면 테스트베드에서 국가기준에 따라 성능인증시험을 수행하여 인증서를 발급
- 교통위원회 및 도로공사, 외부 전문가로 구성된 심의위원회 개최
- 심의 통과 후 제품 및 제조사 국가조달에 등록



[그림 22] 카자흐스탄 국가 조달등록 절차

② 현지 HS-WIM 기술 기준

- 도로포장 상태를 고려하여 측정 장비의 중량측정오차는 아래와 같이 정의
- 특별 자동측정장비(HS-WIM)는 국가 간의 “GOST 8.646-2015 ‘주행 중인 차량의 중량과 축하중을 측정하기 위한 자동 측정기. 도량형 또한 기술적 요구 사항’ 시험 방법으로 규제
- 상기 표준에는 OIML R 134-1: 2006 국제 문서 «Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads». Part 1: Metrological and technical requirements. Test”, (NEQ)의 요구 사항이 고려
- 공인인증시험이 완료된 제품에는 GOST OIML R 76-1-2011 인증서가 발급되며, 유효기간은 1년
- 유효기간이 만료되기 전에 주기적 공인 시험 후 갱신이 필요

[표 13] 카자흐스탄 중량측정 허용 오차율

중량측정오차 구분	도로 포장의 종류	
	강성포장도로	연성포장도로
총중량(GVW)	5%	10%
단일축하중(AOW)	10%	15%
그룹축(GOA, 3축 이상)	10%	13%

- JRP-WIM의 기술적 특성에 따라 JRP-WIM 설비를 카테고리 I 및 II의 도로에 적용이 가능
- OIML R 134-1 2006 따르면 WIM 센서 플랫폼의 온도제한은 영하 10도에서 영상 40도까지의 온도범위로 명시
- 카자흐스탄의 기후는 대륙성 기후로, 가장 추운 1월의 평균기온은 -19 ~ -2℃이며, 해당 지역의 최저온도는 -52 ~ -44℃임
- 가장 따뜻한 7월의 평균 기온은 +18 ~ 27℃로, 7월의 최고 기온은 +40 ~ 45℃ 임
- OIML R 134-1: 2006 3.7.3 조항에 따라, 온도가 낮은 기후 조건에서 WIM 센서 플랫폼의 작동이 필요한 경우, 생산하는 업체는 효율적인 작동을 보증할 수 있도록 보온 장비를 설치해야 할 것을 명시함

나. 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발

1) 극저온용 특수 로드셀 개발

- 현지 극저온의 온도에서 원활한 동작을 위하여 기존 로드셀의 현지 사양화 스펙변경 작업을 수행

① 광대역 온도 보상 출하입력

- 극저온용 로드셀 광대역 온도보상 기술을 적용
- 온도 보상의 범위를 기존 $-10 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow -40 \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 사이로 변경하여 출하 시 온도 보상 데이터를 모두 입력
- Zero value와 Output Value를 기존 $0.15 \Rightarrow$ 신규 $0.05\text{ \%R.O./}10^{\circ}\text{C}$ 로 낮춤
- 온도에 따른 출력편차를 확인하기 위하여 향후 공인시험기관에 의뢰하여 온도별 재하시험을 수행

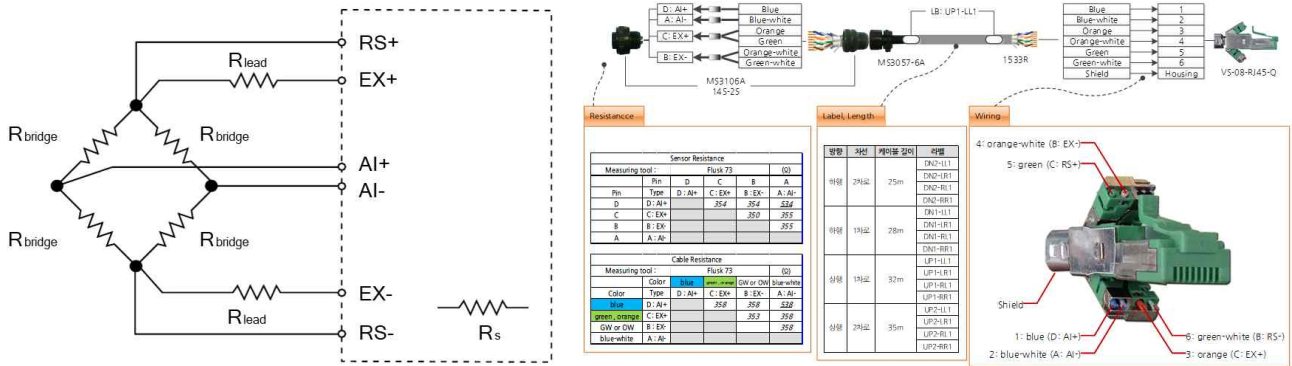
[표 14] 극저온용 특수 로드셀 특성

Picture	Specifications	Unit	Value
	[Output]		
	Capacity	tf	22.3
	Rated output	mV/V	3.0
	Zero Balance	mV/V	0.0 ± 0.05
	Combined Error	%R.O	0.05
	Repeatability	%R.O	0.05
	Creep for (30 min)	%R.O	0.1
	Material	type	Nickel Plated Steel
	[Temperature effect on]		
	Zero value	%R.O/ 10°C	0.05
	Output Value	%R.O/ 10°C	0.05
	Compensated Temp.Range	$^{\circ}\text{C}$	$-40 \sim 60$
	Operating Range	$^{\circ}\text{C}$	$-45 \sim 80$
	[Exitation]		
	Recommended	V	5
	Maximum	V	12
	[Resistance]		
	Input	Ω	760 ± 30
	Output	Ω	700 ± 7
	Insulation	M Ω	$>2000@50\text{V DC}$
	[Connector]		
	Waterproof	IP	68
	Connectable cable	size	PVC $\Phi 8$ cable
	Pin output	-	6pin(EX+/-, AI+/-, RS+/-)
	[Cable]		
	Size	AWG	24
	Pairs	pair	4, paring twist
	Conductor material	type	Bare copper
	Shield	type	Aluminum Foil-Polyester Tape
	Insulation	type	Polyolefin

② 셉트교정 및 도선저항 보정기법 적용

- 셉트교정은 브리지 중의 한 노드에 일정하고 알려진 큰 저항(Shunt Resistor, R_s)을 연결한 다음, 그 전체 브리지 회로의 출력 값을 측정하여 계산으로 예상된 전압값과 비교, 이 비교 결과를 사용하여 이득오차를 수정하여 교정을 진행하여 보다 정밀한 측정이 가능하도록 하는 보정기법임
- 하중에 의해 발생하는 총 저항의 변화가 브릿지 사이에 전압차(AI+, AI-)를 만들어낼 때 측정된 신호 레벨은 셉트저항의 신호레벨과 비교하여 기댓값을 수정하여 이득오차를 보상하는 방법을 적용
- 또한 함체 내부와 로드셀 센서 내부의 온도 편차가 크기 때문에, 센서로부터 제어기까지 배선할 때 아날로그 신호로 먼거리를 취득하게 될 경우, 케이블의 도선 저항(R_{lead})에 의하여 발생하는 이득편차를 보상할 필요가 있음

- 로드셀 출력 케이블에서 도선 저항(R_{lead})을 보상할 수 있도록 여분의 핀을 추가하고 제어기에서 이를 측정하여 센트저항과 비교해 보상하는 방법을 할 수 있도록 적용
- 누적 하중부하에 따른 이득편차를 보상하여 항상 일정한 출력 선형성을 얻을 수 있을 것으로 기대



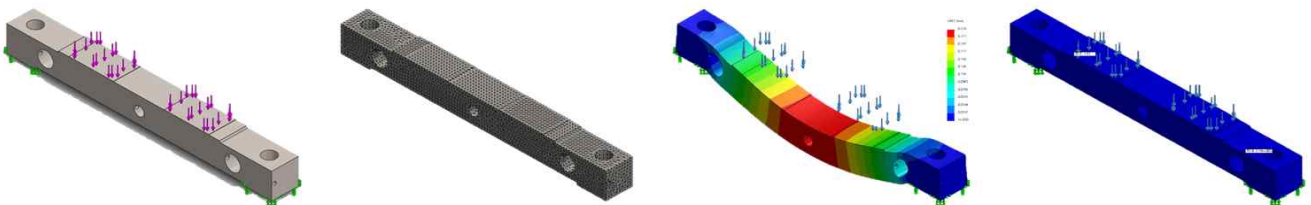
[그림 23] 센트 교정 및 도선저항 보정 기법 적용

③ 고중량에 대한 안전계수 설계변경

- CAE(Computer Aided Engineering) 분석을 수행하여 고중량 차량에 대한 안정성을 확보할 수 있도록 설계 변경
- 집중 하중을 받는 부재인 크로스빔과 로드셀 결합부분의 단면적과 높이를 증가
- 축하중 50톤 이상에도 견딜 수 있도록 설계수치를 변경하되, 스트레인게이지 부착 점점의 출력 변형률은 최대한 높일 수 있도록 최적화된 수치를 해석
- 시뮬레이션 결과, 인가하중 7tonf에서 안전계수는 기존 1.02 $\Rightarrow$ 신규 1.83 으로 나타남
- 안전계수가 100%에 해당하는 인가하중은 12.8tonf으로 나타남
- 차량 1개의 축하중에 로드셀 4기가 나누어 받는 구조이므로 축하중 51.2tonf까지 안전할 것으로 판단

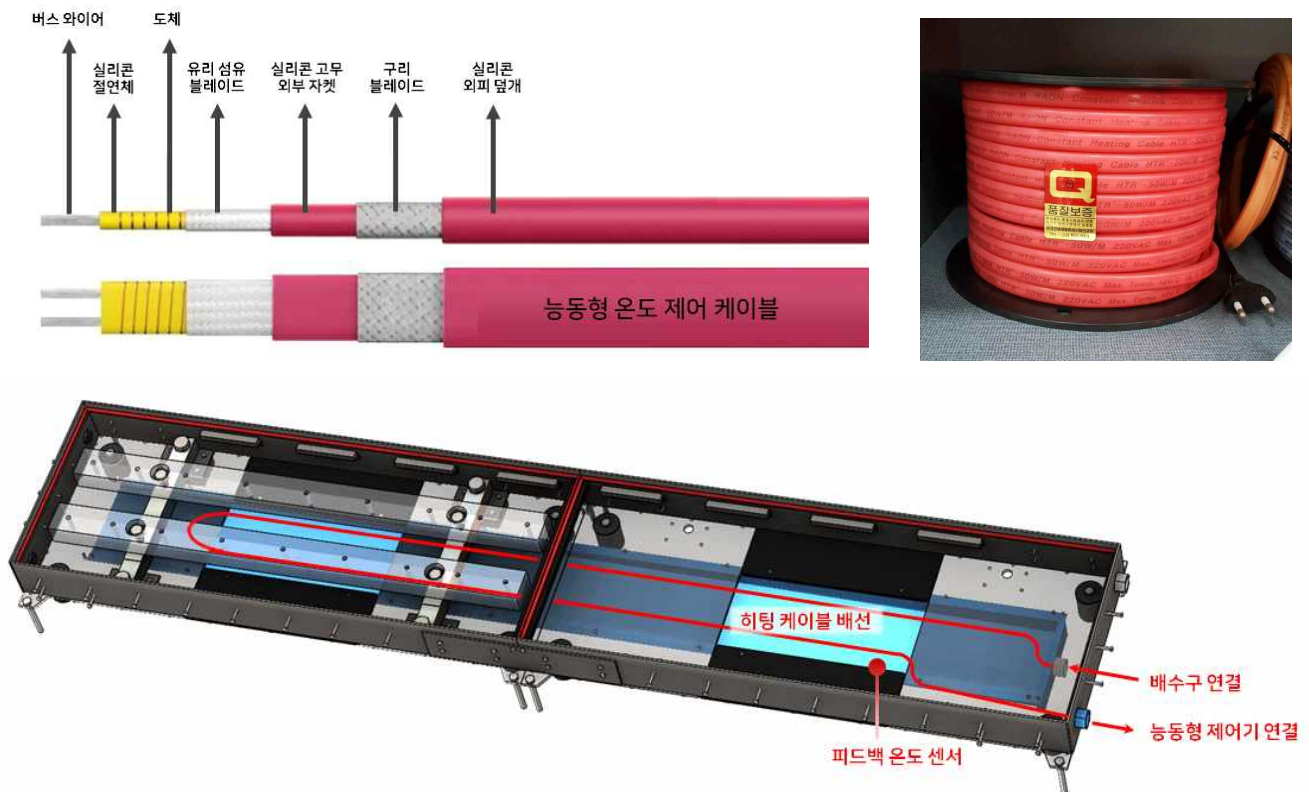
[표 15] 극저온용 특수 로드셀 CAE 분석

재질속성	메시정보	시뮬레이션 결과
■ 재질 유형: Nickel Plated Alloy Steel	■ 메시유형: 개체 메시	■ 인가하중: 7 tf
■ 모델 유형: 선형 등방성 탄성	■ 사용된 메쉬: 표준 메쉬	■ 하중적용: 크로스빔 체결 2면
■ 항복 응력: 6.20422e+008 N/m²	■ 메시품질: 고	■ 하중방향: 수직하중
■ 인장 응력: 7.23826e+008 N/m²	■ 자동 전이: 해제	■ 총 변위 최대치: 0.2363 mm
■ 탄성 계수: 2.1e+011 N/m²	■ 야코비안 포인트: 4 점	■ Y전단응력(YZ면): 162.968 N/m²
■ 포아송비: 0.28	■ 요소 크기: 6.14535 mm	■ 안전계수 최소치: 1.83077
■ 질량 밀도: 7700 kg/m³	■ 허용공차: 0.307268 mm	■ 안전계수 100 %: 인가하중 12.8 tf
■ 전단계수: 7.9e+010 N/m²	■ 총 절점수: 101,661	■ 로드셀 수량: 4 ea / 1 axle
■ 열 팽창률: 1.3e-005 /Kelvin	■ 총 요소수: 67,592	■ 축하중 51.2tonf까지 안전



2) 극저온 환경 능동형 온도 제어기술 개발

- 극저온 환경내 신형 중량센서 플랫폼의 내부온도를 일정하게 유지하여 원활한 배수가 가능하도록 설계변경 필요
- 능동형 온도제어 히팅케이블을 적용하여 플랫폼 내부와 침투수의 동결방지를 수행
- 히팅케이블은 센서플랫폼 바닥판에 고정 후 측면 온도제어기 연결구로 함체까지 배선
- 이때 화재 위험성을 대비, 플랫폼 내부에 히팅케이블의 과열방지를 위하여 별도의 온도센서를 설치
- 제어부 측에 능동형 온도제어모듈을 탑재하여 온도센서로부터 히팅케이블 발열결과를 피드백 받아서 일정하고 정확한 발열량을 제어
- 옥외함체의 경우, 파워서플라이, WIM 제어기, L2 허브, 번호인식장비 등의 내부 설치장비의 원활한 구동을 위해서는 최저 -15℃ 이상의 온도를 유지하는 것이 필요
- 카자흐스탄의 극저온 외기 온도로부터 내부 장비를 보호할 온도제어 히터를 함체하부에 탑재
- 상부의 팬을 탑재하여 하부의 히터로부터 방출된 열이 내부 대류로 인하여 균일하게 전달될 수 있도록 설계함



[그림 24] 능동형 온도 제어 히팅 케이블

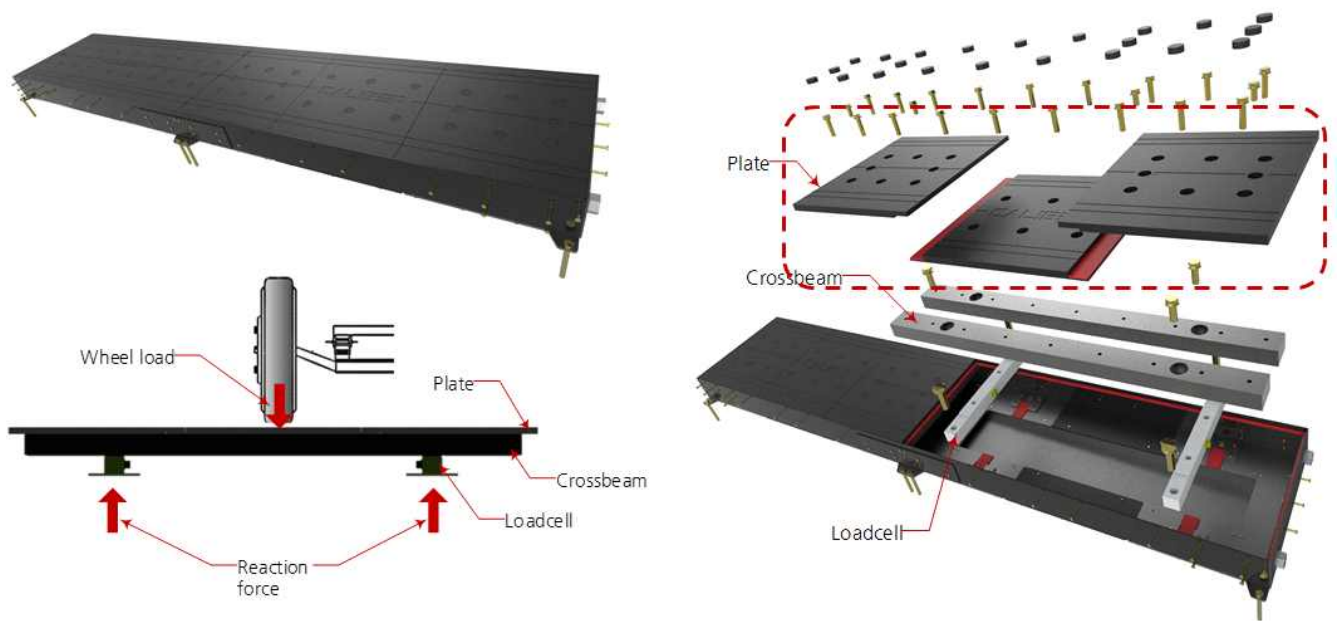


[그림 25] 능동형 온도제어 히터가 적용된 옥외함체

3) 경량 고강성복합수지 플레이트 개발

① 엔지니어링 플라스틱 재질 적용

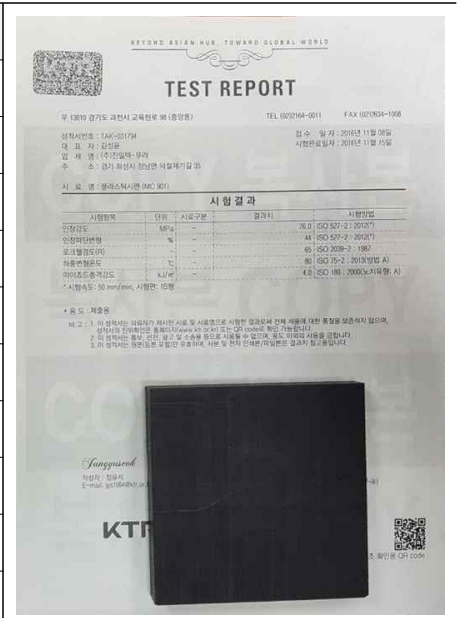
- 플레이트는 자동차 바퀴가 직접 접촉하는 부위로서, 도로표면에 노출되며 유지보수 혹은 설치 시 플레이트를 개방하여 점검 후 최종토크를 적용해서 고정하는 작업이 반드시 필요
- 따라서 주행 안정성을 확보하면서도 경량화를 통하여 작업용이성을 확보하는 것이 중요
- 기존 구조용 강 재질을 대신하여 질량밀도가 낮고 압축강도가 높은 재질로 엔지니어링 플라스틱(MC901) 적용
- 기존 재질의 경우, 플레이트 1개의 무게가 약 61.1kg으로 반드시 2인 1조로만 작업이 가능
- 신규 재질의 경우, 플레이트 1개의 무게가 약 8.9kg으로 1인 한 손으로 작업이 가능
- 1열 기준 무게는 기존 1,240kg ⇒ 신규 675kg 으로 기존 대비 약 55%의 무게로 경량화
- 카자흐스탄으로 항공 운송 시 물류비를 크게 절감할 수 있을 것으로 기대



[그림 26] 경량 고강성 복합수지 플레이트 적용

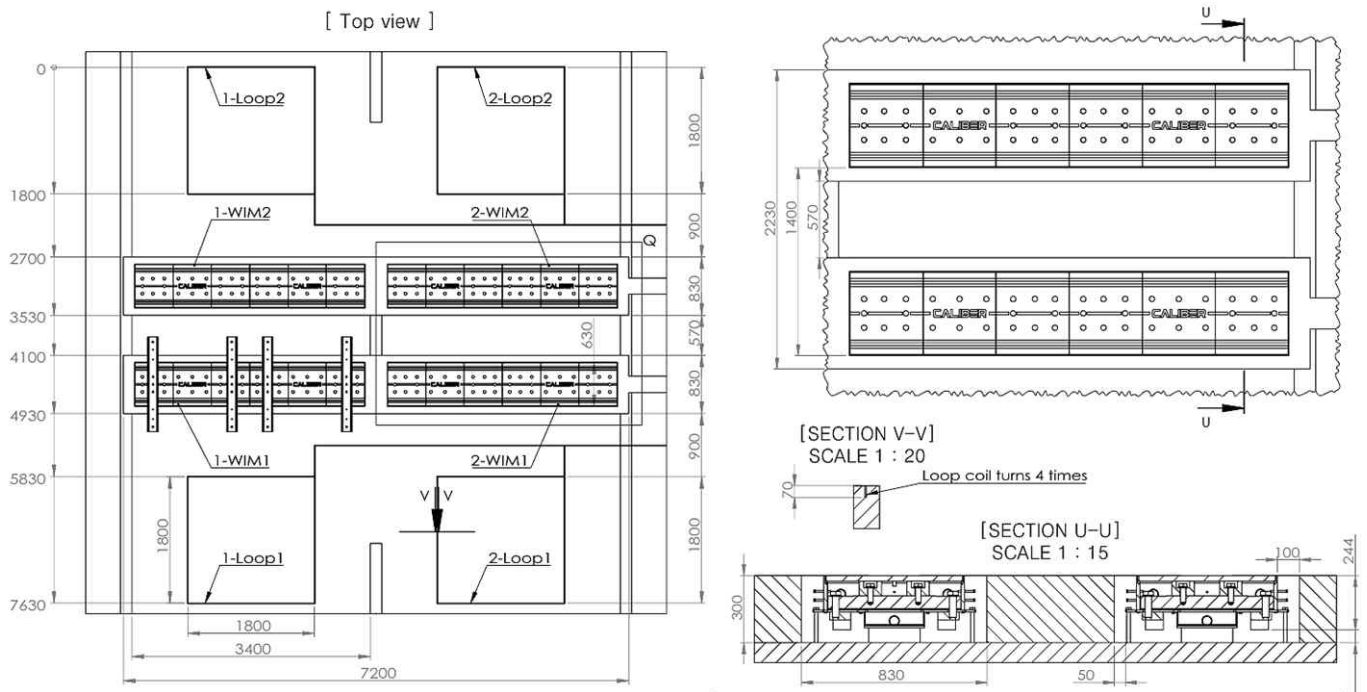
[표 16] 기존 및 신규 플레이트 재질 비교 물성 및 물성 시험 결과

재질 속성	기존	신규
재질 유형	■ AISI 1015 Steel	■ MC901
열처리	■ Cold drawn	■ Heat stabilized
탄성 계수	■ 205,000 Mpa	■ 1,600 Mpa
질량 밀도	■ 7,870 kg/m ³	■ 1,150 kg/m ³
인장 강도	■ 157 Mpa	■ 76 Mpa
표면 강도	■ 160 HB	■ Rockwell R 65
압축 강도	■ 157 Mpa	■ 103 MPa
플레이트 무게	■ 61.1 kg	■ 8.9 kg
작업성	■ 2인 1조	■ 1인 한손
1열 무게	■ 1,240 kg	■ 675 kg(기존의 약 55%)

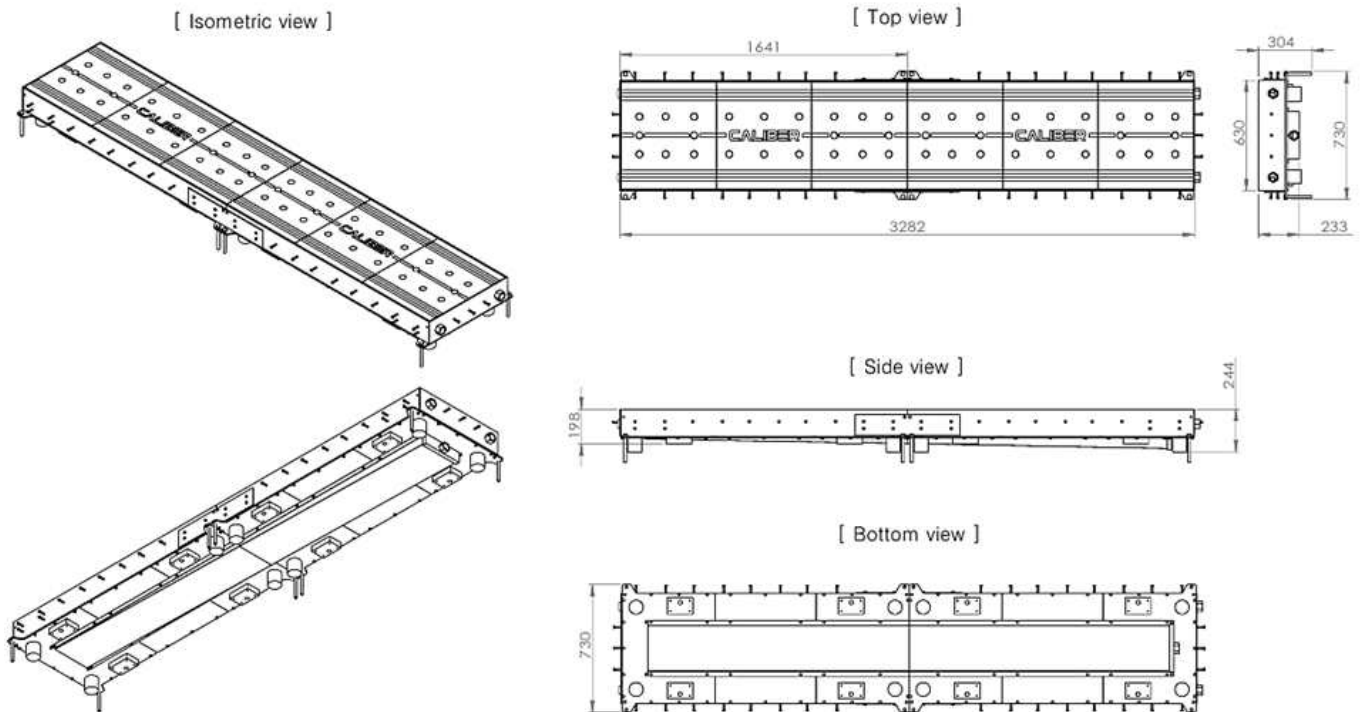


② 설계도면 작성

- 경량 고강성복합수지 플레이트 적용을 위한 피트프레임(Fit Frame) 설계 변경
- 엔지니어링 플라스틱의 판넬형태 출하제품 중 안정성 확보가 가능한 25mm 두께로 설계
- 능동형 온도제어 히팅케이블 배선을 위한 설계 반영
- 광폭덕트형 배수시스템 설계 반영



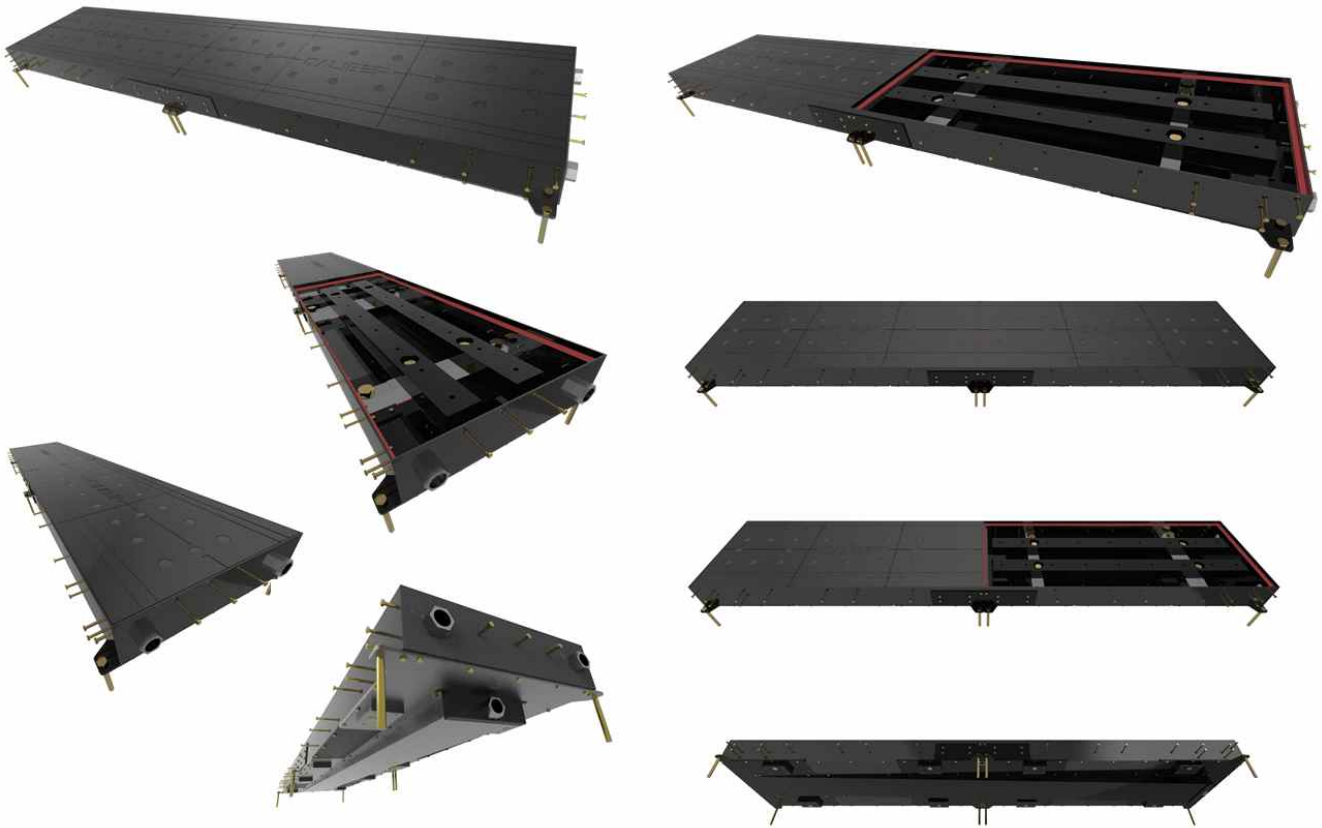
[그림 27] 설계 변경된 센서플랫폼 및 설치시공도



[그림 28] 설계 변경된 센서플랫폼 설계 도면

③ 모델 3차원 영상화(Rendering)

- 설계 변경된 센서 플랫폼의 렌더링을 수행



[그림 29] 설계 변경된 센서플랫폼 렌더링 결과

④ 실물 시제품 제작

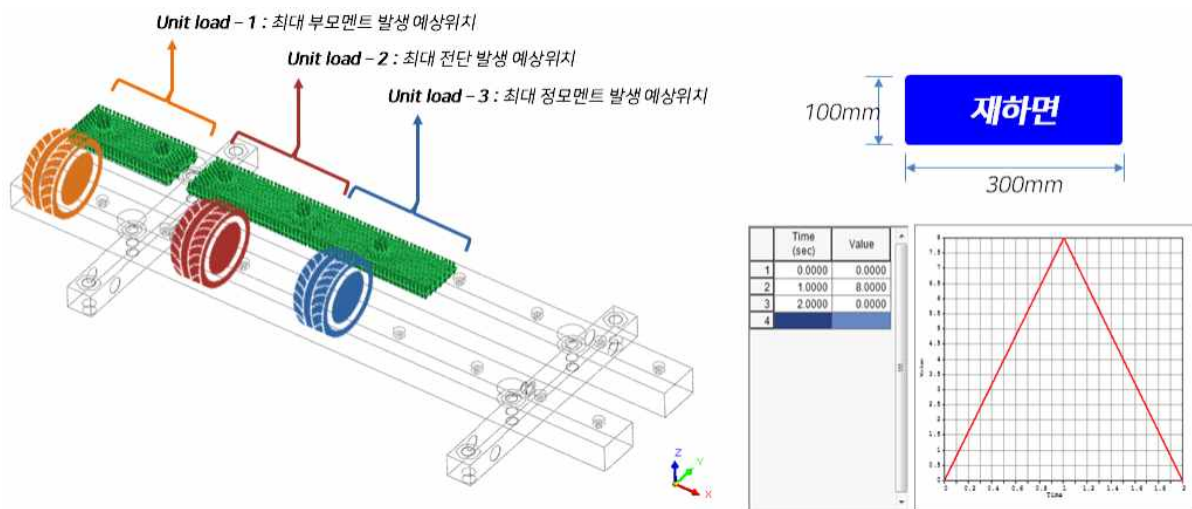
- 실제 크기로 시제품을 제작하여 가조립을 수행
- 조립오차 및 기타 조립시 문제점 등을 수정하여 도면에 반영



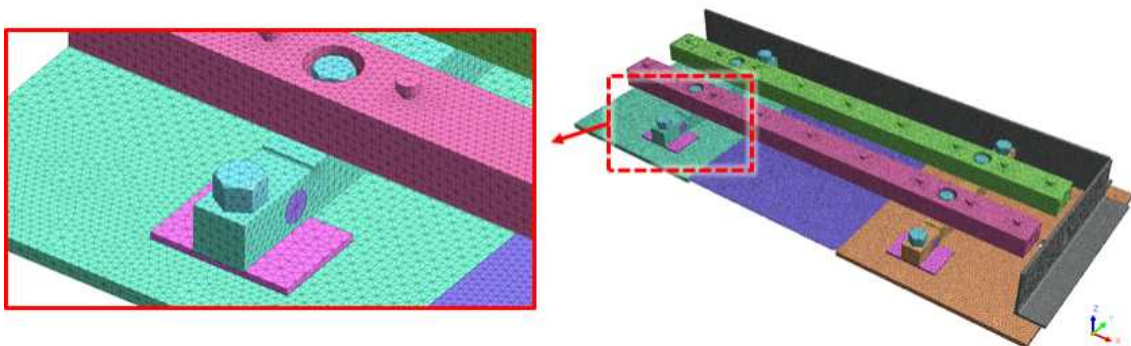
[그림 30] 중량측정 센서플랫폼 시제품

⑤ 등가단축하중 누적피로해석

- HS-WIM은 도로 상에 설치하여 사용하는 만큼 주행차량의 축하중 부하에 의하여 센서파손 또한 탈락이 일어나 인적 물적 사고로 이어질 위험이 큼
- 따라서 차량하중의 반복재하를 등가단축하중으로 적용한 누적피로해석을 통하여 안전성을 검토하는 것이 필수
- 본 해석에서는 극저온 로드셀과 경량 고강성복합수지를 적용한 플레이트의 속성, 설계변경된 피트 프레임의 구조를 반영
- 설계변경된 센서플랫폼의 제원은 W 3282 × D 630 × H 233mm 이며, 총 33개의 부품으로 구성
- 피로하중은 일정한 패턴을 가지는 하중의 반복적인 형태로 나타므로, 동적하중 이력그래프 즉, 시간에 따른 하중의 함수형식으로 정의함
- 피로해석에서 구조물에 작용하는 하중은 정적해석에서 사용된 하중에 피로하중을 곱한 값이 되므로, 피로하중이 실제 축하중일 경우 정적해석에서는 단위하중을 적용
- 피로해석 전에 수행되는 정적하중은, 실제 피로하중이 반복적으로 재하되는 위치에 단위하중을 적용
- 선정된 재하위치는 크로스빔 중앙부에 최대 부모멘트(*Unit Load1*), 정모멘트(*Unit Load3*)가 예상되는 위치와 최대 전단 발생위치(*Unit Load2*)를 선정
- 차축의 무게를 등가단축하중인 8tonf 로 가정
- 재하면은 타이어 접지면적을 고려하여 가로 300mm 세로 100mm로 가정하고 단위하중을 1tonf를 적용
- $Area = 0.3 \times 0.1 = 0.03m^2$, $Pressure = \frac{1}{0.003} = 3.33tonf/m^3$
- 기존 계측데이터를 기반으로 차량 주행속도에 의한 가중치(충격계수) 및 안전율을 고려하여 적용
- 재하위치의 입장에서 볼 때, 적용면적에 바로 상부에 바퀴가 위치하는 순간이 8tonf의 무게를 받게 되고, 그 직전과 직후에는 점진적으로 하중이 증가 또는 감소되는 것으로 모사
- 설정된 각 재료의 구조물성 및 피로물성을 적용
- 바닥면에 한하여 고정 지오메트리를 적용
- 모델해석을 위한 매쉬노드는 907,592개, 요소수는 524,994개, 평균 요소크기는 10mm로 해석진행

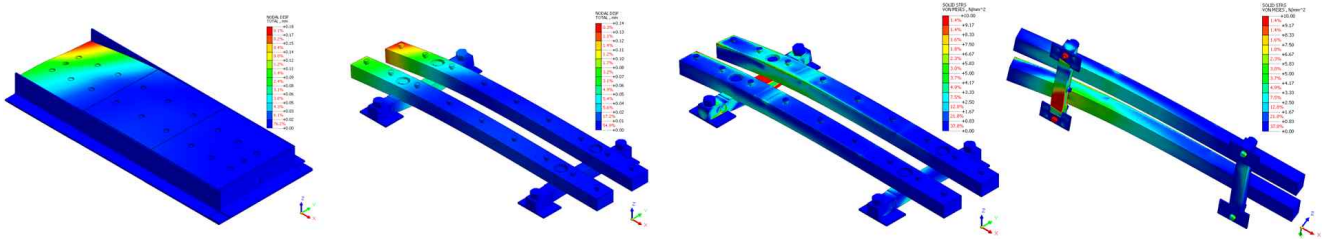


[그림 31] 해석 하중 조건



[그림 32] 매쉬 모델

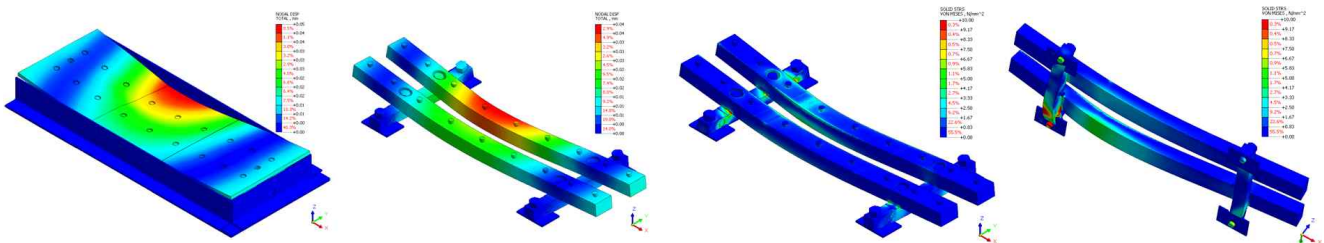
- 해석결과, $FatigueDamage = 0$ 으로 나타남, 이는 주어진 응력진폭이 피로한계 응력진폭보다 작아서 손상이 전혀 일어나지 않음을 의미
- $FatigueLifecycle = 1 \times 10^9$, 피로한계 응력진폭 이하의 응력진폭이 작용할 경우, 피로수명은 무한대로 나타남
- 피로 해석결과 크로스빔은 등가단축하중의 누적피로에 대해 무한수명을 갖는 것으로 검토



▲ 변위 해석 결과

▲ 응력 해석 결과

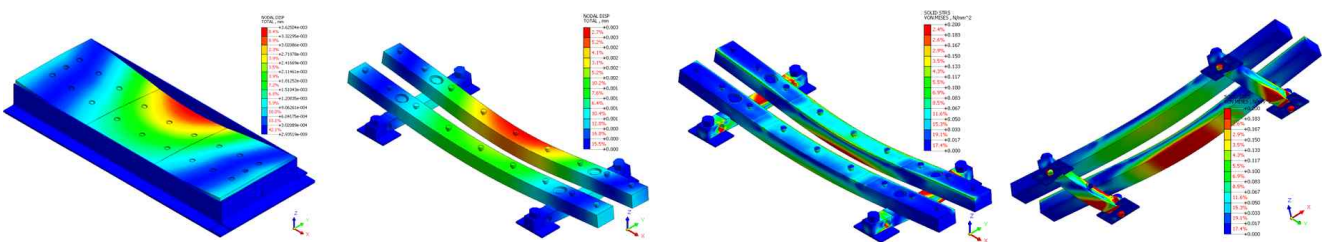
[그림 33] 해석 결과: Unit load-1(최대 부모멘트 발생 예상위치)



▲ 변위 해석 결과

▲ 응력 해석 결과

[그림 34] 해석 결과: Unit load-2(최대 전단 발생 예상위치)



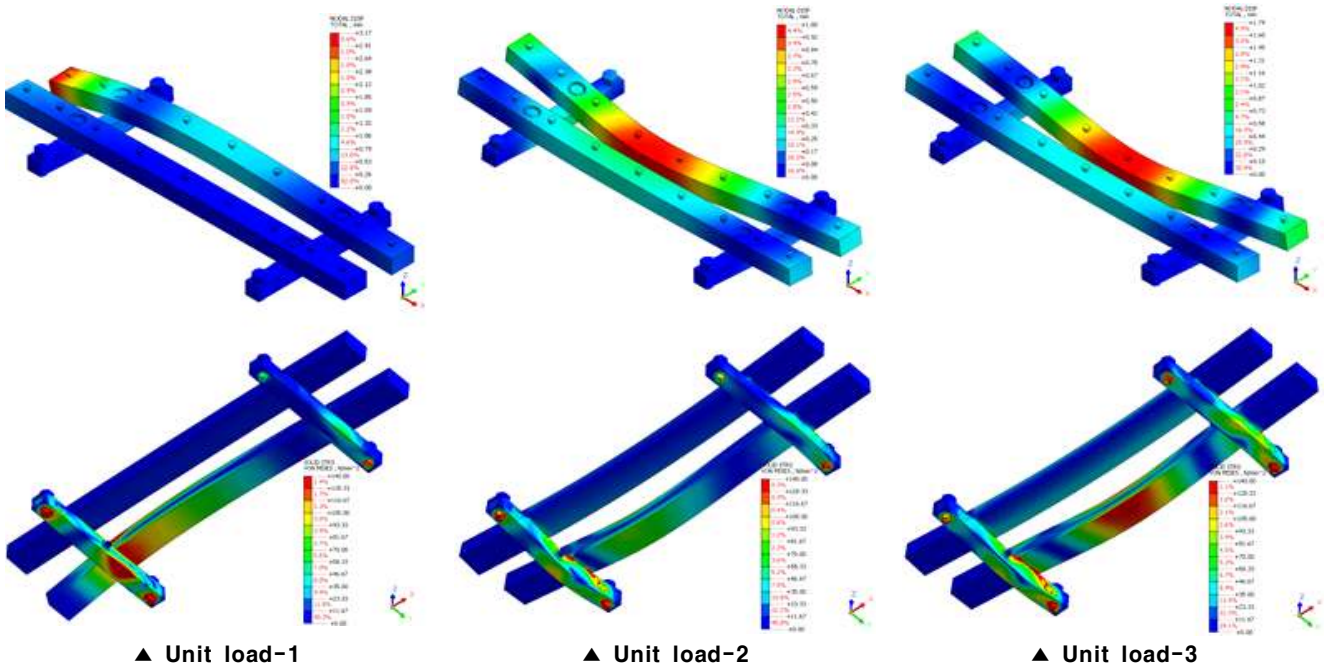
▲ 변위 해석 결과

▲ 응력 해석 결과

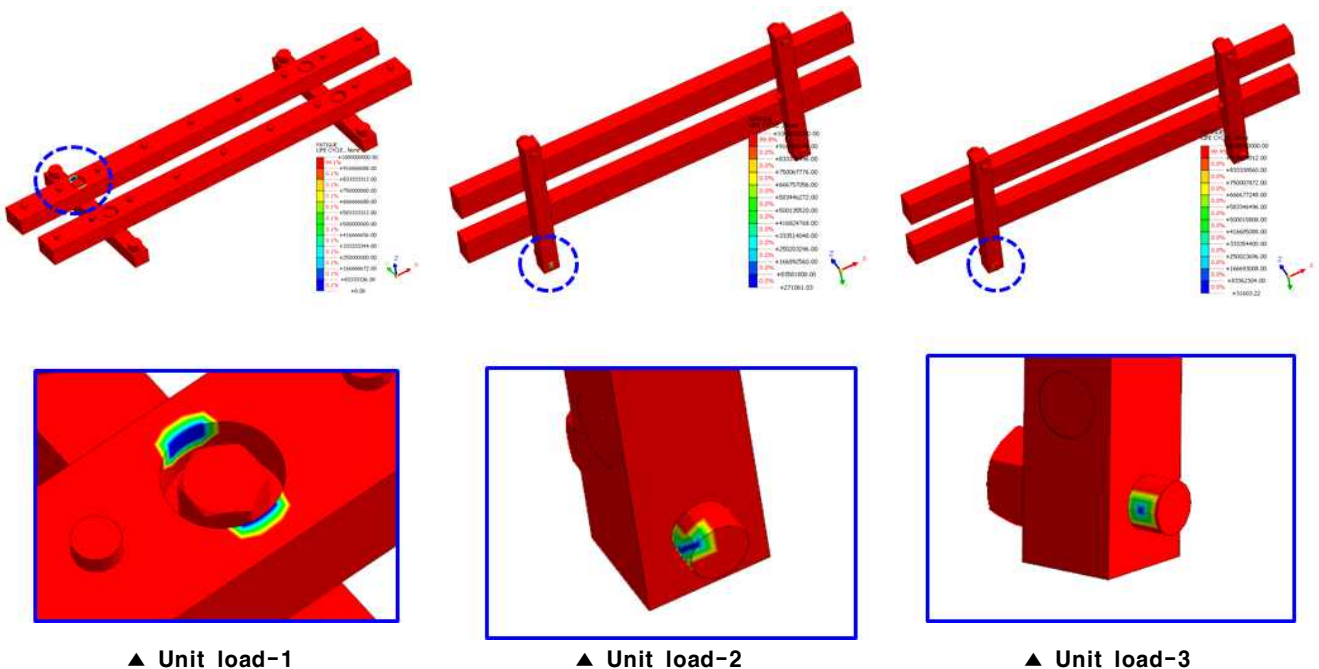
[그림 35] 해석 결과: Unit load-3(최대 정모멘트 발생 예상위치)

- 검토모델은 실제형상을 모사하기는 하였으나 상판(센터플레이트, 사이드플레이트), 베이스플레이트, 크로스플랜지, 포스트플랜지 등이 모두 모델링에 반영되고, 크로스플랜지, 포스트플랜지, 베이스플레이트 등은 모두 콘크리트에 완전고정 된다고 가정함으로써 구조물의 강성을 실제보다 크게 고려될 가능성이 존재
- 즉, 상판을 누르는 바퀴하중을 모델링에 반영된 상판, 하판, 측판 등이 분배하여 지지함으로써 관심이 되는 크로스빔의 발생응력을 줄이게 되는 효과가 발생
- 만약, 상부의 바퀴하중이 100% 크로스빔에 전달된다고 가정한다면 크로스빔의 피로한계를 보다 보수적으로 평가할 수 있을 것이라 판단하여 크로스빔을 위주로 한 검토모델에 대해 추가 피로해석을 수행
- 범용 1D-frame 해석 전용 프로그램인, Midas GEN을 이용하여 간단한 크로스빔 모델을 작성하고, 크로스빔 중앙부 300mm 폭에 8tonf의 하중을 재하하였을때 발생하는 응력을 확인하고, 크로스빔 위주의 단순화된 FEM 모델에 동일한 하중을 재하 할 경우의 응력을 비교하여 해석모델의 유사성을 확인한 후 단편화 모델의 크로스빔에 대한 피로 검토를 추가 수행

- 하중조건은 기존 검토의 하중재하 조건과 가능한 유사하게, 크로스빔 상부에 직접재하
- 재료의 S-N curve를 활용한 응력-수명 평가법을 활용한 FEM 검토함
- 크로스 빔의 단순화 모델에 대한 피로검토 결과, 크로스빔 자체는 피로하중에 대해 무한수명을 갖는 것으로 평가
- 크로스빔 자체보다 하부 지지보와의 국부적인 접합부 및 일부 볼트에서 무한수명을 갖지 않는 해석결과가 확인
- 그러나 이 결과는 FEM 검토방법의 한계인 불연속 구간에서의 응력집중현상에 기인한 것으로 보임
- 단위하중 적용 시 크로스 빔에 최대 정모멘트와 최대 부모멘트를 유발하는 하중은 Unit load-1과 Unit load-3 임
- Unit load-1 작용 시 크로스빔 중앙하부의 발생 응력은 53.7Mpa으로 나타남
- Unit load-3 작용 시 크로스빔 중앙하부의 발생 응력은 143.7Mpa으로 나타남
- 수직변형률의 경우, Unit load-3의 조건에서 가장 크게 나타났으며, 최대 -2.7% (1.74mm)으로 목표치인 5% 이내를 만족하는 결과가 나타남



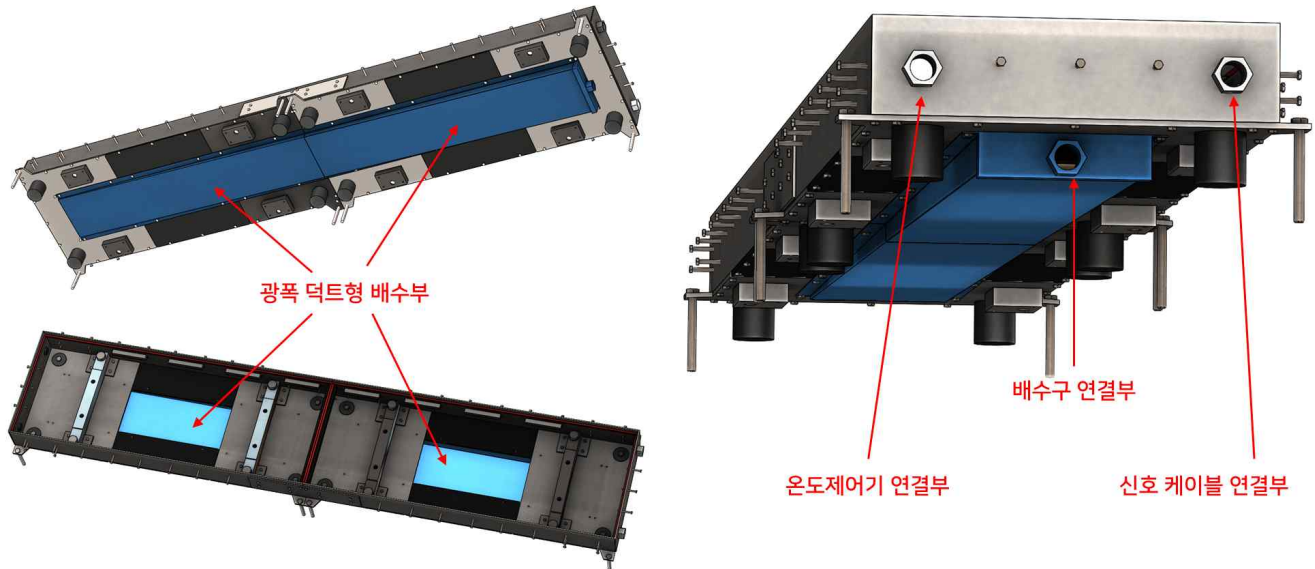
[그림 36] 크로스빔 추가 해석 결과: 변위와 응력



[그림 37] 크로스빔 추가 해석 결과: 볼트접합부 피로집중부위

4) 광폭 덕트형 배수 시스템 설계

- 카자흐스탄의 긴 동절기 동안 하중전달구조에 영향을 주지 않도록 배수시스템을 광폭형으로 설계변경함
- 기존 배수시스템은 바닥면에 수평으로 적은 양의 침투수가 배수되도록 설계되어, 동절기 동안 배수가 원활하지 않을 시 내부 결빙현상이 누적될 수 있음
- 이럴 경우, 크로스빔 하단 혹은 로드셀 하단에 결빙으로 인하여 측정소자까지 하중전달이 제대로 되지 않으면 원활한 축신포 파형을 얻기 어려우며, 이는 결국 중량 측정오차로 이어짐
- 따라서 산화방지처리가 된 EGR 재질의 폭 260mm의 덕트를 하부에 추가, 슬로프 1%로 자연배수가 가능하도록 설계
- 또한 덕트커버에 가요관이 연결되도록 탭을 추가하여 배수관로 커넥터와 연결할 수 있도록 설계함



[그림 38] 광폭 덕트형 배수 시스템 설계

다. 국내 공인인증 시험

1) 극저온 환경을 모사한 챔버에서의 온도별 센서출력 선형성 시험

① 시험 목적

- 극저온용 특수 로드셀의 성능평가
- 카자흐스탄의 외기온도에 따른 로드셀의 동작안정성 평가
- 각 시험온도 내에서 단계별 하중재하에 따른 로드셀의 출력선형성 평가

② 하중 재하 방법

- 로드셀 하단에 지그를 받치고, 재하 포인트는 상부 중앙에 위치하도록 로드셀을 UTM(Universal Test Machine) 내에 설치
- 로드셀 커넥터와 인디케이터를 연결하고 전원을 인가하여 디스플레이 표출 상태를 확인
- 0ton에서 최대 5ton까지 1ton 단계로 하중을 재하
- 재하된 하중에 따라 디스플레이에 표출되는 하중값(tonf)을 기록

③ 온도 제어 방법

- 위의 하중재하 시험을 극저온에서 최대온도, 중간온도로 나누어 수행
- 한국건설생활환경시험 연구원에서 시험이 가능한 챔버 최저 온도인 -30℃와 60℃ 사이로 온도 범위를 설정
- 해당 온도 범위를 30℃간격으로 나누어 -30℃, 0℃, 30℃, 60℃ 4단계로 분류
- 환경 챔버 내 로드셀을 위치한 후, 각 설정 온도 내에서 2시간 동안 열평형을 이루도록 방치
- 시편을 꺼낸 후 5분 이내에 하중재하 시험을 수행



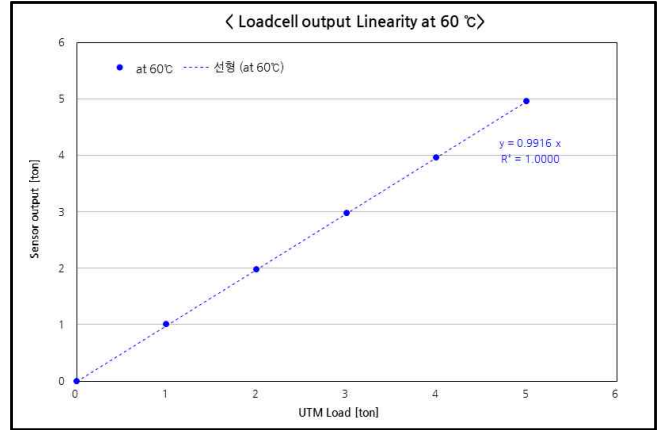
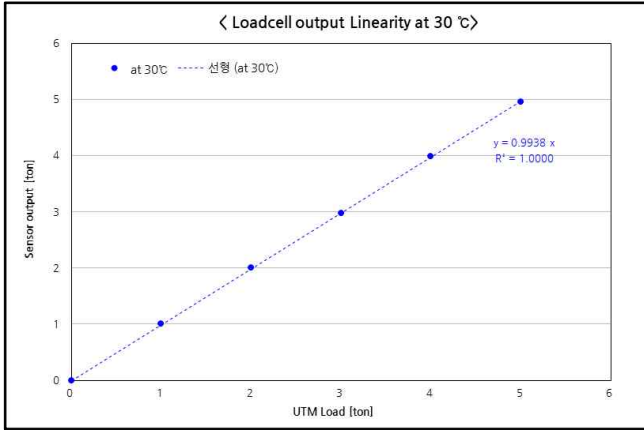
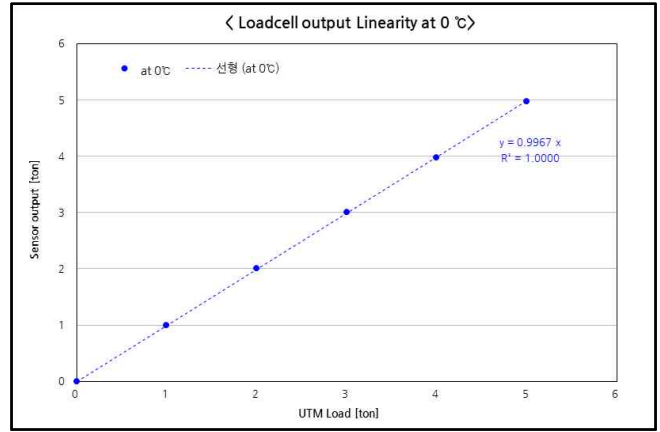
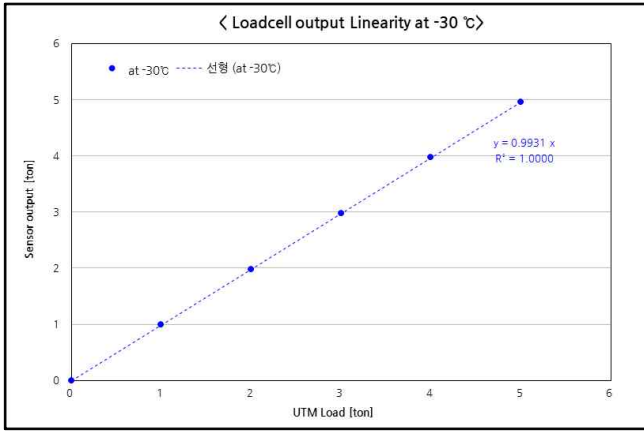
[그림 39] 한국건설생활환경시험연구원 로드셀 성능평가 수행절차

2) 시험 결과

- 시험결과, 온도별 출력의 선형성은 $R^2 = 0.99$ 로 나타나, 성과목표 성능인 0.96 이상을 만족함
- 극저온용 특수 로드셀은 카자흐스탄의 외기온도 환경에서도 출력선형성 및 동작안정성이 확보될 것으로 평가됨

[표 17] 온도별 재하시험 결과 데이터

시험 케이스	시험항목	단위	시험방법	시험결과	비고
1	로드셀 출력값(-30℃, 2시간, 1 000 kg)	ton	(1)	1.00	-
2	로드셀 출력값(-30℃, 2시간, 2 000 kg)	ton	(1)	1.98	-
3	로드셀 출력값(-30℃, 2시간, 3 000 kg)	ton	(1)	2.98	-
4	로드셀 출력값(-30℃, 2시간, 4 000 kg)	ton	(1)	3.98	-
5	로드셀 출력값(-30℃, 2시간, 5 000 kg)	ton	(1)	4.96	-
6	로드셀 출력값(0℃, 2시간, 1 000 kg)	ton	(1)	1.00	-
7	로드셀 출력값(0℃, 2시간, 2 000 kg)	ton	(1)	2.00	-
8	로드셀 출력값(0℃, 2시간, 3 000 kg)	ton	(1)	3.00	-
9	로드셀 출력값(0℃, 2시간, 4 000 kg)	ton	(1)	3.98	-
10	로드셀 출력값(0℃, 2시간, 5 000 kg)	ton	(1)	4.98	-
11	로드셀 출력값(30℃, 2시간, 1 000 kg)	ton	(1)	1.00	-
12	로드셀 출력값(30℃, 2시간, 2 000 kg)	ton	(1)	2.00	-
13	로드셀 출력값(30℃, 2시간, 3 000 kg)	ton	(1)	2.98	-
14	로드셀 출력값(30℃, 2시간, 4 000 kg)	ton	(1)	3.98	-
15	로드셀 출력값(30℃, 2시간, 5 000 kg)	ton	(1)	4.96	-
16	로드셀 출력값(60℃, 2시간, 1 000 kg)	ton	(1)	1.00	-
17	로드셀 출력값(60℃, 2시간, 2 000 kg)	ton	(1)	1.98	-
18	로드셀 출력값(60℃, 2시간, 3 000 kg)	ton	(1)	2.98	-
19	로드셀 출력값(60℃, 2시간, 4 000 kg)	ton	(1)	3.96	-
20	로드셀 출력값(60℃, 2시간, 5 000 kg)	ton	(1)	4.96	-



[그림 40] 로드셀 온도별 재하시험 결과 그래프

the way to trust KCL

시험성적서

1. 성적서 번호 : QJ19-01510K

2. 의뢰자

○ 업체명 : (주)유디엔에스

○ 주소 : 경기도 용인시 수지구 신수로 757, 에이동 22호 (동전동, 분당수지 유단위)

3. 시험기간 : 2019년 09월 27일 ~ 2019년 11월 12일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처 제출

5. 시료명 : JRP-WM Scale Loadcell Sensor

6. 시험방법

(1) 의뢰자재시험법

확인 작성자 서장하 기술책임자 노영태

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법 환경에 따라 정해진 용도에 대한 용도를 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 총칭, 전칭, 광고 및 소용량으로 사용할 수 없으며, 별도 약어의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부부분을 일괄하여 사용할 결과는 인정할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.co.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 12일

한국건설생활환경시험연구원

결과문의 : 02-503 서울특별시 관악구 개산디지털로 106 (가산동) 1212 (02)2102-9732

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : QJ19-01510K

7. 시험결과

1) JRP-WM Scale Loadcell Sensor

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비고
로드셀 출력값(-30 °C, 2 시간, 1,000 kg)	ton	(1)	1.00	-
로드셀 출력값(-30 °C, 2 시간, 2,000 kg)	ton	(1)	1.98	-
로드셀 출력값(-30 °C, 2 시간, 3,000 kg)	ton	(1)	2.98	-
로드셀 출력값(-30 °C, 2 시간, 4,000 kg)	ton	(1)	3.98	-
로드셀 출력값(-30 °C, 2 시간, 5,000 kg)	ton	(1)	4.98	-
로드셀 출력값(0 °C, 2 시간, 1,000 kg)	ton	(1)	1.00	-
로드셀 출력값(0 °C, 2 시간, 2,000 kg)	ton	(1)	2.00	-
로드셀 출력값(0 °C, 2 시간, 3,000 kg)	ton	(1)	3.00	-
로드셀 출력값(0 °C, 2 시간, 4,000 kg)	ton	(1)	3.98	-
로드셀 출력값(0 °C, 2 시간, 5,000 kg)	ton	(1)	4.98	-
로드셀 출력값(30 °C, 2 시간, 1,000 kg)	ton	(1)	1.00	-
로드셀 출력값(30 °C, 2 시간, 2,000 kg)	ton	(1)	2.00	-
로드셀 출력값(30 °C, 2 시간, 3,000 kg)	ton	(1)	2.98	-
로드셀 출력값(30 °C, 2 시간, 4,000 kg)	ton	(1)	3.98	-
로드셀 출력값(30 °C, 2 시간, 5,000 kg)	ton	(1)	4.98	-
로드셀 출력값(60 °C, 2 시간, 1,000 kg)	ton	(1)	1.00	-
로드셀 출력값(60 °C, 2 시간, 2,000 kg)	ton	(1)	1.98	-
로드셀 출력값(60 °C, 2 시간, 3,000 kg)	ton	(1)	2.98	-
로드셀 출력값(60 °C, 2 시간, 4,000 kg)	ton	(1)	3.98	-
로드셀 출력값(60 °C, 2 시간, 5,000 kg)	ton	(1)	4.98	-

▶ 의뢰자재시험법 : 용량범위를 각 온도조건으로 배정된 후 시료를 용해액 2 시간 방치시킨다. 2 시간이 지나면 10 분 이내로 안정화 시합가치를 이용하여 시료에 현충을 가한다. 각 조건의 허용에 도달할때까지 30 초간 유지시킨다. 그후 로드셀 출력값을 평균화 기록한다.
- 온도조건 : (-30 ± 2) °C, (0 ± 2) °C, (30 ± 2) °C, (60 ± 2) °C
- 시험하중 : (1,000 ± 10) kg, (2,000 ± 10) kg, (3,000 ± 10) kg, (4,000 ± 10) kg, (5,000 ± 10) kg
- 시험속도 : 5 mm/min

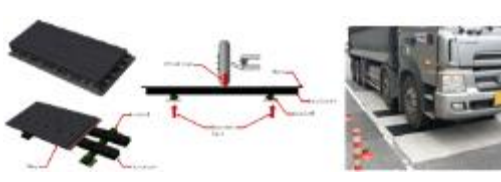
[그림 41] 한국건설생활환경시험연구원 공인성적서 발급

라. 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발

1) 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발

- 고속측중기는 측중센서의 폭과 차량의 타이어 접지면의 크기에 따라서 크게 스트립(Strip) 타입과 매트(Mat)타입으로 나뉨
- 스트립 타입의 대표적인 측중센서로는 피에조-쿼츠(Piezo-quartz) 타입의 바(Bar)형 센서가 있음
- 매트 타입으로는 로드셀(Loadcell) 타입과 스트레인게이지(Straingauge) 타입의 벤딩 플레이트(Bending Plates)형 센서가 있음
- 그 외에 광섬유 및 피에조세라믹 등의 타입도 있으나 오차율 한계 및 내구성 문제로 인하여 세계적으로 널리 적용되지는 못하고 있음

[표 18] 고속측중기 주요 센서 타입에 대한 비교

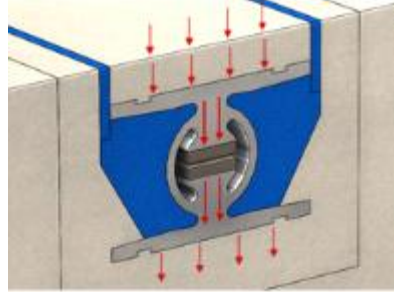
주요 성능 지표	K사의 WIM 제품 (스트립 타입)	UDNS's JRP-WIM (매트 타입)
사진		
타입	Piezo quartz	Strain gauge (Loadcell)
측정 원리	차량의 바퀴 하중 일부분에 의해 발생하는 노면의 압력	차량의 바퀴 전체 하중에 의해 발생하는 물리적 변형률
정확도 / 가격	COST323 A5-B10(총중량 오차 5-7%)/ 고가	COST323 A5-B7(총중량 오차 5-7%)/ 중저가
온도 영향성	온도 영향 큼 (포장체와 일체 거동)	온도 영향 적음 (바퀴 전체 하중 측정)
속도 범위 및 영향성	31-200km/h(적분형 알고리즘), 속도 영향 큼	1-200km/h(첨두형 알고리즘), 속도 영향 적음
주행 인지성	정지/이탈/회피 주행 및 차륜 감지 불가 (추가 차륜감지 센서 필요)	정지/이탈/회피 주행 및 차륜 감지 가능 (추가 차륜감지 센서 불필요)
시공성	1-2일	3-4일
기타	도로 조건(직선구간, 하부구조물, 평탄성) 영향 큼, 센서 교체 불가	다양한 포장 종류/노면상태/차종에 적용 가능, 센서 교체 가능

① 스트립타입 센서용 적분형 중량환산 알고리즘

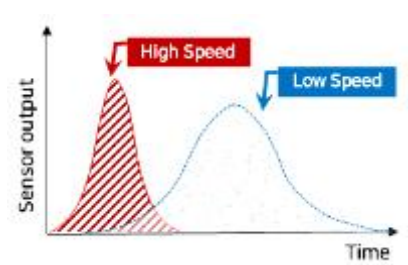
- 스트립 타입의 대표적 센서인 피에조쿼츠 타입은 차량 하중에 의한 압력이 수정(水晶) 소자에 의해 전하로 변환되고 이를 측정하여 하중으로 환산하는 방식을 사용
- 센서의 폭도 50mm로 소형화 가능하여 노면 포장 내에 매립시공이 가능한 크기
- 수정 소자의 전기적 출력 특성이 매우 안정적이므로 중량환산 시 높은 정확도를 기대 가능
- 그러나 소재 자체가 고가이며, 현재 세계적으로 스위스의 K사에서만 독점생산
- 유지보수 발생 시 센서의 교환이나 수리가 불가능하여 반드시 교체 재시공을 해야 하는 단점이 있음
- 스트립 타입의 경우, 측중센서가 소형이기 때문에 센서의 폭이 타이어 접지면 면적보다 작아 센서에 재하되는 축하중은 타이어 접지면에서 노면으로 분산된 축하중의 일부임
- 축하중의 일부를 압력 형태의 응답신호로 수집하는 특성으로 인하여 스트립 타입 측중센서는 주로 적분형 중량환산 알고리즘을 사용
- 적분형 중량환산 알고리즘은 짧은 순간에 나타나는 응답신호 파형의 면적을 취하는 방법으로 정밀한 속도변수를 포함하여야 하며, 정확도는 비교적 높음
- 그러나 일정한 속도로 주행하지 않는 경우, 즉 속도변수에 영향을 줄 수 있는 가속 및 감속 주행이나 저속으로 주행하는 경우와 측중 센서를 차선에 여러개의 열로 배치하지 못하여 정확한 속도 변화를 측정하지 못한 경우에는 오차가 크게 나타나는 단점이 있음
- 적분형 알고리즘의 경우 속도변수에 따라 좌우되는 정확도 오차를 줄이는 것이 중요



(ㄱ) 스트립타입 WIM 센서



(ㄴ) 스트립타입 WIM 센서 단면



(ㄷ) 적분형 중량환산 알고리즘 예시

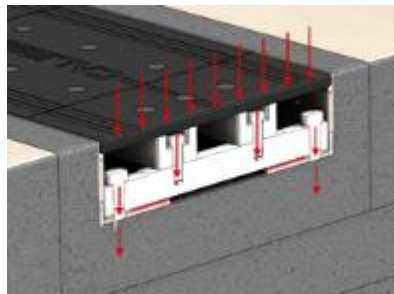
[그림 42] 스트립타입 WIM 센서와 적분형 중량환산 알고리즘

② 매트타입 센서용 침두형 중량환산 알고리즘

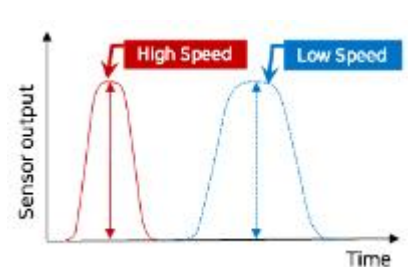
- 매트 타입의 대표적 축중센서인 로드셀 및 스트레인게이지는 플레이트로 전달되는 차량 하중에 의하여 발생하는 반력이나 응력을 로드셀이나 스트레인게이지로 직접 측정하는 방식을 사용
- 센서의 폭은 300mm 이상으로 크기가 상대적으로 큼
- 따라서 노면의 평탄도 및 구배에 맞도록 시공 품질을 높이는 것이 중요하며 시공 난이도가 높음
- 그러나 센서의 가격이 저렴하고 유지보수 발생 시 교환이 가능하다는 장점이 있음
- 크기가 크기 때문에 접지면이 모두 센서에 접촉되며 재하되는 축하중은 센서 응답신호의 크기와 비례
- 따라서 축하중 환산에 하중에 의한 응답신호의 크기를 손쉽게 측정할 수 있는 침두(尖頭)형 중량환산 알고리즘을 주로 사용
- 이 알고리즘은 짧은 순간에 나타나는 응답신호 파형의 침두값 혹은 그 평균을 취하는 방법
- 침두형 알고리즘은 단순하지만 일반적으로 정확도는 적분형 알고리즘에 비하여 비교적 낮음
- 그 이유는 축중 센서로부터 차량의 축하중에 해당하는 응답 신호를 수집할 때, 깨끗한 신호파형을 얻어야만 침두값을 취할 때의 높은 정확도를 확보할 수 있기 때문
- 그러나 매트 타입의 경우, 주행 중인 차량의 바퀴 전체가 지면에 설치된 센서 위를 접촉하게 되므로 주행 중인 차량에서 발생 되는 진동이 그대로 전달되어 깨끗한 신호 파형을 얻기가 어려움
- 한편 속도변수를 환산에 포함하지 않기 때문에 가속 및 감속 주행, 혹은 저속으로 주행하는 경우에도 적분형 알고리즘보다 정밀한 측정이 가능하다는 장점이 있음



(ㄱ) 매트타입 WIM 센서



(ㄴ) 매트타입 센서 단면



(ㄷ) 침두형 알고리즘 예시

[그림 43] 매트타입 WIM 센서와 침두형 중량환산 알고리즘

- 본 연구에서는 고속축중기의 센서 타입에 따라 수행되는 기존 적분형 및 침두형 중량환산 알고리즘의 단점을 분석하여 개선 방향을 제시
- 특히 매트 타입의 센서에 적용할 수 있는 새로운 융합형 알고리즘을 고안하여 정확도 향상 효과를 분석함

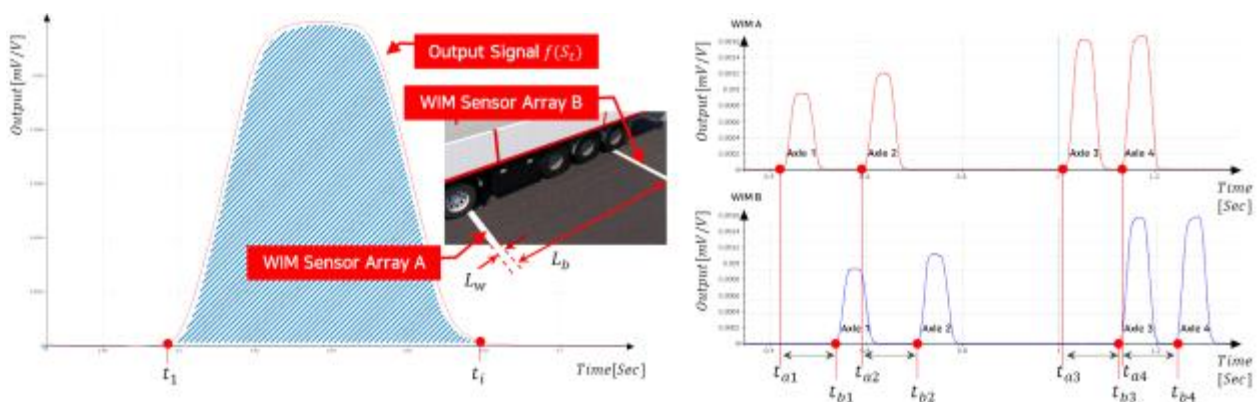
③ 스트립타입 센서용 적분형 중량환산 알고리즘 개선

- 적분형 알고리즘의 경우, 주행 차량의 속도는 복수의 열로 배치된 축중센서 사이의 거리와 응답신호 파형의 트리거 시간차로 구함
- 이때 가속 및 감속주행 혹은 저속주행의 경우, 센서들 사이를 통과할 때의 속도차 때문에 첫 번째 축과 마지막 축의 계산된 속도 파라미터는 다를 수 있음

- 속도 파라미터가 다를 경우, 적분형 알고리즘에 차량의 속도를 계산된 1개의 변수로 반영하게 되면 각 축 별 속도 차이만큼 중량 오차가 발생
- 따라서 본 연구에서는 가속 혹은 감속에 의한 오차를 줄이기 위하여 속도변수를 연산할 때 각 축 별 속도를 개별적으로 추출하고 이를 적분형 알고리즘에 적용하는 방법을 고안함
- 개선된 적분형 중량환산 알고리즘의 수식은 아래와 같음

$$W = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} f(S_i) dt}{L_w} \times \frac{L_b}{\Delta t_n} \times C_i, \Delta t_n = t_{b_n} - t_{a_n} \quad \text{[수식 1]}$$

- W 는 중량환산 결과값, t_i 는 i 번째 유효응답시간, $f(S_i)$ 는 WIM센서의 응답신호, L_w 는 WIM 센서의 폭, L_b 는 1열과 2열 WIM 센서의 사이거리, Δt_n 은 n 번째 축에 해당하는 응답신호파형의 측정지 시작시간 차이, C_i 는 적분형 중량환산계수
- 먼저 복수의 열로 배치된 센서의 원시응답신호를 4,000Hz로 고속 샘플링
- 1열과 2열 센서 사이의 거리와 주행차량 각 축의 응답 신호의 시작 지점과의 시간 차를 추출
- 각 축에 해당하는 파형으로부터 속도를 각각 분할 연산
- 이 속도 값을 각 축에 해당하는 센서 응답신호 적분치에 곱하여 중량을 환산
- 이럴 경우 속도 변화에 의한 오차를 저감시켜 중량측정 정확도를 향상 시킬 수 있을 것으로 예상



[그림 44] 개선된 적분형 중량환산 알고리즘

④ 매트타입 센서용 침두형 중량환산 알고리즘 개선

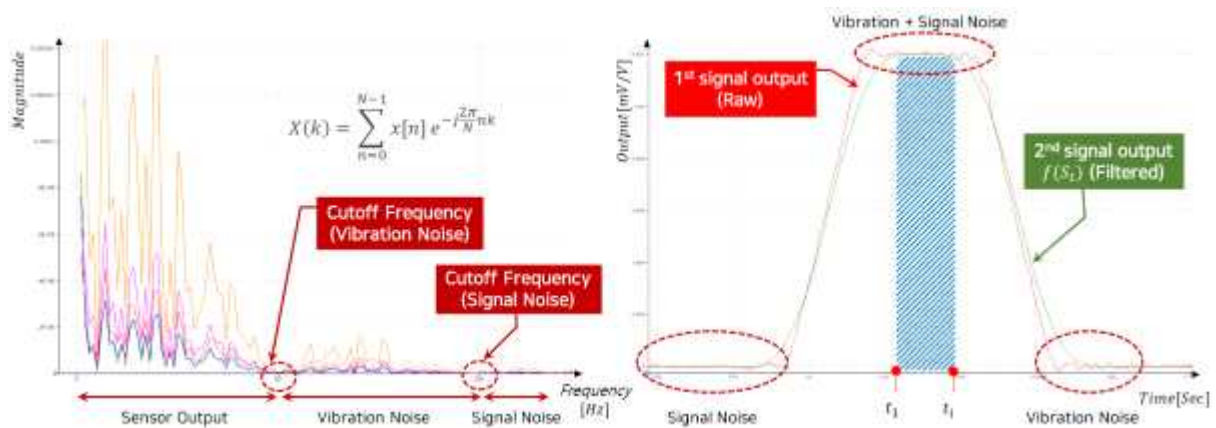
- 침두형 알고리즘의 경우, 센서응답신호의 최대값을 얻어야 하므로 주행 중인 차량의 진동과 전기적 노이즈를 효과적으로 제거하여 평평한 침두구간 신호파형을 얻는 것이 중요
- 또한 로드셀 및 스트레인게이지의 센서출력 자체가 미세한 전압 변형률을 측정하는 원리이므로 신호 자체의 노이즈를 제거하는 것 또한 필요
- 그러나 주행 차량의 형태 및 구조에 따라 발생 되는 진동 주파수가 다르고, 또한 같은 차량이라도 주행속도 및 노면의 조건에 따라서 진동의 크기와 진폭이 다르게 발생
- 이러한 하중 이외의 영향으로 얻어지는 노이즈를 제거하기 위해 일반적으로 다양한 노이즈 필터링을 적용하는데 사전 설정된 독립변수에 의해 천편일률적인 노이즈 필터링 방법을 적용하는 것은 오히려 신호파형의 왜곡을 야기할 수 있음
- 실제 수집된 원시 응답파형을 보면 침두구간 내의 신호에 차량에 의한 진동 노이즈와 신호 노이즈가 섞여 있음
- 또한 응답신호가 이상적인 상태로 취득되지 못하여 유효구간의 파형이 비대칭으로 발생되거나 노이즈가 제대로 제거되지 않은 경우, 최대치인 1개의 값을 대표값으로 취하여 하중으로 환산하는 것은 오차가 커지는 요인이 될 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 차량의 응답신호를 1차 수집 후 진동 및 신호 노이즈 주파수를 분석하여 저역필터로 제거하고, 필터링 된 2차 응답신호의 침두값으로부터 전후 평평한 침두구간을 추출하여 평균을

취하는 방법을 고안

- 개선된 침두형 중량환산 알고리즘의 수식은 아래와 같음

$$W = \frac{\sum_{t_i} f(S_i)}{i} \times C_p \quad \text{[수식 2]}$$

- 위의 수식에서 W 는 중량환산 결과값, t_i 은 i 번째 유효응답시간, $f(S_i)$ 는 필터링된 WIM 센서의 응답신호, C_p 는 침두형 중량환산계수
- 먼저 주행 차량에 의해 발생된 진동과 전기적 신호 노이즈를 필터링하기 위하여 원시응답신호를 4,000Hz로 고속 샘플링하여 1차 수집
- 수집된 1차 응답신호에 고속푸리에변환(Fourier transform, FFT)을 적용하여 응답신호 파형에 영향을 주는 신호 및 진동 노이즈를 제거하기 위한 특정 고유진동수를 추출
- 추출한 고유진동수를 이를 저역 필터링의 차단 주파수 변수로 적용하여 노이즈를 제거
- 노이즈가 제거된 2차 응답신호의 깨끗한 신호 파형으로부터 미분함수를 이용하여 평평한 침두구간 범위를 별도로 분리
- 분리된 침두구간을 평균하여 하중환산에 활용하면 중량측정 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 예상



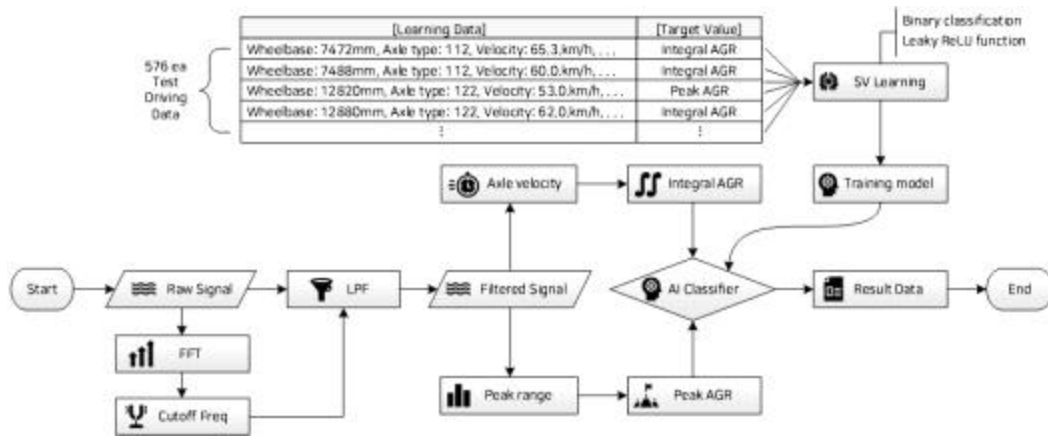
[그림 45] 개선된 침두형 중량환산 알고리즘

⑤ 매트타입 센서용 융합형 알고리즘 고안

- 스트립타입 센서는 바퀴 전체면적이 아닌 일부 면적에 의한 압력을 측정하므로 반드시 적분형 알고리즘만 적용 가능하나 매트타입 센서의 경우, 바퀴 전체면적에 의한 변형을 측정하므로 침두형 뿐만 아니라 적분형 알고리즘도 모두 적용 가능
- 그러나 이 경우 어떤 결과가 더 정확한 측정값인지 판단할 필요가 있음
- 등속주행을 하는 대부분의 경우에는 응답파형의 일부분을 취하는 침두형 알고리즘보다는 전체 응답파형이 반영되는 적분형 알고리즘을 사용하는 것이 중량 정확도를 높일 수 있음
- 그러나 주행방법에 대한 경우의 수를 살펴보면, 차량이 정차 후 주행, 회피 주행을 하는 경우, 혹은 차선변경 혹은 이탈로 주행하여 복수의 열로 배치된 WIM 센서의 1열은 비스듬히 주행하고 2열에서 마지막 축이 벗어나 주행한 경우 등 응답 신호의 축 검지가 제대로 이루어지지 않은 경우가 있을 수 있음
- 이러한 경우, 축별 속도는 정확히 연산되지 않을 수 있으며 만일 적분형 중량환산 알고리즘을 그대로 적용할 경우 오차가 크게 발생하므로 이러한 이상주행을 하는 경우에는 침두형 중량환산 알고리즘을 적용하는 것이 오히려 오차를 줄일 수 있음
- 한편 측정결과에 영향을 주는 인자로는 주행방법 외에도 온도, 차량구조, 속도 등의 다양한 경계조건이 존재함에 따라 어느 알고리즘이 더 정확한 결과가 예측되는지 전통적인 프로그래밍으로 이를 판단하기에는 무리가 있음
- 따라서 본 연구에서는 대규모 실차 주행 시험의 결과로 얻어진 다수의 검측연산결과를 입력값으로, 적분형과 침두형 알고리즘 중 정확도가 높은 결과를 타겟값으로 하는 지도학습(Supervised Learning)을 수행하여 머신러닝의 학습모델을 생성
- 그리고 생성된 학습모델을 알고리즘 분류기로 활용하여 측정된 검측결과를 기반으로 최종결과값을 선별하는 방법을 사용

- 아래 수식에서 $f(x)$ 는 생성 학습모델, x 는 지도학습을 위한 데이터
- 먼저 중량측정 정확도에 영향을 줄수 있는 인자를 분류해보면, 속도 및 가속도, 주행위치 등의 주행정보와, 축거, 축종, 윤거, 윤종, 차종분류, 데이터 수 등의 차량제원정보, 그리고 축하중, 총중량, 축하중 분배 결과 등의 중량 정보필드로 나눌 수 있으며, 모두 38개의 데이터셋으로 구성
- 각각의 데이터셋을 뉴럴네트워크의 개별 뉴런에 들어오는 입력값로 보고 적분형 알고리즘과 침두형 알고리즘을 출력값으로하는 로지스틱 회귀(Logistic Regression)의 이진분류(Binary Classification) 구조로 정의
- 학습을 위한 모델의 비선형 활성화 함수(Activation function)는 리키 렐루(Leaky ReLU)를 사용
- 학습 데이터는 정상주행과 이상주행을 모두 포함한 과거 576회의 주행시험 데이터를 활용
- 단위시험별 취득한 데이터셋 대비 상대적으로 정확도가 높은 중량환산 알고리즘을 지정하여 학습모델을 생성하였으며, 최종 생성된 모델의 손실율은 93.43%로 높은 정확도의 학습결과를 확인

$$f(x) = \max(0.01x, x) \quad \text{[수식 3]}$$



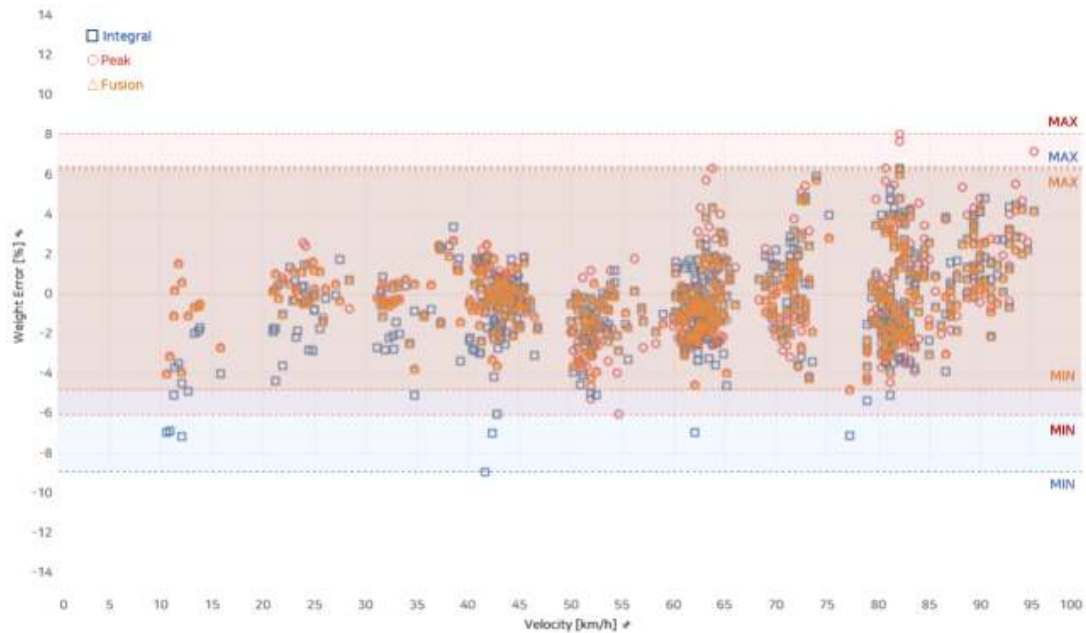
[그림 46] 매트타입 센서용 융합형 중량환산 알고리즘

⑥ 매트타입 센서용 융합형 알고리즘 검증

- 매트타입 센서용 융합형 알고리즘에 대한 검증을 위하여 알고리즘별로 분석을 수행
- 576회의 실차 주행시험 데이터를 활용하여 개선 전의 적분형, 침두형 알고리즘으로 다시 시뮬레이션하여 검측결과 값을 취득하고 이를 학습모델에 의해 생성된 융합형 알고리즘과 비교 분석
- 총중량 및 축하중의 중량 측정 정확도를 분석한 결과는 아래 표와 같음
- 10.6 ~ 95.2km/h의 전체 속도 구간에서 총중량의 경우, RMS 값은 적분형 알고리즘 2.24%, 침두형 알고리즘 2.22% 인데 비해 융합형 알고리즘은 1.80%으로 더 높은 정확도를 보임
- 총중량의 최대값 및 최소값의 경우에는 아래 그림과 같이 기존 알고리즘이 최대 8.02% ~ 최소 -8.98%의 분포를 보이는 것에 비해 융합형 알고리즘은 최대 6.30% ~ 최소 -4.83%로 기준값에 더 근접한 결과가 나타난 것을 확인

[표 19] 알고리즘별 중량오차 분석결과

Algorithm	Error Result	GVW	AOW2	AOW3	AOW4	AOW5
		[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]
Integral	RMS	2.24	3.66	4.85	4.29	3.07
	MAX	6.30	11.19	13.40	9.86	12.71
	MIN	-8.98	-12.35	-12.80	-13.86	-11.19
	STD	2.21	3.56	4.81	3.62	4.06
Peak	RMS	2.22	3.87	4.80	4.23	2.79
	MAX	8.02	12.80	15.65	9.79	10.94
	MIN	-6.07	-6.63	-12.48	-11.69	-9.83
	STD	2.20	3.62	4.75	3.49	3.44
Fusion	RMS	1.80	3.28	4.44	3.90	2.76
	MAX	6.30	11.19	13.40	9.86	10.63
	MIN	-4.83	-8.04	-10.83	-11.49	-8.41
	STD	1.79	3.07	4.39	3.30	3.40



[그림 47] 중량환산 알고리즘별 총중량 측정 정확도 비교

⑦ 실차 주행시험 데이터 분석

[표 20] 실차 주행시험 개요

시험명	고속충중기의 중량환산 알고리즘 개선효과 분석을 위한 실차 주행시험
시험목적	융합형 알고리즘 정확도 향상 효과 분석
시험장소	여수 국가산단 진입도로 중차량 중량정보 관리 시스템
시험일정	2020년 05월 31일 (일)



▲ 상행방향-매트타입 WIM



▲ 하행방향-스트립타입 WIM

시험지점 : 요도 내 과적단속시스템 상하행
회차지점

- ① 이순신 대교 홍보관 휴게소
 - ② 여수산단 월내교차로 남단 LG화학 인근
- 주행 거리 : 왕복 약 8km
왕복시간 : 10~20분



- 본 연구에서 제시한 고속측중기의 중량환산 알고리즘의 개선안과 매트형 센서에 적용되는 융합형 알고리즘의 정확도 향상 효과를 분석하기 위하여 실차 주행시험을 수행
- 시험은 2020년 05월 31일(일) 수행
- 시험은 전라남도 묘도의 이순신대교 진입로에 설치된 ‘여수국가산단 진입도로 중차량 중량정보 관리시스템’을 활용하여 진행
- 이 현장의 광양방향 상행은 매트타입 센서가, 여수방향 하행은 스트립타입 센서가 설치
- 2018년 이설평가 당시 모두 최상급의 등급평가를 받은 시스템임
- 무전기 및 GPS 관제기를 이용한 시험차량 운행거리 간격 및 안전 주행확인
- 기준 중량은 유지관리 홍보관 야외 화장실 우측도로에서 신호수 2인 배치하에 안전하게 수행
- 회차로에 신호수 2인 배치 하에 안전하게 수행

[표 21] 시험 일정

날짜	시간	내용
2020-05-29 (토) 기준중량측정	14:00	분동상차/현장이동, 주행시험시 회차로 주행 안전점검
	14:30	시험시 안전수칙 및 상세시험 방법 논의
	15:00	교정시험 차량내 시험차량 현수막 장착
	15:10	시험차량 기준중량 측정
	16:30	교정시험을 위한 시스템 동작점검
2020-05-31 (일) 주행시험	09:00	2차로 정상주행 주행시험 시작
	10:13	2차로 정상주행 주행시험 10회(좌밀착주행 3회, 중앙주행 4회, 우밀착주행 3회) 종료
	10:42	1차로 정상주행 주행시험 시작
	12:33	1차로 정상주행 주행시험 10회(좌밀착주행 3회, 중앙주행 4회, 우밀착주행 3회) 종료
	13:55	2차로 정상주행 주행시험 시작
	14:35	2차로 정상주행 주행시험 4회(좌밀착주행 3회, 중앙주행 1회) 종료
	14:40	상하행 비정상주행시험 시작
	15:35	상하행 비정상주행시험 종료
	16:00	검증결과 확인 및 철수

- 고속측중기 성능시험 항목은 차량 축하중, 총중량의 정확도, 고속측중기가 시험차량을 해당 차량으로 정확히 인식하고, 시험차량 번호와 일치하여 인식하는지 여부(매칭정확도), 중량 측정을 회피하는 차량의 번호를 정확히 측정하는지 여부(회피주행검지), 시험대상 장비의 영상인식 능력을 확인하기 위한 일반 주행차량의 번호인식여부(차량번호인식) 등이 시험의 주요 항목
- 시험방법은 국가교통체계 효율화법에서 제시하고 있는 ‘고속측중기 성능평가 기준’에서 명시한 평가방법을 준수하여 진행
- 시험 차량은 5축 이상의 연결차량과 5축 이상의 단일차량을 선정하였으며, 총중량 및 조향축을 제외한 축하중이 모두 유효중량인 8톤을 넘도록 분동(分銅)을 적재

[표 22] 시험 동원 차량종류 및 수량

차량 종류	준비차량대수	차량형태	비고
5축 1단위(가변축)	1		
5축 2단위	1		
계	2	-	

- 시험차량의 중량 기준값은 정적인 상태에서 법정계량기인 정기검사(교정)를 받은 이동식 측중기를 이용하여 중량

을 측정

- 기준값 측정은 시험 시작 전과 종료시 2회 측정하며 각 기준 중량은 동일장소에서 방향별 2회 측정하여 총 4회의 평균값을 사용
- 측정단위는 톤(ton)으로 하며 소수점 3째 자리에서 반올림한 값을 사용
- 조향측은 유효중량(운행제한기준의 80% 이상 중량, 축하중 8t 이상)이 아니므로 정확도 평가에서 제외
- 조합측의 경우, 조합측내 개별축하중의 편차는 조합측내 최대하중의 10% 이상 차이가 나지 않도록 적재
- 측정 시 평균값에서 각 회수 별 측정값 하중의 편차는 총중량 0.2%, 각 축하중 1.7% 이내로 편차 기준인 총중량 2.0%, 축하중 4.0% 이내를 만족

[표 23] 시험차량 - 1단위

	총중량	축하중 [축]				
		1	2	3	4	5
기준중량	38,775kg	7,275kg	8,650kg	11,463kg	11,388kg	
측정오차	< ±0.2%	< ±1.7%	< ±1.7%	< ±0.8%	< ±0.3%	
사진						

[표 24] 시험차량 - 2단위

	총중량	축하중 [축]				
		1	2	3	4	5
기준중량	40,575kg	6,950kg	8,675kg	8,425kg	8,263kg	8,263kg
측정오차	< ±0.2%	< ±1.4%	< ±0.3%	< ±0.3%	< ±0.2%	< ±1.1%
사진						

- 주행 시 단일차량의 경우 가변축이 장착된 차량은 가변축을 들어 올려 과적상태를 모사하여 평가
- 주행속도의 경우 시스템이 설치된 도로의 최대 제한속도 +5% ~ 최소 제한속도 -5% 내에서 주행하며, 주행여건 및 차량조건에 따라 감독관이 가감조정하여 실행
- 시험차량은 중량측정 구간을 통과할 때 정속으로 주행하여 통과하며, 중량측정 구간에서는 가감속을 하지 않고 정속주행
- 정상주행 시, 도로 내 시공된 센서의 검지 구간 내에서 차선내에서 우밀착 주행과 중앙주행, 좌밀착 주행과 같이 주행위치를 조절하여 평가
- 시험은 중량 정확도에 대한 평가로 시험시간 동안 시험차량별로 10회/차로를 주행하는 것을 원칙으로 하고, 회피주행의 경우, 시험차량별로 5회를 차로에 구분없이 주행
- 도로내 시공된 센서의 검지 구간 외로 주행하는 경우, 이를 회피주행으로 간주하고 정상주행 횟수를 추가로 수행
- 고속측중기의 중량정확도는 기준장비로 측정한 시험차량의총중량 및 축하중(단일축하중 및 조합축하중)의 기준값과 고속측중기에서 측정된 시험차량의 총중량 및 축하중(단일축하중 및 조합축하중)의 중량값을 비교하여 평가
- 시험주행 중 분동의 위치 변화로 인해 차량의 중량이 변화되지 않는 콘크리트나 철판으로 제작된 분동을 적재
- 시험 주행 전 매트타입 센서는 융합형 중량환산 알고리즘이 적용되었으며, 스트립 타입 센서는 기존 적분형 알고리즘만 활용하여 운영

[표 25] 기준중량 - 1단위 차량 (※편차는 총중량 2%, 각 축하중 4% 이내로 정상 측정됨)

측정 기준중량		1 축	2 축	3 축	4 축	5 축	6 축	총중량	그룹축1	그룹축2	그룹축3
1차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3750	4250	5650	5750			19400	11400		
	좌륵 윤중량	3650	4250	5900	5650			19450	11550		
	축하중	7400	8500	11550	11400			38850	22950		
2차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3700	4250	5700	5650			19300	11350		
	좌륵 윤중량	3700	4250	5750	5750			19450	11500		
	축하중	7400	8500	11450	11400			38750	22850		
3차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3500	4450	5600	5600			19150	11200		
	좌륵 윤중량	3650	4350	5800	5750			19550	11550		
	축하중	7150	8800	11400	11350			38700	22750		
4차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3500	4450	5600	5650			19200	11250		
	좌륵 윤중량	3650	4350	5850	5750			19600	11600		
	축하중	7150	8800	11450	11400			38800	22850		
평균 [kg]	우륵 윤중량	3613	4350	5638	5663			19263	11300		
	좌륵 윤중량	3663	4300	5825	5725			19513	11550		
	축하중	7275	8650	11463	11388			38775	22850		
오차 [kg]	1차 측정	125	-150	88	13			75	100		
	2차 측정	125	-150	-13	13			-25	0		
	3차 측정	-125	150	-63	-38			-75	-100		
	4차 측정	-125	150	-13	13			25	0		
오차 [%]	1차 측정	1.7%	-1.7%	0.8%	0.1%			0.2%	0.4%		
	2차 측정	1.7%	-1.7%	-0.1%	0.1%			-0.1%	0.0%		
	3차 측정	-1.7%	1.7%	-0.5%	-0.3%			-0.2%	-0.4%		
	4차 측정	-1.7%	1.7%	-0.1%	0.1%			0.1%	0.0%		

[표 26] 기준중량 - 2단위 차량 (※편차는 총중량 2%, 각 축하중 4% 이내로 정상 측정됨)

측정 기준중량		1 축	2 축	3 축	4 축	5 축	6 축	총중량	그룹축1	그룹축2	그룹축3
1차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3600	4400	4200	4050	4100		20350	8600	8150	
	좌륵 윤중량	3450	4250	4200	4200	4100		20200	8450	8300	
	축하중	7050	8650	8400	8250	8200		40550	17050	16450	
2차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3550	4400	4200	4050	4100		20300	8600	8150	
	좌륵 윤중량	3450	4250	4200	4200	4100		20200	8450	8300	
	축하중	7000	8650	8400	8250	8200		40500	17050	16450	
3차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3450	4400	4200	3900	4150		20100	8600	8050	
	좌륵 윤중량	3400	4300	4250	4350	4200		20500	8550	8550	
	축하중	6850	8700	8450	8250	8350		40600	17150	16600	
4차 측정 [kg]	우륵 윤중량	3500	4400	4200	3950	4100		20150	8600	8050	
	좌륵 윤중량	3400	4300	4250	4350	4200		20500	8550	8550	
	축하중	6900	8700	8450	8300	8300		40650	17150	16600	
평균 [kg]	우륵 윤중량	3525	4400	4200	3988	4113		20225	8600	8100	
	좌륵 윤중량	3425	4275	4225	4275	4150		20350	8500	8425	
	축하중	6950	8675	8425	8263	8263		40575	17100	16525	
오차 [kg]	1차 측정	100	-25	-25	-13	-63		-25	-50	-75	
	2차 측정	50	-25	-25	-13	-63		-75	-50	-75	
	3차 측정	-100	25	25	-13	88		25	50	75	
	4차 측정	-50	25	25	38	38		75	50	75	
오차 [%]	1차 측정	1.4%	-0.3%	-0.3%	-0.2%	-0.8%		-0.1%	-0.3%	-0.5%	
	2차 측정	0.7%	-0.3%	-0.3%	-0.2%	-0.8%		-0.2%	-0.3%	-0.5%	
	3차 측정	-1.4%	0.3%	0.3%	-0.2%	1.1%		0.1%	0.3%	0.5%	
	4차 측정	-0.7%	0.3%	0.3%	0.5%	0.5%		0.2%	0.3%	0.5%	

- 중량정확도는 시험차량의 총중량 및 축하중값과 고속측중기에서 수집·처리한 중량값과의 차이를 의미하며, “|100(%) - 오차백분율(PE)|” 로 산출
- (정의) 시험차량의 총중량 및 축하중 값(기준값) 대비 고속측중기가 검측한 총중량 및 축하중 값(측정값)의 차이
- (평가척도) 총중량 및 축하중의 “|100(%) - 오차백분율(PE)|”

$$PE(\%) = \frac{E}{Y} \times 100 \quad \text{[수식 4]}$$

- 여기서, E(측정값) = 유효중량 이상을 갖는 시험차량의 총중량 및 축하중이 시험대상 장비(HS-WIM)에서 측정된 값, Y(기준값) = 유효중량 이상을 갖는 시험차량의 총중량 및 축하중
- 본 평가의 활용 범위에는 고속 무인 과적단속체계가 포함됨으로 등급별 최대 허용오차범위 이내에서 시험결과의 평균값이 아닌 각 개별 시험결과가 모두 만족하도록 하여 평가의 신뢰도를 확보
- 축하중 시험시 시험차량의 축하중이 유효중량이 아닌 경우에는 평가에서 제외
 - ※ 조향축은 유효중량(운행제한기준의 80% 이상 중량, 축하중 8t 이상) 이 아닐 수 있으므로, 중량정확도 평가에서 제외

[표 27] 중량정확도 평가기준

평가항목		총중량	축하중	비고
평가등급	최상급	≥ 95%	≥ 90%	
	상급	95>, ≥ 93	90>, ≥ 85	
	중급	93>, ≥ 90	85>, ≥ 80	
	중하급	< 90%	< 80%	

- 회피주행검지율은 검지영역을 주행하는 시험차량의 좌측과 우측 바퀴가 서로 다른 차로로 주행하거나 검측 대상 차로를 벗어난 상태로 주행하는 등 회피주행 시 시험대상장비(HS-WIM)에서 이를 회피주행으로 검지하는지 여부를 평가
- (정의) 차량이 차량의 바퀴가 서로 다른 차로로 주행하거나 갓길주행 등 중량 검측을 회피하기 위한 일련의 행위
- (평가횟수) 10회 무작위 주행 원칙
- (평가내용)
 - 회피주행검지율의 평가는 중량정확도 평가 시 무작위로 10회 이상 추가하여 시험
 - 회피주행의 종류로는 중첩주행, 갓길주행 등

$$PE_A(\%) = \frac{E_A}{Z} \times 100 \quad \text{[수식 5]}$$

- 여기서, E_A = 시험차량의 회피주행을 오인식 또는 미인식(미검지 포함)한 차량 대수(영상평가시행, 중량평가 미시행), Z = 시험차량이 회피주행한 총 대수

[표 28] 회피주행 검지율 평가기준

평가항목		회피주행 검지율	비고
평가등급	최상급	≥ 90%	
	상급	90>, ≥ 80%	
	중급	-	
	중하급	-	

- 주행시험은 정상주행의 경우 차량별 차로당 10회, 회피주행의 경우 5회를 수행

[표 29] 주행시험 횟수 요약

차량종류	방향	차선	정상주행			회피주행
			총중량 시험횟수	유효측수	축하중 시험횟수	
1단위 차량	하행	1차로	10회	3개	30회	5회
		2차로	10회	3개	30회	
	상행	1차로	10회	3개	30회	5회
		2차로	14회	3개	42회	
2단위 차량	하행	1차로	10회	4개	40회	5회
		2차로	10회	4개	40회	
	상행	1차로	10회	4개	40회	5회
		2차로	14회	4개	56회	
계			88회	-	308회	20회

[표 30] 주행시험 센서 통과 시간 - 1단위 차량

구분	날짜	센서 통과 시간			
		하행		상행	
		1차로	2차로	1차로	2차로
2020-05-31(일)	정상주행				8:25
					8:37
					8:49
					9:01
			9:05		9:13
			9:17		9:25
			9:29		9:37
			9:41		9:49
			9:53		10:01
			10:05		10:13
		10:37		10:45	
		10:48		10:57	
		11:01		11:09	
		11:13		11:21	
		11:25		11:33	
		11:37		11:45	
		11:49		11:57	
		12:00		12:09	
		12:12		12:21	
		12:24		12:33	
			13:50		13:59
			14:02		14:11
			14:15		14:23
			14:26		14:35
	회피주행	14:38 (양차로)		14:47 (양차로)	
		14:50 (측대)		14:59 (측대)	
			15:02 (길어깨)		15:11 (길어깨)
			15:14 (길어깨)		15:23 (길어깨)
			15:26 (길어깨)		15:35 (길어깨)
주행 횟수 합계	정상주행	10회	10회	10회	14회
	회피주행	5회		5회	
	총합	25회		29회	
54회					

[표 31] 주행시험 센서 통과 시간 - 2단위 차량

구분	날짜	센서 통과 시간			
		하행		상행	
		1차로	2차로	1차로	2차로
2020-05-31(일)	정상주행				8:25
					8:37
					8:49
					9:01
			9:00		9:13
			9:12		9:25
			9:24		9:37
			9:36		9:49
			9:48		10:01
			10:00		10:13
		10:34		10:45	
		10:46		10:57	
		10:58		11:09	
		11:10		11:21	
		11:22		11:33	
		11:34		11:45	
		11:46		11:57	
		11:58		12:09	
		12:09		12:21	
		12:21		12:33	
			13:47		13:59
			13:58		14:11
			14:09		14:23
			14:20		14:35
	회피주행	14:31 (양차로)		14:47 (양차로)	
		14:43 (측대)		14:59 (측대)	
			14:53 (길어깨)		15:11 (길어깨)
			15:05 (길어깨)		15:23 (길어깨)
			15:17 (길어깨)		15:35 (길어깨)
주행 횟수 합계	정상주행	10회	10회	10회	14회
	회피주행	5회		5회	
	총합	25회		29회	
		54회			

- 중량정확도에 대하여 총중량 및 축하중 오차를 세부적으로 분석하면 다음과 같음
- 개선된 융합형 중량환산 알고리즘이 적용된 매트타입 고속축중기의 총중량 측정 오차율 RMS 값은 0.6 ~ 2.3%로 스트립타입의 RMS 값 1.2 ~ 3.8% 보다 더 정확한 측정결과를 보임
- 개선된 융합형 중량환산 알고리즘이 적용된 매트타입 고속축중기의 축하중 측정 오차율 RMS 값은 1.8 ~ 4.5%로 스트립타입의 RMS 값 2.2 ~ 8.2% 보다 더 정확한 측정결과를 보임
- 특히 연결차량(2단위)의 경우, 1, 2차선으로 나뉜 포장조건, 총중량, 축하중의 평가항목과 분석방법에 상관없이 모든 경우에서 스트립타입보다 매트타입이 더 높은 정확도를 확인
- 이는 차량길이가 긴 연결차량이 도로의 포장조건 및 주행조건에 대하여 더 많은 영향을 받지만, 융합형 중량환산 알고리즘이 이러한 발생 오차를 상쇄하기 때문으로 판단됨

[표 32] 중량정확도 분석결과 세부 - 하행(스트립타입)

차량	차선	분석결과	총중량	측하중 [축]			
				2	3	4	5
[Type]	[1/2]	[value]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]
1단위	1	RMS	3.1%	5.4%	3.6%	3.2%	
		MAX	5.1%	9.0%	5.2%	0.1%	
		MIN	-1.9%	-1.0%	0.3%	-6.9%	
		STD	2.4%	3.4%	1.8%	2.1%	
	2	RMS	1.2%	2.2%	6.0%	5.9%	
		MAX	2.4%	-0.2%	8.1%	-3.6%	
		MIN	-0.3%	-3.4%	3.7%	-8.1%	
		STD	0.9%	1.1%	1.4%	1.6%	
2단위	1	RMS	3.3%	6.2%	5.4%	5.1%	7.5%
		MAX	5.3%	11.6%	5.6%	8.7%	5.4%
		MIN	-3.2%	0.1%	-12.2%	2.8%	-13.3%
		STD	3.3%	3.6%	4.9%	2.0%	6.2%
	2	RMS	3.8%	4.0%	5.5%	8.1%	8.2%
		MAX	6.6%	6.1%	-0.8%	12.4%	13.4%
		MIN	-3.0%	1.1%	-12.0%	-0.5%	-3.3%
		STD	3.4%	1.4%	3.5%	5.2%	6.1%

[표 33] 중량정확도 분석결과 세부 - 상행(매트타입, 융합형 알고리즘 적용)

차량	차선	분석결과	총중량	측하중 [축]			
				2	3	4	5
[Type]	[1/2]	[value]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]	[ff.f %]
1단위	1	RMS	0.6%	3.3%	3.1%	2.5%	
		MAX	0.5%	4.6%	-2.0%	-0.7%	
		MIN	-1.4%	1.7%	-3.8%	-3.2%	
		STD	0.6%	0.8%	0.6%	0.8%	
	2	RMS	2.3%	1.8%	3.6%	3.6%	
		MAX	2.4%	3.3%	4.2%	5.8%	
		MIN	-4.2%	-2.4%	-5.6%	-5.3%	
		STD	2.2%	1.8%	3.2%	3.7%	
2단위	1	RMS	1.6%	2.9%	4.5%	2.7%	3.2%
		MAX	2.6%	4.0%	6.7%	4.3%	5.7%
		MIN	-1.9%	-2.8%	1.5%	-5.5%	-4.2%
		STD	1.7%	2.9%	1.9%	2.9%	3.0%
	2	RMS	1.2%	2.3%	3.0%	2.0%	2.2%
		MAX	2.2%	7.4%	7.3%	0.5%	0.1%
		MIN	-1.9%	-1.3%	-0.1%	-3.3%	-3.2%
		STD	1.0%	2.2%	1.9%	1.1%	1.0%

- **중량정확도 평가결과 하행(스트립타입)은 상급, 상행(매트타입, 신규알고리즘)은 최상급**의 성능을 보임
- **회피주행 검지율은 상/하행 모두 최상급**의 성능을 보임
- 단일차량 및 연결차량에 대한 결과와, 1차로 및 2차로에 대한 모든 측정 결과를 토대로 중량측정 정확도를 분석하고 이를 기준으로 평가등급을 산정
- 신규 알고리즘이 적용되지 않은 스트립타입의 고속측중기는 총중량의 경우 93.4%, 축하중의 경우 86.6%로 국내 기준 상급(총중량 95>, ≥93%, 축하중 90>, ≥85%)으로 판정
- 신규 알고리즘이 적용된 매트타입의 고속측중기는 총중량의 경우 95.8%, 축하중의 경우 92.6%로 국내 기준 최상급(총중량 ≥95%, 축하중 ≥90%)으로 판정

[표 34] 중량정확도 결과요약

정상주행		하행				상행			
		1단위 차량		2단위 차량		1단위 차량		2단위 차량	
		1차로	2차로	1차로	2차로	1차로	2차로	1차로	2차로
GVW	100-PE [%]	94.9%	97.6%	94.7%	93.4%	98.6%	95.8%	97.4%	97.8%
	주행 [회]	10회	10회	10회	10회	10회	14회	10회	14회
	초과 [회]	1회	0회	2회	2회	0회	0회	0회	0회
	RMS [%]	3.3%	3.8%	3.3%	3.8%	0.6%	2.3%	1.6%	1.2%
	Max [%]	5.3%	6.6%	5.3%	6.6%	0.5%	2.4%	2.6%	2.2%
	Min [%]	-3.2%	-3.0%	-3.2%	-3.0%	-1.4%	-4.2%	-1.9%	-1.9%
	Stdv [%]	3.3%	3.4%	3.3%	3.4%	0.6%	2.2%	1.7%	1.0%
AVW	100-PE [%]	91.0%	91.9%	86.7%	86.6%	95.4%	94.2%	93.3%	92.6%
	주행 [회]	30회	30회	40회	40회	30회	42회	40회	56회
	초과 [회]	0회	0회	4회	7회	0회	0회	0회	0회
	RMS [%]	4.1%	4.7%	6.1%	6.4%	3.0%	3.0%	3.3%	2.4%
	Max [%]	9.0%	8.1%	11.6%	13.4%	4.6%	5.8%	6.7%	7.4%
	Min [%]	-6.9%	-8.1%	-13.3%	-12.0%	-3.8%	-5.6%	-5.5%	-3.3%
	Stdv [%]	2.4%	1.4%	4.2%	4.1%	0.8%	2.9%	2.7%	1.6%

[표 35] 중량정확도 평가결과

차량타입	차선	하행 오차율		상행 오차율	
		총중량	축하중	총중량	축하중
1단위	1	< ±5.1%	< ±9.0%	< ±1.4%	< ±4.6%
	2	< ±2.4%	< ±8.1%	< ±4.2%	< ±5.8%
2단위	1	< ±5.3%	< ±13.3%	< ±2.6%	< ±6.7%
	2	< ±6.6%	< ±13.4%	< ±2.2%	< ±7.4%
최종등급		93.4%	86.6%	95.8%	92.6%
		상급 (2nd)		최상급 (1st)	

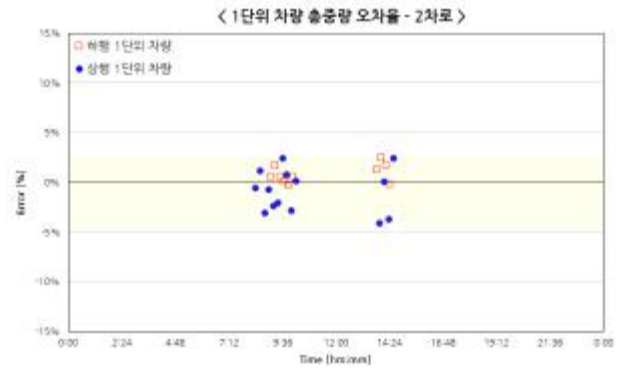
[표 36] 중량정확도 등급 평가결과

평가항목		평가등급		
		판정결과	총중량 [%]	축하중 [%]
하행	1차로	상급	95>, ≥93	90>, ≥85
	2차로	상급	95>, ≥93	90>, ≥85
상행	1차로	최상급	≥95%	≥90%
	2차로	최상급	≥95%	≥90%

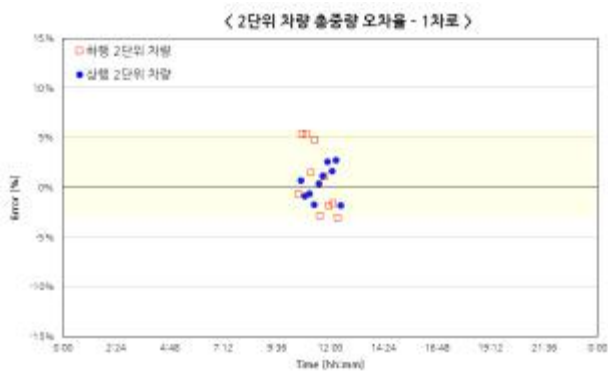
■ 총중량 그래프



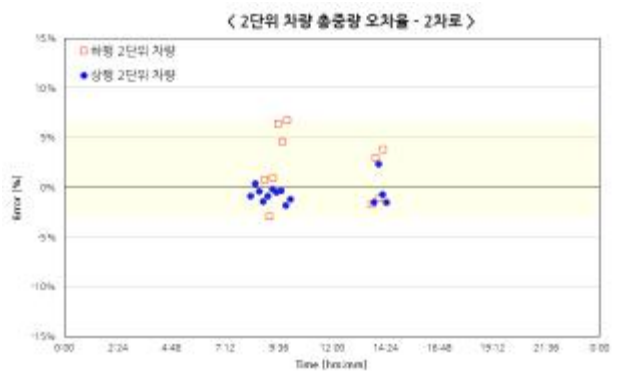
[그림 48] 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선



[그림 49] 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선

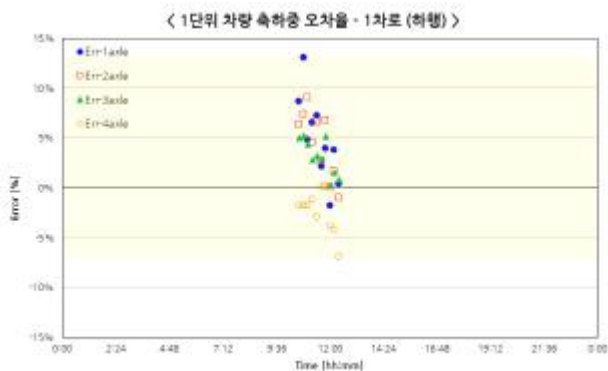


[그림 50] 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선

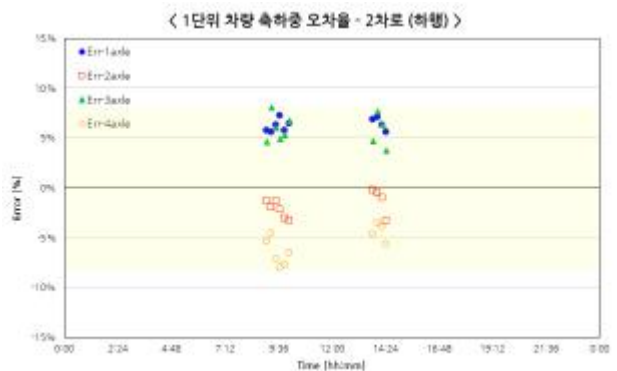


[그림 51] 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선

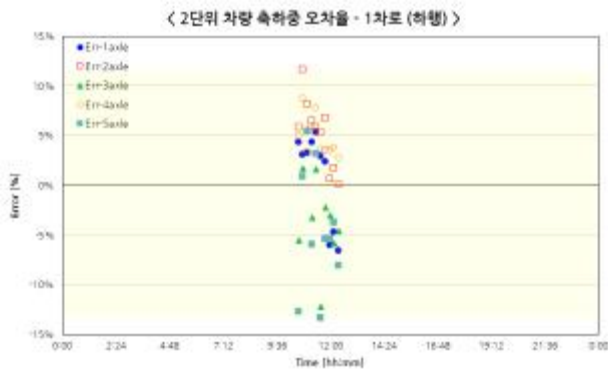
■ 축하중 그래프 - 하행(스트립타입)



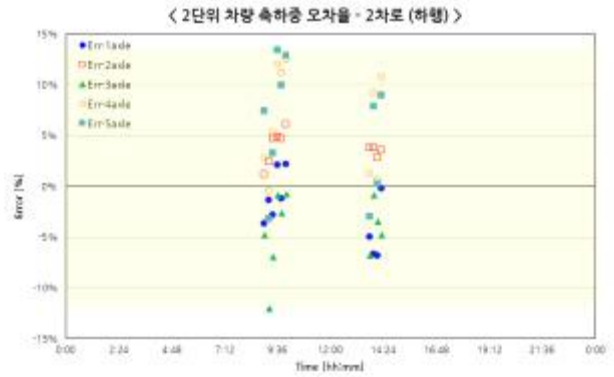
[그림 52] 하행 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선



[그림 53] 하행 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선

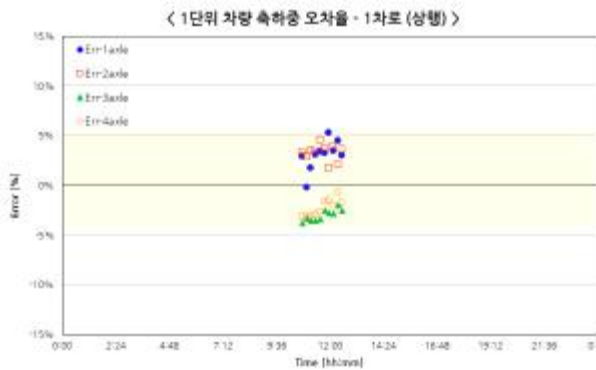


[그림 54] 하행 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선

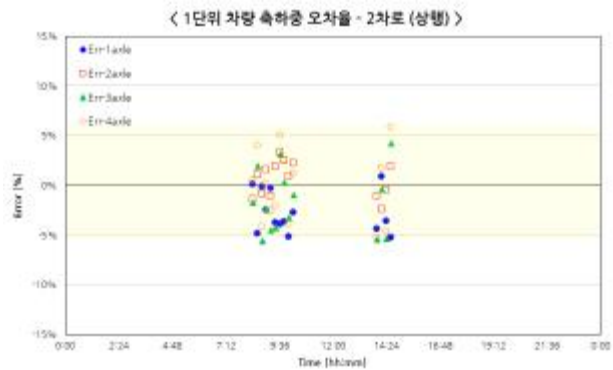


[그림 55] 하행 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선

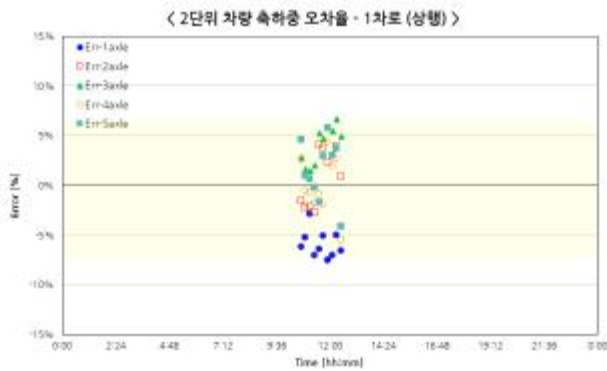
■ 속하중 그래프 - 상행(매트타입, 개선된 융합형 중량환산 알고리즘 적용)



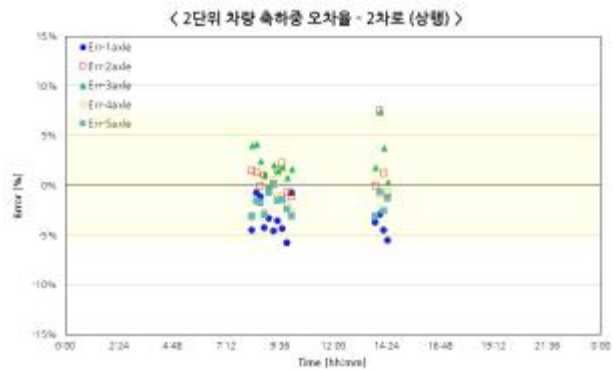
[그림 56] 상행 1단위 차량 총중량 오차율 - 1차선



[그림 57] 상행 1단위 차량 총중량 오차율 - 2차선



[그림 58] 상행 2단위 차량 총중량 오차율 - 1차선

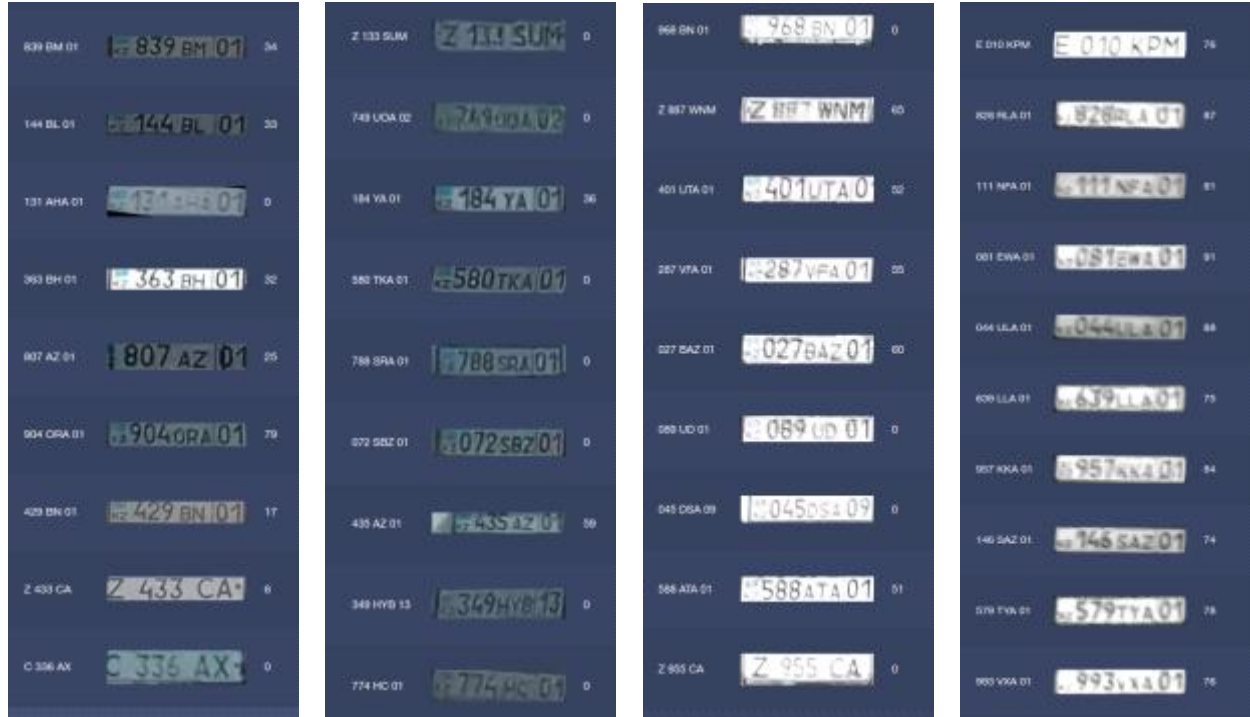


[그림 59] 상행 2단위 차량 총중량 오차율 - 2차선

2) 23개국 번호판 인식엔진 및 전/후면 번호판 촬영솔루션 연계

① 차량번호판 인식엔진

- 23개국 현지 번호판 인식 및 촬영솔루션 연계를 위하여 현지 파트너사의 번호인식엔진을 확인
- 현지 파트너사인 ASKOM사에서 사용하는 번호인식엔진의 경우, 카자흐스탄 정부 인증 기술을 사용
- AI를 활용하여 개발된 번호인식엔진을 보유
- 육안으로 식별이 어려운 번호판의 경우에도 향상된 인식결과를 보증
- 공식적인 인식율의 정확성은 97%이나 실제로 Nur-Sultan에 설치된 제품의 경우 99%의 정확도를 보이는 현장도 있음



[그림 60] 현지 번호판 인식엔진 인식결과 예시



▲ 인식엔진 카자흐스탄 정부인증



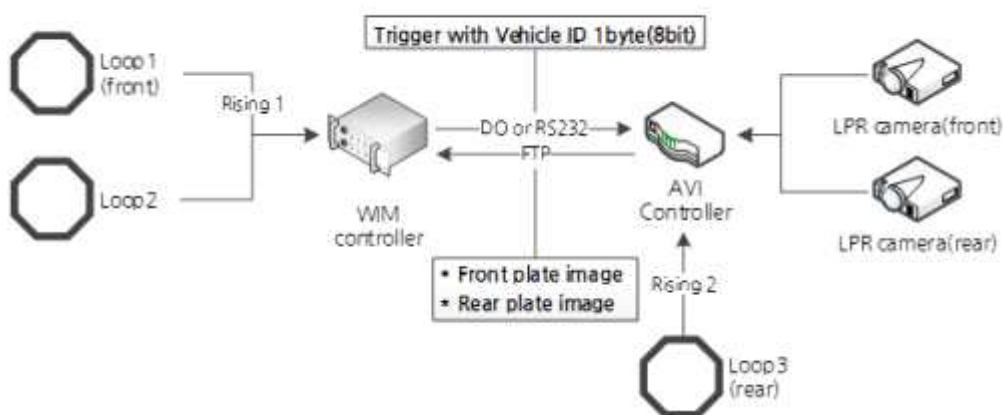
▲ 현장촬영 이미지 예시

[그림 61] 현지 번호판 인식엔진 인증서 및 촬영 이미지 예

② 연계 프로토콜

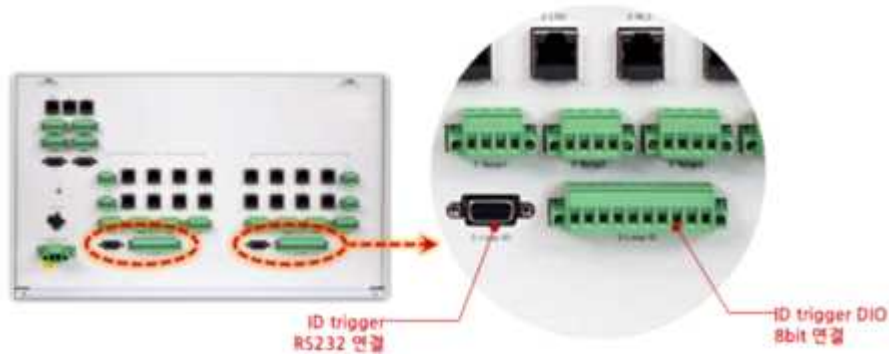
- 주행차량의 번호인식 사진촬영을 위해서는 주행차량의 진입을 인지하는 WIM 제어기와 번호인식 사진을 촬영하는 AVI 제어기간의 연계가 필요
- 이때 주행차량의 빠른 속도로 주행하므로 WIM 제어기는 빠른 속도로 촬영 트리거를 AVI 제어기로 송신할 수 있어야 함

- 또한 AVI 제어기에서 촬영된 이미지를 이용하여 번호인식정보와 WIM 제어기에서 취득한 차량의 제원정보와 중량정보를 매칭하기 위한 ID 값이 필요
- 따라서 WIM 제어기는 노면의 루프 감지기로 차량진입을 감지하면 생성한 차량 ID와 카메라 촬영 트리거 신호를 AVI 제어기로 전송
- 이 트리거 신호는 DI0(디지털 입력 / 출력) 또는 RS-232C 인터페이스를 통해 전송하는 것으로 설계
- 트리거 메시지를 수신 한 AVI 제어기는 차량의 번호판사진을 촬영하여 FTP 프로토콜을 통해 WIM 제어기로 인식 결과값을 전송
- 여기에는 번호판 번호, WIM 제어기에서받은 차량 ID 등의 정보가 포함된 이미지 파일을 전송하여 WIM 제어기에서 교통위원회 서버로 결과값을 매칭하여 전송할 수 있도록 구현
- 또한 AVI 제어기에서 WIM 제어기로 보내는 상태 메시지를 별도로 구성하여 각 차선에 대한 카메라의 동작 이상 유무와 제어기간의 연계상태를 수시로 점검
- 단일 WIM 제어기는 차선에 따라 각각 두 개의 RS-232C 또는 DI0 포트를 통해 동시에 최대 두 개의 트리거 메시지를 보낼 수 있도록 구현하여 차선에 따른 매칭 혼용이 일어나지 않도록 구현
- 이를 통해 WIM 제어기는 두 개의 차선에서 운행하는 두 대의 차량의 중량정보와 번호인식 정보를 오류없이 식별하여 매칭할 수 있음
- 각 차량에 대한 전체 프로세스의 순서 흐름은 아래와 같음
 - 1) 차량이 진입하면 WIM 제어기는 전면 번호판 인식을 위해 트리거 신호를 송신
 - 2) 후면 번호판 인식의 경우 AVI 제어기가 제 3 루프 신호를 직접 수신하고 번호를 트리거
 - 3) AVI 제어기는 수신된 전면 번호판 인식 트리거의 ID와 후면 번호판 인식 결과를 결합
 - 4) AVI 제어기는 촬영 이미지의 파일명을 번호인식결과를 토대로 프로토콜 맞게 변경
 - 5) AVI 제어기는 WIM 제어기와 연결된 FTP 서버로 인식결과 이미지파일을 전송
 - 6) WIM 제어기는 수신된 이미지의 파일명을 읽어 차량 ID와 인식결과를 획득
 - 7) WIM 제어기는 계측된 차량의 제원 및 중량정보의 ID와 동일한 번호인식정보를 매칭
 - 8) WIM 제어기는 매칭된 최종 데이터를 교통위원회 서버로 송신



[그림 62] 현지 AVI 시스템 연계 프로세스

- 하드웨어 인터페이스 규격 정의는 다음과 같음
- AVI 시스템은 WIM 제어기에 연결하기 위해 다음과 같은 하드웨어 인터페이스를 사용
 - AVI용 아이디 트리거 RS232 포트 2개
 - AVI용 아이디 트리거 DIO 스크류 커넥터 2개
- AVI 시스템에는 최소 2 개의 RS-232C 포트 및 적절한 메시지 전송을 위해 해당 포트에 대한 통신설정 필요
- AVI 시스템과 WIM 제어기 간의 통신속도는 고속주행하는 차량을 놓치지 않도록 정해진 일정 시간 내 처리
- 트리거는 진입루프 신호 발생시 항상 '1' 로 송신
- ID는 0에서 255까지 순차적으로 부여되며, AVI 시스템에 송신되는 동시에 연산SW에서 값을 확인



[그림 63] 현지 AVI 시스템 연계 인터페이스

[표 37] AVI용 아이디 트리거 커넥터 연결(RS232)

	제어기 측 커넥터	케이블 측 커넥터
도안		
모델	D-sub 9pin Female	D-sub 9pin Male
핀번호	신호 내용	케이블 색상
Pin2	TX	초록
Pin3	RX	하양
Pin5	GND	검정

[표 38] AVI용 아이디 트리거 커넥터 연결(DIO)

	제어기 측 커넥터	케이블 측 커넥터
도안		
모델	MSTBV 2,510-GF-5,08	MSTB 2,5 10-STF-5,08
핀번호	신호 내용	케이블 색상
Pin1	Trigger	하양
Pin2	DIO ID pin1	빨강
Pin3	DIO ID pin2	빨강/하양
Pin4	DIO ID pin3	주황
Pin5	DIO ID pin4	주황/하양
Pin6	DIO ID pin5	초록
Pin7	DIO ID pin6	초록/하양
Pin8	DIO ID pin7	파랑
Pin9	DIO ID pin8	파랑/하양
Pin10	GND	검정

[표 39] AVI용 RS232 통신 설정

항목	설정값
Baudrate	115200
Stop bits	1
Data bits	8
Parity	없음

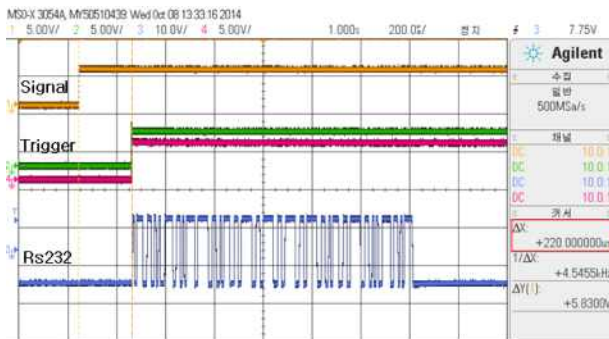
[표 40] AVI용 RS232 송신 내용

항목	내용
송신시점	진입루프 신호 발생 후 0.3 ms 이내
송신신호 종료	송신시점 후 14ms 이내
형식	ASCII
용량	트리거 1 byte, ID 8 byte

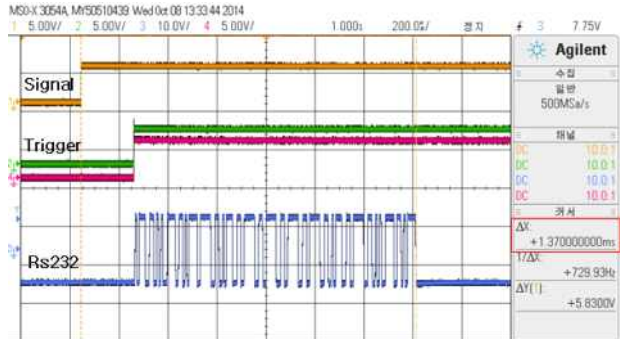
[표 41] AVI용 아이디 트리거 RS232 송신

Vehicle ID to send	1st byte (트리거)	2nd byte	3rd byte	4th byte	5th byte	6th byte	7th byte	8th byte	9th byte
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3	1	0	0	0	0	0	0	1	1
~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
255	1	1	1	1	1	1	1	1	1

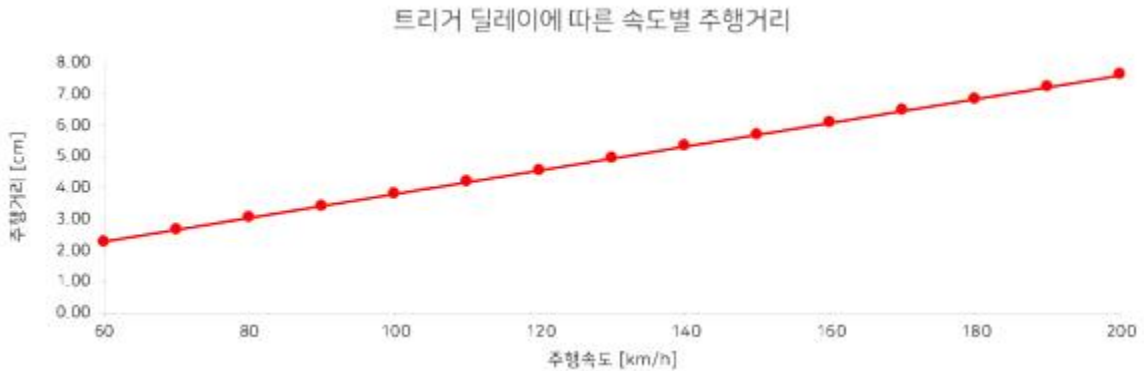
- WIM 제어기에서 차량 진입에 따른 AVI 촬영 트리거 딜레이를 오실로스코프로 측정한 결과, 220 μ s로 나타남
- 이를 주행속도 100km/h의 차량으로 계산하면 220 μ s의 딜레이동안 차량이 주행하게 되는 거리는 약 0.6cm로 트리거만 수신하면 번호인식 사진촬영에는 전혀 문제가 없을 것으로 예상
- 그러나 AVI 촬영 트리거와의 별개로 아이디로 함께 수신해야하므로 AVI 차량 아이디 송신이 종료될 때까지의 딜레이를 오실로스코프로 측정한 결과, 1.37ms로 나타남
- 이 딜레이를 이용하여 속도별 트리거 딜레이에 따른 차량의 주행거리를 분석하면 100km/h 주행시 약 3.8cm로 번호인식 촬영이 사전 설정된 카메라의 촬영 ROI 범위 내에 충분히 인식할 수 있을 것으로 예상



[그림 64] AVI 트리거 송신 딜레이



[그림 65] AVI 아이디 송신 딜레이



[그림 66] AVI 트리거 송신 딜레이에 따른 속도별 주행거리

- FTP 프로토콜 규격 정의는 다음과 같음
- AVI 제어기를 트리거를 수신하여 차량의 사진을 촬영
- 사진 촬영 및 차량 번호 확인 후 아래에 설명된 기타 정보와 함께 사진, 번호판 번호를 전송
- FTP (File Transmission Protocol)는 사진을 JRP-WIM으로 전송하는 데 사용
- FTP 서버는 WIM 제어기에서 실행 중으로 AVI 시스템은 다음 로그인 정보를 사용하여 FTP를 통해 사진을 전송

[표 42] AVI 송신 이미지의 FTP 로그인 정보

IP	192.168.10.21(DN direction, 192.168.10.11(for UP direction))
ID	aviimage
Password	aviimage

[표 43] AVI 송신 이미지의 FTP 프로토콜 규격

값	설명
Site ID	A station ID that the system is located. This ID will be provided by UDNS Eg. {AS01}
Traffic lane direction	{UP} for lane to north or west direction {DN} for lane to south or east direction
Traffic lane number	{1} for 1st lane {2} for 2nd lane
Vehicle ID	Vehicle ID which is given in TRIGGER message {000} to {255}
Date	Vehicle entrance date Eg. 20131206
Time	Vehicle entrance time Eg. {142147.107}
Cut number	{1} for photo for front plate number identification {3} for photo for rear plate number identification
Plate number	Identified plate number Eg. {26AB2052}
CountryCode	Country code of the vehicle Eg. {KAZ}

- 위 표의 모든 정보는 FTP를 통해 전송할 파일 이름을 형식화하여 전송
- AVI 시스템은 Trigger 신호와 DI0 혹은 RS232로 수신된 ID 정보를 파일명에 부가
- 파일명의 구분자는 언더바 ‘_’ 사용
- FTP(ID: enb, PW: enb)로 번호판 촬영 사진, 측면 촬영 사진 파일과 측면 동영상 파일을 송신
- 운용 프로그램은 파일명을 기준으로 FTP를 통해 업로드 되는 차량 이미지를 구별
- 지점 코드는 WIM 현장마다 부여되는 고유 지점 코드로 설치 시 전달 예정
- 상하행 정보에서 상행은 ‘UP’ , 하행은 ‘DN’ 으로 명시
- 차선 정보에서 1차선은 ‘1’ , 2차선은 ‘2’ 로 명시
- 진입 ID 정보는 WIMAC으로부터 수신된 진입 차량 구분용 ID 0~255(혹은 0~100)로 3자리
- 진입시간 정보는 송신된 trigger가 수신된 진입시간을 1/1000초(msec) 단위까지 명시
- 컷번호 1은 번호판 인식용 촬영 사진, 2는 측면 촬영 사진, 3은 측면 동영상으로 구분
- 차량 번호 정보는 자동 차량 번호인식 결과 정보 명시
- 1. 번호판 촬영 사진, 2. 측면 촬영 사진은 jpg 확장자로, 3. 측면 동영상은 avi 확장자(ex) YS01_UP_1_003_2013106_142147.107_1_26두2052.jpg
- 사진의 파일명은 위의 모든 정보로 구성되며, 파일 이름의 예는 아래와 같음
 - Eg. AS01_UP_1_003_20131206_142147.107_1_26AB2052_KAZ.jpg
 - NOTE.
 - 1. The extension name of the file is ‘jpg’
 - 2. ‘_’ (under bar) separator is used in between each value

[표 44] 번호인식결과 파일명 예시

SiteID	Way	Lane	ID	date	time	Cut	Plate	extention
지점코드	상하행	차선	아이디	진입날짜	진입시간	컷번호	차량 번호	확장자
YS01	UP	1	003	20131206	142147.107	1	26두2052	.jpg

- 상태 메시지는 각 차선에 대한 각 카메라의 상태를 알리는 것으로 AVI 시스템은 WIM 제어기의 특정 디렉토리에 있는 파일을 업데이트
- 상태정보는 json 타입으로 파일명 ‘avilog.txt ‘로 FTP 폴더 내에 생성, 1분마다 갱신
 - { “LogDate” : “20151231” , “LogTime” : “103342” , “LPR1” : 1, “LPR2” : 0 }

[표 45] 상태정보응답 예시

AVI Log (지정된 FTP 폴더 내 "avilog.txt" 1회/1분 간격 덮어쓰기, json)			
Field name	Value	description	type
date=	20151231	상태 확인 날짜	[yyyymmdd]
time=	103342	상태 확인 시간	[hhmmss]
LPR1=	1	1차선 카메라 상태	[0/1]
LPR2=	1	2차선 카메라 상태	[0/1]
CCTV=	1	측면영상 카메라 상태	[0/1]

3) 테스트베드 구현 연계 실적



(ㄱ) 번호인식 솔루션 연계 구축 전경



(ㄴ) 설치된 번호인식 카메라 모습



(ㄷ) 연계된 번호인식 제어기

[그림 67] 현지 번호판 촬영솔루션 연계 구축 모습

4) 13종 차종분류 알고리즘 구현

① 현지 차종분류 조사결과

- 카자흐스탄 현지 적용시 국내 기준과 상이한 현지 차종분류 기준에 대하여 조사
- 분석 간행물 및 기타 공개 정보를 활용하고 카자흐스탄의 WIM 시스템 개발에 대한 기본 데이터와 산업 발전에 대한 분석 및 평가에 대한 자료는 특별 요청을 통해 관계기관으로부터 정보를 제공받음
- 투자개발부 교통위원회로부터 차종분류에 대한 자료를 제공받음
- 카자흐스탄에서는 ‘EUR13’ 기준이라고 불리는 13종 차종분류를 사용

CODE	VALUE_RU
1	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны), другие небольшие автомобили с прицепом и без него
2	Двухосный грузовик
3	Трехосный грузовик
4	Четырехосный грузовик
5	Двухосный грузовик с прицепом
6	Трехосный грузовик с прицепом
7	Автопоезд, 2-х осный тягач с одноосным полуприцепом
8	Автопоезд, 2-х осный тягач с 2-х осным полуприцепом
9	Автопоезд, 2-х осный тягач с 3-х осным полуприцепом
10	Автопоезд, 3-х осный тягач с 1 или 2-х осным полуприцепом
11	Автопоезд, 3-х осный тягач с 3-х осным полуприцепом
12	Автобус
13	Автомобиль с 7-ю и более осями и другие не классифицируемые транспортные средства

[그림 68] 현지 13종 차종분류 (*출처: 카자흐스탄 투자개발부 교통위원회)

[표 46] EUR 13 기준 차종분류

CODE	VALUE_RU
1	Cars, small trucks (vans), other small cars with and without a trailer
2	2-axle truck
3	3-axle truck
4	4-axle truck
5	2-axle truck with trailer
6	3-axle truck with trailer
7	Autotrain, 2-axle tractor with uniaxial semitrailer
8	Autotrain, 2-axle tractor with 2-axle semitrailer
9	Autotrain, 2-axle tractor with 3-axle semitrailer
10	Autotrain, 3-axle tractor with 1 or 2-axle semitrailer
11	Autotrain, 3-axle tractor with 3-axle semitrailer
12	Bus
13	A car with 7 or more axles and other non-classified vehicles

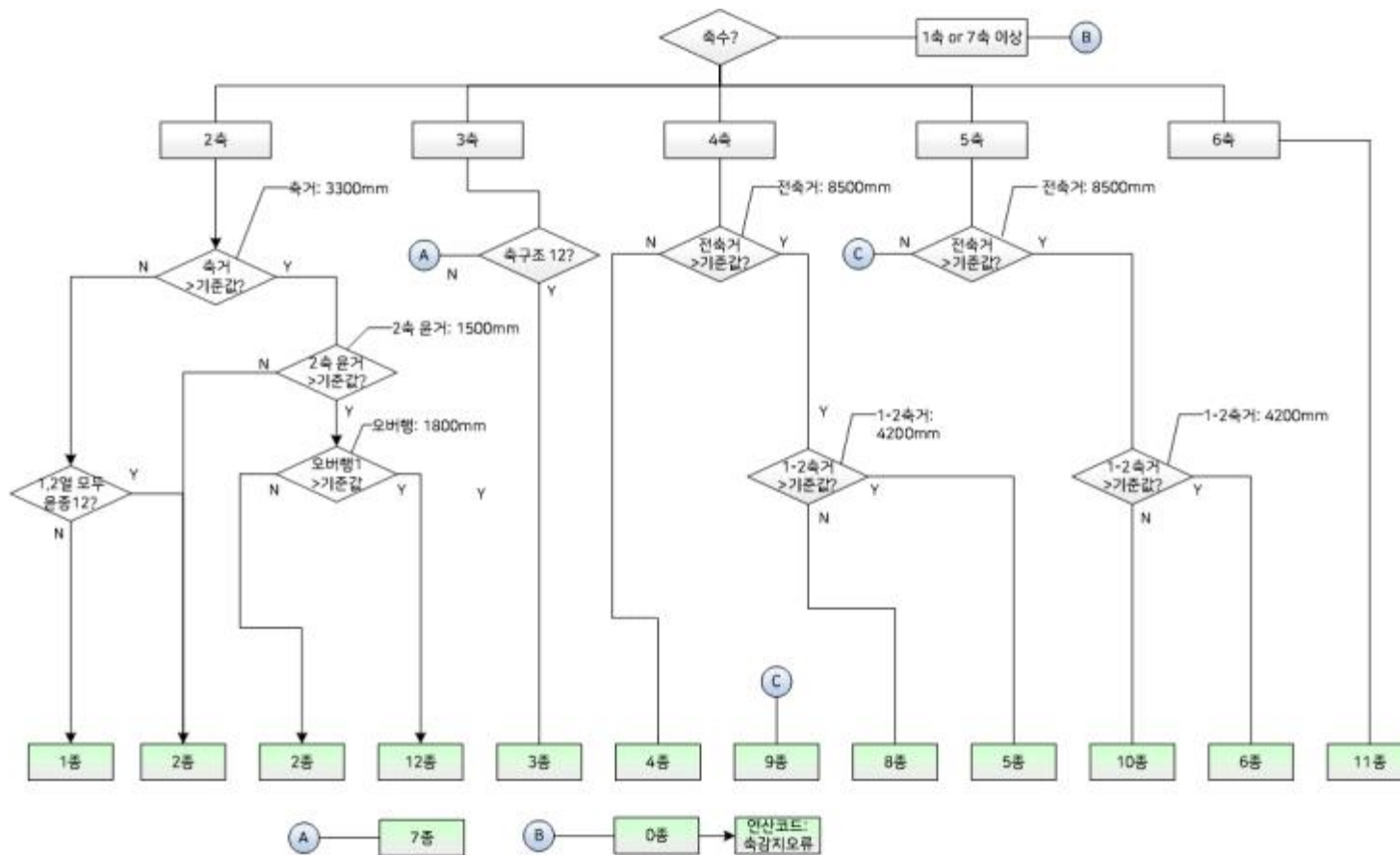
■ 카자흐스탄 현지 차종분류 기준 ‘EUR 13’ 에 대한 제원 조사결과는 아래와 같음

[표 47] EUR 13 기준 차종분류 제원조사결과

EUR13 기준 차종분류		그림	축수	오버행	전축거	윤수	윤종	축구조
[code]	[description]	[picture]	[No.]	[mm]	[mm]	[ea]	[1,2]	[code]
1	Cars, small trucks (vans), other small cars with and without a trailer		2	600~1100	≤3300	4	11	11
2	Two-axle truck		2	1200~1400	3300<	6	12	11
3	Three-axle truck		3	—	5800~8600	8, 10	112 / 122/ 121	12 / 111
4	Four-axle truck		4	—	6900~7850	12	1122	112 / 13 / 121
5	Two-axle truck with trailer		4	—	5700~7700	14	1222	1111 / 121 / 112
6	Three-axle truck with trailer		5	—	>8500	18	12222	1211 / 122 / 113
7	Autotrain, 2 axle tractor with uniaxial semitrailer		3	—	3300<	8	121	111
8	Autotrain, 2 axle tractor with 2 axle semitrailer		4	—	5700~7700	14	1222	1111 / 112
9	Autotrain, 2 axle tractor with 3 axle semitrailer		5	—	7750~9150 ≤8500	14, 16	11222 11122	1112 / 122 / 113
10	Autotrain, 3 axle tractor with 1 or 2 axle semitrailer		5	—	10750~16300 >8500	18	12222	1211 / 122 / 113
11	Autotrain, 3-axle tractor with 3-axle semitrailer		6	—	10750~16300	22	122222	123
12	Bus		2	1800<	3300<	6	12	11
13	A car with 7 or more axles and other non-classified vehicles		7~					

② EUR 13 차종분류 알고리즘

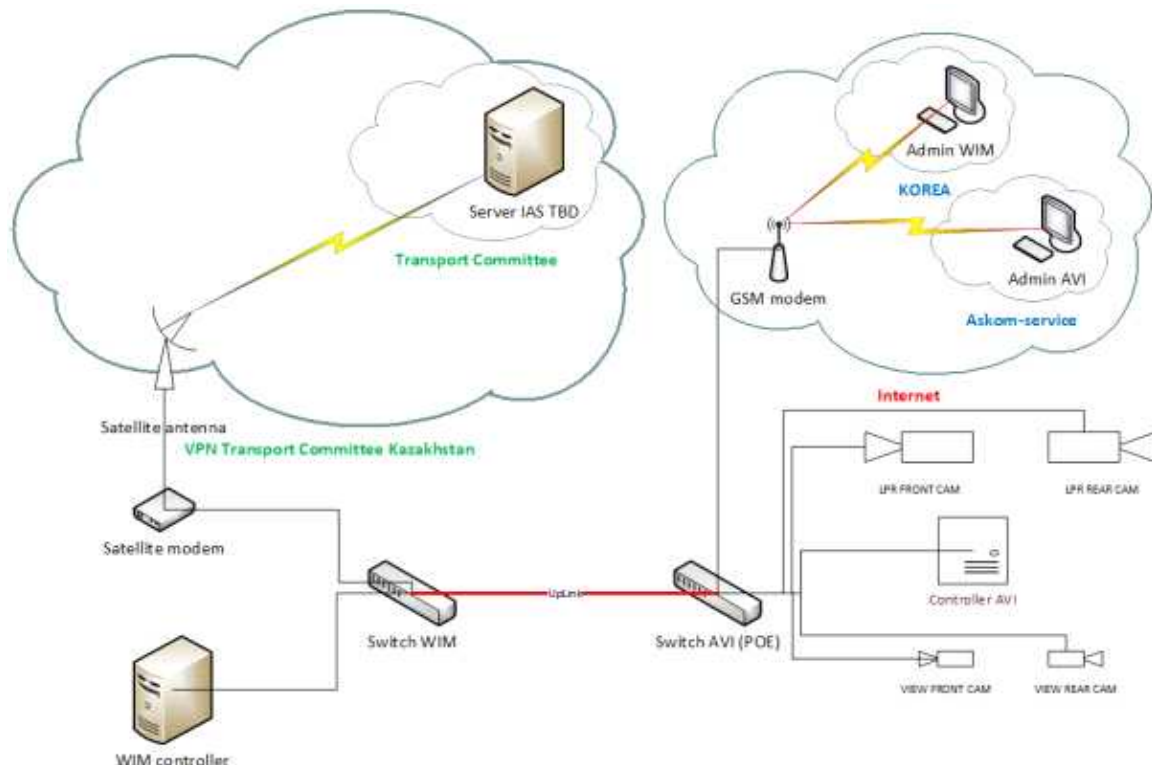
- 위의 차종분류 결과를 토대로 차종분류 알고리즘을 수정하여 현지형 알고리즘을 신규 고안된 알고리즘은 아래와 같으며, WIM 제어기의 연산 소프트웨어에 본 차종분류 알고리즘을 구현하여 탑재 완료함, 국내 12종 차량에 대한 원시데이터를 활용하여 시뮬레이션한 결과 현지 기준 차종분류에 100% 성공
- 향후 현지 테스트베드에서 실제로 수집된 실측 데이터를 토대로 분류에 대한 경계값 및 알고리즘 흐름에 대하여 보완할 계획



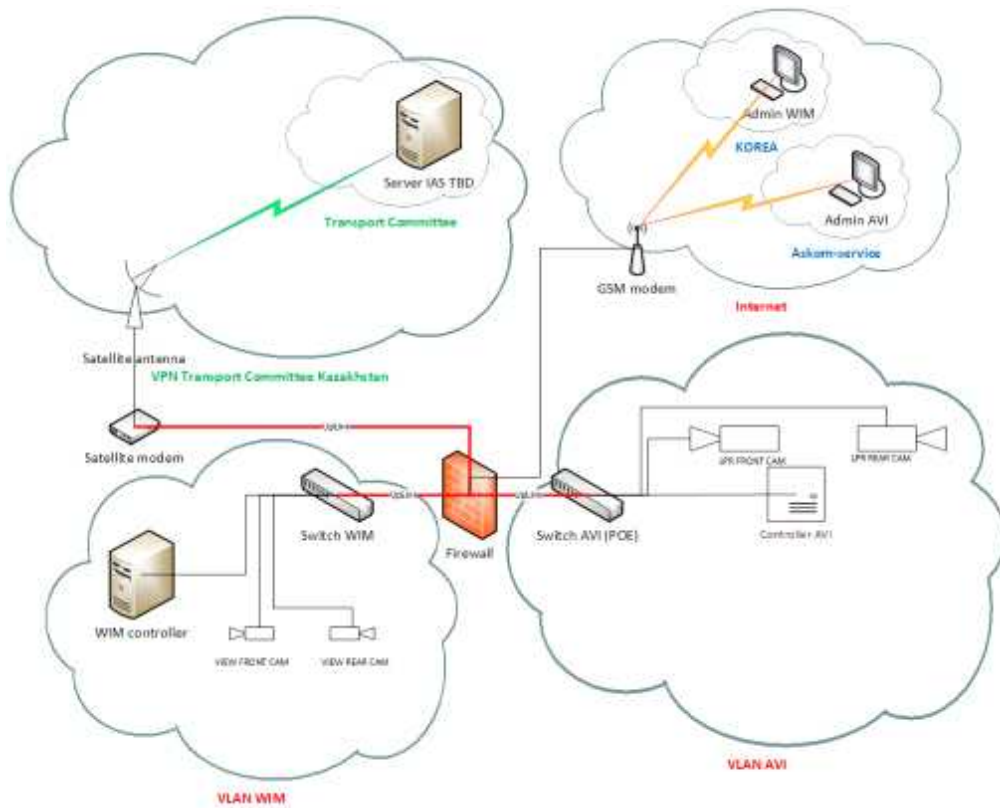
[그림 69] 현지 13종 차종분류 알고리즘(안)

5) 현지 인프라 연계모듈 개발

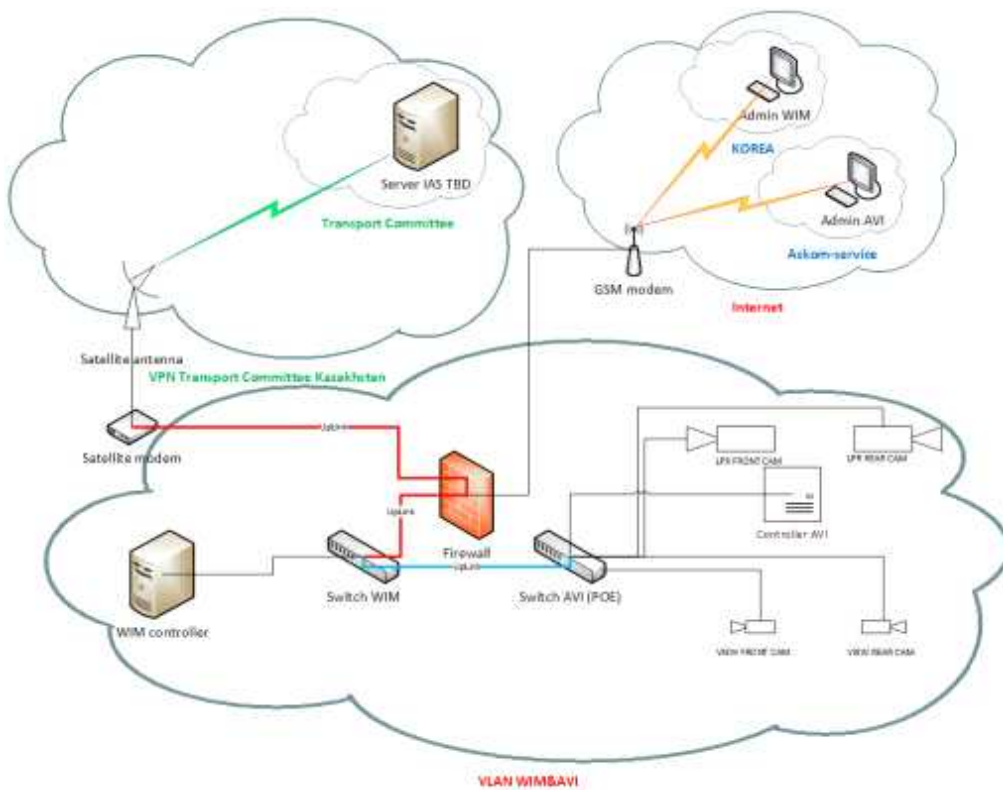
- 카자흐스탄 현지 도시지역에서는 LTE 망을 주로 활용하지만 도시 외곽지역이나 오지 등 모든 내륙지역 내에 공급되는 통신방식은 GSM 통신 방식임
- 교통위원회의 정부 서버인 IAS TDB와 현장 제어기 간의 연계는 위성통신을 활용한 VPN으로 사설망을 활용
- 위성통신의 VPN 사설망을 활용할 경우, 통신속도는 느리지만 서버에서 구성된 VPN 망 이외의 지역에서는 접근할 수 없어 정보보호에 용이
- 이러한 조건 때문에 교통위원회에서는 위성통신 및 VPN 망으로 구성해줄 것으로 요청
- 따라서 현지 테스트 베드는 WIM 제어기와 IAS TDB 서버는 스위치 허브를 통하여 동일 IP 대역으로 구성
- 한편 WIM 제어기는 AVI 제어기와 현장 설치 IP카메라 등으로부터 데이터를 수신해야하므로 동일 대역으로 구성해야 함
- 그러나 이러한 방식으로 연계되는 경우, 카자흐스탄 AVI 업체 및 한국 내에서 카자흐스탄 교통위원회의 VPN 망으로 접속이 불가능해야 하므로 GSM 모뎀설치를 설치하여 원격 모니터링 및 유지보수를 위한 원격조치가 원천적으로 불가능
- 만일 동작 이상이나 유지보수 발생 현황을 모니터링 할 수도 없고, 교통위원회에서 이상 징후를 직접 확인하여 유지보수를 요청하면 업체 담당자가 항상 현장을 직접 방문하여 수리해야하는 번거로움이 발생
- 따라서 WIM 제어기와 AVI제어기 및 현장 촬영용 CCTV의 경우 2차 IP를 활성화하여 별도의 IP 대역을 구성하여 정부 VPN 망과 분리시키고 여기에 GSM 모뎀을 연결하여 인터넷을 구성
- 추가로 외부에서 접근하더라도 함부로 소프트웨어 설정을 변경할 수 없도록 비밀번호 팝업창을 추가구현
- 외부 접근포트 중에서 원격데스크톱을 제외한 모든 인바운드 포트를 블록처리를 추가
- 교통위원회와 협의하여 우선 시범운영 기간 동안 원격 지원을 할 수 있도록 허가받음
- 향후에는 아래 그림과 같이 WIM 제어기와 AVI 제어기 사이에 방화벽을 추가하고 각각 별도의 VLAN으로 구성한 후 방화벽에 GSM 모뎀을 연결하는 '개별 VLAN' 이나 WIM과 AVI 제어기를 하나의 VLAN으로 묶고 VPN의 Uplink가 방화벽을 통과되지 않도록 조치하는 '통합 VLAN' 로 교통위원회와 협의할 계획



[그림 70] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 현황



[그림 71] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 변경안1 - 개별 VLAN



[그림 72] 현지 테스트베드 인프라 연계모듈 변경안2 - 통합 VLAN

6) 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동

① 교통위원회 정부 프로토콜 분석

- WIM 장비와 정부 서버의 프로토콜은 XML 형식의 데이터 전송 방식을 사용
- SAIS 용 XML 형식의 데이터 전송 방식은 카자흐스탄 투자개발부 교통위원회(MID RK) 정보 시스템의 정보 상호 작용 순서를 보장하기 위해 개발
- 참조 조건은 정보 교환 참가자 간의 상호 작용 순서, 전송된 정보의 구성, 데이터 전송 모드 및 방법, 전송 시간 모드, 데이터 형식을 결정

[개념 및 약어]

- 업데이트: 데이터를 최신 상태로 유지 즉, 제목 영역에 표시된 개체의 상태와 일치하도록 데이터를 가져옵니다. 업데이트에는 데이터 동기화의 운영 자동 제어를 반영하여 레코드 추가, 삭제 및 편집 작업이 포함됩니다.
- DB: 데이터베이스
- CT MIR RK : 카자흐스탄 공화국 투자 및 개발부의 교통통제위원회
- ETS G0 (국가 기관의 통합 운송 환경) : 카자흐스탄 공화국 영토에 위치한 통신 네트워크로 부서 간 정보 및 통신 네트워크로 구성되어 있으며, 관리 및 조직 목표를 구현하고 지방 정부, 주 기관 (영토 포함) 간의 상호 작용을 위해 설계되었습니다. "전자 정부"의 전자 정보 자원과 정보 시스템의 상호 작용을 보장하도록 설계된 하위 부서 및 하위 조직
- IAS LDP : 운송 데이터베이스의 정보 및 분석 시스템 및 운송 안전의 역학 모니터링;
- FLC : 형식 논리 전자 메시지 정보가 디지털 형식으로 표시되고 처리를 위한 메시지
- SAIS : 도량형 검증을 통과 한 인증 된 특수 제어 및 측정 기술 장비, 사진 및 비디오 촬영, 자동 모드에서 작동, 유형 고정, 제조사, 상태 등록 번호판, 중량 및 (또는) 차량의 전체 매개 변수 및 이동 속도 등
- 로그 : 수신된 정보를 포함하여 시스템에서 발생하는 이벤트가 기록되는 전자 로그
- SOAP : 분산 컴퓨팅 환경에서 구조화 된 메시지를 교환하기 위한 프로토콜
- XML (Extensible Markup Language) : 확장 가능한 마크 업 언어
- XSD-스키마 : XML 문서의 구조를 설명하는 언어

[일반 요구사항]

- ETS G0 사용을 통해 물리적 수준의 보안이 보장되어야 함
- 상호 작용에 참여하는 참가자는 ETS G0 내에서 액세스 할 수 있고 서로 통합되어야함
- 정보 보안을 보장하는 수단은 AIS에서 IAS TBD로, IAS TBD에서 AIS 로의 원활한 메시지 전송을 보장하는 방식으로 구성되어야함
- IAS 및 SAIS는 24시간 동작해야 하며 기술적인 휴식을 제외하고 1년 365일 하루 24시간 메시지를 수신
- IAS 서비스가 일시적으로 중단되는 경우 (서비스 수정, 서비스에 대한 액세스를 제공하는 IS 수정) IS 운영의 기술적 중단에 대해 사전에 IS 관리자가 협의하고 동의해야 함

[정보 시스템의 상호 작용 순서]

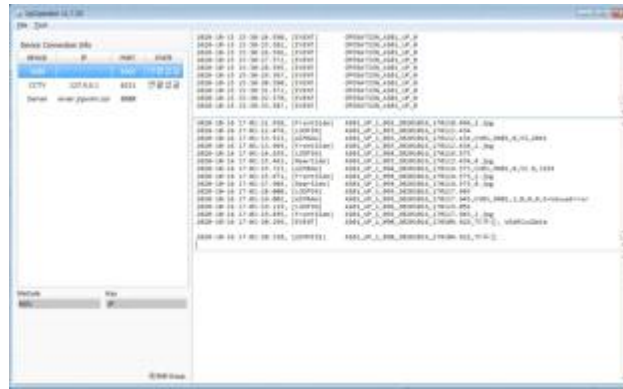
- 1) SAIS는 차량 통과에 대한 데이터를 TBD의 IAS로 전송
- 2) CAIS는 상호 작용의 시작자로, SAIS는 TBD의 IAS에 전자 메시지를 생성하기 위한 소프트웨어 모듈의 작동을 보장하고, 회신자에는 회신 날짜와 식별자가 포함.
만일 오류가 발생하면 식별자 필드가 비어 있고 오류 메시지 필드가 채워짐
- 3) 통신 메시지는 요청과 응답의 두 가지 유형으로 나뉘는데, 이는 정보 상호 작용을 시작하는 메시지는 요청 메시지로, 요청 메시지와 응답 메시지의 XSD 스키마는 아래 표에 따라 주어짐
수신자는 요청 메시지에 대한 응답 메시지를 보낸 사람에게 보내고, 요청은 XML 형식으로 전송
- 4) 응답은 XML 형식으로 자동으로 반환
- 5) SAIS에서 TBD의 IAS로 전송된 전자 메시지를 성공적으로 수신했다는 증거로 발신자가 고유 식별자를 수신, 이 식별자는 발신자 측에 저장
- 6) 메시지 송수신 사실은 TBD의 SAIS 및 IAS 서버에 대한 정보 교환 프로토콜에 기록
CAIS와 TBD의 IAS 간의 정보 상호 작용 서비스는 해당 코드로 메시지를 수신 / 전송하는 사실을 시스템의 로그 에 기록하고 시스템의 로그 로그를 채울 때 데이터가 보관

② 교통위원회 정부연계 미들웨어 개발

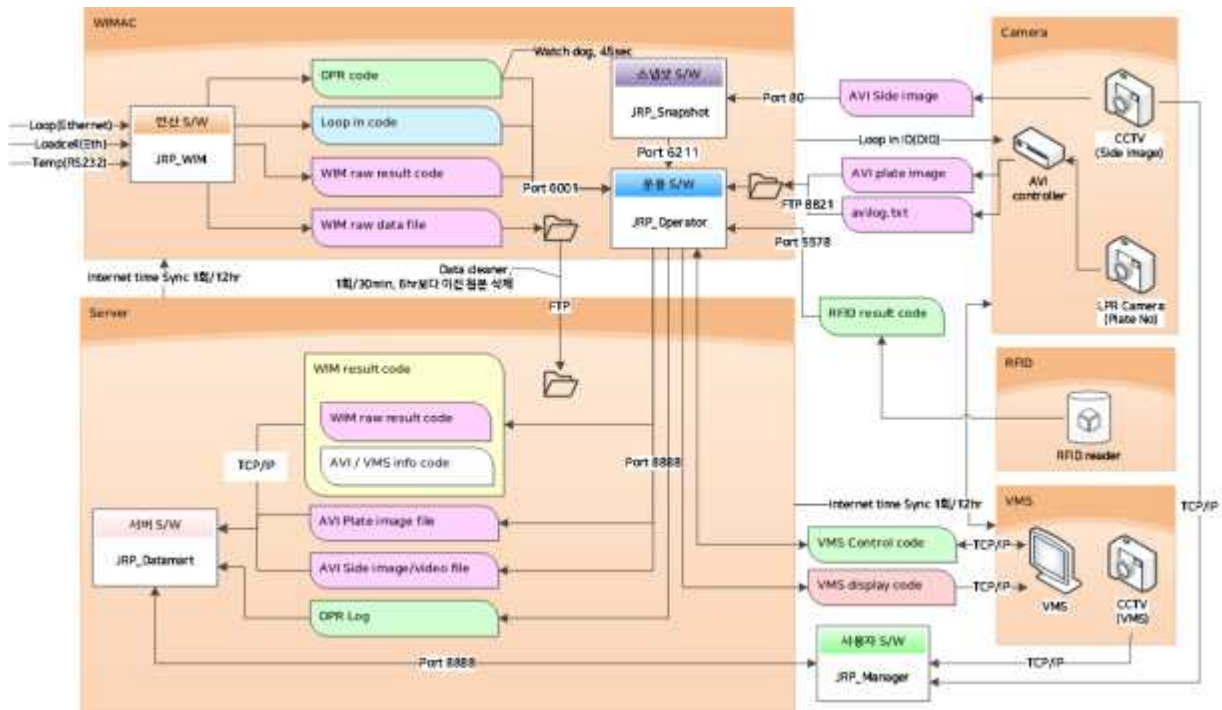
- 교통위원회 정부 서버연계 미들웨어는 메뉴바(옵션 선택 및 연결 기기 설정 메뉴), 디바이스 연결 상태(기기 연결 상태 및 와치독 운영 상태 표시), 로그(시스템 로그 및 1,2차선 실시간 처리 현황 로그)로 구성
- 운용 소프트웨어에서 표시되는 1, 2차선에 대한 동작 로그 메시지는 기본적으로 날짜(년월일), 시간(시분초 소수점 셋째자리) 이후에 대괄호로 메시지를 구분하며 이후 상세 내용을 표시
- 상세 내용의 코드 헤드는 루프ID를 기준으로 지점 코드, 방향, 차선, 차량ID, 날짜, 시간으로 구분된 코드를 붙이고 이후 세부 로그 메시지를 표시
- AVI 로그 메시지에서는 코드 헤드 뒤에 언더바 구분자 뒤 세부 로그 메시지로 촬영번호, 번호인식정보를 쉼표로 구분하여 표시하며, 컷번호 구분은 전면번호인식 사진을 '1', 전측면 촬영 사진을 '2', 후면번호인식 사진을 '3', 후측면 촬영 사진을 '4' 로 구분하여 표시
- WIM 로그 메시지에서는 코드 헤드 뒤에 언더바 구분자 뒤 세부 로그 메시지로 위반코드, 주행코드, 연산코드, 속도(km/h, 소수점 첫째자리), 총중량(kg, 소수점 없음)을 쉼표로 구분하여 표시

[표 48] 미들웨어 1,2차선 수신데이터 로그 메시지 예시

구분	로그 메시지 예시
Loop	Loop ID 수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [LOOP ID] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164
AVI	- 번호 인식 사진 수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [AVIFRONT] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_1_서울01가1234.jpg - 측면 촬영 사진 수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [AVISIDE] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_2.jpg - 측면 영상 수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [AVIVIDEO] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_3.avi - 미인식 사진 수신 시(AVI 촬영은 성공 하였으나 번호 인식에 실패한 경우) 2020-11-13, 00:51:06.177 [AVIFRONT] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_1_미인식.jpg - 파일 미수신 시(WIM raw는 수신하였으나 AVI 촬영이 실패하여 수신된 파일이 없는 경우) 2020-11-13, 00:51:06.177 [AVIMISS] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_미수신
WIM	- WIM raw data 수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [WIMRAW] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_CV01,DR01,16,5.785189,1666 - WIM raw data 미수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [WIMMISS] YJ01_DN_1_007_20201113_174934.637_서울01가1234
Upload	- 업로드 성공 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [UPLOAD] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_서울01가1234 - 업로드 성공-AVI 미인식 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [UPLOAD] YJ01_DN_2_002_20201113_173139.975_미인식 - 업로드 성공-AVI 미수신 시 2020-11-13, 00:51:06.177 [UPLOAD] YJ01_DN_2_002_20201113_173139.975_미수신



[그림 73] 현지 연동형 미들웨어 화면 예시



[그림 74] 동작흐름 다이어그램

- 운용 소프트웨어에서 표시되는 1,2차선에 대한 동작 로그 메시지는 수신 시간에 따라 순차적으로 표시되며, 로그 메시지 예시는 아래와 같음

[표 49] 미들웨어 1,2차선 수신데이터 로그 메시지 예시

ex) 정상 업로드 로그 메시지 예시

```

2020-11-13, 00:51:06.177 [LOOP ID] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164
2020-11-13, 00:51:07.842 [IMAGE1] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_1_서울01가1234.jpg
2020-11-13, 00:51:07.842 [IMAGE2] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_2.jpg
2020-11-13, 00:51:09.142 [IMAGE3] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_3.jpg
2020-11-13, 00:51:10.177 [WIMRAW] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_CV01,DR01,0,83.1,34000
2020-11-13, 00:51:10.199 [UPLOAD] YJ01_DN_2_013_20201113_005106.164_서울01가1234
  
```

[표 50] 교통위원회 정부서버 연계 xsd 타입 프로토콜

필드명	타입	번역	예시
archCode	string	레코드를 전송하는 아치를 확인하는 코드	"archCode": "234",
createdBy	string	독자의 고유 식별자	"createdBy": "06010102-3000-4250-0000-0000000000011",
softwareVersion	string	레코드가 생성 될 당시의 BETAMONT Mesure-in-Motion Platform 소프트웨어 버전	"softwareVersion": "2.3.1.0",
credence	Integer	측정의 정확도, 정확도가 0이면 정확도가 정의되지 않음	"credence": "98",
wayType	Integer	도로의 방향 (0 - 앞으로, 1 - 뒤로)	"wayType": "1",
direction	Integer	차량의 이동 방향 (1 - 정방향, 2 - 백)	"direction": "1",
lane	Integer	스트립 번호	"lane": "1",
recordDate	TXSDateTime	레코드의 날짜와 시간	"recordDate": "2015-07-03T21:05:48.4238153+06:00",
vehicleNumber	string	차량의 상태 번호입니다.	"vehicleNumber": "H94UAAM",
vehicleCountry	string	차량 상태 번호 등록 국가	"vehicleCountry": "KAZ",
vehicleNumberRear	string	차량의 상태 번호 (후면)	"vehicleNumberRear": "H94UAAM",
hasVehicleNumberPhoto	Boolean	상태 번호 이미지의 존재를 나타내는 플래그	"hasVehicleNumberPhoto": "true",
vehicleType	Integer	차량 유형 (EUR 13)	"vehicleType": "1",
uncorrectType	Integer	부정확 한 통과 유형	"uncorrectType": "0",
		0 - 정확한 주행	
		1 - 과속	
		2 - 고르지 않은 이동 (평균 이동 속도에서 측 방향 속도의 큰 편차)	
		4 - 플랫폼의 우회	
		8 - 거리 위반	
		10 - 올린 액슬	
speed	Double	차량 속도 (km / h)	"speed": "65",
length	Integer	길이 (센티미터)	"length": "442",
width	Integer	너비 (센티미터)	"width": "0",
height	Integer	높이 (센티미터)	"height": "0",
wheelBase	Integer	첫 번째 축과 마지막 축 사이의 거리 (센티미터)	"wheelBase": "271",
weight	Double	총 차량 중량 (kg)	"weight": "33440",
weightLimit	Double	자동 전화 교환을위한 무게 제한 (kg)	"weightLimit": "18000",
overWeight	Double	ATS (kg)의 무게 제한을 초과	"overWeight": "0",

필드명	타입	번역	예시
isOverweightGross	Boolean	총 중량 초과를 나타내는 플래그	"isOverweightGross": "true",
isOverweightPartial	Boolean	개별 가중치 매개 변수 (축, 축 그룹 ...)에 대한 초과 신호를 나타내는 플래그	"isOverweightPartial": "false",
isOverweight	Boolean	총 중량 또는 개별 가중 매개 변수에 의해 초과되었음을 나타내는 플래그	"isOverweight": "true",
isExceededWidth	Boolean	너비를 초과하는 것을 나타내는 플래그	"isExceededWidth": "false",
isExceededHeight	Boolean	높이를 초과하는 것을 나타내는 플래그	"isExceededHeight": "false",
isExceededLength	Boolean	길이를 초과하는 것을 나타내는 플래그	"isExceededLength": "false",
isOversized	Boolean	폭, 높이 또는 길이를 초과하는 것을 플래그	"isOversized": "false",
isWrongDirection	Boolean	밴드상의 트래픽 위반을 나타내는 플래그	"isWrongDirection": "false",
isNonStandard	Boolean	분류 체계에 따라 PBX 클래스를 결정할 수 없음을 나타내는 플래그	"isNonStandard": "false",
isExceededOperatingRange	Boolean	모든 매개 변수의 작동 범위가 초과되었음을 나타내는 플래그	"isExceededOperatingRange": "false",
signature	TByteDynArray	레코드의 디지털 서명	"signature": "pyaG07FDId4ay0oKyJr……+M8SA==",
photo	Array_Of_photo	차량 사진 목록 (첫 번째 사진은 무게 측정 영역의 입구 여야 함).	"photo": [{
		4 ~ 5 장의 사진을 더 이상받을 수 없습니다. 그것들의 사이에서 : 정면보기, 후면, GRNZ의 큰 이미지	"data": "/9j/4AAQSkZJRgA……FAH//9k=",
* photo (2) – Vehicle photo		차량 사진	
data	TByteDynArray	사진	
isDebug	boolean	추가 사진임을 나타내는 체크 박스	"isDebug": "false"
* shaftInfo (9) – Information on the axis		축에 대한 정보	"shaftInfo": [{
number	Integer	축 수	"number": "0",
groupNumber	Integer	그룹축 수	"groupNumber": "0",
weight	Double	축 하중 (kg)	"weight": "17150",
weightLimit	Double	최대 허용 축 하중 (kg)	"weightLimit": "0",
leftWeight	Double	좌륜 하중 (kg)	"leftWeight": "8577",
rightWeight	Double	우륜 하중 (kg)	"rightWeight": "8573",
isOverweight	Boolean	축하중 초과 여부	"isOverweight": "false",
whellCount	Integer	축의 바퀴 피치	"whellCount": "1",
distance	Double	이전 축까지의 거리 (m)	"distance": "0"
countryCode	string	차량의 국가 코드	"countryCode": "KAZ",

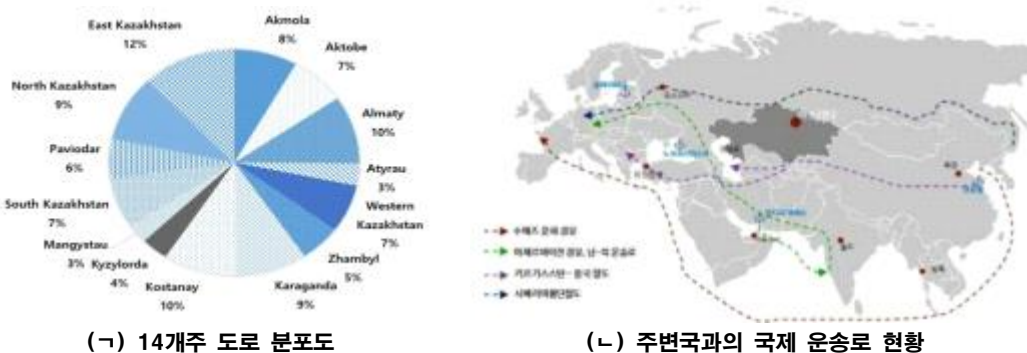
마. 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공관리 기법 개발

1) 보조기층 치환 신규공법 적용 평가

① 카자흐스탄의 설치환경 조사

[도로현황 조사]

- 카자흐스탄 산업인프라 개발부 정보에 따르면, 2019년 1월 1일 기준 공공도로 길이는 96,245.7km이며, 그 중 포장도로의 길이는 80,245.7km로 나타남
- 국가 고속도로는 24,387.3km, 그중 카테고리 I은 2,740km, 카테고리 II는 5,445km, 카테고리 III은 14,350km, 카테고리 IV는 1,755km, 카테고리 V는 72km임
- 국가 고속도로의 현재 상태는 아주 양호한 상태는 12,425.85km, 비교적 양호한 상태는 8,773.03km, 불량 상태는 3,167.35km로 나타났으며, 2019년에는 4,027.5km 도로를 수리할 계획임
- 고속도로의 수명은 25년이며 주행 최고속도는 120km/h, 아스팔트 콘크리트 포장으로, 두께는 80cm 임
- 도로의 이용 비율을 살펴보면 승용차의 이용 비중이 87%로 가장 높았고 화물차는 비율 11%, 버스의 이용 비중은 2%를 차지
- 지난 10년 동안 도로로 운송되는 화물량은 2007년 17억 톤에서 2017년 33억 톤으로 99.2% 증가했으며, 화물 회전율은 2007년도 615 억 tkm에서 2017년도에 1,660억 tkm으로 2배 증가됨
- 화물차량 보유율은 2017년 대비 22.7% 증가했으며 2003년 대비 2배 증가됨
- 화물차량 수와 작업량을 비교하면 차량당 생산량이 증가하고 있으며, 2007년에는 차량당 4,600톤의 화물이 운송되었으나 2017년에는 7,500톤이 운송
- 카자흐스탄의 경제적, 지리적 특징(광범위한 지역, 낮은 인구밀도, 국가의 서로 다양한 곳에 위치한 광역자원, 유럽과 아시아 사이의 위치)은 육상운송시스템에 크게 의존하기 때문에 이 분야는 세계 경제에서 가장 큰 규모



[그림 75] 카자흐스탄 현지 도로현황

- 교통량의 경우, 대부분은 AADT 2,000 ~ 3,000의 교통량을 가지며 AADT가 6,000을 초과하는 도로는 거의 없음
- 알마티-캅차가이 고속도로가 23,000여대로 교통량이 가장 많으며 알마티에서 북쪽으로 80km 이어져있음
- 알마티-쉘켄트 구간의 경우, 캅차가이 호수 부근에서 중국, 몽고, 러시아 국경지역으로 가는 도로와 연결되어 있어 알마티에서 국경으로 이동하는 주요 차량 및 물류들이 이 도로를 이용
- 알마티-쉘켄트 구간의 경우에는 중차량의 이동이 많고 화물차 높이나 과적 단속이 부실
- 특히, 밤 시간대에 화물차 통행량이 급격히 증가하여 양차로로 중차량 운행이 활발한데, 이 구간에서 과적 차량임에도 불구하고, 가변 축을 올려놓은 트럭 다수 목격하되며, 화물차가 통행하는 1차로가 2차로에 비해 파손이 크게 나타남
- 교통위원회로부터 전달받은 주요 과적 차량으로는 국내 10종에 해당하는 5축 폴트레일러가 압도적으로 많으며, 그 다음으로는 우리나라에서는 과적에 잘 적발되지 않은 형태인 3축 덤프 차량으로 나타남
- 이는 주요 트레일러의 형태가 3축 덤프에 폴 트레일러를 연결하여 운행하는 경우가 많은 현지 특성에 의한 것으로 한국과는 다르게 장거리를 운송을 하는 경우가 많아 특히 과적 위험에 빈번하게 노출됨
- 교통위원회에서는 현재 운용중인 고속충중기의 정확도 평가를 위해서 5축 폴트레일러는 시험차량으로 선정하여 주행시험을 수행하고 있음



(ㄱ) 5축 플트레이러



(ㄴ) 5축 플트레이러

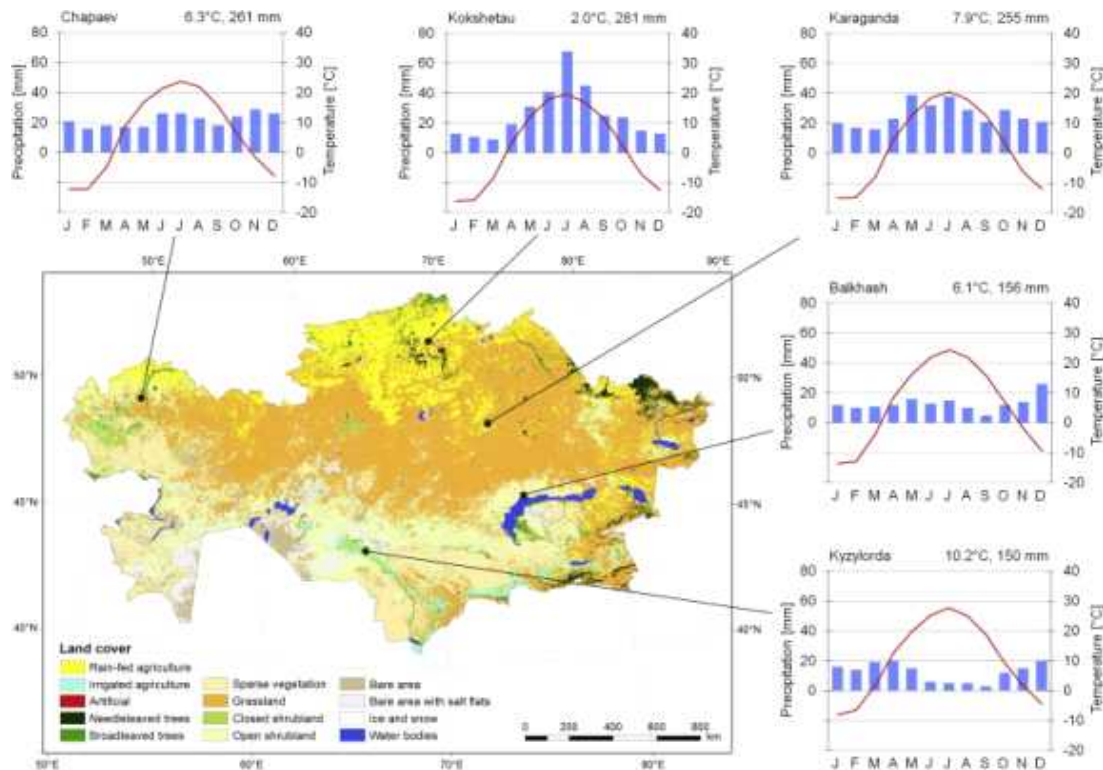


(ㄷ) 3축 덤프

[그림 76] 카자흐스탄 현지 주요 과적차량 예시

[기후환경 조사]

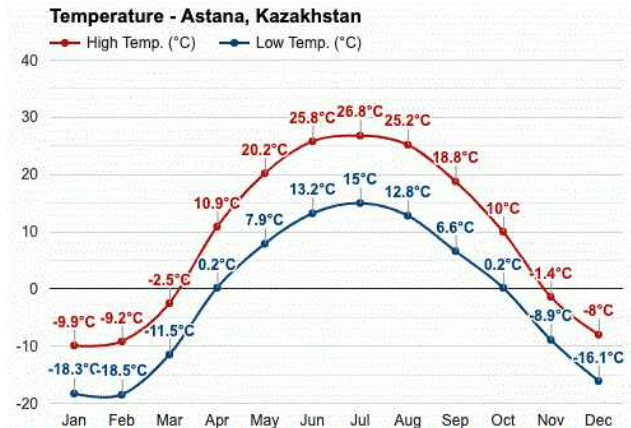
- 계절변화가 뚜렷한 대륙성기후를 나타내는 카자흐스탄은 겨울은 춥고 여름은 더운데, 특히 평원과 골짜기 지역에 그 특징이 심하게 나타남
- 겨울철에는 월평균 기온이 영하 10도에서 20도로 내려가고, 여름에는 40도를 넘는 지역이 많음을 알 수 있어 사막 기후를 보이고 있음
- 북부 산악 지역의 경우는 영하로 떨어지는 기간이 일 년에 7개월 이상 지속되고 있다.
- 연평균 강수량은 북부 250mm, 남부 산악지대 450mm에 불과하고 사막은 비가 훨씬 적게 내림
- Kokshetau 지역의 경우 한여름에 강우가 집중하나 나머지 지역은 연간 균등하게 강우가 발생함
- 카자흐스탄의 대표 도시별 온도 및 강수량 분포는 아래 그림과 같음



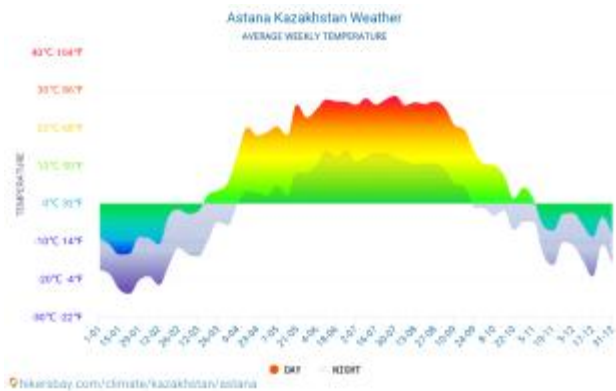
[그림 77] 카자흐스탄 주요 도시별 온도 및 강수량

- 카자흐스탄 남쪽은(알마티) -10~30℃, 북쪽(누르술탄)은 -20~26℃의 평균 기온이 나타나며 남, 북이 평균 5℃ 정도의 기온 차이를 보임
- 카자흐스탄 남쪽에 위치한 알마티의 경우, 1~5월까지의 기온은 서울과 크게 차이 나지 않으나 6~12월에 큰 온도 차이를 보임
- 테스트베드가 구축된 누르술탄(Nur-Sultan, 구 아스타나(Astana)) 도시의 경우, 북부 지역에 위치하여 연평균 기온이 낮은 상태로 유지되며, 특히 겨울의 경우 기온이 낮고 눈보라가 심한 혹독한 날씨로 유명
- 특히 1월에는 영하 17℃ 까지 내려가 남, 북 모두 서울에 비해 겨울 기온이 낮아 기온을 고려한 시공 방법과 재료 선정이 필요할 것으로 예상
- 교통위원회에서는 눈이 쌓여서 운행이 어려운 동절기 기간에는 차량 통행이 **어려울 뿐 아니라** WIM 장비가 아예 운영되지 않은 경우가 많으며, 동절기가 끝나고 다시 점검 작업을 거친후 운영하는 경우가 대다수
- 이러한 특성으로 인하여 동결융해를 거치면서 도로포장이 파손되거나 도로 내에 설치된 센서 및 장비가 고장나는

경우가 많아 WIM 장비의 동결응해에 따른 내구성 확보가 무척 중요



[그림 78] 아스타나의 온도 및 강우량



[그림 79] 아스타나의 낮과 밤의 온도범위

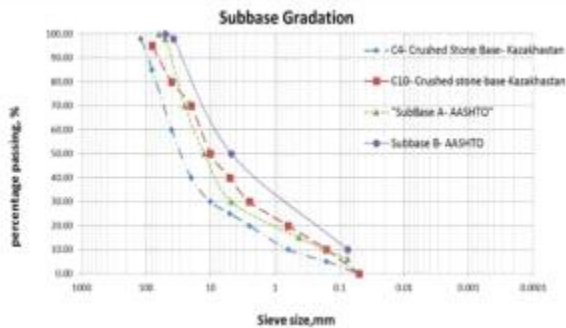
[포장조건 조사]

- 시공 기면과 포장층의 높이는 결국 측량을 통해 오차를 정의하게 되는데 현지 시방 기준은 아래의 [표 51]와 같음
- 카자흐스탄의 시방은 하부 기층이나 보조기층 등에도 높이 기준이 세세하게 언급되어 있어 주의를 요하는데 원지반의 성토 후 3m 줄자의 전체 높이차가 불과 20mm에 불과할 정도로 기준이 높음

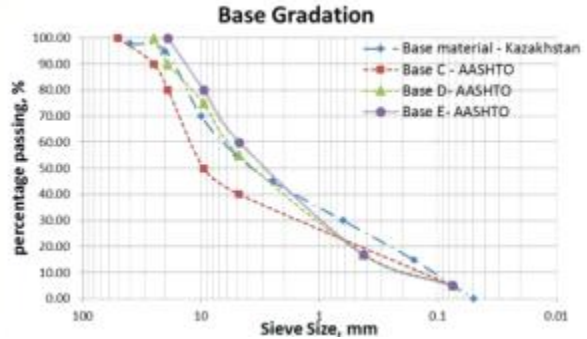
[표 51] 시공 기면과 포장층에 대한 표면오차 기준 비교

Tolerance for Asphalt concrete						
Layer	Max. deviation from surface level Kazakhstan Specification	Max. deviation from surface level AASHTO Specification	Max. depth below 3 m straight-edge Kazakhstan Specification	Max. depth below 3 m straight-edge AASHTO Specification	Max. deviation from slope or cross fall Kazakhstan Specification	Max. deviation from slope or cross fall AASHTO Specification
Bituminous wearing course	± 6 mm	± 5 mm	4 mm	5mm	± 0.25%	—
Bituminous binder course	± 6 mm	± 5 mm	6 mm	6mm	± 0.25%	± 0.25%
Base and CMA	+10 mm/- 15 mm	12mm	10 mm	13 mm	± 0.25%	—
Subbase and shoulders	+10 mm to -30 mm	12mm	15 mm	13 mm	± 0.50%	—
Formation level	+10 to -30 mm	—	20 mm	—	± 0.50%	—

- 노상다짐의 경우, 카자흐스탄에서는 SNiP 2.05.02-85에 따라 미터 폭 당 3톤 이상 최소 6번 통과하는 진동롤러가 요구
- 다짐 기준은 최적의 함량(GOST 2633-2202)보다 1-2 % 아래의 수분 함량을 유지, 각 층은 98%의 최대 건조 밀도를 달성해야 하는데, 이는 국내 기준과 비슷한 수준임
- 기층 및 보조기층의 경우, 카자흐스탄과 AASHTO 두 기준의 입도 분포를 비교한 그림은 아래와 같음
- AASHTO 는 보조기층 A와 B의 두 가지 대안을 제공한다. 보조기층 B는 3가지 크기의 입자 크기로 넓은 입도 분포를 가짐.
- 두 기준은 비슷한 물성 요건을 나타내지만, 황산나트륨 한계에 대한 저항성은 카자흐스탄 최대 5%이며, 대한민국 (AASHTO) 최대 12%로, 골재 기층 재료 기준은 카자흐스탄이 훨씬 까다롭고 높은 수준을 요구하고 있음을 확인



(ㄱ) 보조기층 입도 분포 비교



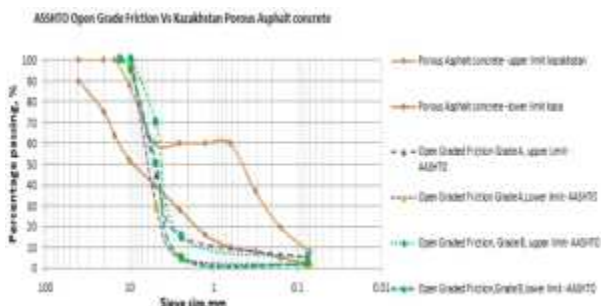
(ㄴ) 기층 입도분포 비교

[그림 80] 카자흐스탄과 AASHTO의 기층 및 보조기층 기준 비교

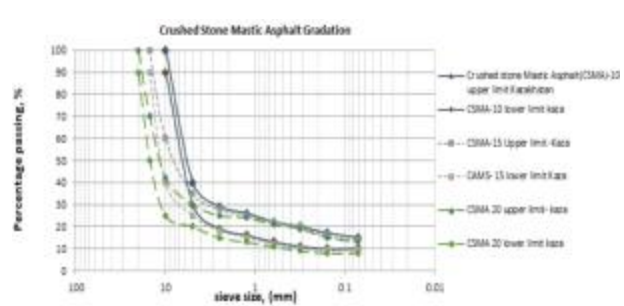
[표 52] 보조기층 재료비교

	카자흐스탄	대한민국(AASHTO)
액성한계(%)	최대 25	최대 25
마모도(%)	35~45	50
황산염에 대한 동결 저항성(%)	최대 5	최대 12 손실
소성 지수(%)	최대 7	최대 6
최대 건조 밀도(%)	98	95
편장률(%)	최대 35	최대 35

- 아스팔트용 골재를 비교한 결과, 아스팔트 입도, SMA 골재 입도분포는 카자흐스탄과 AASHTO 입도 분포는 아래 그림과 같이 유사한 경향을 보임



(ㄱ) 개립도 아스팔트 입도 분포 비교



(ㄴ) SMA 아스팔트 입도 분포 비교

[그림 81] 카자흐스탄과 AASHTO의 아스팔트용 골재 입도분포를 비교

- 콘크리트용 골재 기준의 경우, 카자흐스탄의 골재 평가 기준은 국제 기준보다 높은 수준을 요구
- 카자흐스탄의 콘크리트용 잔골재 입도분포의 경우 AASHTO와 거의 유사한 분포를 보이고 있으며, AASHTO 콘크리트용 굵은 골재 입도분포의 경우, 같이 카자흐스탄보다 다양한 골재의 종류를 기준으로 정하고 있음
- 카자흐스탄과 한국(AASHTO)의 기준 중 콘크리트 총 중량 대비 각 골재 및 시멘트 재료의 비율은 유사함
- 압축강도, 휨강도, 단위 수량 등 혼합물 기준에 대해 아래 표와 같이 사용하고 있으며 콘크리트의 각종 기준은 국내 기준과 유사한 수준을 요구

[표 53] 콘크리트용 재료비교

	카자흐스탄	대한민국(AASHTO)
골재 기준	250t 혹은 500t 이상의 잔골재	한 현장의 잔골재와 굵은 골재 650t 이상
조립률	콘크리트 클래스 유형에 따라 1 ~ 1.5에서 2 ~ 3.25	2.3 ~ 3.1 (± 0.2)

		카자흐스탄	대한민국(AASHTO)
마모도		화성암 35 ~ 45 % 퇴적물 25 ~ 60 % 자갈 및 자갈로 만든 돌 25 ~ 50 %	35% 콘크리트 B250 및 B300 용최대 40 % 콘크리트 B200 & B150 용 (AASHTO-T 96)
염화물 (CL)		0.25 %	최대 0.35% (시멘트 총량에 따름)
혼합물 배합비교	시멘트(kg)	423(18%)	350~370(15%)
	물(kg)	131(6%)	147(6%)
	굵은 골재(kg)	1249(53%)	1122(49%)
	잔골재(kg)	574(23%)	692(30%)
	총합(kg)	2377	2309~2329

[표 54] 콘크리트용 재료비교

항목	시험방법	단위	카자흐스탄	대한민국
설계기준 압축강도	KS F 2408	Mpa	24 이상	21 이상
설계기준 휨강도	KS F 2408	Mpa	4.5 이상	4.5 이상
단위수량		kg/m ³	150이하	150이하
굵은 골재의 최대치수		mm	40 이하	40 이하
슬럼프값	KS F 2402	cm	5.0 이하	4.0 이하
AE콘크리트의 공기량 범위	KS F 2409	%	5.5 ~ 7.5	4 ~ 6

- 카자흐스탄의 시방을 검토한 결과, 도로를 따라 250m를 넘지 않는 간격으로 기초측량 기준점에 정확히 연결된 2차 수준점과 평면 기준점을 추가 복구하여야 하며, AASHTO는 150m를 기준으로 함
- 성토는 일회에 최대 500mm를 150mm 깊이에서 최대 95%의 밀도로 다짐하며 함수량은 상한에서 1% 하한에서 2%로 관리하고 있음
- 미터 폭 당 3톤 이상 최소 6번 통과하는 진동 롤러가 요구되며 최적의 함량보다 1-2 %아래의 수분 함량을 유지
- 각 층은 98%의 최대 건조 밀도가 요구됨
- 침입도에 따라 바인더 등급을 2개로 나누어 사용하고 있으며 카자흐스탄은 극단적인 기상 조건을 가지고 있기 때문에 포장의 수명 개선을 위해 기후에 적합한 추가 등급을 기준에 포함시켜야 함
- 국내 기준에 비해 아스팔트 다짐 온도가 낮으며 프라임 코트와 텍 코트의 경우, 카자흐스탄 기준 용량이 더 크지만 도포 범위가 좁으며 카자흐스탄의 프라임 코트와 텍 코트의 아스팔트 바인더 함량 기준이 2배 이상 높음
- 콘크리트 배합 시 사용하는 골재는 입도가 제한적이며, 국내에 비해 높은 시멘트 비율을 적용하고 있으나 공용성 기준은 유사함
- 도로설계 시 횡단면 설계 요소 검토한 결과, 카자흐스탄은 자체적인 설계 기준이 없고, 일반적으로 Soviet Union 의도로 설계 기준을 따르고 있음
- 카자흐스탄의 설계 속도는 교통량에 따라서 5등급으로 나뉘며 도로의 기능에 따라서 주요 도로와 공공 도로, 지방 도로로 나뉨
- 카자흐스탄의 도로 분류는 기능에 따라 4가지 범주로 나뉘는데, 주간선 도로는 수도와 주요도시 그리고 경제 중심지를 연결하고, 보조간선 도로는 지역과 경제 중심지를 이어주는 역할을 수행
- 지역 간 도로는 주요 지역, 센터, 대형 생산 공장 등을 연결하고, 국지 지방도로의 경우 마을 또는 일부 구간 사이를 잇는 기능을 수행
- 1등급 도로의 경우 설계속도 120km/h에서 150km/h로 국내보다 높은 속도를 제시
- 도로 폭은 3.75m로 국내 3.5m 기준에 비해 넓었으며, 차선은 최소 4차로 이상으로 교통량에 따라 결정되는 국내와는 다르게 도로 설계 시 교통량을 상대적으로 적게 고려

[표 55] 카자흐스탄의 도로 설계 등급 기준 (SNiP 2.05.02-85)

등급	설계 속도(km/h)	차선 수	차선 폭(m)	도로기능에 따른 구분
I	120~150	4	3.75	주, 보조 간선 도로
II	120	2	3.75	주, 보조 간선, 지역 도로
III	100	2	3.5	주, 보조 간선, 지역 도로

등급	설계 속도(km/h)	차선 수	차선 폭(m)	도로기능에 따른 구분
IV	80	2	3	주, 보조 간선, 지역 도로
V	60	1	4.5	지역도로

[표 56] 국내 도로 설계 등급 기준 (KDS 44 10 00)

도로 구분		설계 속도(km/h)				차선 수	차선 폭(m)
		지방지역			도시지역		
		평지	구릉지	산지			
고속도로		120	110	100	100	교통량에 따라 결정	3.5
일반 도로	주간선도로	80	70	60	80		3.25
	보조간선도로	70	60	50	60		3.25
	집산도로	60	50	40	50		3
	국지도로	50	40	40	40		3

- 카자흐스탄의 대표적인 포장 설계 단면 검토한 결과, 아스팔트와 콘크리트 포장 설계 단면과 아스팔트 안정층 포장 단면은 아래 그림과 같으며, 표층의 두께가 아스팔트는 약 15cm 콘크리트는 27cm 정도로 얇으며 콘크리트 슬래브는 5m×5m 정사각형 모양임
- ESCAP에 의하면 카자흐스탄은 국내 및 국제 기준과 비교했을 때, 아스팔트 및 콘크리트 포장이 전반적으로 얇은 두께 단면을 채택
- 아스팔트 단면 특징은 앞서 언급한 겨울철 온도가 낮고 일교차가 큼에도 불구하고 강수량이 매우 적은 특징을 고려하여 동상방지층을 고려하지 않아 국내에 비해 표층 두께와 하부 구조의 두께가 얇은 편
- 아스팔트 안정 기층 단면의 표층은 역청 유제 코팅된 칩 실링 6~8cm 위에 코팅을 1~3cm 정도 실시
- 카자흐스탄의 교통량과 축 하중 데이터를 토대로 한 대표 차종의 설계 ESAL 검토결과, 축당 하중 기준이 13t으로 우리나라의 8.2t보다 높은 수준임을 확인

SMA	5cm
Binder coarse	10~12cm
ATB	12~15cm
Base	15~20cm
노상	

(ㄱ) 카자흐스탄
아스팔트 포장단면

표층/마모층	5~10cm
기층	10~25cm
보조기층	15~40cm
통상방지층	15~70cm
노상	

(ㄴ) 대한민국
아스팔트 포장단면

슬래브	25~27cm
CTB	18~20cm
기층	15~20cm
보조기층	20~25cm
노상	

(ㄷ) 카자흐스탄
콘크리트 포장단면

슬래브	20~35cm
CTB	10~20cm
기층	15~40cm
보조기층	구조에따름
노상	

(ㄹ) 대한민국
콘크리트 포장단면

[그림 82] 카자흐스탄과 대한민국의 포장설계 단면 비교

- 카자흐스탄의 실제 공용 중 도로의 상태를 조사한 결과, 설계 대비 저조한 유지관리 품질을 보이며 재료와 설계 문제보다 시공 품질관리의 문제로 인해 하자가 발생하는 경우가 많은 것으로 파악
- 폴링, 줄눈재 손상, 우각부 균열 및 종방향 균열로 패칭이 발생한 경우가 많은데, 부적절한 줄눈 커팅 시기 및 양생으로 발생한 것으로 판단됨, 이 경우, 보수된 위치에서 균열 및 2차 파손이 발생하는 경우도 많은 것으로 보아 유지보수 공법이 미흡할 것으로 예상
- 현지 아스팔트 포장 파손 종류로는 횡방향 반사균열, 종방향 균열 등 주로 저온 균열이 목격됨
- 부적절한 양생과 다짐 그리고 불량 재료 사용을 원인으로 예상
- 파손의 종류는 스케일링 및 포트홀이 가장 많이 나타나는데, 이는 시공시 재료의 품질관리 불량과 높은 중차량 비율에서 기인한 것으로 판단
- 특히 균열 및 팽창줄눈부의 파손은 신규 파손 대비 2차 파손의 발생 비율이 상당히 높음



(ㄱ) 시공품질 관리부재



(ㄴ) 시공시 줄눈의 부재로 재시공



(ㄷ) 동절기 영하기온에서 시공



(ㄹ) 내구성 저하에 따른 크랙



(ㅁ) 성토부 침하



(ㅎ) 낮은 품질의 유지보수

[그림 83] 카자흐스탄 현지 도로파손 현황

② 보조기층, CTB 치환 신규 공법

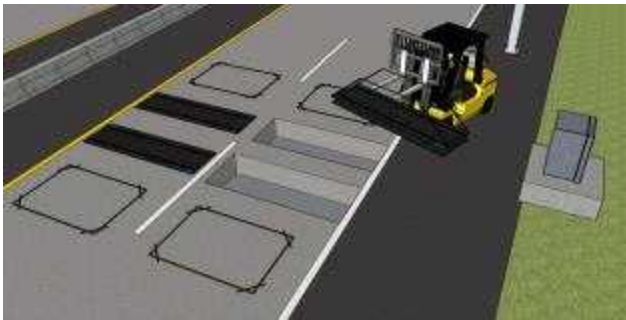
- WIM 센서의 경우, 도로 포장면에 설치되며, 도로 포장면의 평탄성이 고르지 못할 경우 차량 바퀴의 접지면과 도로 포장면의 상호작용으로 인하여 동적 하중이 발생하여 이는 WIM 센서 플랫폼을 통해 기록되는 신호에 직접적인 영향을 줌
- 종방향 편탄성만 아니라 흙, 변형 등의 악화, 편향과 가로 횡방향 또한 센서의 신뢰성과 내구성에 영향을 미칠 수 있으며, WIM 센서 플랫폼 설치가 가능한 포장의 최소의 폭과 깊이가 확보되어야 설치가 가능
- 도로 기하조건의 경우, 화물차의 주행 환경조건에 의해 차량의 하중이 바퀴 또는 축 내에서 편심하중이 일어나지 않도록 직선구간을 원칙으로 함
- 화선구간 조건이 충족되지 않을 경우, 종단구배, 횡단구배, 곡률반경 조건 기준을 만족하여야 함
- WIM 시스템의 설치지점은 가·감속구간과 이격(신호교차로 및 톨게이트, 진출입로와의 인접 등)하여 하중이 측정되는 동안 차량의 통행속도가 균일하게 유지되기 위함이며, 차로 수가 변화하는 구간에서는 차량의 차로변경이 빈번하게 발생하므로, 차로 수가 변화하지 않는 구간을 선정
- WIM 시공을 위한 기본적인 도로의 기하구조 및 포장의 특성 조건은 아래 표와 같음

[표 57] WIM 시공을 위한 포장 특성 조건

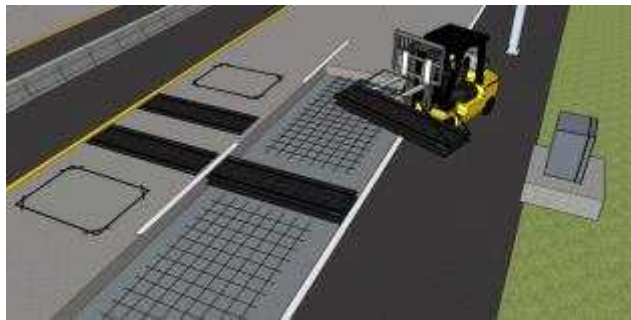
			WIM site classes		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
기하조건	직선구간	고속국도	시스템 전방 500m 이상, 후방 50m 이상		
		일반국도	시스템 전방 100m 이상, 후방 20m 이상		
		진출입로	시스템 전방 15m 이상, 후방 15m 이상		
	도로구배	종단경사	≤ ± 1%	≤ ± 2%	
		횡단경사	≤ ± 2%		
		곡률반경	≥ 1km (되도록 직선구간에 설치)		
포장 두께 및 폭	All	depth min. (mm)	≥ 300	≥ 250	≥ 250
	width × length min. (mm)	≥ 830 × 3400	≥ 830 × 3400	≥ 830 × 3400	
평탄성	IRI index	Index (m/km)	0 - 1.3	1.3 - 2.6	2.6 - 4
	APL1)	Rating2) (SW, MW, LW)	9 - 10	7 - 8	5 - 6
바퀴자국 패임	3m-beam	Rut depth max. (mm)	≤ 4	≤ 7	≤ 10
침하량 (준정적)	Semi-rigid Pavements	평균편향 (10 ⁻² mm)	≤ 15	≤ 20	≤ 30
		좌우편차 (10 ⁻² mm)	± 3	± 5	± 10
(13 t - axle)	All bitumen	평균편향 (10 ⁻² mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 50

			WIM site classes		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
	Pavements	좌우편차 (10^{-2} mm)	± 4	± 8	± 12
	Flexible Pavements	평균편향 (10^{-2} mm) 좌우편차 (10^{-2} mm)	≤ 30 ± 7	≤ 50 ± 10	≤ 75 ± 15
침하량 (동적) (5 t - load)	Semi-rigid Pavements	평균편향 (10^{-2} mm)	≤ 10	≤ 15	≤ 20
		좌우편차 (10^{-2} mm)	± 2	± 4	± 7
	All bitumen Pavements	평균편향 (10^{-2} mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 35
		좌우편차 (10^{-2} mm)	± 3	± 6	± 9
	Flexible Pavements	평균편향 (10^{-2} mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 55
		좌우편차 (10^{-2} mm)	± 5	± 7	± 10

- 카자흐스탄의 대륙형 극단적인 기후 조건과 재료 선정부터 시공 후 품질관리까지 현지 환경을 고려한 시공 및 유지관리 공법이 필요
- 카자흐스탄의 경우, 포장의 강성 및 기층과 보조기층의 설계품질은 우리나라와 크게 다르지 않으나 포장단면에서 슬래프의 두께가 우리나라에 비하여 얇아 시공 시 블록아웃 부위의 크기를 조정할 필요가 있음
- WIM 시공 후 양생 시 강도 및 내구성 확보를 위하여 여름철 시공 시에는 고온 건조한대로 특성상 양생 품질관리가 매우 중요할 것으로 판단
- 겨울철의 경우에는 일교차가 매우 커서 영하 20℃까지 기온이 떨어지니 11월 이후 겨울철 시공은 제한하는 것이 필요
- 공용중 도로에 시공하는 경우, 줄눈 커팅을 위한 대안 마련이 반드시 필요
- 하부 지반이 약해 공용 시 쉽게 포장 표면에 균열이 발생하는데, 하부층이 불안정한 경우 추가로 안정처리를 실시
- 아스팔트 포장의 경우, 보조기층을 치환하거나 콘크리트 포장의 경우 CTB 층을 치환하여 침하 및 변형이 생기지 않도록 미연에 방지하는 것이 필요
- 본 연구에서 제안하는 WIM의 신규 시공방법은 크게 블록아웃 공법과 부분치환 공법으로 분류
- 블록아웃 공법은 포장의 강성이 확보된 상태에서 수행하며, 시공기간이 짧음
- 부분치환 공법은 포장의 강성이 확보되지 않은 상태에서 수행하며, 시공기간이 깊



[그림 84] 블록아웃 공법 예시



[그림 85] 부분치환 공법 예시

[표 58] 블록아웃 공법

구분	블록아웃공법		부분치환공법	
작업 난이도	★★★★☆		★★★★★	
시공 일정	★★☆☆☆	약 2-3일 소요	★★★★☆	약 5-7일 소요
시공 비용	★★★★☆		★★★★☆	

[블록아웃 공법]

- 블록아웃 공법은 WIM 시공을 위한 강성이 확보된 포장체(콘크리트 포장)에서 사용
- 마이크로 그라인딩 작업과 같은 도로 포장면의 평탄성을 확보할 수 있는 작업을 선행

- 노면 컷터 작업으로 센서 플랫폼이 거치될 공간(L830W3400H300mm)을 블록아웃
- 블록아웃 작업 시 카자흐스탄의 얇은 포장단면으로 인하여 블록아웃 공간이 표층과 기층으로 확보가 되지 않으면 보조기층 일부분을 파쇄하여 WIM 설치 공간을 확보
- 파쇄된 보조기층의 표면에 타설하여 평탄하게 미장 후 양생하여 보조기층 치환 작업을 선행
- 양생이 완료되면 센서 플랫폼을 거치 후 센서 플랫폼의 높낮이를 노면 평탄도에 맞도록 조절
- 블록아웃 부분에 고강도 채움재를 타설하여 양생
- 양생이 완료되면 그라인딩으로 노면을 정리



[공정1] 도로 및 포장조사



[공정2] 노면 평탄화 그라인딩



[공정3] 블록아웃부 대형컷팅



[공정4] 루프 및 배관부 소형컷팅



[공정5] 블록아웃 작업



[공정6] 이형철근(타이바) 삽입



[공정7] CTB 치환



[공정8] WIM플랫폼 좌우 조립



[공정9] 블록아웃부 플랫폼 거치



[공정10] 높낮이 및 평탄 조절



[공정11] 루프 인입 및 배관작업



[공정12] 루프 채움재 타설



[공정13] 블록아웃부 타설 및 양생



[공정14] 내부확인 및 플레이트교환



[공정15] 토크적용 및 노면정리

[그림 86] 신규 블록아웃 공법 절차 요약

[부분치환공법]

- 부분치환 공법은 WIM 시공을 위한 강성이 확보되지 않은 포장체(아스팔트 포장)에서 사용
- 치환할 부분(시스템 전방 30m 이상, 후방 20m 이상)의 슬래브를 모두 파쇄
- 카자흐스탄의 얇은 포장단면으로 인하여 WIM 설치 높이가 확보되지 않으면, CTB 층도 일부 파쇄하여 WIM 설치 공간을 확보
- 파쇄된 CTB의 표면에 타설하여 평탄하게 미장 후 양생하여 CTB 치환 작업을 선행

- 양생이 완료되면 플랫폼을 도로 기하 조건과 평탄도에 맞도록 거치, 전 후 구간에 철근을 배합
- 파쇄된 부분에 고강도 채움재를 타설하면서 롤러스핀 스크리드 작업을 동시에 수행하여 평탄도를 확보
- 양생이 완료되면 그라인딩으로 노면을 정리



[공정1] 도로 및 포장조사



[공정2] 치환부분 파쇄



[공정3] 노면평탄화 작업



[공정4] 이형철근(타이바) 삽입



[공정5] 보조기층 치환 타설 및 양생



[공정6] 철근배합



[공정7] WIM플랫폼 좌우 조립



[공정8] 파쇄부 플랫폼 거치



[공정9] 높낮이 및 평탄 조절



[공정10] 고강도 채움재 타설



[공정11] 롤러스핀 스크리드 작업



[공정12] 미장 및 양생



[공정13] 루프 시공부 작업



[공정14] 루프부 소형커팅



[공정15] 루프선 인입



[공정16] 루프 채움재 타설



[공정17] 내부확인 및 플레이트교환



[공정18] 토크적용 및 노면정리

[그림 87] 신규 부분치환 공법 절차 요약

2) 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발

- 카자흐스탄 공화국 투자개발부 교통위원회(CT MIR RK)에서는 HS-WIM 시스템과 관련하여 기 운영중인 서버와 웹 플랫폼이 존재하며, 현재 구축된 테스트베드에서는 IAS TBD 서버와 VPN으로 연계되어 교통위원회 내부 상황실에서 웹 플랫폼으로 현장에서 수집된 데이터를 확인할 수 있음
- 교통위원회는 이미 구축된 시스템을 통하여 교통위원회 내부에서만 데이터를 조회하거나 관리에 활용할 계획
- 기 구축된 교통위원회의 현지 웹 플랫폼을 분석한 결과, 측정 데이터를 확인하는 용도로만 활용하고 있으며, 조회 필터링 및 통계, 동작 혹은 과적에 대한 알람 등 기준값 설정관리에 부족함이 많음
- 또한 교통위원회 상황실 내부 중앙서버에서만 접근이 가능하여 현장 사용자를 위한 기능, 예를 들어 과적혐의차량 발생시 단속반원에게 선별단속 알람을 송신하는 기능이나 현장에서의 차량별 측정결과를 상세조회 할 수 있는 기능, 도로별 관리 기준치를 다르게 설정하거나 사용자별 접근권한 및 아이디 등을 설정하는 기능이 제공되지 않음

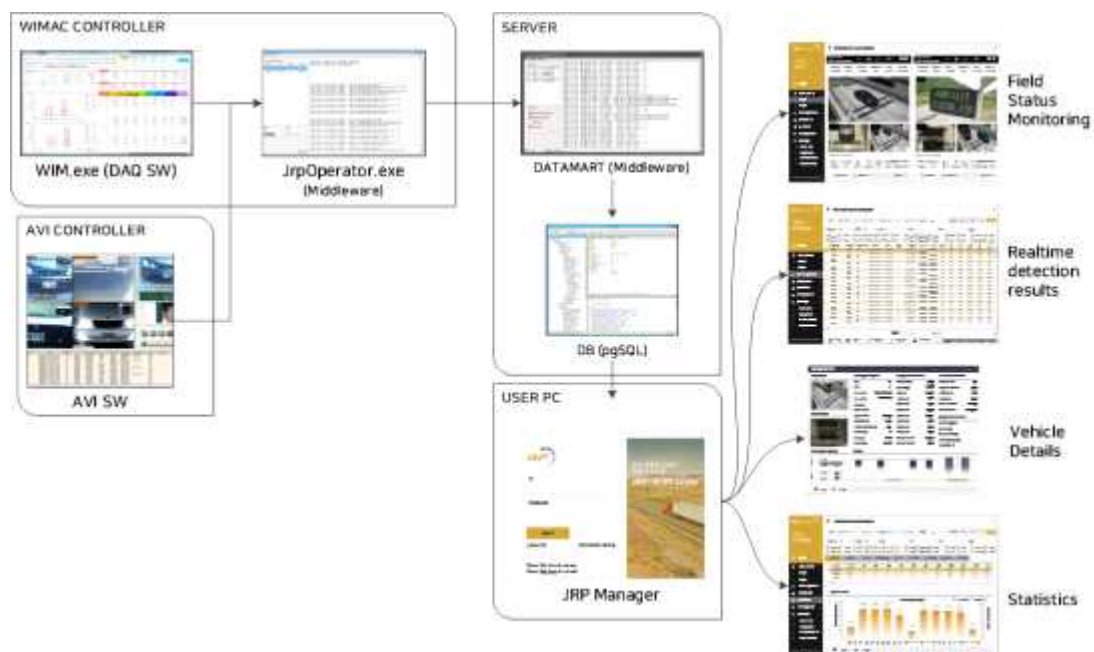


(ㄱ) 웹 플랫폼 리스트 조회 화면



(ㄴ) 웹 플랫폼 상세조회 화면

[그림 88] 교통위원회에서 기 운영중인 웹 플랫폼 화면 예시

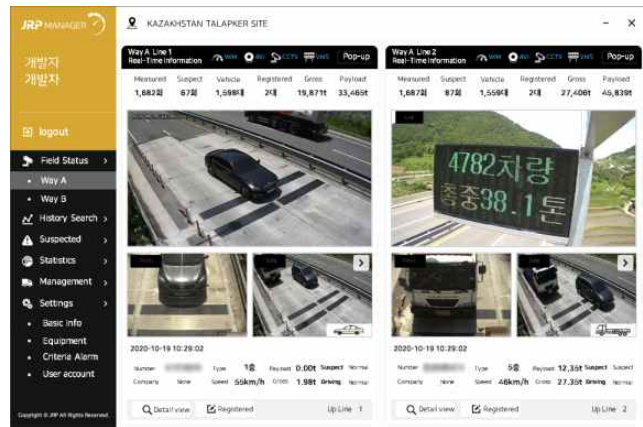


[그림 89] 사용자 소프트웨어와 클라우드 서버 연계 다이어그램

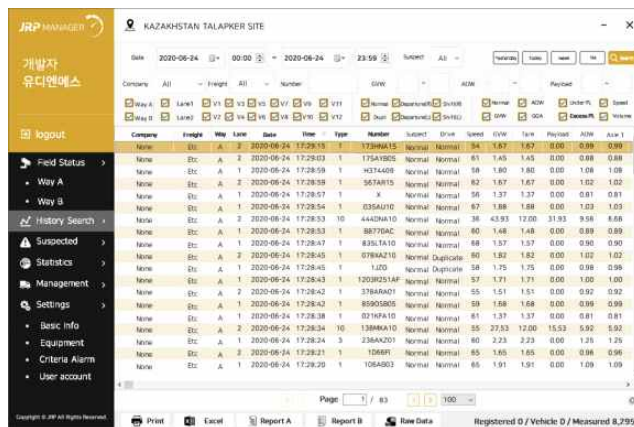
- 본 연구에서 제안한 당사의 WIM 제품에서는 교통위원회에서 제시한 데이터외에 추가적인 다양한 측정정보를 제공할 수 있으며, 이 추가적인 측정 데이터에는 시스템의 동작 상태 및 센서의 신호 품질 등이 포함되어 상시 동작 모니터링 및 유지보수를 위한 중요 측정값이 포함되어 있음
- 따라서 본 테스트베드 현장의 사용자 소프트웨어는 현지 협력업체에게 유지보수를 위하여 제공
- 또한 향후 선별단속 시 활용할 수 있도록 교통위원회가 아닌 외부 지역거점 도로관리소나 단속반원들이 이용할 수 있도록 측정정보를 제공하는 기능을 그 주요 목적으로 함
- 본 연구에서 개발된 사용자 소프트웨어는 현지 기구축된 웹 플랫폼과 같이 영문 UI로 제공
- 한편 보안상의 이유로 사용자 소프트웨어에서는 교통위원회의 서버로 연결할 수 없어 별도의 웹 클라우드를 구축하여 교통위원회로 송부하는 차량 데이터와 동일한 측정 결과를 웹 클라우드로 전송하도록 구축
- 별도로 구축된 웹 클라우드와 사용자 소프트웨어를 연결하여 축적된 데이터와 연계동작하도록 구현



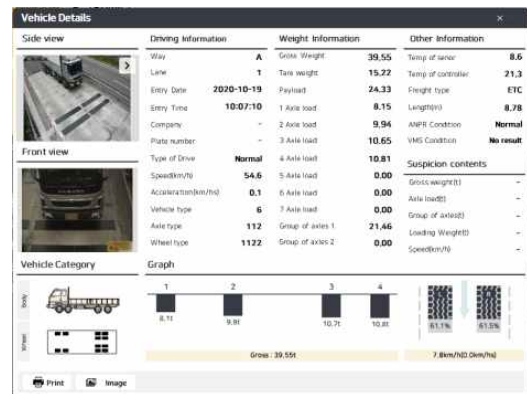
[그림 90] 로그인 화면 예시



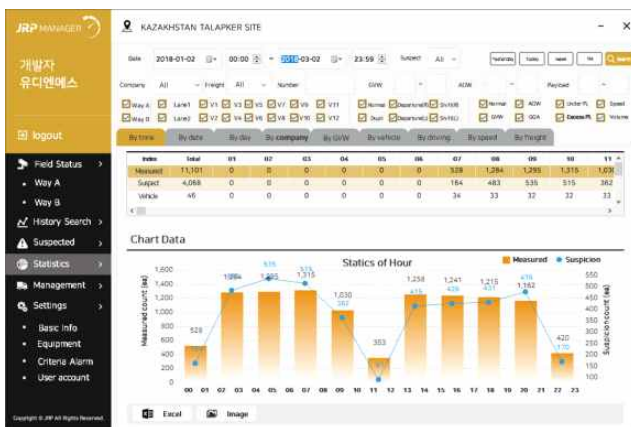
[그림 91] 현장상태 화면 예시



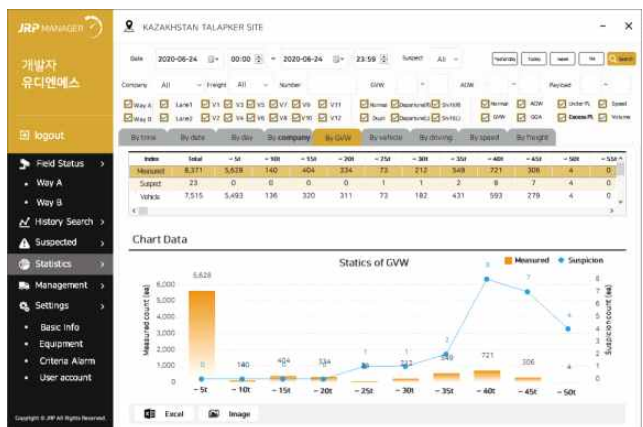
[그림 92] 이력조회화면 예시



[그림 93] 상세조회화면 예시



[그림 94] 통계화면 예시 - 시간별



[그림 95] 통계화면 예시 - 총중량별

바. 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축

1) 현지 테스트베드 구축

① 실내 환경시험

- HS-WIM 에 대한 현지 정부공인인증(GOST OIML R 76-1-2011)을 획득하기 위해서는 테스트베드 구축 및 실외 현장 주행시험 이전 사전 단계인 실내 시험을 수행
- 카자흐스탄 기술인증센터에서 시험진행 명령서를 발급받아 알마티 및 누르술탄의 인증센터 연구시설에서 실내시험을 수행
- 센서출력 및 온습도환경챔버 내에서 동작안정성에 대한 인증센터시험 통과
- GOST 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2: 2005) “기술 장비의 전자기 호환성. 산업 분야에서 사용되는 기술 장비의 전자기 간섭에 대한 내성. 요구사항 및 테스트 방법” 과 GOST 30804.6.4-2013 (IEC 61000-6-4: 2006) ” 기술 장비의 전자기 호환성. 산업 분야에서 사용되는 기술 장비의 전자기 간섭. 표준 및 테스트 방법” 에 대한제어기 전



(ㄱ) 기술인증센터 인증시험진행 명령서



(ㄴ) 제자기 전자파적합성 인증서



(ㄷ) 알마티 기술인증시험센터



(ㄹ) 센서 출력 실내시험



(ㅁ) 센서 환경챔버 시험



(ㅂ) 제자기 전자기적합성 실내시험

[그림 96] 카자흐스탄 인증센터 실내시험

② 테스트베드 구축

- 카자흐스탄 공화국 투자개발부 교통위원회(CT MIR RK)로부터 누르술탄의 외곽도로인 Talapker 현장을 설치 후보지로 소개받음
- 2019년 교통위원회에서 진행된 회의를 토대로 당사가 제시한 WIM 설치기준에 부합하도록 카작압토졸(카자흐스탄 도로공사)에서 도로포장 개비공사를 수행하여 콘크리트 강성포장도로를 제공
- 공동연구기관인 NURIS에서는 2019년 한국 내방당시 시공현장을 방문하여 WIM 시공에 대한 간접경험을 보유
- 코로나바이러스로 인한 입국제한으로 NURIS의 현장 지휘하에 원격 시공으로 수행
- 2020년 09월 12일 테스트베드 시공에 착수하여 2020년 10월 11일 시공 및 구축을 완료
- 국내의 경우 2~3일이면 완료될 시공이지만, 원격시공으로 인하여 시행착오가 많았으며 시공장비 등이 제때에 투입되지 않아 시공일정이 많이 딜레이 됨, 또한 번호인식카메라 구축까지 시간이 많이 소요됨
- 자세한 구축 결과는 아래 표와 같음



[공정1] 시공 작도



[공정2] 블록아웃부 컷팅



[공정3] 블록아웃부 파쇄



[공정4] CTB층 패쇄



[공정5] CTB층 노면다짐



[공정6] CTB층 치환



[공정7] WIM플랫폼 좌우 조립



[공정8] WIM 플랫폼 거치 및 조절



[공정9] 합체/폴대 좌대앵커 설치



[공정10] 루프시공부 컷팅



[공정11] 루프케이블 인입



[공정12] 고강도 채움재 타설 및 양생



[공정13] 노면 평탄화 면갈이



[공정14] 세부 그라인딩 면갈이



[공정15] 토크적용 및 노면정리



[공정16] 합체 연결 및 배선



[공정17] 폴대 카메라 및 위성설치



[공정18] 연계동작 확인

[그림 98] 테스트베드 시공 절차 요약



(ㄱ) 테스트베드 현장전경



(ㄴ) 테스트베드 차량주행모습



(ㄷ) 테스트베드 현장전경



(ㄹ) WIM 센서 플랫폼 시공모습



(ㅁ) 현장 제어기 모습

[그림 99] 테스트베드 현장모습

2) 현지 합작회사 설립

- R&D ENGINEERING LLP 社와 현지 합작회사 설립을 진행
- 지분 소요는 50 대 50으로 설정하고, 현지 대표인으로 Sarbassov Dastan을 설정
- 양사의 역할에 대해서는 다음과 같이 정의함
- UDNS Co. Ltd.
 - 전반적인 프로젝트 관리를 담당
 - 숙련 된 인력과 장비를 배치
 - 제공되는 제품에 대한 제조업체 승인서 / 대리점 인증서를 제공
 - 로드셀, WIM 소프트웨어, WIM 제어 장치에 대한 제조업체 인증서 제공
 - 로드셀, WIM 플랫폼, 제어 장치, WIM 운영 소프트웨어에 대한 제조업체의 승인서를 제공
 - 운영 소프트웨어, 로드셀, 계량 플랫폼 또는 동일한 제조업체에서 공급하는 기타 주요 예비 부품을 제공
- R&D ENGINEERING LLP
 - 전반적인 프로젝트 관리를 담당
 - 초기 투자 및 운전 자본을 준비
 - 숙련 된 인력과 장비를 배치
 - 제조사 LPR 카메라, 제어 장치, 인터넷 통신 기기, 정부 연결 용 위성 통신 기기 제공
 - 전체 시스템의 로컬 설치 제공
 - 보증 및 교정 인증서 제공
 - 일반 및 현장 시설에 대한 책임
 - 운영 및 유지 관리에 대한 책임
 - 소프트웨어 보안 지원을 담당



[JV 설립에 대한 계약]



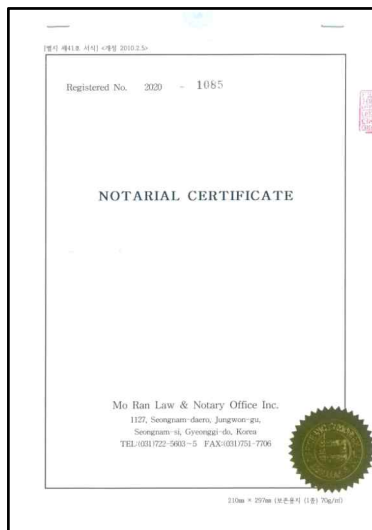
[창립자총회 설립 프로토콜 작성]



[협회각서 생성]



[사업자등록증, 주주총회의사록 공증]



[아포스티유 공증 진행]



[JV사 설립등록증]

[그림 100] 합작회사 설립

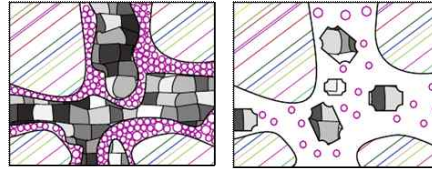
사. 원격지 유지관리 기법 개발

1) 동결융해 손상에 대한 보수재 평가

- 카자흐스탄 내 테스트베드가 위치한 누르술탄시(구 아스타나시)의 경우, 북쪽에 위치하여 연평균 최고온도는 7월 26.8℃와 최저온도 평균은 2월 -18.5℃로 혹독한 겨울로 유명
- 시공 후 동결융해가 반복적으로 일어나면서 접착부 및 포장의 수명이 한국에 비해 짧을 것으로 예상
- 해당 기후 조건을 극복할 수 있으면 작업성과 경제성을 확보할 수 있는 현지조달이 가능한 보수재가 필요
- MasterFlow 928 그라우트는 작업 시간이 연장된 수경 시멘트 기반 광물성 골재 비수축 그라우트로 현지 BASF社에서 조달이 가능
- 정밀하중 지지 지원이 필요한 그라우팅 기계 또는 플레이트에 이상적으로 적합하며, 45 ~ 90° F(7 ~ 32° C)의 온도 범위에서 배치 가능
- 테스트베드 시공 시 WIM 센서 플랫폼을 시공하는 블록아웃 부위에 본 보수재를 투입하여 시공을 완료
- MasterFlow928에 대한 물성치 및 시공사진은 아래 그림과 같음

PROPERTY	RESULTS			TEST METHOD
Compressive strengths, psi (MPa)				ASTM C 942, according to ASTM C 1107 of ASTM C 109
	Plastic¹	Consistency Flowable²	Fluid³	
1 day	4,500 (31)	4,000 (28)	3,500 (24)	
3 days	6,000 (41)	5,000 (34)	4,500 (31)	
7 days	7,500 (52)	6,700 (46)	6,500 (45)	
28 days	9,000 (62)	8,000 (55)	7,500 (52)	
Volume change				ASTM C 1090
	% Change	% Requirement of ASTM C 1107		
1 day ⁴	> 0	0.0 – 0.30		
3 days	0.04	0.0 – 0.30		
14 days	0.05	0.0 – 0.30		
28 days	0.06	0.0 – 0.30		
Setting time, hr:min				ASTM C 191
	Plastic¹	Consistency Flowable²	Fluid³	
Initial set	2:30	3:00	4:30	
Final set	4:00	5:00	6:00	
Flexural strength,* psi (MPa)				ASTM C 78
3 days		1,000 (6.9)		
7 days		1,050 (7.2)		
28 days		1,150 (7.9)		
Modulus of elasticity,* psi (MPa)				ASTM C 469, modified
3 days		2.82 × 10 ⁴ (1.94 × 10 ⁴)		
7 days		3.02 × 10 ⁴ (2.08 × 10 ⁴)		
28 days		3.24 × 10 ⁴ (2.23 × 10 ⁴)		
Coefficient of thermal expansion,* in/in/°F (cm/cm/°C)				ASTM C 531
		6.5 × 10 ⁻⁶ (11.7 × 10 ⁻⁶)		
Punching shear strength,* psi (MPa), 3 by 3 by 11" (76 by 76 by 279 mm) beam				BASF Method
3 days		2,200 (15.2)		
7 days		2,260 (15.6)		
28 days		2,650 (18.3)		
Split tensile and tensile strength,* psi (MPa)				ASTM C 496 (splitting tensile) ASTM C 190 (tensile)
		Splitting Tensile	Tensile	
3 days		575 (4.0)	490 (3.4)	
7 days		630 (4.3)	500 (3.4)	
28 days		675 (4.7)	500 (3.4)	
Resistance to rapid freezing and thawing, 300 Cycles				Durability Factor > 90% ASTM C 666, Procedure A
Dust Reduction, % MasterFlow 928 vs. Control				50% DIN55992-2
¹ 100–125% flow on flow table per ASTM C 230				
² 125–145% flow on flow table per ASTM C 230				
³ 25 to 30 seconds through flow cone per ASTM C 939				
⁴ Test conducted at a fluid consistency				
This data was developed under controlled laboratory conditions. Expect reasonable variations				

¹100–125% flow on flow table per ASTM C 230
²125–145% flow on flow table per ASTM C 230
³25 to 30 seconds through flow cone per ASTM C 939
*Test conducted at a fluid consistency
This data was developed under controlled laboratory conditions. Expect reasonable variations



BASF
The Chemical Company



[그림 101] BASF社 MasterFlow 928 물성치

[그림 102] MasterFlow 928 시공사진 예



[그림 103] 혹한기에 의한 동결융해 손상 및 보수부 확인

- 테스트베드 시공 후, 옥외함체에 온도센서를 설치하여 현장 운영온도를 실측한 결과 21년 1월 14일 외기온도 - 35.3℃의 최저치를 기록함
- 5월 26일 외기온도 최고치로 49.5℃를 기록
- 또한 동절기 폭설로 인하여 3월 전력선이 망실되어 4월 17일 이를 복구하였으며, 5월 15일 테스트베드 현장점검을 수행함
- 현장점검시 센서 플랫폼 내부 및 조인트 시공부위를 조사한 결과, 모두 양호한 상태로 유지되고 있는 것을 확인하였으며, 기존 포장의 슬래브 사이 줄눈부위 크랙에 대한 보수만 수행함
- 테스트베드 현장 운영 결과를 토대로 12월 12일 Transport Problems SCI 저널에 학술지 논문을 게재함
- 6월 28일 Transport Problems 2021 Conference의 학술회의에 논문 발표를 수행함
- 게재논문 및 발표논문은 아래와 같음

TRANSPORT PROBLEMS
PROBLEMY TRANSPORTU

2021 Volume 16 Issue 4
DOI: 10.21307/tp-2021-067

Keywords: WIM; Weight-in-Motion; Silk Road; One Belt; KAIA

Jong woo KIM, Young woo JUNG
UDNS Co., Ltd
A-517, U-TOWER Building, 767, Sinsu-ro, Suji-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16827 Republic of Korea
Ainura UTEBAYEVA, Zhuldyz KAMALIYEVA, Neil COLLINS, Dastan SARBASSOV,
Janay SAGIN*, Raushan AMANZHLOVA
Nazarbayev University
Kabanbay Batyr Av. 53, Nur Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan
*Corresponding author, E-mail: zhanay.sagintyeyev@nu.edu.kz

HIGH-PERFORMANCE HIGH-SPEED WIM FOR SUSTAINABLE ROAD LOAD MONITORING USING GIS TECHNOLOGY

Summary. The increasing importance of better transport connectivity has indicated the need to develop high-speed road load monitoring technologies. The Belt and Road Initiative (BRI), Silk Road transportation programs considerable have developed the roads and highways networks in Kazakhstan and other Central Asian (CA) countries. Transportation services require proper maintenance and prompt track load monitoring. There is no holistic freight traffic management system that controls and monitors traffic flow in CA. A Weight in Motion (WIM) technology can be used as an effective traffic management control system in the CA region. The WIM technology is designed to control axle and gross vehicle weight in motion. It has a wide range of applications, including pavement and bridge weight control, traffic legislation and state regulations. The WIM technology has advantages over conventional static weighing as it does not interrupt traffic flow by creating queues at monitoring stations. The WIM technology can be used not only as a weight control tool but also performs a comprehensive analysis of other traffic flow parameters. In cooperation with Korean UDNS experts with support from KAIA, we test the application of WIM in Nur-Sultan city, North of Kazakhstan, with Siberian-type cold weather. These works create much challenges and innovative approach to test sensors in the harsh environment, from the extreme cold to hot temperatures, with intensive dust distortions. Our Talapker WIM pilot test site was installed in September 2020, and it performs Gross Vehicle Weight (GVW) and Axle of Weight (AOW) analyses. The Talapker WIM High Speed (HS) sensors are capable of detecting different driving patterns, including everyday driving, acceleration or deceleration more than 10km/h/s and eccentric driving (partial contact with the platform to avoid excessive weighing). The pilot Talapker HS WIM site has demonstrated a positive effect on implementing WIM technology in Kazakhstan. Every 10th car passing through the WIM site registered as an overloaded vehicle by gross weighing, and every 5th car is considered overloaded by axle weighing. GIS-based location allocation analysis (LAA) performed in the given study provided an understanding of a practical implementation of WIM sensors. Taking into consideration different geographical data, the WIM site map was developed to reveal 43 suitable locations. Further improvements for the CA road network and their WIM demand points will be the focus of future research investigations.

High-performance high-speed WIM for sustainable road load monitoring... 155

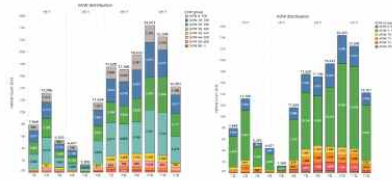


Fig. 5. Analysis of the total number of passing vehicles per month by GVW and AOW distributions

Table 1
Number and percentage of overloaded vehicles per month by GVW and AOW distributions

Month	GVW distribution			AOW distribution		
	Total number	Number of Overloaded	Percent of overloaded	Total number	Number of Overloaded	Percent of overloaded
1	7949	313	3.94	7949	593	7.46
2	13206	746	5.65	13206	1343	10.17
3	5353	408	7.62	5353	695	12.98
4	4421	165	3.73	4421	279	6.31
5	1300	108	8.31	1300	212	16.31
6	11634	678	5.83	11634	1479	12.71
7	17520	1469	8.38	17520	2826	16.13
8	17106	1807	10.56	17106	3504	20.48
9	19433	1856	9.55	19433	3624	18.65
10	24423	1800	7.37	24423	3270	13.39
11	22508	1658	7.37	22508	3325	14.77
12	14261	863	6.05	14261	1535	10.76

It was important to identify driving patterns to evaluate their effects on GVW and AOW distributions (Fig. 8). According to the results, the most common driving pattern in the normal GVW distribution is "normal" driving, while in the overloaded GVW distribution, drivers tend to follow an "out of lane" driving pattern. This feature can be explained by the fact that drivers prefer to evade weight control sensors. An abnormal driving pattern refers to partial contact of the axle with the platform to avoid overloading. Unexpectedly, eccentric driving is present in the same portions both in normal and overloaded GVW distributions. Significantly higher cases of eccentric driving patterns were expected in the overloaded GVW distribution, where drivers cheat and "hide" overloading by having partial contact (Fig. 9).

In the normal AOW distribution, most drivers follow a normal driving pattern; about 18% have an eccentric pattern, and approximately 7% follow the "out of lane" pattern. As in normal AOW, in the overloaded AOW distribution, most drivers follow the typical driving pattern; about 40% and 15% have an "out of plane" or eccentric driving pattern.



HIGH-PERFORMANCE HIGH-SPEED WIM FOR SUSTAINABLE ROAD LOAD MONITORING

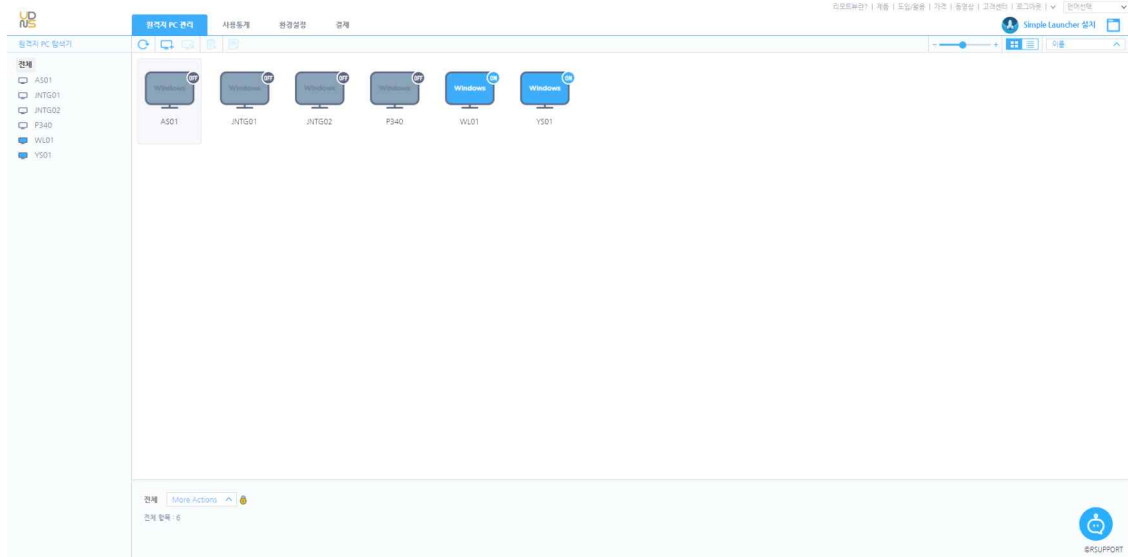
Jong woo KIM, Young woo JUNG, Ainura UTEBAYEVA, Zhuldyz KAMALIYEVA, Neil COLLINS, Dastan SARBASSOV, Janay SAGIN



2) 원격접속 유지관리 솔루션 개발

① 원격접속 유지관리 솔루션 및 동작알람

- 현지 원격지 제어기 PC에 동작상태를 모니터링하고 이벤트 상황 발생 시 원격접속하여 제어관리 할 수 있도록 원격지 PC관리 및 제어툴 적용
- 제어기 내 시제품은 JrpOperator 소프트웨어에서는 주요 운영상황 이벤트에 대한 이상 상황을 인지하고 이를 텔레그램 메시지 혹은 이상 상황이 일정 시간이상 지속 시 관리자에게 SMS 문자로 알람을 송신하는 기능을 개발



[그림 104] 원격지PC 관리 및 제어를 적용

[표 62] 유지관리 동작알람 코드 및 조건

동작오류				오류감지조건	오류표시방법
분류		코드	내용	조건	현장상태화면
WIM	시스템 회복	WM00	시스템 동작 회복	알람 후 WIM 시스템 정상화 1분 유지	WIM1,2 LED 녹색
	연결오류	WM01	운용SW 무응답	운용SW 1분간 연결안됨	WIM1,2 LED 붉은색 점멸
	하드웨어오류	WM11	센서값 이상	OPR code의 error-noise 0 초과 10건/1분 발생	WIM1,2 LED 노란색 점멸
		WM12	초기값 이상	OPR code의 error-init 0 초과 10건/1분 발생	
		WM13	결과값 이상	WIM Raw result code의 common-code-calculation 0 이상 연속 10건 발생	
	소프트웨어오류	WM20	연산SW 무응답	연산SW 1분간 연결안됨	WIM1,2, LED 노란색 점멸
AVI	시스템 회복	AV00	시스템 동작 회복	알람 후 AVI 시스템 정상화 1분 유지	AVI1,2 LED 녹색
	연결오류	AV01	시스템 무응답	avilog.txt 가 갱신되지 않음 발생 1분 경과	AVI1,2 LED 붉은색 점멸
	소프트웨어오류	AV21	이미지 파일 미수신 오류	정상주행에서 미수신 오류 연속 10건 발생	AVI1,2 LED 노란색 점멸 (이상발생차선AVI)
		AV22	번호 미인식 오류	정상주행에서 미인식 오류 연속 10건 발생	
CCTV	시스템 회복	CC00	시스템 동작 회복	알람 후 CCTV 시스템 정상화 1분 유지	CCTV LED 녹색
	연결오류	CC01	시스템 무응답	Snapshot과 운용 SW 1분간 연결안됨	CCTV LED 붉은색

② 현장모사 시뮬레이션 시험결과

- **시험목적:** 연구과제 목표성능 만족여부 확인
- **시험항목:** 모바일 연계 유지관리 동작알람
- **시험일시:** 2021년 10월 01일, 2021년 10월 06일

[표 63] 현장모사 시뮬레이션 시험장소

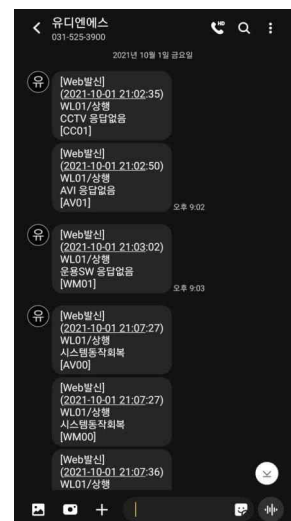
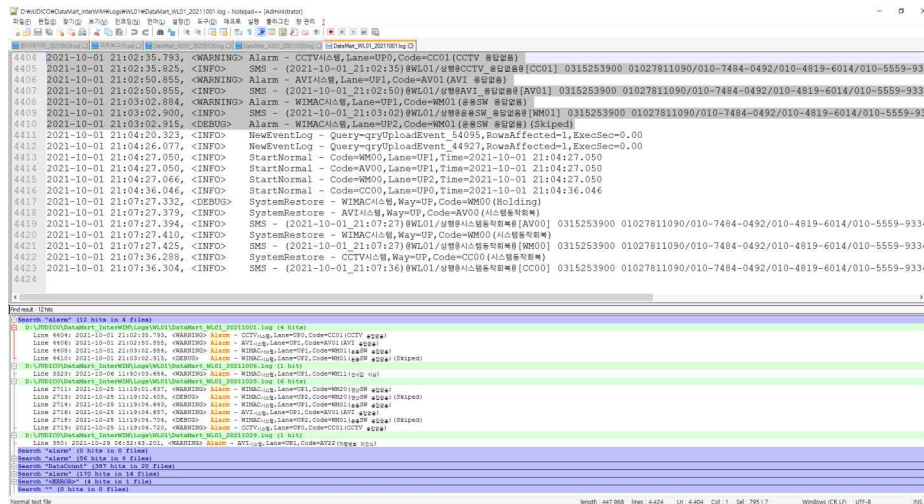
현장이름	우림콘크리트공업(주)
시공일자	2019.03.01
운영기간	약 14개월 (2019.03.01 ~ 2021.12.08)
현장주소	경기도 하남시 초광산단로8
활용목적	콘크리트공장 진입차량 입고종량 측정
연계구성	번호인식장비, AWS 서버연계
기타	-

■ 시험방법

- 현장 제어기 무응답 이벤트 모사: 현장 제어기의 인터넷 연결 LAN 케이블을 차단하여 AWS 서버와의 통신 비활성화 이벤트 모사
- 센서값 이상 이벤트 모사: 현장 제어기에서 WIM 센서 플랫폼의 신호케이블 1기를 차단하여 센서값 이상 이벤트 모사
- 비활성화 5분 경과시 서버의 이벤트 로그의 시간을 확인
- 휴대폰 SMS 알람메시지 수신시간을 확인
- 모사상황 후 이벤트 발생시점부터 알람메시지 수신까지의 시간차이를 확인하여 기록하고 알람이 1분 이내에 수신되었는지 확인

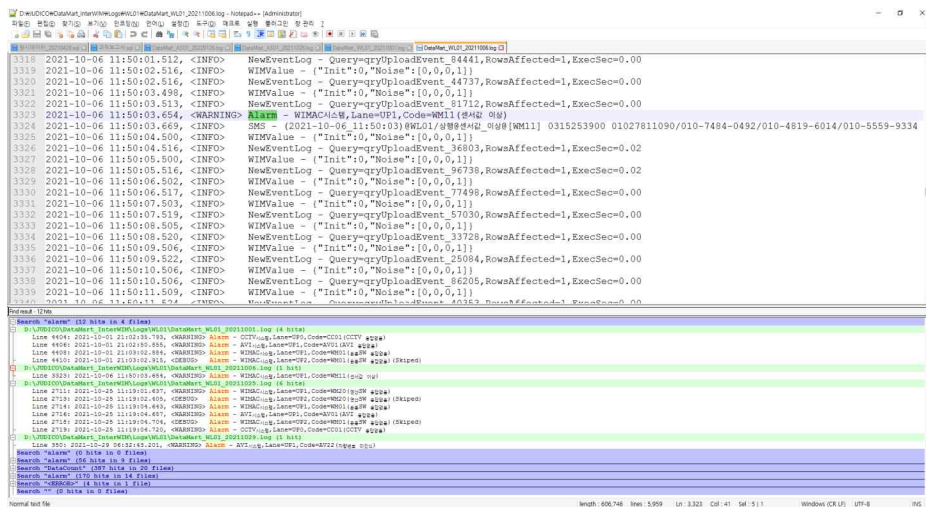
■ 시험결과

- 제어기 무응답 이벤트 모사



[그림 106] 휴대폰 알람수신
- 제어기 무응답

■ 센서값 이상 이벤트 모사



[그림 107] 서버 이벤트 로그 - 센서값 이상

- 제어기 무응답 및 센서값 이상 이벤트 상황 모사 시 서버의 이벤트 알람 로그시간과 휴대폰 SMS 알람수신 시간차를 계산한 결과 모두 1분 이내로 성능목표인 1분 이내를 달성

[표 64] 시험결과 - 제어기 무응답

구분	이벤트알람 수신시간 [MM/DD hh:mm]	휴대폰 알람수신 시간 [MM/DD hh:mm]	시간차 [min]	목표치 [min]
발생	10/01 21:02	10/01 21:02	0	< 1
복구	10/01 21:07	10/01 21:07	0	< 1
☒ 목표치 달성 ☐ 목표치 비달성 ☐ 기타				

[표 65] 시험결과 - 센서값 이상

구분	이벤트알람 수신시간 [MM/DD hh:mm]	휴대폰 알람수신 시간 [MM/DD hh:mm]	시간차 [min]	목표치 [min]
발생	10/06 10:50	10/06 10:50	0	< 1
복구	10/06 11:55	10/06 11:55	0	< 1
☒ 목표치 달성 ☐ 목표치 비달성 ☐ 기타				



[그림 108] 휴대폰 알람수신 - 센서값 이상

3) 모바일 알람 연계 솔루션 개발

① 프로그램 개요

- 프로그램 명칭: JRP-WIM App (이동단속 연계용 스마트폰앱)
- 개발연월일: 2021년 04월 ~ 10월
- 프로그램 종류: 응용프로그램 > 산업용S/W > 전자데이터 교환(EDI)S/W
- 4차 산업: 사물인터넷(IoT)
- 적용분야: 건설교통분야

② 프로그램 특징

- JRP-WIM 시스템이 설치된 현장에서 검측된 정보를 이동단속반의 스마트폰 앱을 활용하여 열람이 가능
- 이동단속반은 단속현장에서 스마트폰 앱을 활용하여 JRP-WIM 시스템에서 측정된 데이터를 확인하고, 혐의차량에 대한 효율적인 선별검차를 진행
- 활용목적
 - JRP-WIM 시스템에서 운영 중 과적혐의 선별차량이 검측되고, 이를 검차하기 위하여 이동단속반에게 SMS 문자로 알람을 송신하여 운영되고 있음
 - 시스템에서는 선별차량에 대하여 각 축하중, 그룹축하중, 주행내용, 가감속 등의 추가 데이터와 차량의 번호판 인식 이미지와 측면 촬영 이미지 등 다양한 데이터의 제공이 가능
 - 그러나 혐의 알람문자의 경우 SMS 문자로 송신할 수 있는 문자 길이 제한으로 인하여 한정된 정보만을 제공하여 운영중
 - 이동단속반의 선별차량을 빠르게 인식하기 위한 이미지 정보 및 상세한 검측결과 데이터를 실시간으로 스마트폰 앱에 공유함으로써 단속 효율을 높일 수 있음
 - 또한 이동단속반의 정적으로 측정된 검차데이터와 시스템에서 측정된 동적 데이터를 상호 비교하여 JRP-WIM 시스템의 중량 정확도가 잘 유지되고 있는지 정량적으로 확인가능
 - 특히 이동단속반의 검차정보를 앱에서 제공받을 수 있다면, 편심 및 이탈주행을 하는 혐의차량에 대해서도 통계적으로 유의한 수준의 교정데이터를 확보할 수 있으므로, 시스템에서 좀 더 정확한 추정중량을 계산할 수 있도록 변수 설정이 가능
 - 향후 국토교통부에서 추진하고 있는 그룹축 단속이 시행될 경우, SMS 알람의 길이 제한으로 인하여 대응이 불가하며, 차종 및 축수와 축구조에 따른 혐의정보를 시스템으로부터 제공받아야 원활한 검차단속업무 수행이 가능

③ 주요기능 및 사용방법

- 주요기능
 - 앱 로그인 시 JRP Manager에 등록된 이동단속반원의 아이디와 패스워드를 비교하여 데이터 확인 권한을 부여
 - 외부로 검측데이터가 유출되거나 해킹에 의하여 함부로 조회할 수 없도록 암호화 및 보안작업
 - 앱 화면에서는 시스템에서 자동 촬영된 이미지를 포함하여 상세한 검측 데이터를 표출
 - 선별된 혐의차량에 대하여 앱에서 알람을 송신
 - 앱에서 알람의 수신여부와 수신시간을 설정할 수 있는 기능제공
- 사용방법
 - 구글플레이 스토어에서 앱을 다운로드하여 설치 후 앱을 실행
 - JRP Manager에 등록된 이동단속반원의 아이디와 패스워드를 그대로 사용하여 로그인
 - 무인 무정차 고정식 축중기 JRP-WIM 시스템에서 측정된 데이터를 리스트로 확인
 - 선별된 혐의차량에 대하여 앱에서 알람을 송신하고, 시스템에서 자동 촬영된 이미지를 포함하여 상세한 데이터 표출

④ 스마트폰 앱 구현결과

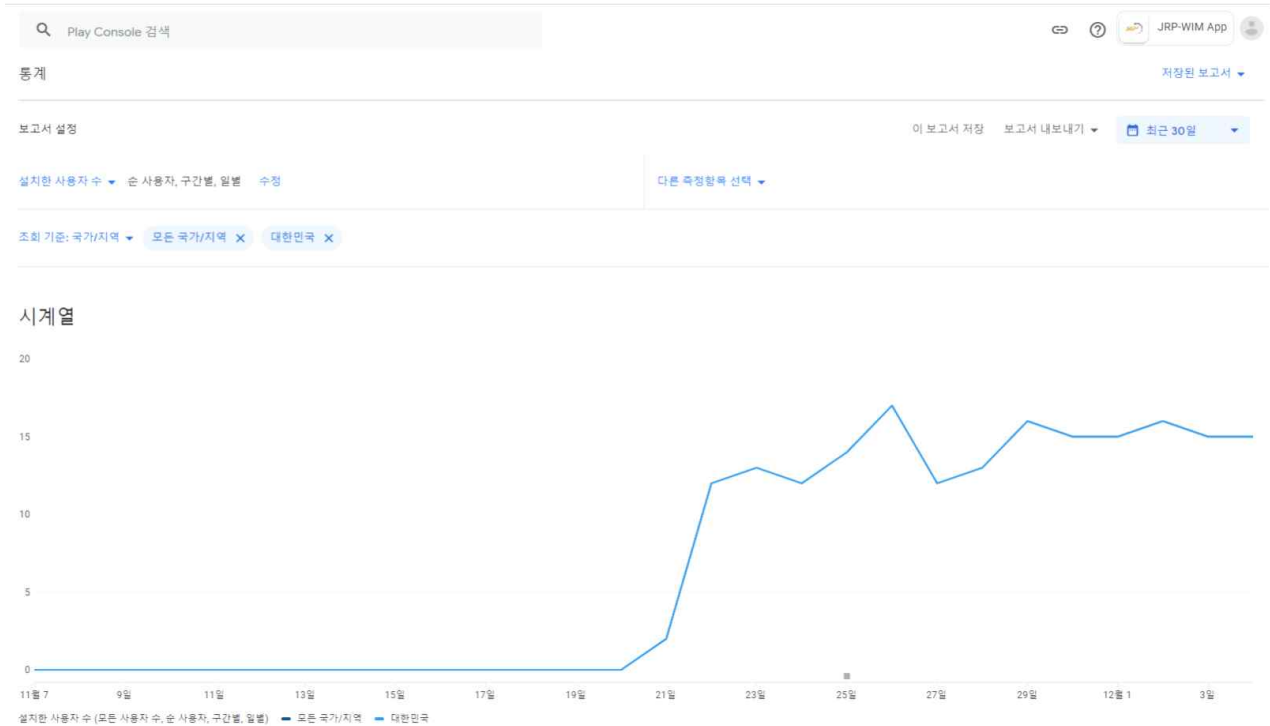
로그인 화면	접속설정 수정	메뉴화면

메인화면	메인화면 - 쿼선택	메인화면 - 조회조건

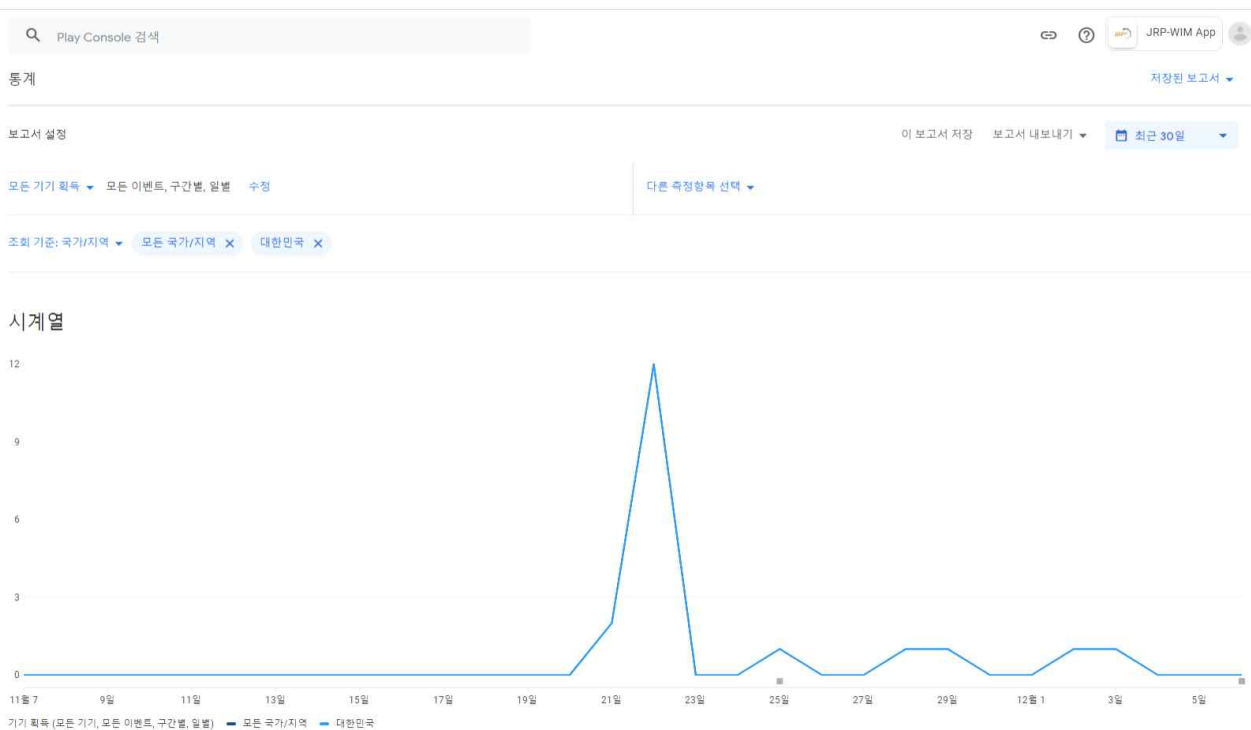
상세내역 - 촬영	상세내역 - 주행	상세내역 - 중량
Vehicle Detail UP Lane1 2021-11-05 16:12:32 532AC14 Total 40.24t 55km/h Axle5 Type10 Axle2 12.3t Normal Pre-selection PHOTO DRIVE WEIGHT ETC INSPECT Side Image Plate Image Body Wheel Graph 1 2 3 4 5 7.0t 12.3t 7.0t 7.0t 7.0t Gross : 40.24t	Vehicle Detail UP Lane1 2021-11-05 16:41:26 233YEA0 Total 61.78t 49km/h Axle5 Type10 Axle4 15.1t Off lane Pre-selection PHOTO DRIVE WEIGHT ETC INSPECT Way UP Lane Lane1 Entry Date 2021-11-05 Entry Time 16:41:26 Plate Number 233YEA0 Drive Off lane Speed (km/h) 49 Acceleration (km/hs) +0.1 Vehicle Type Type10 Axle Type 1211	Vehicle Detail UP Lane1 2021-11-05 16:41:26 233YEA0 Total 61.78t 49km/h Axle5 Type10 Axle4 15.1t Off lane Pre-selection PHOTO DRIVE WEIGHT ETC INSPECT Gross weight (t) 61.78 Tare weight (t) 15.00 Payload (t) 46.78 Axle1 (t) 5.13 Axle2 (t) 13.36 Axle3 (t) 13.35 Axle4 (t) 15.12 Axle5 (t) 14.83 Axle6 (t) 0.00 Axle7 (t) 0.00

상세내역 - 기타	알람설정	앱 아이콘
Vehicle Detail UP Lane1 2021-11-05 16:41:26 233YEA0 Total 61.78t 49km/h Axle5 Type10 Axle4 15.1t Off lane Pre-selection PHOTO DRIVE WEIGHT ETC INSPECT Temp of sensor (°C) -3.7 Temp of controller (°C) 17.8 Freight type 기타 Length (m) 16.38 ANPR Condition Normal VMS Condition Ignore Gross weight (t) +17.78 Axle load (t) +4.12 Group of axles (t) +4.71 Loding weight (t) -	Alarm Pre-selection ☒ Enforcement ☐ Inspection ☐ Begin ☒ AllDay 12:00 End 12:00 Alarm Date M T W T F S S Save	JRP

⑥ 스마트폰 앱 출시 및 운영



[그림 109] JRP-WIM 스마트폰 앱 설치 사용자수



[그림 110] JRP-WIM 스마트폰 앱 설치기기

아. 국제인증 및 사업화 준비

1) 국외 실외 인증, OIML R 076-1 국제 기준 성능 평가 주행 시험

① 성능 평가 항목

- 고속측중기 성능평가 항목은 차량 축하중, 총중량의 정확도, , 중량 측정을 회피하는 차량의 번호를 정확히 측정하는지 여부(회피주행 금지), 평가대상 장비의 영상인식 능력을 확인하기 위한 일반 주행차량의 번호인식여부(차량번호인식) 등이 평가의 주요 항목
- 중량정확도는 법정계량기 또는 정기검사(교정)를 받은 이동식 측중기를 이용하여 측정한 평가차량의 총중량 및 축하중(단일 축하중 및 그룹 축하중)의 기준값과 평가 대상장비(고속측중기)에서 측정된 평가차량의 총중량 및 축하중(단일 축하중 및 그룹 축하중)의 중량값을 비교하여 평가
- 회피주행 금지율은 평가차량이 차로 중첩주행, 갓길주행 등 회피주행 시 평가 대상장비(고속측중기)에서 측정한 회피주행 금지 정확도를 평가

② 평가 항목 특성 및 기준

- 측정 가능구간은 축하중 기준, 최소 2톤에서 최대 20톤 사이
- 신뢰측정구간은 축하중 기준, 최소 8톤 이상에서 최대 20톤 사이
- 중량정확도의 평가척도는 대상장비에서 측정된 값으로 판정하며, 개별 측정값의 90% 이상이 평가 기준에 충족하여야 함

[표 66] 정확도 등급

평가항목	중량정확도(%)				회피주행 금지율(%)
	총중량 Gross weight	단일축하중 Single axle	그룹축하중 Group of axles	그룹내 단일축하중 Axle of a group	
정확도 오차율	≥93% (±7%)	≥85% (±15%)	≥90% (±10%)	≥80% (±20%)	≥80% (±20%)

※ 시험 차량의 유효 축하중은 8톤 이상

③ 중량 정확도 기준

- 중량정확도는 평가 차량의 총중량 및 축하중 값과 고속측중기에서 수집/처리한 중량값과의 차이를 의미
- (정의) 평가차량의 총중량 및 축하중 값(기준값) 대비 고속측중기가 검측한 총중량 및 축하중 값(측정값)의 차이
- (평가척도) 총중량 및 축하중의 “|100(%) - 오차백분율(PE)|”

$$PE(\%) = \frac{E}{Y} \times 100 \quad \text{[수식 6]}$$

- 여기서, E = 유효중량 이상을 갖는 평가차량의 총중량 또는 축하중이 평가대상장비에서 측정된 값,
- Y (기준값) = 유효중량 이상을 갖는 평가차량의 총중량 또는 축하중
- (평가내용)
- 본 평가의 활용 범위에는 고속 무인 과적단속체계가 포함됨으로 등급별 최대 허용오차범위 이내에서 시험결과의 평균값이 아닌 각 개별 시험결과가 모두 만족하도록 하여 평가의 신뢰도를 확보
- 축하중 평가 시 평가차량의 축하중이 유효중량이 아닌 경우에는 평가에서 제외
 - ※ 조향축은 유효중량(운행제한기준의 80% 이상 중량, 축하중 8t 이상) 이 아닐 수 있으므로, 중량정확도 평가에서 제외한다.
- 총중량은 모든 축하중 측정 결과의 합계를 이용하여 평가
- 단일 축하중은 그룹축이 아닌 개별축에 대한 축하중 측정 결과를 이용하여 평가
- 그룹 축하중은 하나의 그룹으로 이루어진 모든 축의 합계를 이용하여 평가
- 그룹 내 단일 축하중은 그룹축으로 이루어진 축들의 개별 측정 결과를 이용하여 평가
- 중량정확도에 대한 평가는 평가시간 동안 평가 차량별로 10회/차로를 주행하는 것을 원칙으로 함
- 분석방법은 개별 평가차량의 측정값과 평가기준값을 비교하여 각 평가항목별로 정확도를 분석

④ 회피 주행 검지율 기준

- 회피주행 검지율은 검지영역을 주행하는 평가차량의 좌측과 우측 바퀴가 서로 다른 차로로 주행하거나 검측 대상 차로를 벗어난 상태로 주행하는 등 회피주행 시 평가대상 장비에서 이를 회피주행으로 검지하는지 여부를 평가
- (정의) 차량이 차량의 바퀴가 서로 다른 차로로 주행하거나 갓길주행 등 중량 검측을 회피하기 위한 일련의 행위
- (평가횟수) 10회 무작위 주행 원칙
- (평가내용)
- 회피주행검지율의 평가는 중량정확도 평가시 무작위로 10회 이상 추가하여 시험
- 회피주행의 종류로는 중첩주행, 갓길주행 등이 있음
- (평가척도) “100(%) - 회피주행오차백분율(PEA)”
- 회피주행검지율의 평가척도는 “100(%) - 회피주행오차백분율(PEA)” 을 사용

$$PE_A(\%) = \frac{E_A}{Z} \times 100 \quad \text{[수식 7]}$$

- 여기서, E_A = 평가차량의 회피주행을 오인식 또는 미인식(미검지 포함)한 차량 대수(중량평가 미시행),
- Z = 평가차량이 회피주행한 총 대수

⑤ 평가 차량

- “평가차량” 이라 함은 평가대상 장비의 성능 판단을 위한 중량 기준값을 갖는 차량으로 정적인 상태에서 법정계량기 또는 정기검사(교정)를 받은 이동식 축중기를 이용하여 중량을 계측한 차량
- (정의) 평가대상 장비의 성능 판단을 위한 중량 기준값을 갖는 차량
- (평가내용)
- 평가차량은 3대로 하며, 5축 이상의 2단위 차량과 5축 이상의 1단위 차량, 4축 1단위 차량으로 총중량 및 조향축을 제외한 축하중이 8톤 이상의 유효중량인 차량으로 시행
- 현가장치(서스펜션)로 인한 축간 하중이동이 적은 판스프링으로 구성된 차량을 선정
- 1단위 차량의 경우 가변축이 장착된 차량은 가변축을 들어 올려 평가

⑥ 기준 중량 측정

- 평가차량의 1축은 평가에서 제외하며, 각 축별 유효중량이 8톤 이상 되도록 적재함
- 조합축의 경우, 조합축내 개별축하중의 편차는 조합축 내 최대하중의 10% 이상 차이가 나지 않도록 적재함
- 시험주행 중 분동의 위치 변화로 인해 차량의 중량이 변화되지 않는 콘크리트나 철근으로 제작된 분동을 적재함
- 평가차량의 적재중량은 과적 오차범위 최대량과 최소량 범위 기준내에서 감독관이 평가대상 장비 봉인 후 결정
- 기준값 측정은 검/교정 받은 (이동식)축중기를 사용하고 평탄한 곳에서 기준값을 측정
- 기준값 측정은 시험 시작 전과 종료시 2회 측정하며 평균값을 사용함
- 2회 측정시, 평균값에서 각 회수별 측정값 하중의 편차가 총중량 2%, 각 축하중 4% 이상 발생시 노면이 평탄하지 않은 것으로 간주하여 다른 장소로 이동하여 기준값을 재측정
- 측정단위는 톤(ton)으로 하며 소수점 3째 자리에서 반올림한 값을 사용하고, 증거자료 확보를 위해 영상자료를 별도로 수집.
- 여기서 사용되는 이동식 축중기는 국가 교정기관에서 교정 받은 이동식축중기를 사용 단, 교정 유효기간을 확인하여 유효기간 이내 장비를 사용하여야 함

⑦ 시험 횟수

- 중량 정확도에 대한 평가는 평가시간 동안 차량별 10회/차로 주행을 원칙으로 함
- 주행 속도는 설치 지점의 차량 평균 통행 속도를 기준으로 삼등분하여 주행속도로 하되, 평가 시험 시 통행에 방해가 되지 않는 속도로 수행, 각 저속 2회, 중속 6회, 고속 2회/차로 주행하는 것으로 구분하여 시행
- 회피주행 검지율의 평가는 중량정확도 평가 시 차량 종류와 상관없이 지점별 무작위로 10회 회피주행을 추가하여 시행하는 것을 원칙으로 함

[표 67] 시험 방법

차량 종류			시험 횟수			
차종	축구조	그림 예시	저속(20km/h)	중속(40km/h)	고속(50km/h)	회피
4축 1단위	112		2	6	2	10
3축 1단위	12		2	6	2	
5축 2단위	1211		2	6	2	
합계			6	18	6	10
총 회수			40			

※ 축구조: 1:단일축, 2:그룹축(텐덤)

⑧ 시험 결과

- 성능평가 시험은 21년 08월 24일 수행되었으며, 시험차량 임차 및 시험진행, 주행감독 등은 모두 카자흐스탄 교통 위원회와 주도하에 진행
- 시험 전 옥외합체를 시건하고 외부에서 제어기에 접속하지 못하도록 조치 후 시험을 진행함
- 시험차량의 기준중량 측정결과는 아래 표와 같음

[표 68] 시험차량 - 3축 1단위

929HLA01	총중량	축하중 [축]				
		1	2	3	4	5
기준중량	23,340kg	5,860kg	8,790kg	8,690kg	-	-
측정오차	< ±0.3%	< ±1.4%	< ±0.1%	< ±0.1%	-	-
사진	  					

[표 69] 시험차량 - 4축 1단위

Z740CTN	총중량	축하중 [축]				
		1	2	3	4	5
기준중량	38,700kg	7,387kg	6,880kg	12,080kg	12,353kg	-
측정오차	< ±1.3%	< ±2.8%	< ±4.7%	< ±0.5%	< ±0.4%	-
사진	  					

[표 70] 시험차량 - 5축 2단위

929HLA01	총중량	축하중 [축]				
		1	2	3	4	5
기준중량	41,800kg	5,860kg	8,790kg	8,690kg	9,510kg	8,950kg
측정오차	< ±0.1%	< ±1.4%	< ±0.1%	< ±0.1%	< ±0.1%	< ±0.1%

사진



- 시험차량의 실제 주행은 아래와 같이 수행되었으며, 중량측정 정확도 성능평가를 위하여 차량별 10회를 초과하여 각 15회 주행시험을 수행, 총 55회를 측정
- 회피주행의 경우 4축 덤프 차량을 이용하여 중앙선 쪽으로 한쪽 바퀴가 완전히 이탈하여 총 10회를 주행함

[표 71] 시험 방법

차량 종류			시험 횟수			
차종	축구조	그림 예시	저속(20km/h)	중속(40km/h)	고속(50km/h)	회피
4축 1단위	112		5	5	5	10
3축 1단위	12		5	5	5	
5축 2단위	1211		5	5	5	
합계			15	15	15	10
총 회수			55			

※ 축구조: 1:단일축, 2:그룹축(텐덤)

■ 주행시험 결과, 중량정확도 성능은 아래와 같음

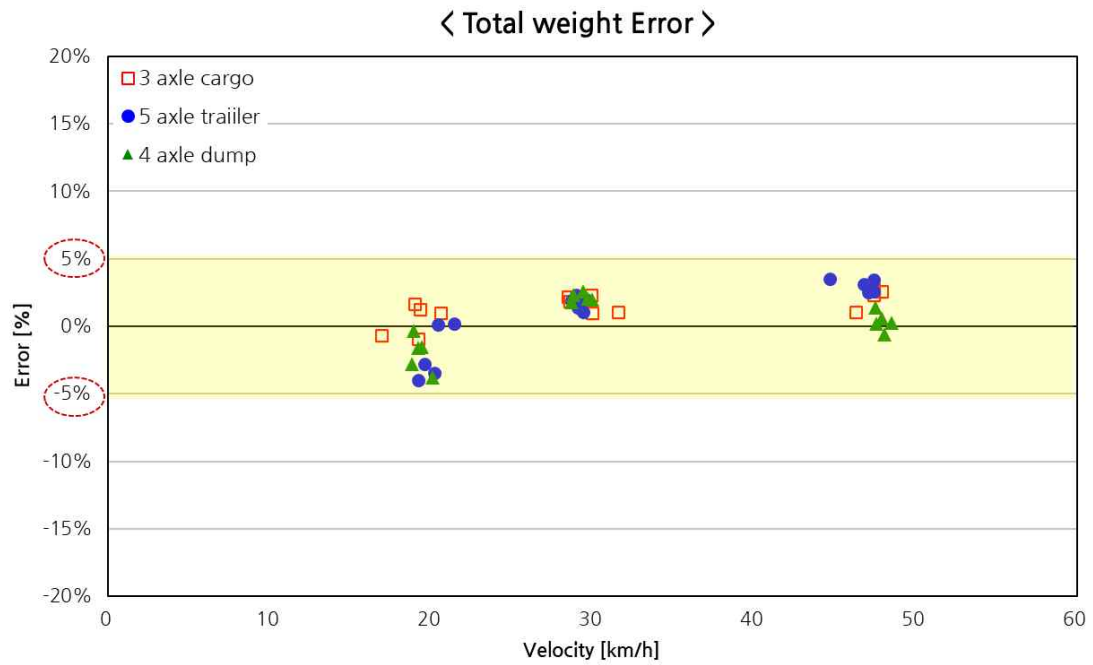
[표 72] 중량정확도 시험결과

차량	분석결과	총중량	축하중 [축]					그룹축
			1	2	3	4	5	
[Type]	[value]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
3축 1단위 	RMS	1.8%	6.7%	3.4%	5.7%			4.5%
	MAX	2.9%	4.1%	5.5%	9.1%			7.2%
	MIN	-1.0%	-10.7%	-1.4%	-1.6%			-1.5%
	STD	1.1%	4.2%	2.1%	3.0%			2.5%
4축 1단위 	RMS	1.9%	3.0%	2.6%	2.6%	2.8%		2.4%
	MAX	2.6%	5.5%	1.8%	4.1%	2.4%		3.2%
	MIN	-3.8%	-4.9%	-6.5%	-3.8%	-7.1%		-5.5%
	STD	2.0%	3.1%	2.4%	2.1%	2.9%		2.5%
5축 2단위 	RMS	2.6%	7.2%	4.0%	5.9%	4.0%	3.3%	4.9%
	MAX	3.5%	-1.6%	7.7%	9.9%	7.1%	3.1%	8.8%
	MIN	-4.0%	-9.8%	-1.5%	-1.1%	-6.0%	-6.1%	-1.3%
	STD	2.5%	2.5%	2.4%	3.2%	4.0%	3.4%	2.8%

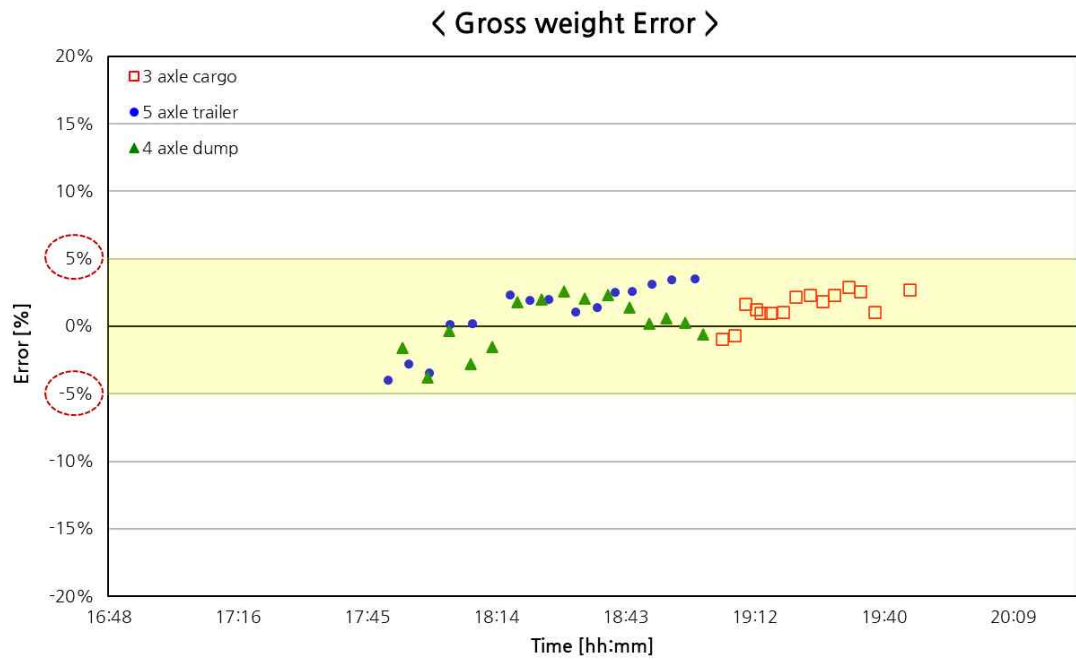
- 성능평가 시험결과, 중량정확도 및 회피주행 검지율 최종 결과는 아래 표와 같음
- 중량정확도 및 회피주행 검지율 모두 카자흐스탄 현지 고속측중기의 성능기준을 만족하여 실외 인증 최종 합격결과를 확인
- 중량정확도의 경우, 총중량 $\pm 5\%$ 이내, 축하중 $\pm 10\%$ 이내로 국내 국가교통체계효율화법 예하 ITS 성능평가기준의 고속측중기 성능평가 기준의 최상급에 해당하는 등급임
- 등급은 최상급이지만, 국내 시험결과 대비 정확도 편차가 높게 나타나는 것은 도로 평탄도 및 시공품질, 차량의 노후화 등에 의한 결과로 예상

[표 73] 성능평가 시험결과

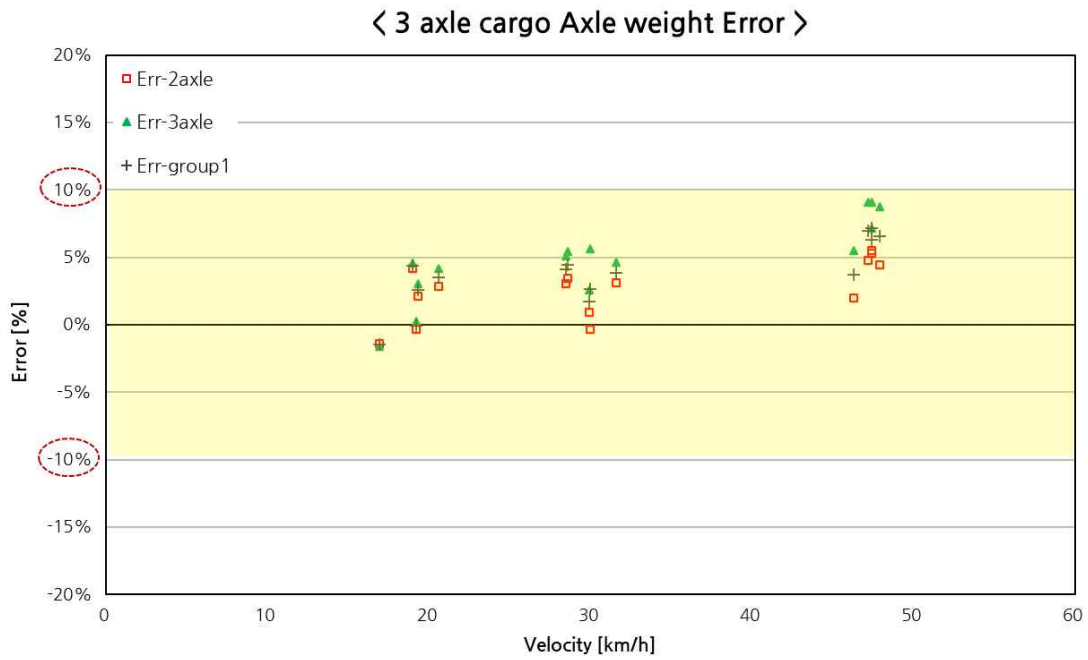
차량타입	중량정확도(%)				회피주행 검지율(%)
	총중량	축하중	그룹축하중	그룹내 단일축하중	
3축 1단위	< $\pm 2.9\%$	< $\pm 9.1\%$	< $\pm 7.2\%$	< $\pm 9.1\%$	100% (10/10)
4축 1단위	< $\pm 3.8\%$	< $\pm 7.1\%$	< $\pm 5.5\%$	< $\pm 7.1\%$	
5축 2단위	< $\pm 4.0\%$	< $\pm 9.9\%$	< $\pm 8.8\%$	< $\pm 9.9\%$	
최종결과	96.0%	90.1%	91.2%	90.1%	100%
판정기준	$\geq 93\%$	$\geq 85\%$	$\geq 90\%$	$\geq 80\%$	$\geq 80\%$
판정결과	합격				



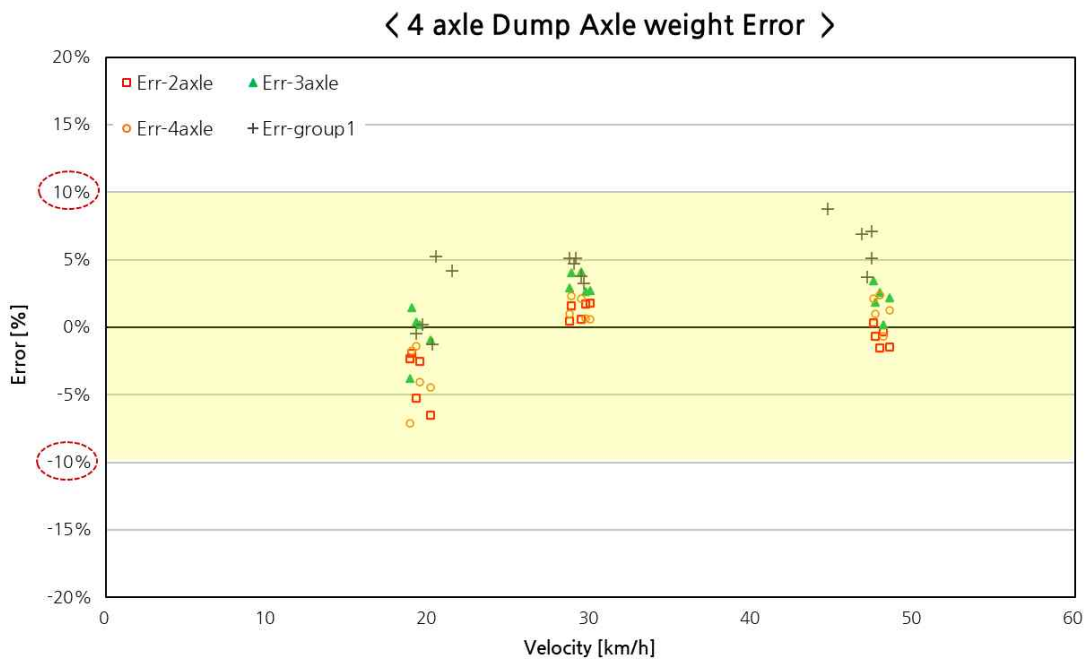
[그림 111] 성능평가 시험결과 - 총중량 오차율(속도별)



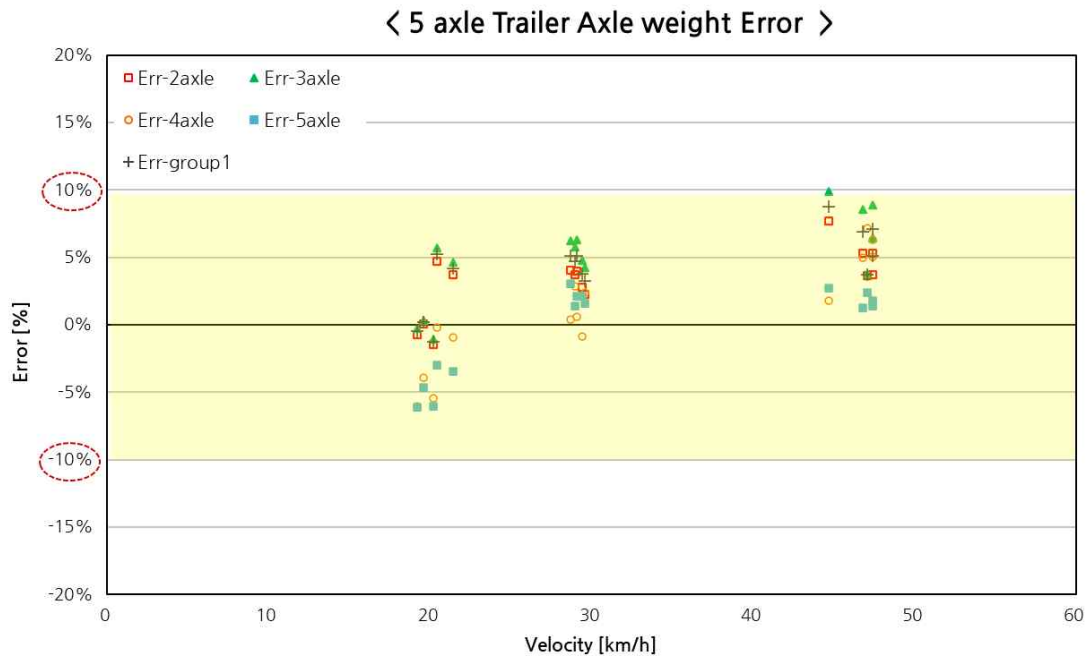
[그림 112] 성능평가 시험결과 - 총중량 오차율(시간별)



[그림 113] 성능평가 시험결과 - 3축 1단위 차량



[그림 114] 성능평가 시험결과 - 4축 1단위 차량



[그림 115] 성능평가 시험결과 - 5축 2단위 차량

[표 74] 3축 1단위 차량 측정결과 - 정상주행

주행정보										중량정보						오차율			
진입날짜	진입시간	차량번호	주행	속도	온도	차종	축구조	총중량	1축	2축	3축	그륜속	송중량	1축	2축	3축	그륜속		
[yyyy-mm-dd]	[hh:mm:ss]	[no.]	[-]	[km/h]	[℃]	[No.]	[-]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		
2021-08-24	19:46:24	929HLA01	정상	47.4	23.3	5	12	23967	5235	9255	9477	18732	2.7%	-10.7%	5.3%	9.1%	7.2%		
2021-08-24	19:38:46	929HLA01	정상	46.3	23.4	5	12	23580	5445	8963	9171	18134	1.0%	-7.1%	2.0%	5.5%	3.7%		
2021-08-24	19:35:32	929HLA01	정상	47.9	23.5	5	12	23942	5314	9179	9449	18628	2.6%	-9.3%	4.4%	8.7%	6.6%		
2021-08-24	19:32:55	929HLA01	정상	47.2	23.5	5	12	24020	5328	9210	9482	18692	2.9%	-9.1%	4.8%	9.1%	6.9%		
2021-08-24	19:29:44	929HLA01	정상	47.4	23.5	5	12	23887	5305	9272	9310	18582	2.3%	-9.5%	5.5%	7.1%	6.3%		
2021-08-24	19:27:02	929HLA01	정상	28.6	23.6	5	12	23772	5515	9094	9162	18256	1.9%	-5.9%	3.5%	5.4%	4.4%		
2021-08-24	19:24:21	929HLA01	정상	29.9	23.6	5	12	23887	6102	8872	8912	17784	2.3%	4.1%	0.9%	2.6%	1.7%		
2021-08-24	19:21:04	929HLA01	정상	28.5	23.6	5	12	23848	5655	9058	9136	18194	2.2%	-3.5%	3.0%	5.1%	4.1%		
2021-08-24	19:18:23	929HLA01	정상	31.6	23.7	5	12	23591	5434	9064	9092	18156	1.1%	-7.3%	3.1%	4.6%	3.9%		
2021-08-24	19:15:26	929HLA01	정상	20.6	23.7	5	12	23574	5481	9040	9054	18094	1.0%	-6.5%	2.8%	4.2%	3.5%		
2021-08-24	19:13:14	929HLA01	정상	30.0	25.1	5	12	23574	5636	8759	9179	17938	1.0%	-3.8%	-0.4%	5.6%	2.6%		
2021-08-24	19:12:20	929HLA01	정상	19.3	23.8	5	12	23631	5698	8979	8954	17933	1.2%	-2.8%	2.2%	3.0%	2.6%		
2021-08-24	19:09:49	929HLA01	정상	19.0	23.8	5	12	23721	5477	9158	9086	18244	1.6%	-6.5%	4.2%	4.6%	4.4%		
2021-08-24	19:07:26	929HLA01	정상	16.9	23.8	5	12	23188	5969	8669	8550	17219	-0.7%	1.9%	-1.4%	-1.6%	-1.5%		

[표 75] 4축 1단위 차량 측정결과 - 정상주행

주행정보										중량정보						오차율					
진입날짜	진입시간	차량번호	주행	속도	온도	차종	축구조	총중량	1축	2축	3축	4축	그물속	총중량	1축	2축	3축	4축	그물속		
[yyyy-mm-dd]	[hh:mm:ss]	[no.]	[-]	[km/h]	[℃]	[No.]	[-]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		
2021-08-24	19:00:28	Z740CTN	정상	48.1	24.0	6	112	38462	7227	6859	12107	12270	24377	-0.6%	-2.2%	-0.3%	0.2%	-0.7%	-0.2%		
2021-08-24	18:56:31	Z740CTN	정상	48.5	24.0	6	112	38788	7162	6779	12342	12506	24848	0.2%	-3.0%	-1.5%	2.2%	1.2%	1.7%		
2021-08-24	18:52:22	Z740CTN	정상	47.9	24.1	6	112	38934	7116	6776	12395	12647	25042	0.6%	-3.7%	-1.5%	2.6%	2.4%	2.5%		
2021-08-24	18:48:27	Z740CTN	정상	47.6	24.2	6	112	38764	7153	6834	12306	12472	24778	0.2%	-3.2%	-0.7%	1.9%	1.0%	1.4%		
2021-08-24	18:44:07	Z740CTN	정상	47.5	24.3	6	112	39231	7214	6903	12498	12616	25114	1.4%	-2.3%	0.3%	3.5%	2.1%	2.8%		
2021-08-24	18:39:22	Z740CTN	정상	28.8	24.5	6	112	39599	7399	6991	12571	12638	25209	2.3%	0.2%	1.6%	4.1%	2.3%	3.2%		
2021-08-24	18:34:12	Z740CTN	정상	29.7	24.6	6	112	39490	7656	6998	12402	12434	24836	2.0%	3.6%	1.7%	2.7%	0.7%	1.6%		
2021-08-24	18:29:25	Z740CTN	정상	29.4	24.7	6	112	39707	7588	6920	12580	12619	25199	2.6%	2.7%	0.6%	4.1%	2.2%	3.1%		
2021-08-24	18:24:25	Z740CTN	정상	30.0	24.9	6	112	39474	7633	7003	12410	12428	24838	2.0%	3.3%	1.8%	2.7%	0.6%	1.7%		
2021-08-24	18:19:05	Z740CTN	정상	28.7	25.1	6	112	39387	7565	6910	12436	12476	24912	1.8%	2.4%	0.4%	2.9%	1.0%	2.0%		
2021-08-24	18:13:31	Z740CTN	정상	19.4	25.2	6	112	38114	7456	6706	12100	11852	23952	-1.5%	0.9%	-2.5%	0.2%	-4.1%	-2.0%		
2021-08-24	18:08:38	Z740CTN	정상	18.8	25.4	6	112	37607	7790	6722	11623	11472	23095	-2.8%	5.5%	-2.3%	-3.8%	-7.1%	-5.5%		
2021-08-24	18:03:50	Z740CTN	정상	18.9	25.6	6	112	38564	7416	6749	12259	12140	24399	-0.4%	0.4%	-1.9%	1.5%	-1.7%	-0.1%		
2021-08-24	17:59:02	Z740CTN	정상	20.1	25.7	6	112	37228	7026	6432	11970	11800	23770	-3.8%	-4.9%	-6.5%	-0.9%	-4.5%	-2.7%		
2021-08-24	17:53:30	Z740CTN	정상	19.2	25.9	6	112	38078	7250	6519	12130	12179	24309	-1.6%	-1.9%	-5.2%	0.4%	-1.4%	-0.5%		

[표 76] 5축 2단위 차량 측정결과 - 정상주행

주행정보										중량정보										오차율									
진입날짜	진입시간	차량번호	주행	속도	차종	축구조	총중량	1축	2축	3축	4축	5축	그로스축	총중량	1축	2축	3축	4축	5축	그로스축	1축	2축	3축	4축	5축	그로스축			
[yyyy-mm-dd]	[hh:mm:ss]	[no.]	[-]	[km/h]	[No.]	[-]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]			
2021-08-24	18:58:41	929HLA01	정상	44.7	10	1211	43275	5393	9464	9548	9677	9193	19012	3.5%	-8.0%	7.7%	9.9%	1.8%	2.7%	8.8%									
2021-08-24	18:53:32	929HLA01	정상	47.4	10	1211	43255	5352	9255	9464	10110	9074	18719	3.5%	-8.7%	5.3%	8.9%	6.3%	1.4%	7.1%									
2021-08-24	18:49:09	929HLA01	정상	46.8	10	1211	43096	5360	9258	9432	9981	9064	18690	3.1%	-8.5%	5.3%	8.5%	5.0%	1.3%	6.9%									
2021-08-24	18:44:48	929HLA01	정상	47.4	10	1211	42891	5420	9119	9250	9992	9110	18369	2.6%	-7.5%	3.7%	6.4%	5.1%	1.8%	5.1%									
2021-08-24	18:40:49	929HLA01	정상	47.1	10	1211	42846	5368	9109	9019	10188	9162	18128	2.5%	-8.4%	3.6%	3.8%	7.1%	2.4%	3.7%									
2021-08-24	18:36:50	929HLA01	정상	29.1	10	1211	42388	5304	9140	9238	9568	9138	18378	1.4%	-9.5%	4.0%	6.3%	0.6%	2.1%	5.1%									
2021-08-24	18:32:02	929HLA01	정상	29.4	10	1211	42241	5532	9037	9106	9426	9140	18143	1.1%	-5.6%	2.8%	4.8%	-0.9%	2.1%	3.8%									
2021-08-24	18:26:08	929HLA01	정상	29.6	10	1211	42637	5765	8986	9058	9735	9093	18044	2.0%	-1.6%	2.2%	4.2%	2.4%	1.6%	3.2%									
2021-08-24	18:21:55	929HLA01	정상	28.7	10	1211	42607	5462	9143	9230	9548	9224	18373	1.9%	-6.8%	4.0%	6.2%	0.4%	3.1%	5.1%									
2021-08-24	18:17:27	929HLA01	정상	29.0	10	1211	42760	5602	9116	9192	9778	9072	18308	2.3%	-4.4%	3.7%	5.8%	2.8%	1.4%	4.7%									
2021-08-24	18:09:01	929HLA01	정상	21.4	10	1211	41869	5598	9116	9091	9424	8640	18207	0.2%	-4.5%	3.7%	4.6%	-0.9%	-3.5%	4.2%									
2021-08-24	18:04:10	929HLA01	정상	20.4	10	1211	41855	5285	9206	9188	9493	8683	18394	0.1%	-9.8%	4.7%	5.7%	-0.2%	-3.0%	5.2%									
2021-08-24	17:59:28	929HLA01	정상	20.2	10	1211	40361	5701	8659	8596	8995	8410	17255	-3.4%	-2.7%	-1.5%	-1.1%	-5.4%	-6.0%	-1.3%									
2021-08-24	17:54:52	929HLA01	정상	19.6	10	1211	40623	5439	8795	8719	9138	8533	17514	-2.8%	-7.2%	0.1%	0.3%	-3.9%	-4.7%	0.2%									
2021-08-24	17:50:24	929HLA01	정상	19.2	10	1211	40121	5387	8727	8668	8935	8404	17395	-4.0%	-8.1%	-0.7%	-0.3%	-6.0%	-6.1%	-0.5%									

[표 77] 4축 1단위 차량 측정결과 - 회피주행

주행정보					중량정보					오차율				
진입날짜	진입시간	차량번호	주행	속도	온도	차종	축구조	총중량	1축	2축	3축	4축	그물축	그물축
[yyy-mm-dd]	[hh:mm:ss]	[no.]	[-]	[km/h]	[℃]	[No.]	[-]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[%]	[%]
2021-08-24	19:06:42	Z740CTN	측대 이탈	21.1	23.9	6	112	37147	6813	6546	11949	11839	23788	-4.0%
														-7.8%
														-4.9%
2021-08-24	19:11:13	Z740CTN	측대 이탈	19.0	23.8	6	112	37138	7500	6785	11004	11849	22853	-4.0%
														-1.4%
														-8.9%
2021-08-24	19:15:49	Z740CTN	측대 이탈	18.6	23.7	6	112	36785	7309	6824	11398	11254	22652	-4.9%
														-0.8%
														-5.6%
2021-08-24	19:21:10	Z740CTN	측대 이탈	30.3	23.7	6	112	37674	7468	7255	11473	11479	22952	-2.7%
														5.5%
														-5.0%
2021-08-24	19:25:57	Z740CTN	측대 이탈	29.4	23.6	6	112	37800	7513	7162	11569	11556	23125	-2.3%
														4.1%
														-4.2%
2021-08-24	19:30:30	Z740CTN	측대 이탈	29.5	23.5	6	112	37434	7471	7125	11436	11402	22838	-3.3%
														3.6%
														-5.3%
2021-08-24	19:34:45	Z740CTN	측대 이탈	50.4	23.5	6	112	36846	6853	7195	11449	11349	22798	-4.8%
														4.6%
														-5.2%
2021-08-24	19:39:15	Z740CTN	측대 이탈	47.9	23.4	6	112	38835	7510	7386	12044	11894	23938	0.3%
														-0.3%
														7.4%
2021-08-24	19:43:18	Z740CTN	측대 이탈	45.6	23.4	6	112	37538	7108	6893	11849	11687	23536	-3.0%
														-3.8%
														0.2%
2021-08-24	19:47:14	Z740CTN	측대 이탈	46.2	23.3	6	112	37149	7108	7147	11581	11313	22894	-4.0%
														-3.8%
														3.9%
														-4.1%
														-8.4%
														-6.3%

2) 카자흐스탄 정부 조달 제품 등록

■ 현지 정부 조달제품 등록 및 OIML R-076-1-2011 인증서를 획득

Қазақстан Республикасы
Инвестициялар және даму
министрілігі

"Техникалық реттеу және
метрология комитеті"
республикалық мемлекеттік
мекемесі

Министерство по инвестициям и
развитию Республики Казахстан

Республиканское государственное
учреждение "Комитет
технического регулирования и
метрологии"

Номер: KZ84VTN00002801

Дата выдачи: 03.10.2021

СЕРТИФИКАТ № 15438
об утверждении типа средств измерений

Зарегистрирован в реестре
государственной системы обеспечения
единства измерений Республики Казахстан
03.10.2021г. за № KZ.02.02.06429-2021
Действителен до 03.10.2023г.

Настоящий сертификат удостоверяет, что на основании положительных
результатов испытаний утверждён тип

систем взвешивания

наименование средства измерений

JRP-WIM

обозначение типа

производимых фирмой «UDNS Co., Ltd»

наименование производителя

Корея

территориальное место расположения производства

и допущен к вводу в эксплуатацию (импорту) в Республике Казахстан.

Описание типа средств измерений приведено в приложении к настоящему
сертификату.

Председатель

Шаққалиев Арман Абаевич

Қазақстан Республикасы
Инвестициялар және даму
министрілігі

"Техникалық реттеу және
метрология комитеті"
республикалық мемлекеттік
мекемесі

Министерство по инвестициям и
развитию Республики Казахстан

Республиканское государственное
учреждение "Комитет
технического регулирования и
метрологии"

Номер: KZ84VTN00002801

Берілген күні: 03.10.2021

**Өлшем құралдарының типін бекіту туралы
№ 15438 сертификат**

03.10.2021 ж.
Қазақстан Республикасының өлшем
бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік
жүйесінің тізбегінде
№ KZ.02.02.06429-2021 тіркелген
03.10.2023 ж. дейін күшінде

Осы сертификат сынақтың оң нәтижелерінің негізінде

Корея

өндірістің аймақтық орналасқан жері

«UDNS Co., Ltd» фирмасы өндірген

өндірішінің атауы

JRP-WIM

типтің белгіленуі

өлшеу жүйелері

өлшем құралының атауы

типін бекітілгенін және Қазақстан Республикасында пайдалануға беруге (импортқа)
жөберілгенін куәландырады.

Өлшем құралы типінің сипатталуы осы сертификатқа қосымшада келтірілген.

Председатель

Шаққалиев Арман Абаевич

[그림 116] 현지정부 조달등록증(카자흐어)

[그림 117] 현지정부 조달등록증(러시아어)

Государственная лаборатория ТОО "МЕТРО"

Аттестат аккредитации KZ.P.01.1132 от 15.04.2021 г. до 15.04.2026 г.
(номер аттестата аккредитации)

СЕРТИФИКАТ О ПОВЕРКЕ № ЕЭ-02-04286

Весы автомобильные электронные

Тип, обозначение: JRP-WIM

наименование средства измерений (эталона)

НмПВ 8000 кг. НПВ 25000 кг.

заводской №AS01-1804-DN

Изготовитель: "UDNS Co., Ltd", Корея

Дата изготовления: 2018 г.

Пользователь: ТОО "R&Dengineering", Акмолинская область, поселок Талапкөр, трасса М36

Алматы-Екатеринбург, на 1261 км

Поверка проведена в соответствии:

ГОСТ OIML R 76-1-2011, ГОСТ 33242-2015, Методика поверки "Системы взвешивания JRP-WIM"

с использованием следующих средств поверки: Гири эталонные ГО-4-500;

Гири эталонные ГО-4-20

На основании результатов поверки средство измерений (эталон) признано годным и допущено
к применению по классу средний

с учетом неопределенности измерений 583,3 кг

Дата поверки " 19 " Октября 2021 г. Действителен до " 19 " Октября 2022 г.

Руководитель отдела (лаборатории)

Болатқызы Жұлдыз

инициалы, фамилия

Поверитель

Естаев А.Б.

инициалы, фамилия

СЛ-2ЕЭ01: 1328718

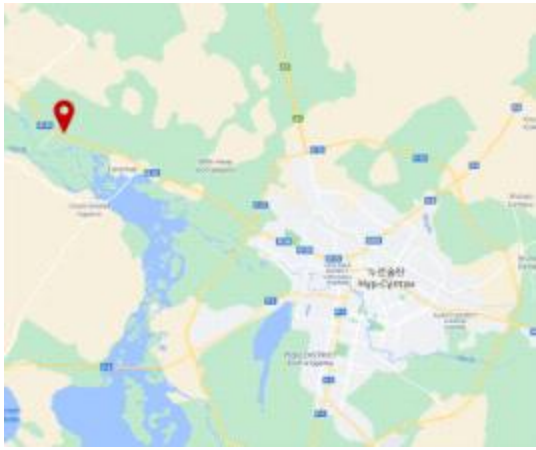
ДКП: ВЛ.ВС

[그림 118] 정부 인증서 OIML R076-1-2011

3) 정부 시범 사업 수행

- 2020년 시공한 현지 테스트베드를 1년여간 운영을 계속 지속
- 투자개발부 교통위원회와 연계하여 측정 데이터를 위성통신으로 연속 송신하며 이동단속반 운영 등 단속에 응용

[표 78] 테스트베드 현황

현장이름	TALAPKER SITE	
시공일자	2020.10.11	
운영기간	약 14개월 (2020.10.11 ~ 2021.12.08)	
현장주소	Astrakhan Hwy 020000 Nur-sultan Nur-Sultan City direction	
활용목적	현지인증 획득을 위한 테스트베드	
연계구성	번호인식장비, 교통위원회 서버연계	
기타	향후 중량 통행료 징수 서비스 연계 예정	

[카자흐스탄 국영방송 뉴스보도]

- 현지 국영방송 하바르24 뉴스에 현지 테스트베드 구축 및 연구내용에 대한 소개 보도
- 유튜브 주소: <https://www.youtube.com/watch?v=oxc5H1KRr94>
- 보도매체: 카자흐스탄 국영방송국 뉴스 Khabar24
- 기사제목: “카자흐스탄 도로의 이용기간을 연장하고 부정 부패를 감소할 수 있는 방법이 있을까?”
- 방송일: 2021년 04월 24일
- 방송시간: 08시 05분
- 방송내용

[표 79] 카자흐스탄 국영방송국 뉴스 Khabar24 보도내용

방송분	번역내용
 0:01 ~ 0:22 [앵커]	카자흐스탄 도로의 이용기간을 연장하고 부정 부패를 감소할 수 있는 방법이 있을까? 이러한 목적을 이루기 위해서 나자르바예프 대학교의 연구자들과 한국 엔지니어들이 신기술을 개발했습니다. 장비는 누르술탄 시 진입 도로를 공사할 때 도입되었으며 좋은 평가를 받았습니다. 더 자세한 내용을 Vladislav Tsoi 기자가 알려 드립니다
 0:23 ~ 0:35 [특파원 기자]	과적 차량 때문에 도로가 많이 손상되고 구멍들이 나기 시작합니다. 그래서 세계적으로 많은 국가에서 과적 화물이 발견되면 벌금이 부과되는 제도가 있습니다. 카자흐스탄에서는 화물 차량의 중량을 도로관리 경찰국의 특별 장소에서 확인합니다.

방송분	번역내용
 0:36 ~ 0:57 [나자르바예브 대학교 Sarbassov Dastan RA]	카자흐스탄에서 화물 차량을 도로관리 경찰서가 통제를 하는데 비효율적으로 작동하는 제도입니다. 그 이유는 교통량이 증가하고 있으나 특별한 측정 장비는 부족하기 때문입니다. 또한 부정부패 관련 문제도 있습니다.
 0:58 ~ 1:18 [특파원 기자]	한국에서는 운전자가 도로 경찰과 접촉을 하지 않습니다. 유료로 사용되는 전용 도로일 경우 검문소에서 차량이 10km/h 속도로 주행하고 있을 때 측정을 합니다. 무상으로 사용되는 도로에서는 아직은 과적 차량이 다니는 경우가 있습니다. 해당 신기술의 장점은 화물 차량의 중량을 60km/h 이상의 속도로 주행 할 때도 측정이 가능하다는 점입니다.
 1:19 ~ 1:34 [특파원 기자]	화물 차량의 최대 허용 중량은 44톤까지이며 조금이라도 과적되는 경우에는 차량번호가 인식되고 운전자가 확인되며, 운전자의 핸드폰으로 위반에 대한 문자 메시지가 발송됩니다.
 1:35 ~ 1:58 [특파원 기자]	화물 차량의 중량을 측정하는 플랫폼을 2020년도에 누르-술탄시에서 20km 떨어진 구역에서 설치하였으며 추운 날씨 때문에 얼지 않도록 10도 온도를 유지하기 위해서 온도를 전기로 공급하고 있습니다. 장비는 성공적으로 시범으로 작동을 하고 있으며, 본 도로에서 주행한 차량들의 7% 이상이 과적 화물이라는 사실이 확인되었으나 카자흐스탄에서는 장비를 아직까지 적용하지 않았습니다
 1:57 ~ 2:21 [유디엔에스 김종우 CTO]	카자흐스탄의 프로젝트는 나자르바예프 연구 센터와 공동으로 하고 있습니다. 당사는 수신한 신호를 중량으로 표시해주는 제어 장비와 센서기를 제조하고, 나자르바예프 대학교는 누르술탄 시의 추운 날씨에도 잘 작동을 할 수 있도록 장비의 자재와 기술 개발을 연구합니다.
 2:23 ~ 2:42 [특파원 기자]	고속도로로 주행하는 화물차량의 중량을 측정하는 파일럿 프로젝트는 한국의 여수시 근처에 있으며 본 경험을 전국으로 확장할 계획입니다. 이를 위해서 해당 법률이 개정되고 있으며 2년후 몇백 개 이상의 측정 장비가 설치될 예정입니다. Vladislav Tsoi, Olga Lyan, Khabar 24, 한국이었습니다.

① 영하 40도 극저온 운영

- 온도를 측정할 수 있는 RTD 온도센서를 함체외부, 센서 플랫폼 내부, 함체내 제어기에 설치하여 운영온도를 측정하여 온도변화에 따른 운영상황 모니터링을 수행함
- 외기온도의 일일 최저 및 최고온도를 분석한 결과, 1월 14일에 -31.3°C 의 최저온도를 기록하였으며, 5월 26일에 49.5°C 의 최고온도를 기록함
- 센서 플랫폼 내부온도의 일일 최저 및 최고온도를 분석한 결과, 1월 14일에 -18.8°C 의 최저온도를 기록하였으며, 5월 26일에 48.8°C 의 최고온도를 기록함



▲ 외기온도

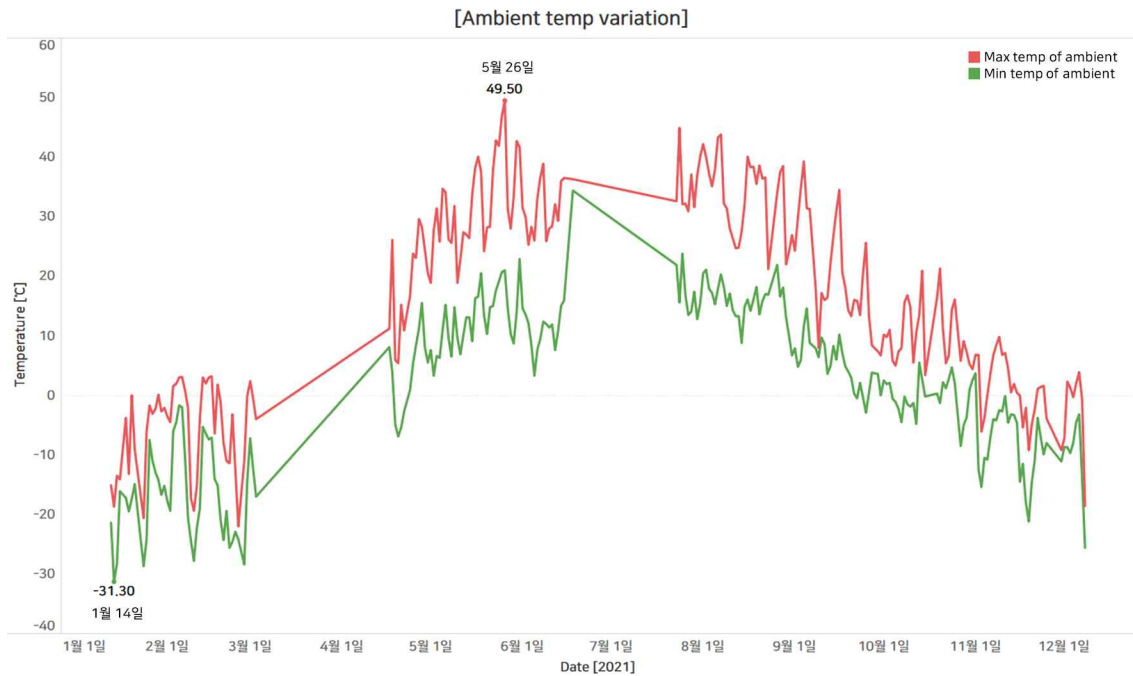


▲ 제어기 내부온도



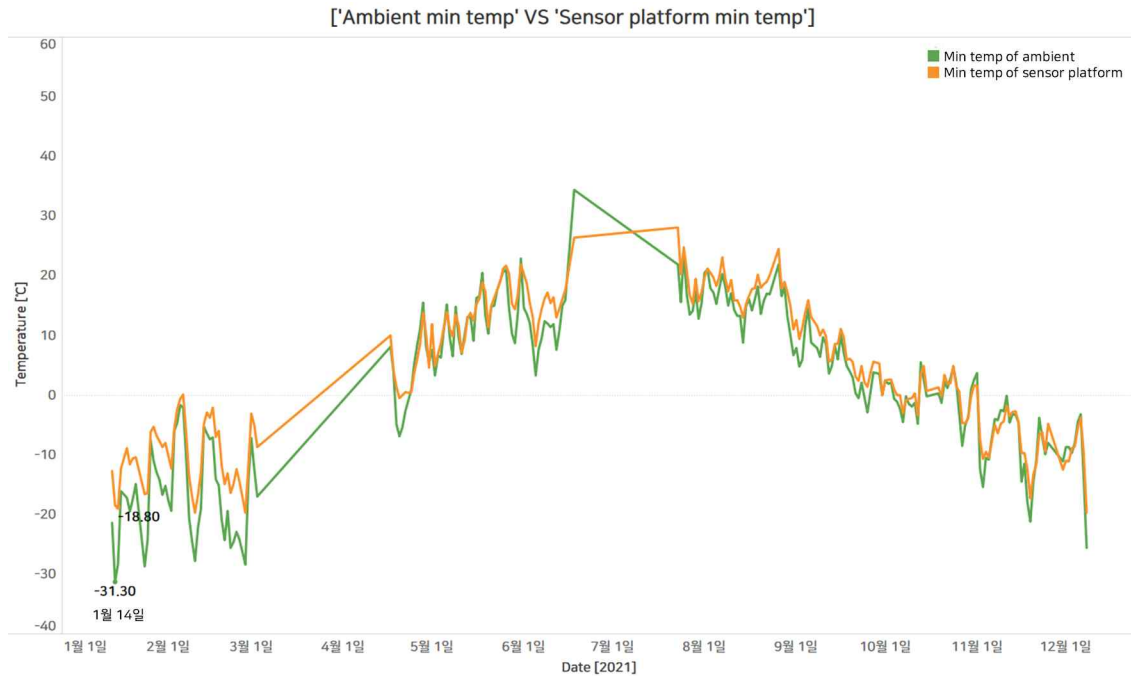
▲ 센서 플랫폼 내부온도

[그림 119] 운영온도 측정 포인트

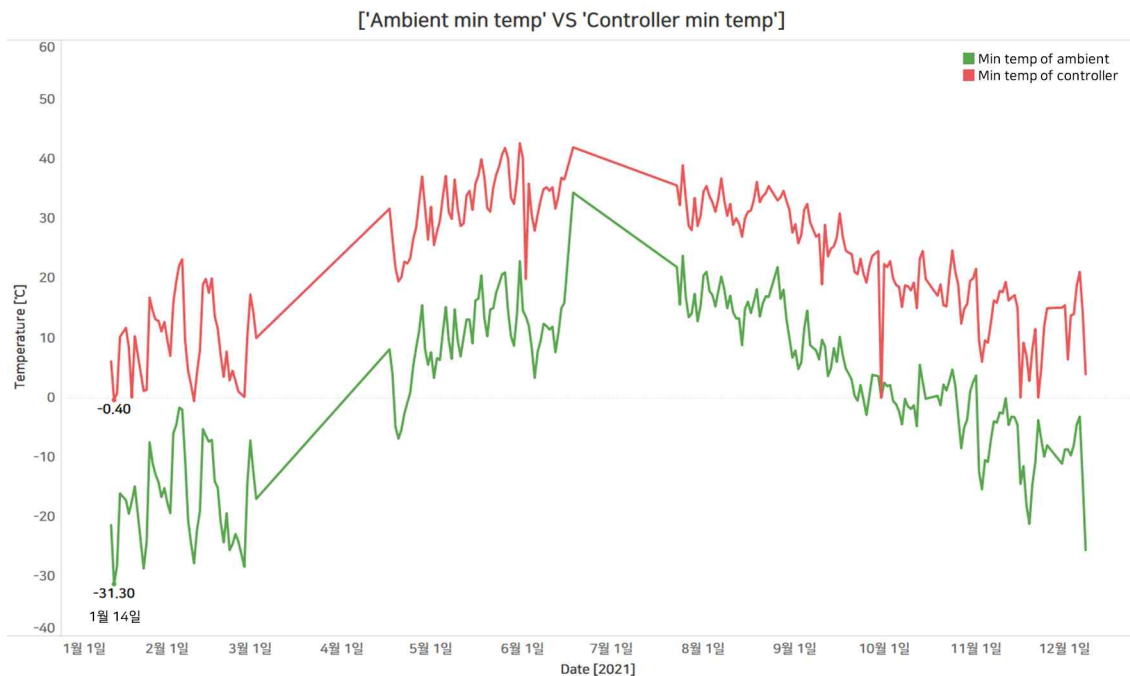


[그림 120] 외기온도 일일 최저/최고온도 분포

- 1월 14일 일일 최저 외기온도가 -31.3°C 일 때, 센서 플랫폼 내부 히팅케이블이 정상동작하여 센서 플랫폼 내부온도는 -18.8°C 를 기록하였으며 정상 운영됨
- 1월 14일 일일 최저 외기온도가 -31.3°C 일 때, 제어함체 내부 히팅케이블이 정상동작하여 제어기 내부온도는 -0.4°C 를 기록하였으며 정상 운영됨
- 5월 26일 일일 최고 외기온도가 49.5°C 일 때, 제어함체 내부온도는 61.4°C 까지 상승하였으나 정상 운영됨



[그림 121] 최저 외기온도와 센서 플랫폼 내부온도 분포

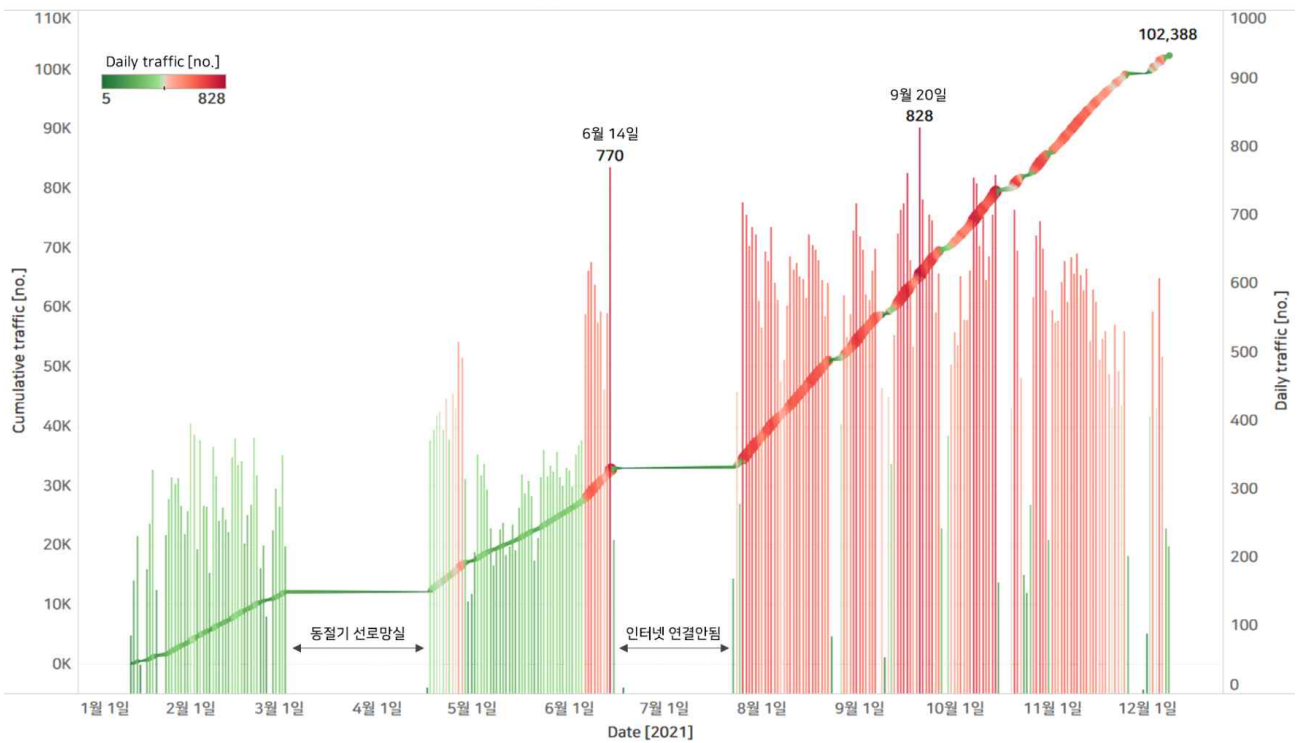


[그림 122] 최저 외기온도와 제어기 내부온도 분포

② 측정 교통량 분석

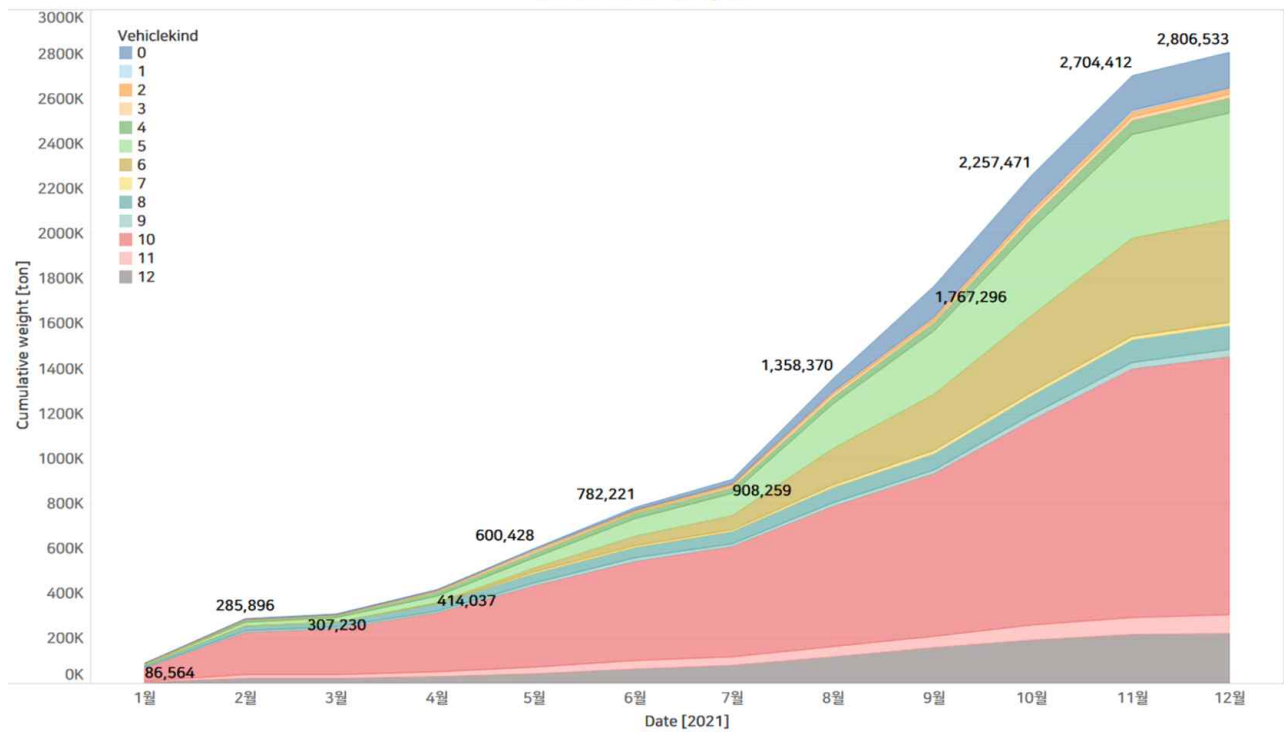
- 21년 01월부터 12월까지 측정 교통량을 분석한 결과는 아래와 같음
- 측정 데이터는 카자흐스탄 교통위원회 서버로 위성통신으로 송신되는 5톤 이상 차량의 결과 데이터를 미러링하여 당사에서 구축한 클라우드 서버로 수신
- 일일 교통량의 경우, 9월 20일에 828대로 최대치를 기록하였으며, 6월 14일에 2순위를 기록함
- 누적 교통량의 경우, 12월까지 통과차량 총 102,388대를 측정하여 교통위원회 서버로 송신함
- 누적 총중량의 경우, 12월까지 통과차량 2,806,533톤을 측정하여 교통위원회 서버로 송신함

[Cumulative traffic]



[그림 123] 누적교통량 및 일일교통량

[Cumulative weight]



[그림 124] 통과차량 차종별 누적중량

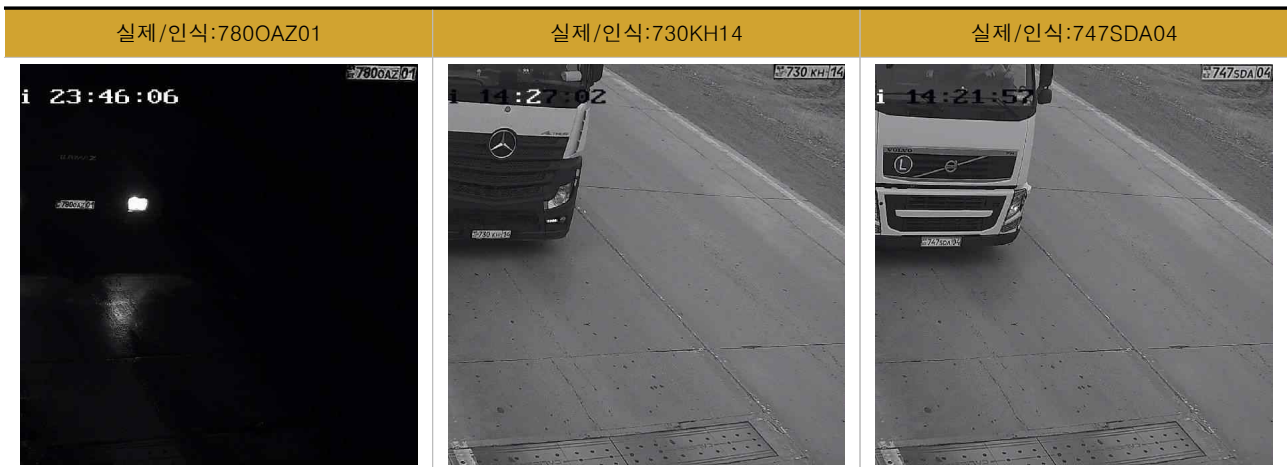
③ 다국적 번호판 인식을

- 21년 10월 01일 통과차량 521대에 대하여 다국적 번호판 인식을 분석을 수행
- 번호판 인식을 분석결과 인식율은 95.8%로 나타남
- 세부내용은 첨부 데이터야장 참조

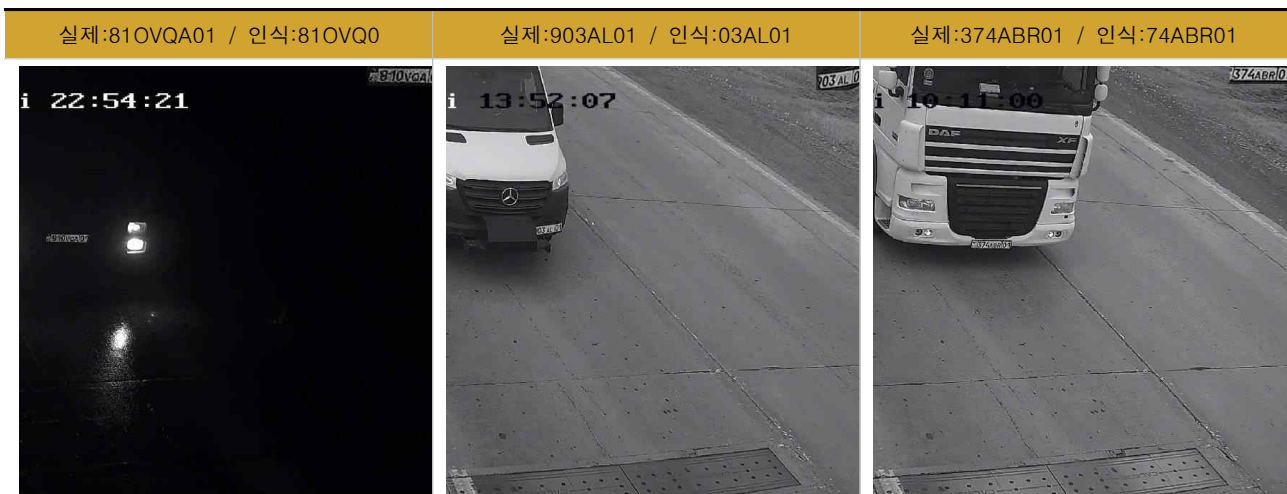
[표 80] 시스템 구성

구분	내용	차량대수	번호판 인식율
[desc]	[desc]	[ea]	[%]
정인식(A)	실제 번호판과 인식한 번호판 내용이 정확히 일치	432	95.8% $(A/(A+B) \times 100)$
오인식(B)	실제 번호판과 인식한 번호판 내용이 일치하지 않음	19	
식별제외(C)	실제 번호판이 훼손되거나 내용을 식별하기 어려움	70	
총 통과차량(A+B=C)	총 통과차량	521	
대상차량합계(A+B)	번호판 인식을 계산을 위한 분석대상 차량	451	

[표 81] 정인식예시



[표 82] 오인식예시



④ EUR 13종 차종분류 정확도

- 21년 10월 01일 통과차량 521대에 대하여 차종분류 정확도 분석을 수행
- 차종분류 정확도 분석결과 인식율은 92.3%로 나타남
- 세부내용은 첨부 데이터야장 참조

[표 83] 시스템 구성

구분	내용	차량대수	차종분류 정확도
[desc]	[desc]	[ea]	[%]
정인식(A)	실제 차종과 분류된 차종이 정확히 일치	453	92.3% $(A/(A+B) \times 100)$
오인식(B)	실제 차종과 분류된 차종이 일치하지 않음	38	
식별제외(C)	실제 차종을 식별하기 어려움	30	
총 통과차량(A+B+C)	총 통과차량	521	
대상차량합계(A+B)	차종분류 정확도 계산을 위한 분석대상 차량	491	

[표 84] 정인식예시

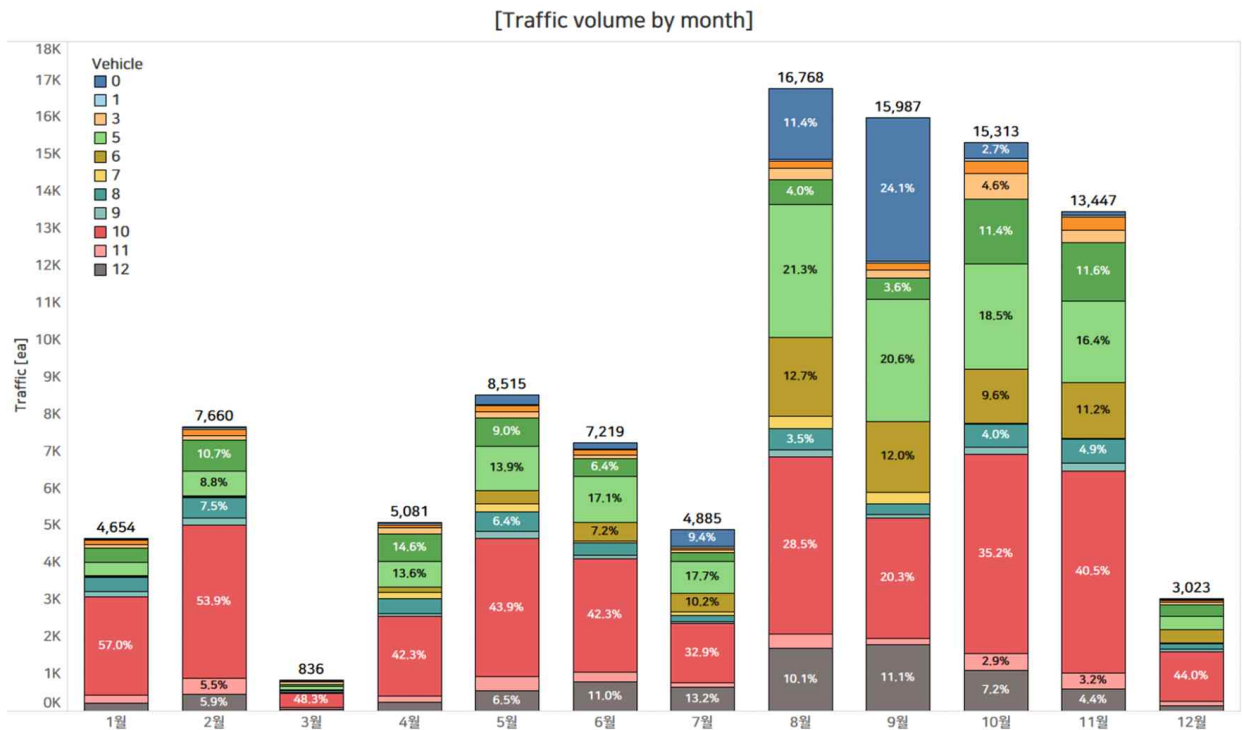
실제/인식: 4종	실제/인식: 10종	실제/인식: 5종
		

[표 85] 오인식예시

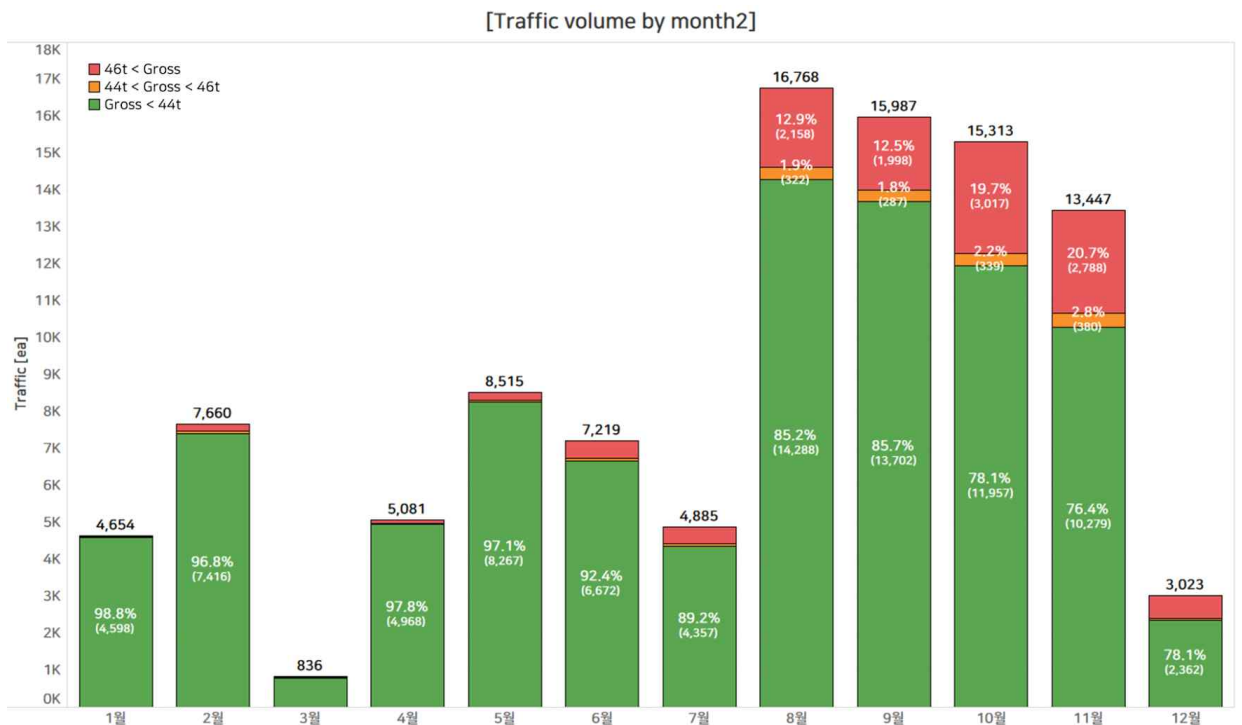
실제: 2종 / 인식: 4종	실제: 9종 / 인식: 8종	실제: 4종 / 인식: 3종
		

⑤ 월별 통행량

- 교통위원회로 송신되는 5톤 이상 전체 통과차량에 대한 통행량 분석을 수행
- 8월에 16,768대의 최고 통행량을 보였으며, 8월부터 11월 사이가 주요 운행하는 기간으로 나타남
- 측정 총중량이 46톤이 초과되는 과적형의차량에 대한 통행량 분석을 수행
- 주요 운행기간인 8월부터 11월 사이에서 12.9 ~ 20.7%로 나타나, 통과차량의 10대 중 1~2대는 과적운행을 하는 것으로 나타남
- 과적운행이 제일 많았던 달은 10월(24.4%), 11월(23.1%), 8월(18.0%), 9월(16.6%) 순으로 나타남

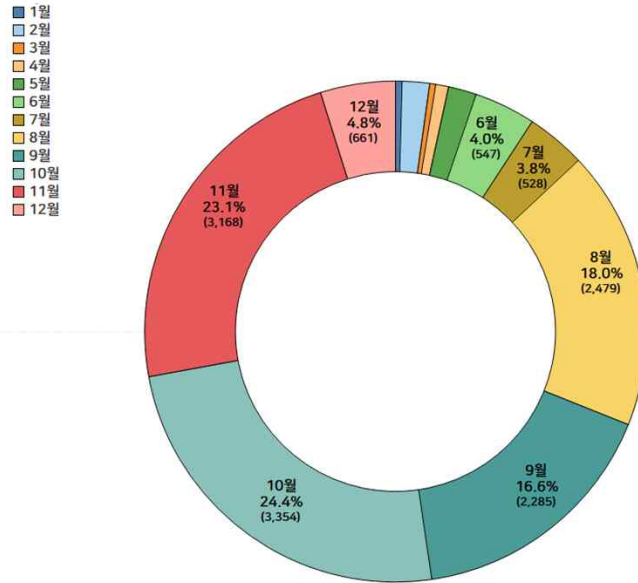


[그림 125] 전체차량 월별 통행량(차종분류)



[그림 126] 전체차량 월별 통행량(총중량분류)

[Overload traffic by month]

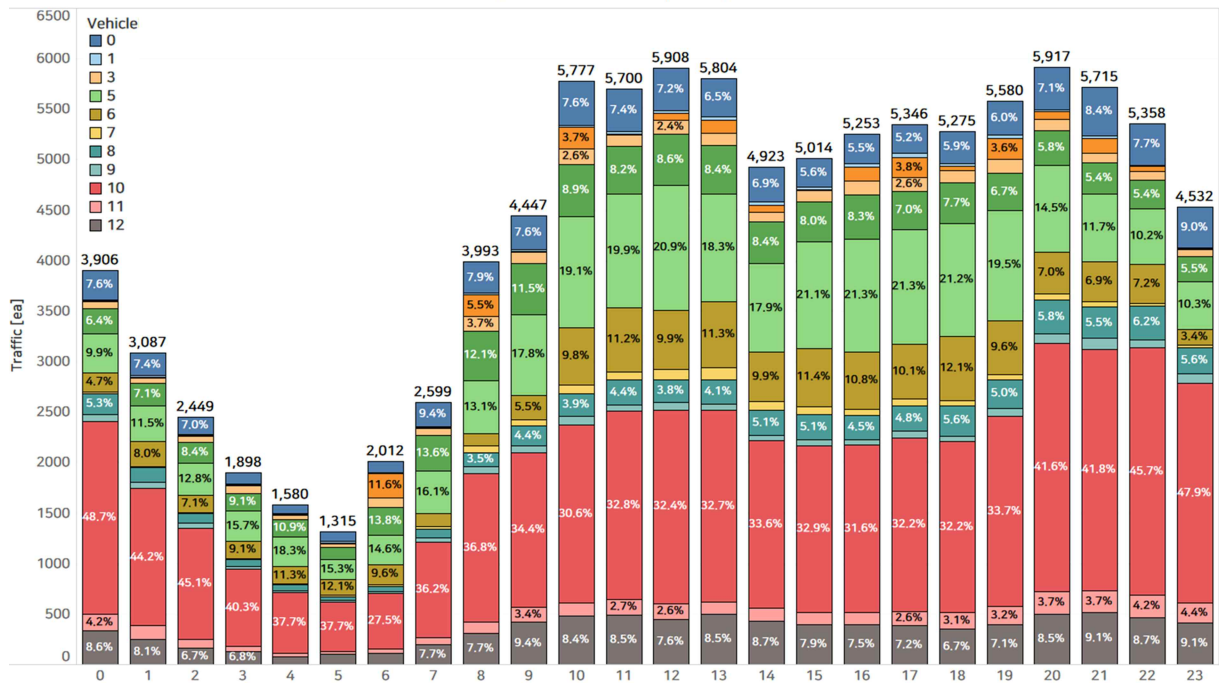


[그림 127] 과적함의차량 월별 통행량

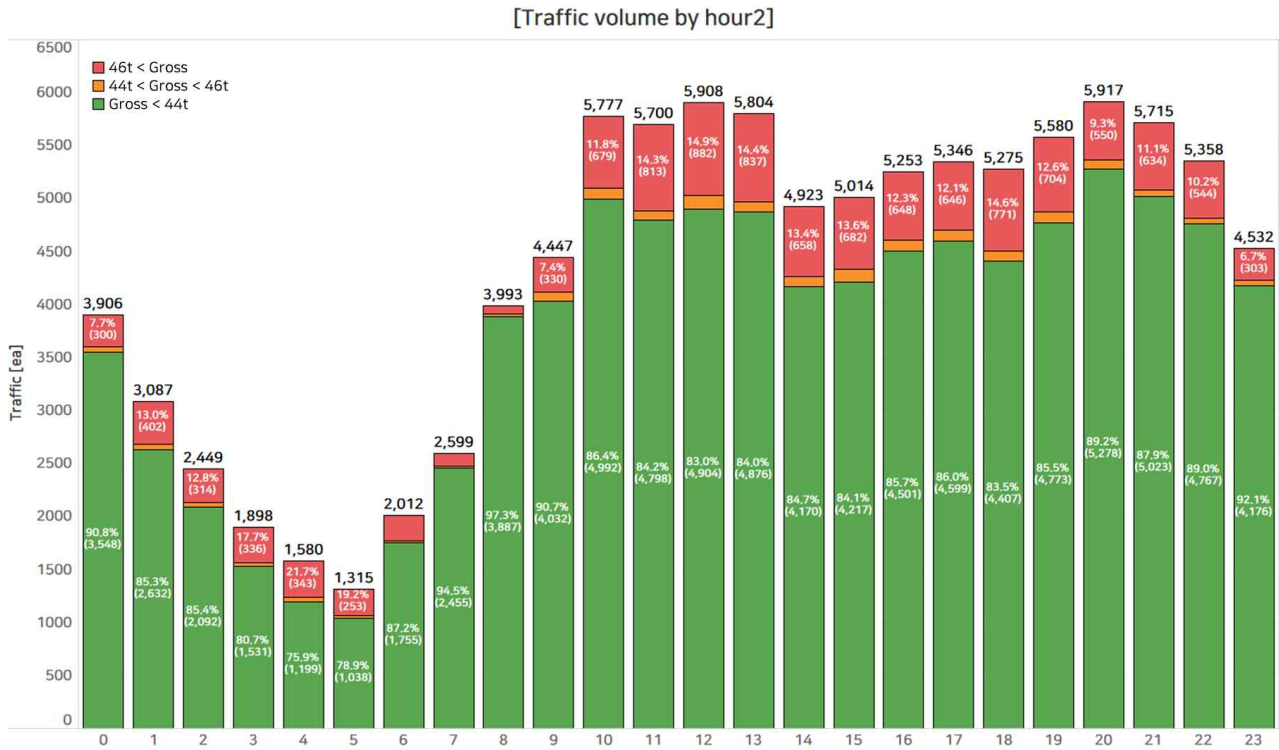
⑥ 시간별 통행량

- 5톤 이상 차량의 시간별 통행량을 분석한 결과, 21시(5,917), 10시(5,908대)로 가장 많은 통행량을 보임
- 주요 운행시간으로는 10시~22시 사이로 나타났으며, 과적함의 차량의 경우에도 어느 시간대에 편중되는 것이 없이 동일한 주요 운행시간을 보임

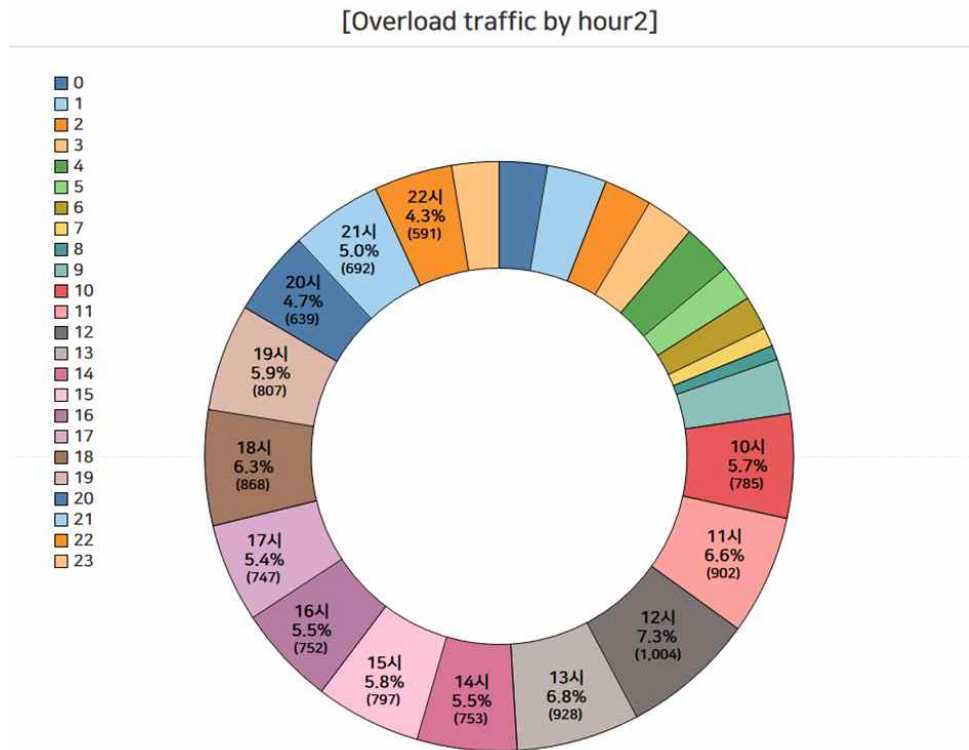
[Traffic volume by hour]



[그림 128] 전체차량 시간별 통행량(차종분류)



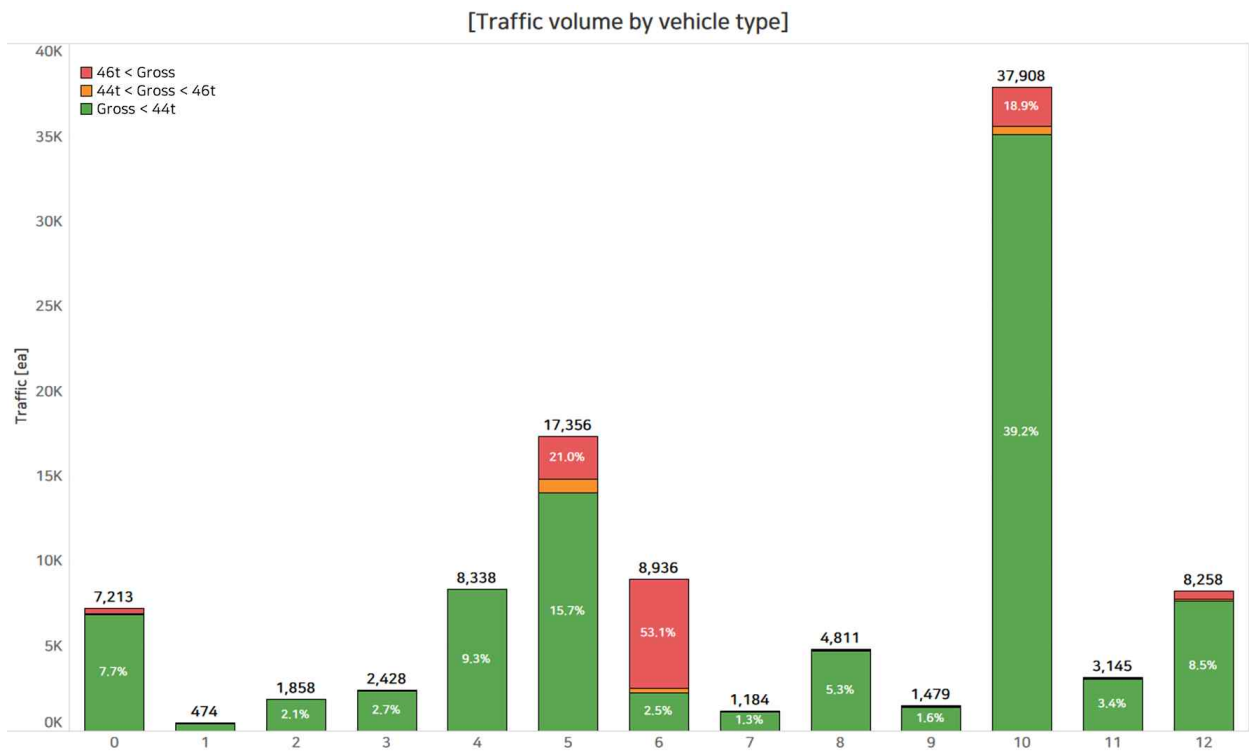
[그림 129] 전체차량 시간별 통행량(총중량분류)



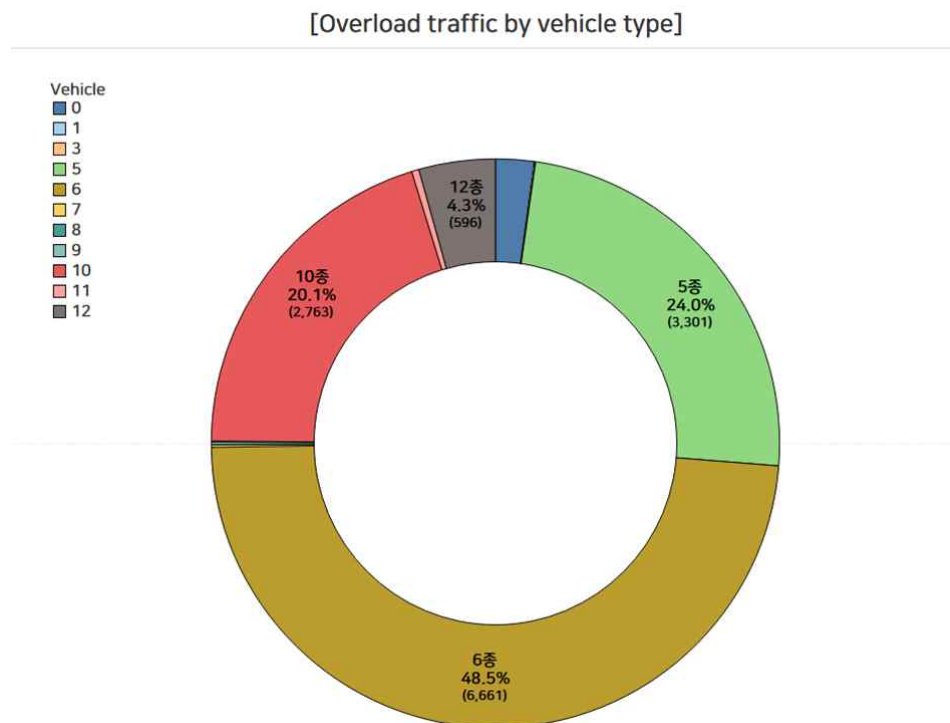
[그림 130] 과적혐의차량 시간별 통행량

⑦ 차종별 통행량

- 5톤 이상 차량의 차종별 통행량을 분석한 결과, 국내 국토교통부 기준 5축 세미트레일러 차량인 10종(37,908대) 과 3축 카고차량인 5종(17,356대)이 가장 많은 통행량을 보임
- 과적 혐의차량의 차종은 4축 카고차량인 6종(48.5%), 3축 카고차량인 5종(24.0%), 5축 세미트레일러 차량인 10종 (20.1%) 순으로 나타남



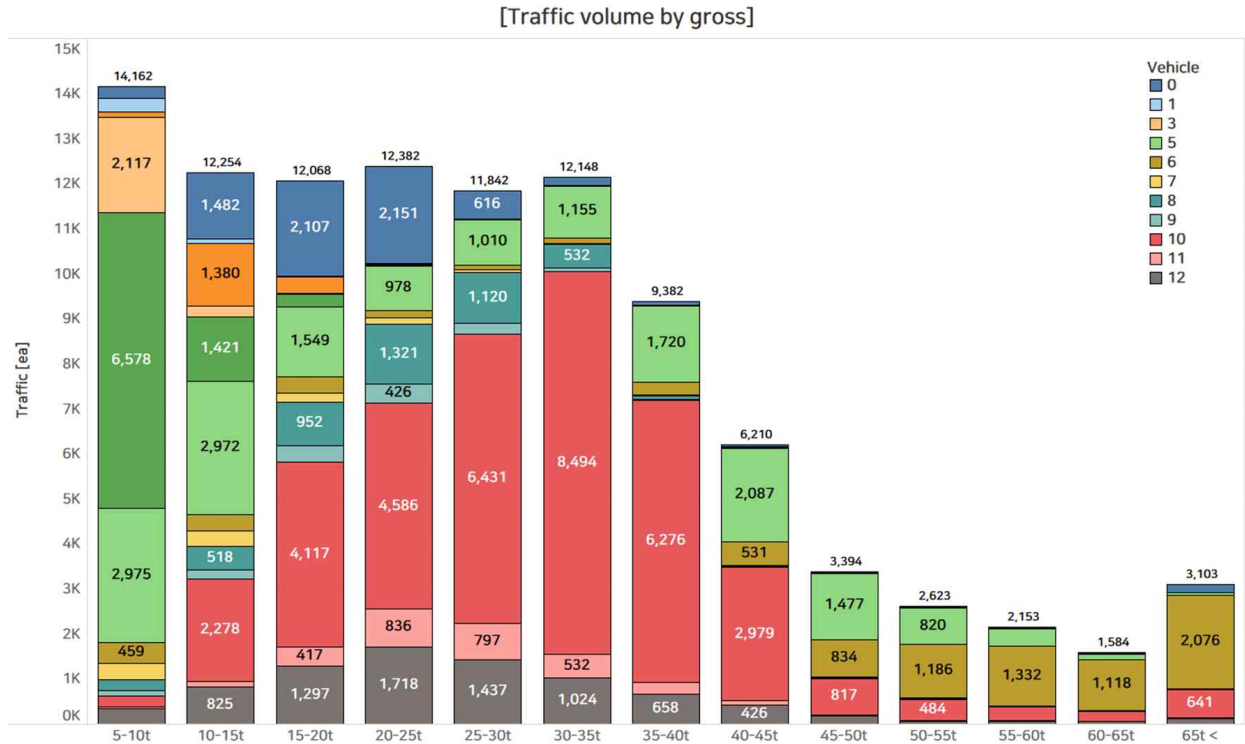
[그림 131] 전체차량 차종별 통행량(총중량분류)



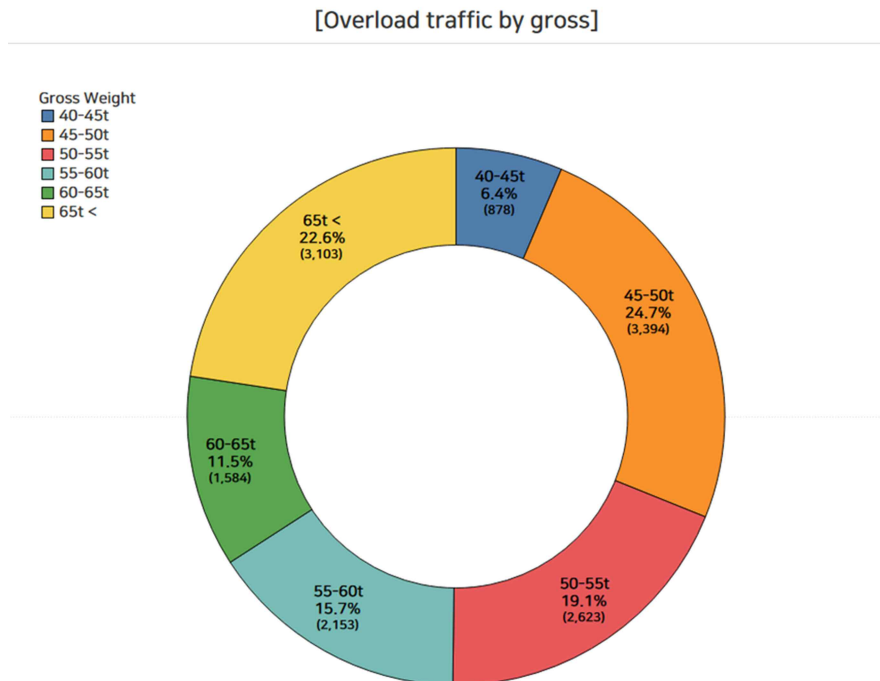
[그림 132] 과적함의차량 차종별 통행량

⑧ 총중량별 통행량

- 5톤 이상 차량의 총중량별 통행량을 분석한 결과, 총중량 10~35톤 사이가 주요 운행중량으로 나타남
- 과적 혐의차량을 분석한 결과 우리나라의 경우, 총중량 40~45톤 사이가 최대치를 나타내는데 비하여 카자흐스탄의 경우, 한 단계 더 높은 범위인 45~50톤 사이에서 24.7%의 통행량을 보임
- 65톤 이상 고의 과적으로 상차하여 운행하는 차량도 22.6%로 상당한 통행량을 보임



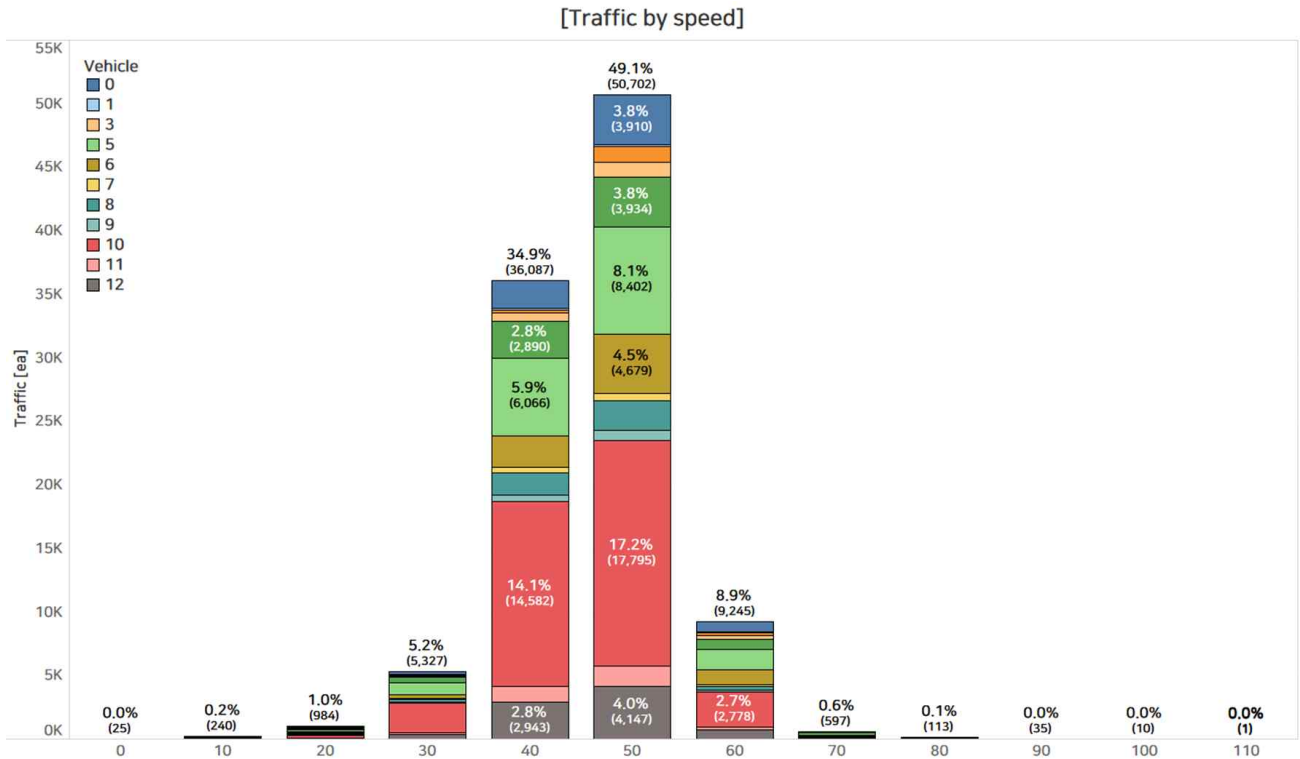
[그림 133] 전체차량 차종별 통행량(차종분류)



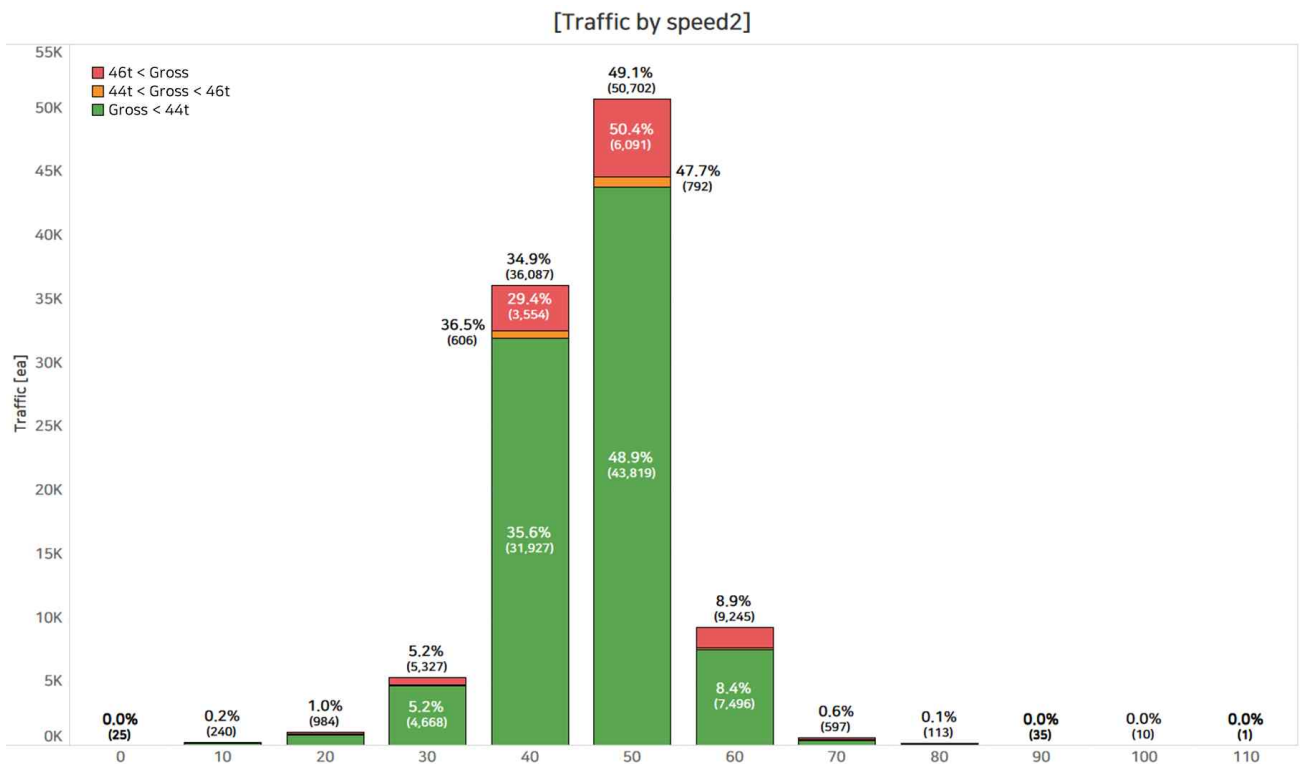
[그림 134] 과적혐의차량 총중량별 통행량

⑨ 속도별 통행량

- 5톤 이상 차량의 속도별 통행량을 분석한 결과, 속도 40~60km/h 사이가 주요 운행속도로 나타남
- 과적 혐의차량의 통과속도는 50km/h(50.1%), 40km/h(30.3%), 60km/h(12.7%)의 순으로 나타남

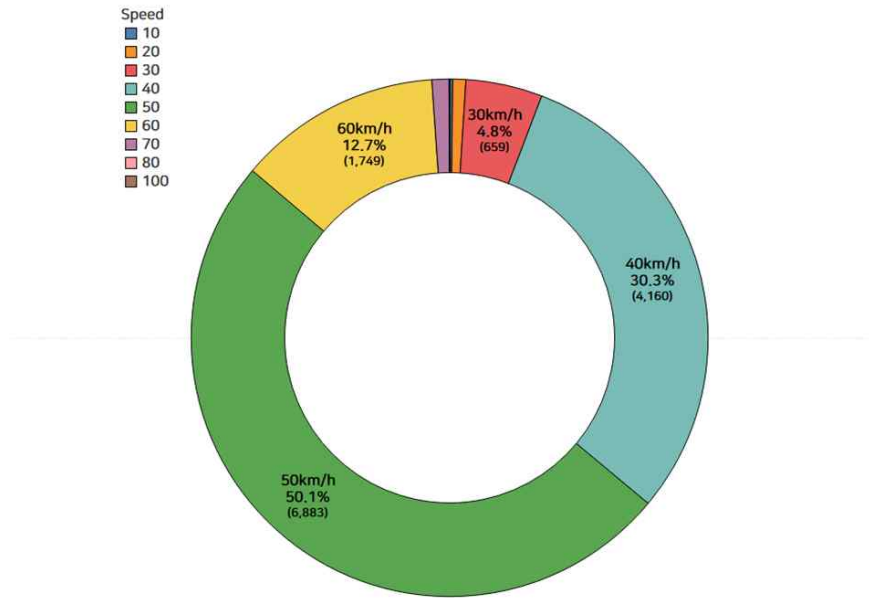


[그림 135] 전체차량 속도별 통행량(차종분류)



[그림 136] 전체차량 속도별 통행량(총중량분류)

[Overload traffic by speed]

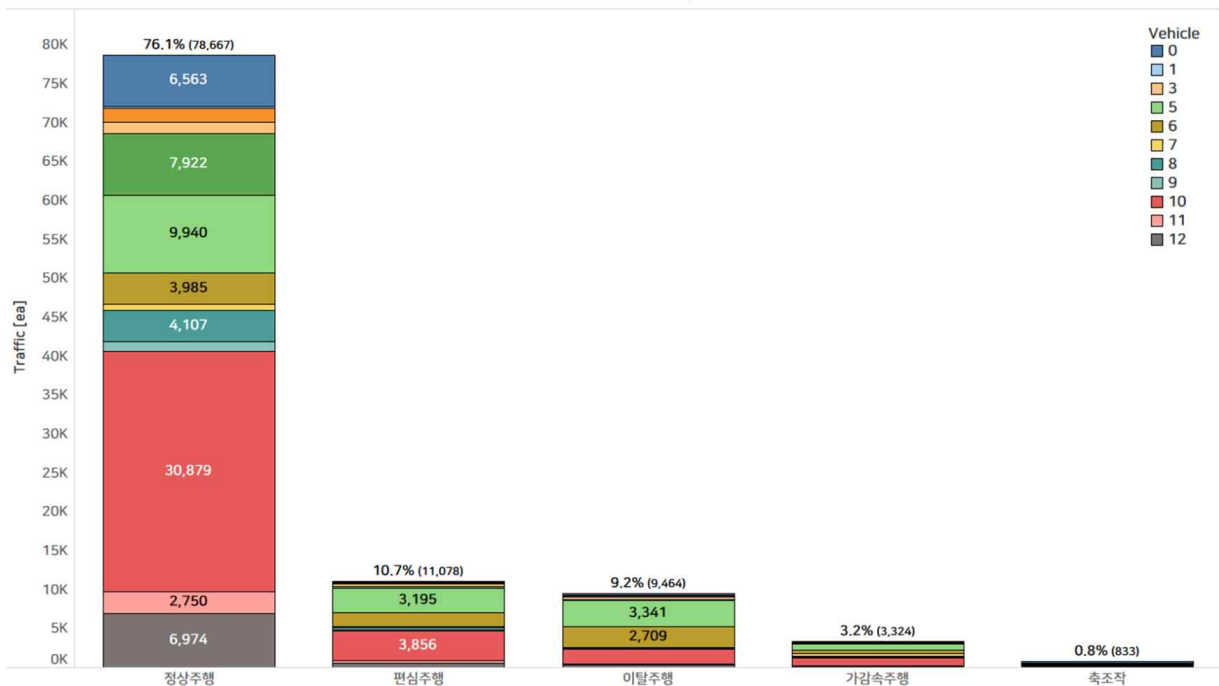


[그림 137] 과적함의차량 속도별 통행량

⑩ 주행패턴별 통행량

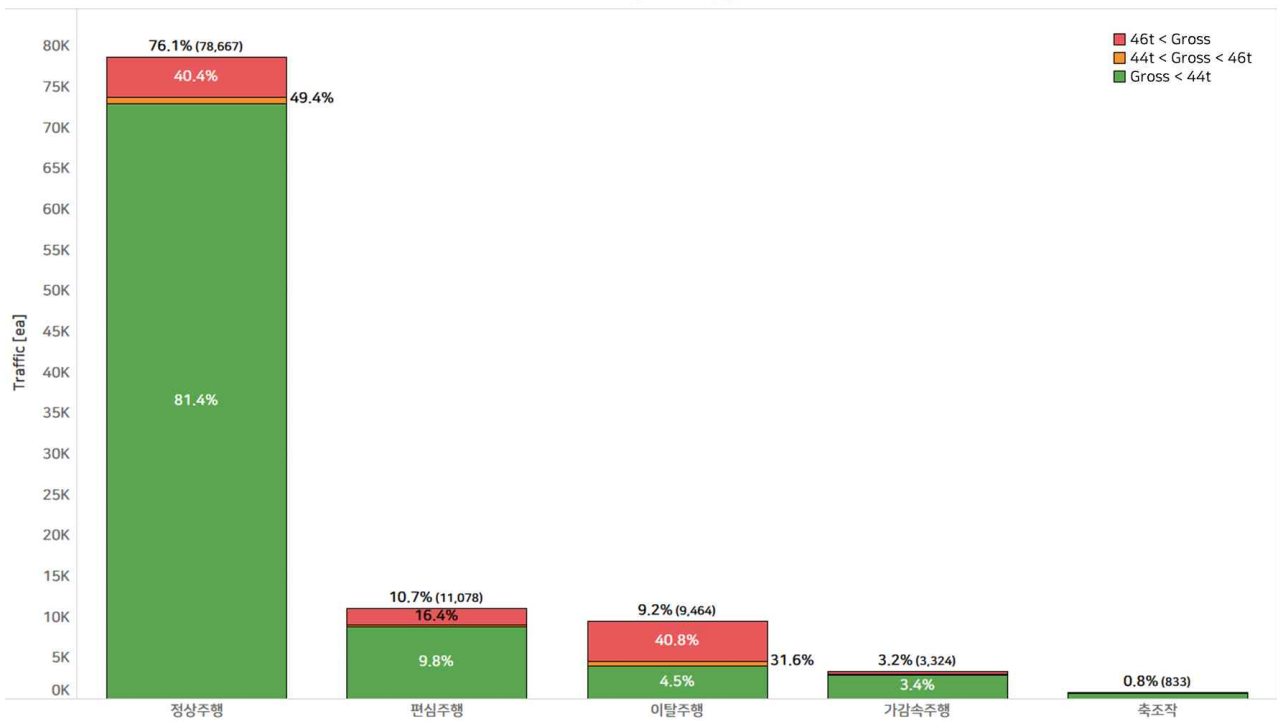
- 5톤 이상 차량의 주행패턴별 통행량을 분석한 결과, 76.1%의 차량은 정상주행으로 통과
- 계중회피를 목적으로 센서 플랫폼의 경계를 한쪽 바퀴의 타이어 접지면으로 편중하여 통과하는 편심주행은 10.7%의 높은 비율로 나타남
- 한쪽 바퀴가 완전히 이탈하여 통과하는 이탈주행도 9.2%로 높은 비율로 나타남
- 과적 혐의차량의 주행패턴은 정상주행(41.5%), 이탈주행(39.7%), 편심주행(16.6%) 순으로 나타나 계중회피를 목적으로하는 주행패턴이 절반 이상의 상당수를 차지함을 알 수 있음

[Traffic volume by driving pattern]



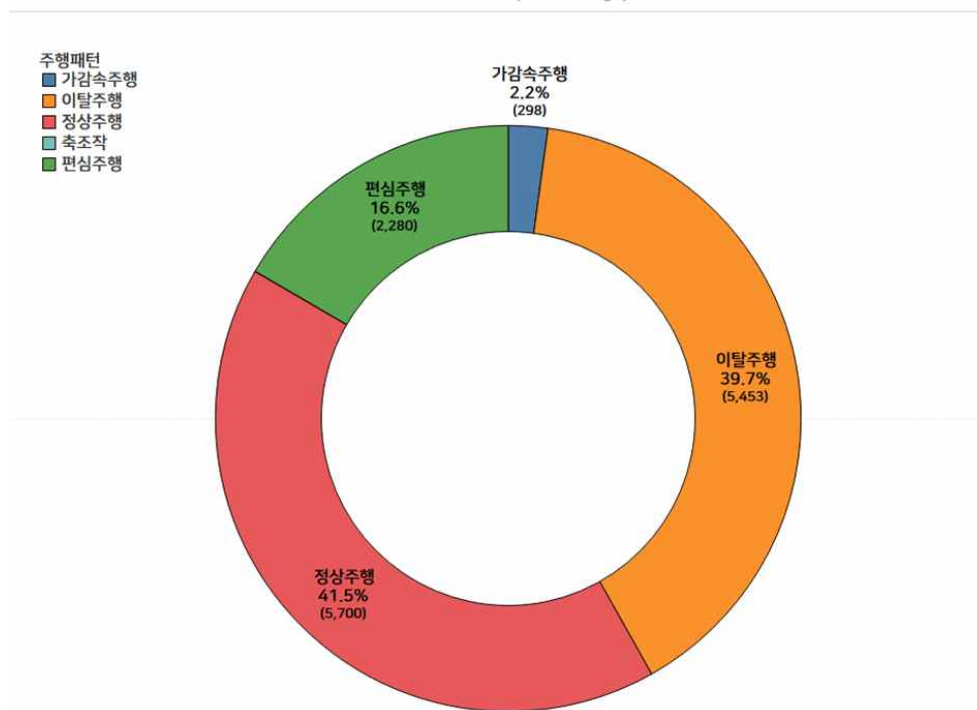
[그림 138] 전체차량 주행패턴별 통행량(차종분류)

[Traffic volume by driving pattern2]



[그림 139] 전체차량 주행패턴별 통행량(총중량분류)

[Overload traffic by driving pattern]



[그림 140] 과적함의차량 주행패턴별 통행량

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

가. 연구수행 결과

1) 정성적 연구개발성과

구분	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	평가목표 및 착안점	목표치/ 달성치	평가방법	평가기준	가중치 (%)
1차년도 (2019 시장도입/ 고도화)	■ 현지 시장 및 제도 분석	- WIM 기술 수준 및 시장 분석 - 유료도로 관리 제도 분석 - 현지 운행 차량 종류 및 운행 형태 분석	HS-WIM의 현지화 필요 정보 수집 및 사업성 검토	1권 / 1부	현지조사 보고서/ 상호투자 협약서	제출여부	30
	■ 극저온 안정성이 확보된 중량 측정 센서 플랫폼 개발	- 극저온용 특수 로드셀 개발 - 극저온 환경 능동형 온도 제어 기술 개발 - 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 - 광폭 덕트형 배수 시스템 설계	HS-WIM의 극저온환경 측정 정밀도 및 내후성 향상	1건 / 1건	센서 플랫폼 설계도 및 특허명세서	3D CAD 설계도	50
	■ 국내 인증 시험	국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험	HS-WIM의 극저온환경 측정 선형성 확보	R2 0.96 이상 / 0.99	하중재하시험	공인시험 성적서	20
2차년도 (2020 시장진출/ 현지화)	■ 고정밀 보정 및 현지 연동 제어기 기술 개발	- 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계 13종 차종분류 알고리즘 구현 - 현지 인프라 연계 모듈 개발 - 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동	HS-WIM의 보급/확산을 위한 현지 최적 시스템 구현	1건 / 1건	시뮬레이션 결과분석 논문	국내 논문지 특허 출원	15
				1건 / 1건	차종분류 알고리즘 설계서	제출여부	10
				1건 / 1건	교통위원회 연동 미들웨어	소프트웨어 등록	10
	■ 중앙아시아 환경조 건을 고려한 시공관 리 기법 개발	- 보조기층 치환 신규 공법 적용 평가 - 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발	현지 도로포장 및 극저온환경에 최적화된 시공기법 개발	1건 / 1건	시공 메뉴얼	제출여부	10
			통합 운영 기법 개발	1건 / 1건	사용자 웹 플랫폼	소프트웨어 등록	15
	■ 합작 회사 설립 및 테스트베드 구축	- 현지 합작 회사 설립 - 현지 테스트베드 구축	HS-WIM의 사업화 가능성	1부 / 1부	현지 설립 등기 및 사업자등록증	제출여부	10
			테스트베드 구축	1개소 / 1개소	시공보고서 및 데모영상	제출여부	30
3차년도 (2021 사업화)	■ 원격지 유지관리 기법 개발	- 동결응해 손상에 대한 보수재 평가 - 원격접속 유지관리 솔루션 개발 - 모바일 알람 연계 솔루션 개발	현지 도로포장 및 극저온환경에 최적화된 유지관리 및 운영 기법 개발	1건 / 1건	보수재 평가 보고서	국외 논문지	10
				1건 / 1건	운영 메뉴얼	제출여부	20
	■ 국제인증 및 사업 화 준비	- 국외 실외 인증, OIML R 076-1 국제 기준 성능 평가 수행 시험 - 카자흐스탄 정부 조달 제품 등록 - 정부 시범 사업 수행	현지 성능인증 기준 만족	1건 / 1건	OIML R 076-1 성능인증서	성능인증서 확인	40
				등록 / 등록	조달제품 확인서	정부조달 확인	30

2) 정량적 연구개발성과

(단위 : 편, 건, 명, 천원)

구분		1차년도 목표/달성	2차년도 목표/달성	3차년도 목표/달성	계 목표/달성
국외논문 게재	SCI			1 / 1	1 / 1
	비SCI				
	계			1 / 1	1 / 1
국내논문 게재	SCI				
	비SCI		1 / 1		1 / 1
	계		1 / 1		1 / 1
특허출원	국내		1 / 1	0 / 1	1 / 2
	국외				
	계		1 / 1		1 / 2
특허등록	국내			1 / 1	1 / 1
	국외				
	계			1 / 1	1 / 1
인력양성	석사				
	박사				
	계				
기술이전	계약건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문	1 / 3	2 / 3	0 / 2	3 / 8
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명 자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어		2 / 2		2 / 2
기타	화학물				
	시제품	1 / 1	2 / 2	1 / 1	4 / 4
	성과 홍보			1 / 1	1 / 1
	일자리 창출	1 / 1	1 / 1	1 / 1	3 / 3
	매뉴얼		1 / 1	2 / 2	3 / 3

3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	주행시험을 통한 고속충격기의 융합형 중량환산 알고리즘 효과 분석	한국ITS학회 논문지	김종우	19	대한민국	한국아이티에 스학회	비SCIE	2020-08-03	1738-0774	100
2	HIGH-PERFORMA NCE HIGH-SPEED WIM FOR SUSTAINABLE ROAD LOAD MONITORING USING GIS TECHNOLOGY	TRANSPOR T PROBLEMS	Jong Woo KIM	16	폴란드	The Silesian University of Technology Journal "Transport Problems"	SCIE	2021-12-12	1896-0596	100

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	KSCE 2021 CONVENTION	중앙아시아 지역 특성을 고려한 고속계중시스템 개발 연구	김종우	2021.10.22	김대중 컨벤션센터	대한민국
2	Transport Problems 2021 Conference	HIGH-PERFORMANCE HIGH-SPEED WIM FOR SUSTAINABLE ROAD LOAD MONITORING	Janay SAGIN	2021.06.28	온라인	폴란드

☐ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
1	2019	현지조사보고서(LOCAL MARKET RESEARCH REPORT)	2019.11.22	미정
2	2019	연구개발계획서	2019.04.03	미정
3	2019	연차실적계획서(2년차)	2019.12.19	미정
4	2020	중량측정 정확도 향상 현장시험 결과보고서	2020.10.27	미정
5	2020	현지 테스트베드 시공보고서	2020.10.22	미정
6	2020	연차실적계획서(3년차)	2020.12.07	미정
7	2021	카자흐스탄 현지운영보고서 (21년도 Talapker 현장)	2021.12.16	미정
8	2021	공인시험결과서	2021.12.16	미정
9	2022	최종보고서	2022.02.14	미정

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

☐ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	과적단속을 위한 차량 중량 측정 시스템 및 방법	대한민국	(주)유디엔 에스	2020.04.22	10-2020-0048480	(주)유디엔 에스	2020.09.28	10-2162736	100	o
2	특허	적재물 자동 식별 기능을 구비하는 고정식 측중기	대한민국	(주)유디엔 에스	2021.10.13	10-2021-0135755	-	-	-	100	o

o 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
1	o	o									
2										o	

☐ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	JrpOperator(제이알 피운용소프트웨어)	2020.07.01	(주)유디엔에스	2020.07.21	C-2020-024030	(주)유디엔에스	100
2	JrpManager(제이알 피관리소프트웨어)	2020.07.01	(주)유디엔에스	2020.07.27	C-2020-024029	(주)유디엔에스	100

☐ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

☐ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	정부조달인증	카자흐스탄 정부	측정기 유형 형식승인	KZ84VTN00002801	2021-10-03	카자흐스탄
2	자동차용 전자저울	카자흐스탄 정부	OIML R076-2011-1	E3-02-04286	2021-10-19	카자흐스탄

☐ 표준화

o 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

o 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	신형 중량측정 센서플랫폼	2019-06-26	(주)유디엔에스	카자흐스탄 누르술탄 외곽도로 Talapker 현장	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정	12개월	-	-
2	고정밀 현지 연동형 제어기	2020-07-01	(주)유디엔에스	카자흐스탄 누르술탄 외곽도로 Talapker 현장	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정	12개월	-	-
3	통합 운영 사용자 웹 플랫폼 소프트웨어	2020-07-01	(주)유디엔에스	카자흐스탄 누르술탄 외곽도로 Talapker 현장	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정	12개월	-	-
4	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정 시스템 "JRP-WIM"	2020-10-11	(주)유디엔에스	카자흐스탄 누르술탄 외곽도로 Talapker 현장	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정	12개월	카자흐스탄 정부	2021-10-19

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			무인 무정차 고정식 측중기 시스템		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(천원)		500,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			100,000	2,000,000	3,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	5	15	30
		국외	0	1	2
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		100,000	1,000,000	1,500,000

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)			합계(명)
			2019년	2020년	2021년	
1	무인/무정차 고속 주행중 차량 중량 측정 시스템 "JRP-WIM"	(주)유디엔에스	2	2	2	2
합계			2	2	2	2

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

☐ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

☐ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

☐ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

☐ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

☐ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
1	㈜유디엔에스	2019-04-05	33개월	2	1

☐ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타

☐ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

☐ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	언론보도	카자흐스탄 국영방송 Kharbar24 (하바르24)	카자흐스탄 도로의 이용기간을 연장하고 부정 부패를 감소할 수 있는 방법이 있을까?	2021-04-24

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

- 해당사항 없음

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

- 해당사항 없음

나. 목표 달성 수준

연구개발목표	달성내용	달성도(%)
■ 현지 시장 및 제도 분석 - WIM 기술 수준 및 시장분석 - 유료도로 관리 제도분석 - 현지 HS-WIM 기술 기준분석 - 현지 운행차량 종류 및 운행형태 분석	■ WIM 기술 수준 및 시장 분석 ■ 유료도로 관리 제도 분석 ■ 현지 운행 차량 종류 및 운행 형태 분석 ■ HS-WIM의 현지화 필요 정보 수집 및 사업성 검토 ■ 현지조사 보고서/상호투자 협약서 달성	100
■ 극저온 안정성이 확보된 중량측정센서 플랫폼 개발 - 극저온용 특수 로드셀 개발 - 극저온 환경 능동형 온도제어 기술 개발 - 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 - 광폭 덕트형 배수시스템 설계 - 국내 극저온 환경챔버 내 센서의 온도별 출력선형성 시험	■ 극저온용 특수 로드셀 개발 ■ 극저온 환경 능동형 온도 제어 기술 개발 ■ 경량 고강성 복합수지 플레이트 개발 ■ 광폭 덕트형 배수 시스템 설계 ■ HS-WIM의 극저온환경 측정 정밀도 및 내후성 향상 ■ 센서 플랫폼 시제품 설계도 및 특허명세서 달성 ■ 국내 극저온 환경 챔버 내 센서의 온도별 출력 선형성 시험 R² 0.96이상 달성	100
■ 고정밀 보정 및 현지 연동제어기 기술 개발 - 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 - 23개국 번호판 인식엔진 연동 및 전/후면 촬영솔루션 연계 - 13종 차종분류 알고리즘 구현 - 현지 인프라(위성통신 등) 연계모듈 개발 - 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동	■ 노후차량의 고유진동 회피형 HS-WIM 시스템 정확도 향상 알고리즘 개발 ■ 관련 내용 현장시험 및 학술지 논문게재, 특허 출원 달성 ■ 23개국 번호판 인식 엔진 및 전/후면 번호판 촬영 솔루션 연계 ■ 13종 차종분류 알고리즘 구현 ■ 현지 인프라 연계 모듈 개발 ■ 교통위원회 VPN 망 연계 및 xsd 타입 정부 프로토콜 연동 ■ 시제품 소프트웨어 등록 1건 달성 ■ 현지 테스트베드 구축 1건 달성	100
■ 중앙아시아 환경조건을 고려한 시공 및 유지관리 기법 개발 - 보조기층 치환 신규공법 적용 평가 - 동결융해 손상에 대한 보수재 평가 - 원격접속 유지관리 솔루션 개발 - 모바일알람 연계솔루션 개발 - 현지 맞춤형 사용자 웹 플랫폼 개발	■ 보조기층 CTB 층 치환공법 적용 테스트베드 시공 완료 ■ 극저온 환경 현지 테스트베드 운영 및 국외 SCI 논문 게재 달성 ■ 원격접속 유지관리 솔루션 및 모바일 알람 연계 솔루션 구축 ■ 시제품 소프트웨어 등록 1건 달성	100
■ 카자흐스탄 인증 및 사업화 준비 - 현지 합작회사 설립 - 현지 테스트베드 시공 및 성능평가 - 국외 실내인증, 챔버 동작시험 - 국외 실외인증, GOST OIML R076-1 현지기준 성능평가 주행시험 - 카자흐스탄 정부 조달제품 등록	■ 현지 국영방송 Kharbar24 하바르24 뉴스에 연구내용 방영 ■ 현지 합작회사 설립 달성 ■ 현지 성능평가 시험 진행 ■ 국외 실내외 인증(OIML R076-1-2011) 획득 ■ 현지 정부 조달제품 등록 완료	100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

- 해당사항 없음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

가. 과학·기술적 측면

- 육로의 수송이 주를 이루고 있는 국내의 한정된 도로의 안전성 확보와 효율적 유지관리를 위한 기술적 대안으로 무인 무정차 고정식 측중기 시스템을 활용한 운행제한 위반차량 단속 기술 확보
- 무인 과적단속시스템의 평가체계 수립 및 객관적인 성능 규정을 통한 과적단속의 투명성 확보
- 과적단속 기술 확장을 통한 ITS 기술향상의 시너지 효과 창출 및 관련분야 인력양성에 일조
- ITS분야와의 기술연계를 통한 기술향상의 시너지 효과 창출 및 관련분야 인력양성

나. 경제적 효과

- 육로의 수송이 주를 이루고 있는 국내의 한정된 환경에서 도로의 안전성 확보와 효율적 유지관리 및 운영관리에 기여
- 과적차량에 의한 도로 파손 및 교량의 파괴의 선제적 방지를 통한 보수비용 절감과 이를 통한 국고절감 가능
- 도로의 공용수명 연장 및 유지보수 비용 절감
- 과적차량에 단속으로 인한 단속인력 부족 및 인건비 절감
- 과적 화물차에 의한 사고를 미연에 방지함으로써 사고로 인한 대처비용 절감
- 해외에서도 과적차량으로 인한 도로와 교량 파괴는 심각하고 중요한 요소이므로 기술기준 수출로 인한 국가기간산업으로의 연계 및 발전 도모
- 교통 안전 측면에서 화물차량의 도로 운행 시 과적 운행으로 인한 제동거리 증가와 타이어의 마모로 조향이 어려워져 대형 교통사고를 유발, 특히 고속도로 사망교통사고 10명 중 4명이 화물차 사고에 의한 것으로 조사
- 이와 같은 과적차량 사고로 인해 발생하는 인명손실의 감소 효과와 상당한 경제적 이익 예상
- 과적에 의해 파손된 도로의 보수를 위해서 한해에 정부에서 지출하는 비용이 매년 324억원, 과적차량 통과가 빈번한 교량의 경우 구조 성능 저하를 보수하기 위한 비용까지 고려하면 수백억의 세금을 절약할 수 있을 것으로 판단
- 무인 무정차 고정식 측중기의 도입으로 인해 과적의 폐해를 막아줌으로써 교량 및 도로구조물의 수명 단축을 줄이며, 도로 보수 예산의 절감 등 국가적 차원에서 높은 경제적 효과를 보일 것으로 예상

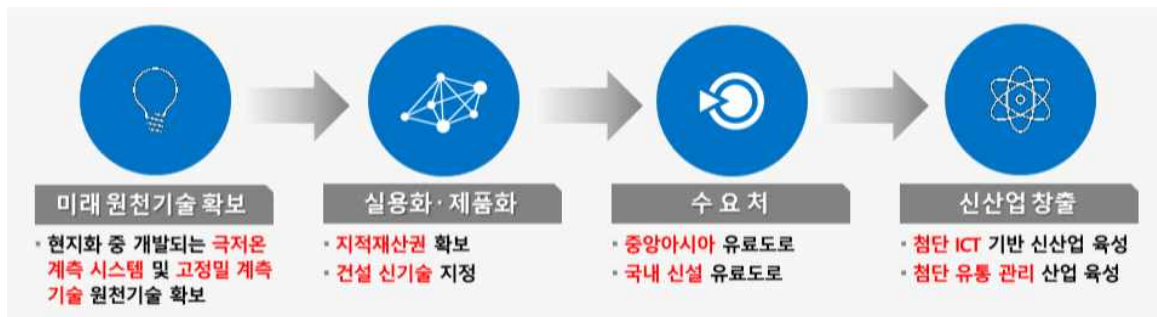
다. 사회적 효과

- 효율적 과적관리를 통한 국가 물류 운송 안전망 구축 및 국내 무인 무정차 고정식 측중기를 활용한 무인 과적단속시스템의 효율적인 도입 및 운영을 위한 사회적 인프라 구성
- 국가적인 과적 관리 통합망 구성의 근반을 마련
- 국가 기반설비인 도로망에 대한 효율적인 운영관리 및 유지관리
- 화물차 교통사고 사망률 저감효과
- 차주 및 사주에 대한 효과적인 과적 홍보를 통해 과적 단절 효과
- 국민의 안전과 생명 보호 및 과적운행 근절 패러다임 전환
- 무인 무정차 고정식 측중기 도입은 고정검문소·이동검문소를 통한 대면 단속방식에서 벗어나, 주행차로에서 무인·무정차·상시 단속방식의 구현을 의미
- 이를 통해 도로관리원의 측정 요구를 거부하고 도주하는 행위, 정차·서행 중 가변측 조작을 통한 측정 방해 행위를 원천 차단함은 물론, 위법행위에 대한 상시 감시를 통해 긴장감을 조성함으로써 사전 예방 효과까지 도모할 수 있어 도로상 과적을 현저히 감소시켜 도로안전에 기여하는 바가 클 것으로 기대됨
- 무인 무정차 고정식 측중기는 대면 방식의 기존 단속 방식, 즉 고정식 단속(저속측중기를 이용한 고정검문소에서 상시 단속), 이동식 단속(이동식 측중기를 이용한 이동검문소에서의 수시 단속)과는 차별화되는 상시·자동 단속 방식으로서 고속측중기, 차량번호판 자동인식 장치 및 사진·동영상 기록 장치 등의 ITS 분야 새로운 시장 개척이 기대됨
- 무인 무정차 고정식 측중기의 본격 도입을 위해서는 단속방식(대면 단속방식→무인 단속방식), 단속장비(단속항목 및 허용오차 결정)의 특성을 고려한 제도적·정책적 제반 여건이 마련 필요
- 차량 이동 경로 정보와 화물 운송 실적 관리 시스템의 화물 적재정보를 종합한 전국 단위 물류 이동량의 다양한 세부정보를 각종 물류 관련 정책 수립 기초자료로 제공함으로써 효과적인 물류환경 조성에 이바지함

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

가. 미래 원천기술 확보 및 활용 방안

- 미래 원천기술 확보
 - 전 세계적으로 극저온 환경에서 높은 안정성과 신뢰도로 운영 가능한 계측시스템 구축은 도전적인 과제임
 - 따라서 본 연구를 통하여 극저온 환경에서 운영 가능한 고정밀 계측 시스템의 원천기술을 확보하고, 해당 시장을 선점할 수 있을 것으로 판단됨
- 실용화, 제품화 방안
 - 특허 출원/등록을 통한 지적재산권 확보
 - 개발된 고성능 HS-WIM 운용을 통한 성능인증 및 경제성 분석을 통한 신기술 지정 신청
- 수요처
 - 과적차량 무인단속을 실시하는 국내 도로 관리 지차제(도로관리 사업소, 한국도로공사 등)
 - 카자흐스탄 주변 중앙아시아 국가, 러시아, 북유럽 등 극저온 환경에서 계측 시스템 구축이 필요한 국가
- 신산업 창출
 - 첨단 ICT 기반기술 : 정부주도의 C-ITS 자율협력주행 기술의 기반기술로 활용 및 신산업 육성
 - HS-WIM 시스템의 축중 계측 및 차량 번호인식 기술을 활용하여 화물의 추적·관리가 가능한 첨단 유통 관리 육성



[그림 141] 미래 원천 기술 확보와 신산업 창출

나. 연구개발 성과의 확산

- 카자흐스탄 현지 확대보급
 - Nazarbayev University(NURIS)는 현지업체와의 활발한 기술 교류 실적을 바탕으로 합작회사 설립에 기여하고 본 사업의 성과를 합작회사를 통해 실용화 하는데 기여
 - 합작회사는 본 사업의 시범구축 사업을 토대로 카자흐스탄 내 유료도로 축중계측시스템 구축사업을 추진하여 성과 확산 및 중장기 사업 추진
 - 카자흐스탄 시장에 바로 적용할 수 있는 적정 및 최적 기술을 개발하여 사업화 성공가능성을 높이고 新 일자리 창출 등 경제성장에 일조할 것으로 기대

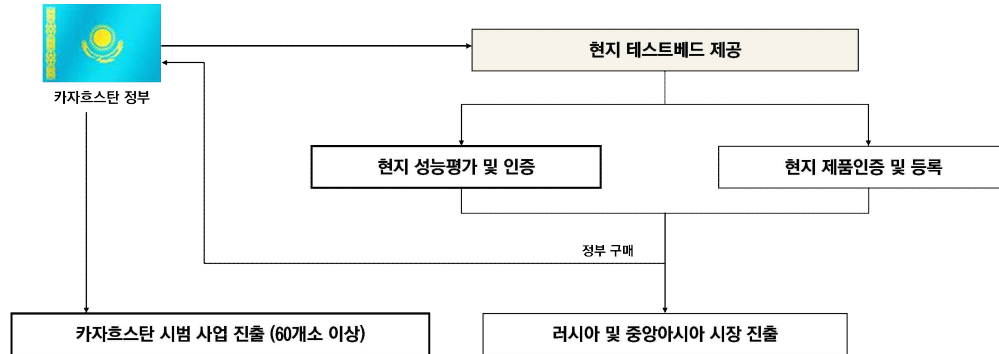
[표 86] 연구개발 성과 확산

사업/서비스분야	소재지	투자기관	신규고용	업무분장	IP 확보전략
축중계측시스템	카자흐스탄 아스타나	R&D Engineering + (주)유디앤에스	카자흐스탄 2명 한국 2명	카자흐스탄: 현지 서비스 한국: 시스템 개발	합작 회사 특허 및 S/W등록

- 중앙아시아 CIS 지역의 판로개척 계획
 - 카자흐스탄을 포함한 러시아 및 중앙아시아 국가는 내륙에 위치한 국가로서 육로를 통한 물류이동 비중이 커서 화물차량의 중량관리가 매우 필요한 상황
 - 러시아 및 중앙아시아(CIS) 시장은 잠재력이 매우 큰 시장이나 언어적 장벽, 문화적 차이와 정부의 보호정책 등으로 국내

업체가 적극적으로 직접 판로를 개척하는 것이 어려운 환경

- 따라서, 러시아 및 카자흐스탄을 포함한 중앙아시아 시장의 판로개척을 지원할 수 있는 국내 무역컨설턴트와 무역협회의 지원을 적극 활용할 계획
- 현재 카자흐스탄 현지 회사와 에이전트 쉽 계약을 통해 국내 회사에서 직접 시장 진출하기 힘든 중앙아시아와 러시아 지역의 물품공급권 및 기술 실시권 등을 타진하여 해당 지역의 판로를 개척할 예정
- CIS 국가 특성인 영하 20℃ 이하로 떨어지는 극저온 동절기 기후조건을 극복하고 기존 고속충전기 대비 높은 동작 안정성과 정확도를 제공하여 활용확대 및 확산기대



[그림 142] 러시아 및 중앙아시아 시장 진입 방안

- 다양한 마케팅 전략을 수립하고 적극적인 현지 홍보활동을 통해 정부와 민간업체에 개발 제품의 우수성을 알리는 한편, 러시아 및 중앙아시아 국가 간에는 특허 및 인증이 공유되기 때문에 성능인증, 제품등록 및 특허등록을 통해 시장과 판로확대에 노력할 계획

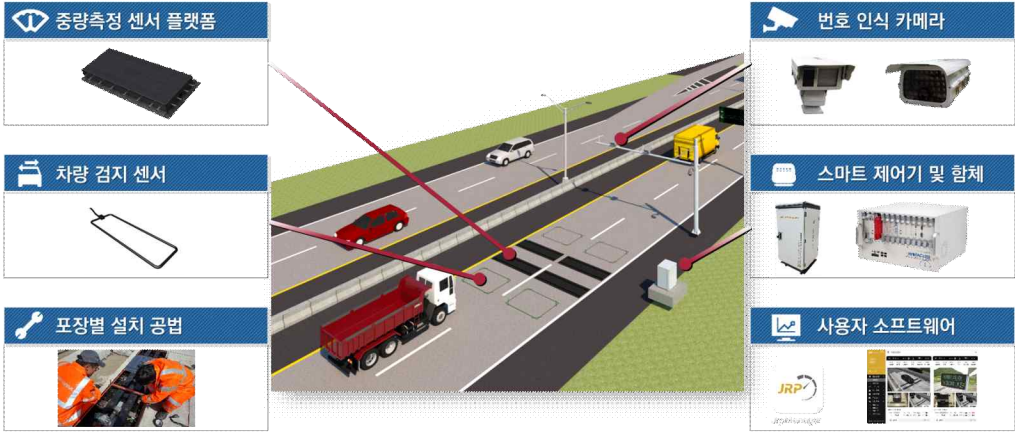
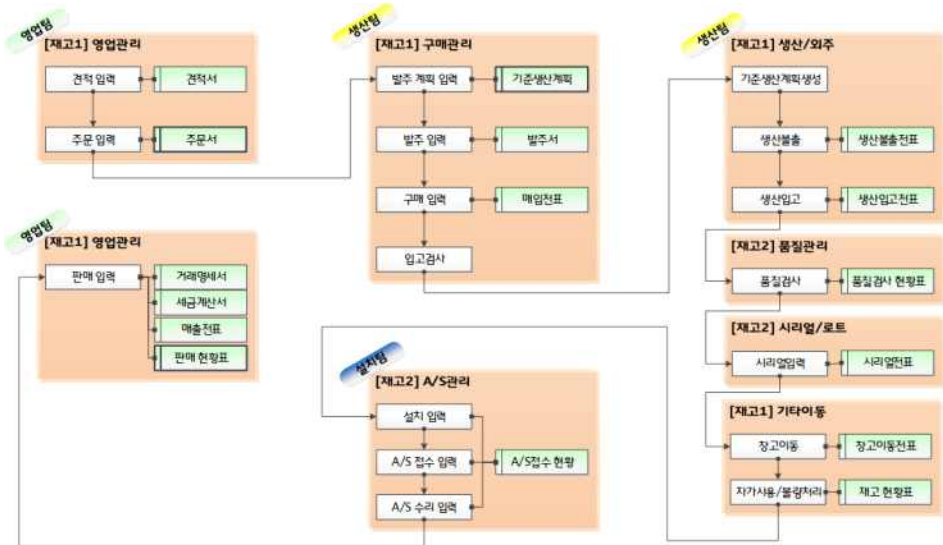


[그림 143] 광고 및 홍보전략

■ 국내 다양한 환경조건 확산설치 및 사업화 계획

- 국내 고속충전기 도입을 위하여 단속방식을 대면단속으로부터 무인단속으로 전환하여 24시간 상시단속체계를 확보할 수 있도록 법제도 개선에 참여
- 현지 열악한 도로환경에 적용한 고도화 개발제품을 국내 고속도로 뿐만 아니라 국도 및 지방도, 시군도 등 다양한 주행속도 및 도로 환경에 확대 적용을 위한 노력
- 고속도로 내 약 270개소의 IC의 톨게이트를 하이패스화를 기반으로 한 『스마트 톨게이트』로 개선하는 사업이 추진될 경우, 화물차로의 축중계측시스템 성능개선은 불가피하며, 이 경우 고속도로 내 모든 톨게이트의 화물차로의 축중계측시스템은 본 연구 성과물이 보유한 기술의 잠정적인 시장이 될 수 있을 것으로 판단됨
- 또한, 축중계측시스템의 특성상 정기적인 유지보수 및 보정작업이 수반되며, 이 경우 본 연구 성과물이 적용 될 경우 수입 제품을 사용한 경우 대비 유지관리 비용이 약 30% 이상 절감될 것으로 예상되며, 고속도로에 설치될 WIM 시스템을 고려할 때 유지관리 분야의 시장규모는 연간 50억 이상의 시장이 형성될 수 있을 것으로 예상됨

구분	사업화 계획 내용
형태/규모	▪ 상용화 형태 [화물차 중량측정 무인 무정차 고정식 축중기 시스템] - 도로에 차량의 무게를 측정할 수 있는 센서(축중 센서)가 도로에 매설되어 설치되며, 차량이 정차하지 않고 주행상태로 센서 설치 구간 통과시 차량의 중량, 속도, 차중, 바퀴 축수 등을 측정하는 무인/무정차 계중 시스템으로 과적 화물 차량으로부터 도로와 교량 등을 보호하여 과적을 효과적으로 방지 할 수 있는 첨단 계측 시스템

구분	사업화 계획 내용
	상용화제품  ■ 수요처 - 정부: 한국도로공사, 국토교통부, 한국시설안전공단 - 지자체: 전남도청, 부산시청, 특수교 유지관리사무소 - 대형건설사: 한화건설, 롯데건설, GS건설, 대림ENC - 대형플랜트: 우림콘크리트공업, 여천YNCC, 롯데케미칼 ■ 예상 단가: 약 200,000,000원 / 1차선
사업화 능력 및 자원보유	■ 트럭스케일 한국환경공단 납품, 무인무정차 측중기 도로공사 설치, 함수비센서 기상청납품 등 계측센서 개발 및 제품화 양산 경험 보유 ■ 트럭스케일의 경우, 성능인증 및 우수조달제품 등록조달등록한 제품을 검수 납품하고 있기 때문에, 생산조립 및 QC검수할 수 있는 라인을 확보하고 있음  ■ 다양한 센서시스템에 대한 연구개발 상용화 실적 보유 ■ 화물차 중량 측정 및 에어압력센서, 가동축, 알고리즘 관련 등록 특허 다수 보유 ■ 양산 계획  < ERP를 활용한 양산 업무 공정 흐름도 > ■ PCB SMT 협력사와 생산협약을 통하여 원재료 부품 소자의 관리 및 1차 반제품 형태의 위탁 생산이 가능

구분	사업화 계획 내용
	■ 각종 센서소자 협력사와의 생산 협약을 통하여 생산 분출 없이 외주 공정으로 제작 후, 접지 검사 등 의 품질 검사 결과와 재하 하중별 출력값을 기록한 테스트 리포트를 반제품과 함께 입고 ■ 생산 입고된 1차 반제품을 몰딩 및 조립 등의 공정을 수행하여 핵심 소자에 대하여 2차 생산 공정을 당사에서 진행 ■ 내부 고속샘플링 데이터로거 및 하중시험기를 활용한 중량측정 분해능과 범위별 출력값 확인 ■ 제어기는 서버로 송신된 데이터를 확인하여 출하 검사를 진행할 계획 ■ 케이블 및 부속 악세사리의 경우, 종단 저항 확인 및 쇼트 검사를 자체적으로 진행 ■ 완제품 최종 출하 검사는 유지보수를 최소화 하도록 전수 조사로 진행하여 품질 안정성을 확보할 계획 ■ 또한 모든 양산 업무 과정은 본사 ERP의 재고 및 생산관리 기능을 활용하여 생산 과정의 투명성과 효율적인 기준 생산 계획을 생성하도록 운영할 계획 [판로개척] ■ 다양한 마케팅 전략을 수립하고 적극적인 홍보활동을 통해 정부와 민간업체에 개발 제품의 우수성을 알리는 한편 성능인증, 제품등록 및 특허등록을 통해 시장과 판로확대에 노력할 계획 ■ 미국 및 EU 시장의 판로개척을 지원할 수 있는 국내 무역컨설턴트와 무역협회의 지원을 활용할 계획 ■ 현지 회사와 에이전트 쉽 계약을 통해 국내 회사에서 직접 시장 진출하기 힘든 기타 지역의 물품공급권 및 기술 실시권 등을 타진하여 해당 지역의 판로를 개척할 예정     < 마케팅 추진 전략 >
사업화 계획 및 일정	■ 연구과제 수행중에 기술기준에 대한 모의시험검증 및 기술규격(안)에 대한 제도화 구축을 목표로 함 ■ 현재 우수물류신기술 NET 및 GS인증은 모두 획득한 상태로, 기술기준 규격이 마련되면 혁신시제품 및 우수제품 평가에 대한 근거가 마련되어 판로 개척에 활용 가능 ■ 조달청 혁신시제품 신청 및 획득 후, 우수제품지정을 신청하여 나라장터를 이용해 유관기관에서 제품구매 가능토록 추진 ■ 일정 - 혁신시제품 신청 : 2022년 - 기술기준 규격 만족 : 2023년 - 조달청 우수제품지정 : 2024년 ■ 실운영 현장적용을 통하여 매년 성능검정을 하고, 유사 환경에서도 기술기준에 대한 성능확보 ■ 항만 컨테이너, 대형플랜트 및 유사환경에서 적용성 확대를 고려한 확장성 확보 ■ 해외 진출 진행을 위한 레퍼런스 확보 제품개발후 판로 개척 시나리오 

다. 기대효과

■ 중앙아시아의 극한환경 극복

카자흐스탄을 포함한 러시아 및 중앙아시아 국가는 내륙에 위치한 국가로서 육로를 통한 물류이동 비중이 커서 화물차량의 중량관리가 매우 필요한 상황임. 그러나 영하 20℃ 이하로 떨어지는 동절기 기후조건 등으로 인하여 기존 고속측중계는 잦은 오작동과 낮은 정확도로 인해 그 활용 확대에 제한이 있음

■ 기술적 기대효과

- 본 과제를 통해 극저온 환경에서도 안정적으로 운영될 수 있는 제품으로 보유기술이 개선된다면, 해당 지역에서의 고속측중기 분야의 시장을 선점할 수 있는 중요한 이정표가 될 것으로 기대됨

- 또한 기존의 외국기술에 의존적이었던 축종 계측 분야에서 국내 기술력을 확보할 수 있으며, 향후 ITS와 같은 관련분야의 기술향상 기반기술로 자리 잡을 것으로 기대됨
- 세계 기술트렌드 부합: 4차산업 혁명 대응
 - 4차산업 혁명의 핵심 기술기반은 데이터 수집, 생산, 유통, 빅데이터분석을 기반으로 지식정보사회 건설을 목표로 함. SOC 유지관리 측면에서 이러한 정보의 자동수집, 처리, 기초를 만드는 핵심기술 개발이 필요
 - 본 과제에서는 4차산업 혁명을 주도하기 위해 세계적 기술 트렌드를 반영한 첨단 톨링 시스템 기술과 인력(유 경험자, 우수 인력, 창의인재)기반의 노하우를 융합하여 개도국 톨링 시스템 시장 진입에 적합한 전략을 도출하여 신규 시장으로의 진입 가능성을 높일 것으로 기대됨
- R&D 성과의 사업화 한계 극복
 - 대부분의 실용화 R&D과제로부터 도출된 성과가 실용화·사업화되지 못하고 사장되는 이유 중의 하나는 기술적 실현시기와 사회적 실현시기(사업화 시기)의 한계(R&D Death Valley) 극복이 어렵기 때문인 것으로 검토됨
- 경제적 기대효과
 - 본 연구과제는 카자흐스탄과의 국제협력 및 합작회사 설립을 통한 R&D 전략을 도입함으로써 카자흐스탄 시장에 바로 적용할 수 있는 적정 및 최적 기술을 개발하여 사업화 성공 가능성을 높이고 新 일자리 창출 등 경제성장에 일조할 것으로 기대됨
- 국내업체의 해외시장 진출 어려움 극복
 - 신규 건설에 대한 수요가 위축되고, 국내 건설시장이 포화되어 가는 상황에서 해외시장의 개척 및 진출의 모색방안이 필요함. 중앙아시아는 중국의 신 실크로드 전략과 카자흐스탄의 누를리줄 정책에 따라 교통 인프라를 확충하고 있음. 국내업체가 직접 중앙아시아시장에 진출하여 현지업체와 경쟁하는 것은 현실적 한계가 있음
- 산업적 기대효과
 - 카자흐스탄 Nazarbayev University의 R&D Engineering이 참여하여 카자흐스탄 시장에 적합한 적정기술을 개발
 - 현지 Test-bed에 적용하여 카자흐스탄의 수요를 반영한 사업을 발굴함으로써 맞춤형 상품 개발을 통한 중앙아시아 시장 개척의 성공가능성을 높일 것으로 기대
 - 카자흐스탄 주변의 중앙아시아 국가와 러시아 시장에도 진출 가능할 것으로 기대

국내 고성능 HS-WIM 시스템의 중앙아시아 진출



[그림 144] 고성능 HS-WIM 연구성과의 기대효과

< 별첨 >

별첨 자료

1. 참고문헌
2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료
3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료
(총 연구개발기간 성과점검기준표 실적 증빙자료에 기 포함되어 있는 증빙자료 제외)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘중앙아시아 지역의 화물차 차등 톨링 서비스를 위한 고성능 HS-WIM 시스템 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.