18TBIP-C111467-03

야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발

최종보고서

R&D Report

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통기술사업화지원사업 제3차 연도 최종 보고서

R&D / 18TBIP-C111467-03

야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발 최종보고서

2019. 05. 13.

주관연구기관 / ㈜래도

공동연구기관 / 한국건설기술연구원

㈜정상라이다

도로교통공단

국 토 교 통 부

(전문기관)

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발’(연구개발 기간 : 2016. 04. 27 ~ 2019. 02. 26) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 05.

주관연구기관명 : (주)래도	(대표자) 김 철 용 (인)
공동연구기관명 : 한국건설기술연구원	(대표자) 한 승 헌 (인)
공동연구기관명 : (주)정상라이다	(대표자) 김 기 종 (인)
공동연구기관명 : 도로교통공단	(대표자) 윤 종 기 (인)

주관연구기관책임자:	(주)래도	김 철 용
공동연구기관책임자:	한국건설기술연구원	이 석 기
공동연구기관책임자:	(주)정상라이다	김 기 종
공동연구기관책임자:	도로교통공단	양 신 환

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서요약서

과제 고유 번호	18TBIP-C111467-03	해당 단계 연구 기간	2018.01.01.~ 2019.02.26	단계구분	(3)/(3) (최종)
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 및 표출부 개발			
	세부과제명				
연구책임자		해당단계 참여연구원 수	총: 33명 내부: 12명 외부: 21명	해당단계 연구개발비	정부:658,000천원 민간:439,900천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:1,097,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 48명 내부: 16명 외부: 32명	총 연구개발비	정부:1,740,000천원 민간:1,164,280천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:2,904,280천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)래도			참여기업명 한국건설기술연구원 (주)정상라이다 도로교통공단	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유					

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문, 학술 발표	특허, 디자인	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호	9	8				8					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

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

○ 본 연구는 야간 및 기상 악천후 상황에서 운전자에게 안전속도를 제공하기 위한 능동형 속도관리시스템을 개발하는 것을 목표로 수행한다
- ① 도로교통 안전정보 제공용 통합기상검지기 개발
- ② 교통류 특성을 감안한 단계적 속도관리 및 운영전략 개발
- ③ 기상 악조건에도 정보 판독이 가능한 표출부 개발
- ①+②+③ 능동형 속도관리시스템 개발

○ 사업화 대상기술 정의
- 본 기술은 기상 악조건에서 운전자에게 도로 교통 및 기상 여건에 맞추어 가변적으로 안전속도를 표출해 주는 운전자간 속도 편차로 인한 사고를 미연에 방지하는 기술로, 매년 도로 교통사고로 인한 5천여명의 사망자 및 35만여 명의 부상자로 인한 인명과 재산상의 피해를 줄이기 위한 공익 창출 기술임
- 특히 안개 등 기상악화로 인한 대형 추돌사고로 인한 공공 인프라에 대한 사회적 불신을 해소하기 위한 예방적 능동적 기술로써, 실시간으로 수집되는 기상정보를 교통정보와 연계하여 안전 최적화된 속도를 운전자에게 표출해주는 기술임

보고서 면수 : 82

요약문

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td colspan="5">ㅇ도로교통 안전정보 제공용 기상자료를 획득할 수 있는 통합기상검지기와 교통류 특성을 감안한 단계적 속도제어 전략 및 기상 악조건에도 정보 판독이 가능한 표출부로 구성된 능동형 속도관리 시스템을 개발
- 도로교통 안전정보 제공용 통합기상검지기 개발
- 교통류 특성을 감안한 단계적 속도관리 및 운영전략 개발
- 기상 악조건에도 정보 판독이 가능한 표출부 개발
◦ (주관) 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 및 표출부 개발
- 악천후 대응 시인성 향상 기술개발
- 태양빛 공해 저감 기술개발
- Variable speed signs Control Unit(VCU)개발
- 표출부 설계 기준안 개발
- 통합기상검지 기반 컨트롤러 개발
- 유무선 통합 통신체계 개발
- 센터연계 모니터링 및 알람기술 개발
- 현장구축 및 효과평가
- 교통신기술 및 안전인증 추진
- 사업화 추진
◦ (공동) 능동형 속도관리시스템 평가체계 및 표준지침안 개발
- 국내외 기술문헌 및 기술현황 조사
- 악천후 대응 표출부 요구성능 정의
- 표출부 설계 기준안 개발
- 통합기상검지기 설계 기준안 개발
- 능동형 속도관리시스템 평가체계 개발
- 표준지침안 개발
◦ (공동) 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 운영전략 및 알고리즘
- 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘 개발
- 선적 교통 흐름의 안정성확보를 위한 단계적 속도 표출 알고리즘 개발
- 가변 제한속도 표출시스템 운영 전략 개발
- 도로 및 기상상황에 따른 능동형 속도관리시스템 운영 매뉴얼 개발
◦ (공동) 통합기상검지기 개발
- 통합기상검지기 요소기술개발안개, 눈, 비, 노면 온도 검지기술 개발)
- 임베디드 프로그램 개발
- 통합제어모듈 제어
- 통합기상검지기 시작품 제작
- 통합기상검지기 설계 기준안 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="5">본 연구를 통해 개발되는 핵심성과물은 다음과 같음
- 악천후 대응 능동형 속도관리시스템
- 기상 악조건에도 정보 판독이 가능한 표출부
- 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 운영전략 및 알고리즘
- 도로교통 안전정보 제공용 통합기상검지기</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">ㅇ 본 기술은 도로교통법 제19조에 제2항에 따라 안개나 눈 등으로 인한 기상 악조건에서는 평상시의 속도보다 80% 내지 50% 수준으로 낮추어 운전자에게 표출하여 도로교통사고를 방지하는 공공기술로, 고속국도 등 법정 도로뿐만 아니라 기상악화로 인해 교통사고가 우려되는 일반도로에 활용이 기대됨</td></tr>
<tr><td>핵심어
(5개 이내)</td><td>능동형 속도 관리</td><td>가변제한속도</td><td>도로 기상정보
시스템</td><td>단계적 속도제어</td><td>기상검지기 및
가변전광판 통합
표지 시스템</td></tr>
</table>

Summary

Purpose & Contents	◦ This research project aims to develop a active speed management system for Enhancing the road safety especially for night-time and adverse weather conditions. The main products of the project are the development of a integrated road weather information system, the development of a tool for the speed management and strategy which take the traffic flow characteristics into consideration, and the development of a display system which is able to provide the speed limit information with drivers under the severe weather conditions. ◦ (Research of Managing Institute) Development of A Active Speed Management And Display System Against Night-time and Adverse Weather Conditions - Development of Visibility Improvement Technology against Adverse Weather Conditions - Development of sunlight-reflection reduction Technology - Development of Variable speed signs Control Unit(VCU) - Development of Design Requirements for the Display System - Development of Controller Based on the Integrated Weather Information system - Development of an Integrated Communication System of cord/cordless - Development of Center-Connected Monitoring and Alarm Technology - Test Site Establishment and the Effects Evaluation - Certification of Transportation Technology - Technology Commercialization ◦ (Research of Commissioned Institute) Development of A Evaluation System for Active Speed Management System and Standard Guideline - Literature & State of The Art Review - Definition of Requirements for Display System Against Adverse Weather - Development of a Design Requirement of the Display System - Development of a Design Requirement of a Integrated Weather Information System - Development of Standard Guideline				
Results	◦ The Main Products from This Project Are As Below - Active Speed Management System Against Night-time and Adverse Weather Conditions - Display System Which is More Legible Under Adverse Weather Conditions - Operational Strategy and Algorithm for Active Speed Management System Against Adverse Weather Conditions - Integrated Weather Information System Applied for Road Traffic Safety				
Expected Contribution	◦ Active Speed Management System expects to play a key role in preventing traffic accidents by displaying a reduced speed limit which accounts for the current weather and road traffic condition. Active Speed Management System expects to be deployed at not only the high speed roads such as freeways but also the ordinary roads where speed limits should be reduced to guide drivers in a safety manner under the adverse weather.				
Key words (5 or less)	Active Speed Management	Variable Speed Limits	Road Weather information System	Phased Speed Control	Integration System of Weather Sensors and Variable Message Signs

〈 CONTENTS 〉

1. Outline of Research and Development Project ····· 1

2. Research Performance and Achievements ····· 12

3. Achievement of Research Goals & Contribution to Relevant Fields ····· 66

4. Plan to utilize of R&D Achievements ····· 73

5. References ····· 83

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

2. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 12

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 66

4. 연구개발성과의 활용 계획 ····· 73

5. 참고 문헌 ····· 83

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 사업화 대상기술 정의

○ 본 기술은 기상 악조건에서 운전자에게 도로·교통 및 기상 여건에 맞추어 가변적으로 안전속도를 표출해주어 운전자간 속도 편차로 인한 사고를 미연에 방지하는 기술로, 매년 도로 교통사고로 인한 5천여 명의 사망자 및 35만여 명의 부상자로 인한 인명과 재산상의 피해를 줄이기 위한 공익 창출 기술임

○ 특히 안개 등 기상악화로 인한 대형 추돌사고로 공공 인프라에 대한 사회적 불신을 해소하기 위한 예방적 능동적 기술로써, 실시간으로 수집되는 기상정보를 교통정보와 연계하여 안전 최적화된 속도를 운전자에게 표출해주는 기술임

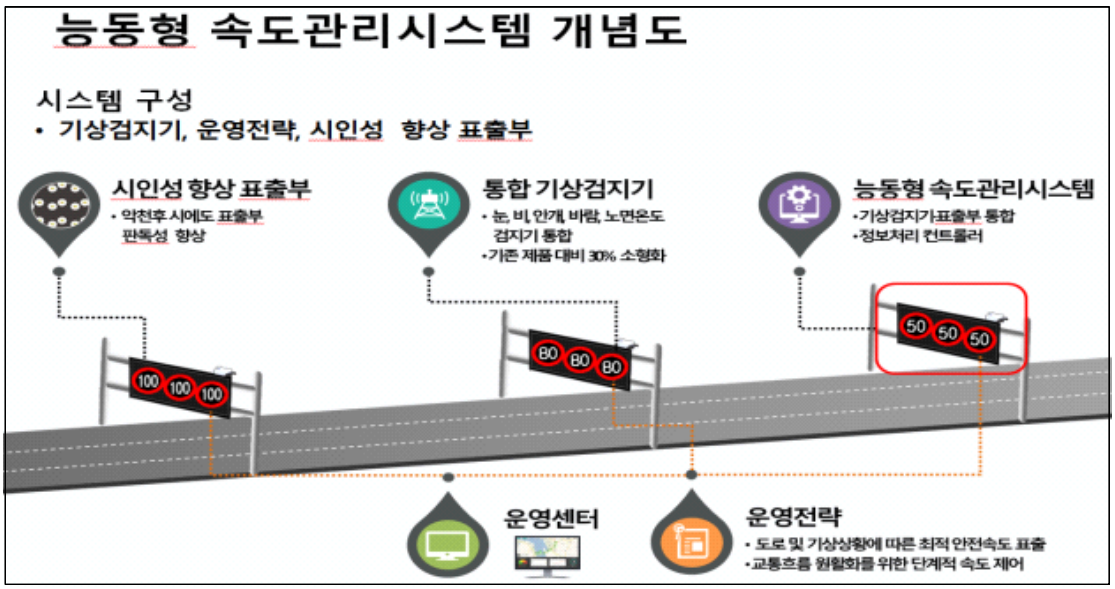
○ 본 연구는 야간 및 기상 악천후[1] 상황에서 운전자에게 안전속도를 제공하기 위한 능동형 속도관리시스템을 개발하는 것을 목표로 수행

○ 본 기술은 아래 세 가지로 나누어 정의됨.

[정의 1] 본 기술은 기상예보 목적으로 한정된 기상정보를 사용하는 것이 아니라 도로 교통안전 목적의 정보로 가공·변환하여 사용하고 기능 재 정의(불필요한 기능 삭제) 및 표출부와 통합한 경제적인 기술임

[정의 2] 기상상황 및 악천후 속도 감소에 따른 급격한 서비스수준 저하 및 잠재적 충돌위험을 미연에 방지하여 교통안전성을 확보하는 기술임

[정의 3] 악천후 등 도로 위험도 등급에 따라 유사 선행기술과 차별화된 정보 전달 및 시인성을 확보한 기술임



1) 안개, 폭우, 강설, 강풍, 천둥·번개, 태풍 등을 말함

2. 연구의 필요성

가. 현재 기술 수준

○ 현재 능동형 속도관리시스템은 본 연구를 통해 개발할 신제품으로 시장에 없으며, 유관기술은 보통의 기상조건에서 도로교통 정보 표출기술, 보통의 기상예보용으로 사용되는 기상검지기술로 구성되어 있음

○ 현재 개술 수준의 한계는 1) 악천후시 표출부 시인성 미비, 2) 분산형, 독립구동식 기상검지기가 갖는 고가, 대형 시스템이라는 하드웨어적 한계, 3) 악천후 시 도로 및 기상상황 맞춤식 가변 제한속도 운영전략이 마련되지 못한 소프트웨어적인 한계임

○ 본 연구는 악천후 대응 능동형 속도관리 시스템을 개발하기 위한 연구로서 도로 교통사고 예방 목적에 맞추어 기상센서의 기능 재 정의를 통한 경량 보급형 기상검지 시스템과 기상장치와 표출장치를 하나의 통합 유닛으로 제작하여 각각의 장치를 독립적으로 설치함에 비해 하부 지지구조 개수가 절감되고 장치 별 설치거리로 인한 통신시설 등이 별도로 필요하지 않아 시스템 비용절감 및 장치별 최 개발, 가변정보 출력장치에 악천후 등 도로 위험도 등급에 따라 유사 선행기술과 차별화된 정보 전달 및 시인성을 확보한 기술임

○ 본 개발 기술은 TRL 8단계(시제품 설치 및 성능시험 단계)에 속하는 기술임

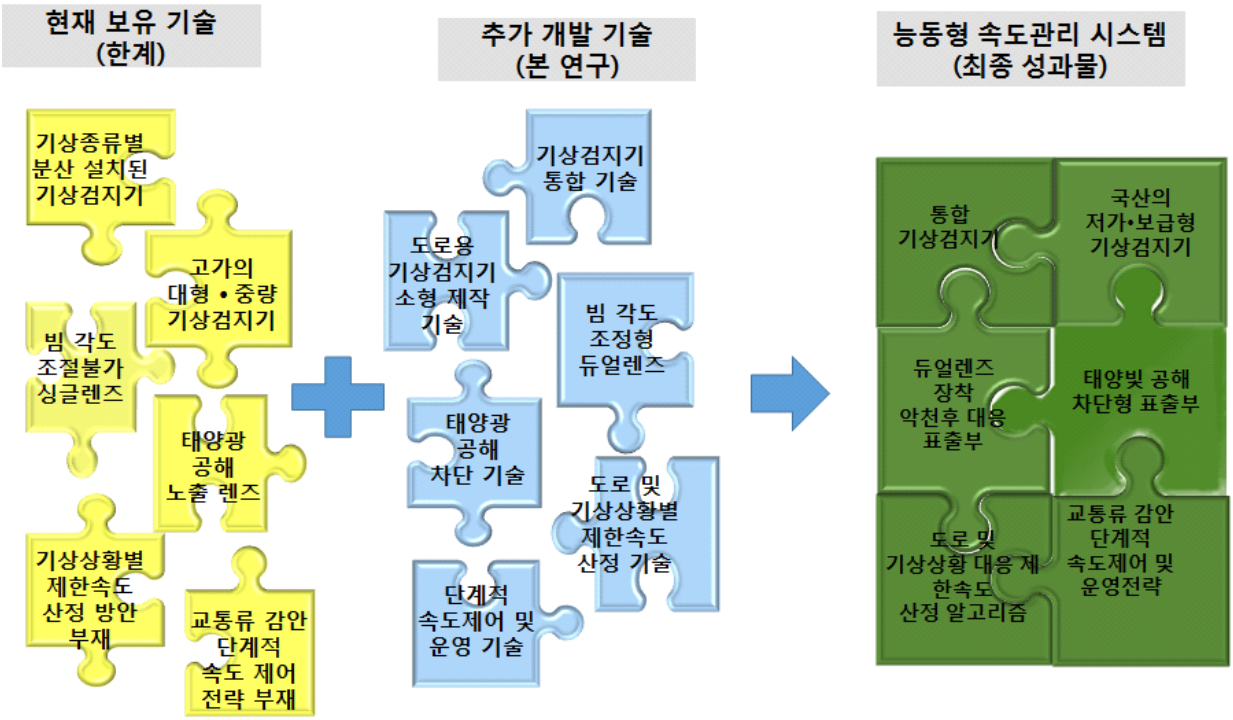
구분		표기	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	□	TRL 1 이론적 연구단계
	TRL 2	□	TRL 2 기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	□	TRL 3 실험적 증명 단계
	TRL 4	□	TRL 4 실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	□	TRL 5 유사환경 시험 단계
	TRL 6	□	TRL 6 유사환경 기술시범 단계
실용화 단계	TRL 7	□	TRL 7 실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	■	TRL 8 시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	□	TRL 9 현장적용/사업화 단계

나. 추가 연구개발 필요성

○ 본 사업화 기술인 능동형 속도관리시스템을 구성하는 요구성능(기술정의)인 1) 기상예보 목적으로 한정된 기상정보를 사용하는 것이 아니라 도로 교통안전 목적의 정보로 가공·변환하여 사용하고 기능 재 정의(불필요한 기능삭제) 및 표출부와 통합한 경제적인 기술, 2) 기상상황 및 악천후 속도 감소에 따른 급격한 서비스수준 저하 및 잠재적 충돌위험을 미연에 방지하여 교통안전성을 확보하는 기술, 3) 악천후 등 도로 위험도 등급에 따라 유사 선행기술과 차별화된 정보 전달 및 시인성을 확보한 기술을 만족하기 위해서는 추가 개발 기술 연구가 수행되어야 함

○ 현재 보유 기술 중 기상관련 기술은 정확한 기상정보 확보 및 저가 보급형 통합기상 검지기를 개발하는 것에 중점을 두고 개발할 계획이며, 악천후 대응 표출성능 개선은 안개 등 운전자 시야 제약 환경에서 운전자 시야각 맞춤식 정보제공을 위한 듀얼렌즈 기술개발 및 태양빛 공해차단 기술을 통해 목표성능을 달성할 계획임

○ 특히 정확한 기상정보와 더불어 도로교통 흐름의 원활성 관점에서 속도정보를 표출하는 방법(알고리즘)을 개발하고 다양한 도로현장 여건에 부합되는 속도관리방안을 제시하여 기술 사업화가 확산될 수 있도록 할 계획임



< 추가 연구개발 기술 >

3. 연구개발 범위

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	■ 능동형 속도관리 시스템의 요구성능 및 정의	ㅇ 국내·외 기초문헌 및 기술현황 조사 ㅇ 수요기관 등 의견조회 ㅇ 악천후 대응 표출부 요구성능 정의 ㅇ 통합기상검지기 요구성능 정의 ㅇ 능동형 속도관리 시스템 설계
	■ 악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발	ㅇ 악천후 대응 시인성 향상 기술개발 - Dual Lens 설계 및 시뮬레이션 - 상황선택 가능한 LED 집적 구동회로 설계 및 단위모듈 개발 ㅇ 태양빛 공해 저감 기술개발 - 태양빛 소멸 표출부 구조 설계
	■ 통합기상검지기 요소기술 개발	ㅇ 초소형 기상검지기 요소기술 개발 - 저시정용 시정 및 풍향 · 풍속 측정 기술
	■ 기상 조건과 교통 특성에 따른 조건별 권장 안전속도 운영 전략 개발	ㅇ 도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구 성능 정의 ㅇ 드라이빙 시뮬레이터를 이용한 기상자료 범위설정을 위한 이용자 모의주행실험 ㅇ 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정방안 마련 ㅇ 가변 제한속도 표출시스템 운영 전략 개발
2차년도	■ 능동형 속도관리 시스템 시작품 제작	ㅇ 능동형 속도관리 시스템 시작품 제작 - 통합기상검지 기반 컨트롤러 설계 및 개발 - 유무선 통합 통신체계 개발 - 센터연계 모니터링 및 알람기술 개발
	■ 악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 및 시작품 개발	ㅇ 악천후 대응 시인성 향상 기술개발 - Dual Lens 금형 및 시작품 제작 ㅇ 태양빛 공해 저감 기술개발 - 태양빛 소멸 표출부 시작품 제작 ㅇ VCU 설계 및 제작 ㅇ 표출부 설계 기준안 개발
	■ 통합기상검지기 요소기술 및 시작품 개발	ㅇ 통합기상검지기 요소기술 개발 - 안개, 눈, 비, 노면온도 검지기술 개발 ㅇ 통합기상검지기 시작품 개발 ㅇ 통합기상검지기 설계 기준안 개발
	■ 능동형 속도관리 시스템 알고리즘 개발	ㅇ 선적 교통 흐름의 안정성 확보를 위한 단계적 속도 표출 알고리즘 개발 ㅇ 드라이빙 시뮬레이터를 이용한 능동형 속도관리시스템의 이용자 모의주행실험 ㅇ 도로 및 기상상황에 따른 능동형 속도관리시스템 운영 매뉴얼 개발
3차년도	■ 시범설치 및 운영평가	ㅇ 현장구축(테스트베드) ㅇ 현장운영 평가 및 보완 ㅇ 국내 운전자 행동특성 분석 및 시스템 로직보강
	■ 능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영	ㅇ 능동형 속도관리시스템 평가기준(안) 개발 ㅇ 표준지침 반영
	■ 신기술 및 품질인증	ㅇ 교통신기술 및 전기, 환경 안전인증 추진
	■ 능동형 속도관리시스템 사업화 전략	ㅇ 능동형 속도관리시스템 사업화 전략 ㅇ 개발기술의 비즈니스 모델 구축

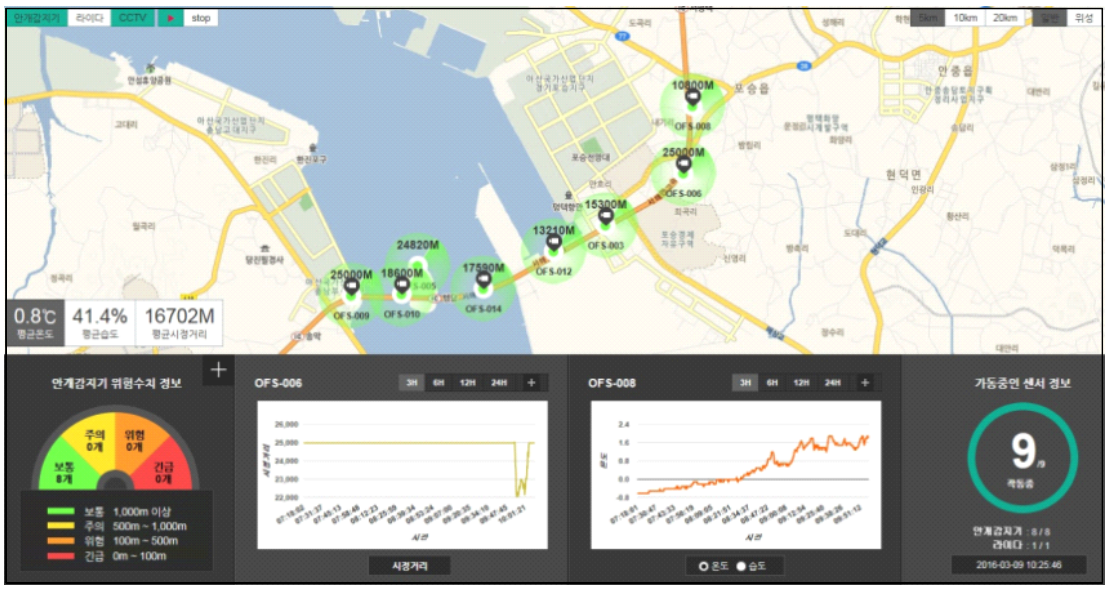
가. 야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발

(1) 통합기상검지 기반 컨트롤러 설계 기술 개발

(2) 유무선 통합 통신체계 개발

(3) 센터연계 모니터링 및 알람기술 개발

○ 야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템의 도로 구축 및 교통센터와 연계할 경우 아래의 지점과 구간별 모니터링과 악천후 기상 상태의 알림서비스를 제공할 수 있음



< 센터연계 모니터링 프로그램 >

나. 악천후 대응 시인성 향상 표출부 개발

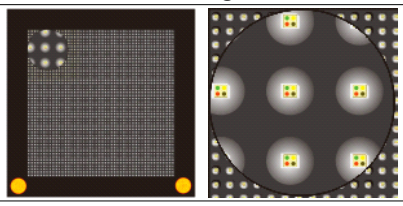
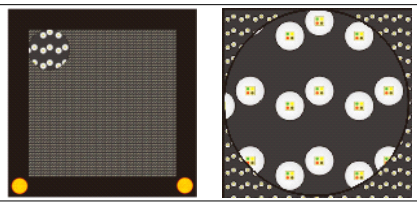
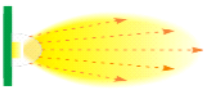
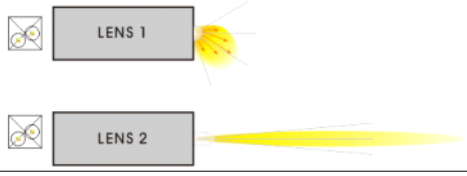
① 악천후 대응 표출부 시인성 향상 기술 개발 : Dual 렌즈 개발

○ 도로의 속도제한표지 및 도로전광표지는 맑은 날에는 시인성과 판독성이 우수하지만 안개, 눈, 비로 인해 가시거리가 확보되지 않는 날씨에는 시인성과 판독성이 매우 저하되어 도로이용자에게 불안과 사고위험을 증가시키고 있음

맑은 날씨의 도로표지	악천후(안개) 날씨의 도로표지

○ Dual 렌즈는 기존의 렌즈한계를 극복한 기술로써 맑은 날씨에는 LED의 빔을 상향은 제한하고 하향으로 굴절시켜 광효율을 극대화하여 도로이용자에게 시인성 및 판독성을 향상시킨 기술임

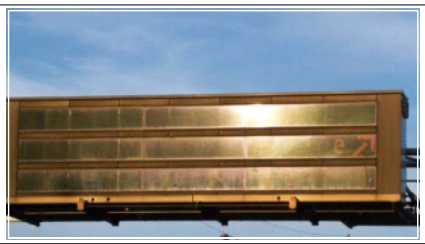
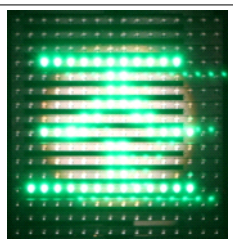
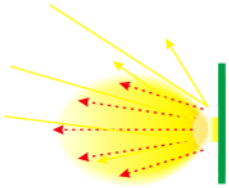
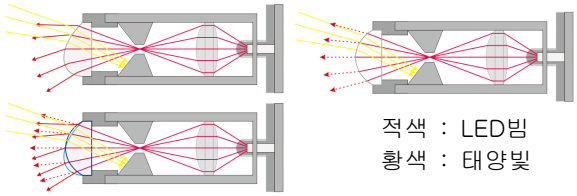
○ 또한 악천후(눈, 비, 안개) 상황에서 LED 빔의 각도를 최소화하여 가변속도 및 교통정보를 보다 멀리서 시인성 및 판독성을 향상할 수 있는 기술임

구분	기존기술(Single Lens)	개발기술(Dual Lens)
LED 모듈 픽셀 형태		
빔패턴		
기술	1. 빔의 각도 변환을 위한 렌즈설계 기술	1. 고효율(빔의 각도, 굴절, 소형) Dual 렌즈설계 기술 2. 상황선택 가능한 LED 집적 구동회로 설계 기술
특징	1. Single 렌즈로 인해 LED 빔의 각도가 일정하여 악천후 상황에서 시인성과 판독성이 저하됨 - 한국도로공사 표준모듈 : 방사형 빔 - 래도 및 한국건설기술연구원 : 하향 굴절	1. 고효율 Dual 렌즈 설계기술을 이용하여 평상시에는 LED의 빔을 상향은 제한하고 하향으로 굴절시켜 효율 극대화 2. 악천후(안개, 눈, 비) 상황에서 LED 빔의 각도를 최소화하여 가변속도 및 교통정보를 보다 멀리서 시인성 및 판독성 극대화 3. LED모듈의 픽셀간격, 크기가 동일하므로 기존 모듈과 호환가능 4. 기존 렌즈와 동일한 크기와 무게로 인해 가격 동등

② 태양빛 공해 저감기술 개발 : 태양빛 소멸 표출부 구조기술 개발

○ 태양빛에 노출되어 있은 속도제한표지 및 도로전광표지는 모두 태양빛에 반사되어 시인성과 판독성이 저하됨. 특히 도로전광표지는 광원을 LED로 사용하기 때문에 낮에 태양빛의 영향을 많이 받음

○ 태양빛 소멸 표출부 구조는 렌즈를 통해 태양빛을 무광택 흑색의 면으로 굴절시켜 소멸하고, LED 광원은 고효율 렌즈를 통해 도로이용자에게 시인성과 판독성을 향상시킨 기술임

구분	기존기술	개발기술(태양빛 소멸 표출부 구조)
태양빛에 의한 표출 사진		
빔패턴		
기술	없음	1. 고효율(빔의 각도, 굴절, 소형) 렌즈설계 기술 2. 태양빛을 굴절하여 소멸하는 기술
특징	1. 태양빛에 의해 판독성 저하 2. 현재기술 수준 - 한국도로공사 표준모듈 : 유럽기준 R1 기준 미달 - 래도 및 한국건설기술연구원 : 유럽기준 R1 이상 R2 이하	1. 고효율 렌즈와 픽셀기구의 설계로 인해 태양빛은 굴절하여 소멸시키고 LED의 빔은 1차렌즈와 2차렌즈를 통과하여 시인성과 판독성이 매우 우수 2. 평상시에도 기존 모듈대비 시인성과 판독성이 우수하며, 기존 모듈과 같은 상황에서 에너지 절약 향상

③ 상황선택 가능한 LED 집적 구동회로 설계 기술 및 단위모듈 개발

○ 일반적인 도로전광표지의 픽셀에는 하나의 LED 소자가 있지만 Dual 렌즈를 사용하는 악천후 대응 표출부는 하나의 픽셀에 두 개의 LED 소자를 배치하고 구동하는 방식임. 이를 통해 구동회로를 최적으로 집적해야 동일한 크기의 단위모듈을 제작할 수 있음

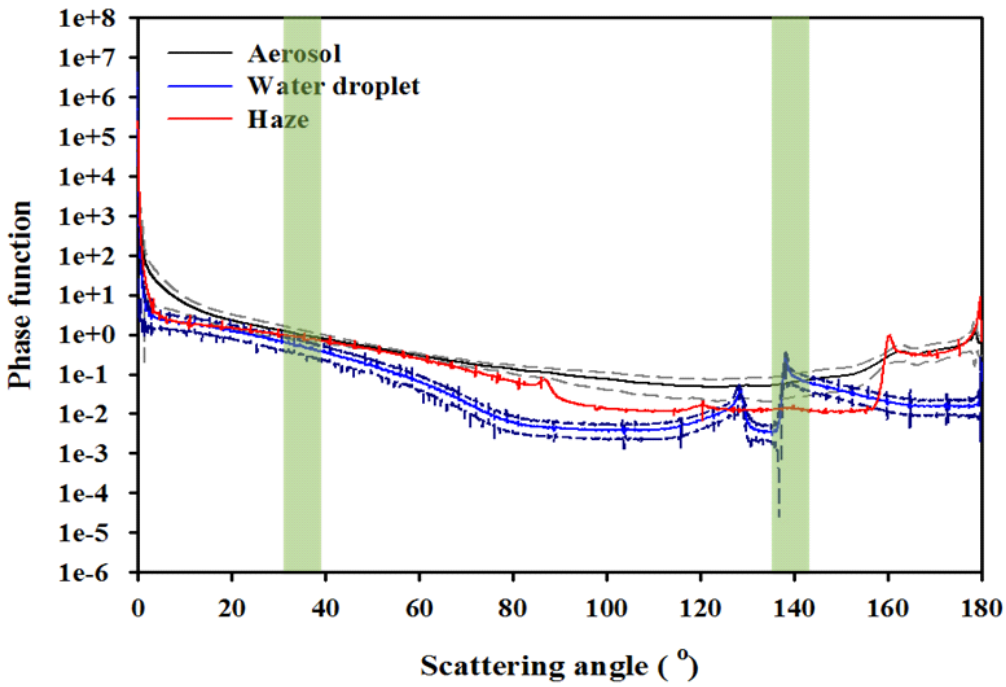
○ 상황선택 가능한 LED 집적 구동회로는 맑은 날씨와 악천후 날씨의 상황에 따라 LED의 전원을 전환하여 광원을 구동시키는 회로로 구성

○ 기존 도로전광표지의 구동전압은 DC 5V이지만 LED 집적 구동회로 단위모듈의 구동전압은 DC 4V로 인가하여 전체 소비전력을 약 20% 개선

④ VCU(Variable Limit Speed Control Unit) 설계 기술 개발

다. 통합기상검지기 개발

○ 실시간 기상검지를 위해서는 광계측 방법이 가장 효과적임. 특히, 안개는 기상학적으로 가시거리 1 km 미만의 시정 불량상태로 정의되기 때문에 빛을 이용한 계측방법이 가장 정확하고 현실적이다. 광산란 특성은 아래 그림과 같이 산란각도에 따른 산란효율이 다르기 때문에 안개검지를 위한 상용 시정계는 산란신호의 양이 큰 40도 부근의 전방 산란 시정계들이 시장을 형성하고 있음



< 산란각도에 따른 산란효율 >

○ 전방산란 시정계는 청명한 대기도 측정할 수 있는 장점이 있으나 송신부와 수신부가 분리되어 있는 구조로 소형, 경량화하기가 어렵다는 단점을 갖고 있음

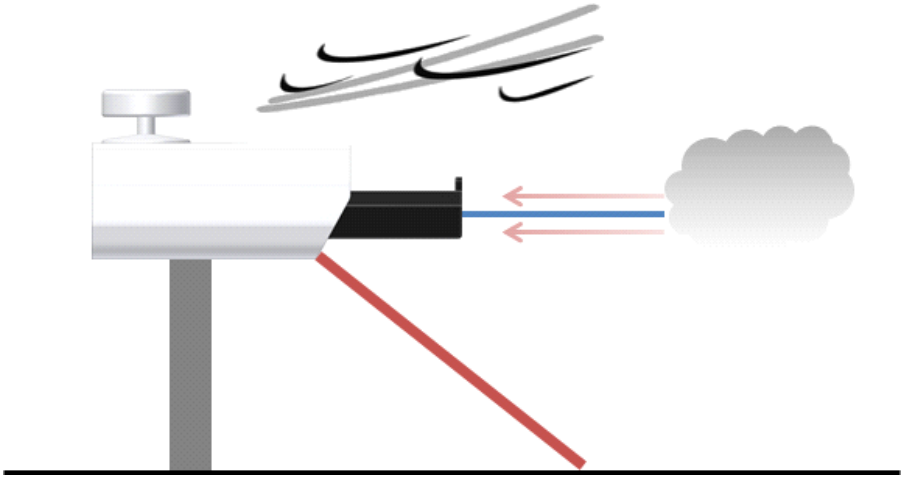
○ 그러므로 소형, 경량화를 이루기 위해서는 송신부와 수신부가 합쳐진 후방산란 방식의 시정측정이 필요함. 후방산란 시정계는 전방산란 방식보다 산란신호가 적기는 하지만, 안개와 같이 시정이 불량한 상황에서는 산란신호가 증가하기 때문에 소형화 설계가 가능

○ 통합기상검지기의 핵심 요소기술은 미세한 후방산란신호를 획득하기 위한 송수신 광학계와 고감도 신호처리 회로 설계 및 제작, 그리고 신호해석을 위한 알고리즘으로 이루어짐. 송수신광학계는 광원의 종류, 세기, 동작방식의 최적화가 요구되고, 물리적으로 신호의 양을 결정하는 송수신 렌즈의 크기와 후방산란 측정각도, 수신부의 시야각(Field of View:FOV)과 렌즈의 초점거리의 결정이 매우 중요함. 특히, 낮과 같이 주변광이 클 경우에도 미세한 산란신호를 측정하기 위해서는 주변광을 제거하는 신호처리 방법이 필수적임

○ 악천후로 인한 도로 위험상태를 파악하기 위해 통합기상검지기는 안개, 눈, 비의 현재 날씨를 구분할 수 있어야 하기 때문에, 본 과제에서는 각각의 강수입자에서 산란된 빛을 측정하기 위한 회로설계가 수행됨. 광신호를 통해 강수의 유무와 강수빈도를 측정하고, 주변 대기의 온도와 습도의 측정을 통해 눈과 비의 구분이 가능한 알고리즘을 설계함. 또한, 노면의 온도를 측정함으로써 현재 날씨로 기인한 노면의 상태를 분석할 수 있는 기초자료 제공

○ 강풍은 도로이용자의 안전을 위협하는 요소이므로 통합기상검지기는 풍속과 풍향을 측정하는 기능을 포함함. 관측된 정보가 분석되고, 데이터와 분석된 결과를 통합표출시스템에 전송하는 임베디드 프로그램을 개발

○ 본 과제에서는 통합기상검지기 시작품을 제작하여 현장시험을 통해 각각의 모듈과 알고리즘을 개선하고, 도로의 악천후 감지에 효과적인 하우징을 개발하여 성능인증을 획득함으로써, 도로현장에 시범 운영이 가능하도록 할 것임



Measurement				
Spec.	Visibility	Present weather Fog, Snow and Rain	Wind direction velocity	Road surface Temp.

< 통합기상검지기 개념도 >

라. 능동형 속도관리시스템 운영전략 및 알고리즘 개발

① 도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구성능 정의

○ 기상예보 목적의 기상자료 수집범위 및 성능기준은 도로교통 안전측면에서 요구하는 성능에 비해 과다하므로, 기상자료의 기능과 요구성능을 재정의함으로써 기상검지 범위축소에 따른 통합기상검지기의 경량화에 기여하고 불필요한 자료처리 및 가공에 따른 시간소모를 줄여 능동형 속도관리시스템의 작동효율을 높일 수 있음.

② 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘

○ 비, 눈, 안개 등 기상변화 및 차량 통행속도 등을 감안한 안전속도를 가변 제한속도로 산정하는 방안을 마련

○ 기상변화는 시간적으로 공간적으로 크게 변화되는 특성이 있으므로 실시간 교통정보와 연계하여 해당 시점 및 구간에 최적화된 안전속도를 도출하는 알고리즘이 개발될 필요가 있음

○ 실시간 가변 제한속도 산정은 퍼지이론을 이용한 확률론적 기상예측에 기반할 수도 있고, 히스토리 데이터와 연계한 매트릭스 형태의 표(lookup table)에 기반하여 산출할 수

있으므로 연구를 통해 정보표출의 신속성과 정확도 관점에서 적정 방안을 도출함

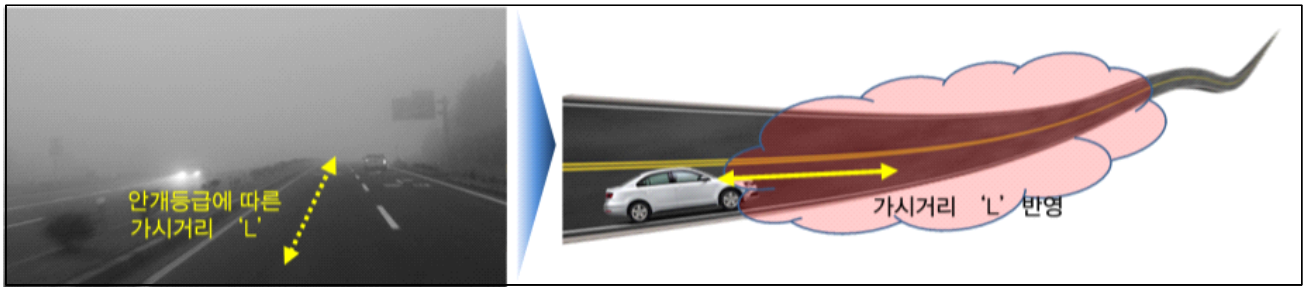
○ 국내외 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 사례에 대한 문헌 검토를 수행하고, 국내 기상환경 및 도로교통 특성을 감안하여 가변 제한속도 선정 대안을 설정함

※ 현재 국내에서는 기상검지기, CCTV, 목측 세 가지를 병행하여 최저 가시거리 값을 기준으로 가변 제한속도를 산정하고 있으나, 국외에서는 기상정보와 교통정보를 연계하여 자동으로 가변 제한속도를 산정하고 신속하게 운전자에게 표출하는 방식으로 운영

○ 선정된 대안들에 대해 드라이빙 시뮬레이션을 토대로 최적 가변 제한속도 산정 방안을 도출함

○ 드라이빙 시뮬레이션은 안개, 강우, 강설 등 기상환경을 재현하는 것과 피실험자를 이용하여 주어진 기상 및 도로조건에서 제시된 가변 제한속도에 대한 적정성을 평가하는 과정을 피드백하여 최적 가변 제한속도 산정

○ 현실의 기상에 따른 가시거리를 가상현실(VR)에 반영: 가상현실 속에서 안개, 강우, 강설 등의 기상여건과 실제 상황에서의 운전자 시인성에 대한 보정실험이 선행되어야 하며, 향후 가상현실 안에서 VSL의 효과정도에 대한 실험이 진행



< 드라이빙 시뮬레이션 환경에서 가변 제한속도 산정방안 도출 및 평가 >

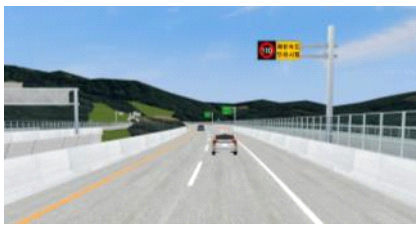
③ 교통 흐름 안정성 기반 단계적 속도 표출 알고리즘

○ 능동형 속도관리는 기상 및 도로상황별 최적 안전속도 제공과 단계적으로 속도를 감속함으로써 교통류 흐름 안정성을 최대한 보장하는 방향으로 표출되어야 함

○ 교통 흐름은 도로구간을 통행하는 차량의 밀도에 따라 시시각각으로 변화되며, 충격파 이론을 이용하여 흐름 안정성을 확인할 수 있음. 기상 변화 및 교통정보를 토대로 가변 제한속도를 산출하고, 영향권역 내 도로구간에서 차량 흐름의 안정성을 최대한 유지하면서 단계적으로 속도 제어를 할 수 있는 알고리즘이 개발되어야 함

○ 교통 흐름 안정성 기반 속도 관리 전략을 평가하기 위해서는 국내 운전자들의 주행 행태적 특성이 반영되어야 하므로, 가상주행 환경에서 드라이빙 시뮬레이션을 이용한 평가가 이루어져야 함

○ 드라이빙 시뮬레이션의 입력조건은 시간대별, 교통량 수준별, 기상조건별로 가상환경을 구현하고 운전자에게 도로 구간단위에서 단계적 속도전략 대안들에 대해 평가할 수 있도록 함

VSLⅠ(VR 구현)	VSLⅡ(VR 구현)	VSLⅢ(VR 구현)
		

< 드라이빙 시뮬레이션 환경에서 가변 제한속도 산정방안 도출 및 평가 >

④ 능동형 속도관리시스템 운영전략

○ 기상 및 도로상황에 따른 가변속도 운영방안을 드라이빙 시뮬레이션 환경에서 평가하여 정립하고 실무자 활용을 위한 운영메뉴얼 마련

[1안] 3단계 : 100, 80, 50km/h (도로교통법)

[2안] 4단계 : 100, 80, 50km/h, 통행제한 또는 폐쇄(도로교통법+도로법 규정)

[3안] 5단계: 100, 80, 50, 30, 폐쇄 (네덜란드 유사방식)

[4안] 다단계: 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 폐쇄(미국방식과 유사)

※ 국가별 가변속도 운영사례

-미국: 워싱턴주 및 뉴저지주는 기상, 노면, 속도에 따라 가변속도 48~104km/h 운영

-영국: 고속도로는 기상 및 교통상황에 따라 48~112km/h 운영, 도시부는 가변속도를 112, 96, 80km/h, 3단계로 운영

-핀란드: 가변속도 80~120km/h 운영(변경 폭: 20km/h)

-네덜란드: 가변속도 120, 90, 70, 50km/h로 운영(3단계)

○ 해당 도로구간의 기하구조, 기상이력, 구조물 형식(교량형식) 등을 감아한 가변형 제한속도 표지판 설치 위치 및 간격, 표지형식(문형식, 측주식), 시종점 표지 등에 대한 설치 및 관리규정을 담은 운영메뉴얼 개발

제2장 연구 수행 내용 및 성과

구분	핵심성과	단위성과	세부 연구 목표	달성도 (%)
1	능동형 속도관리시스템 요구성능 및 정의	능동형 속도관리시스템 요구성능 및 정의	◦ 능동형 속도관리시스템의 요구성능 정의 ◦ 시스템 설계를 위한 기술현황 조사 - 국내외 기초문헌 조사 - 자체조사 및 컨설팅 기관 외부 용역 ◦ 수요기관 의견조사 ◦ 안개발생모사 현장실험 - 악천후시 표출부 요구성능 정의	100
2	능동형 속도관리시스템 설계	능동형 속도관리시스템 설계	◦ 능동형 속도관리시스템 설계 - 가변형 속도제한시스템 설치운영 매뉴얼	100
3	악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발	Dual 렌즈 설계 및 시뮬레이션 상황선택 가능한 LED집적 구동회로 설계 및 단위모듈 제작 태양빛 소멸 표출부 구조 설계	◦ Dual 렌즈 설계 ◦ 시뮬레이션 휘도 측정 ◦ Dual 목업 제작 ◦ Dual 공인시험기관 휘도 측정 ◦ LED집적 구동회로 설계 및 모듈 설계도 ◦ LED단위모듈 동작정확도 ◦ 태양빛 소멸 표출부 구조 설계	100
4	통합기상검지기 요소기술 개발	송신부, 수신부 소형화 모듈 설계 및 제작 악천후 및 도로환경 검지 요소기술 개발 도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구성능 도출	◦ 송신부, 수신부 소형화 모듈 설계 및 제작 - 초소형 기상검지기 요소기술 개발 ◦ 악천후 및 도로환경 검지 요소기술 개발 - 풍속, 노면온도 검지모듈 개발 ◦ 도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구성능 도출	100
5	악천후 대응 능동형 속도관리시스템 운영전략 및 알고리즘 개발	기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘	◦ 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘 ◦ 가변 제한속도 표출시스템 운영 전략	100
6	악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발	악천후 대응 능동형 속도관리시스템 시작품 제작	◦ 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 시작품 제작 - 통합기상검지기반 컨트롤러 설계 및 제작 - 능동형 속도관리시스템의 모니터링 및 알림기술 개발	100
7	악천후 대응 시인성 향상 표출부 시작품 요소기술 개발	표출부 금형 및 시작품 제작 악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발 태양빛 소멸 표출부 금형 및 시작품 제작	◦ 악천후 대응 시인성 향상 표출부 시작품 개발 ◦ Dual 렌즈 금형 및 시작품 제작 ◦ VCU 설계 및 제작 ◦ 태양빛 소멸 표출부 금형 및 시작품 제작 ◦ 기타 표출부 금형 및 시작품 제작	100

구분	핵심성과	단위성과	세부 연구 목표	달성도 (%)
8	통합기상검지기 시작품 개발	온로드 테스트 베드 구축	◦ 통합제어모듈 제작 ◦ 임베디드 시스템 개발 ◦ 통합기상검지기 시작품 개발	100
9	능동형 속도관리시스템 알고리즘 및 운영전략	운영전략 알고리즘	◦ 평상시 및 안개시 가변속도표지판 판독거리 현장 주행실험 - 기존대비 개선효과평가 - 안개시 최소 판독거리 만족여부 분석 ◦ 교통류 흐름 안정성 기반 단계적 속도 표출 알고리즘 개발 ◦ 가변 제한속도 적용구간의 상류부 교통류 안정을 위한 운영방안(단계적 속도감속) 및 시뮬레이션 ◦ 능동형 속도관리시스템 운영매뉴얼 개발 - 경찰청 고시 ◦ 능동형 속도관리시스템 표출부의 성능기준 평가체제 고도화	100
		능동형 속도관리시스템 운영매뉴얼 개발		
		능동형 속도관리시스템 표출부의 성능기준 평가체제 고도화		
10	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 구축 계획	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 구축 계획	◦ 테스트베드 구축 계획	100
11	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(시스템)	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(시스템)	◦ 테스트베드 효과평가 - 시스템 동작 정확도	100
12	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(통합기상검지기)	시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(통합기상검지기)	◦ 테스트베드 효과평가 - 통합기상검지기 동작 정확도	100
13	능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영	능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영	◦ 능동형 속도관리시스템 평가체제 개발 및 표준지침 반영 - 가변형 속도제한시스템 운영매뉴얼 개정(안) - 가변형 교통안전표지 표준지침 개정(안) - 공청회 자료(직접생산)	100
14	신기술 및 품질인증	신기술 및 품질인증	◦ 신기술 및 품질인증 - 환경인증, 성능인증, KC, CE, 교통신기술	100
15	능동형 속도관리시스템 사업화 - 홍보	능동형 속도관리시스템 사업화 - 홍보	◦ 홍보 - 국내외 전시회 참가 - 언론홍보	100
16	능동형 속도관리시스템 사업화 - 매출실적	능동형 속도관리시스템 사업화 - 매출	◦ 매출	100

▣ 1. 능동형 속도관리시스템 요구성능 및 정의

○ [양적 목표]
1) 특허 : 출원 1건
○ [양적 성과달성]
1) 특허 : 출원 1건
- 속도관리시스템(10-2016-0182522, 2016, (주)래도)

구 분	연 구 결 과

능동형 속도관리시스템 요구성능 및 정의

■ 능동형 속도관리 시스템의 요구성능 정의 및 시스템 설계를 위한 문헌조사 및 수요기관 의견조사

- 본 연구에서 정의한 능동형 속도관리 시스템 요구성능 정의항목
  ① 도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구 성능
  ② 악천후 대응 표출부 성능정의
  ③ 기상상태 및 도로조건을 감안한 최적 제한속도 산정 및 선적인 교통흐름을 감안한 능동형 속도관리시스템 운영전략
- 능동형 속도관리시스템 요구성능 정의 및 시스템 설계를 위한 국내·외 기초문헌 및 기술현황 조사: 도로교통법 시행규칙, 가변제한속도 시범운영 기준, 국외 능동형 속도관리시스템 요구성능 검토수행, 영종대교 시범운영기관 등 능동형 속도관리시스템 수요기관 전문가대상 능동형 속도관리시스템 요구성능에 관한 의견조회 및 현재 운영하는 방식에 대한 현황 조사
  ☞ 능동형 속도관리시스템 효과 극대화를 위한 선결조건으로 속도단속시스템과 연계 필요성 강조

■ 안개발생모사 현장실험 : 악천후 시 표출부 요구성능 정의

- 실제 도로 터널 현장에서 인공적으로 안개를 재현하고 휘도와 표지판 크기를 변수로 표출부 요구성능 정의를 위한 현장 실험을 수행
- 표출부 휘도와 판독거리 관계실험 결과

휘도(cd/m^2)	안개로 인한 가시거리(m)	판독거리(m)*
7,000	20	80
	54	100
	80	140
20,000	26	100
	37	120
	50	140
40,000	26	100
	38	120
	41	140

*피실험자 85% 이상이 판독한 거리

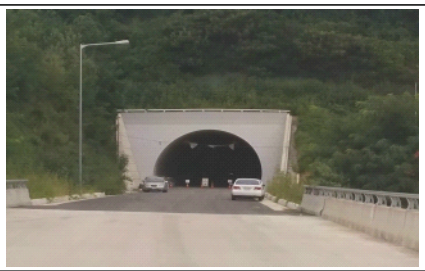
- 표지판 크기와 판독거리 관계실험 결과

크기(mm)	안개로 인한 가시거리(m)	판독거리(m)
1,200	33	80
	70	100
	안개 없는 상태	200
1,500	41	100
	48	120
	49	140
	안개 없는 상태	250
1,800	24	100
	38	120
	안개 없는 상태	250

구 분	연 구 결 과

■ 현장실험 연구요약

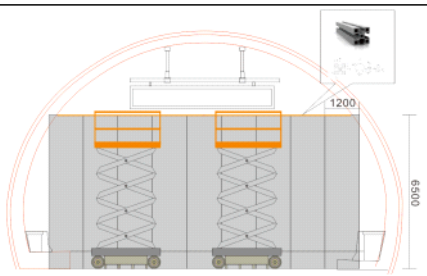
- 현장실험 장소: 국도 39호선 '장흥-송추간' 우회도로 내 터널 구간(서울지방국토관리청 관할 공사구간)을 이용



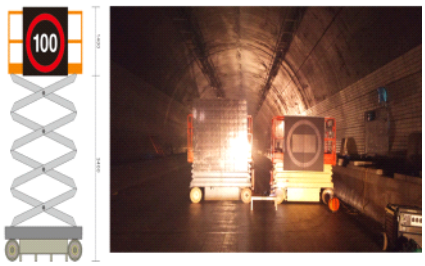
현장실험 터널

실험준비전경

- 피실험자: 전체 피실험자의 연령대 구성은 20~35세가 29명, 36~45세가 30명, 46~55세가 31명, 56세 이상이 31명으로 비교적 균등하게 구성하였으며, 남자가 105명, 여자가 16명으로 구성
- 실험절차: 터널 내 실험구간 전후에 임의로 발생시킨 안개를 터널 안에 가두어 두기 위해 차단막을 설치하고 안개발생기를 통해 안개를 발생시킴. 안개로 인한 가시거리를 시정계를 이용해서 모니터링을 시작하고, 가시거리가 일정한 범위 내에서 유지된다고 판단되는 경우에 피시험자 평가 수행

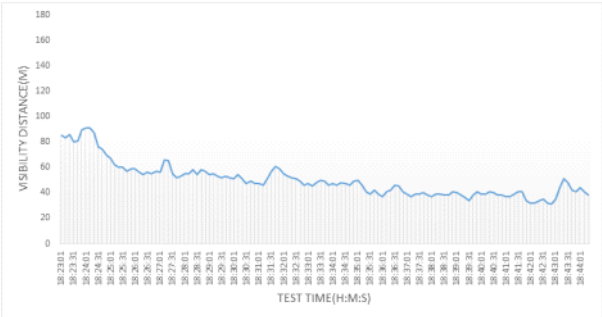


안개차단막 설치전경



가변제한속도 표지판 설치전경

- 안개재현 방법: 평가기간동안 안개발생기를 통해 인공안개를 재현하고 안개로 인한 가시거리를 시간단위로 모니터링하고 기록: 평가시점과 동기화하여 판독거리를 도출

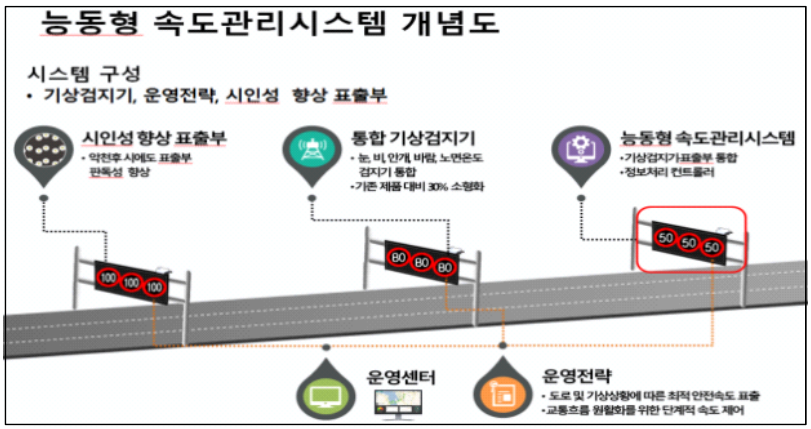
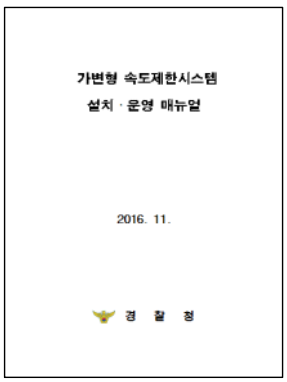


< 평가시간동안 안개로 인한 가시거리 변화 모니터링 >

- 실험결과: (1) 현 기술 최고수준인 700 cd/m2에 대해 본 실험 재현 극한조건(야간, 안개) 상황에서 표지판의 판독거리를 도출. (2) 야간-안개조건에서 휘도와 표지 판독거리간 비례경향은 제한속도 표출부 휘도성능 향상기술 개발의 필요성 시사. (3) 본 현장실험으로 도출된 표지 휘도 및 표지판 크기와 판독거리간 관계는 야간-안개조건에서 제한속도 산정 및 가변 제한속도 표출시스템 운영 전략운영에 반영

▣ 2. 능동형 속도관리시스템 설계

○ [양적 목표]
1)
○ [양적 성과달성]
1) 매뉴얼(안) : 제출 1건
- 가변형 속도관리시스템 설치·운영 매뉴얼(안)(경찰청, 2016. 12. 20) : 도로교통공단

구 분	연 구 결 과
능동형 속도관리시스템 설계	■ 능동형 속도관리시스템 설계  - 능동형 속도관리시스템은 안개, 강우, 강설, 강풍 등 악천후가 잦아 교통사고가 많이 발생하는 도로, 상습적인 교통 혼잡으로 통행속도의 변화가 심한 구간, 어린이 또는 노인 보호 구역 등 시간대별로 속도를 변화시켜야 하는 구간 등에 설치하여, 제한속도를 가변적으로 표출함으로써 운전자가 도로의 상황에 맞추어 안전하게 속도를 감속할 수 있도록 하는데 설치목적이 있음 - 능동형 속도관리시스템은 시인성 향상 표출부를 갖춘 가변속도표지판, 통합기상검지기, 운영전략 및 알고리즘을 적용한 운영센터 또는 현장제어기 등으로 구성 - 가변형 속도제한시스템의 설치 필요 지역은 상습 안개지역, 상습 강우 또는 강설지역, 상습 결빙지역, 상습 교통 혼잡지역, 공사구간, 시간제로 속도가 변화하는 지역 : 어린이보호구역(school zone), 노인보호구역(silver zone), 등 - 운영자는 이러한 대상지역에 대하여 도로의 선형, 통과교통량, 사고발생건수, 악천후 발생 빈도, 교통 혼잡빈도 등을 고려하여 가변적으로 속도를 운영하면 안전과 통행 효율이 향상될 것으로 기대되는 구간에 설치지역을 정하여 능동형 속도관리시스템을 운영할 수 있음  가변형 속도제한시스템 설치 · 운영 매뉴얼 2016. 11. 경 찰 청 - 가변속도표지판의 최소 설치간격은 시도는 200m, 지방도는 400m, 자동차전용도로는 800m이며, 설치방식은 정주식, 내민식, 부착식 등이 있으며, 현장여건에 따라 선택할 수 있음 - ㈜래도, 도로교통공단, 한국건설기술연구원, ㈜정상라이다는 능동형 속도관리시스템의 설계 성과물인 **'가변형 속도관리시스템 설치·운영 매뉴얼'**을 개발하여 경찰청에 심의 요청하여 2016년 12월 20일에 심의위원회에서 발표하여 현재 경찰청 고시 대기 중

▣ 3. 악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발

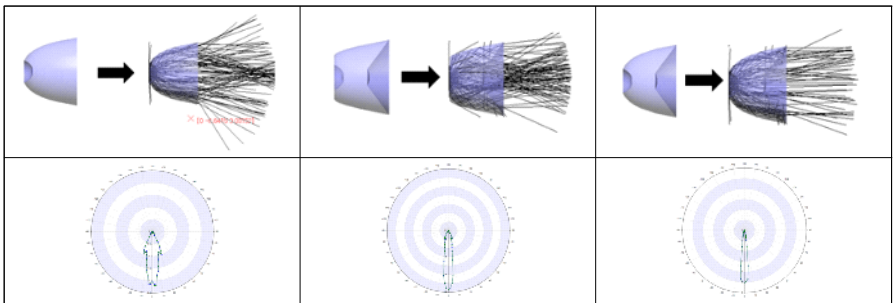
○ [양적 목표]
1) 특허 : 출원 2건

○ [양적 성과달성]
1) 특허 : 출원 2건
- 가변정보표지(10-2016-0161060, 2016, 한국건설기술 연구원)
- 도로정보표시장치(10-2016-0182517, 2016, (주)래도)

2) 논문 : 1건
- 김용석, 이석기, 김솔람, “가변속도형 표지 휘도기준 정립을 위한 안개재현 현장실험”, 한국도로학회 Vol. 18 No.6 : 77-85, 2016

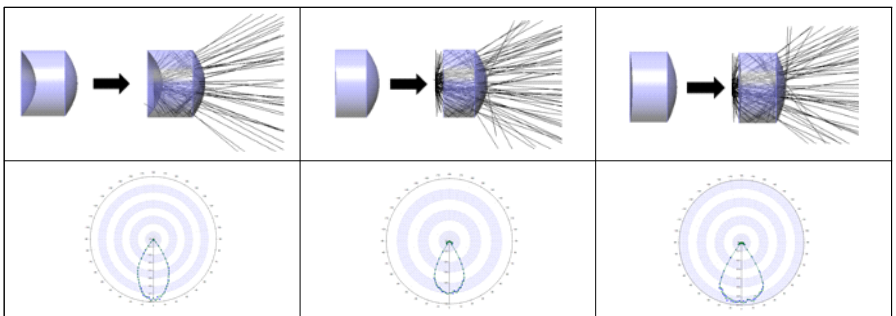
3) 표준지침(안) : 제출 1건
- 가변형 교통안전표지 표준지침(안)(경찰청, 2016. 12. 20) : 도로교통공단

구 분		연 구 결 과
악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발	Dual 렌즈 설계 및 시뮬레이션	■ 렌즈 설계 목표 - Dual 렌즈 빔폭 각도의 설계 목표는 평상시 ±30° 이상, 악천후 ±7° 이내이며, 휘도 설계 목표는 백색 휘도의 평상시 8,000 cd/㎡, 악천후 40,000 cd/㎡ 이고, 적색 휘도의 평상시 3,000cd/㎡, 악천후 14,000cd/㎡ 임 ■ 렌즈 설계 - 14° 렌즈 모델링



1차배광 : 26°	2차배광 : 17°	최종배광 : 14°
- 초기 설계 모델링 -	- 1차 수정 설계 모델링 -	- 최종 설계 모델링 -

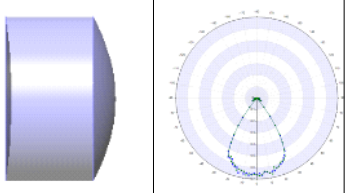
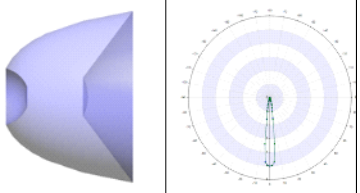
- 65° 렌즈 모델링



1차배광 : 54°	2차배광 : 58°	최종배광 : 65°
- 초기 설계 모델링 -	- 1차 수정 설계 모델링 -	- 최종 설계 모델링 -

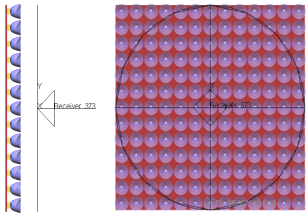
구 분	연 구 결 과

- 최종 렌즈 설계 결과

구분	±30°	±7°
모델링		
형상	전반사 형상	전반사 형상
직경	6m	9mm
두께	4m	7mm
효율	86%	90%
최대광도	Red : 350mcd > 730mcd	Red : 350mcd > 5,221mcd
	Green : 600mcd >1,230mcd	Green : 600mcd > 8,800mcd
	Blue : 1,450mcd > 3,000mcd	Blue : 1,450mcd > 21,700mcd
배광	65°	14°

■ 악천후 ±7° 렌즈 시뮬레이션 적색 휘도 측정

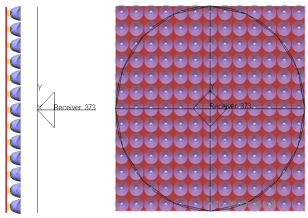
- LED소자 사양서의 광량으로 시뮬레이션 진행 결과 휘도는 78,142cd/㎡ 나왔음



- 휘도계 위치 : 6.8m
- 패키지선속 : 1.92lm

■ 악천후 ±7° 렌즈 시뮬레이션 백색 휘도 측정

- LED소자 사양서의 광량으로 시뮬레이션 진행 결과 휘도는 322,010cd/㎡ 나왔음



- 휘도계 위치 : 6.8m
- 패키지선속 : 7.8lm

■ DUAL렌즈 목업 제작

- 듀얼렌즈 목업 -

■ 공인시험기관 휘도측정

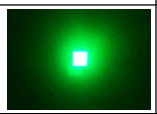
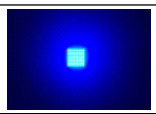
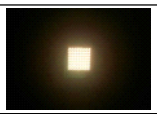
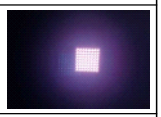
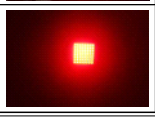
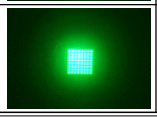
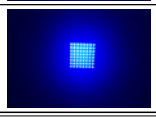
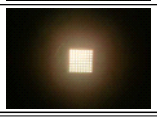
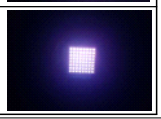
- 8×8 픽셀 LED모듈에 Dual 렌즈를 적용하여 국제공인시험기관인 도로교통공단 교통과학연구원의 광학시험실에서 휘도시험을 시행함
- 렌즈를 제거한 LED모듈의 휘도를 측정하고 Dual ±30° 렌즈를 적용하여 측정하고, Dual ±7° 렌즈를 적용하여 측정함

구 분	연 구 결 과

- 휘도 측정 결과

구분	렌즈 無	Dual ±30°렌즈	Dual ±7°렌즈
적색	1,890 cd/㎡	**3,516** cd/㎡	**14,203** cd/㎡
녹색	3,262 cd/㎡	5,736 cd/㎡	25,451 cd/㎡
청색	640 cd/㎡	1,125 cd/㎡	4,605 cd/㎡
황색	5,037 cd/㎡	8,976 cd/㎡	39,212 cd/㎡
백색	5,570 cd/㎡	**9,883** cd/㎡	**42,930** cd/㎡

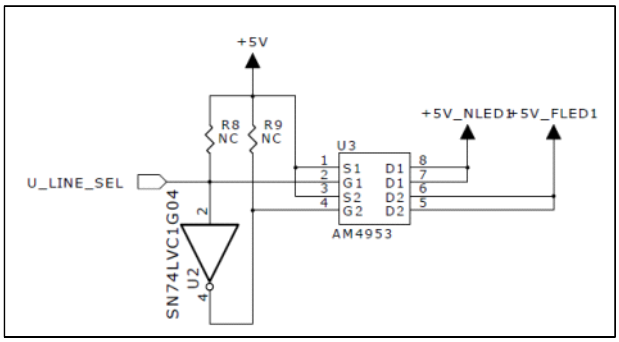
- 휘도 측정 사진

구분	적색	녹색	청색	황색	백색
30도					
7도					

상황선택 가능한 LED집적 구동회로 설계 및 단위모듈 제작

■ LED집적 구동회로

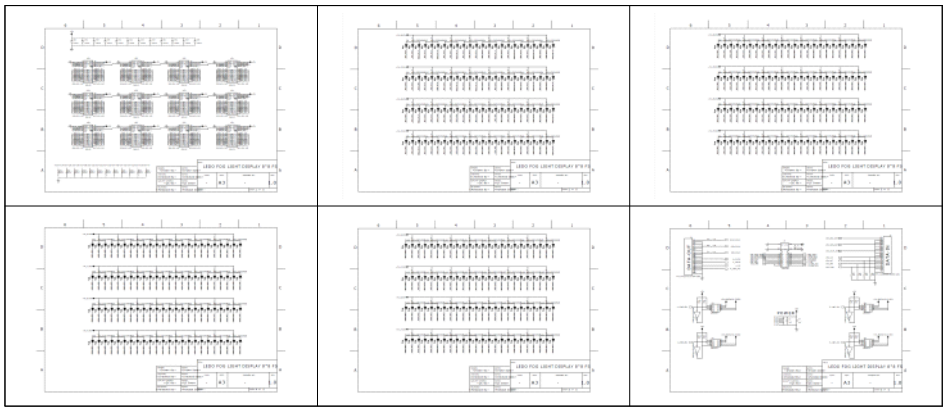
- 일반적인 도로전광표지의 픽셀에는 하나의 LED소자가 있지만 Dual렌즈를 사용하는 악천후 대응 표출부는 하나의 픽셀에 두 개의 LED소자를 배치하고 구동해야 함. 그러므로 구동회로를 최적으로 집적해야 동일한 크기의 단위모듈을 제작할 수 있음
- 상황선택 가능한 led 집적 구동회로는 맑은 날씨와 악천후 날씨의 상황에 따라 LED의 전원을 전환하여 광원을 구동시키는 회로로 구성



- 기존 도로전광표지의 구동전압은 DC 5V이지만 LED 집적 구동회로 단위모듈의 구동전압은 DC 4V로 인가하여 전체 소비전력을 약 20% 개선

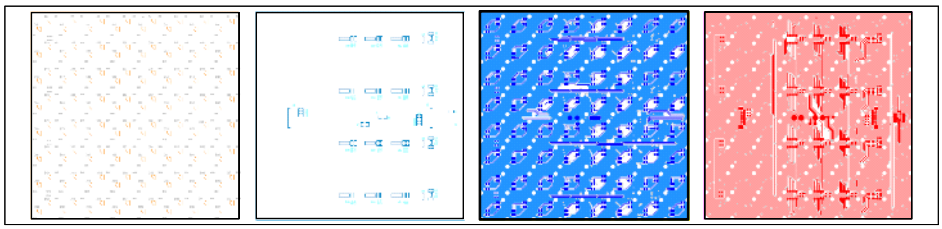
■ 모듈 설계도

- 회로도

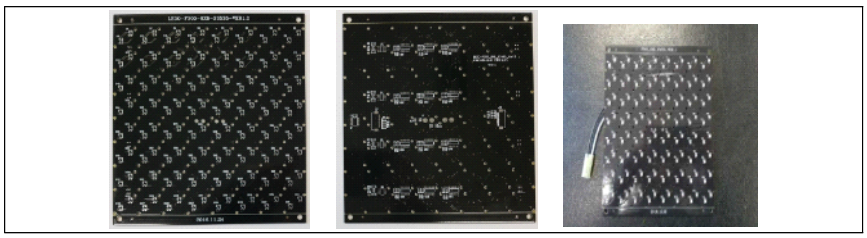


구 분	연 구 결 과

- PCB ARTWORK(설계도)



- PCB 및 조립도



■ LED단위모듈 동작정확도 개요

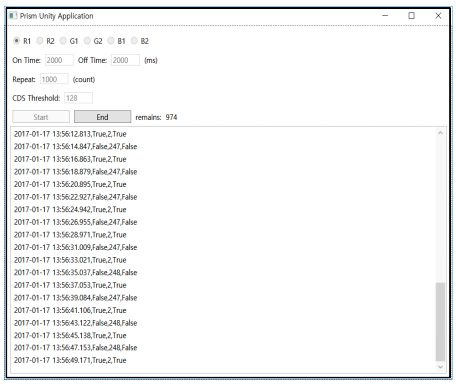
- 상황선택 가능한 LED모듈은 드라이버 IC에 빔폭각도 7도 LED와 30도 LED 2개를 연결하여 평상시와 악천후시 선택가능한 회로로 설계(R, G, B로 구성된 3Chip LED 사용)
- 그러므로 상황선택 가능한 LED모듈의 동작정확도를 실험하여 검증함

■ LED단위모듈 동작정확도 실험방법

- 제어기(랩탑)에서 임의의 신호를 LED컨트롤러에 전달하여 LED모듈의 빔폭각도 7도 LED와 30도 LED를 점소등한다. 그리고 점소등에 따른 조도센서(CDS)의 아날로그 반응값을 디지털화하여 다시 제어기(랩탑)에 전달하여 신호 전달에 따른 조도센서(CDS)의 반응값을 비교함

실험날짜	2017년 1월 12일 ~ 1월 13일
실험장소	㈜래도 기술연구소
점소등 횟수	- 빔폭각도 7도 Red(R2), Green(G2), Blue(B2) 1일 1000회씩 2일 수행 - 빔폭각도 30도 Red(R1), Green(G1), Blue(B1) 1일 1000회씩 2일 수행
점소등 주기	점등 2초, 소등 2초

- 실험 구성도 및 자료수집 로그데이터 화면



구 분	연 구 결 과

■ 분석 및 결과

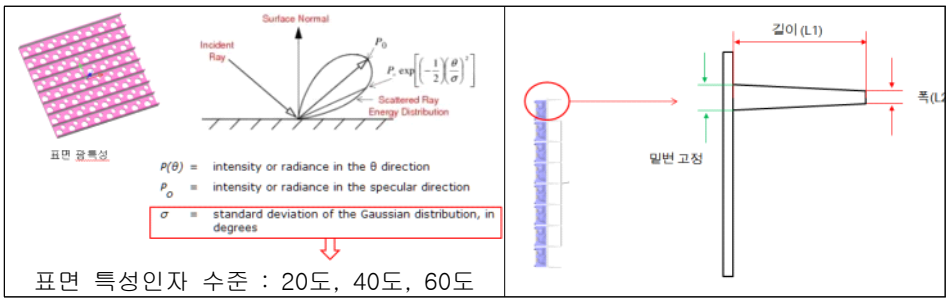
빔폭 각도	LED	점소등 횟수	정상동작 횟수	실패 횟수	동작정확도
7도	R2	2,000	2,000	0	100%
	G2	2,000	2,000	0	100%
	B2	2,000	2,000	0	100%
30도	R1	2,000	2,000	0	100%
	G1	2,000	2,000	0	100%
	B1	2,000	2,000	0	100%

- 위 표에서 분석한 결과 상황선택 가능한 LED단위모듈의 동작은 목표 설계대로 동작되고 있는 것으로 확인할 수 있으며, 각 색별 점소등 2,000회를 수행했을 때 동작정확도는 100%로 나타났음

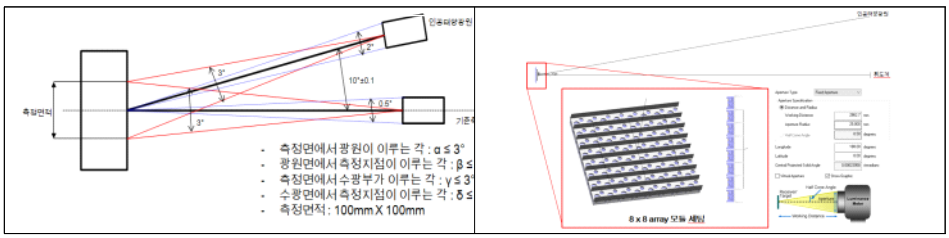
태양광 소멸 표출부 구조 설계

■ 태양빛 소멸변수 설정

- 도로전광표지 차광판의 기능은 태양빛을 소멸하는 것이다. 하지만 국토교통부, 경찰청의 지침에는 정확한 표준이 없으므로 본 연구에서는 차광판의 태양빛 소멸변수를 설정하여 다양한 변수에 대한 태양빛 반사 휘도를 수집 및 분석, 결과를 도출함
- 차광판의 표면특성 인자(가우시안 표면 확산 반사) : 가우시안 20도, 40도, 60도
- 차광판 챙의 형상 인자(챙의 길이와 폭) : 길이 0~10mm, 폭 0.8mm, 1.2mm, 1.65mm

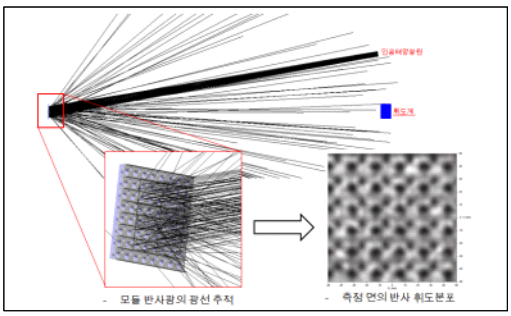


■ 시뮬레이션 환경구성



■ 시뮬레이션 및 결과

- 광선 추적 시뮬레이션

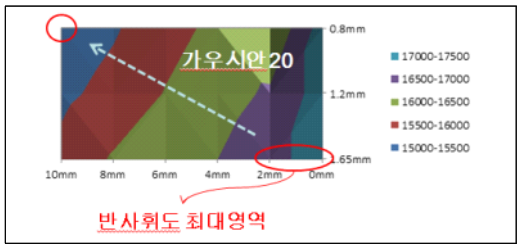


구 분	연 구 결 과

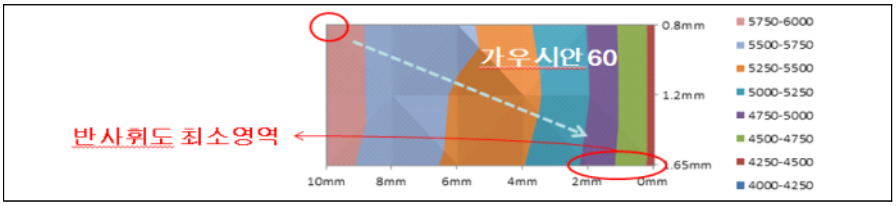
- 표면 확산이 증가하면 차광판 챙의 길이 및 폭 변화에 대해서 일정한 방향성 없음
- 표면 확산이 감소하면 차광판 챙의 길이는 증가하는 방향으로 설계
- 차광판 챙의 폭 변화, 즉 기울기에 따른 민감도는 낮음.
- 차광판 챙의 길이와 폭은 표면 확산 정도에 따라 망대/망소 최적 특성을 보이고 있음

■ 표출부 구조 설계

- 시뮬레이션 결과에 따른 차광판 설계(1)



- 시뮬레이션 결과에 따른 차광판 설계(2)

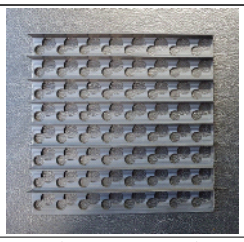
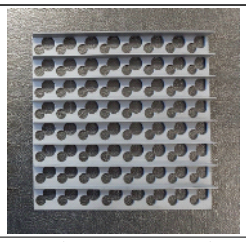
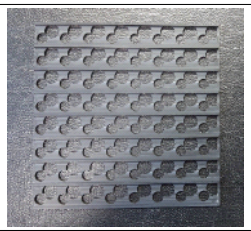
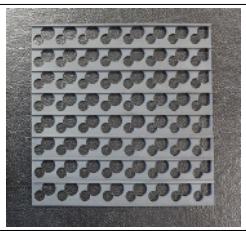


- 시뮬레이션 결과에 따른 변수 수준의 최대치와 최소치를 적용하여 아래와 같이 4가지로 설계안 도출

- 표면 확산이 증가하면 차광판 챙의 길이 및 폭 변화에 대해서 일정한 방향성 없음 - 표면 확산이 감소하면 차광판 챙의 길이는 증가하는 방향으로 설계 - 차광판 챙의 폭 변화, 즉 기울기에 따른 민감도는 낮음. - 차광판 챙의 길이와 폭은 표면 확산 정도에 따라 망대/망소 최적 특성을 보이고 있음

■ 목업 제작

- 4가지 설계안에 대한 차광판 목업을 진행하여 제작하였음

	
길이10mm / 폭0.8mm / 가우시안0	길이10mm / 폭 0.8mm / 샌딩처리
	
길이 2mm / 폭1.65mm / 가우시안0	길이 2mm / 폭 1.65mm / 샌딩처리

▣ 4. 통합기상검지기 요소기술 개발

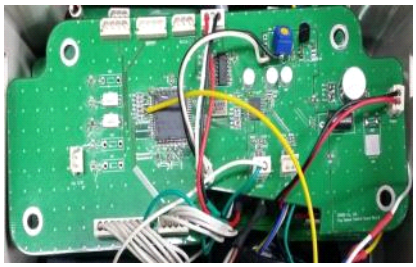
○ [양적 목표]
1) 특허 : 출원 1건
○ [양적 성과달성]
1) 특허 : 출원 1건
- 통합기상검지기(10-2017-0007299, 2017, (주)정상라이다)
2) 디자인 : 출원 1건
- 기상검지기(30-2016-0063171, 2016, (주)정상라이다)

구 분		연 구 결 과
통합기상검지기 요소기술 개발	송신부, 수신부 소형화 모듈 설계 및 제작	

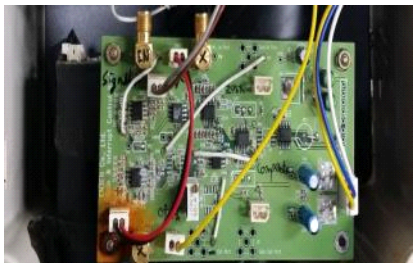
통합 기상검지기 PCB 보드 소형화

- 신호획득 및 처리를 위한 아날로그 및 디지털 회로 모두 자체 개발. 기존의 송, 수신부인 아날로그와 디지털 신호를 1개의 보드로 받을 수 있게 소형화 설계. 각각 기능별 모듈화를 통해 양산 시 관리 수월 및 실험을 통해 여러 번의 수정 작업 완료. 구조가 복잡하지 않아 보드 조립 시 수월하게 작업 가능

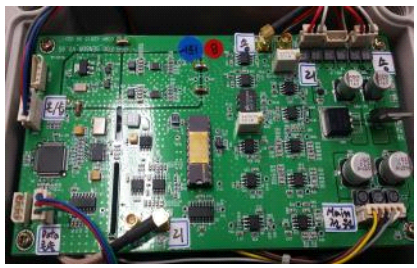
- 송신부 회로 개발 : LED, LD 전원 및 드라이버, 모듈레이션 회로 개발
- 수신부 회로 개발 : PD 고감도 수신 회로 개발 (오염 측정, 온도보상회로)
- LNAmp 개발 : 저잡음 미세신호 증폭 회로 개발
- 락인앰프 개발 : 100KHz Lock-In-Amp 회로 개발
- 디지털 회로 개발 : 고속 AD, 정밀 AD, ARM Core (Cortex-M3) 컨트롤러 개발
  RS232, RS485, LAN 통신
- 정밀 전원부 개발 : 삼중 코어, 고온 전해콘덴서 병렬 구조, 필터회로 적용
- Mie산란특성 연구 및 소형 경량의 송수신부 광학계 개발



기존 아날로그 보드(170*80㎜)



기존 디지털 보드(170*70㎜)



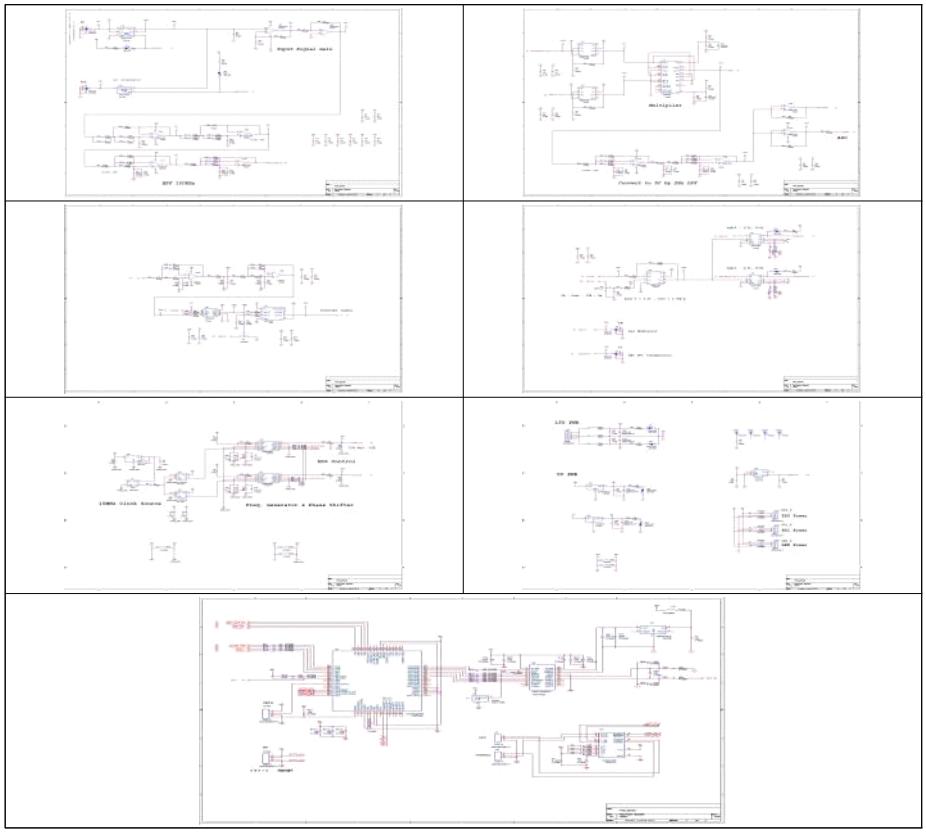
일체형 소형화 보드(160*85㎜)

구 분	기존 보드 크기	일체형 보드 크기	비교값
아날로그	170 x 80mm	160 x 85mm	50% 감소
디지털	170 x 70mm		

- 결론 : 기존 PCB보드는 아날로그와 디지털 PCB보드로 분리되어 있어 공간 효율성이 떨어졌지만, 50% 감소한 일체형 보드로 설계하여 불필요한 공간을 제거함.

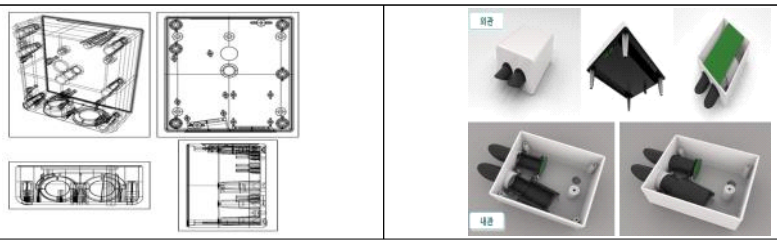
구 분	연 구 결 과

■ 일체형 소형화 보드 회로도



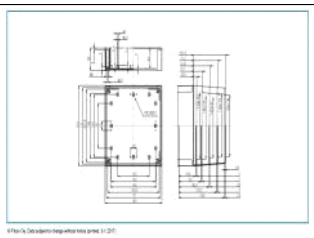
■ 통합 기상검지기 3D 랜더링 및 목업 케이스 제작

- 기존 제품은 시중에 판매하는 케이스로 크기가 크고, 내부 부품을 소량, 맞춤 제작하여 높은 단가와 조립 및 교체 시 작업이 어려움. 부품의 실측 사이즈를 바탕으로 3D 랜더링을 통해 통합기상검지기용 목업 케이스 제작 완료

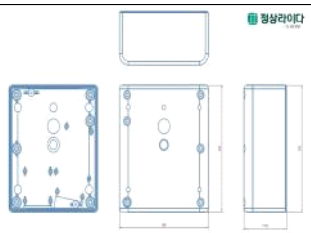


통합 기상검지기 3D 랜더링

- 제품 맞춤형 케이스 작업을 통해 내부 부품 조립 용이. 불필요한 공간 제거를 통해 기존 상용제품 대비 소형화된 케이스 제작 가능. 또한 외부 디자인 및 내부 광학 구조 개선을 통해 사업화 및 상용화 적합



기존 케이스 도면



현재 케이스 도면

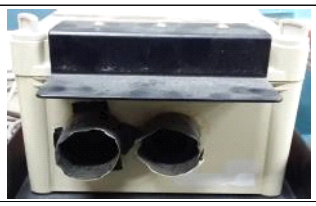
구 분	기존 케이스	현재 케이스	비교값
크기	190 x 190 x 130mm	150 x 170 x 71.8mm	60% 감소
무게	3.0kg	1.5kg	50% 감소

구 분		연 구 결 과

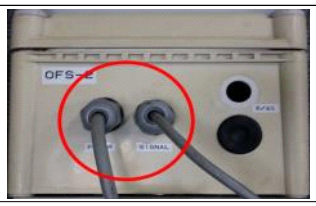
- 소형화 보드 및 광학 구조 개선으로 기존 케이스 대비 크기는 60%, 무게는 50% 감소시킴. 기존 케이스는 상용 케이스이기 때문에, 사업화 하기 어려웠으나, 3D 랜더링 작업으로 크기 감소 및 디자인 개선을 통해 사업화 가능성을 높임.

■ 기상검지기 소형화 및 디자인 개선 작업

- 악천후 시 송, 수신부 렌즈의 이물질이 묻는 것을 방지하기 위한 가림막 일체형 제작. 기존 가림막과 비교하여 이물질 방지 기능 향상 및 제품의 디자인 통일성 획득

	
기존 가림막	일체형 가림막

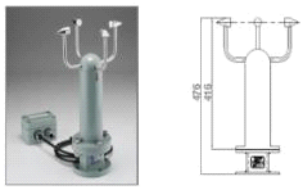
- 통합기상검지기 전원 및 데이터 케이블 교체. 기존 제품은 전원과 데이터 케이블이 분리되어 있어 비효율이고, IP66 성능은 충족하나 케이블 교체 시 케이스를 열어야하는 단점 존재. 전원과 데이터 케이블 일체화 및 IP66 성능 충족,, 탈·부착이 용이한 제품으로 교체

	
기존 전원 및 케이블	개선된 전원 및 케이블

■ 풍속, 노면온도 검지 모듈 테스트

- 악천후 시 도로 주변 상황의 풍향, 풍속 데이터를 얻기 위해 시중에 판매하고 있는 초음파 풍향,풍속계 모듈을 테스트함.

악천후 및 도로환경 검지 요소기술 개발



초음파 풍향 · 풍속계

- 검증방법 : 국가측정표준 대표기관이나 국가교정업무 전담기관에서 교정을 받은 측정기기를 기준기로 하여 실내에서 초음파 풍향·풍속계 측정값을 비교함.

구 분	풍향계	풍속계	비 고
기준기	풍동 검정관 060921	차압계 0605073(저)	
	차압계 0605073(저)	차압계 0611160(고)	

- 검정 기준기를 토대로 각 센서별 오차 테스트 결과 오차율이 10% 이내로 나타남. 아래와 같은 결과로 악천후 시 풍향·풍속 데이터를 정확하게 표출 가능함. 다만, 모듈의 크기를 소형화 시킬 필요성은 있음.

구 분	연 구 결 과

구 분	기준값(A)	측정값(B)	편차(B-A)	비 고
풍향계	22.5	21.3	-1.2	
	45.0	45.4	0.4	
	67.5	67.6	0.1	
	90.0	90.5	0.5	
	112.5	111.3	-1.2	
	135.0	136.7	1.7	
	157.5	159.0	1.5	
	180.0	181.7	1.7	
	202.5	202.7	0.2	
	225.0	225.4	0.4	
	247.5	247.2	-0.3	
	270.0	271.7	1.7	
	292.5	292.9	0.4	
	315.0	315.8	0.8	
	337.5	338.0	0.5	
	3.0	3.0	0.0	
	5.0	5.0	0.0	
	10.0	9.9	-0.1	
	20.0	19.7	-0.3	
	30.0	29.8	-0.2	
	40.0	40.1	0.1	
	50.0	50.8	0.8	
	60.0	60.9	0.9	
	70.0	69.6	-0.4	

■ 노면온도 검지 모듈 개발

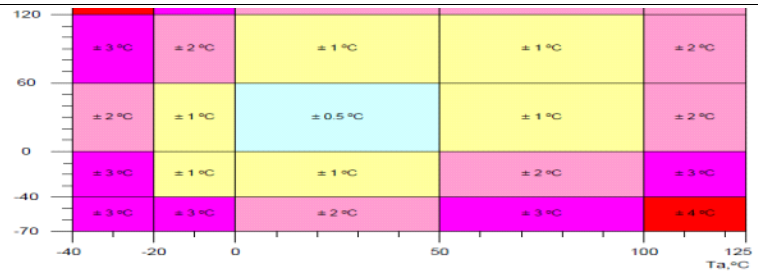
- 노면온도 측정실험
- 실험목표 : 온도 검지 모듈이 노면온도를 측정하였을 때 제시된 정확도내에 측정될 확률 90% 이상 검증
- 실험방법 : 적외선 온도계로 측정한 온도와 비교하여 온도 검지 모듈로 측정한 온도가 특정 오차 범위 내에 존재하는지 확인

노면온도센서 사진

노면온도 측정실험 사진

노면온도 측정실험 사진

- 온도센서 오차 범위

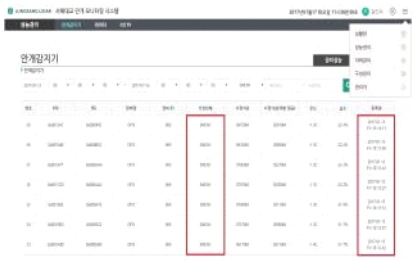


온도센서 오차율 (가로축 : 외부온도, 세로축 : 물체온도)

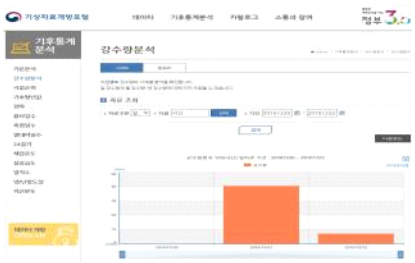
구 분		연 구 결 과

- 적외선 온도계로 노면온도 측정 : -0.8℃
- 25초간 온도검지 모듈로 노면온도 측정
- 측정값이 적외선 온도계로 측정한 값인 -0.8℃를 기준으로 오차범위의 최소기준치인 ±0.5℃ 이내로 측정되었는지 판정(위의 온도센서 오차율 표에 따르면 물체온도가 -0.8℃이므로 ±1℃를 적용할 수 있음)
- 실험결과 : 온도 검지 모듈로 50번 반복 측정결과 평균 -0.75℃로 적외선 온도계의 측정값인 -0.8℃보다 0.05℃ 높아 모듈의 오차범위를 넘지 않았으며 오차범위 판정결과 92.0%가 오차범위 내에 있는 것을 확인
- 서해대교에 설치되어있는 기상검지기에서 관측한 내용과 서해대교와 가장 가까이 위치한 기상청 서산관측소의 관측 자료임. 2016. 12. 21와 2017. 1. 13 기상청 서산관측소에서 관측한 내용과 기상검지기에서 표출한 내용(눈, 비)이 정확하게 일치함. 비와 눈이 내릴 시에 정확한 정보 제공이 가능함

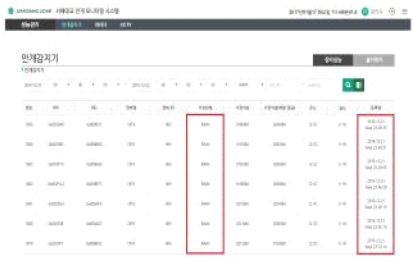
서산관측소 눈 관측자료(2017.01.13)



서해대교 기상검지기 눈 관측(2017.01.13)



서산관측소 비 관측자료(2016.12.21)



서해대교 기상검지기 비 관측(2016.12.21)

- 눈 / 비 데이터 처리 순서도

▣ 5. 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 운영전략 및 알고리즘 개발

○ [양적 목표]
1) 특허 : 출원 1건
2) 논문 : 3건
3) S/W : 1건

○ [양적 성과달성]
1) 특허 : 출원 1건
- 가변속도표출시스템(10-2016-0153763, 2016, 한국건설기술연구원)
2) 논문 : 2건
- 김용석, 이석기, 김솔람, “가변속도형 표지판 크기기준 정립을 위한 안개재현 현장실험”, 한국도로학회 Vol. 18 No.6 : 87-96, 2016
- 김용석, 이석기, 김솔람, “악천후 시 운전자 기대심리와 가변 제한속도간 관계정립을 위한 가상주행 시뮬레이터 연구”, 한국ITS학회 논문지 15(6) : 138-149, 2016
3) 학술발표 : 1건
- 김용석, 이석기, 김솔람, 강원평, “악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발”, 한국도로학회 학술발표회, 2016. 06. 140-140, 2016
4) S/W : 2건
- 기상상태별 가변제한속도 산정 프로그램(2017, 응용 소프트웨어, C-2017-000651)
- 가변제한속도 단계적 표출 프로그램(2017, 응용 소프트웨어, C-2017-000652)

구 분	연 구 결 과
기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘	■ **드라이빙 시뮬레이터 실험:** 도로교통 안전정보 제공용 통합기상 검지기 성능 및 기상자료 범 위· 요구성능 정의 - 국내기준과 국외기준 간 차이가 있어, 드라이빙 시뮬레이터를 이용해 기상조건(비, 눈, 안개로 인한 가시거리)과 노면상태(노면상 적설여부)별로 가상의 주행환경을 구축하고 국내 운전자의 주행행태 분석수행 - 피실험자 : 20세 이상 34세 이하를 하나의 그룹으로 35세 이상 50세 이하를 다른 그룹으로 구분하여 각각 35인씩 총 70인으로 구성. 남녀 성비 구성은 국내 운전면허 소지자의 성별비인 60대 40을 반영하여 60(남): 40(여)으로 구성 - 드라이빙 시뮬레이션 환경구축: 피실험자의 시뮬레이션 식크니스(Simulation Sickness)를 고려하여 모션 축이 없는 드라이빙 시뮬레이터 사용. 실험자의 몰입감 제고를 위해 50인치 대형 모니터 사용하였고 화면 범위는 수직각 20˚, 수평각 40.65˚로 구축. 도로를 따라 문형식으로 가변 제한속도를 표출하였으며 모니터 우 하단에는 속도표시기를 표출함.

구 분	연 구 결 과

- 기상 및 도로조건은 아래와 같이 구축함. 정상적인 기상조건(맑음)을 기본조건으로, 비, 눈, 안개조건을 비교조건으로 하여 가변 제한속도 표출에 따른 운전자의 주행행태를 실험.

구분	기상 및 도로조건	
	기상조건	노면상태
기본조건	맑음	-
비교조건	비(약한 비/ 강한 비)	-
	눈	적설유무
	안개(가시거리 150m, 100m, 50m)	-

- 드라이빙 시뮬레이터 주행 시나리오는 아래와 같이 구축함

구분 기호	주행구간(주행거리, km)	기상조건	표출 제한속도
N1	0+000～1+500* (1.5)	정상	100-80-60-50
N2	1+500～2+400 (0.9)	정상	60-80-100
R1	2+400～4+500 (2.1)	비	80
N3	4+500～5+600 (1.1)	정상	100
S1	5+600～6+700 (1.1)	눈	80-50
N4	6+700～7+900 (1.2)	정상	60-80-100
R2	7+900～9+100 (1.2)	비	80-60-50
N5	9+100～10+300 (1.2)	정상	60-80-100
S2	11+300～13+400 (2.1)	눈	100
N6	13+400～14+500 (1.1)	정상	100
F1	14+500～17+200 (2.7)	안개	80-50
N7	17+200～18+700 (1.5)	정상	50-60-80-100
F2	18+700～21+700 (3.0)	안개	100

*주행구간 누적거리표시: 0+000 = KM + Meters

- 기상조건에 대한 드라이빙 시뮬레이터 구현이미지 예는 아래와 같음

N1

R2

S1

F1

- 드라이빙 시뮬레이터 연구를 통한 주요한 결과

① 운전자들은 가변 제한속도에 순응하여 속도를 일관되게 낮춤

② 기상조건과 연계하여 가변 제한속도를 낮춘 경우가 그렇지 않은 경우(기상조건에 무관하게 제한속도를 낮추거나 기상조건 변화에도 제한속도를 낮추지 않는 경우)에 비해 운전자 순응도 측면에서 유리한 결과를 보임

③ 기상자료 범위 및 요구 성능 도출(안)

기상자료	요구성능(기상정보)	비고
정상(맑음)	-	-
비	정도에 대한 구분 없음	약한/강한정도 구분 없음
눈	적설 유무 구분 검지	
안개	시정거리(0～250m) 검지	-기상목적 검지기 가시거리 검지규정: 20km -도로교통 정보제공 목적 기상검지기 가시거리 검지범위: 250m 이내: 경제성 향상 -도로 정지시거*와 연계

구 분	연 구 결 과

■ 문헌조사

- 국내 및 국외 문헌조사 결과, 기상 및 도로조건에 따라 가변 제한속도를 산정하는 기준을 제시하고 있음.
- 국내기준은 법령과 시범운영구간(영종대교) 운영기준이 있음

> 도로교통법 시행규칙 제19조(자동차의 속도) : 가변 제한속도 정의 및 악천후시 감속 규정 제시
> 1. 최고속도의 100분의 20을 줄인 속도로 운행하여야 하는 경우
> 가. 비가 내려 노면이 젖어있는 경우
> 나. 눈이 20밀리미터 미만 쌓인 경우
> 2. 최고속도의 100분의 50을 줄인 속도로 운행하여야 하는 경우
> 가. 폭우·폭설·안개 등으로 가시거리가 100미터 이내인 경우
> 나. 노면이 얼어 붙은 경우
> 다. 눈이 20밀리미터 이상 쌓인 경우

<가변 제한속도 시범 운영구간 운영기준: 영종대교>

제한속도(km/h)	기상조건
100	정상
80	-가시거리(안개): 250m -적설: 20 mm 미만
50	-가시거리(안개): 100m 이하 -적설: 20 mm 이상
30	-가시거리(안개): 50m 이하
도로차단	-가시거리(안개): 20m 이하 -적설: 100mm 이상

- 대표적인 국외기분은 아래와 같음

· 미국 앨라배마 주

가시거리	제한속도
274.3m 미만	104.5kph(65mph)
201.2m 미만	88.4kph(55mph)
137.2m 미만	72.4kph(45mph)
85.3m 미만	56.3kph
53.3m 미만	도로차단(Road Closure)

· 미국 워싱턴 주

기상조건	노면상태	제한속도
-경미한 수준의 비 -가시거리: 800m 초과	-건조, 습윤	104.5kph
-폭우, 안개 -가시거리: 320m 미만	-슬러시, 결빙	88.4kph
-폭우, 눈, 눈보라 -가시거리: 160m 미만	-얇은 수막, 눈이 다져짐, 심한슬러시	72.4kph
-비가 결빙, 폭우, 눈, 눈보라 -가시거리: 160m 미만	-깊은 수막, 눈/슬러시가쌓임	56.3kph

· 미국 와이오밍 주

제한속도(kph)	가시거리(m)		
	습윤/건조	Slick Sport	Slick
121	>950	>1625	-
105	735-950	1225-1625	>1700
80	475-725	750-1225	1025-1700
56	<475	<750	<10

· 핀란드

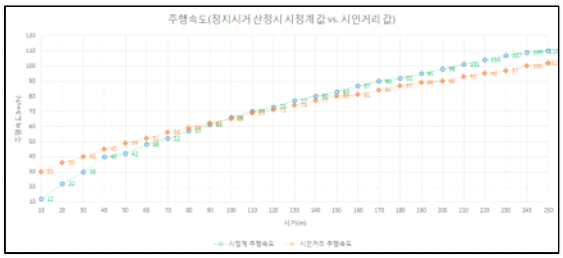
제한속도(kph)	기상관련 도로조건
120	양호(good)
100	보통(moderate)
80	미흡(poor)

구 분	연 구 결 과

· 네덜란드

제한속도(kph)	기상관련 도로조건
100	정상조건
80	가시거리 140m 미만
70	가시거리가 70m 미만
50	사고발생시(상류부 첫 번째 표지 50kph, 두 번째 표지 70kph)

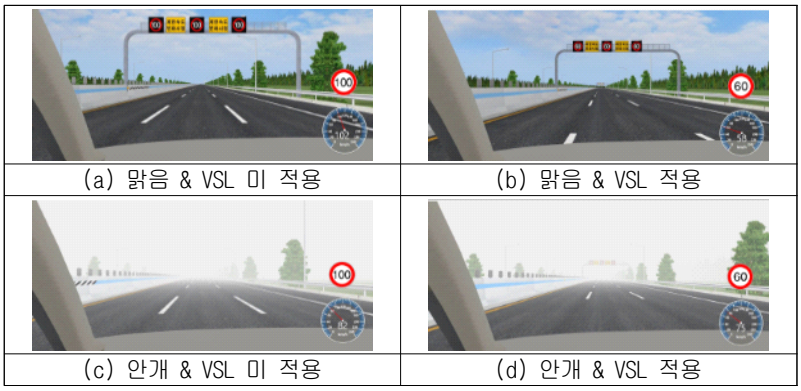
- 한국의 경우, 도로교통공단에서 제시한 '가변속도제한 운영 매뉴얼(2011)'에서 가변제한속도는 도로 구조 및 시설 기준에 관한 규칙(2013, 국토교통부)의 정지거리 계산법을 이용하여 도출함
- 따라서, 안개 발생 시 시정거리를 정지거리로 가정하여 제한속도를 산출
- 본 연구에서는 기존 방안을 포함한 두 가지 방안을 제시함
  · 시정거리 기반의 제한속도 산정 방안
  · 시인거리 기반의 제한속도 산정 방안
- 시정거리, 시인거리 및 판독거리에 대한 관계 실험을 수행하였으며, 그 결과에 따른 관계식을 도출하였음
  · 시정거리는 시정계에서 취득되는 데이터를 사용
  · 시인거리는 장애물이 보이는 지점과 장애물과의 거리를 사용
  · 판독거리는 제한속도를 읽을 수 있는 지점과 제한속도 표지판 지점과의 거리를 사용
  · 그 결과, 판독거리 > 시인거리 > 시정거리 순으로 도출됨
- 본 연구는 기존의 방법 외에 시인거리를 정지거리로 가정하여 제한속도를 산정하는 방안을 제시함
  · 기존의 시정거리 기반 제한속도는 보수적이라고 판단하여, 새로운 방안을 제시
- 시정거리와 시인거리의 관계식을 통해, 제한속도를 산출함
- 시정거리와 시인거리를 통해 도출된 제한속도는 시정거리 기준 70m를 기준으로 미만일 경우, 2안으로 제시한 시인거리를 기반으로 산정된 1안으로 제시한 제한속도가 더 높게 표출됨



■ **드라이빙 시뮬레이터 실험:** 능동형 속도관리시스템 운영에 따른 운전자 순응 경향 분석

- 능동형 속도관리시스템에 대한 운전자 순응 경향과 교통특성을 분석하여 시스템의 유효성을 검증하고자 함
- 안개 발생을 기준으로 분석함(시정거리 200m, 150m, 50~100m)
- 기상조건은 맑음, 안개로 나누었으며, 능동형 속도관리시스템의 유·무를 나누어 운전자(70명) 경향을 분석함
- 제한속도 순응 범위는 제한속도를 기준으로, 5km/h, 10km/h, 15km/h 이내로 총 네 가지 범위를 나누어 분석함

구 분	연 구 결 과



(a) 맑음 & VSL 미 적용 (b) 맑음 & VSL 적용

(c) 안개 & VSL 미 적용 (d) 안개 & VSL 적용

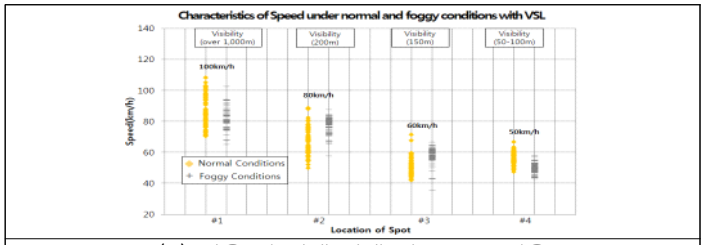
< 차량 시뮬레이터 실험 화면 >

- 교통특성은 표지판이 있는 지점의 피험자 평균속도, 속도편차, 85%tile 속도 등을 분석함
- 평균속도 기준, 대부분 제한속도에 순응하는 것으로 분석됨
- 속도편차 및 분산은 안개가 발생할 경우 맑음 시 보다 뚜렷하게 감소함
- 또한, T-test를 수행하여 기상 및 VSL 유·무에 따른 속도 차이를 통계적으로 검증한 결과, 차이가 있는 것으로 분석됨
- 운전자 순응 경향을 분석한 결과, 안개 발생 시 제한속도를 준수하는 비율이 맑음 시 보다 높았지만 전체적으로 제한속도 초과 범위는 맑음 시 더 큰 것으로 분석됨

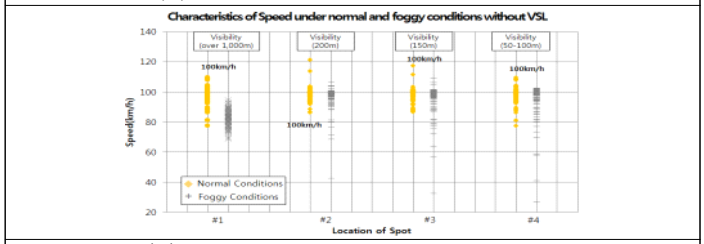
항목	제한속도	과속 수(명)							
		제한속도 기준	비율 (%)	+5km/h	비율 (%)	+10km/h	비율 (%)	+15km/h	비율 (%)
맑음 & VSL 미적용	100	23	32.9	3	4.3	0	0.0	0	0.0
	100	20	28.6	2	2.9	2	2.9	1	1.4
	100	23	32.9	3	4.3	3	4.3	2	2.9
	100	19	27.1	3	4.3	2	2.9	2	2.9
안개 & VSL 미적용	100	13	18.6	1	1.4	0	0.0	0	0.0
	100	19	27.1	4	5.7	0	0.0	0	0.0
	100	12	17.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
맑음 & VSL 적용	100	8	11.4	3	4.3	0	0.0	0	0.0
	80	6	8.6	3	4.3	0	0.0	0	0.0
	60	2	2.9	2	2.9	1	1.4	0	0.0
	50	64	91.4	38	54.3	15	21.4	1	1.4
안개 & VSL 적용	80	25	35.7	1	1.4	0	0.0	0	0.0
	60	28	40.0	1	1.4	0	0.0	0	0.0
	50	28	40.0	5	7.1	0	0.0	0	0.0

- 또한, 운전자는 안개가 발생할 경우 VSL 유·무에 관계없이 모든 차량이 제한속도 기준 +5km/h 이내를 만족함
- 이는 시정거리가 낮아지면 운전자 스스로 속도를 감속시키는 것으로 판단됨
- 하지만, 안개 발생 시 VSL이 제공되지 않으면 개별 차량의 속도 편차가 증가하여 교통 위험성이 증가할 것으로 보임

구 분	연 구 결 과



(a) 맑음 및 안개 발생 시 & VSL 적용



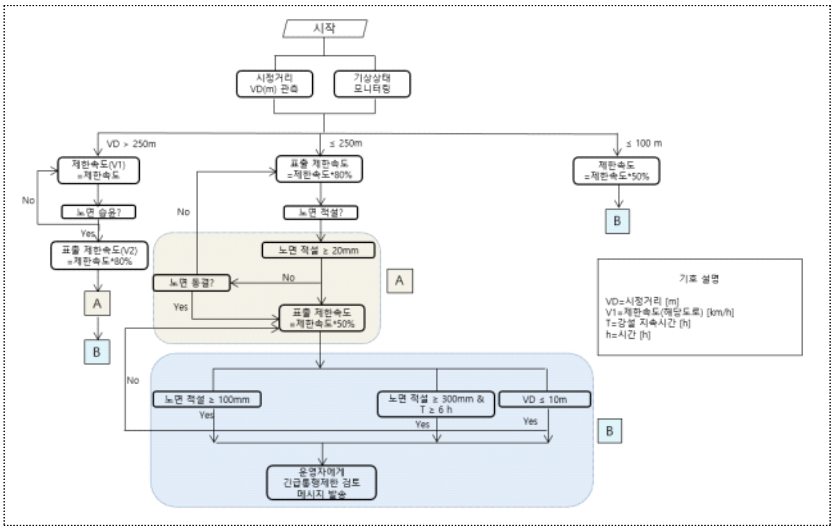
(b) 맑음 및 안개 발생 시 & VSL 미 적용

<기상 및 VSL 적용유무에 운전자 속도 변화>

■ 드라이빙 시뮬레이터 실험결과 반영

- 국내외 가변 제한속도 산정에 관한 기준 및 기상상태/도로상황에서 드라이빙 시뮬레이터 실험을 통한 운전자 주행행태 특성 검토 결과 등을 종합하여 기상상태 및 도로상황을 반영한 가변 제한속도 산정 알고리즘 마련

※ 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘은 본 연구 성과 [기상상태별 가변 제한속도 산정 프로그램, C-2017-000651, 한국저작권 위원회]로 등록

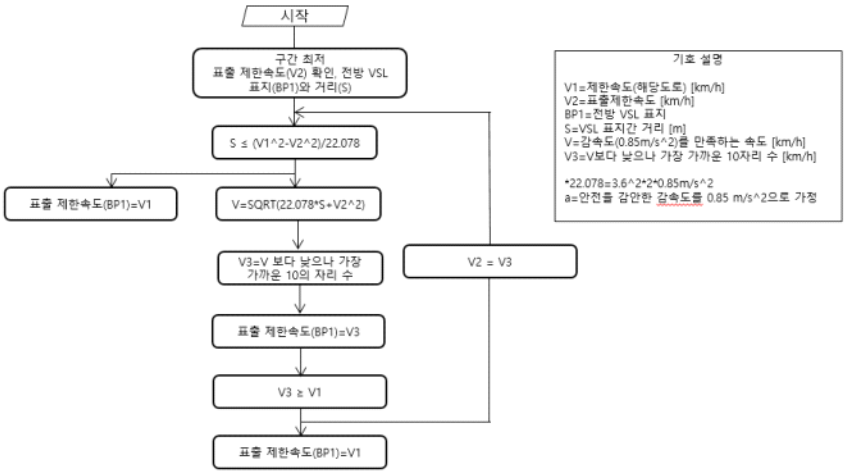


구 분	연 구 결 과

■ **선적 교통류 흐름을 감안한 가변 제한속도 표출 운영전략 개발을 위한 문헌조사**

- 제한속도 가변표출시 운전자의 급감속/급제동으로 인한 추돌사고 방지를 위한 표출 시스템 운영전략에 관한 국내외 문헌조사;
- 미국 와싱턴주: 16kph(10mph) 단위로 감속, 복수의 기상스테이션, 제설 운영자, 경찰 등으로부터 제한속도 감속관련 피드백 절차 운영
- 미국 네바다주: 10mph(16kph) 단위로 속도 감속. 즉 10의 자리수 단위로 변경. 정상적인 조건에서는 공백(Blank)으로 처리
- 미국 뉴저지 주: 평균통행속도에 기반하여 제한속도 산정 및 자동표출(차로 차단이나 공사구간은 사용자가 수동조정). 5mph(8kph) 단위로 속도 감속. 속도감속 단서는 사고, 혼잡, 공사, 결빙, 눈, 안개
- 미국 미시간 주: 미시간 주는 수동식 가변 속도 표지 운영. 5mph(8kph) 단위로 속도 감속. CCTV와 Pen Plots에 기반해 운영자가 속도 선택
- 독일: 독일은 중교통량 조건에서 사고 위험을 줄이고 운전자 쾌적성 개선과 환경피해 최소화를 위해 운영; 아우토반 A8(Salzburg and Munich) 등에서 30km까지 운영구간을 설정. 표지는 1.5 내지 2 km 사이에 위치. 표출속도는 100, 80, 60kph로 컴퓨터 컨트롤 알고리즘에 의해 운영. 알고리즘은 루프검지기에 의한 교통자료(교통량과 속도), 안개, 눈, 바람 등 환경적인 자료 등에 기반
- 네덜란드: 네덜란드는 충격파 완화(사고와 혼잡관리)를 목적으로 운영. 표지간 간격은 개략 1km로 전체 설치연장은 20km 수준. 루프검지기는 매 500m 마다 설치. 제한속도는 1분 단위 평균속도, 교통량 자료에 기반하여 산정. 사고 등 유고검지시 50kph 표출(정상조건 120kph 경우)
- 호주: 호주는 안개로 인한 다중추돌사고 방지를 위해 도입. 각 표지는 루프검지기와 시정 검지기와 연계. 가시거리와 차량의 주행속도에 근거한 권장 속도 산정
- 국내외 가변 제한속도 산정에 관한 표출 운영전략 기준 및 학술연구 결과 등을 검토하여 선적 교통류 흐름을 감안한 가변 제한속도 단계적 표출 알고리즘 마련 : 연속되어 설치되는 가변 제한속도 표출부간 거리, 운전자 감속도, 감속량 등을 감안한 단계적 속도표출 알고리즘 개발

※ 선적 교통류흐름을 감안한 단계적 속도표출 알고리즘은 본 연구 성과 [가변 제한속도 단계적 표출 프로그램, C-2017-000652, 한국저작권 위원회]로 등록



▣ 6. 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발

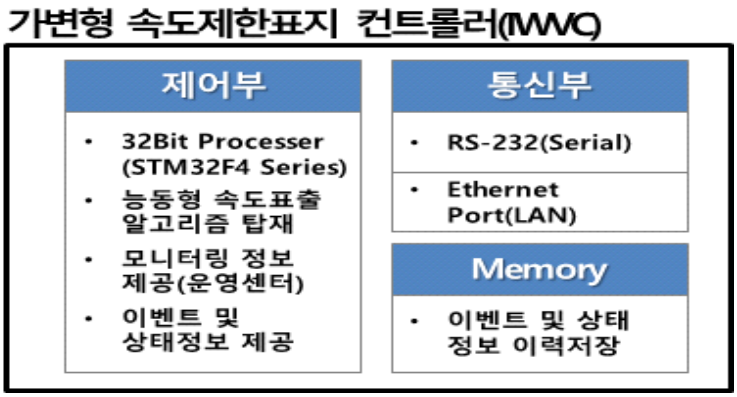
○ [양적 목표]
1) 시제품 : 1건
2) S/W : 1건

○ [양적 성과달성]
1) 시제품 : 1건
2) S/W : 1건
- 통합기상검지기반 가변형 교통안전표지(VSL) 제어 소프트웨어(2016, 시스템 프로그램, C-2017-026993)
3) 매뉴얼 : 고시 1건
- 가변형 속도관리시스템 설치·운영 매뉴얼(경찰청, 2017. 05. 11) : 도로교통공단

구 분	연 구 결 과
악천후 대응 능동형 속도관리시스템 시작품 제작	

■ 통합기상검지기반 컨트롤러 설계 및 제작

- 통합기상검지기에서 기상정보를 취합하고 기상상태 및 도로상황을 반영한 가변 제한속도 산정 알고리즘을 탑재한 통합기상검지기반의 가변형 속도제한표지 컨트롤러(IWVC : Integrated Weather detection based VSL Controller) 설계 및 제작

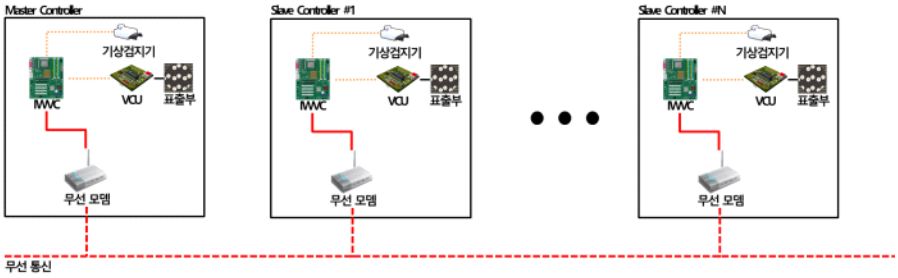


- IWVC 기능 및 프로세스 정의

구분	기능	내용
정보수집	• 기상정보 수집 • VSL상태정보 수집	• 기상정보(눈, 비, 바람, 노면온도 등) • VSL상태정보(조도, 온도, 전원상태, 휘도 등)
운영제어	• 제한속도 산정방안 • 표출부 운영 전략	• 기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘 적용 • 가변 제한속도 표출부 운영전략(센터원격제어, 지역독립제어, 자동운영제어)
표출제어	• VSL표출제어	• VSL 표출메세지, 제한속도 표출제어 • 제한속도 표출제어 • 외부조도에 따른 최적휘도 제어
원격제어	• 운영정보 및 이력저장 • 운영센터 정보전송	• 운영센터 원격제어 명령 수행 • 운영센터 실시간 정보전송(기상, VSL상태 등)

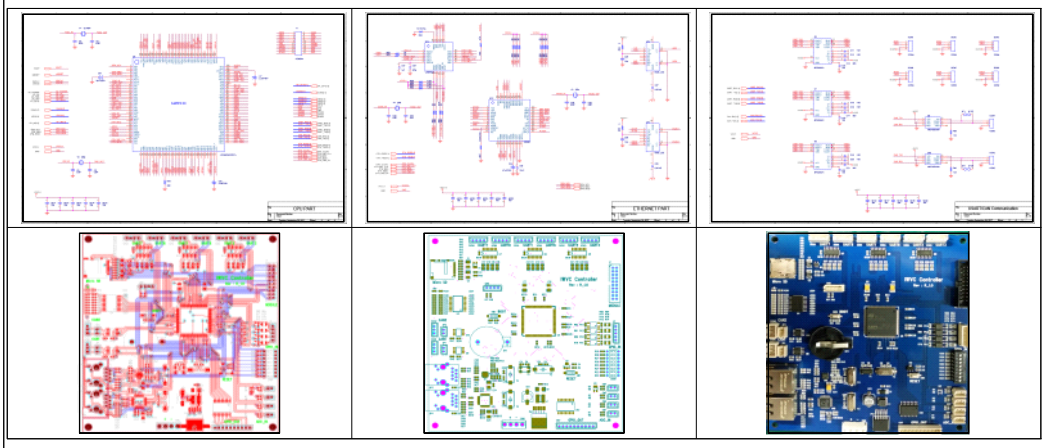
- 현장에서 입력된 시간 및 내용을 표출하거나 관리자가 직접 운영할 수 있는 지역독립제어모드와 기상정보 및 교통정보를 수집하고 이를 센터로 전송하여 적정 제한속도를 자동으로 표출하는 자동운영제어 모드 지원

구 분	연 구 결 과



<지역독립제어 및 자동운영제어 운영 구성도>

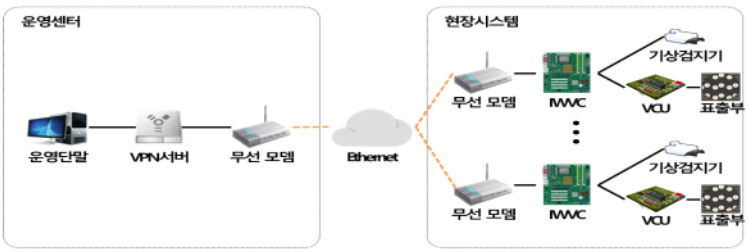
- IWVC 회로설계 및 PCB ARTWORK, 제작



■ 능동형 속도관리시스템의 모니터링 및 알림기술 개발

- VSL운영구간내의 VSL 및 통합기상검지기의 운영 및 동작상태/검지정보 등을 운영자가 확인하고 유지관리 및 장애발생시 대응하기 위한 "능동형 속도관리시스템 모니터링 및 알림서비스(AVMS : Active Variable speed limit sign Management System)" 제공

- 능동형속도관리시스템은 VSL(표출부, VCU 포함), IWVC, 통합기상검지기로 구성되며 운영센터로 운영정보(표출상태, 기상검지정보, 단말상태정보)를 유·무선통신을 통해 전송



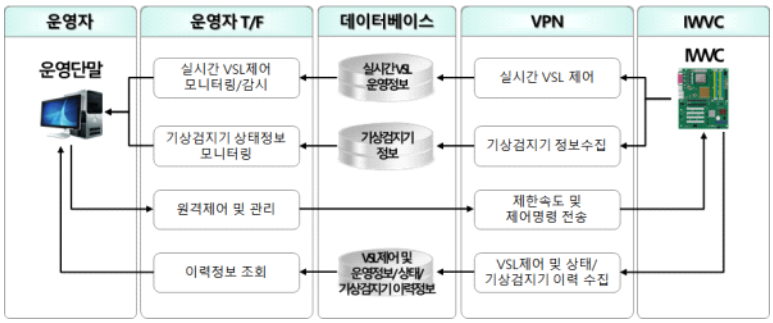
<능동형 속도관리시스템 구성>

- 모니터링 및 알림 서비스 기능 및 프로세스 정의

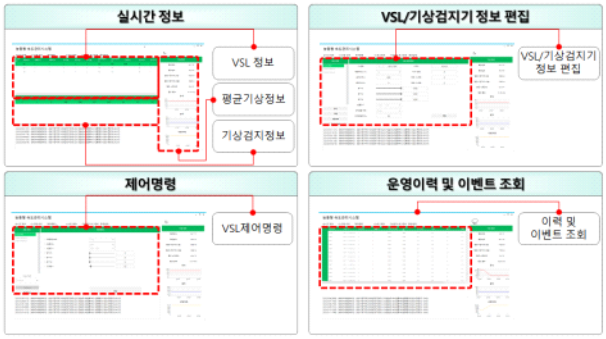
구분	기능	내용
실시간 정보	• VSL모니터링 • 기상검지기 모니터링	• VSL 제어상태 및 표출메세지 모니터링 • 기상검지기 동작상태 및 수집정보 모니터링 • 악천후 및 이벤트 알림
운영제어	• VSL표출제어 • 시각정보 업/다운로드	• 현장 VSL의 표출문구 및 휘도제어 • 선택된 VSL에 대한 시각동기화 등에 대한 업/다운로드 수행
정보편집	• VSL운영정보	• VSL 운영정보 조회/편집/저장
정보조회	• 운영이력 조회 • 기상검지이력 조회	• VSL 운영정보 및 이력조회 • 기상검지기 정보 및 이력조회

구 분	연 구 결 과

- 프로세스 모델링 및 아키텍쳐



- 모니터링 및 알림 프로그램을 개발하기 위한 툴은 VusialStudio를 사용하였으며 개발언어는 C#을 이용하였다. 모니터링 및 알림 프로그램의 UI는 크게 실시간정보, 운영정보 조회, 제어명령, 운영이력 및 이벤트 조회로 구성함

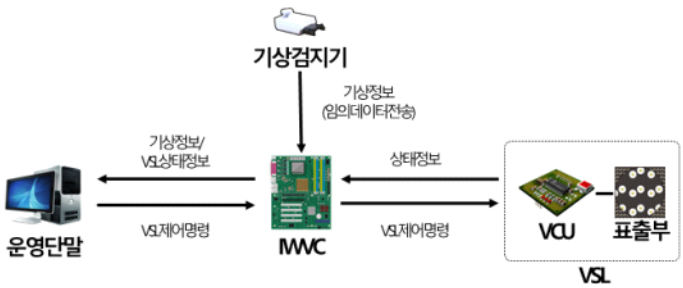


<모니터링 및 알림 UI설계>

■ 능동형 속도관리시스템의 동작정확도 실험

- 능동형 속도관리시스템 동작정확도 실험은 운영프로그램과 IWVC, VSL표출부(VCU), 통합기상검지기 간 통신 및 제어명령 수행, 제어알고리즘 동작 등 시스템의 정확한 동작 여부를 확인하기 위해 실시함

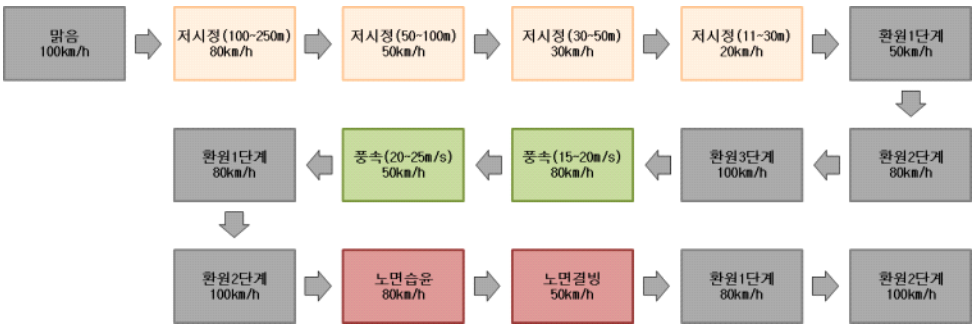
- 실험환경 구성



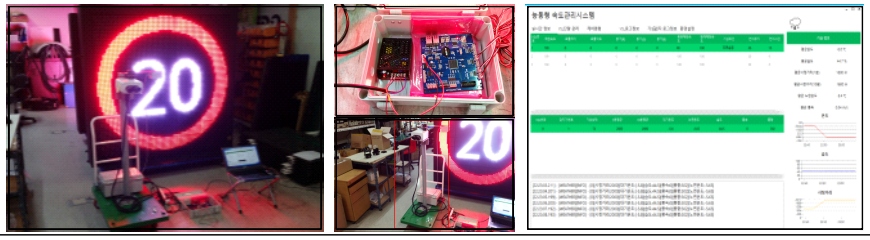
- 기상정보 설정변수 : 시정거리(100~250m, 50~100m, 30~50m, 11~30m), 풍속(15~20m/s, 20~25m/s), 노면상태(노면습윤/노면결빙)

구 분	연 구 결 과

- 실험방법 : 기상정보(저시정, 풍속, 노면상태)에 따라 제한속도 변경 및 환원 과정 전체를 1주기로 하면 총 50주기를 수행하여 동작정확도를 판단함



■ 실험 및 자료수집

실험날짜	2017년 10월 16일
실험장소	㈜래도 기술연구소
실험사진	

■ 분석 및 결과

기상환경	시정상태	강풍	노면상태	합계	동작정확도
실험횟수	350	200	200	750	96.1%
정상동작	337	191	193	721	
동작이상	13	9	7	29	

- 기상상태(시정거리, 풍속, 노면상태)에 따라 제한속도변경을 총 750회 실시하였으며 육안 및 동영상 촬영영상 확인 결과 VSL표출부의 제한속도 표출은 모두 정상적으로 이루어졌지만 총 29회의 VSL상태정보를 미수신하는 문제가 발생하였음
- 능동형 속도관리시스템 시스템동작정확도 실험은 750회 중 721회 성공으로 96.1%의 정확도를 확인함
- VSL상태정보 미수신 오류는 패킷누락이나 LRC오류 등에 의한 것으로 판단되며 이는 통신프로토콜을 보완하여 통신오류에 따른 상태정보 재요청, 주기적인 상태정보 전송 등을 통해 통신을 보완할 예정

▣ 7. 악천후 대응 시인성 향상 표출부 시작품 요소기술 개발

○ [양적 목표]

1) 특허 : 출원 1건
2) 논문 : 1건
3) 시제품 : 1건
4) S/W : 1건

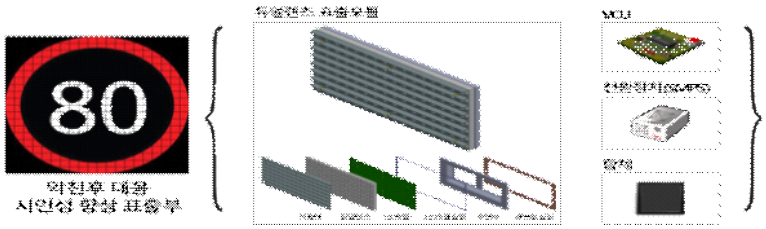
○ [양적 성과달성]

1) 특허 : 출원 1건
 - 도로전광표지의 최적휘도 산출 시스템 및 방법(10-2017-0133237, 2017, (주)래도)
2) 특허 : 등록 1건
 - 가변정보표지(10-1753122, 2017, 한국건설기술연구원)
3) 논문 : 1건
 - 김솔람, 김용석, 이석기, “차량 시뮬레이터를 이용한 안개 도로 가변제한속도 순응 경향 분석”, 한국ITS학회논문지 Vol. 16 No.2 : 116-127, 2017
4) 시제품 : 1건
5) S/W : 2건
 - 가변형 교통안전표지 최적휘도 제어 소프트웨어(2017, 시스템 프로그램, C-2017-000651)
 - 가변형 교통안전표지 최적휘도 제어 소프트웨어(2017, 시스템 프로그램, C-2017-026994)
6) 표준지침 : 고시 1건
 - 가변형 교통안전표지 표준지침(경찰청, 2017. 05. 11) : 도로교통공단

구 분		연 구 결 과
광조건 제어 알고리즘	표출부 금형 및 시작품 제작	

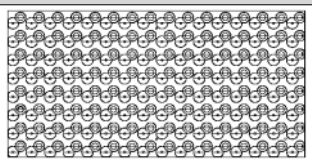
■ 표출부 구성

- 표출부는 듀얼렌즈 표출모듈부와 VCU, 전원장치(SMPS), 함체로 구성되어 있으며, 듀얼렌즈 표출모듈부는 차광판, 듀얼렌즈, LED모듈, LED모듈실링, 후면부, 후면부실링 등으로 구성되어 있음.



■ 목적 및 목표

- 도로의 VSL 및 VMS는 맑은 날에는 시인성과 판독성이 우수하지만 안개, 눈, 비로 인해 가시거리가 확보되지 않는 악천후 날씨에는 시인성과 판독성이 매우 저하되어 도로이용자에게 불안과 사고위험을 증가시키고 있다. 그러므로 Dual렌즈는 기존의 렌즈 한계를 극복한 기술로써 평상시와 악천후 시 렌즈를 구분하여 설계, 가변속도 및 교통정보를 보다 멀리서 시인성 및 판독성을 향상할 수 있는 렌즈를 개발하고자 함
- 목표(평상시 빔폭 목표변경 사유 : 한국도로공사 VMS 표준시방서 기준변경에 따른 변경)

구 분	평상시	악천후	비고
각도(빔폭)	± 22.5° 이상	± 10° 이내	
백색휘도	8,000 cd/㎡ 이상	40,000 cd/㎡ 이상	
적색휘도	3,000 cd/㎡ 이상	14,000 cd/㎡ 이상	
- 픽셀간격 : 18.75mm(W) × 18.75mm(H)			

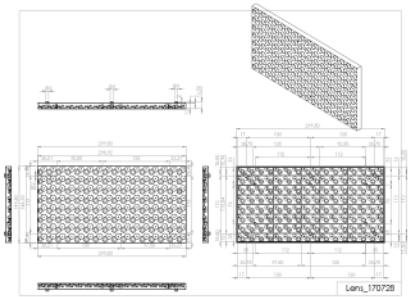
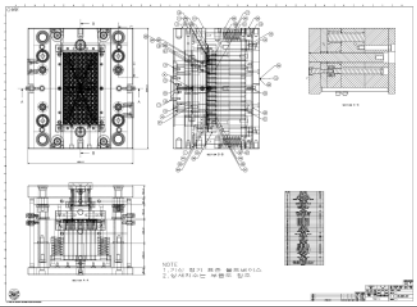
구 분	연 구 결 과

■ **듀얼렌즈 설계**

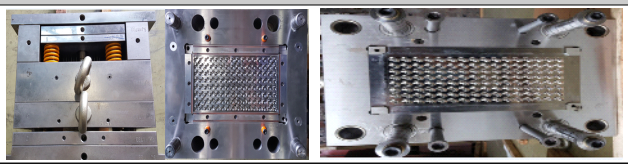
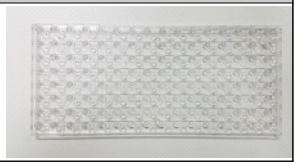
- 1차년도 Dual 렌즈 설계 및 제작

구분	±30°		±7°		렌즈목업
모델링					
형상	전반사 형상		전반사 형상		
효율	86%		90%		
각도(빔폭)	65°		14°		

- 2차년도 Dual 렌즈 설계 : 16×8 DOT 배열

렌즈설계	금형설계
	

■ **금형 및 Dual 렌즈 시사출 제작**

금형 제작	금형설계
	

■ **성능평가** : 국제공인시험기관인 도로교통공단에서 휘도 및 각도(빔폭) 시험

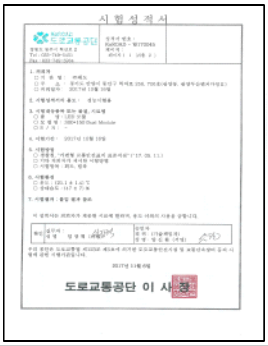
- 휘도 측정자료

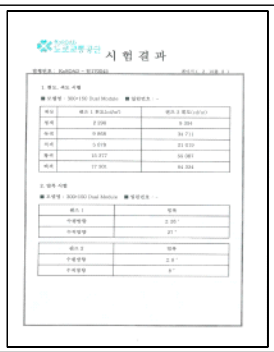
구분	Dual ±22.5°렌즈 휘도(cd/㎡)	Dual ±7°렌즈 휘도(cd/㎡)
적색	**5,678**	**21,019**
녹색	9,868	34,711
청색	2,290	9,354
황색	15.277	55,087
백색	**17,501**	**64,334**

- 각도(빔폭) 측정자료

구분	Dual ±22.5°렌즈 각도	Dual ±7°렌즈 각도
수평	±26°	±8°
수직	27°	8°

- 공인시험성적서

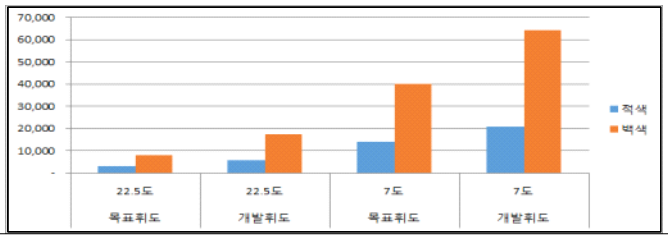




구 분		연 구 결 과

■ 결론

- Dual ±25.5° 렌즈의 적색 휘도는 5,678cd/㎡, 백색 휘도는 17,501cd/㎡ 로 모두 목표를 달성하였고, Dual ±7° 렌즈의 적색 휘도는 21,019cd/㎡, 백색 휘도는 64,334cd/㎡ 로 모두 목표를 달성하였음.
- Dual ±22.5° 렌즈의 백색 빔폭은 ±26°로 목표를 달성하였고, Dual ±7° 렌즈의 백색 빔폭은 ±8°로 목표를 달성하였음.



악천후 대응 시인성 향상 표출부 요소기술 개발

■ VCU(Variable speed limit sign Control Unit) 설계 및 제작 목표

- Dual 렌즈용 LED모듈 제어 및 여러 가지 통신포트를 내장하여 다양한 네트워크에 적응할 수 있게 설계하고 외부환경에 대응할 수 있는 신뢰성 높은 부품들을 선정하여 제작하여 검증함

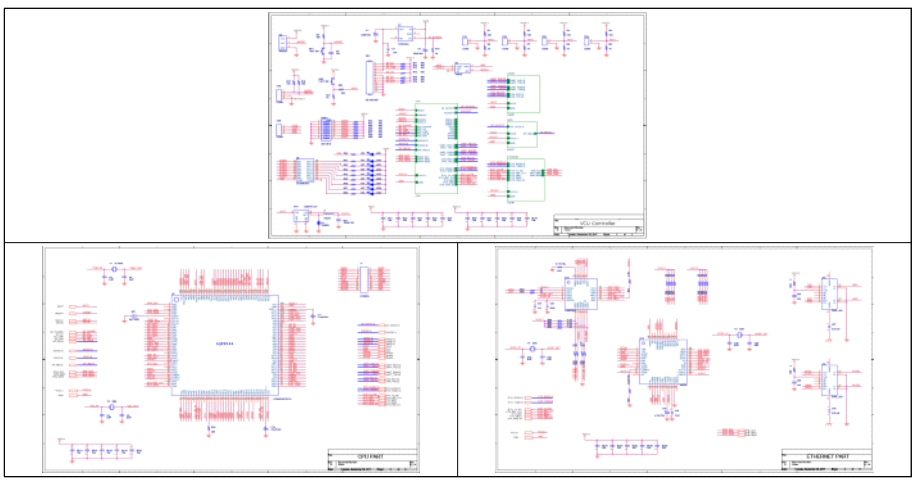
■ VCU 설계 및 제작 프로세스

- ① VCU 요구조건 정립, ② 주요부품 사양 선정, ③ 회로설계, ④ PCB ARTWORK,
  ⑤ 제작, ⑥ VCU 실험 및 검증(VCU 단위테스트)

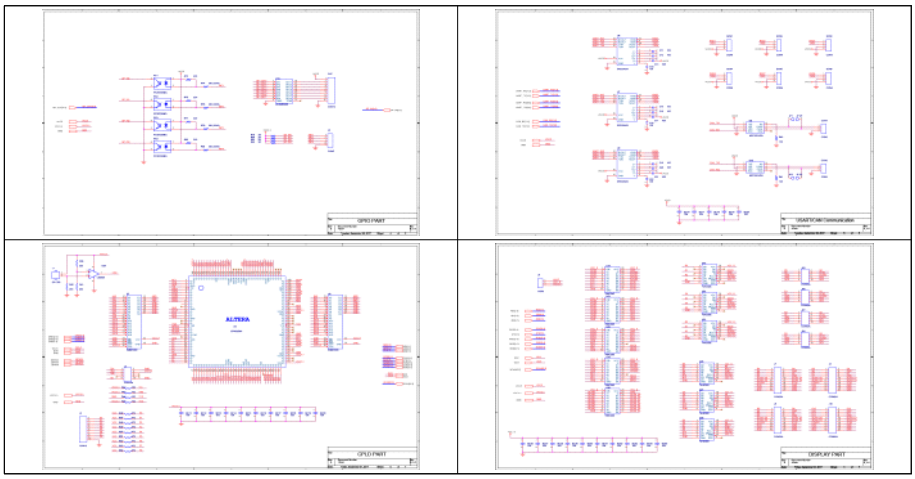
■ VCU 사양

항 목	내 용		비 고
메인 프로세서	32BIT ARM PROCESSOR		
통신 포트	RS-232C 6PORT		
	이더넷 2PORT, CAN 2PORT		
감시기능	조도센서	외부 조도 검지 1PORT	
	온도	-34℃ ~ 74℃	VSL 표출부 항체
	전원장치	모듈용 직류전원공급장치	전원장치 이상 유무
휘도제어	조도에 따른 휘도 제어		
데이터 저장	이벤트 로그 저장		

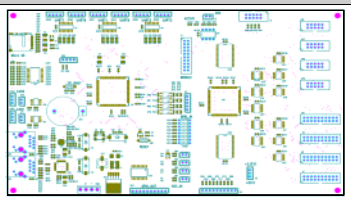
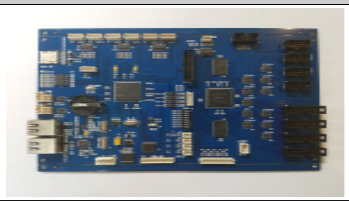
■ 회로 설계



구 분	연 구 결 과



■ PCB ARTWORK 및 제작

PCB ARTWORK	제작
	

■ VCU 동작정확도 실험 개요

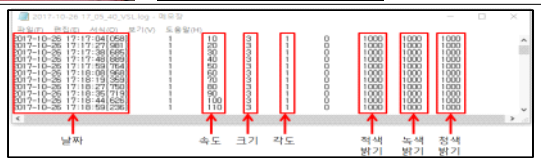
- VCU 단위테스트 프로그램에서 설정한 임의의 데이터를 VCU에 보내어 정확한 동작을 하는지 실험 및 검증을 한다. 동작정확도 목표 90%이상

■ VCU 실험방법

- VCU 실험환경 구성

- VCU 단위테스트 프로그램 설정 변수 : 각도(±7°, ±26°), 표출크기(600/900/1200/1500 mm), 휘도 조정(R, G, B를 각각 0~1000단계 변경), 표출속도이미지(10~120/ 10단위로 변경)
- VCU 단위테스트 프로그램이 설치된 PC와 VSL과 유선 통신으로 연결한 후 각 변수를 임의로 전송하여 VSL 표출부를 육안, 영상, 로그데이터를 확인한다. 각 변수마다 30회 반복

■ VCU 실험 및 자료수집

실험날짜	2017년 10월 26일
실험장소	㈜래도 기술연구소
실험사진	
자료수집 로그 데이터	

구 분	연 구 결 과

■ 분석 및 결과

±22.5°				±7°			
속도	실험횟수	동작횟수	동작정확도	속도	실험횟수	동작횟수	동작정확도
10	30	30	100%	10	30	30	100%
20	30	30	100%	20	30	30	100%
30	30	30	100%	30	30	30	100%
40	30	30	100%	40	30	30	100%
50	30	30	100%	50	30	30	100%
60	30	30	100%	60	30	30	100%
70	30	30	100%	70	30	30	100%
80	30	30	100%	80	30	30	100%
90	30	30	100%	90	30	30	100%
100	30	30	100%	100	30	30	100%
110	30	30	100%	110	30	30	100%

- 위 표에서 분석한 결과 VCU의 동작은 목표 설계대로 동작되고 있는 것으로 확인할 수 있으며, 각 설정 변수별 30회 반복실험을 실행하였을 때 동작정확도는 100%로 나타났음

태양빛 소멸 표출부 금형 및 시작품 제작

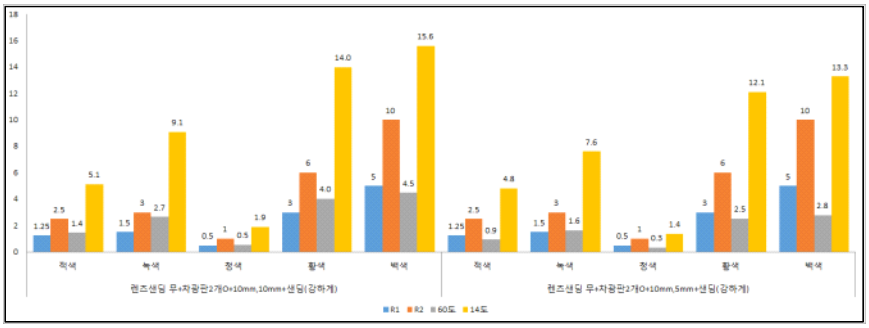
■ 목적 및 목표

- 태양빛에 노출되어 있는 속도제한표지 및 도로전광표지는 모두 태양빛에 반사되어 시인성과 판독성이 저하 됨. 특히 광원을 LED로 사용하는 표지는 태양빛의 영향을 많이 받기 때문에 태양빛을 소멸할 수 있는 기술 개발 필요
- 목표(유럽 EN12966 VMS 휘도비 기준 R2등급 이상)

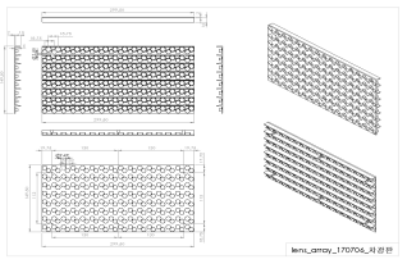
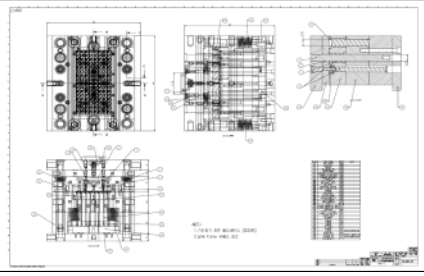
색상	등급	백색	적색	황색	청색	녹색
휘도비	R2	10	2.5	6	1	3

■ 차광판 설계

- 설계전 여러 요소를 적용하여 사전실험 시행

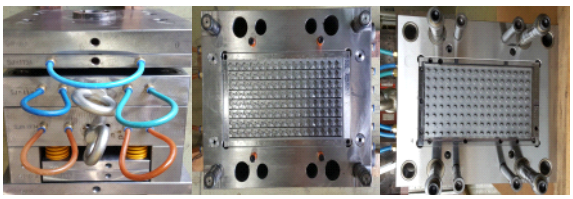
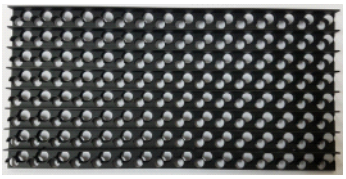


- 사전실험 결과 ① 표면 샌딩처리에 따라 약간의 휘도비가 향상, ② 차광판 챙의 길이에 대한 약간의 휘도비 향상, ③ ±7° 렌즈부의 차광판의 챙 길이가 10mm의 경우 각도(빔폭)에 영향이 있음
- 차광판 설계 : 16×8 DOT 배열

차광판설계	금형설계
	

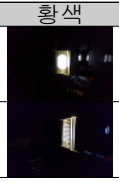
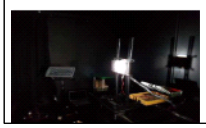
구 분	연 구 결 과

■ 금형 및 차광판 시사출 제작

금형 제작	금형설계
	

■ 성능평가 : 국제공인시험기관인 도로교통공단에서 휘도비 시험

- 휘도비 측정사진

시험환경	외부조도	적색	녹색	청색	황색	백색
	40000lx					
	4000lx					
	400lx					

- 휘도비 측정결과

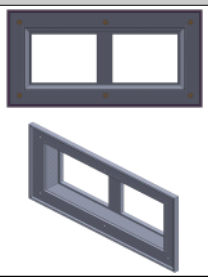
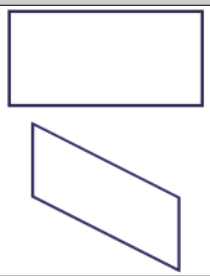
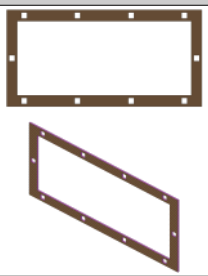
색상	외부조도	백색	적색	황색	청색	녹색
휘도비 기준	40000lx	10	2.5	6	1	3
	4000lx					
	400lx					
측정자료	40000lx	16.4	5.2	13.8	2.6	8.9
	4000lx	151.8	50.1	128.2	23.6	82.1
	400lx	1530	492.4	1286.8	238.9	830.8
적합/ 부적합		적합	적합	적합	적합	적합

- 공인시험성적서

■ 결론

- 외부조도 40,000lx 일 때의 적색 휘도비는 5.2, 녹색 휘도비는 8.9, 청색 휘도비는 2.6, 황색 휘도비는 13.8, 백색 휘도비는 16.4, 모두 R2 등급 이상으로 목표 달성하였음

■ 기타 표출부 시작품 제작

후면부	LED모듈 실링	후면부 실링
		

▣ 8. 통합기상검지기 시작품 개발

○ [양적 목표]
1) 시제품 : 1건
2) S/W : 1건

○ [양적 성과달성]
1) 특허 : 출원 1건
- 통합기상검지기시스템(10-2017-0136630, 2017, (주)래도, (주)정상라이다)
2) 디자인 : 등록 1건
- 기상검지기(30-908271, 2017, (주)정상라이다)
3) 시제품 : 1건
4) S/W : 1건
- 통합기상검지기 제어모듈(2017, 응용 프로그램, C-2017-023139)

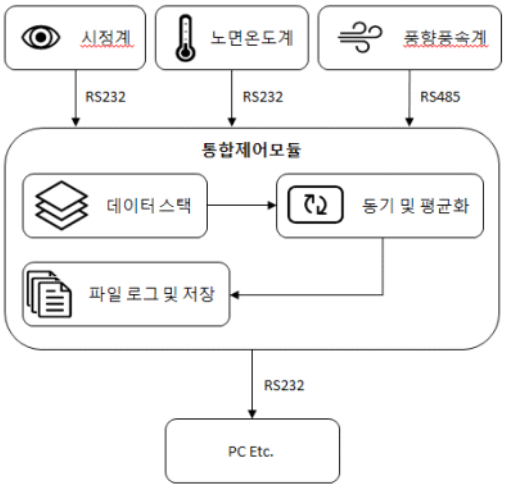
구 분	연 구 결 과

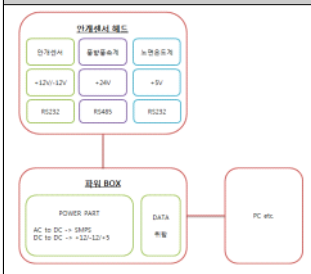
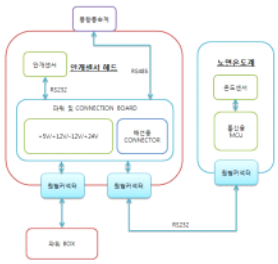
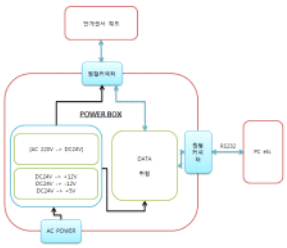
온로드 테스트베드 구축

■ 목적

- 시정계(눈, 비 검지 포함), 풍향풍속계, 노면 온도 등 측정되는 신호를 수신하여 시간 동기화에 필요한 데이터 스택 및 평균화를 하여 통합기상검지기반 컨트롤러(IWVC) 또는 운영센터에 데이터 송출하고 자체적으로 저장하는데 목적이 있음

■ 통합기상검지기 구성도



세부구성	통신체계	전원장치 구성
		

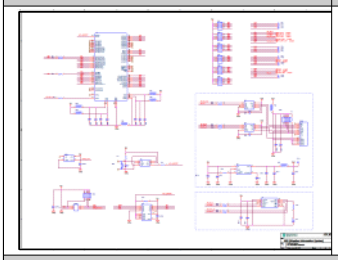
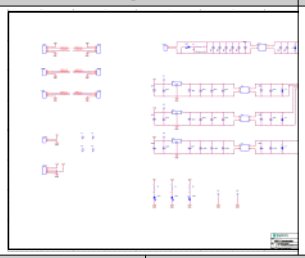
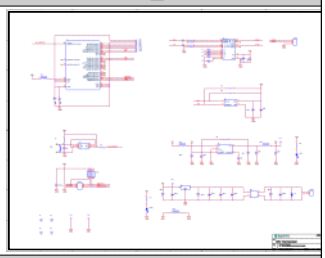
■ 통합제어모듈 설계 고려사항 및 사양

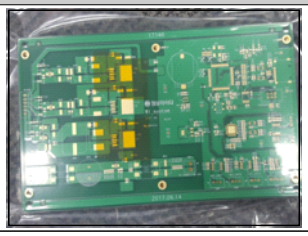
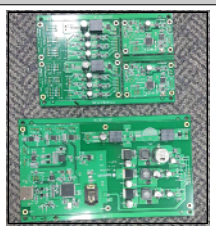
- 분기점 관리의 용이성, 상위와 연결의 용이성(단일 통신으로 모든 데이터 전송), 유지 보수의 편리성

입력전원	통신사양
- INPUT : AC100 ~ 240V / 2.0A / 50 ~ 60Hz	- INTERNAL : RS232 x 3 (SMW250-03 x 3) RS485 x 1 (SMW250-04 x 1) - EXTERNAL : RS232 x 2 (SMW250-03 x 2)

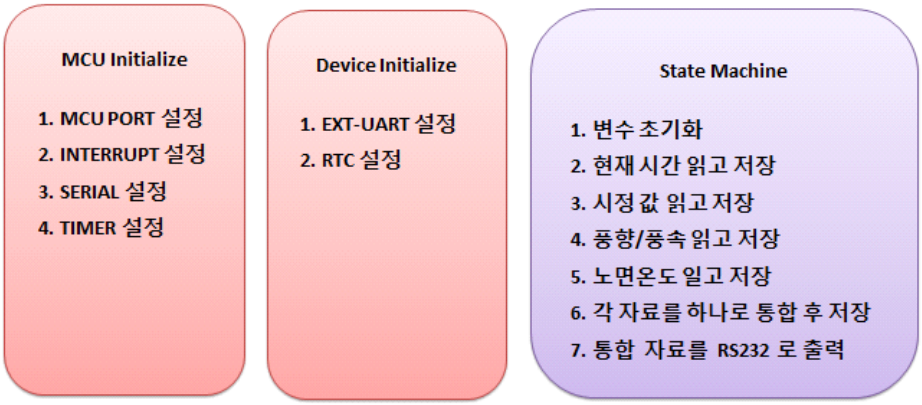
구 분	연 구 결 과

■ 회로설계 및 제작

CPU	통신	온습도
		

PCB	제작
	

■ 임베디드시스템 BLOCK 다이어그램

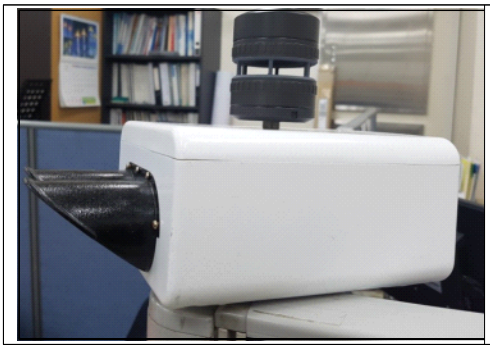
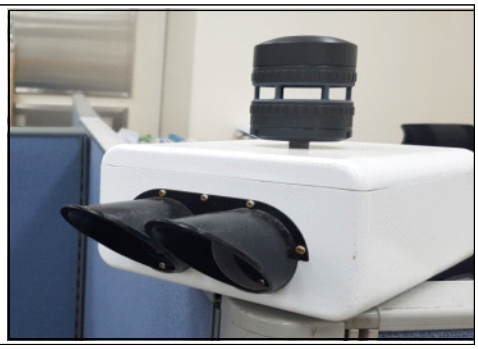


■ 통합기상검지기 사양

구 분	내 용
측정원리	후방산란방식
측 정	시정거리, 현천, 풍향풍속, 노면온도
시정측정범위	10 ~ 25000 m
현천측정종류	안개, 연무, 박무, 눈, 비 등 12가지 WMO 4860 code 표출
해 상 도	1m(최저시정 : 10m)
크 기	180 x 180 x 200
무 게	2.5kg
방수방진등급	IP66
동작온도	-40 ~ 85 ℃

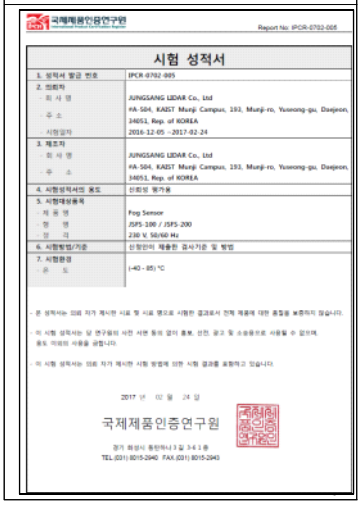
구 분	연 구 결 과

■ 제작사진

■ 통합기상검지기 시정거리 및 환경시험

공인시험성적서



시험 성적서

1. 성적서 발급 번호	IPCR-0702-005
2. 의뢰자	
- 회 사 명	JUNGSANG LIDAR Co., Ltd
- 주 소	#A-504, KAIST Munji Campus, 193, Munji-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34051, Rep. of KOREA
- 시험일자	2016-12-05 - 2017-02-24
3. 제조자	
- 회 사 명	JUNGSANG LIDAR Co., Ltd
- 주 소	#A-504, KAIST Munji Campus, 193, Munji-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34051, Rep. of KOREA
4. 시험성적서의 용도	신회원 평가용
5. 시험대상품목	
제 품 명	Fog Sensor
형 명	JSFS-100 / JSFS-200
정 격	230 V, 50/60 Hz
6. 시험방법/기준	신청인이 제출한 검사기준 및 방법
7. 시험환경	
온 도	(-40 - 85) °C

- 본 성적서는 의뢰 자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.

- 이 시험 성적서는 상 연구원의 사전 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 동도 이외의 사용을 금합니다.

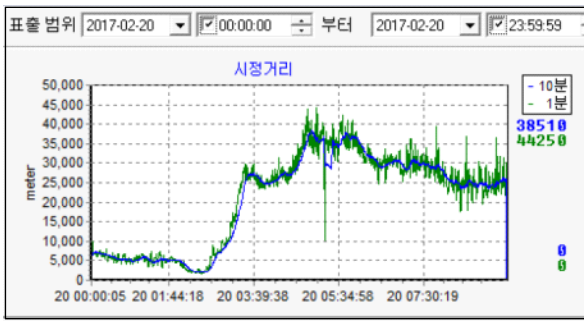
- 이 시험 성적서는 의뢰 자가 제시한 시험 방법에 의한 시험 결과를 표현하고 있습니다.

2017 년 02 월 24 일

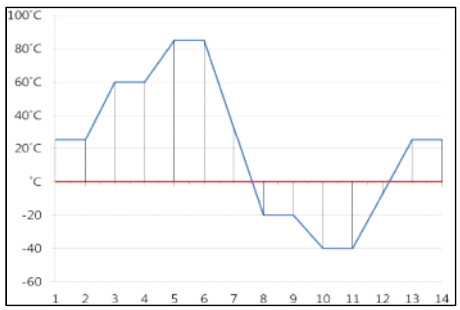
국제제품인증연구원

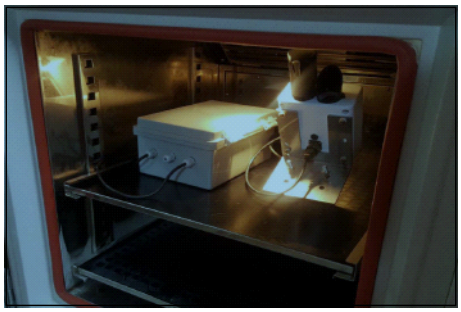
경기 화성시 동탄하나3길 34-1 층
TEL.(031) 8015-2940 FAX.(031) 8015-2943

- 시정거리 확인시험 : 시정거리 10m ~ 25Km까지 확인 >> 결과 : 적합(해상도 : 1m)



- 악조건하에서의 동작시험 : -40 ~ 85℃에서의 동작확인 >> 결과 : 적합





- 현천표출종류 확인시험 : WMO Codes Table 기준 10개 이상 표기되는지 확인 >> 결과 : 적합

< WMO Codes Table >

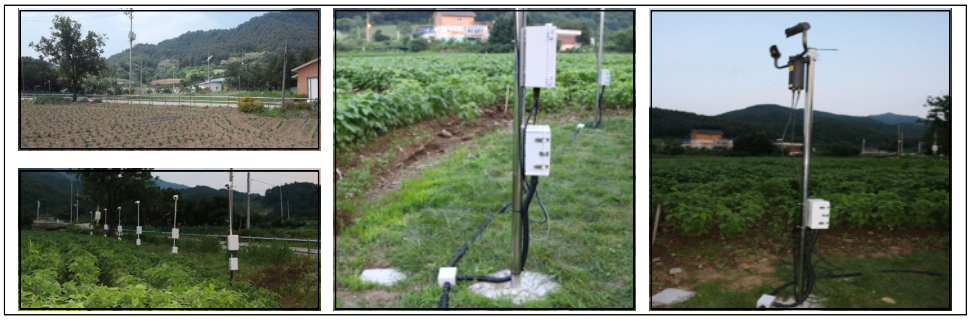
SYNOP Codes Table 4680	METAR Codes Table 4678	Weather Type
00	C	Clear
04	-HZ	1Km < -HZ < 10Km
05	HZ	200m < HZ < 1Km
05	+HZ	10m < HZ < 200m, humidity under 75%
10	BR	Mist
30	FG	10m < FG < 200m, humidity over 75%
61	-R	Rain, light
62	R	Rain, moderate
63	+R	Rain, heavy
71	-SN	Snow, light
72	SN	Snow, moderate
73	+SN	Snow, heavy
74	-PL	Ice pellets, light
75	PL	Ice pellets, moderate
76	+PL	Ice pellets, heavy

NO.	측정코드	표시 사항	시험 결과
1	00	00	Pass
2	04	04	Pass
3	05	05	Pass
4	10	10	Pass
5	30	30	Pass
6	50	50	Pass
7	61	61	Pass
8	62	62	Pass
9	63	63	Pass
10	71	71	Pass
11	72	72	Pass
12	73	73	Pass

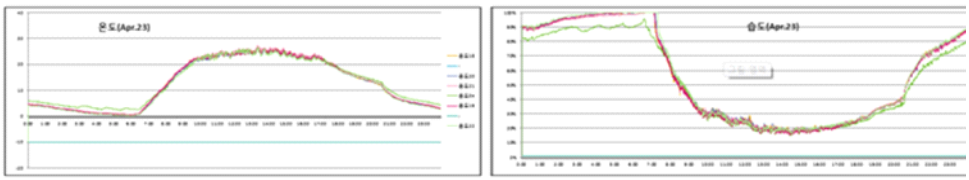
구 분	연 구 결 과

■ 통합기상검지기 테스베트 구축(포천)

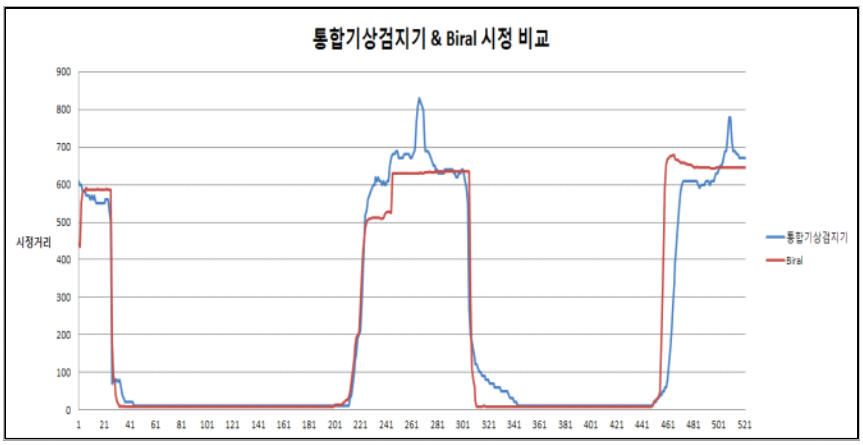
- 통합기상검지기와 외국의 Biral사의 시정계와 비교 실험



- 자료수집



■ 분석 및 결과



- 통합기상검지기와 Biral 제품과 비교 실험 결과 변화 구간을 제외한 부분에서 최대 20% 내외의 오차율을 보임
- 짙은 안개의 경우 13.7%, 11.1%의 양호한 오차율을 보임
- 변화 구간의 차이는 Biral 제품의 이동평균 기간의 차이로 추정
- 3차년도에 지속적인 관측을 통해 시정 상수를 보정하여 정확도 향상 계획

▣ 9. 능동형 속도관리시스템 알고리즘 및 운영전략

○ [양적 목표]

1) 특허 : 출원 1건

2) S/W : 1건

3) 논문 : 1건

○ [양적 성과달성]

1) 특허 : 출원 1건

- 능동형 속도관리시스템(10-2017-0137486, 2017, (주)래도)

2) S/W : 1건

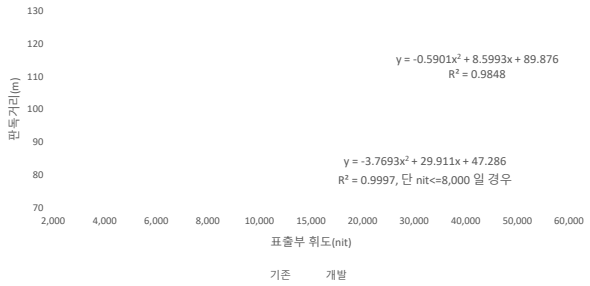
- 가변형 교통안전표지(VSL) 표출부 제어 소프트웨어(2017, 시스템 프로그램, C-2017-026992)

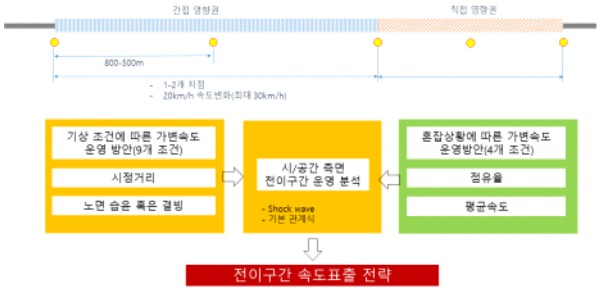
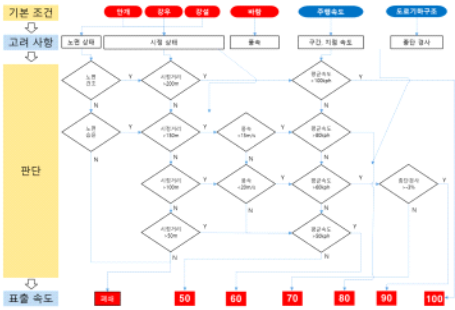
3) 논문 : 1건

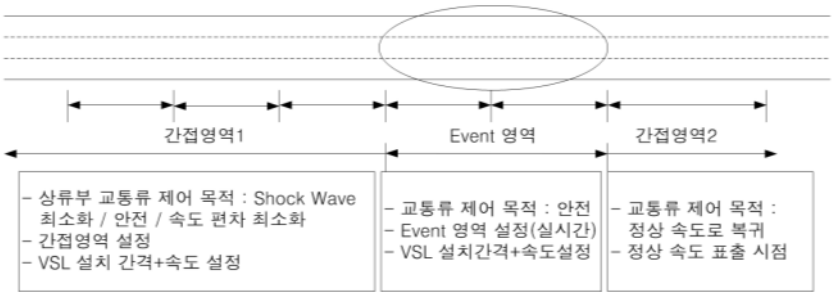
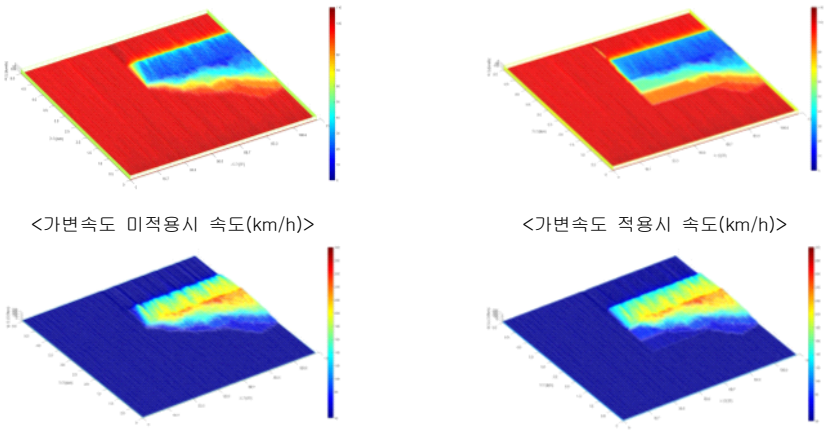
- Jae-pil Moon, Suk-ki Lee, Won-il Park, Min-soo Jin, "Study on Evaluation of Safety Effect of Variable Message Sign", Global Journa of Engineering Science and Researchers(GJESR), 2017

4) 학술발표 : 2건

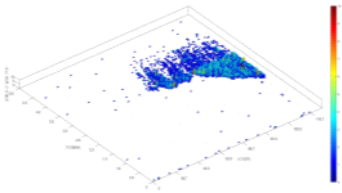
- 강애라, 박순용, “VSL 적정 설치간격을 위한 모의실험 분석”, 한국ITS학회, 2017
- 양신환, 임장혁, “가변형 속도제한시스템 운영 및 정보표출 성능에 관한 연구”, 한국ITS학회, 2017

구 분		연 구 결 과
능동형 속도관리시스템 알고리즘 및 운영전략	운영전략 알고리즘	■ 평상시 및 안개시 가변속도표지판 판독거리 현장주행실험 - 현장실험장소 : 한국건설기술연구원 SOC실증연구센터(경기도 연천 소재) ■ 현장주행실험 분석 결과(요약) ① 안개시 표출부 휘도에 따른 판독거리 - 안개시 표출부 휘도가 증가함에 따라 판독거리가 증가하는 경향을 보이다가, 개발 VSLS의 경우 일정 고휘도 이상에서는 눈부심 현상으로 인해 오히려 판독거리가 감소하는 것으로 나타났음. - 안개 상황에서 기존 VSLS 보다 개발 VSLS의 판독거리가 긴 것으로 나타났으며 개발 VSLS의 경우, 적정 휘도는 대략 20,000~30,000nit 이상일 것으로 판단됨. 

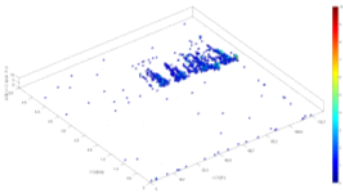
구 분		연 구 결 과
		② 기존 및 개발 VSLS에 대한 개선 효과 평가 : 평상 및 안개 상황 - 기존 VSLS(Variable Speed Limit Sign) 대비 개발된 듀얼 렌즈 타입의 VSLS는 안개가 없는 평상시에 최소 2.3%(4.0m)에서 최대 10.7%(34.0m) 판독거리가 증대되는 것으로 나타났으며 안개 상황에서의 판독거리는 최소 25.0%(24.4m)에서 최대 33.3%(24.4m) 판독거리가 증대되는 것으로 나타났음. ③ 표지 설치 형식에 따른 요구되어지는 최소 판독거리 만족여부 - 문형식 표지로 VSLS를 설치할 경우, 최소 판독 거리를 살펴보면 안개 상황에서 기존 VSLS는 73.3m로 요구되어지는 최소 판독거리 75.8m에 미치지 못하는 반면, 개발 VSL은 97.7m로 기존 VSL보다 우수한 판독성능을 보였음 평상시
		 안개시
능동형 속도관리시스템 운영매뉴얼 개발		■ **교통류 흐름 안정성 기반 단계적 속도 표출 알고리즘 개발** - 교통시뮬레이션 분석을 통해 전이구간의 속도표출 전략을 다음 그림과 같이 계획하였음. - 기상 조건(안개, 강우, 강설, 바람 등)에 따른 가변속도 운영 방안과 혼잡상황에 따른 가변속도 운영방안을 구분하고, 교통류 이론에 따른 시/공간 측면 전이구간 운영 분석을 수행하였음. - 시뮬레이션 Tool을 통해 환경을 구현한 후, 한국도로용량편람의 기준에 따라 정산을 수행하고, Matlab을 활용하여 시나리오별 Com-Interface분석(개별차량수집) 수행하였음.  - 기상 조건, 차량주행속도, 도로기하구조의 기본조건 하에서 노면 상태, 시정상태, 풍속, 구간/지점 속도, 종단 경사를 고려하여 가변속도표지판에 속도를 표출하는 알고리즘을 개발하였음. - 알고리즘 계획도는 아래 그림과 같음. 

구 분		연 구 결 과
	능동형 속도관리시스템 표출부의 성능기준 평가체제 고도화	■ 단계적 속도 감속 방안을 위한 시뮬레이션 환경 구축 및 시나리오 정립 - 가변속도 운영에 다른 시·공간 측면 전이구간 운영 전략 분석  - 전이구간의 공간적 요구 : 1) 20km/h 이상의 급격한 속도 변화 안됨(최대 30km/h 변경 가능) 2) 전이구간 1~2개 지점 요구 3) 설치간격 800m(단축 가능) ※ 일반적으로 검지기 설치 간격 : 500m - 전이구간의 시간적 요구 : 최소전이 시간 $s = 3.6 \times l/v$ 여기서, s = 최소전이 시간(초), l=가변속도표지판간 거리(m), v=해당구간의 제한속도(km/h) - 시뮬레이션 환경 구축, 정산 및 시나리오 1) 설계속도 100km/h 고속도로 : 구간길이 5km, 편도 3차로 2) 기상조건 : 시정거리 150m 이하 3) 정상적인 조건과 기상조건의 속도분포, 차두시간(초), 순응도(%)은 기 문헌 참조 4) 교통량 조건 : 3000(대/시), 4000(대/시), 5000(대/시)(승용차 비율 : 90%, 중형차 비율 :10%) 5) 전이구간 길이 : 500m, 1km 6) 가변속도 전략 : 30km/h → 50km/h(전이구간 1) → 80km/h(전이구간 2) ■ 각 방안별 운영(속도/밀도)효과 비교 - 운영측면에서 시·공도 분석 결과, 현 기준의 단계적 속도 전략(20km/h 속도 변화, 전이구간 1~2개 지점, 설치간격 800m)은 적절한 것으로 나타났음.  <시·공도 속도·밀도 분포도(교통량 4000(대/시) 조건)>

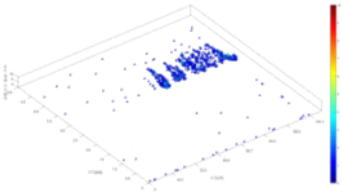
구 분	연 구 결 과



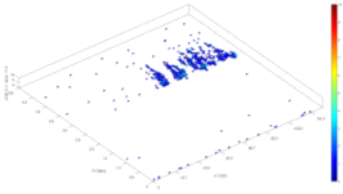
<가변속도 미적용시>



<가변속도 적용시(전이구간 미적용)>



<가변속도 적용시(전이구간 500m)>



<가변속도 적용시(전이구간 1km)>

<시·공도 교통사고 발생 가능성 분포도>

■ 각 방안별 안전효과 비교

- 가변속도 시스템 미적용시와 가변속도 시스템 적용시 안전효과를 시뮬레이션을 통해 비교해 봤을 때, 가변속도 시스템 적용시 교통사고 발생 가능 건수가 가변속도 시스템 미적용시 대비 크게 감소하는 것으로 나타났음.
- 또한, 전이구간을 길게 적용할수록 교통사고 발생 가능 건수가 감소하는 것으로 나타났음.

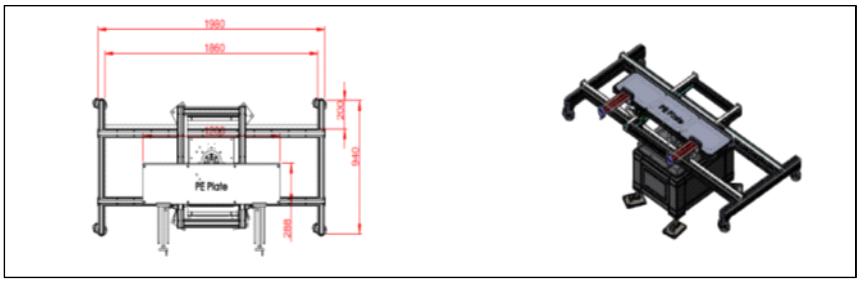
조건	가변속도 미적용	가변속도 적용 (전이구간 미적용)	가변속도 적용 (전이구간 500m)	가변속도 적용 (전이구간 1km)
교통사고 발생 가능 건수 (TTC=1.5초이하)	4,658	1,139	1,003	884
가변속도 미적용 대비 감소율(%)	-	75.6	78.5	81.1

■ 운영전략 결과(요약)

- 운영·안전 측면에서 시·공도 분석을 통해, 전이구간 1~2개 지점 설치 및 각 지점간 속도차이 20km/h(최대 30km/h)기반 속도표출 전략기반 속도 운영하는 것이 그렇지 않는 경우 대비 지·정체 파급효과(Shock wave)가 완화되며 사고발생 확률이 낮아지는 현상을 정량적으로 증명하였음.

■ 능동형 속도관리시스템 운영매뉴얼 개발 – 경찰청 고시

- 1, 2차년도 연구성과인 능동형 속도관리시스템의 설계개념, 기상상황을 반영한 가변제한속도 선정 및 운영방안 등을 통해 '가변형 속도제한시스템 설치운영 매뉴얼'과 '가변형 교통안전 표지 표준지침'을 개발하여 경찰청에 제안했고, 경찰청은 2017년 5월에 고시하여 능동형 속도관리시스템 설치 근거를 확보하였음

구 분		연 구 결 과
	능동형 속도관리시스템 표출부의 성능기준 평가체제 고도화	■ 외부조도 감지성능실험 시스템 구축 - 수광부 센서의 f_1'(상대분광응답도특성) : 조도센서가 얼마만큼 인체와 유사하게 빛에 대하여 반응하는지에 대한 척도로, 특성이 좋을수록 조도를 인체의 눈과 유사하게 인식 - 가변형 교통안전표지 표출부의 구성품인 수광부 센서의 상대분광응답도를 측정함으로써 성능기준을 연구하고 시스템에 대한 정량적 평가시스템 역할 외부조도 감지성능 실험시스템 구축 - 구성 ① 모노크로미터 : 각 파장대별 센서의 반응을 확인하기 위하여 표준광원의 빛을 파장대별로 분류하여 방출 ② 기준 조도센서 : 정밀급 센서(상대분광응답도특성 3 % 이내)로 공인교정기관으로부터 교정된 센서로 시험대상센서와 특성 비교의 기준기로 역할 ■ 능동형 속도관리시스템 표출부 성능평가용 실험실 구축 - 다양한 시제품 성능실험을 위한 시험대상장비 고정 지그(Jig) 제작  - 분광방사휘도계를 활용한 시험실 구축을 위한 고정 Plate, 소프트웨어 업그레이드 - 해당 장비 및 거치대를 활용하여 다양한 크기, 사양의 시제품 성능평가 가능 - 국제기준에 부합하는 장비 구축 및 기하구조로 공인시험기관 인정 추진예정(12월)

▣ 10. 시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 구축 계획

○ [양적 목표]

1) 특허 : 등록 4건, 2) 논문 : 3건, 3) 시제품 : 1건, 4) S/W : 1건

○ [양적 성과달성]

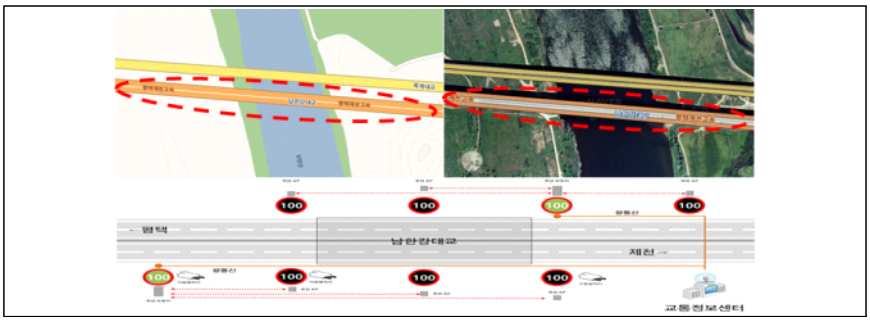
1) 특허 : 등록 5건
- 속도관리시스템(10-1840310, 2018, (주)래도)
- 도로정보표시장치(10-1846990, 2018, (주)래도)
- 가변속도표출시스템(10-1903416, 2018, 한국건설기술연구원)
- 통합기상검지기(10-1893501, 2018, (주)정상라이다)
- 통합기상검지시스템(10-1912874, 2018, (주)래도, (주)정상라이다)

2) 디자인 : 출원 및 등록 1건
- 전광표지판(30-0988776, 2019, (주)래도)

3) 논문 : 2건(1건 4월 한국ITS학회지 게재예정)
- Minsoo Jin, Sukki Lee, Wonil Park, Chulyong Kim, "Evaluation of Improved Variable Speed Limit Signs Under Foggy Conditions", Global Journa of Engineering Science and Researchers(GJESR), 2018
- 조중호, 정윤지, 김철용, “기상 상태에 따른 도로전광표지의 판독거리 비교 연구”, 교통안전연구 제37권, pp. 85-98, 2018

4) 시제품 : 1건

5) S/W : 1건
- 능동형 속도관리시스템 운영프로그램(2019, 응용 프로그램, C-2019-003430)

구 분	연 구 결 과
시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 구축 계획	■ 테스트베드 정의 및 목적 - 센터와 LOCAL장비 간의 연계테스트 및 통합기상검지기와 듀얼렌즈간의 연계성을 높이고 시스템의 개선점을 도출 - 시범운영 및 유지관리를 통하여 개발시스템의 기능 정상작동 여부와 성능을 검증하고 이에 따른 효과를 분석함으로서 성과물의 질적 향상 도모 ■ 테스트베드 내용 - LOCAL장비 간의 연계능력 테스트 - 통합기상검지기를 통해 얻어진 기상정보와 듀얼렌즈의 자동연계 능력 테스트 - 센터와 LOCAL장비 간의 연계능력 테스트 ■ 테스트베드 장소 - 평택제천고속도로 남한강대교 양방향(평택방면, 제천방면) 

구 분	연 구 결 과

■ 계획 일정

주요업무	1 ~ 9 월				10월					11월					12월			
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
후보지 조사 및 선정	■	■	■	■														
업무협의회	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
테스트베드 구축 계획안										■	■	■	■	■				
테스트 베드 협약 체결											■	■	■	■	■	■		
테스트베드 일정 확인													■	■	■	■		

■ 기대효과

- 기술적 측면
  ① 제품 상용화 전 현장에서의 테스트를 통한 시스템 안정화가 가능하며, 시스템과 관련된 평가지표 개발을 통해 시스템 도입 타당성에 대한 객관적 평가가능

- 사회적 측면
  ① 구축시설 및 운영인력 비용절감 효과와 기회비용 등의 종합적 분석을 통한 사회적 편익 증대
  ② 악천후 시 정보이용자(운전자)의 인지거리 향상을 통한 교통사고 예방 효과로 시스템에 대한 긍정적 이미지 부각
  ③ 기상정보에 대한 로그데이터 통해 효과적인 통계자료를 이용하여 관리 지사의 효율적인 교통 시스템 운영 가능

■ 테스트베드 구축 - 요구사항 정의

- 1차연도와 2차연도의 개발된 " 악천후 대응 능동형 속도관리시스템 및 표출부 " 와 "통합기상 검지기"를 하나의 통합시스템으로 연계하여 테스트베드에 구축함과 동시에 현장테스트를 실시하여 목표 성능 달성 여부 확인 및 보완사항 확인

■ 테스트베드 구축 - 후보지 조사 및 선정

- 필요조건 및 협조사항

조건	세부 내용
안개 발생 빈도가 높은 국도, 고속도로	본 과제의 특성상 악천후 상황 발생률이 높은 지역 실험 필요
센터 연동 테스트를 위한 통신망 구축	센터 프로그램과의 연계 테스트를 위해 기존 통신망 구축필요
전기 시설 접근성	공사 비용 및 공정시간 단축을 위해 기존 전기시설 필요
기설치 VMS 유・무	본 과제의 정확한 효과성 분석을 위해 기설치 지역 제외
현장 설치 용이성	공사 비용 및 공정시간 단축을 위해 현장 설치 용이성 검토
경제성	테스트베드 설치를 위한 예산 협의
교통정보 수집자료 제공	사전/ 사후 평가를 위한 설치 지점 인근의 교통정보 수집자료 제공

- 후보지 검토 : 각 시설물의 현장적용 가능성 및 운영·유지관리의 용이성 측면에서 검토
  ① 서해안선(서해대교) : 대표 안개사고 구간, 높은 효과평가 기대
  ② 통영대전선(무주IC ~ 잠두교) : 시정계 시범설치 구간, 높은 설치용이성 및

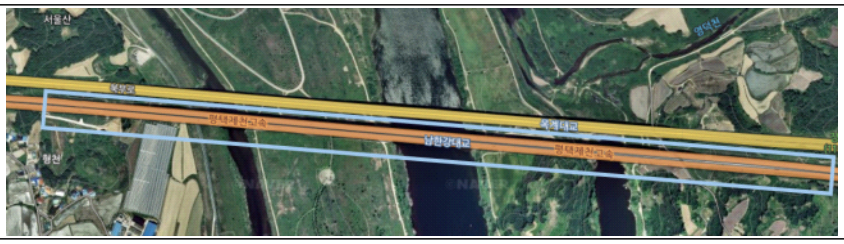
구 분	연 구 결 과

데이터 활용도

③ 평택제천고속도로(남한강대교 ~ 동충주IC) : 안개발생 다발지역, 안개등만 설치됨

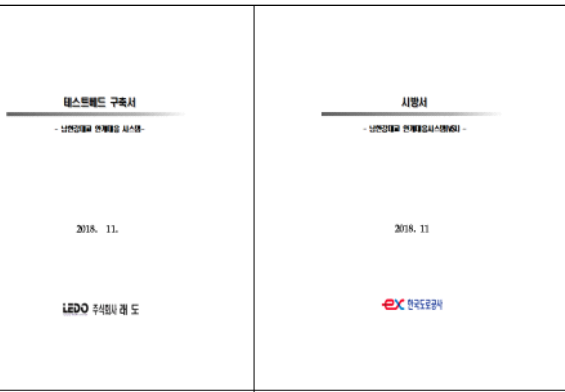
- 후보지 선정 : 필요조건 및 협조사항의 각 조건에 한하여 각 5점척도를 총합하여 평택제천고속도로(남한강대교 ~ 동충주IC)를 후보지로 선정함

후보지	세부 내용	총점
서해안선 (서해대교)	- 테스트베드 선정 시 높은 효과를 기대 할 수 있으나, 관리 지사의 예산부족으로 인해 경제성이 낮음	27/35
통영대전선 (무주IC ~ 잠두교)	- 안개센서 시범설치로 인한 시정데이터가 존재하여 테스트베드 선정 시 프로그램 안정성은 높으나, 관리 지사의 요구사항이 테스트베드 구축범위를 넘는 예산 필요	24/35
평택제천고속도로 (남한강대교 ~ 동충주IC)	- 관리 지사와 계약으로 인하여 경제성이 높으며, 기설치 VMS가 없어, 사전 / 사후 효과 평가 유리함	31/35



< 남한강대교 안개대응시스템 현장설치 지점 >

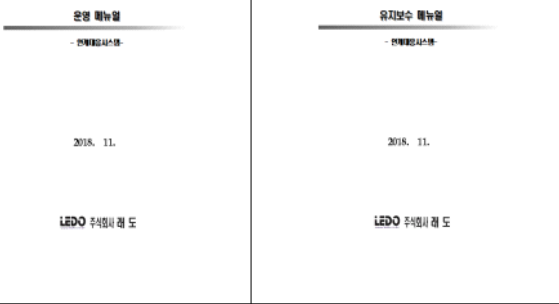
■ 테스트베드 구축 - 구축 계획안 및 협약체결



< 테스트베드 구축서 >

< 시방서 >

< 물품구매 계약서 >



< 운영 메뉴얼 > < 유지보수 메뉴얼 >

구 분	연 구 결 과

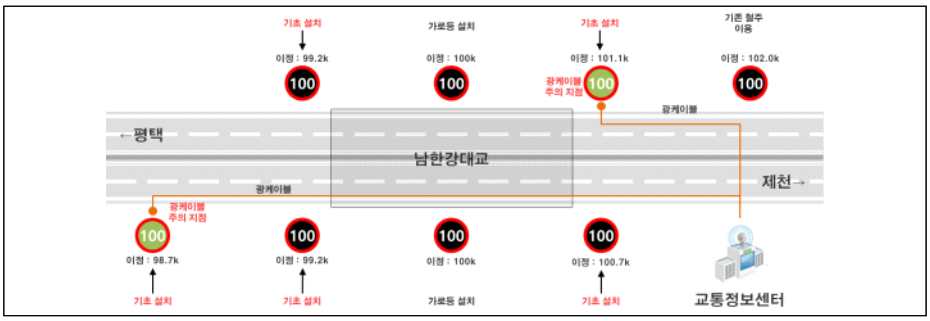
■ 테스트베드 구축 - 시스템 구성

- 현장시스템은 평택제천고속도로의 남한강대교 평택방면, 제천방면 양방향의 설치하며, 지점 중복으로 인하여 통합기상검지기는 제천방향 3개소의 설치함

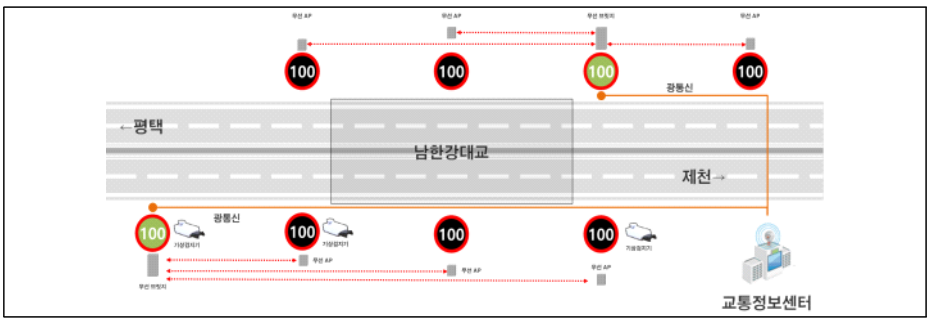
- 악천후 대응 능동형 속도관리시스템은 현장에서의 표출부, 통합기상검지기, IWVC의 유기적인 연계와 현장시스템과 운영센터와의 연계를 통하여 이루어짐

- VSL 구성도는 각각 이정의 구성도를 말하며, LOCAL 제어기에서 무선AP로 IWVC와 통신하며 기상검측을 위한 통합기상검지기와 표출정보 및 기상데이터를 관리하는 IWVC, 듀얼렌즈 표출부로 구성되어 있으며, 가로등 설치 이정은 항시 전원이 아닌 문제로 배터리와 충전기가 추가로 필요함

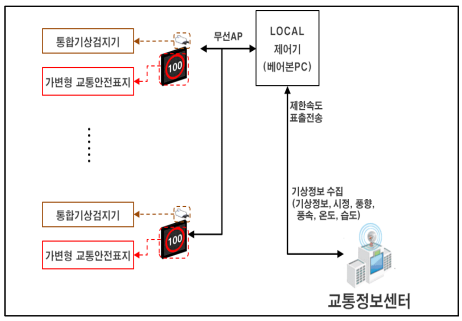
- 남한강대교 안개대응 시스템은 실시간현황판을 통해 교통정보센터에서 기상정보 및 표출정보를 확인 가능하며, 수동적으로 표출정보를 변경 가능함

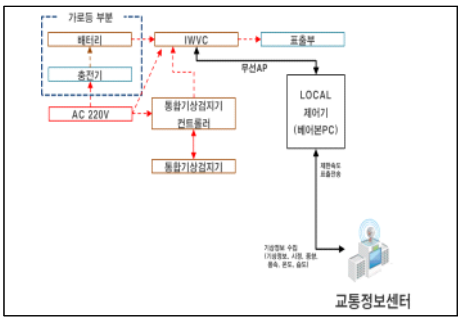


< 남한강대교 안개대응시스템 현장설치 이정 >



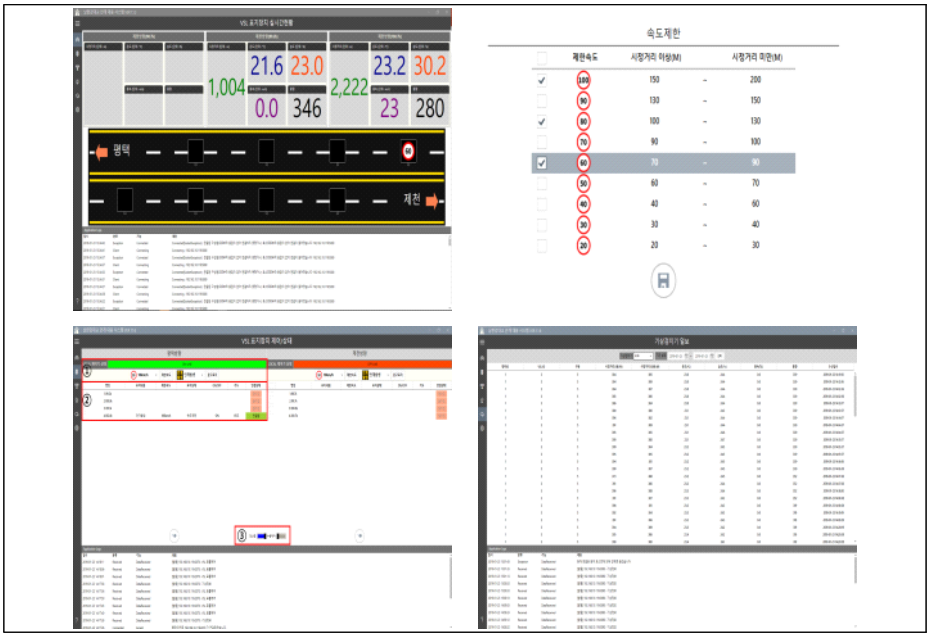
< 남한강대교 안개대응시스템 통신개통도 >





< 남한강대교 안개대응시스템 전체 구성도 >　　< VSL 구성도 >

구 분	연 구 결 과



< 남한강대교 안개대응시스템 센터 프로그램 >

■ 테스트베드 구축 – 현장설치

< 터파기, 콘크리트 타설 >	< 콘크리트 양생, 지주 설치 >
< 지주에 전광판 설치 >	< 가로등에 전광판 설치 >

▣ 11. 시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(시스템)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>연 구 결 과</th></tr>
<tr><td>시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(시스템)</td><td>

■ 가변형 교통안전표지 제한속도 및 문구 표출제어

- 제한속도 및 표출문구 제어는 테스트시 가변형 교통안전표지에 표출되는 내용으로 인한 운전자의 혼란을 최소화하기 위하여 제한속도(100km/h)와 문구(속도준수)를 번갈아가며 실시함

- 표출제어는 제한속도와 문구표출을 각각 20회씩 실시하여 총 40회를 실시하고 정상 수행상태를 현장에서 확인함

구 분	테스트 횟수	성공 횟수	실패 횟수	동작정확도
제한속도(100km/h)	20회	20회	0회	100%
문구(‘속도준수’)	20회	20회	0회	100%
총계	40회	40회	0회	100%

■ 능동형 속도관리시스템 자동제어 통신 및 표출 정확도

- 자동제어는 통합기상검지기의 정보를 수신 받은 교통정보센터에서 설정된 기상상태의 따른 문구표출제어 명령을 가변형 교통안전표지의 송신, 가변형 교통안전표지는 정상적으로 제어명령 수신시 현재 표출정보를 교통정보센터의 송신함

- 교통정보센터에서 문구표출제어 명령 대비 현재표출정보 수신여부를 판단하여 정확도 판단

구 분	송신 횟수	정상 동작	비정상 동작	정확도
표출제어명령 송수신	2,966회	2,941회	25회	99.15%

- 자동제어 운영방안은 “가변형 속도제한시스템 설치·운영 매뉴얼(경찰청, 2017.05.11)” 기준의 따름

- 남한강대교 안개 대응 시스템 의 자동제어 문구설정의 준하는 악천후 상황이 발생하지 않아, 지속적인 로그데이터 분석을 통해 자동제어 정확도 분석 중

- 점검주기 : 상시(엄정지사 교통정보센터 상황실) 및 주기점검

점검일자	점검내용	조치사항
2019/03/18	통합기상검지기 3번 시정데이터 오류	통합기상검지기 교체
2019/04/01	이상무	이상무
2019/04/18	이상무	이상무
2019/04/30	프로그램 종료로 인한 통신오류 발생	프로그램 자동 재가동 설정

■ 통합기상검지기 통신 및 저장

- 기상정보는 20초 간격으로 통합기상검지기에서 교통정보센터로 송신되며 1일 최소 송신횟수는 총 4,320회임

- 교통정보센터에서 수신여부를 판단하여 통합기상검지기 통신정확도를 판단하며 기상정보 DB저장 상태를 비교분석하여 저장기능 정확도를 판단함

구 분	시행 횟수	정상동작	비정상 동작	정확도
기상정보 수신	4,320회	4,176회	144회	96.69%
기상정보 저장	4,320회	4,177회	143회	96.69%

■ 통합기상검지기 통신 및 저장

- 가변형 교통안전표지의 표출제어 테스트 수행결과 총 40회 중 40회 정상 수행되어 100%의 동작정확도를 확인함
- 가변형 교통안전표지 통신정확도 측정 결과 총 1,440회 중 1,399회 정상 수신 되었으며 통신동작정확도는 97.15%임
- 통합기상검지기의 통신정확도 측정 결과 총 4,320회 중 4,176회 정상 수신되었고, 저장기능 역시 4,320회 중 4,177회 정상동작 하였으며 동작정확도는 96.69%임
- 표출제어, 통신상태, DB저장 기능의 테스트 결과 동작정확도 90%이상을 확보한 것으로 확인됨

</td></tr>
</table>

▣ 12. 시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(통합기상검지기)

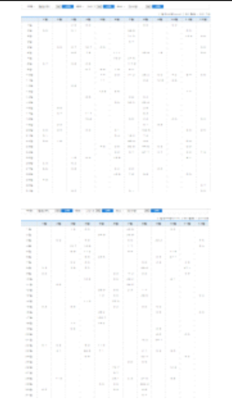
구 분		연 구 결 과
시범설치 및 운영평가 - 테스트베드 효과평가(통합기상검지기)	눈 · 비 실험	(아래 참조)
	안개실험	(아래 참조)

[눈 · 비 실험]

■ 실험방법

- 포천에 위치한 테스트 베드와 기상청 실측자료의 비교를 통해 정확도 측정
- 비는 동두천과 철원, 눈은 북춘천의 자료를 비교함
- 기간 : 2017.07.17 - 2018.04.13 중 눈/비가 있던 날(비(38일), 눈(9일) : 기상청 자료)
- 포천 테스트베드의 통합기상검지기에서 강수/강설을 표출하면 1, 표출하지 않으면 0을 표시

■ 기상청 관측자료 및 통합기상검지기 검지자료



비

눈

< 기상청 관측자료 >

	안개감지기 번호						
강수일자	1	2	3	4	5	6	8
2017-07-18	1	1	1	1	1	0	1
2017-07-21	1	1	1	1	1	1	1
2017-07-22	1	1	1	1	1	1	1
2017-07-23	1	1	1	1	1	1	1
2017-07-24	1	1	1	1	1	1	1
2017-07-27	1	1	1	1	1	1	1
2017-07-28	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-06	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-10	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-11	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-14	1	1	1	1	1	0	1
2017-08-15	1	1	0	1	0	1	1
2017-08-16	1	1	1	1	0	1	1
2017-08-17	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-18	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-20	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-21	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-23	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-24	1	1	1	1	1	1	1
2017-08-28	1	1	1	1	1	1	1
2017-09-19	1	1	1			1	1
2017-10-10	1	1	1			1	1
2017-10-11	1	1	1			1	1
2017-11-03	1	1	1			1	1
2017-11-10	1	1	1			1	1
2017-11-13	1	1	1			1	1
2017-11-28	1	1	1			1	1
2018-01-22	1	1	1			1	1
2018-02-28	1	1	1			1	1
2018-03-08	1	1	1			1	1
2018-03-15	1	1	1			1	1
2018-04-03	1	1	1			1	1
2018-04-04	1	1	1			1	1
2018-04-05	1	1	1			1	1
2018-04-06	1	1	1			1	1
2018-04-07	1	1	1			1	1
2018-04-08	1	1	1			1	1
2018-04-10	1	1	1			1	1

비

	안개감지기 번호						
강설일자	1	2	3	4	5	6	8
2018-01-22	1	1	1			1	1
2018-01-30	1	1	1			1	1
2018-01-31	1	1	1			1	1
2017-12-18	1	1	1			1	1
2017-12-20	1	1	1			1	1
2017-01-27	1	1	1	1	1	1	
2017-01-29	1	1	1	1	1	1	
2017-01-30	1	1	1	1	1	1	
2017-02-05	1	1	1	0	0	1	

눈

< 통합기상검지기 측정 >

■ 실험결과

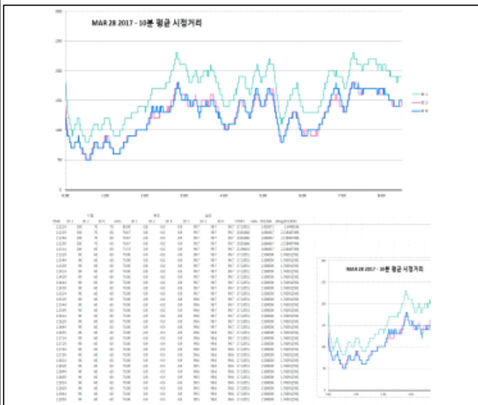
- 비 오는 날에 작동한 통합기상검지기 측정 횟수 230번 중 225번을 비로 측정하였으므로 **비 검지 정확도는 225/230= 97.83%**
- 눈 오는 날에 작동한 통합기상검지기 측정 횟수 49번 중 47번을 눈으로 측정하였으므로 **눈 검지 정확도는 47/49= 95.92%**

[안개실험]

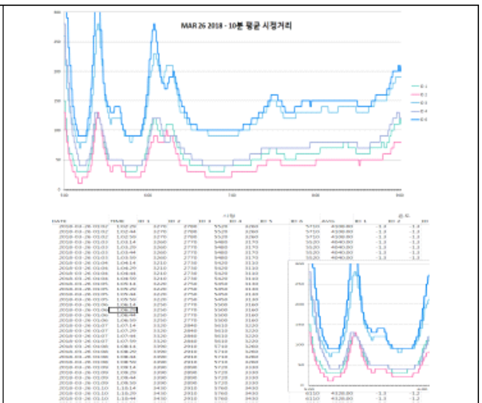
■ 실험방법

- 포천에 위치한 테스트 베드의 안개 비교 자료가 없어 테스트 안개감지기가 안개로 감지한 날을 안개가 낀 날로 간주하여 기기 간 오차를 비교함.
- 기간 : 2018.03.26.~28(2일) : 05:00 ~ 09:00 : 1분 간격으로 데이터 측정

■ 통합기상검지기 검지자료



< 2018년 3월 26일 측정 >



< 2018년 3월 28일 측정 >

■ 실험결과

- 05:00~09:00 까지 1분 간격 자료이므로 자료 개수 4시간 * 60개 / 시간 = 240개
- 눈/비가 오지 않고 안개만 낀 시간에 눈/비로 잘못 판별한 자료 개수 10개
- **정확도 : (240-10)/240 = 95.83%**

▣ 13. 능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영

구 분	연 구 결 과

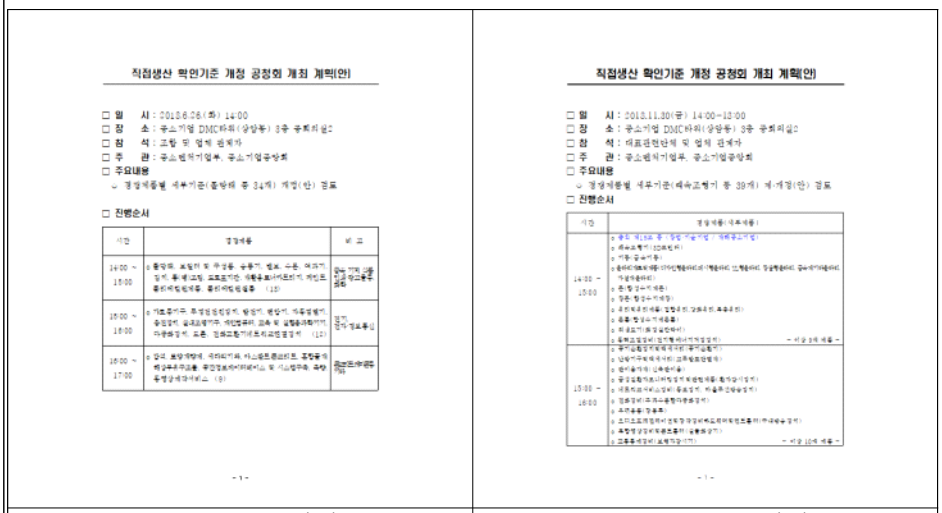
능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영

■ 가변속도표지판 MAS(다수공급자) 등록 절차

1	2018년 3월	- MAS 조달연구원 _ MAS 등록과정 문의
2	2018년 3월	- 서울지방조달청_구매사업국 쇼핑몰구매과 MAS 등록 자격 문의 - 직접생산기준 기존 도로안전표지판(조명식,발광식)외 별도 - 가변속도표지판 품목추가 등록 요청
3	2018년 4월	- 한국도로교통시설물공업협동조합_가변속도표지판 직접생산 품목추가 절차 협의
4	2018년 4월	- 대전지방조달청_가변속도표지판 품목추가 등록 문의 후 절차 확인 완료
5	2018년 4월	- 중소기업중앙회_가변속도 표지판 직접생산 품목 추가 협의 및 요청
6	2018년 9월	- 중소기업중앙회_가변속도 표지판 직접생산 품목 추가 공청회 참석 및 기준 변경 요청
7	2018년 11월	- 중소기업중앙회_직접생산 품목 추가 1차 공청회 완료
8	2018년 12월	- 중소기업중앙회_직접생산 품목 추가 기준변경 2차 공청회 완료
9	2019년 02월	- 가변속도표지판 직접생산 품목추가 및 기준변경 공시 예정
10	2019년 02월	- 중소벤처기업부고시 제2019-18호, 2019.2.25. 개정

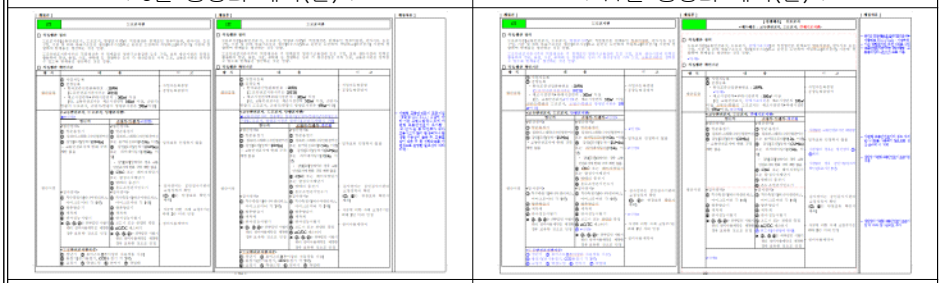
■ 직생관련 공청회 자료

- 6월 공청회 : 가변형 교통안전표지 품목 추가
- 11월 공청회 : 가변형 교통안전표지 기준 개정



< 6월 공청회 계획(안) >

< 11월 공청회 계획(안) >

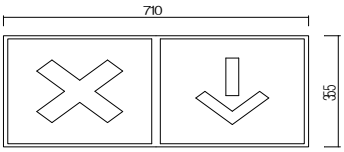


< 6월 공청회 자료
: 가변형 교통안전표지 품목 추가
(도로표지판) >

< 11월 공청회 자료
: 가변형 교통안전표지 기준 개정
(도로표지판) >

구 분	연 구 결 과
능동형 속도관리시스템 평가체계 개발 및 표준지침 반영	■ 차로별 통행허용 및 금지에 대한 교통안전시설 개선(안) 도출 (경찰청 협의 완료) - 국내에서 고속도로에서 차로별로 전광판으로 통행을 금지 또는 허용하는 것에 대한 명확한 법적근거 제시 - 신호등 형식의 '가변형 가변등'은 고속주행시 운전자 시인성 향상 방안 필요

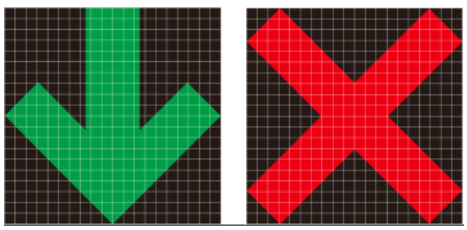
① 도로교통법 시행규칙[별표 3] : 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치기준 제시

구분	종류	만드는 방식(단위 : 밀리미터)	설치기준
차량등	가변형 가변등		· 일자 또는 시간에 따라 교통량의 변동이 많은 간선도로 중 가변차로로 지정된 도로 구간의 입구, 중간 및 출구에 설치한다. · 단, 고속도로, 갓길차로 등 차로별 통제가 필요한 구간에서는'가변속도제한표지'로 '가변형 가변등'을 표출할 수 있다. 이때 배율은 교통안전표지의 확대기준을 따르며, 단일 면에 'X'와 '↓'를 표현할 수 있다.

② 가변형 속도제한시스템 설치운영 매뉴얼 : 내용 추가

구분	내용 추가
Ⅲ. 운영 5. 가변속도의 변경 (4)가변속도 표출의 특수운영	차로별 차량의 통제가 필요한 경우에는 가변속도제한 표지로 '가변형 가변등'을 표출할 수 있다. 이때 배율은 교통안전표지의 확대기준을 따르며, 단일 면에 'X'와 '↓'를 표현할 수 있다. 차로차단의 경우에는 적색의 색상으로 'X'표시를 하는 것이 원칙이나, 가변속도형 가변속도제한표지는 백색으로 표현하는 것도 허용된다.

③ 가변형 교통안전표지 표준지침 (안) : 내용 추가

구분	내용 추가
6. 표출형상 (3) 가변형 가변등	차로별 차량의 통제가 필요한 경우에 가변형 교통안전표지로 '가변형 가변등'을 표출할 수 있다. 이때 배율은 교통안전표지의 확대기준을 따르며, 단일 면에 'X'와 '↓'를 표현할 수 있으며 그 구체적인 형상은 [붙임 2]에 따른다.
[붙임 2]	차로변 차량 통제를 위한 가변형 교통안전표지  ※ 함체 크기는 가변형 교통안전표지를 따르며, 표출방식은 상기 그림을 준용하여야 함

▣ 14. 신기술 및 품질인증

○ [양적 목표]
1) KC인증 : 1건/ CE인증 : 1건/ 교통신기술 : 1건

○ [양적 성과달성]
1) 시험성적서 : 1건/ 환경인증 : 1건/ 성능인증 : 1건/ KC인증 : 1건/ CE인증 : 1건/ 교통신기술 : 진행중

구 분	연 구 결 과
신기술 및 품질인증	■ 시험성적서 : 지방자치단체, 공공기관 및 민간 사업시행자에 교통신호제어기 납품시 필요 ■ 환경인증 : 정부포상제도에 추천, 인증제품 홍보 및 유통판매처 개척지원, 공공기관이 의무구매, 지자체 및 정부 운영제도에서 인증제품 사용 혜택, 조달청 다수공급자(MAS) 등록 지원 ■ 성능인증 : 수의계약 또는 중소기업자간 제한경쟁, 중소기업자 중 지명경쟁 입찰에 의하여 우선구매 지원 ■ KC인증 : 안전확인대상전기용품의 제조업자 또는 수입업자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 인증 필요(전기용품안전 관리법 제13조) ■ CE인증 : 지침의 필수 요구사항에 대한 적합성 표시, 시장진출 허용, 자유로운 유통에 대한 표시, EU지역에 판매되는 제품에 대한 적합성 표시 ■ 교통신기술 : 기술사용료 지급 청구, 우선적용 및 구매권고, 시험시공 권고, 시범사업에 우선적용, 입찰가점 부여, 자금 및 수수료 지원, 조달청 우수제품 지정 우대 시험성적서/ 가변형 교통안전표지 성능시험(내후성외 13개항목) 환경인증 / 제19220호 성능인증서 / 경기-2018040486-2-01 KC인증 / R-RME-LDO-DLV-S CE인증 / STD-CE-19004 교통신기술 / 초안 작성완료

▣ 15. 능동형 속도관리시스템 사업화 - 홍보

○ [양적 목표]

1)

○ [양적 성과달성]

1) 국외 전시회 : 인터트래픽 국제전시회(네덜란드, 2018. 03. 18 ~ 2018. 03. 25 : 1건)
세계기상기술엑스포(네덜란드 및 스페인, 2017 ~ 2018 : 2건)

2) 국내 전시회 : 국토교통기술대전(서울 코엑스, 2018. 06. 07 ~ 2018. 06. 08 : 1건)
기상기후산업박람회(일산 킨텍스, 2017 ~ 2018 : 2건)

3) 언론홍보 : YTN 외 5건

구 분	연 구 결 과
능동형 속도관리시스템 사업화 - 홍보	

■ 국내외 전시회

인터트래픽 국제전시회
(네덜란드 암스테르담, 2018. 03. 18 ~ 2018. 03. 25)

국토교통기술대전
(서울 코엑스, 2018. 06. 07 ~ 2018. 06. 08)

전시회	장소	일자	건수
인터트래픽 국제전시회	네덜란드	2018. 03. 18 ~ 2018. 03. 25	1건
국토교통기술대전	서울 코엑스	2018. 06. 07 ~ 2018. 06. 08	1건
세계기상기술엑스포	네덜란드, 스페인	2017, 2018	2건
기상기후산업박람회	일산 킨텍스	2017, 2018	2건
총 6건			

■ 언론홍보

언론사	제목	기자	일자
YTN	기상악화 재현해 '맞춤형 도로' 연구 첫선	이하린	2018.12.05
KBS	'폭우·안개' 완벽 재현해 '첨단 실험'으로 교통 개선	신선민	2018.12.05
SBS	'악천후'재현 가능한 도로 실험센터 개설…기술 개발 돕는다	장훈경	2018.12.06
뉴스1	눈·비 등 실제 악천후 기상상황 재현할 도로실험시설 개관	이동희	2018.12.05
세계일보	"기상 악화, 운전에 미치는 영향 직접 분석"	김선영	2018.12.05
연합뉴스	"폭우·눈·안개 재현해 도로교통 시험"…도로실증센터 개소	김동규	2018.12.05

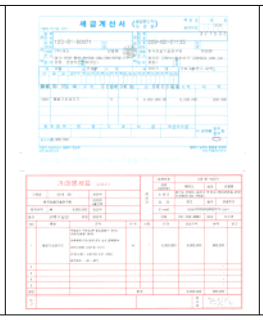
▣ 16. 능동형 속도관리시스템 사업화 - 매출

○ [양적 목표]

1)

○ [양적 성과달성]

1) 매출 : 총 126,858,000원(약 126.9백만원)(VAT포함)

구 분	연 구 결 과
능동형 속도관리시스템 사업화 - 매출	 < 물품구매계약서 > < 물품납품(판매) 실적증명서 > - 평택제천선 남한강대교 안개대응시스템 구매(설치포함) / 한국도로공사 엄정지사 : 납품금액 : 69,991,000원(VAT포함)
	 < 계약변경합의서 > < 물품납품(판매) 실적증명서 > - 기계졸음쉼터 사물인터넷(IoT)디바이스 구매(설치포함) / 한국도로공사 대구경북본부 : 납품금액 : 12,317,000원(VAT포함)
	 < 물품납품 확약서 >  < 세금계산서 및 거래명세서 > - 통합기상검지기 / 한국건설기술연구원 : 납품금액 : 9,900,000원(VAT포함)
	 < 발주서 > < 세금계산서 및 거래명세서 > VMS 도형식 12단 16열 / 고양시 - : 납품금액 : 34,650,000원(VAT포함)

제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표 달성도

○ 본 연구는 단위 요소 핵심기술인 악천후 대응 시인성 향상 표출부 개발, 통합기상검지기 개발, 운영전략 및 알고리즘을 기반으로 능동형 속도관리시스템을 개발하였으며 이에 따른 성과점검기준을 설정하였음

○ 목표로 설정한 질적 성과지표와 정량적 성과지표 중 3차년도 교통신기술 인증(A-4-①)은 진행중

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		질적 목표 및 성과							해당 기관	예산 (백만원)	양적 목표 및 성과			증빙 자료
						질적성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	가중치	달성치	
1차년도	A	능동형 속도관리 시스템 개발	A-1	능동형 속도관리시스템 요구성능 정의 및 개념 설계	①	능동형 속도관리시스템 설계안	1건	1건	요구성능 및 개념 설계안	보고서	3	래도, 건기연 정상	117	특허 : 출원 1건		특허 : 출원 1건 매뉴얼(안) : 1건	최종 보고서 14~16
	B	악천후 대응 시인성 향상 표출부 개발	B-1	Dual 렌즈 설계 및 시뮬레이션	①	Dual 렌즈 빔 표출각도	표출각도1 : ±30도 이상 표출각도2 : ±10도 이하	표출각도1 : ±30도 이상 표출각도2 : ±10도 이하	시뮬레이션	시뮬레이션 결과	2	래도 건기연	108	특허 : 출원 2건		특허 : 출원 2건 논문 : 1건 표준지침(안) : 1건	최종 보고서 17~22
			B-2	상황선택 가능한 LED집적 구동회로 설계 및 단위모듈 제작	①	LED집적 구동회로 및 모듈 설계도	1건	1건	설계도 제시	설계도	0.5						
					②	LED단위모듈 동작정확도	동작정확도 90%이상	동작정확도 90%이상	단위테스트 결과	보고서	1		91.64				
			B-3	태양빛 소멸 표출부 구조 설계	①	태양빛 소멸 표출부 구조 설계	1건	1건	설계도 제시	설계도	2		100				
	C	통합기상검지기 개발	C-1	송,수신부 소형화 모듈 설계	①	송수신부 소형화 설계	기존 상용제품 대비 30% 부피 감소	기존 상용제품 대비 30% 부피 감소	설계도 제시	설계도	2	정상 래도	135	특허 : 출원 1건		특허 : 출원 1건 디자인 : 출원 1건	최종 보고서 23~27
			C-2	악천후 및 도로환경 검지 요소기술 개발	①	풍속, 노면온도 검지 모듈 개발	오차율 10% 이내	오차율 10% 이내	단위테스트 결과	보고서	3		90				
	D	운영전략 및 알고리즘	D-1	도로교통 안전정보 제공용 기상자료 범위 및 요구성능 도출	①	기상자료 범위 및 요구성능	1건	1건	드라이빙 시뮬레이션	시뮬레이션 결과	2.5	건기연 래도	100	논문 : 1건		논문 : 1건	최종 보고서 28~34
			D-2	기상상태 및 도로상황 반영 가변 제한속도 산정 알고리즘	①	가변 제한속도 산정 알고리즘	1건	1건	드라이빙 시뮬레이션	시뮬레이션 결과	2		81	논문 : 1건 SW : 1건		논문 : 1건 SW : 1건	
			D-3	가변 제한속도 표출시스템 운영 전략	①	가변 제한속도 표출시스템 운영안	1건	1건	드라이빙 시뮬레이션	시뮬레이션 결과	2		81	특허 : 출원 1건 논문 : 1건		특허 : 출원 1건 학술발표 : 1건 SW : 1건	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		질적 목표 및 성과							해당 기관	예산 (백만원)	양적 목표 및 성과			증빙 자료
					질적성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	가중치	달성치	
2차년도	A	능동형 속도관리시스템 개발	A-1	능동형 속도관리시스템 시작품 제작	①	동작정확도	동작정확도 90%이상	동작정확도 90%이상	단위테스트결과	보고서	5	래도, 건기연, 정상, 공단	224	시제품: 1건 SW: 1건		시제품: 1건 SW: 1건 매뉴얼고시: 1건	최종 보고서 35~38
	B	악천후 대응 시인성 향상 표출부 개발	B-1	Dual 렌즈 시작품 제작	①	Dual 렌즈 빔폭각도, 휘도	표출각도1:±30도 이상, 표출각도2:±10도 이하, 기존모듈휘도 대비 2배 향상	표출각도1:±30도 이상, 표출각도2:±10도 이하, 기존모듈휘도 대비 2배 향상	빔폭각도 시험, 휘도시험	공인시험성적서	2	래도, 공단	101	특허: 출원 1건 논문: 1건 시제품: 1건 SW: 1건		특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 SW: 2건 표준지침고시: 1건	최종 보고서 39~44
			B-2	VCU 설계 및 제작	①	VCU보드 동작정확도	동작정확도 90%이상	동작정확도 90%이상	단위테스트 결과	보고서	1	래도	65				
			B-3	태양빛 소멸 표출부 시작품 제작	①	휘도비 개선	EN12966 VMS휘도비 R2 이상	EN12966 VMS휘도비 R2 이상	휘도비 시험	공인시험성적서	2	래도, 공단	80				
	C	통합기상검지기 개발	C-1	개별 센서 기능 통합	①	통합제어 모듈제작	1건	1건	설계도 제시	설계도	2	정상, 래도	72	시제품: 1건 SW: 1건		특허: 출원 1건 디자인: 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 전시화 2건	최종 보고서 45~48
					②	임베디드 소프트웨어 개발	1건	1건	설계도 제시	설계도	1	정상, 래도	44.64				
			C-2	개별 센서모듈의 기능 통합된 기상검지기 시작품 제작	②	통합기상검지기 시작품 제작	시정한계 : 1km미만 표출해상도 : 1m이하	시정한계 : 1km미만 표출해상도 : 1m이하	단위테스트 결과	보고서	3	정상, 래도	100				
	D	운영전략 및 알고리즘	D-1	교통류 흐름 안정성 기반 단계적 속도표출 알고리즘	①	단계적 속도표출 알고리즘	1건	1건	현장실험 결과	보고서	2	건기연, 래도, 공단	130	특허: 출원 1건 SW: 1건		특허: 출원 1건 학술발표: 1건 SW: 1건	최종 보고서 49~53
			D-2	능동형 속도관리시스템 운영 전략	①	능동형 속도관리시스템 운영매뉴얼	1건	1건	현장실험 결과	보고서	2	건기연, 래도, 공단	87	논문: 1건		논문: 1건 학술발표: 1건	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		질적 목표 및 성과							해당 기관	예산 (백만원)	양적 목표 및 성과			증빙 자료
					질적성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	가중치	달성치	
3차년도	A	악천후 대응 능동형 속도관리시스템 개발	A-4	시범설치	①	시범설치	1건	1건	시범설치 구축서	보고서	3	래도,건기연,정상,공단	467	특허 : 등록 4건 논문 : 2건 시제품 : 1건 SW : 1건 KC인증 : 1건 CE인증 : 1건 교통신기술 : 1건		매출액 : 126.9백만원 (VAT포함) 특허 : 등록 5건 디자인 : 출원 1건 등록 1건 논문 : 1건 (1건 2월게재 예정) 시제품 : 1건 SW : 1건 KC인증 : 1건 CE인증 : 1건 환경인증 : 1건 성능인증 : 1건 시험성적서 : 1건 교통신기술 : 진행중 전시회 : 4건 언론홍보 : 6건	최종 보고서 54~64
			A-5	시범설치 효과평가	①	동작정확도 및 이용자 평가	동작정확도 90% 이상	동작정확도 90% 이상	단위테스트 및 설문조사	단위테스트결과 및 보고서	3	래도,건기연,정상,공단	121				
					②	가상감지정확도	안개, 눈, 비 검지 정확도 90%이상	안개, 눈, 비 검지 정확도 90%이상	단위테스트	보고서	3	래도,건기연,정상,공단	65				
			A-6	능동형 속도관리 시스템 평가체제 및 표준지침안 개발	①	평가체계 및 표준지침안	1건	1건	평가체계 및 표준지침안	정책안 판단가능 여부	3	래도,건기연,정상,공단	132				
			A-7	교통신기술 및 안전인증	①	교통신기술인증	1건	1건	교통신기술 신청	교통신기술 인증서	4	래도,건기연,정상	120				
					②	KC 안전인증	1건	1건	KC인증 시험	공인시험 성적서 및 인증서	2	래도,정상	95				
					③	CE인증	1건	1건	CE인증 시험	공인시험 성적서 및 인증서	2	정상	97				

구분	핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	질적 목표 및 성과							해당 기관	예산 (백만원)	양적 목표 및 성과			증빙 자료
			질적성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	가중치	달성치	
		계									2,904.28	특허 : 출원 7건 등록 4건 논문 : 7건 시제품 : 4건 SW : 6건 KC인증 : 1건 CE인증 : 1건 교통신기술 : 1건		매출액 : 126.9백만원 (VAT포함) 특허 : 출원 8건 등록 6건 디자인 : 출원 2건 등록 2건 논문 : 6건 (1건 2월게재 예정) 학술발표 : 3건 시제품 : 4건 SW : 8건 매뉴얼(안) : 1건 매뉴얼고시 : 1건 표준지침(안) : 1건 표준지침고시 : 1건 시험성적서 : 1건 KC인증 : 1건 CE인증 : 1건 환경인증 : 1건 성능인증 : 1건 교통신기술 : 진행중 전시회 : 6건 언론홍보 : 6건	

나. 관련 분야 기여도

○ 본 개발기술은 악천후 등 기상 악조건에서 도로 교통사고를 미연에 방지하기 위해 기상정보 및 도로교통 정보를 과학적이며 객관적인 방법론에 따라 기술정의하고 1) 악천후 대응 듀얼렌즈 표출부, 2) 저가 보급형 통합기상검지기, 3) 도로 및 기상상황에 따른 가변 제한속도 산정 및 교통류 감안 단계별 속도 제어 및 운영전략기술을 토대로 현실화 및 사업화 수행

○ 본 기술은 독립적으로 기술진화한 기상정보 검지기술과 도로안전 정보표출 장치를 도로 및 기상대응 가변 제한속도 및 교통류 감안 속도제어전략을 토대로 물리적·논리적으로 연계하여 새로운 부가가치 창출

○ 기상 및 도로교통 융복합 기술창출로 인해 개별 산업(기상분야, 도로교통 정보 표출분야. 도로 교통공학 응용분야) 발전에 시너지 효과 및 유관 산업체에 시너지 효과 제공

○ 특히 안개 등 악천후로 인한 대형 추돌사고는 천재와 인재가 동시에 원인이 되어 발생하는 것으로 본 사업화 대상기술은 기상변화와 같은 천재 측면의 기상환경변화 및 “사고발생 예측 및 대처”와 같은 인재 측면의 변화를 과학적이며 객관적인 방법으로 정량화하여 대형 추돌사고에 능동적으로 대처할 수 있음

○ 본 기술개발에 따른 거시적 경제효과는 도로교통사고로 인한 사회경제적 비용 가운데 야간 및 기상 악조건에서 운전자의 최적 안전속도 제공에 따른 교통사고 편익발생을 들 수 있으며 미시적 효과로는 능동형 속도관리시스템이 국내 및 국외시장을 선도할 수 있는 수준의 교통안전성, 표출성능, 경제성(통합기상검지기 개발로 인해 분산 설치되는 다량의 기상검지기를 일체화하고, 도로안전 목적에 부합한 기상자료 범위 및 요구 성능 재 정의에 따른 불필요한 기능 삭제로 인한 경량 소형화 및 저비용 보급형 기상검지기 개발)으로 국내 시장 선도 및 해외 시장 진출에 따른 수출 및 고가의 국외 기상검지기 대체 편익을 기대할 수 있음

○ 국내 및 해외 시장 선도와 관련한 본 개발 기술의 특화점은 1) 현행 도로교통법 제19조에서 법률로 정하는 바(안개나 눈 등으로 인한 기상 악조건에서는 평상시의 속도보다 80% 내지 50% 수준으로 낮추어 운전자에게 표출 의무화)를 실현할 수 있는 기술이며 2) 악천후 대응 표출성능 확보를 위한 Dual렌즈와 태양빛 공해차단 기술, 3) 도로목적용 기상자료 및 성능 재정의를 통한 저가 보급형 통합기상검지기 개발임. 국내 유사제품과 차별화되는 특성으로 본 기술의 국내 및 해외시장 선도의 주요한 핵심기술로 기대

○ [수입 대체] 본 기술은 도로교통 안전 목적의 기상검지 자료 범위와 정보 요구 성능을 재정의함으로써, 기상예보목적의 과다한 검지기능을 축소하고, 지점(포인트)이 아닌 구간(섹션) 개념의 도로에서 기상검지자료를 활용할 수 있는 전략을 구축하여, 높은 정밀도를 요구하는 국외 기상검지기를 대체할 수 있는 도로용 저가 보급형 기상검지를 개발하여 수입대체 효과 기대

○ [법률로 정한 사항 이행 시스템]비, 눈, 안개 등 기상 악조건에서 도로 및 기상상황에 따라 가변 제한속도를 표출하는 시스템을 개발하여, 현 도로교통법 제19조 제2항에 명시된 바를 완전하게 구현하는 시스템 개발

○ [전문 인력 양성측면] 본 기술은 기상분야와 도로교통분야가 상호 융합적 접목을 시도한 융복합 기술로, 기상전문가와 도로교통 전문가간에 협업을 통해 신시장 창출을 위한 기초원천 및 응용기술 분야 전문가 양성 기대

○ [산업구조 개선측면] 본 기술은 독립적으로 기술 진화된 기상검지분야와 도로전광표지 등 교통안전정보 표출분야 및 교통류 이론 등에 관한 교통공학분야가 상호 결합되어 새로운 산업구조를 형성한 것으로, 최종 성과물은 야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템은 기상·정보표출·교통류 해석분야가 결합된 신성장 고부가가치 산업 양성 기여

○ [국가 이미지 쇄신 측면] 국내 도로교통 안전 확보 수준은 차량 1만대 당 사망자 수(2.86명, 2009년 기준) 비교로 볼 때 OECD 국가들 평균(1.25명, 31개국 평균)의 2.3배 이상으로 낙후되어 있으며, 특히 최근 5년('06~'10)간 안개일 사고발생이 증가(1.4%)하고 있으며, 치사율도 다른 날과 비교하여 약 3배 정도 높은 실정임(제7차 교통안전기본계획, 국토교통부, 2011) ※ <치사율 비교> 맑음: 2.39%, 흐림: 3.67%, 비: 3.03%, 안개: 10.09%, 눈: 2.45%

○ 본 기술은 야간 및 악천후(비, 눈, 안개등)시 도로 교통사고를 줄일 수 있는 능동형 속도관리시스템으로, 도로 및 기상상황에 맞는 가변 제한속도를 표출하여 운전자간 속도편차를 줄이고 단계별 속도제어를 통한 교통류 흐름 안정성을 유지하여 도로 교통사고를 줄이는 기술로 국가 도로교통 시스템의 안전을 보장하여 교통안전 후진국이라는 국가 이미지를 쇄신하는데 기여

제4장. 연구개발성과의 활용계획 등

가. 성과물의 활용방안

○ 본 연구의 성과물은 야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템으로, 부분 성과물로는 1) 악천후 대응 듀얼렌즈 표출부, 2) 안개, 눈, 비, 풍향·풍속, 온습도를 검지하는 통합기상검지기, 3) 도로 및 기상상황별 가변 제한속도 산정 및 교통 흐름을 감안한 단계별 속도 제어전략이며 각각의 활용방안은 아래 표와 같음

<성과 활용방안>

성과물		성과물의 사용자 또는 사업화 주관기관	사업화 또는 정책 반영 방안 제시
전체 성과물	능동형 속도관리 시스템	국토교통부, 지자체, 한국도로공사 등	• 국토교통부, 일반국도 사고 잦은 곳 개선사업 및 위험도로 개선사업 • 국토교통부, 악천후 대응 안전시설물 설치사업 ITS 구축[안전부문] 사업) • 지자체, 도로안전 개선사업 및 ITS 구축[안전부문] 사업) • 한국도로공사, 고속국도 안전개선사업 • 한국도로공사, 악천후 대응 안전시설물 설치사업(서해대교 등 장대교량 안전사업) • 한국도로공사, ITS 구축[안전부문]사업 사업도로안전개선사업
부분 성과물	악천후 대응 듀얼렌즈 표출부	국토교통부, 지자체, 한국도로공사 및 유관업체, 연구기관	• (상동) 능동형 속도관리시스템 사업화 분야 • (유관업체) 도로교통 안전정보 표출장치 산업분야 기술전파 • (연구기관) 도로교통 안전정보 표출시스템 기능개선 연구과제 도출
	통합 기상검지기	국토교통부, 지자체, 한국도로공사 및 유관업체, 연구기관	• (상동) 능동형 속도관리시스템 사업화 분야 • (유관업체) 도로교통 안전정보 연계 기상시스템 개발분야 기술전파 • (연구기관) 기상정보 연동형 도로교통 안전연구사업 과제 도출
	도로 및 기상상황별 가변 제한속도 산정 및 운영기술	국토교통부, 지자체, 한국도로공사 및 유관업체, 연구기관	• (상동) 능동형 속도관리시스템 사업화 분야 • (유관업체) 속도관리 관련 도로교통 안전시스템 설계 및 시스템 제작 기술전파 • (연구기관) 도로교통사고 절감을 위한 속도관리 등 도로교통 안전연구사업 과제 도출

나. 사업화 계획

(1) 생산 계획

구분		(2020 년) 개발 종료 후 1년	(2021 년) 개발 종료 후 2년	(2022 년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	30(%)	20(%)	10(%)
	국내 매출액(백만원)	6,980	16,460	19,740

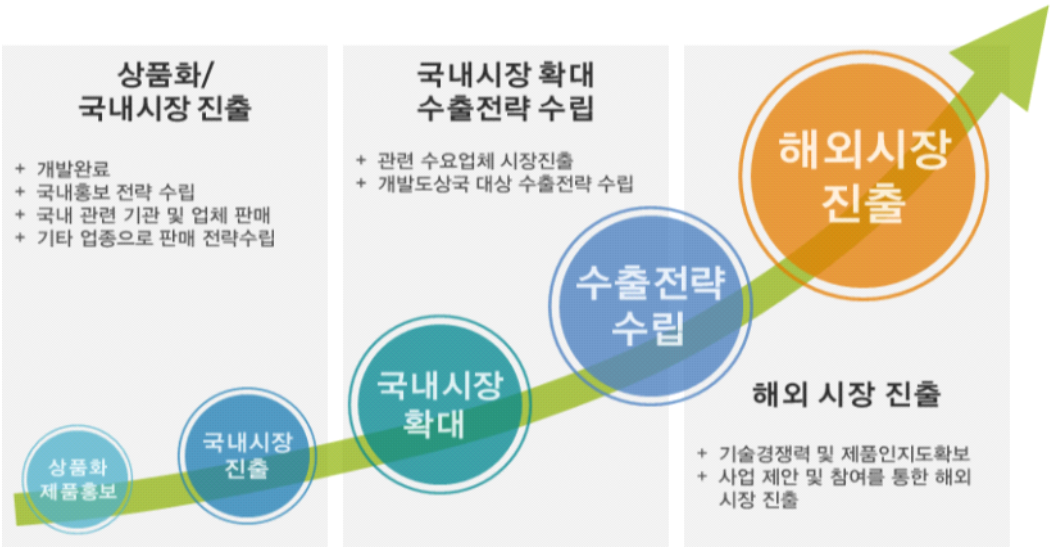
(2) 투자 계획

(단위: 백만원)

항목		(2020 년) 개발 종료 후 1년	(2021 년) 개발 종료 후 2년	(2022 년) 개발 종료 후 3년
매출원가		3,141	7,407	8,883
판매관리비		1,745	4,115	4,935
자본적 지출	토지			
	건물/구축물			
	기계 장치 등			
자본적 지출 합계		6,906	13,543	15,840

(3) 사업화 전략

① 시장진입을 위한 단계적 전략



<사업화 전략>

○ 연구 참여기업 및 기관과의 공동 연구개발을 통해 차별화된 핵심기술을 바탕으로 상품화하고 양산체제 구축으로 경쟁력 있는 제품을 생산하여 3년 내에 국내 시장 점유율과 매출을 극대화.

○ 이를 위해 효율적인 제한속도 운영전략, 핵심부품의 신기술 적용과 소형화 및 원가절감으로 제품을 차별화하여 경쟁사들의 추격을 배제하고, 표준화, 시험검사 등 정부 및 유관단체의 보이지 않는 장벽 강화로 내수 기반을 확보하는 전략 수립

○ 본 연구의 성과물에 대한 활용방안으로 연구수행 중 수요처와의 협의 사항 및 요구사항 등을 활용하여 향후 사업화 극대화 추진

○ 본 연구의 전체 및 부분 성과물은 향후 차량 또는 스마트폰의 네비게이션 앱에 연동시킬 수 있는 사업 계획을 수립하고 사업 영역을 확장할 계획임.

○ 국내 시장 확보로 인해 관련 산업기반을 마련하고 해외시장 진출

② 시장 확산을 위한 제도적·기술적 차별화 방안 도출

○ 경쟁력 강화를 통한 시장성 확장을 위해 본 연구개발 과정에서 도출되는 가변속도 운영전략 및 기상·도로상황 별 가변속도 산정방안에 대한 제도화 방안을 검토하고 이에 기반하여 유관업체와의 기술차별화를 통해 본 연구 성과물이 시장우위를 점할 수 있는 기반을 구축할 계획

<글로벌 시장 진출을 위한 외부 네트워크 활용 전략>

③ 대학, 연구소, 협력업체, 대기업 등 외부 네트워크 활용

○ 연구 최종성과물의 질적 향상 및 상품성 확보를 위하여 산·학·연의 네트워크를 구축하여 학·연의 연구 성과와 산업체의 풍부한 노하우를 접목하여 최상의 상품성을 갖는 시작품을 제작하고 기술 경쟁력을 확보하여 국내 및 해외 시장에 진출

○ 이를 위해 산·학·연의 기술자문을 지속적으로 수행 연구 결과물에 지속 반영

(4) 사업화 모형 제시

(가) 사업화 모형 수립(BM) 배경

○ 도로 및 기상 상황에 따른 차량 속도관리 방안에 대한 수요 증가
- 안개 기상 등 기상악화로 인한 대형 교통사고로 인한 인명 및 경제적 손실 발생
- 도로교통법 제19조에 의해 안개나 눈 등으로 인한 기상 악조건에는 차량 운행속도를 평상시보다 80% 내지 50% 수준으로 표출하도록 권고하고 있지만 해당 법률을 시행할 수 있는 적절한 가변형 교통안전표지(전광판) 및 기상검지기 등 도로교통 안전시설 부재
- 또한, 도로 교통 및 기상 상활별 속도관리 결정에 필요한 알고리즘 부재

○ 도로, 공항, 항만 등 기상환경에 민감한 공공 인프라에 대한 기상정보를 실시간으로 수집하여 효율적인 운영을 지원해 줄수 있는 시스템 필요
- 기상청 기준의 고가의 기상검지기가 아닌 교통 등 공공인프라의 효율적 운영에 필요한 실질적인 정보만을 수집할 수 있는 보급형 기상검지기 개발 요구
- 도로교통 및 기상 상활별 교통 서비스 수준을 유지하고 교통 안전성을 확보해 줄 수 있는 속도관리 방안 필요성 증대
- 도로 기상 상활별 효율적인 속도관리 시스템 운영을 위해 악천후 등 도로 위험도 등급에 따라 유사 선행기술과 차별화된 정보 전달 및 시인성을 확보한 표출 기술 필요

(나) 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

① 사업화 모형의 목표

○ 도로교통 안전정보 제공용 기상검지시스템 개발을 통한 ITS 구축·시공 기업 및 공공기관에 공급

○ 교통류 특성을 감안한 단계적 속도관리 및 운영전략 개발을 통해 한국도로공사, 지방청 등에 가변속도제한 시스템 알고리즘 공급

○ 기상 악조건에도 정보 판독이 가능한 표출부 개발을 통해 도로, 공항, 항만등 기상환경 검지설비 공급

② 핵심 경쟁 요인

○ 기상예보 목적으로 한정된 기상정보를 사용하는 것이 아니라 도로 교통안전 목적의 정보로 가공·변환하여 사용하고 기능 재 정의를 통해 표출부와 통합하여 비용 절감

○ 기상상황 및 악천후 속도 감소에 따른 급격한 서비스수준 저하 및 잠재적 충돌위험을 미연에 방지하여 교통안전성 확보

○ 가변정보 출력장치에 악천후 등 도로 위험도 등급에 따라 유사 선행기술과 차별화된 정보 전달 및 시인성을 확보

(다) 목표 시장 구조

① 경쟁 기업 현황

○ 가변속도제한 시스템(VSL)은 도로 기상 조건에 다른 제한속도를 표출하여 운전자에게 정보를 제공하는 것으로 관련 기업은 도로전광표지판(VMS), 도로기상정보시스템(RWIS) 생산 기업이 존재

- 도로전광표지판(VMS)의 주요 경쟁기업은 Swarco AG(오스트리아), Skyline ProductInc.(미국), VMS Ltd.(영국) 등이 존재
- 도로기상정보시스템(RWIS)의 경쟁기업은 기술력을 기반으로 한 유럽기업들이 주를 이루고 있으며 Vaisala(핀란드), Lufft(노르웨이) 등이 존재

② 시장 진입 장벽

○ 도로교통법 제19조에 의해 안개나 눈 등으로 인한 기상 악조건에는 차량 운행속도를 가변적으로 운영하는 법률이 존재하지만 현실에서 적용할 만한 기술 및 운영알고리즘 부재

- 도로전광표지판(VMS)의 주요 경쟁기업은 Swarco AG(오스트리아), Skyline ProductInc.(미국), VMS Ltd.(영국) 등이 존재
- 기상청의 기상정보만으로는 도로에 국지적으로 발생하는 악천후에 대응하지 못하고 고가의 도로기상장비(RWIS)와 관련 전문가 부족 가변속도제한 시스템 운영의 현실성 저하
- 또한 국내 도로 여건 및 기상에 맞는 효율적 가변속도제한을 위한 국내 맞춤형 속도 제한 운영 알고리즘 기술 개발 필요

○ 도로전광표지의 표준지침 및 규격은 악천후 상황을 고려하지 않은 보통의 날씨에 적합한 기준으로 제품 또한 악천후 상황에서 시인성과 판독성이 매우 저하되어 도로이용자에게 악천후 시 정보전달력 저하

(라) 수익 확보 전략

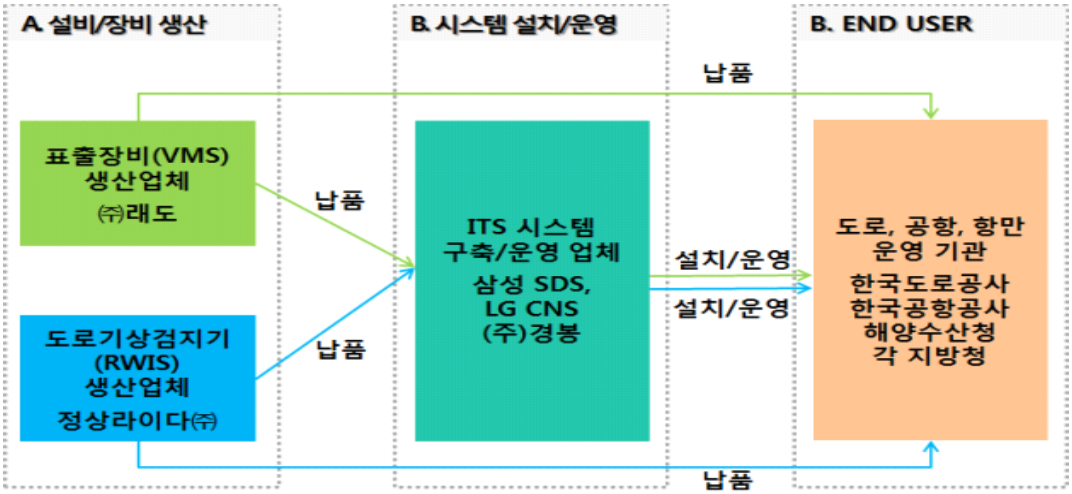
① 주요 고객군

○ 기상변화에 민감한 도로, 공항, 항만 등의 공공인프라를 운영·관리하고 있는 국토교통부, 경찰청, 한국

도로공사, 한국공항공사, 각 지방 해양수산청 등 공공기관

○ 공공기관에 지능형 교통 시스템(ITS)을 공급하는 삼성SDS, LG CNS 등의 도로교통 운영 솔루션 제공 기업

② 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안



○ 가변속도제한시스템의 벨류 체인은 설비/장비 생산기업, 시스템 설치/운영기업, 도로, 공항, 항만을 운영/관리 기관이 있는 3단계로 구성

○ 본 연구개발 과정에서 도출되는 가변속도운영전략 및 표출부, 도로기상검지기 핵심부품의 신기술 적용과 소형화 및 원가절감으로 제품을 차별화하여 경쟁사들의 추격을 배제하고, 표준화, 시험검사 등 정부 및 유관단체의 보이지 않는 장벽 강화로 내수 기반을 확보하는 전략 필요

○ 가변속도제한시스템을 국내 수요기관에게 효과적으로 납품·판매하여 수익을 실현하고 가치를 창출하기 위하여 제품을 어떠한 방법으로 수요기관에게 공급하고, 어떻게 마케팅하며, 어떻게 돈을 벌 것인지에 대한 계획 수립이 필요

○ 1단계 : STP 전략에서 세분화한 목표시장을 대상으로 시장조사 실시

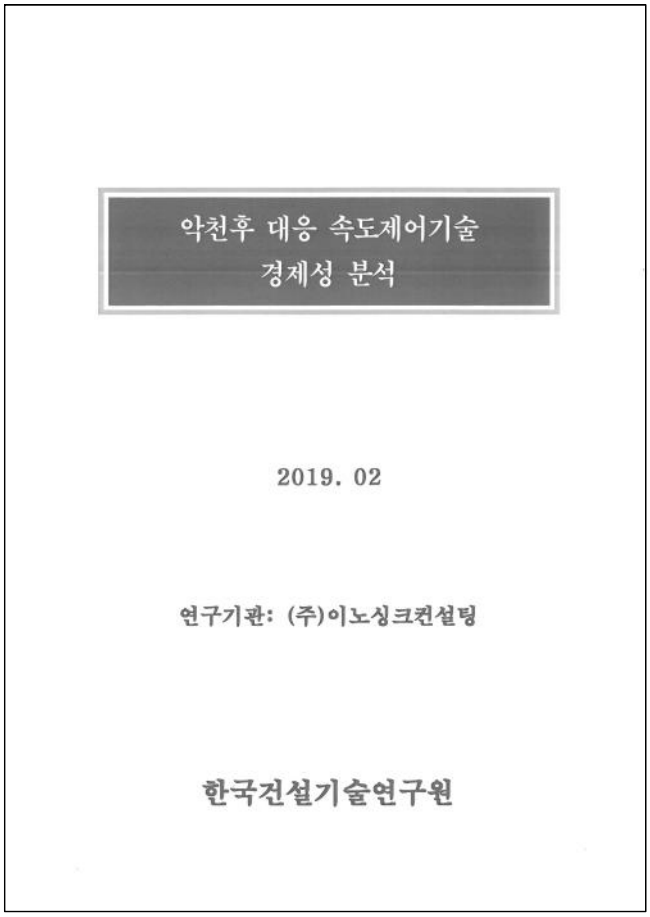
- 표출부 및 기상검지기의 목표시장인 도로, 공항, 항만 등을 운영/관리하는 공공기관에 필요한 기술로 해당 기관의 발주계획을 세밀하게 조사 수행
- 또한 가변속도시스템 기술의 주 수요처로 예상되는 기상악천후 발생 구간, 교통사고발생 구간의 관련 정보 조사 수행 필요

○ 2단계 : 시장조사 결과에 따른 수요처 발굴

- 기상검지기, 표출부 및 가변속도제한시스템은 발주규모에 따라 직접 수주 또는 수주기업에 관련 장치(표출부, 김상검지기) 납품 등이 가능하므로 발주규모를 파악하고 이에 따른 수요처 분류가 필요

○ 3단계 : 기존제품 대비 경쟁우위를 차지하기 위한 전략적 마케팅 실시 및 사업화

- 국토교통기술의 주요 수요처인 국내 지자체 발주 담당자 및 공기업의 담당자들이 참여하는 발주처 초청 기술설명회, 찾아가는 기술설명회, 현장설명회 등에 참여하여 기술 홍보 및 잠재적 수요처 발굴 네트워크 형성 등 적극적인 마케팅 활동을 통해 수요 계약을 추진
- 또한 본 연구개발 과정에서 도출되는 표출부 및 기상검지기의 기능/기술적, 가격적 강점(기존 제품 대비 악천후시 시인성 및 판독성이 우수한 표출부, 도로안전 목적에 적합한 기상정보 수집 모듈만 탑재하여 저비용 제작이 가능하며 경량 및 소량화로 표출부 내 탑재 가능한 기상검지기)을 적극 홍보하여 발주처의 수요 유도
- 본 기술에 대한 경제성 분석을 통해 교통신기술 인증 획득을 통한 사업화


악천후 대응 속도제어기술
경제성 분석

2019. 02

연구기관: (주)이노싱크컨설팅

한국건설기술연구원

(5) 마케팅 전략

① 국내시장 마케팅 전략

○ 품질 및 가격 경쟁력이 강화된 신기술을 접목한 차별화된 제품의 대량생산으로 경쟁력을 갖춘 시스템이 국내의 신규 및 교체 시장에서 수익을 발생시키고 재투자로 이어지는 선순환 구조의 사업화 전략 수립

○ 이를 위해 국내에서 표준화와 시험검사를 담당하는 주관기업과 제품을 양산한 참여기업 및 관련 단체들의 유기적인 협력이 필요함

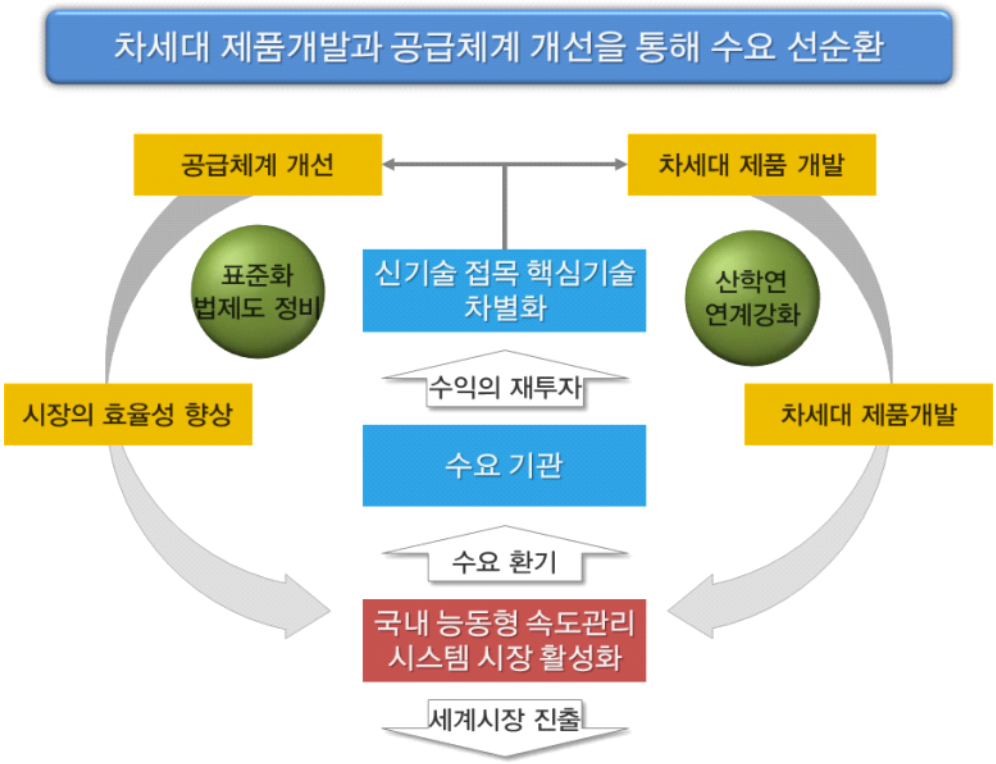
○ 주요 수요처인 한국도로공사, 국토교통부, 지자체를 대상으로 대규모 교육을 실시하여 연구개발 성과물 우수성 소개 및 전파

○ 국내외 전시회 부스 운영을 통한 적극적 마케팅 실시

○ 경쟁사들의 추격을 배제하기 위한 가격대비 기술우위제품 공급

○ 참여기업을 중심으로 판매전문 자회사 설립하여 국내시장 공략

○ 국내외 학술 논문 발표를 통한 연구개발 결과물의 객관성 입증



< 마케팅 전략 >

② 해외시장 마케팅 전략

○ 도로교통 안전시스템이 열악하거나 시스템을 필요로 하는 동남아시아를 포함한 개발도상국을 대상으로 시장진입 전략 수립

○ 국내 시장에서의 인지도 및 기술력을 바탕으로 현지 업체와 전략적 제휴를 통한 OEM생산이나 독자 브랜드화 추진

다. 기대성과 및 파급효과

1) 과학기술적 측면

○ 본 개발기술은 악천후 등 기상 악조건에서 도로 교통사고를 미연에 방지하기 위해 기상정보 및 도로교통 정보를 과학적이며 객관적인 방법론에 따라 기술정의하고 1) 악천후 대응 표출부, 2) 저가 보급형 통합기상검지기, 3) 도로 및 기상상황에 따른 가변 제한속도 산정 및 교통류 감안 단계별 속도 제어 및 운영전략기술을 토대로 현실화 및 사업화를 수행하는 것임

○ 본 기술은 독립적으로 기술진화한 기상정보 검지기술과 도로안전 정보표출 장치를 도로 및 기상대응 가변 제한속도 및 교통류 감안 속도제어전략을 토대로 물리적• 논리적으로 연계하여 새로운 부가가치 창출을 시도한 기술임

○ 기상 및 도로교통 융복합 기술창출로 인해 개별 산업(기상분야, 도로교통 정보 표출분야. 도로 교통공학 응용분야) 발전에 시너지 효과 및 유관 산업체에 시너지 효과를 제공할 수 있을 것으로 판단

○ 본 기술은 국내 시장 선도 및 해외 시장 선도를 목표로 수행할 것이며, 해외 진출을 감안하여 국제규격에 상응하는 기상검지기 및 표출부 기술표준화 및 평가체계 구축을 동시에 진행할 것임

2) 사회・경제적 측면

○ 국내 도로교통사고로 인한 비용은 2012년 기준으로 총 41조원(인적 피해비용, 물적 피해비용, 행정비용, 고통[Pain, Grief & Suffering, PGS] 비용 포함, 국가교통데이터베이스 참조)으로 사회경제적으로 시급하게 해결해야 할 문제임

○ 특히 안개 등 악천후로 인한 대형 추돌사고는 천재와 인재가 동시에 원인이 되어 발생하는 것으로 본 사업화 대상기술은 기상변화와 같은 천재 측면의 기상환경변화 및 “사고발생 예측 및 대처”와 같은 인재 측면의 변화를 과학적이며 객관적인 방법으로 정량화하여 대형 추돌사고에 능동적으로 대처하는 기술을 개발하는 것임

○ 본 기술은 기존 유사선행 기술에 비해 교통안전성, 표출성능, 경제성 측면에서 우세한 기술임(우수성 지표 선정근거 및 유사기술과 기술비교는 본 제안서 해당 내용 참조).

○ 본 기술개발에 따른 거시적 경제효과는 도로교통사고로 인한 사회경제적 비용 가운데 야간 및 기상 악조건에서 운전자의 최적 안전속도 제공에 따른 교통사고 편익발생을 들 수 있으며 미시적 효과로는 능동형 속도관리시스템이 국내 및 국외시장을 선도할 수 있는 수준의 교통안전성, 표출성능, 경제성(통합기상검지기 개발로 인해 분산 설치되는 다량의 기상검지기를 일체화하고, 도로안전 목적에 부합한 기상자료 범위 및 요구 성능 재 정의에 따른 불필요한 기능 삭제로 인한 경량 소형화 및 저비용 보급형 기상검지기 개발)으로 국내 시장 선도 및 해외 시장 진출에 따른 수출 및 고가의 국외 기상검

지기 대체 편익을 기대할 수 있음

○ 국내 및 해외 시장 선도와 관련한 본 개발 기술의 특화점은 1) 현행 도로교통법 제19조에서 법률로 정하는 바(안개나 눈 등으로 인한 기상 악조건에서는 평상시의 속도보다 80% 내지 50% 수준으로 낮추어 운전자에게 표출 의무화)를 실현할 수 있는 기술이며 2) 악천후 대응 표출성능 확보를 위한 Dual렌즈와 태양빛 공해차단 기술, 3) 도로목적용 기상자료 및 성능 재정의를 통한 저가 보급형 통합 기상검지기 개발임. 국내 유사제품과 차별화되는 특성으로 본 기술의 국내 및 해외시장 선도의 주요한 핵심기술로 기대함

○ [수입 대체] 본 기술은 도로교통 안전목적의 기상검지 자료 범위와 정보 요구성능을 재정의함으로써, 기상예보목적의 과다한 검지기능을 축소하고, 지점(포인트)이 아닌 구간(섹션) 개념의 도로에서 기상검지자료를 활용할 수 있는 전략을 구축하여, 높은 정밀도를 요구하는 국외 기상검지기를 대체할 수 있는 도로용 저가 보급형 기상검지를 개발하여 수입대체 효과를 기대함

3) 정책적 측면

○ [법률로 정한 사항 이행 시스템]비, 눈, 안개 등 기상 악조건에서 도로 및 기상상황에 따라 가변 제한속도를 표출하는 시스템을 개발하여, 현 도로교통법 제19조 제2항에 명시된 바를 완전하게 구현하는 시스템 개발

○ [전문인력 양성측면] 본 기술은 기상분야와 도로교통분야가 상호 융합적 접목을 시도한 융복합 기술로, 기상전문가와 도로교통전문가간에 협업을 통해 신시장 창출을 위한 기초원천 및 응용기술 분야 전문가 양성이 기대됨

○ [산업구조 개선측면] 본 기술은 독립적으로 기술진화된 기상검지분야와 도로전광표지 등 교통안전정보 표출분야 및 교통류 이론등에 관한 교통공학분야가 상호 결합되어 새로운 산업구조를 형성한 것으로, 최종 성과물은 야간 및 악천후 대응 능동형 속도관리시스템은 기상·정보표출·교통류 해석분야가 결합된 신성장 고부가가치 산업 양성에 기여할 것임

○ [국가 이미지 쇄신 측면] 국내 도로교통 안전확보 수준은 차량 1만대 당 사망자 수(2.86명, 2009년 기준) 비교로 볼 때 OECD 국가들 평균(1.25명, 31개국 평균)의 2.3배 이상으로 낙후되어 있으며, 특히 최근 5년('06~'10)간 안개일 사고발생이 증가(1.4%)하고 있으며, 치사율도 다른 날과 비교하여 약 3배 정도 높은 실정임(제7차 교통안전기본계획, 국토교통부, 2011) ※ <치사율 비교> 맑음: 2.39%, 흐림: 3.67%, 비: 3.03%, 안개: 10.09%, 눈: 2.45%

○ 본 기술은 야간 및 악천후(비, 눈, 안개등)시 도로 교통사고를 줄일 수 있는 능동형 속도관리시스템으로, 도로 및 기상상황에 맞는 가변 제한속도를 표출하여 운전자간 속도편차를 줄이고 단계별 속도제어를 통한 교통류 흐름 안정성을 유지하여 도로 교통사고를 줄이는 기술로 국가 도로교통 시스템의 안전을 보장하여 교통안전 후진국이라는 국가 이미지를 쇄신하는데 기여

제5장. 참고 문헌

한국건설기술연구원, 도로 가변정보 안내시설 설치 및 관리지침 연구, 1999

도로교통안전관리공단, 무인단속시스템 설치기준 및 효과분석에 관한연구, 1997

국토교통부, 가변전광표지(VMS) 설치 및 운영방안 연구 최종보고서, 2007

국토교통부, 가변전광표지(VMS) 설치 및 관리지침, 2008

경찰청, 가변형 교통안전표지 표준지침(안), 2013

서울시립대학교, 가변전광표지(VMS) 최적교체주기 산정, 2009

한국지능형교통체계협회, 도로전광표지 시스템 표준 Part 6. VMS-센터간 정보교환 표준, 2013

국토교통부, 지능형 다기능 가변안내표지판 개발 최종보고서, 2013

경기개발연구원, 경기도 도로전광표지(VM S) 운영실태 및 정보제공기준연구, 2014

Luoma, J. and Rama, P. (1998). Effects of variable speed limit signs on speed behaviour and recall of signs. Traffic Engineering & Control, Vol. 39, pp.234-237

Rama, P., Luoma, J. and Harjula, V. (1999) Distraction due to variable speed limits. Trafic Engineering + Control. Vol 41, pp. 428-430.

Rama, P. (1999) Effects of weather-controlled variable speed limits and warning signs on driver behavior. Transportation Research Record. 1689, pp.53-59

Pennsylvania trans Inst, Driver visibility under Wet Pavement Conditions; Size, Shape, and Spacing of Object Marker/Delineators, 1991

Rama, P. and Luoma, J. (1997) Driver acceptance of weather-controlled roadsigns and displays. Transportation Research Record, 1573, pp. 72-75.

Rama, P. and Kulmala, R. (2000) Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways. Transportation research Part F, Vol. 3, pp. 85-94.

Luoma, J., Rana, P., Penttinen, M. and Anttila, V. (2000) Effects of variable message signs for slippery road conditions on reported driver behaviour. Transportation Research Part F, Vol. 3, pp. 75-84.

VTT Publications, (2001) Effects of Weather-controlled variable message signing on driver behaviour,

US DOT (2002) Guidelines on the Use of Changeable Message Signs-Summary Report

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.