

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술사업화 지원사업 제2차 연도 최종 보고서

R&D /
15TBIP-C073332-02

Land, Infrastructure
and Transport R&D Report

레이더 기반 스마트 차량검지시스템 개발 최종보고서

2016. 9 . 1 .

주관연구기관 / 메타빌드(주)
공동연구기관 / 한국도로공사
아주대학교
부울(주)

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

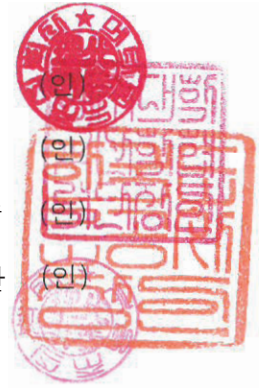
제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘레이더 기반 스마트 차량검지시스템 개발’(연구개발 기간 : 2014. 06. ~ 2016. 06.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2016 . 9. 1.

주관연구기관명 :	메타빌드(주)	(대표자)	조 풍 연 (인)
공동연구기관명 :	아주대학교	(대표자)	최 경 희 (인)
공동연구기관명 :	한국도로공사	(대표자)	김 학 송 (인)
공동연구기관명 :	부울(주)	(대표자)	조 대 환 (인)



주관연구기관책임자: 박재형
공동연구기관책임자: 이철기
공동연구기관책임자: 김성국
공동연구기관책임자: 나현중

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호		해당 단계 연구 기간	2차년도	단계구분	(2차년도)/ (2차년도)
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화 지원사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	-			
	세부과제명	레이더 기반 스마트 차량검지시스템 개발			
연구책임자	박 재 형	해당단계 참여 연구원 수	총: 32명 내부: 32명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:341,000천원 기업:228,000천원 정부 외: 천원 계:569,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 64명 내부: 64명 외부: 명	총 연구개발비	정부:682,000천원 기업:456,000천원 정부 외: 천원 계:1,138,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	메타빌드(주), 융합SW연구센터			참여기업명 메타빌드(주), 한국도로공사, 부울(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수	
비접촉식 전천후 주야간 검지 가능한 레이더 센서를 기반으로 교통정보 수집과 돌발상황 검지가 동시에 가능한 차세대 “Smart-VDS” 개발하는 연구로서 기존의 지점검지 기술인 루프, 영상식을 대체할 수 있는 기술을 개발하기 위함임				149	
▪ 차량검지용 레이더 센서 제작					
▪ 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 S/W 개발					
▪ 도로관리자용 운영 S/W 개발 등					
▪ 공간점유율 기반 교통정보 추출 알고리즘 개발					
▪ 시스템 시범구축 및 운영					

연구의 목적 및 내용	본 연구의 목적은 레이더 센서를 통해 실시간으로 도로를 주행하는 차량들의 속도와 위치를 정확하게 검지하여 정보수집구간 내의 차량 통행 속도, 교통량 등 교통정보를 생성하고, 동시에 돌발상황(역주행, 정지차 등)을 검지하여 정보를 제공하는 차세대 차량 검지 기술을 개발하는 것임. 주요 연구내용은 레이더 기반 차량검지시스템 개발, 운영자용 S/W 개발임 차량검지용 레이더 센서는 250m, 4차로를 검지할 수 있고, 검지영역 내의 임의의 지점을 선정하여 속도, 교통량 등의 교통정보를 수집하며, 부가기능으로서 검지영역 내의 돌발상황(정지차량, 역주행차량)을 검지하는 기능을 가지고 있음. 운영자용 S/W는 레이더 검지기의 수집정보를 도시하고, 통계 정보를 추출할 수 있도록 구현함.				
연구개발성과	관련특허 출원 3건, 논문 2건, 시제품 1식(H/W 1, S/W 2)				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	차량검지시스템은 전체 지능형교통체계(ITS)시장에서 첨단교통관리시스템(ATMS)분야의 핵심기술임 -첨단교통관리시스템(ATMS) 세계시장 : 55억\$ (2012년), 68억\$ (2015년) -첨단교통관리시스템(ATMS) 국내시장 : 3,291억원 (2012년), 4,650억원 (2015년) 또한, 세계적으로 수요가 지속적으로 증가추세에 있으며, 복합적 기능을 가진 검지기를 요구하고 있어 시장에 충분히 반영될 것으로 기대함 연구개발된 기술을 상용화 기간을 거쳐 상용 제품으로 개발하고, 이를 국내외 차량검지기 시장, 교통신호시스템 시장, 차세대 ITS 시장 등을 타겟 시장으로 상용화할 계획임.				
핵심어 (5개 이내)	차량검지기	차량검지시스템	레이더검지기	교통관리	교통신호제어

< SUMMARY >

Purpose & Contents	The purpose of this study is developed next generation vehicle detection system. It had collect traffic volume, speed and detect unexpected accident (wrong-way driving and stopped vehicle etc.) functions at the same time by radar sensor. The main research contents are developed S/W for operator and radar detect system. Radar detect system have 250m, 4lanes width detect area. Among the detect area, choose one point and collect traffic volume and speed. Operation S/W is expressed statistics information that collected data by radar sensor.				
Results	Patents : 3, Journal 2, Prototype 1(H/W 1, S/W 2)				
Expected Contribution	Vehicle Detection System is core technology in Advanced Traffic Management System(ATMS) in part of whole ITS market. -ATMS world market : 5.5 billion\$ (2012year), 6.8 billion\$ (2015year) -ATMS domestic market : 300 million\$ (2012year), 420 million\$ (2015year) In 2020, vehicle detection system domestic market is forecasted 320 million\$. It is provided new construction road and changed exsystem, so market demand is enough. -2015year : 150 million\$ -2020year : 320 million\$ Develop the technique as commercially available products through the advancement period. Also, in the world it is increased market demand. It will apply fully to the market.				
Keywords	Vehicle Detector	Vehicle Detect System	Radar Detector System	Traffic management	Traffic Signal Control

Contents

1. Overview	1
2. Domestic and international technology developments	6
3. Research contents and results	16
4. Goal achievement and contributions related fields	120
5. Future Plan of R & D results	124
6. International scientific and technical information collected in the research process	138
7. Research and development achievements of security level	142
8. Research facility registered with the National Science and Technology Information System, Equipment Status	143
9. R & D projects implemented safety measures are performed in accordance with the results of the lab, such as	144
10. Main result	146
11. Etc	147
12. Reference	148

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요	1
1. 사업화 대상기술 정의	1
2. 사업화 추진 배경	2
3. 사업화 추진 필요성	4
4. 기술수준 및 동향	5
제2장. 국내외 기술 개발 현황	6
1. 관련 분야의 국내·외 연구동향 및 학술적 성과	6
2. 국내·외 기술 동향	7
3. 국내·외 관련 기술 특허 동향	11
제3장. 연구 수행 내용 및 성과	16
1. 연구개발 목표	16
2. 연구계획	17
3. 연구수행 내용	20
4. 현장시험 및 시스템 구축	93
5. 전시 및 홍보	118
제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	120
1. 목표 달성도	120
2. 관련 분야 기여도	121
제5장. 연구개발성과의 활용계획	124
1. 국내·외 시장분석 및 사업화 전망	124
2. 사업화 추진 방안	131
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	138
1. 제22회 보르도 ITS 세계대회	138

제7장. 연구개발성과의 보안등급	142
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	143
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	144
1. 연구실 안전점검 체계 및 실시	144
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	146
제11장. 기타 사항	147
제12장. 참고 문헌	148
1. 국내 문헌	148
2. 해외 문헌	149

〈표 차례〉

[표 1] 차량검지시스템 기술 현황	2
[표 2] 국내 차량검지기 시장 현황	8
[표 3] 국외의 주요 업체	10
[표 4] 국외의 주요 업체의 설치 지점	11
[표 5] 주파수 대역별 무선탐지용 주파수 이용 현황	20
[표 6] 무선탐지용 국제 주파수 분배 현황	20
[표 7] 미국 무선탐지용 주파수 부대 현황	21
[표 8] 유럽 무선탐지용 주파수 부대 현황	21
[표 9] 일본 무선탐지용 주파수 부대 현황	21
[표 10] 레이더 센서 개발 사양	24
[표 11] 스마트 VDS 예상 수요처 및 목표 시장	51
[표 12] 국내외 ITS 및 ATMS 시장규모	51
[표 13] 국토관리청 차량검지기 설치현황(2014년)	52
[표 14] 스마트 VDS 시스템 연구관련 자문기관 주요 의견	55
[표 15] 공용도로 검증 후보지 리스트	55
[표 16] 현장조사 결과 및 지점별 특성	56
[표 17] 검지기 종류별 수집정보	71
[표 18] 데이터 처리 구성모듈 및 기능	74
[표 19] 클래스 상세 설명	75
[표 20] 공간적 범위 내 주요 시설물 및 RSE 위치	86
[표 21] 지점 및 구간검지체계의 구간통행시간 자료의 장·단점 비교	90
[표 22] 정지차 이벤트 시험위치별 시험 횟수	100
[표 23] ITS 서비스별 예산 현황	126
[표 24] VDS 구축 현황(2012년)	128
[표 25] 차량검지시스템 교체 물량 추정	129
[표 26] ‘지능형 교통체계 기본계획2020’을 반영한 도로 구축 연장 추정	129
[표 27] 차량검지시스템 신규 수요 물량 추정	130
[표 28] 연도별 차량검지시스템 신규 및 교체 수요	130
[표 29] 최종 판매 계획	134
[표 30] 유사제품과의 경쟁력 분석	134

〈그림 차례〉

[그림 1] 대상기술의 개념도	1
[그림 2] 기존 루프식 VDS 제품 사례	7
[그림 3] 기존 자기 VDS 제품 사례	7
[그림 4] 기존 VDS 제품 사례	8
[그림 5] 스마트하이웨이 도로레이더 시스템	8
[그림 6] 기존 레이더 VDS 제품 사례	9
[그림 7] 기존 레이더 VDS 제품 사례	9
[그림 8] 연도별 특허출원 동향	11
[그림 9] 연도별, 국가별 특허출원 동향	12
[그림 10] 한국의 세부기술별, 연도별 특허동향	12
[그림 11] 레이더 시제품 형상(3D)	32
[그림 12] 레이더 시제품 실사	32
[그림 13] Single delay line canceler 개념도	35
[그림 14] Single/double delay line canceler 주파수 응답	35
[그림 15] MTI recursive 필터 주파수 응답	35
[그림 16] 이동표적 탐지 CFAR 시뮬레이션	36
[그림 17] 안테나 배열에 따른 각도 정보 예측	36
[그림 18] 추적 알고리즘 순서도	37
[그림 19] 위치추적 결과	38
[그림 20] 속도추적 결과	38
[그림 21] 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 내부 데이터 구조도	40
[그림 22] 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 유즈 케이스 다이어그램	41
[그림 23] 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 클래스 다이어그램	42
[그림 24] 교통정보 추출 및 돌발상황 판단 알고리즘 순서도	46
[그림 25] 국토관리청 지방청별 VDS 설치 현황	53
[그림 26] 스마트 VDS 워크숍 전경	53
[그림 27] 도로관리자용 운영 SW 내부 데이터 구조도	58
[그림 28] 도로관리자용 운영SW 유즈 케이스 다이어그램	59
[그림 29] 검지기 자료 흐름도	71
[그림 30] 클래스 구조 설계	74
[그림 31] 교통정보 생성 모형	76
[그림 32] 차량궤적정보의 시공간도	76

[그림 33] VDS 자료 변환	83
[그림 34] 유전자 알고리즘 진화과정	84
[그림 35] GA Method를 이용한 단절점 분석	84
[그림 36] 사고 시 교통상황 변화	88
[그림 37] 기상악화(강설) 시 교통상황 변화	88
[그림 38] 통행시간의 정의	89
[그림 39] 실제차량계측과 추정통행시간	89
[그림 40] 구간검지체계를 이용한 통행시간 추정방법	90
[그림 41] 단일 레이더검지기 구간통행시간 추정	91
[그림 42] 다수레이더 검지기 구간통행시간 추정	91
[그림 43] 시험환경	93
[그림 44] 운영화면(좌:레이더 검지 결과, 중:차량계수 결과, 우:실제 통행량 영상)	93
[그림 45] 입출구 시험 환경	94
[그림 46] 차로별 시험 결과	99
[그림 47] 설정 및 DB 테이블	105
[그림 48] 레이더 기술 응용 분야	122
[그림 49] Smart-VDS를 이용한 실시간 정보제공 방법	123
[그림 50] 차세대 ITS 개념도	125
[그림 51] 스마트 자율협력주행 도로시스템 개념도	125
[그림 52] 4세대 신호시스템 운영 개념도	136
[그림 53] 레이더를 활용한 단속시스템 운영 개념도	137

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 사업화 대상기술 정의

비접촉식 전천후 주야간 검지 가능한 레이더 센서를 기반으로
교통정보 수집과 돌발상황 검지가 동시에 가능한 차세대 "Smart-VDS¹⁾" 개발

레이더 센서를 통해 실시간으로 도로를 주행하는 차량들의 속도와 위치를 정확하게 검지하여 정보수집구간 내의 차량 통행 속도, 교통량 등 교통정보를 생성하고, 동시에 돌발상황(역주행, 정지차 등)을 검지하여 정보를 제공하는 차세대 차량 검지 기술

○ 주요기능

- 교통정보(속도, 교통량) 수집
- 돌발상황(역주행, 정지차 등) 검지
- 운영자 S/W 구현



[그림 1] 대상기술의 개념도

1) VDS : Vehicle Detection System

2. 사업화 추진 배경

- 현재 국내에서는 도로교통분야에서는 차량검지시스템으로 루프식, 영상식 시스템이 주로 활용되고 있고, 해외에서는 최근 들어 레이더식 시스템이 개발되어 활용되고 있음
- 루프식 차량검지시스템은 차량검지 성능이 우수하나 설치 시 도로 훼손 및 차량통제가 필요하고, 차선별 매설이 필요하며, 유지비용이 고가임
- 영상식 차량검지시스템은 야간, 조도, 강우 등 운영환경에 민감하여 성능저하 발생
- 레이더식 차량검지시스템은 기후 영향이 적고, 설치가 편리하지만, 루프식에 비해서는 차로별 교통정보 수집 정확도가 떨어짐

[표 1] 차량검지시스템 기술 현황

구 분	차량검지시스템 종류		
	루프식	영상식	레이더식
형태			
수집 정보	교통량, 속도 등		
검지방식	접촉식 (인덕턴스 변화)	비접촉식 (영상처리)	비접촉식 (전파 신호처리)
개발 현황	국내외 제품 다수	국내외 제품 다수	국외 제품(국내 없음)
특징	검지정확도 우수 기상영향 적음	검지 정확도 보통 다차로 검지 설치 용이, 가시성	검지 정확도 보통 다차로 검지 설치 용이, 가시성
문제점	• 설치/유지보수 시 교통흐름 방해 • 유지관리 비용 높음 • 도로포장 변형 영향 • 검지영역 짧음	• 기상, 야간, 조도 등 민감 • 설치비용 고가	• 설치환경 변화에 따른 성능저하 • 설치비용 고가(외산)
응용	차량검지기(VDS), 과속단속, 신호제어 등		

- 루프식 차량검지시스템은 1920년대에 그 기본원리가 개발되어 이후 오랫동안 세계적으로 가장 대표적인 차량검지기술로 이용되어 왔지만 최근 추진되는C-ITS 등 차세대 기술에 대한 이용자의 요구를 충족시키기에는 어려움이 있음
- 영상식 차량검지시스템은 루프식의 대표적인 문제점인 노면 훼손, 유지보수 비용 및 편리성 문제를 해결하기 위한 대안으로 주목받았으나, 실제 운영 시 안개·황사·주야 교차시

간대 등의 경우 정보 신뢰성이 크게 저하되는 문제가 있어 날씨 영향을 받지 않는 루프식 검지기를 전면적으로 대체하기는 어렵고, 주로 국도에서 관리자 모니터링 용도로 활용되고 있음

- 한국도로공사는 정확한 교통정보 수집을 목적으로 루프식 차량검지시스템을 주로 활용하고 있고, 최근 하이패스 대중화로 인하여 DSRC 검지기를 구축하였으나, 교통량 정확도가 떨어지는 단점이 있음
- 국토관리청 및 지자체(경찰)에서는 교통정보 수집을 위하여 루프식과 영상식을 혼합하여 사용 중이나, 국도 관리의 특성상 돌발상황 인지 목적이 높으므로, 비접촉식 영상 센서의 활용 비율이 높으며, 최근 초음파센서도 소수 운영 중임
- 국내에서는 스마트하이웨이사업에서 돌발상황 검지시스템으로 레이더 기술이 개발된 사례는 있으나, 레이더 기반 차량검지시스템의 개발사례는 없으며, 최근 들어 제2서해안고속도로, 인천대교 등에서 해외 레이더 제품을 도입하여 설치한 사례가 있음
- 국외에서는 비교적 정확한 정보 수집이 가능하고, 비접촉식으로 유지보수가 편리한 레이더 기반의 차량검지 기술의 활용이 증가하고 있는 추세이며, 교통정보 수집, 터널 유고검지, 보행자 검지, 교통량 기반 신호제어 등의 목적으로 레이더 기반 차량검지시스템이 활용되기 시작함
- 일본에서는 주로 초음파 검지기와 레이더 검지기를 복합하여 교통정보 수집 시스템을 운영하고 있고, 미국과 유럽 등에서 루프식 검지기를 기본적으로 적용하여 왔으나, 최근 들어 레이더 기반 차량검지시스템의 설치 및 운영 빈도가 증가하는 추세임
- 중국은 고속도로의 교통정보 수집을 위하여 레이더 기반 차량검지시스템을 널리 사용하고 있는 실정임
- 레이더 기반 차량검지시스템 제품은 미국 Wavetronix사, Huston사 등에서는 레이더 센서를 노변에 설치하여 도로를 횡방향으로 보면서 통과 차량의 속도 및 교통량을 측정하는 기술을 개발했으나, 검지 정확도가 다소 떨어져 우리나라 성능기준에 미흡함
- 이에 따라, 기존의 검지 시스템의 한계를 극복하기 위한 새로운 시스템의 요구는 충분하다고 판단되며, 국외의 경우도 국내와 동일한 문제점으로 레이더 등 다양한 장비를 이용하여 교통정보 수집의 노력을 기울이고 있음

3. 사업화 추진 필요성

○ 국토교통부 ITS 투자 확대에 따른 차세대 교통검지 기술 사업화 필요

- 국토교통부 “지능형교통체계 기본계획 2020”에 따르면 향후 2020년까지 자동차-도로분야에 약 2.8조원이 투자될 계획이고, 이 중에서 차량검지시스템이 적용되는 교통류 제어, 돌발상황 관리, 교통정보 제공 등 교통관리 분야에 약 2.4조원이 투자되는 것을 감안할 때, 차세대 교통검지 기술의 시장은 충분함

○ 차세대 ITS 사업 추진으로 통신 환경 변화에 따른 교통검지체계 변화 요구

- 차세대 ITS는 차량과 도로인프라, 차량과 차량 간 끊김 없는 양방향 무선통신 환경을 기반으로 다양한 지능형 교통서비스를 제공 하는데, 현재의 교통검지체계는 실시간 정보가 아닌 5분, 15분 단위로 통계 정보로는 한계가 있어 근본적 변화가 필요한 시점임
- 기존에 국내에서 주로 활용되고 있는 루프식과 영상식 차량검지시스템의 한계를 극복하여, 차세대 스마트 교통검지체계로서 성능과 유지보수성, 경제성 등의 측면에서 경쟁력을 확보할 수 있는 레이더 기반 스마트 차량검지 기술이 개발되어야 하고, 사업화 성공 시 도로교통분야에서 차세대 교통검지체계로의 활용이 급격히 증가할 것으로 기대됨
- 교통정보 및 돌발상황 검지의 실시간성, 정확성이 확보되기 위해서는 ITS 선진국에서 활용되고 있는 레이더 기반 차량검지 기술의 사업화가 반드시 필요함

○ 해외 레이더 제품의 국내 적용사례 출현, 향후 활발한 국내시장 진입 시도 예상

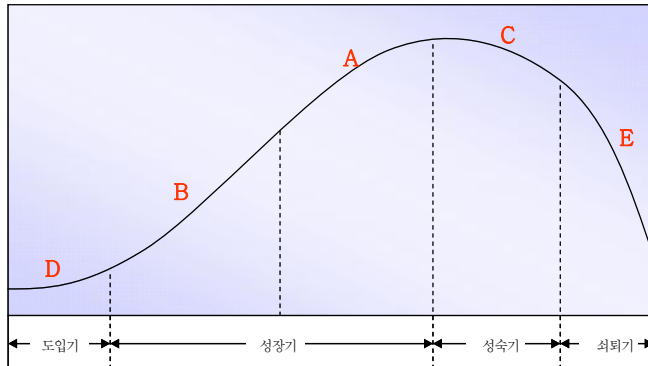
- 최근 들어 해외 레이더 제품을 도입하여 차량검지시스템을 구축한 사례가 있는 것으로 볼 때, 비접촉식 전천후 차량검지시스템에 대한 요구가 늘어나고 있지만, 아직은 해외 레이더 제품이 지점 검지방식이고, 우리나라 성능 기준에 부합되지 못하기 때문에 우리나라 실정에 적합하고 우수한 성능의 국산 레이더 제품의 개발이 필요하며, 향후 레이더 제품에 대한 요구는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

○ 국내 ITS 시장 활성화와 해외 수출을 통한 창조경제 발전을 위해 Smart-VDS의 사업화 추진 필요

- 우리나라 차량검지기 기술은 전통적인 방식에 머물러 있어 시장을 선도할 기술 없이 침체되고 있는 실정이지만, Smart-VDS의 사업화를 통해 국내 ITS 시장의 활성화 필요
- 또한 Smart-VDS는 국내뿐만 아니라, 중국, 동남아시아, 남미 등 해외 시장에도 진출하여 국산ITS 기술의 수출을 통해 창조경제 발전에 기여할 수 있을 것으로 예상함
- 특히 최근 들어 유럽에서 레이더 검지기의 활용이 증가 추세에 있어 해외제품 대비 경쟁력을 확보한 상용화가 이뤄지고, 해외 파일럿 프로젝트를 통해 검증받는다면 해외 수출도 충분히 가능할 것으로 예상됨

4. 기술수준 및 동향

가. 기술 수명주기



- 수명주기상 위치 : (D)
- 선택근거

최근 미국, 유럽 등에서 레이더 기반 차량검지시스템 제품이 출시되었고, 국내에서는 기술개발 사례가 없으며, 최근 일부 고속도로에 국외제품을 도입하여 설치 및 검증한 사례만 있음

나. 현재 기술 수준

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

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 관련 분야의 국내 · 외 연구동향 및 학술적 성과

가. 국가연구개발사업 유사연구 검토

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토교통부	건설기술혁신사업 (스마트하이웨이)	SMART 도로-자동차연계 기술 개발(레이더 및 차량정보를 활용한 안전주행 정보제공 기술 개발)	6,801	

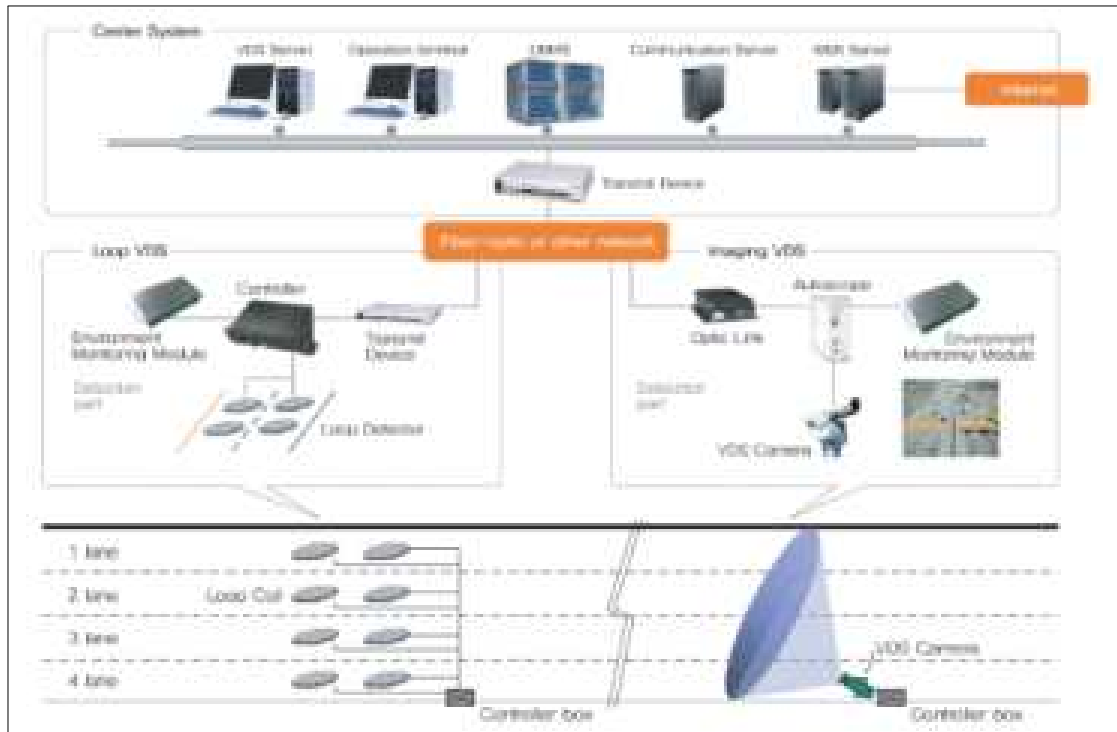
나. 사업화과제의 차별성

구 분	스마트하이웨이 (Smart-IDS)	본 과제 (Smart-VDS)
목적	돌발상황검지 (낙하물, 정지차, 역주행, 결빙 등)	교통정보수집 (교통량, 속도, 점유율 등)
개념	· 정지차, 역주행, 보행자, 낙하물 등 사고 유발 요인 탐지 · 경제성 확보를 위한 장거리(1km) 탐지 평상시 대략적인 교통정보 제공(VDS 미설치 구간 보완 목적)	· 속도, 교통량, 점유율 등 교통정보 수집 · 기존 루프, 영상 VDS 대체(단거리) · 기존 VDS와 차별을 위해 검지거리 내에서 일부 돌발감지 기능 제공
주요 성능	· 검지거리 : 최대 1000m · 검지차로 : 5~6차로 · 최소검지크기 : 30cm급(낙하물기준)	· 검지거리 : 수십m 이내(돌발 250m) · 검지차로 : 4차로 · 최소검지크기 : 3m급(차량기준)
적용 분야	돌발상황검지(고속/일반국도, 터널, 교량 등 유고감지)	차량검지기(VDS), 교통신호제어, 단속시스템(과속, 신호) 등

2. 국내 · 외 기술 동향

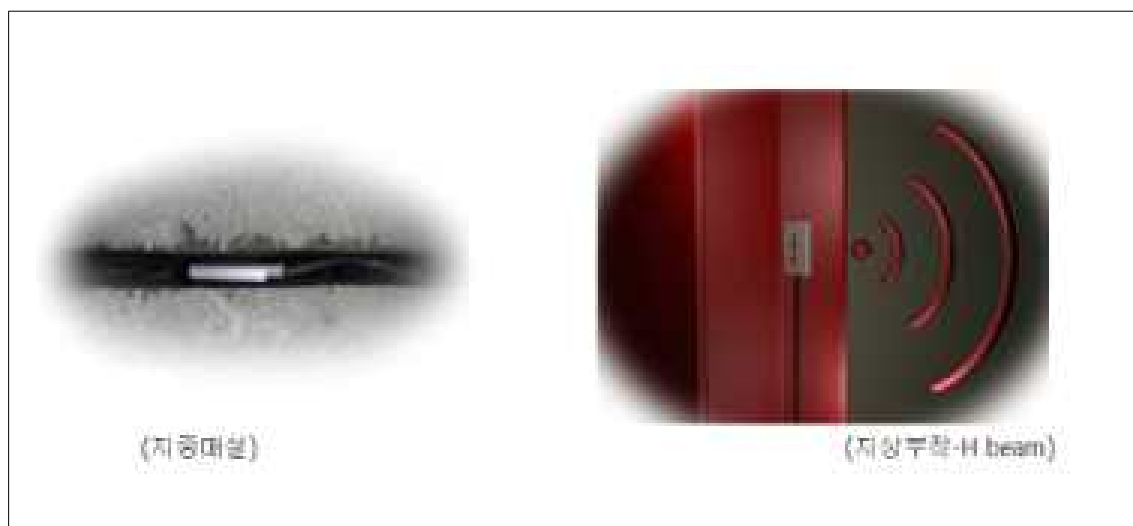
가. 국내 기술 동향

- 하이테크시스템(주)은 도로상의 지점을 통과하는 차량의 속도, 점유율, 통과차량 수 등 기초 교통정보의 수집이 가능한 루프식 VDS 기술 및 제품 보유



[그림 2] 기존 루프식 VDS 제품 사례

- EyeSYSTEM은 센서 주변의 지구 자기장을 기억하고 있다가, 차량과 같은 자성물체가 접근하게 되면, 센서가 기억하고 있는 자기장에 변형이 생길 때 차량을 인식하는 제품 보유



[그림 3] 기존 자기 VDS 제품 사례

- 건아정보기술은 루프 및 영상을 이용한 무인교통단속장비, 과속단속시스템, 신호위반단속시스템, 버스전용차로 단속시스템 등 제품 보유



[그림 4] 기존 VDS 제품 사례

- 국내의 차량용 VDS를 판매하고 기술을 보유하고 있는 기업을 살펴보면 아래의 표와 같으며, 상대적 기술수준으로 90%의 성능을 보유한 제품이 유통되고 있음

관련 기술명	용도	경쟁기업	상대적수준(%)
영상 기반 VDS 기술	교통정보 수집	하이테크콤	90%
		건아정보기술	90%
루프 기반 VDS 기술	교통정보 수집	비츠로시스	90%
		EyeSYSTEM	90%
		건아정보기술	90%

[표 2] 국내 차량검지기 시장 현황

- 메타빌드(주)는 스마트하이웨이사업에서 레이더를 이용한 정지차, 역주행, 보행자, 낙하물 등 돌발상황을 자동으로 검지하는 시스템을 개발하였고, 이는 국내 최초로 교통 돌발검지 분야에 레이더 기술을 접목하여 개발된 사례이나, 차량검지시스템으로 개발된 기술은 아님



[그림 5] 스마트하이웨이 도로레이더 시스템

나. 해외 기술 동향

- 유럽 및 미국 등 주로 선진국에서는 최근 들어 레이더 기반의 차량검지 기술이 활용되고 있고, 주로 이런 국가들이 시장을 주도하고 있음
- 미국의 Wavetronix사의 Smart Sensor HD는 루프 대체용으로 도로를 횡방향으로 보면서 회로에 나란히 부착된 2개의 레이더를 사용하여 지나간 차량의 Δt 를 이용하여 속도를 측정하는 방식을 구현하였으나, 횡방향 검지 방식에 따른 인접차량 가림 현상으로 인한 교통량 정확도가 우리나라 평가기준에 미흡함



[그림 6] 기존 레이더 VDS 제품 사례

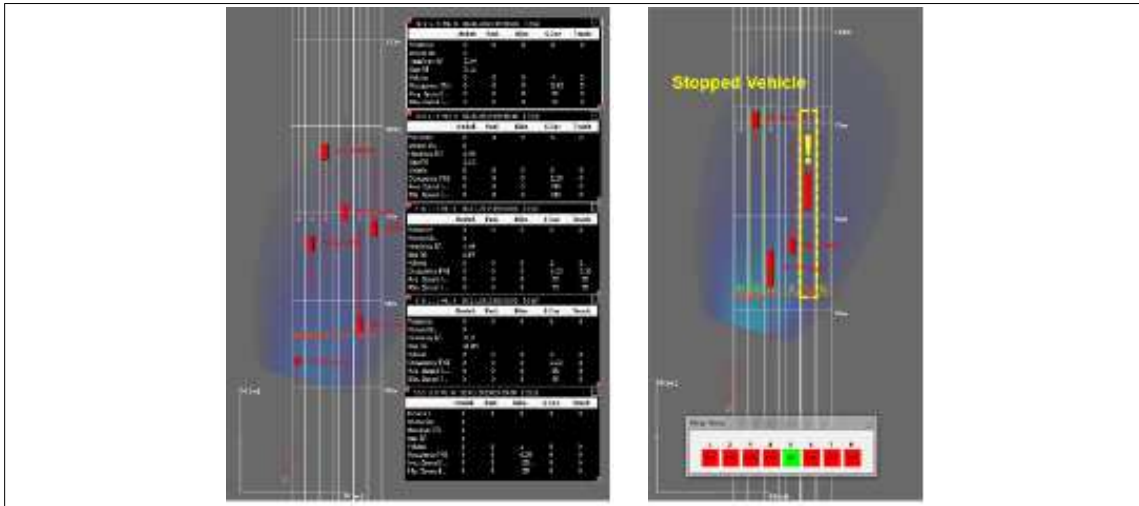
- 미국 Huston사의 PD 300은 역시 루프 대체용으로 도로를 횡방향으로 보면서 교통량을 측정하는 방식으로, 정확한 속도정보를 검지하기 어려움
- 지점 방식으로 정확한 속도정보를 검지하기 어려우며 Wavetronix보다 기술력 낮은 것으로 보임



[그림 7] 기존 레이더 VDS 제품 사례

- 독일의 Smartmicro는 레이더 전문기업으로 교통정보 수집용, 차량에 설치되는 레이더를 주로 생산함
- Traffic Counting 모델은 교통량과 돌발상황을 검지하며 교통량은 5차로 기준으로 측정 가능하고, 돌발상황은 속도정보를 활용하며, 160m 정도를 검지할 수 있음

- 해당 제품이 본과제의 성격과 유사한 것으로 보이며 2016년 최근 새로운 제품의 형태로 출시됨



- 국외에서는 비교적 정확한 정보 수집이 가능하고, 비접촉식으로 유지보수가 편리한 레이더 기반의 차량검지 기술이 보편화 되고 있는 추세임

[표 3] 국외의 주요 업체

세부기술	업체명(국적)	보유 기술 또는 특허	수준
레이더 차량검지기	Excel Technology Group(Australia)	XLrvd RADAR vehicle detector	상
	Image sensing systems(US)	EIS RTMS G4	상
	xtralis(Australia)	Doppler Radar Vehicle Detector MW series	상
	Smartmicro(Germany)	Radar(traffic, automotive, airborne)	상
	Wavetronix(US)	SmartSensor HD 125, 105,200	상
	Hudson(US)	PD 300	상
영상 돌발 검지 알고리즘	Image Sensing Systems(US)	Autoscope	상

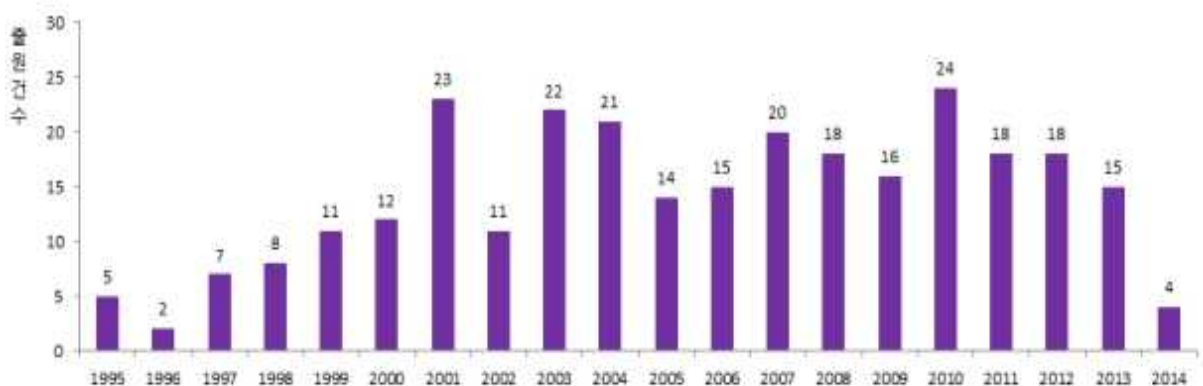
- 또한, 국외 주요 업체 제품의 설치 지점은 아래와 같으며 고속도로, 도시부 도로 등 다양한 성격의 도로에 적용되고 있음

[표 4] 국외의 주요 업체의 설치 지점

세부기술	업체명(국적)	주요 설치 지점
레이더 차량검지기	Excel Technology Group(Australia)	- 호주 퀸즈랜드, 브리즈번, 선샤인, 브루스 고속도로 - 카타르, 아일랜드, 미국 더블린, 웨일즈 등 설치운영
	Image sensing systems(US)	- 2014 러시아 소치 동계 올림픽 교통관리 수행 - 고속도로, 간선도로, 시내교차로 등 다방면 활용 - 램프구간, 교통류 모니터링, 도로 블록 감지
	xtralis(Australia)	- 고속도로, 간선도로, 교차로 등 운영 - 교차제어 및 보행자 감시
	Smartmicro(Germany)	- 미국, 유럽의 교차로 운영체제로 주로 운영 - 최근 대만의 교차로에 설치하여 운영(2015. 04)
	Wavetronix(US)	- 그린빌, 노스 캐롤라이나 등의 미국도시에서 교차로 관제·관리를 위해 적용
영상 돌발 검지 알고리즘	Image Sensing Systems(US)	- 레이더 검지기기술의 실용적인 활용위해 영상 활용 - 운영자의 상황판단, 의사결정 보완에 사용 - 버스전용차로, 철길건널목 등에 설치 사용

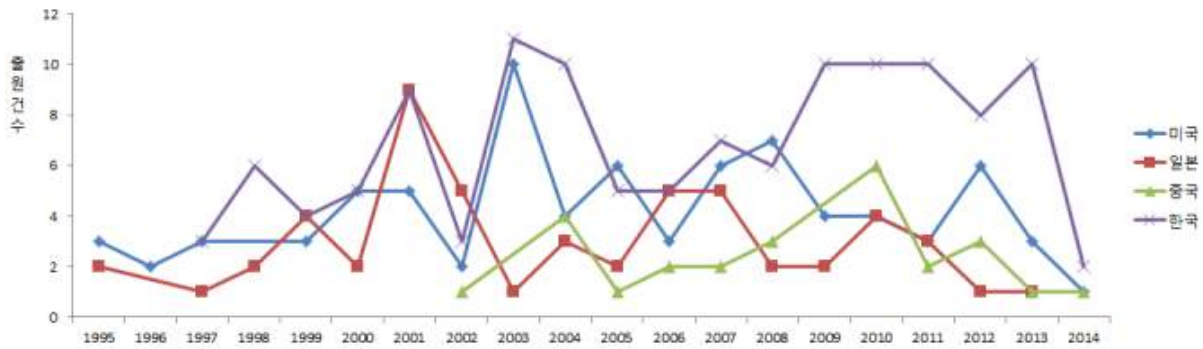
3. 국내 · 외 관련 기술 특허 동향

- 차량검지기 기술에 관한 특허동향을 보면 2001년 이후 활발한 기술 개발이 이루어지고 있음. 2001년 이후 매년 평균 17건 이상의 특허가 출원되고 있음



[그림 8] 연도별 특허출원 동향
* 분석구간 : 한국, 미국, 일본, 중국 특허. 1995.01 ~ 2015.03 (출원연도)

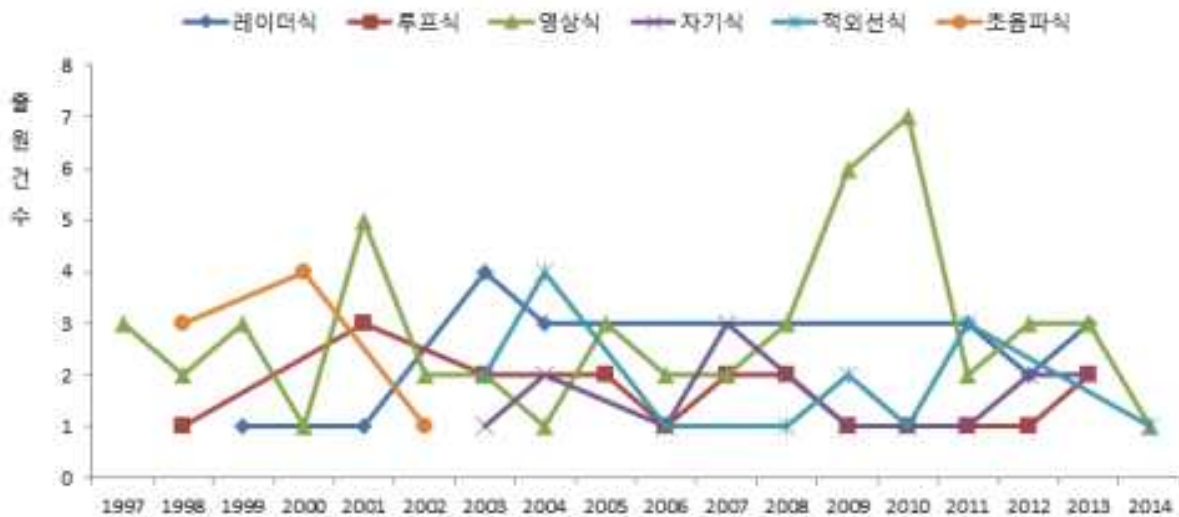
- 연도별, 국가별 특허출원 동향을 보면 한국은 2008년 이후 차량검지기에 관한 활발한 기술 개발이 진행되고 있음
- 미국은 2008년 이후 다소 부진하지만 매년 일정 건수의 특허가 출원되고 있음
- 일본은 2001년을 기점으로 일반적인 수준으로 진행됨. 연중 평균 3 ~ 4건으로 나타남.
- 중국은 2002년 이후부터 차량검지기 관련 특허가 출원되고 있으며 2007년 이후 다소 증가 경향을 보이고 있음



[그림 9] 연도별, 국가별 특허출원 동향

* 분석구간 : 한국, 미국, 일본, 중국 특허. 1995.01 ~ 2015.03 (출원연도)

- 분석구간에서 차량검지기로는 영상식 90건(31.7%), 루프식 51건(18.0%), 레이더식 47건(16.5%), 자기식 44건(15.5%) 순으로 나타남
- 연도별로는 영상식 차량검지기가 2005년 이후부터 꾸준한 증가를 보이며 2010년에 최고에 이름. 루프식 차량검지기는 매년 꾸준한 출원 경향을 보여주고 있지만 2009년 이후는 다소 주춤함
- 레이더 차량검지기는 2003년 ~ 2006년에 활발한 특허 출원을 보이다 잠시 주춤한 뒤 2010년 이후부터 영상식 차량검지기와 함께 활발한 특허활동이 진행되고 있음



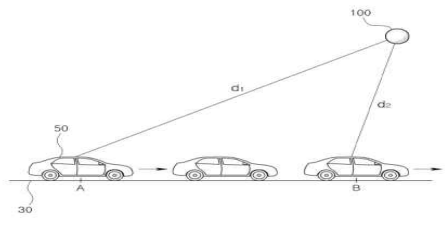
[그림 10] 한국의 세부기술별, 연도별 특허동향

* 분석구간 : 한국 특허. 1995.01 ~ 2015.03 (출원연도)

- 한국의 경우 차량검지기에 관한 특허출원은 영상식(41.1%), 루프식(15.3%), 레이더식(13.7%) 순으로 나타남
- 영상식은 2008년 ~ 2010년사이 특허출원이 활발하게 진행되었음을 보여주고 있음. 2001년 이후 연평균 3건 이상의 특허가 출원되고 있음
- 루프식은 2008년 이후 특허출원 활동이 저조함

○ 레이더식 차량검지기는 2003년 이후 부터 매년 3건 이상의 꾸준한 특허출원 활동이 진행되고 있음

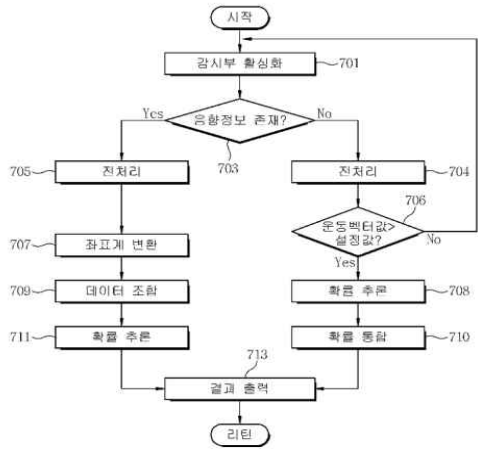
○ 국내외 기존 특허와 개발제품의 차별성을 살펴보면 아래와 같음

구분	기존기술명	개발자 (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능
1	점유 기반 레이더를 이용한 교통정보 수집 시스템 및 방법	(주)아이트래픽 시스템 (2013.10)	점유 기반 레이더를 이용한 교통정보 수집 시스템	
개발기술과의 차별성				

기존 기술은 점유 기반 레이더 장치를 이용하여 차량의 진입 및 진출 상태를 파악하고, 진입이후 도로의 점유상태정보를 유지함으로써 도로 점유 상태 판단하여 교통정보 수집이 가능하도록 한 시스템임.

그러나, 본 기술은 교통정보 수집 및 제공뿐만 아니라, 정지차량, 역주행, 돌발 사고 등을 도로상의 사고 위험 요소들 또한 검지 가능함.

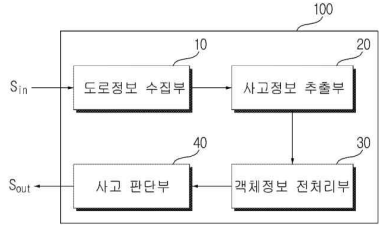
따라서 기존 기술 비교하여 본 기술은 차량 점유상태 유무 판단을 기반으로 정보만 수집이 가능한 시스템보다 정보의 다양성, 기술의 활용성 등 여러 측면에서 차별화 됨

구분	기존기술명	개발자 (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능
2	적응적 사고 검출 시스템 및 사고 검출 방법	전자부품 연구원 (2013.07)	카메라 영상을 통한 객체 간 움직임 분석을 기반으로 차량 사고판단 및 추론 기술	
개발기술과의 차별성				

기존 기술은 영상기반 사고검지 장치로써 기존 사고 검출 시스템의 높은 오보율을 개선하고, 카메라의 영상을 통한 객체 간 움직임 분석을 기반으로 음향센서를 부가적으로 이용하여 차량 사고를 검지하는 시스템임.

기존기술은 영상 기반 시스템으로써 안개, 눈, 비와 같은 날씨와 주/야간 포장의 색채나 빛에 영향력이 매우 크나 본 기술은 전천후 주야간에 상관없이 실시간 검지 가능한 시스템임.

따라서 기존 기술은 판단 가능한 차량 사고에만 적용되고 날씨 및 환경의 영향을 받으므로 기술의 적용 시간이 매우 제한적인데 반해 본 기술은 정보의 다양성, 기술의 활용성 등 여러 측면에서 우위에 있음.

구분	기존기술명	개발자 (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능
3	교통사고 인식장치 및 그 방법	연세대학교 산학협력단 (2012.02)	도로의 영상정보와 음향정보를 이용하여 교통사고 발생 인식 기술	 도로교통수집부(10), 사고정보 추출부(20), 객체정보 전처리부(30), 사고판단부(40)

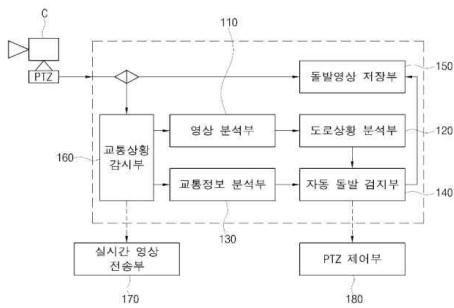
개발기술과의 차별성

기존 기술은 카메라로 획득된 도로의 영상정보와 음향정보를 이용하여 교통사고 발생을 인식하기 위한 시스템임.

본 기술은 도로상의 통행량 및 속도 정보 뿐만 아니라 정지차량, 역주행 돌발상황 추출 가능함.

또한, 기존기술은 영상정보와 음향정보를 이용한 기술로 야간, 악천후 상황에서 판단을 위한 정확한 영상의 취득이 힘들며, 교통량이 많은 상황일 경우 차량 소음으로 처리를 위한 정확한 음향정보 수집에 어려움이 있음.

따라서 기존 기술은 교통사고의 사전예방이 불가능하며 사고 발생의 인식만이 가능하여 사후처리를 위한 기술이라는 점에서 반해 정보의 다양성, 활용성 측면에서 차별화 됨.

구분	기존기술명	개발자 (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능
4	실시간 교통상황 검지 시스템	주식회사 토펬스 (2011.12)	실시간 영상처리를 이용한 자동 돌발상황 검지 기술	

신청기술과의 차별성

기존기술은 디지털 영상을 이용한 기술로 야간, 악천후 상황에서 정확한 영상의 취득이 어려워 돌발 상황 및 교통정보 추출에 대한 검지의 정확성 및 기술 적용가능 시간에서 본 기술과 차별성을 보임.

구분	기존기술명	개발자 (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능
5	자동 교통정보추출 시스템 및 그의 추출방법	주식회사 비츠로씨앤씨 (2010.09)	교통 상황을 실시간으로 촬영한 교통영상을 제공받아 교통정보자동추출	 디지털영상신호로 변환하는 입력부, 차선의 검지영역 설정하는 검지영역 추출부, 영상을 비교&검지하는 영상변화검지부, 전송부로 구성

신청기술과의 차별성

기존 기술은 영상에서 얻을 수 있는 정보들을 이용하여 교통정보를 추출하는 기술로 야간, 악천후 등 환경적 요인에 민감하여 이러한 상황일 경우 정확한 영상의 취득이 어려워 기술의 적용이 제한적임.

기존 기술에서 제공하는 정보들은 교통상황결과 정보로 이용자 측면에서는 정적인 정보라는 점에 반해 본 기술은 실시간으로 도로 교통 정보를 제공하며, 다양한 검지대상 등 정보의 다양성, 활용성 측면에서 차별화 됨.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발 목표

가. 최종성과 목표 및 성과지표

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표	
					질적 성과지표		목표치	측정방 법	검증방 법				가중치
총괄	A	레이더 기반 스마트 차량검지 시스템 개발	A-1	차량 검지용 레이더 센서 제작	①	검지거리 (돌발기준)	500m (양방향 설치시)	자체 평가	동영상	2	메타빌드 도로공사	464	시제품(HW) : 1건
					②	검지차로	4차선			2			
					③	검지속도	최대 200km/h			2			
			A-2	교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 개발	①	속도 검지 정확도	95%	공인 인증 기관	시험성 적서	2	메타빌드	234	시제품(SW) : 1건 특허 : 출원 2건 시험성적서 : 1건
					②	통행량 검지 정확도	95%			2			
					③	정지 차량 검지 정확도	95%	자체 평가	동영상	2			
					④	역주행 검지 정확도	95%			2			
			A-3	도로관리자용 운영 SW 개발	①	최대동시 접속대수	3대	자체 평가	동영상	4	부울	130	시제품(SW) : 1건 특허 : 출원 1건 SW : 등록 1건
			A-4	공간점유율기반 교통정보 추출 알고리즘 개발	①	생성시간	1분	자체 평가	동영상	1	아주대	112	논문 : 2건
			A-5	시스템 구축 및 시범운영 검증	①	설치사이트	2	자체 평가	동영상	1	메타빌드 도로공사	198	시험결과서 : 1건 신기술인증서 : 1건
계									20		1,138	특허 : 출원 3건 시제품 : 3건 논문 : 2건 SW : 등록 1건 시험결과서 : 1건 신기술인증서 : 1건 시험성적서 : 1건	

2. 연구계획

가. 세부추진 계획 및 방법

○ 기술 분석 및 요구사항 도출

No.	연구개발내용	세부추진 계획 및 방법	해당 기관
1	■ 기술 분석 및 요구사항 도출	- 최신 레이더 기술 조사 - 기존 차량검지시스템 기술 상세 분석 - 수요처 관리자, 교통 전문가, 성능평가자 등과의 인터뷰를 통한 요구사항 분석 및 도출 - 차량검지시스템 시방서 및 성능기준 상세 분석 - 수요처 및 관련 협회, 학회 등 자문위원단 구성	메타 빌드
		- 스마트 차량검지시스템 요구사항 정의 - 기존 차량검지시스템 운영현황, 성능 및 기능, 경제성 등 분석 - 스마트 차량검지시스템의 실용화 방안 도출	한국도로공사

○ 차량검지용 레이더 센서 개발

No.	연구개발내용	세부추진 계획 및 방법	해당 기관
1	■ 안테나 및 송수신기 설계 및 시제품 제작	- 설치·운영 환경을 고려한 크기 및 무게 최소화 - 시뮬레이션을 통한 정확성을 확인하여 개발사양에 적합한 안테나 및 송수신기 파라미터 도출 - 송수신 간 분리도를 최소화하여 제작 - 전파 방사 특성을 고려한 안테나 레이아웃 제작	메타 빌드
2	■ 디지털 신호처리기 설계 및 시제품 제작	- 각도 정보 추출을 위한 2채널 ADC 적용 - 변환된 디지털 데이터를 저장할 수 있는 외부 메모리(RAM) 적용 - 송신기 VCO를 조절하기 위해 Control 신호 제어기 개발 - 실시간 처리 및 알고리즘의 효율적인 구현을 위해 F/W 포팅 - 검지정보 송신 및 레이더 제어를 위한 인터페이스 개발	메타 빌드
3	■ 레이더 센서 SW 개발	- 개발과정에서 발생하는 기술적 장애를 해소하기 위하여 시뮬레이션에 의한 알고리즘의 정확성을 확인하고, Tool을 이용한 시뮬레이션으로 구현상의 문제점을 사전차단 및 최소화 - Sidelobe 감소를 위한 Window함수 적용 - 신호처리 중요 구성 단계에 내부 연산 Clock 동기 기능부여로 Routing Delay에 따른 로직 불확실성 최소화 - 내부연산은 Round Off Error를 최소화 할 수 있도록 Floating Point 연산을 적용	메타 빌드
4	■ 기구 형상 설계 및 시제품 제작	- 수분 흐름 및 수분(물방울) 맺힘이 없도록 외부 코팅 적용 - 레이더 센서 전면부(안테나)와 함체간의 이격 거리는 전파 특성을 고려하여 일정 수준을 유지하여 제작 - 열해석을 수행하여 기구 내부 발열 최소화 구조 설계 및 부품 배치 - 외부 이물질로부터 레이더 센서를 보호할 수 있는 강도를 가지도록 제작 - 현장시험을 통한 보완 및 최종 통합시제품 제작	메타 빌드
5	■ 최종 시제품 설계 및 제작	현장시험 성능 보안을 통한 최종시제품 설계 및 제작	메타 빌드

○ 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 개발

No.	연구개발내용	세부추진 계획 및 방법	해당 기관
1	■ 공간점유율기반 교통정보추출 알고리즘 개발	• 기존 차량검지시스템 자료 분석 • 레이더 기반 차량검지시스템 자료 특성 파악 및 처리 알고리즘 개발 • 공간점유율 산출 모형 및 교통류 모형 개발 • 공간점유율과 속도 관계식 개발 • 다수 레이더 정보를 통한 구간통행시간 추정 모형 개발 • 혼잡상황 유형 분류 • 공간점유율과 속도에 따른 혼잡상황 유형 분류 • 상황변화 판단 알고리즘 개발 • 현장시험 및 시범운행을 통한 개발 항목 검증 및 보완	아주대
2	■ 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 개발	• 구간통행시간 추정, 혼잡상황 판단 알고리즘의 SW 개발 • 개발차량 추적(Tracking)기반 정지차량, 역주행 차량 유형 분류 • 정지차량, 역주행 판단 알고리즘 및 SW 개발 • 현장시험 및 시범운행을 통한 개발 항목 검증 및 보완	메타 빌드

○ 도로관리자용 운영 SW 개발

No.	연구개발내용	세부추진 계획 및 방법	해당 기관
1	■ 도로관리자용 관제 및 관리 SW 개발	• 요구사항 분석 • 내부 데이터 흐름설계 • 관리 데이터 저장 구조 설계 • 모듈 단위 기능 분배 및 구조 설계 • 동작 및 연결 상태 관리 SW 개발 • 교통상황 관제 SW 개발 • 단위 테스트를 통한 기능별 동작 상태 검증 및 보완 • 레이더 센서와 연동 테스트를 통한 개발 항목 검증 및 보완	부울

○ 시험시공 및 시범운영을 통한 검증

No.	연구개발내용	세부추진 계획 및 방법	해당 기관
1	■ 현장 시범 설치 및 자체시험	• 1단계: 레이더 센서 H/W 및 S/W 연동시험 - 각 모듈 목표사양 만족 여부 시험 - 모듈 간 연동 시험 - 레이더 센서 - 운영 SW 인터페이스 확인 - 연동시험 데이터 분석 후 수정 및 보완 • 2단계: 레이더 센서 자체 성능시험 - 빔폭 및 거리별 빔세기 측정 - 기준측정장치를 이용한 검지 성능시험 - 이동차량을 이용한 속도 검지 성능시험 • 3단계: 신호수집 및 자체운영시험 - 교통정보 수집 성능시험 - 돌발상황 검지 성능시험 - 단일/다수 레이더 센서를 이용한 단독/복합 운영시험 - 연동시험 데이터 분석 후 수정 및 보완	메타 빌드
2	■ 시험시공 및 시범운영	• 구축장소: 추후 결정(한국도로공사 협의) • 구축일정: 2015년 10월 ~ • 구축목적: - 수요처의 운영 평가를 통한 성능 보완 - ITS 성능평가 및 신기술 인증방안 마련	메타 빌드, 한국도로공사
3	■ 성능평가	• 평가일정: 2016년 5월 • 평가장소: 추후결정(평가기관과 협의) • 평가담당: ITS성능평가 전담기관 • 평가항목: - 교통정보(속도, 교통량) 정확도 평가 - 돌발상황(정지차량, 역주행) 검지 정확도 평가 • 평가환경: - 최소 200대 이상 교통량 확보 - 1시간 이상 평가 시간 만족	외부 시험기관
4	■ 신기술인증	• 공용도로 시범구축 및 ITS 성능평가 결과를 바탕으로 신기술 인증 추진	메타 빌드

나. 연차별 추진내용

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	■ 레이더 기반 스마트 차량검지 시스템 시제품 개발 · 기술 분석 및 요구사항 도출 · 차량검지용 레이더 센서 개발 · 교통정보 수집 및 돌발상황 검지 SW 개발 · 스마트 차량검지시스템 운영SW 개발	· 기존 차량검지시스템 기술(제품) 조사 · 요구사항 분석 및 도출 · 스마트 차량검지시스템 실용화 방안 연구 · 레이더 센서 구성 모듈 HW 설계 및 시제품 제작 · 레이더 센서 SW 개발 · 공간점유율기반 교통정보추출 알고리즘 개발 · 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 개발 · 도로관리자용 관제 및 관리 SW 개발
2차년도	■ 최종시제품의 파일럿 시스템 구축 및 시범운영 검증 · 시제품 현장적용 및 보완 · 최종 시제품 설계 및 제작 · 시험시공 및 검증	· 도로현장 자체 시험 · 현장시험에 따른 기능 및 성능 보완 · 최종 시제품 설계 및 제작 · 공용도로 파일럿 시스템 구축 및 시범운영 · 시범운영 결과 평가 및 보완 · ITS 성능평가 · 진흥원 교통신기술 인증

3. 연구수행 내용

가. 레이더 기반 스마트 차량검지시스템 개발

(1) ITS 레이더 주파수 조사

(가) 국내 주파수 이용 현황

- 10 · 24 · 26 · 60 · 76GHz대역은 무선탐지용으로 주파수를 분배하여 허가 및 비허가용으로 사용
- 24.05~24.25GHz대역은 기상원조국, 무선측위국으로 7국을 허가받아 사용하고, 그 외 대역은 물체감지, 차량충돌방지, 레벨측정레이더 등 비허가 무선기기 사용 중

	물체 감지센서		물체 감지센서	차량충돌 방지레이더		레벨측정레이더		차량충돌 방지레이더	
10.05	10.55	24.05	24.25	26.65	57	64	76	77 GHz	

[표 5] 주파수 대역별 무선탐지용 주파수 이용 현황

(나) ITU

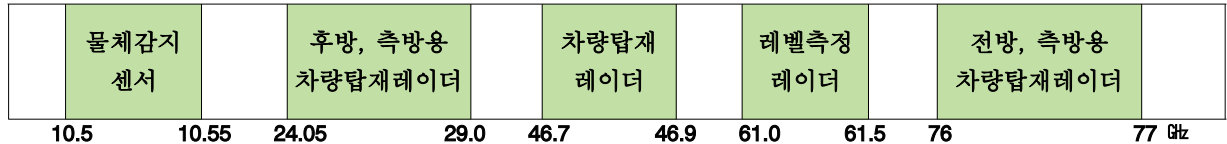
- 1215~1400MHz, 2700~3400MHz, 5250~5850MHz, 8.50~10.50GHz, 13.75~14.00GHz, 15.40~17.30GHz, 24.05~24.25GHz, 33.40~36.00GHz, 59.0~64.0GHz, 76.0~77.5GHz, 78.0~81.0GHz, 92.0~100.0GHz를 무선탐지용으로 분배
- M.1452-2에서는 76~77.5GHz, 78~81GHz대역을 ITS 응용분야 레이더로 권장

[표 6] 무선탐지용 국제 주파수 분배 현황

대역	주파수 범위	점유폭(MHz)	용도
L-Band	1215 ~ 1400MHz	185	우주/해상감시
S-Band	2700 ~ 3400MHz	600	기상레이더
C-Band	5250 ~ 5850MHz	600	기상 및 항공탐지
X-Band	8.50 ~ 10.50GHz	2,000	선박, 기상레이더
Ku-Band	13.75 ~ 14.00GHz	250	해상 및 항공탐지
K-Band	15.40 ~ 17.30GHz	1,900	다중모드탐지
	24.05 ~ 24.25GHz	200	차량속도측정
Ka-Band	33.40 ~ 36.00GHz	2,600	지형 매핑, 기상
MMW-Band	59.00 ~ 64.00 GHz	5,000	레벨측정레이더
	76.00 ~ 77.50GHz	1,500	차량충돌방지
	78.00 ~ 81.00GHz	3,000	
	92.00 ~ 100.0GHz	8,000	구름탐지

(다) 미국

- 10.50~10.55·24.05~29.00·46.7~46.9·61.0~61.5·76~77GHz대역을 무선탐지용으로 분배하고, 물체감지센서, 레벨측정레이더, 차량속도측정, 차량충돌방지레이더 등의 용도로 사용
- 24.05~29.00·76~77GHz대역을 차량충돌방지레이더, 24.05~24.25GHz대역을 교통량 모니터링 및 차량 속도 감지, 77~81GHz대역을 차량충돌방지레이더로 추가 분배 검토 중



[표 7] 미국 무선탐지용 주파수 부내 현황

(라) 유럽

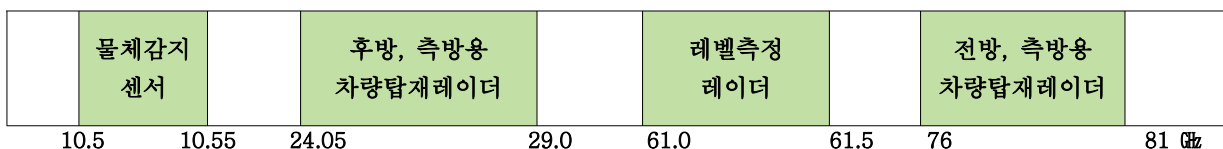
- 8.5~10.6·24.05~27.00·57~64·75~85GHz대역을 무선탐지용으로 분배하여, 물체감지센서, 레벨측정레이더, 차량충돌방지레이더에 사용
- 특히, 영국은 76~77GHz대역을 교통량 모니터링, 94~95GHz대역을 활주로 이물질 감지 용도로 사용



[표 8] 유럽 무선탐지용 주파수 부내 현황

(마) 일본

- 24.05~24.25GHz, 24.25~29.00GHz, 60.0~61.0GHz, 76.0~77.0GHz, 77.0~81.0GHz 대역을 무선탐지용으로 분배하여, 차량속도측정, 차량충돌방지레이더 등으로 사용
- 60.0~61.0GHz대역에서 도로면 레이더 개발을 진행하였으나 산소에 의한 전파 흡수, 목표물 유효감지거리 확보 곤란으로 상용화 포기
- 76.0~77.0GHz대역에서 교통량 모니터링 및 차량 속도 감지용 레이더 사용



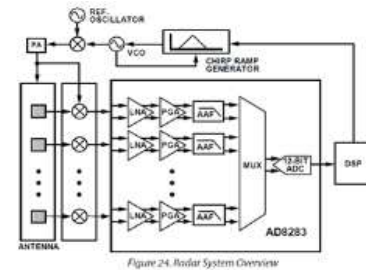
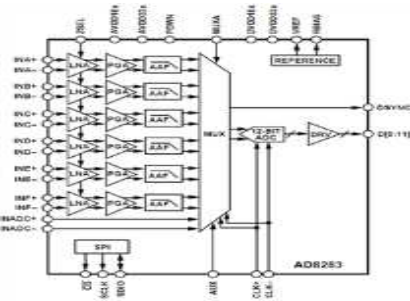
[표 9] 일본 무선탐지용 주파수 부내 현황

(2) RF 모듈 조사

○ RXN7740 / RON7701

○ AD8283

- Radar Receive Path AFE: 6-Channel LNA/PGA/AAF with ADC



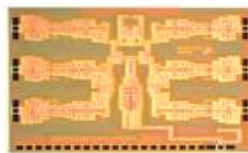
○ PRDXTX11101

- Xtrinsic Radar Transmitter, 77 GHz VCO+Tx for Automotive Radar



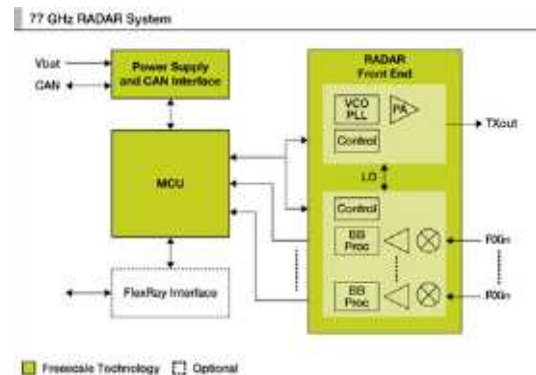
Transmitter

- Low power consumption
- Extremely low phase noise
- High output power at 3.3V
- Very precise control over frequency (± 100 ppm)
- No trimming, no adjustments
- Supports RX designs with local oscillator at half of the RF frequency (38.25 GHz)
- Ability to monolithically integrate frequency stabilization (PLL), PA and programmable FMCW modulation
- SPI interface (optional)



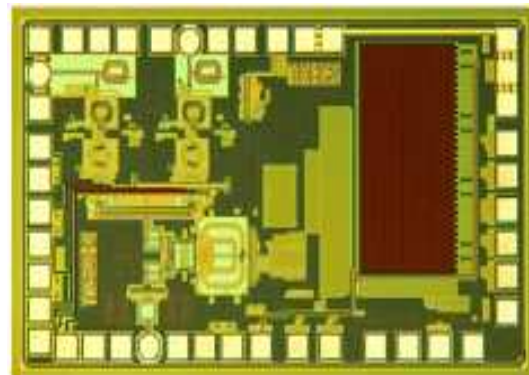
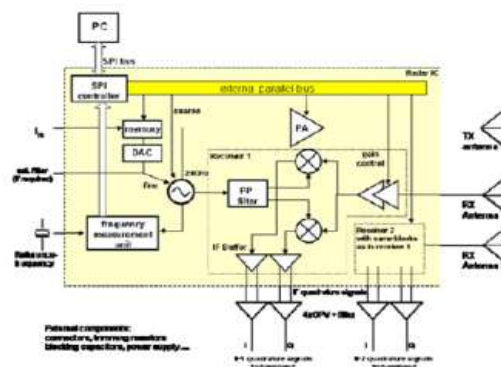
Multi-Channel Receiver

- Multiple channels supported
- Local oscillator at 38.25 GHz
- Local oscillator input power level typical -7 dBm
- Differential IF
- Lowest noise figures
- High IF-to-IF isolation
- Low residual power levels
- Gain/linearity on customer request
- ESD protection (RF and DC)
- SPI (optional)



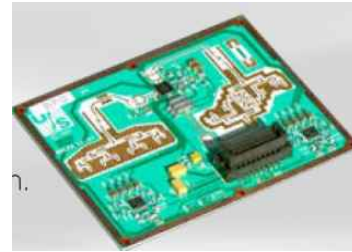
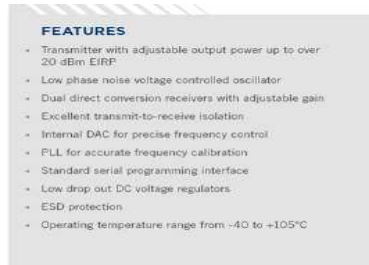
○ TRXC2_024_04

- 24 GHz Transceiver with Integrated Ramp Generation



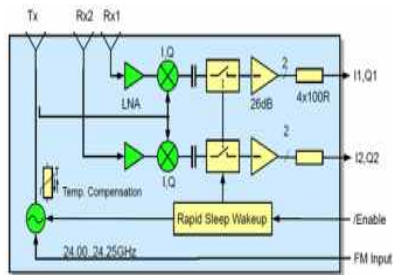
○ TR3001ACC

- 24 GHz Radar Transceiver / Antennas



○ K-MC4

- MONOPULSE RADAR TRANSCEIVER



○ K12X

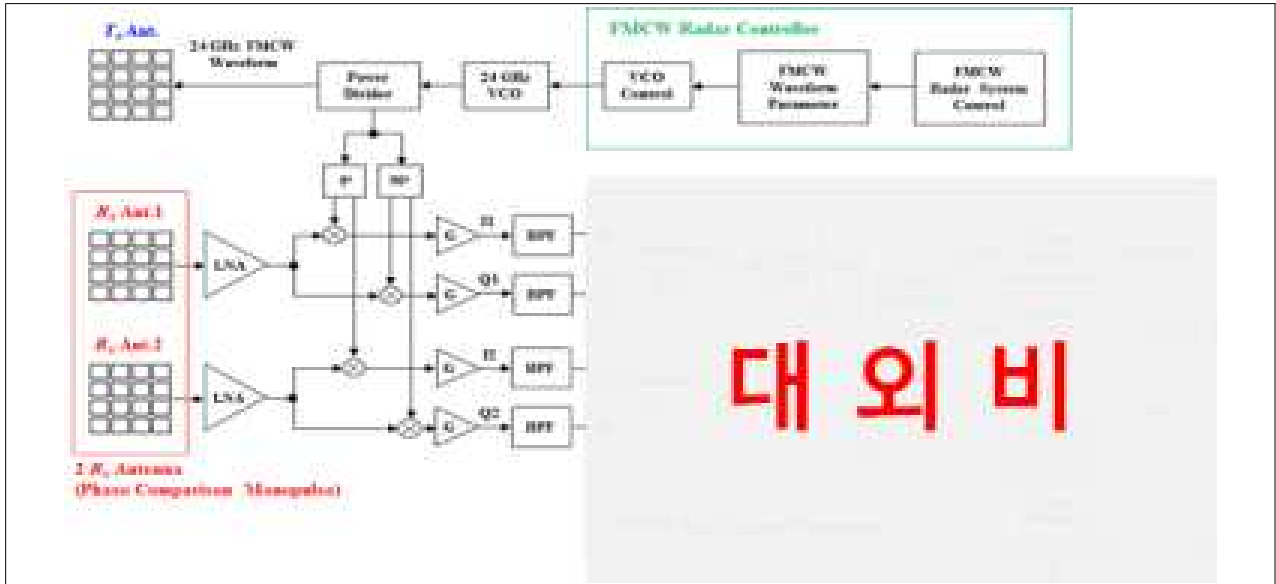
- Long Range Application



(3) 레이더 센서 사양 설계

(가) 시스템 구성도

- 레이더 센서는 안테나부, 송수신기, 파형발생부, 신호처리부로 구성



(나) 레이더 센서 규격

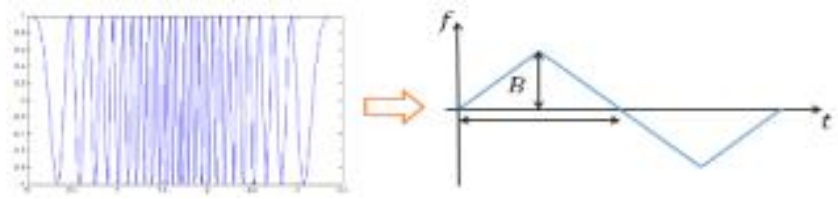
- 레이더 센서 시스템 설계 파라미터에 따른 개발 사양은 아래와 같음

[표 10] 레이더 센서 개발 사양

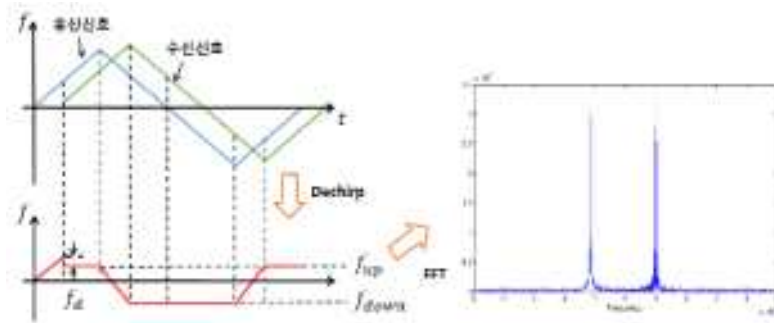
구 분	설계 사양	개발 사양
주파수	대 외 비	
송신출력		
레이더 타입		
안테나 타입		
안테나 빔폭(AZ)		
안테나 빔폭(EL)		
처리속도		
최대탐지개수		
최대탐지거리		
최대탐지속도		
인터페이스		
검지정보		

(다) 레이더 센서 설계 파라메타 설정 및 계산식

○ 송신파형 설계



○ 송수신 신호 비교



○ 시스템 성능을 만족하기 위한 파라메타 설정

○ 거리 해상도 ΔR : 두 표적을 구분 할 수 있는 최소 거리

$$\Delta R = \frac{c}{2 \times B}$$

○ 최대 비트 주파수 f_{bmax} : 레이더와 표적 사이 거리에 의해 발생하는 송, 수신 신호간의 일정한 주파수 차이

$$f_{bmax} = \frac{4 \times R_{max} \times B}{T_m \times c}$$

○ 최대 도플러 주파수 f_{dmax} : 표적의 움직임에 의해 발생하는 주파수 성분

$$f_{dmax} = \frac{2 \times V_{max}}{\lambda}$$

○ ADC Sampling rate f_s : 데이터 샘플링 레이트

$$f_s \geq 2 \times (f_{bmax} + f_{dmax}) ,$$

○ Range & Velocity Equation : 표적의 거리 및 속도를 추정하는 계산식

$$R = \frac{c \times (f_{upbeat} + f_{downbeat}) \times T_m}{8 \times B}$$

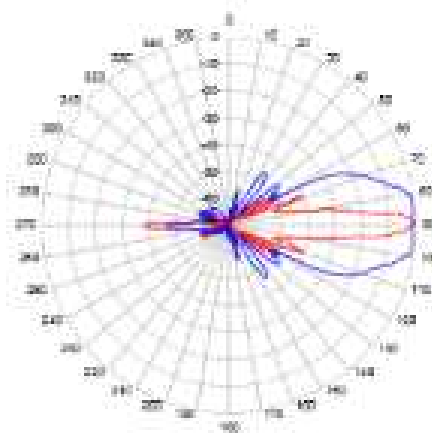
$$V = \frac{c \times (f_{upbeat} - f_{downbeat})}{4 \times f_c}$$

※ c : 빛의 속도, T_m : 주기, λ : 파장

(4) 레이더 센서 시작품 제작

(가) 안테나 및 송수신기 모듈 제작

- 레이더 센서의 최대탐지거리 : 250m, 4차선을 고려한 안테나 빔폭



(나) 디지털 신호처리 모듈

- FMCW 수신 Beat Frequency 신호의 FFT 변환을 통하여 거리 정보 신호로 변환
- 거리 정보 변환 FFT 성능 보장을 위하여 FFT 실행 전에 Beat frequency 신호는 HPF(High Pass Filter)를 통과하여 거리에 따른 신호세기 변화 보상
- FFT 는 2^n 개 데이터 기준으로 실행되므로 Zero Padding을 통해 개수를 맞추어 처리
- 거리정보 산출은 FFT에 의한 Beat 신호 주파수 값을 추출하여 거리로 환산
- 알고리즘 파라미터 수정 및 검지정보 확인을 위해 외부 인터페이스 지원

(다) 최종 시제 회로도

○ POE Power



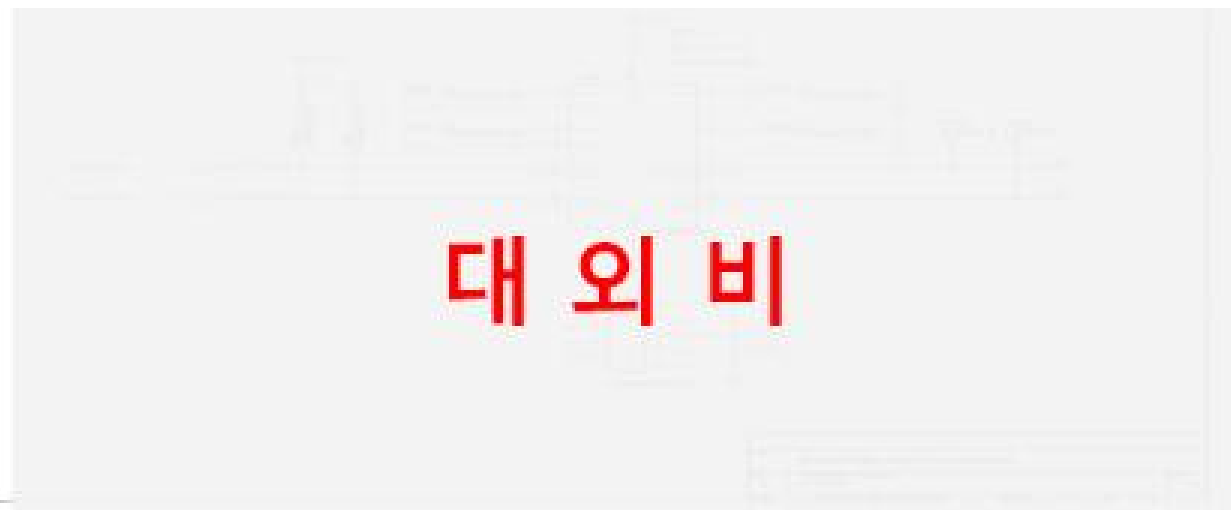
○ 통신부



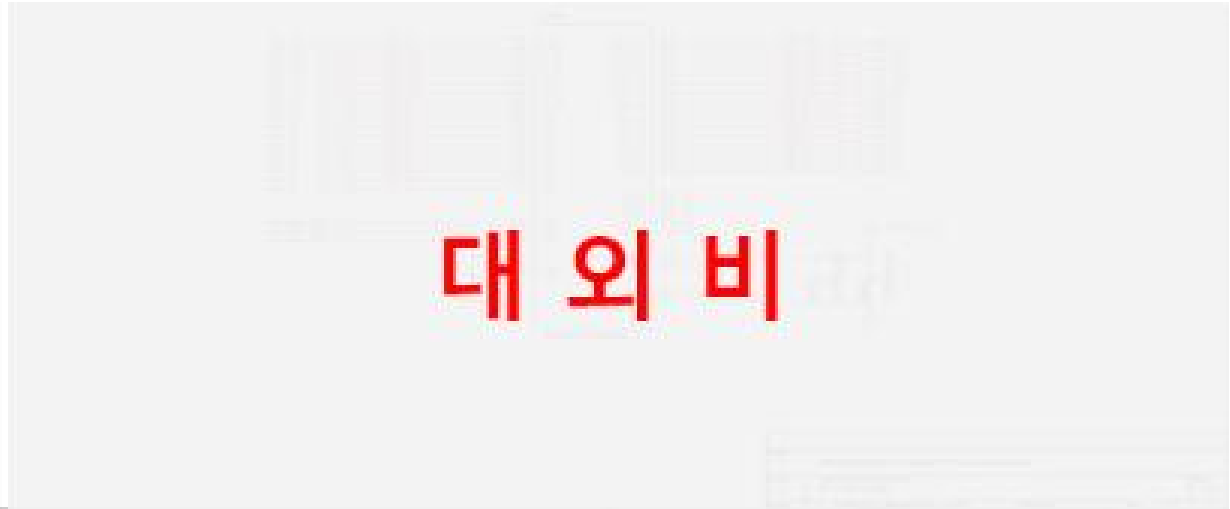
○ Ethernet



○ Serial



○ Memory Interface



○ MCU JTAG



○ GPIO



○ ADC



○ RF Interface



○ MCU Power



(라) 최종 시제 레이돔 설계

○ 레이더 센서 레이돔 두께는 아래와 같이 산출됨

$$\lambda_0 = c_0 / f_c$$

f_c Frequency
 c_0 Speed of light
 λ_0 Wavelength (free air)

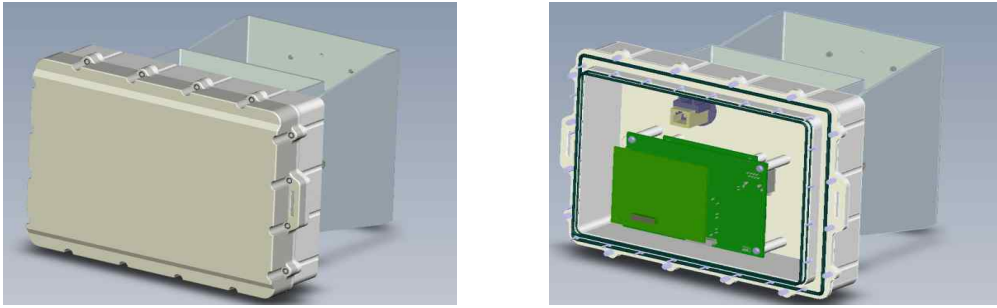
$$\lambda_m = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$$

λ_m Wavelength $\in$ material

○ PC재질일 경우 레이돔의 두께는 아래와 같이 계산됨

○ 안테나와 레이돔 사이의 간격은 PC재질일 경우 아래와 같이 계산되므로 최소 이격거리는 XXmm이상을 유지해야 함

(마) 최종 시제 형상(3D)



[그림 11] 레이더 시제품 형상(3D)

(바) 최종 시제품(실사)



[그림 12] 레이더 시제품 실사

(5) 레이더 센서 SW 개발

(가) Radar Equation(Functional Analysis)

○ 수신전력(P_r)은 수신 안테나로부터 수신되는 신호세기임

○ 최대 검지 거리에 따른 최소 수신 신호를 계산하기 위한 수식으로 아래와 수식으로 계산됨

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \frac{G_r}{4\pi} \cdot \lambda^2$$

- P_r : Received Power

- P_t : Transmitter Power

- G_t : Tx Antenna Gain

- G_r : Rx Antenna Gain

- σ : Target(RCS)

- λ : Wavelength

○ 위 수식을 dBm 단위로 바꾸면 아래 수식과 같음

$$P_r(dBm) = 10\log P_t + G_t + G_r + 10\log\sigma + 20\log C - 30\log(4\pi) - 40\log R - 20\log f$$

(나) Receiver Sensitivity(Minimum detectable power)

○ 시스템의 잡음 지수 NF는 입력단과 출력단에서의 신호 대 잡음비 의 비로서 수식은 아래와 같음

$$NF = \frac{(S_i/N_i)}{(S_o/N_o)}$$

○ 입력 신호의 최소 세기 $(S_i)_{\min} = NF \cdot \left(\frac{S_o}{N_o}\right) \cdot N_i = NF \cdot K \cdot T \cdot B \cdot \left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{\min}$ 임

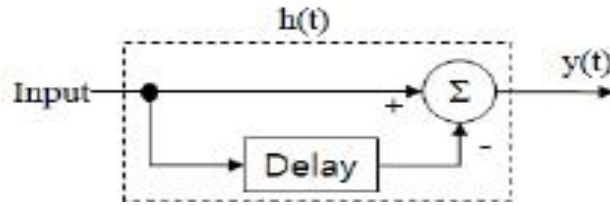
○ 여기서 $N_i = K \cdot T \cdot B$ 이며, $(S_i)_{\min} = NF \cdot K \cdot T \cdot B \cdot D \cdot L$ 로 나타낼 수 있음

(다) 레이더 센서 검출 성능

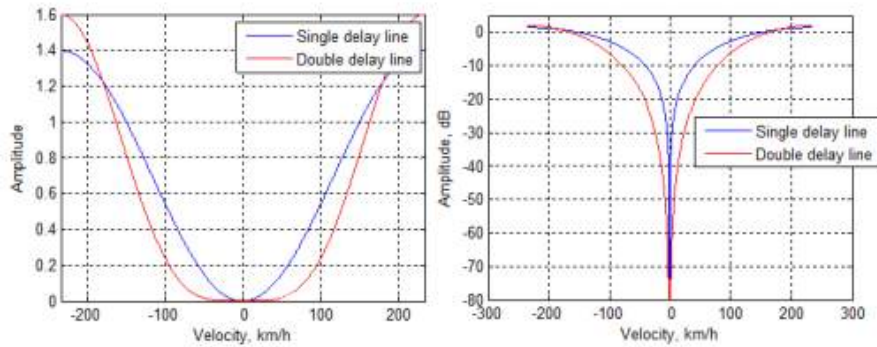
○ 차량을 검지하기 위한 레이더 센서 검출 시뮬레이션은 아래와 같음

(라) MTI(Moving Target Indicator) 필터

○ 이동 표적을 추출할 때 사용되는 MTI 필터는 주파수 축에서 DC 성분을 제거하는 기능 수행

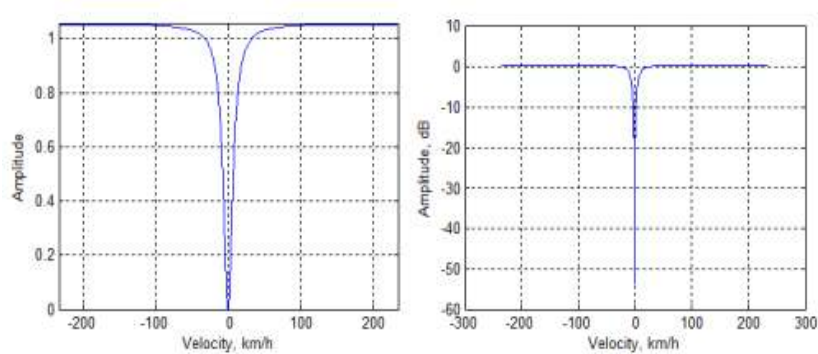


[그림 13] Single delay line canceler 개념도



[그림 14] Single/double delay line canceler 주파수 응답

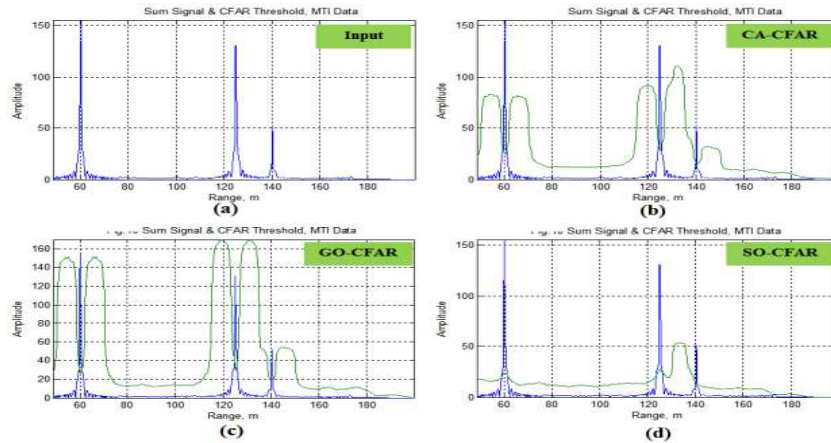
○ 필터 이득을 일정하게 유지하기 위해서는 Recursive filter가 사용되고, 주파수 응답결과는 아래 그림과 같음



[그림 15] MTI recursive 필터 주파수 응답

(마) 이동표적탐지

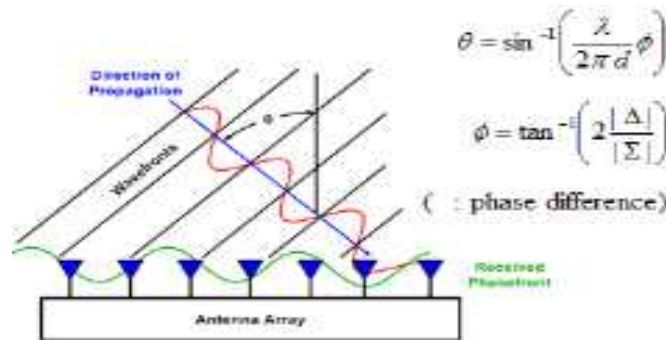
- 이동표적에 대해 CFAR를 적용한 표적 검출 수행
- (a)는 입력된 신호를 보여주고, (b), (c), (d)는 수신신호를 CFAR 과정을 거쳤을 때의 결과를 보여주며 적용된 CFAR 기법은 (b)는 CA-CFAR, (c)는 GO-CFAR, (d)는 SO-CFAR 이다. CFAR 적용 결과, 이동표적 3개가 검출된 것을 확인 할 수 있음



[그림 16] 이동표적 탐지 CFAR 시뮬레이션

(바) Phase Monopulse

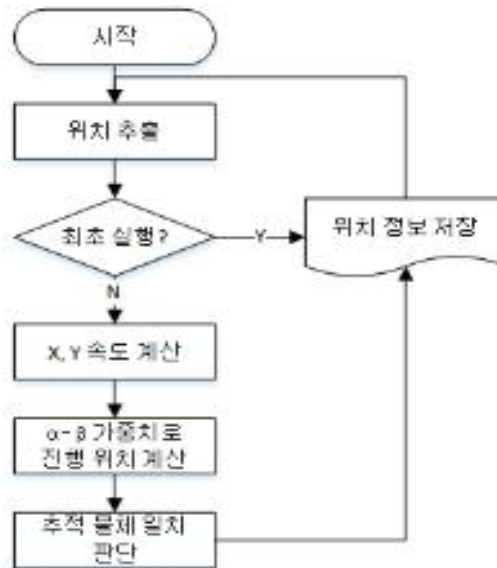
- 수신 배열 안테나 사이에서 위상 차이를 예측하여 각도 정보 예측하는 방법으로 개념은 아래 그림과 같음



[그림 17] 안테나 배열에 따른 각도 정보 예측

(사) 추적 알고리즘

- 매 주기마다 검지 차량의 위치 정보를 수집하여 두 지점의 거리와 이동 시간을 통해 속도를 계산하고, 차후 이동 지점을 $\alpha - \beta$ 가중치를 통해 예상함으로, 임의의 검지 차량의 이동 궤적을 추적하는 기술
- 검지 차량의 위치 정보가 매 주기마다 누적되어 점진적으로 추적 정확도가 높아지는 특성이 있으며 순서도는 아래와 같음



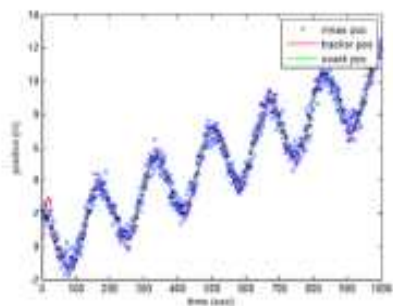
[그림 18] 추적 알고리즘 순서도

○ $\alpha - \beta$ 가중치를 통해 위치를 예상하기 위한 알고리즘 수식을 아래와 같음

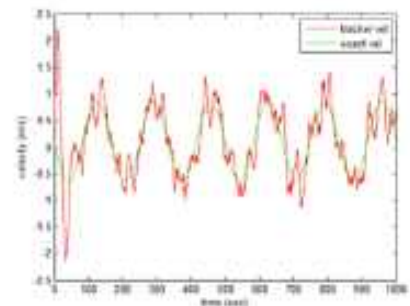
$$\begin{aligned}\hat{s}_n &= s_{pn} + \alpha(s_{mn} - s_{pn}) \\ \hat{v}_n &= v_{pn} + \frac{\beta}{T}(s_{mn} - s_{pn}) \\ s_{p(n+1)} &= \hat{s}_n + T\hat{v}_n \\ v_{p(n+1)} &= \hat{v}_n\end{aligned}$$

s	- 거리
v	- 속도
a	- 거리 가중치($0 \leq a \leq 1$)
b	- 속도 가중치($0 \leq b \leq 1$)
T	- 시간 간격
p_n	- 현재상태 측정 값
p_{n+1}	- 다음상태 예측 값
	- 현재상태 추정 값

○ $\alpha - \beta$ filter 기반 추적 알고리즘을 구현하여 위치 추적 및 속도 추적에 대한 단위 테스트를 수행



[그림 19] 위치추적 결과



[그림 20] 속도추적 결과

(아) Kalman 필터 적용

- Kalman 필터 : 이전 시간에 추정한 값을 이용하여 현재의 입력된 값의 오차를 이용하여 직전 값을 보정하여 재귀적으로 동작하는 필터

[예측 : $\hat{x}_{k-1} = F_k \hat{x}_{k-1} + B_k u_k + w_k$]

- $\hat{x}_k$ 특정 시간 k에서의 상태 벡터, F_k 이전 시간 상태 변화 행렬, B_k 입력에 의한 상태 변화 행렬, u_k k시간에서 사용자 입력, w_k Gaussian Noise
- 이전 시간 입력과 상태 변화에 의해 계산된 추정 값과 사용자 입력에 의해 예상되는 상태를 계산하는 단계

[보정 : $\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + K_k(z_k - H_k \hat{x}_{k-1})$]

- K_k 최적 칼만 이득, z_k 실제 측정값, H_k 오차 보상 가중치
- k시간에서 실제 측정값과 이전시간 추정 값의 오차를 이용하여 재귀적으로 수정하는 단계

[과·미검지 보상을 위한 Kalman 필터 적용]

- 차량 트래킹 중 차량이 검지되지 않았다가 새로운 ID를 받고 새로운 차량으로 나타날 경우 과검지 발생
- Kalman 필터 추정 값의 일정 영역 안의 근사한 속도가 있을 경우 동일한 차량으로 판단, 과검지 방지
- 차량 트래킹 중 차량이 검지되었다 검지영역 전에 사라질 경우 미검지 발생
- Kalman 필터 추정 값이 검지영역을 통과할 때까지 근사한 속도를 가진 차량이 나타나지 않을 경우 추정 값을 차량으로 판단, 미검지 방지

(자) DBSCAN

- 4개 차로 중 각각의 차로의 통행량 별로 분류하기 위해 DBSCAN 알고리즘을 적용
- 각 데이터들의 주변 공간의 밀도를 계산하여 근접한 데이터들을 분류하는 알고리즘
- 군집을 위해 주변공간을 정의하는 ϵ 반경 , 반경 ϵ 내의 최소 데이터 개수 n 으로 정의하여 각 데이터 핵심벡터와 이웃벡터 잡음으로 분류
- DBSCAN 알고리즘 순서
 - 각 데이터 별로 반경 ϵ 내의 근접 데이터 개수가 n 개 이상인 핵심벡터 판별
 - 핵심벡터들 사이의 거리가 반경 ϵ 보다 작을 경우 하나의 군집에 소속
 - 핵심벡터의 반경 ϵ 안에 포함되는 데이터들은 이웃 벡터로 같은 군집에 소속
 - 핵심벡터 또는 이웃 벡터에 포함되지 않은 데이터들은 노이즈

(차) K-MEAN 알고리즘

○ 전체 통행 차량의 좌표를 데이터로 하여 K-MEAN 알고리즘을 이용하여 4개의 군집 데이터로 분리하여 차로를 구분하는 데이터로 활용

○ K-mean 알고리즘 : K개의 평균 벡터를 사용한 군집화 알고리즘으로 데이터들을 K개의 평균벡터로부터 분산을 최소화하는 K개의 평균벡터를 찾는 알고리즘

- $J(m_k) = \sum_x \min\{(x - m_1)^2, (x - m_2)^2, \dots, (x - m_k)^2\}$

- $J(m_k)$: 목적함수, m_k 평균벡터, x 분류 데이터

○ K-mean 알고리즘 순서

- 초기 평균벡터 설정

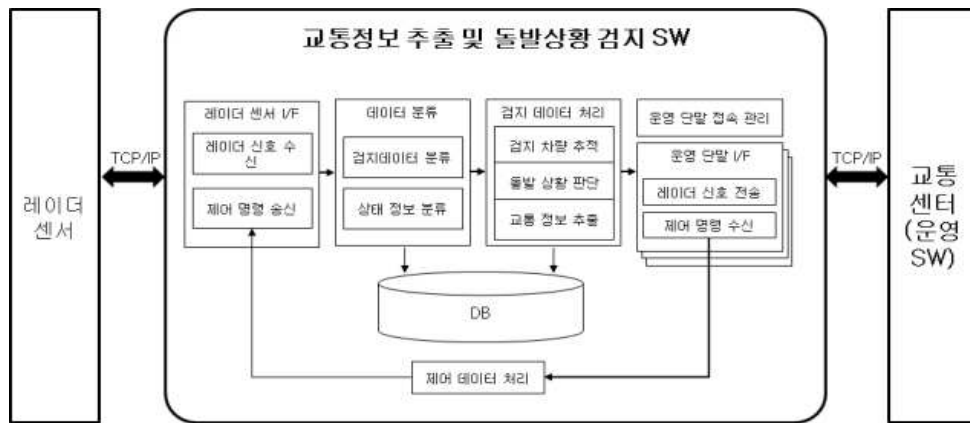
- 모든 데이터와 K개의 평균벡터의 분산이 가장 같은 데이터들끼리 분류

- 분류된 데이터의 평균벡터 계산

- 새로운 평균벡터를 이용하여 데이터와의 분산을 계산

- 평균벡터가 수렴 값에 근접할 때까지 반복

(6) 내부 데이터 구조 설계



[그림 21] 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 내부 데이터 구조도

○ 레이더 센서 I/F 모듈

- 레이더 센서 I/F 모듈은 레이더 센서와의 통신을 담당하며, 레이더 신호를 수신하는 기능과 제어 명령을 송신하는 기능을 담당함

○ 데이터 분류 모듈

- 데이터 분류 모듈은 레이더 센서로부터 수신된 데이터를 검지데이터와 상태 정보로 분류하는 역할을 담당함

○ 검지 데이터 처리 모듈

- 검지 데이터 처리 모듈은 레이더 센서의 데이터로부터 정제된 검지데이터를 처리하여, 검지 차량을 추적하는 기능과 돌발 상황을 판단하는 기능, 그리고 교통 정보를 추출하는 기능을 수행함

○ 운영 단말 접속 관리 모듈

- 운영 단말 접속 관리 모듈은 접속된 도로관리자용 운영 S/W의 접속 상태를 파악하고 접속이 해지된 노드에 대해 메모리를 관리하는 역할을 담당함

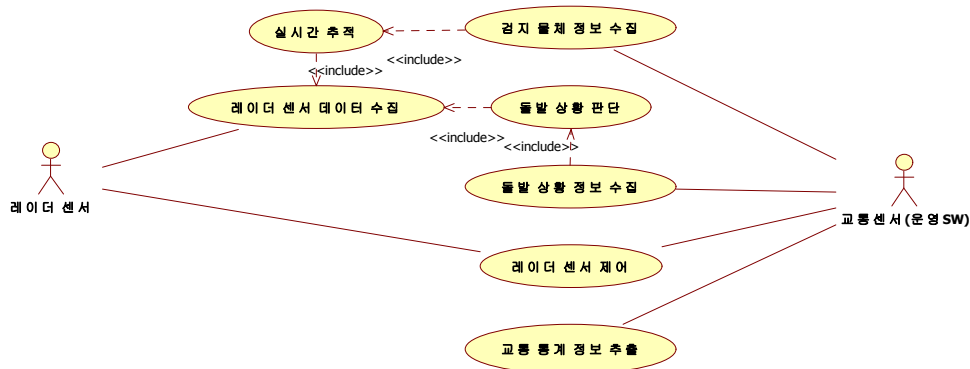
○ 운영 단말 I/F 모듈

- 운영 단말 I/F 모듈은 접속된 운영 S/W와의 통신을 담당하는 모듈로 레이더로부터 정제된 신호를 변환하여 전송하고, 레이더 제어를 위한 명령을 수신하는 역할을 담당함

○ 제어 데이터 처리 모듈

- 제어 데이터 처리 모듈은 운영 S/W로부터 수신한 레이더 제어 명령을 레이더 센서로 전송하기 위해 변환하는 기능을 수행함

(7) Use Case 도출



[그림 22] 교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 유즈 케이스 다이어그램

○ 레이더 센서 데이터 수집 유즈 케이스

- 레이더 센서로부터 검지 신호를 수집하고 이를 분석하여 도로 상에 존재하는 검지 물체의 위치, 거리 및 방위, 속도, 크기 등의 정보를 추출하기 위해 식별된 유즈 케이스

○ 실시간 추적 유즈 케이스

- 식별된 검지 물체를 매 주기마다 추적하여 도로 상황을 분석하기 위해 식별된 유즈 케이스

○ 검지 물체 정보 수집 유즈 케이스

- 식별된 검지 물체 정보를 수집하여 교통센터(운영SW)로 제공함으로써 운영자로 하여금 레이더 검지 영역의 도로 상황을 실시간으로 파악하기 위해 식별된 유즈 케이스

○ 돌발 상황 판단 유즈 케이스

- 레이더 센서로부터 수집된 검지 신호에서 추출한 도로 상황 정보를 토대로 돌발 상황의 발생 여부를 판단할 목적으로 식별된 유즈 케이스

○ 돌발 상황 수집 유즈 케이스

- 식별된 돌발 상황 정보를 수집하여 교통센터(운영SW)로 제공함으로써 운영자로 하여금 돌발 상황에 따른 적절한 조치를 취할 수 있도록 할 목적으로 식별된 유즈 케이스

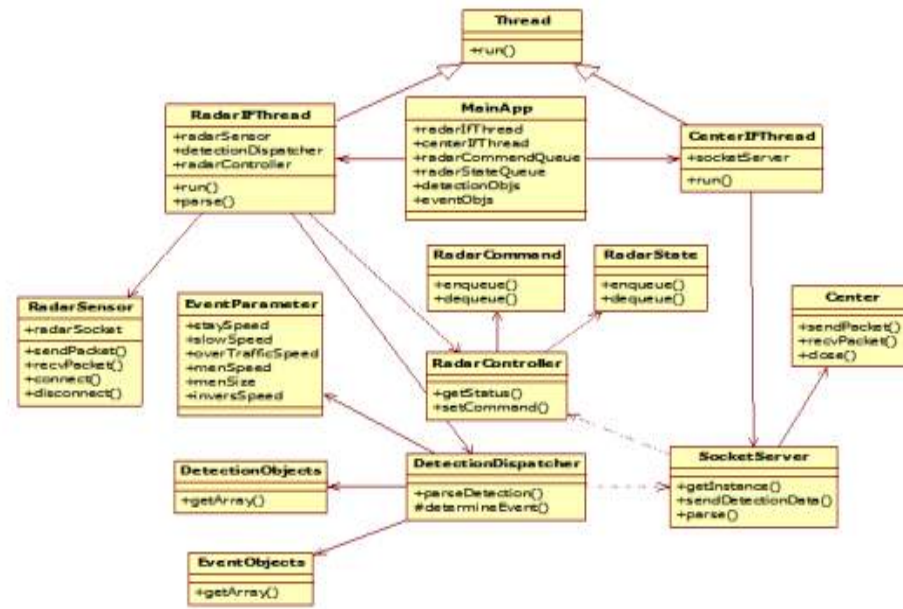
○ 레이더 센서 제어 유즈 케이스

- 레이더 센서의 검지 성능의 최적화를 위한 각종 파라미터를 제어할 수 있는 유즈 케이스

○ 교통 통계 정보 추출 유즈 케이스

- 검지된 도로 상 차량 정보를 바탕으로 교통 통계 정보를 추출하여 교통센터(운영SW)에 제공함으로써 운영자로 하여금 레이더 검지 영역의 도로 상황을 파악에 도움을 주기 위한 목적으로 식별된 유즈 케이스

(8) 클래스 상세 설계



[그림 23] 교통정보 추출 및 돌발상황 감지 SW 클래스 다이어그램

○ MainApp 클래스

- 시스템 전반의 초기화와 각 실행 쓰레드의 생성을 담당하는 클래스

함수명	Main		
리턴 값	int	파라미터	int argc, string[] argv
설명	SW의 실행 Entry Point로서 radarIFTThread, centerIFTThread, radarCommandQueue, radarStateQueue, detectionObjs, eventObjs 의 인스턴스를 생성한다.		

○ RadarSensor 클래스

- 레이더 센서와의 접속 및 데이터 통신을 담당하는 클래스

함수명	sendPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	레이더 센서로 통신 데이터 패킷을 전송하고, 전송한 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	recvPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	레이더 센서로부터 통신 데이터 패킷을 수신하고, 수신한 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	connect		
리턴 값	int	파라미터	string ipAddress, int port
설명	주어진 주소로 레이더 센서와 접속을 시도하고, 그 결과를 리턴한다.		

함수명	disconnect		
리턴 값	void	파라미터	void
설명	레이더 센서와 접속을 종료하고, 통신 파라미터를 초기화 하며 전송에 사용되는 메모리를 정리한다.		

○ RadarIFThread 클래스

- 레이더 센서와의 통신 패킷 처리 및 제어 동작을 수행하는 클래스

함수명	run		
리턴 값	void	파라미터	object[] threadData
설명	레이더 센서와의 통신 패킷을 처리하고 제어 동작을 수행하기 위한 스래드의 활동 Entry Point 이다.		

함수명	parse		
리턴 값	void	파라미터	byte[] packet
설명	레이더 센서로부터 수신한 단일 패킷을 정제하고 분석하는 기능을 수행한다.		

○ RadarController 클래스

- 운영단말로 정보를 전송하고, 제어정보를 레이더로 전송하기 위한 포맷을 상호 변환하는 클래스

함수명	getState		
리턴 값	IRadarState	파라미터	void
설명	레이더의 현재 상태 데이터 정보를 변환하여 리턴한다.		

함수명	setCommand		
리턴 값	void	파라미터	IRadarCommand
설명	레이더에 설정할 명령 데이터 정보를 변환하여 대기열에 삽입한다.		

○ RadarCommand 클래스

- 레이더 센서의 제어정보를 나타내는 클래스

함수명	enqueue		
리턴 값	void	파라미터	IRadarState radarState
설명	레이더의 상태정보를 대기열에 저장한다.		

함수명	dequeue		
리턴 값	IRadarState	파라미터	void
설명	레이더의 상태정보를 대기열로부터 뽑아낸다.		

○ RadarState 클래스

- 레이더 센서의 상태정보를 나타내는 클래스

함수명	enqueue		
리턴 값	void	파라미터	IRadarCommand radarCommand
설명	레이더 설정 명령을 대기열에 저장한다.		

함수명	dequeue		
리턴 값	IRadarCommand	파라미터	void
설명	레이더 설정 명령을 대기열로부터 뽑아낸다.		

○ DetectionDispatcher 클래스

- 검지 물체를 추출하고, 돌발 상황 판단 및 교통 정보를 도출하기 위한 클래스

함수명	parseDetection		
리턴 값	void	파라미터	byte[] packetBody
설명	레이더 센서의 검지정보 패킷으로부터 검지 물체 정보를 추출하고 추적 알고리즘을 통해 검지 ID를 부여하는 기능을 수행한다.		

함수명	determineEvent		
리턴 값	EventType	파라미터	DetectionObject dObj, EventParameter eventParam
설명	추출된 검지 물체의 돌발 발생 여부를 검사한다.		

○ EventParameter 클래스

- 돌발 상황을 판단하기 위한 알고리즘의 각종 파라미터를 표현하기 위한 클래스

함수명	getStaySpeed		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	정지 차량을 판단하기 위한 속도 기준값을 리턴한다.		

함수명	getSlowSpeed		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	서행 물체를 판단하기 위한 속도 기준값을 리턴한다.		

함수명	getMenSpeed		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	보행자를 판단하기 위한 속도 기준값을 리턴한다.		

함수명	getMenSize		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	보행자를 판단하기 위한 크기 기준값을 리턴한다.		

함수명	getInversSpeed		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	역주행을 판단하기 위한 속도 기준값을 리턴한다.		

○ DetectionObjects 클래스

- 검지 물체의 목록을 표현하기 위한 클래스

함수명	getArray		
리턴 값	DetectedObjs[]	파라미터	void
설명	추출된 검지 물체의 목록을 리턴한다.		

○ EventObjects 클래스

- 돌발 상황 객체의 목록을 표현하기 위한 클래스

함수명	getArray		
리턴 값	EventObjs[]	파라미터	void
설명	발생한 돌발 상황의 목록을 리턴한다.		

○ Center 클래스

- 운영단말과의 접속 및 데이터 통신을 담당하는 클래스

함수명	sendPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	주어진 데이터 패킷을 운영단말로 전송하고, 전송이 완료된 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	recvPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	운영단말로부터 데이터 패킷을 수신하고, 수신한 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	close		
리턴 값	void	파라미터	void
설명	운영단말과의 통신을 종료하고, 통신에 사용된 내부 변수와 통신 장비 핸들을 메모리 해제한다.		

○ CenterIFThread

함수명	run		
리턴 값	void	파라미터	object[] threadData
설명	운영단말과의 통신 패킷을 처리하고 제어 동작을 수행하기 위한 스레드의 활동 Entry Point 이다.		

함수명	listenServer		
리턴 값	void	파라미터	int port
설명	운영단말의 접속을 감지하여 연결을 수행하는 통신 서버를 실행한다.		

○ SocketServer 클래스

- 운영단말의 접속 허가 및 관리 기능을 수행하는 서버 동작을 담당하는 클래스

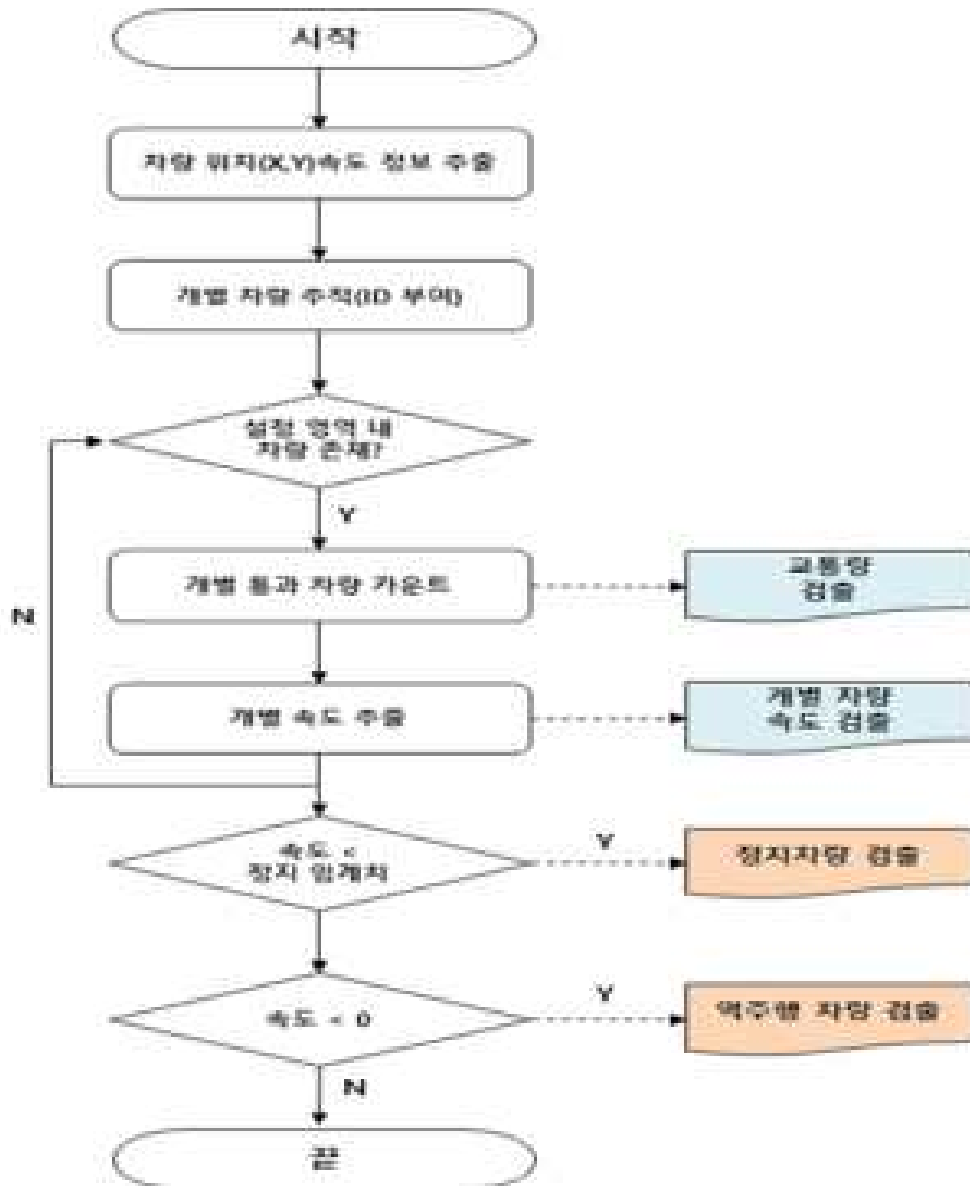
함수명	getInstance		
리턴 값	void	파라미터	void
설명	SocketServer 클래스의 Singleton Instance를 반환하는 전역 함수이다.		

함수명	sendDetectionData		
리턴 값	void	파라미터	DetectObj[]
설명	레이더 검지 물체 정보를 접속된 모든 운영단말로 동시 발송하는 기능을 수행한다.		

함수명	parse		
리턴 값	void	파라미터	byte[]
설명	운영단말로부터 수신된 데이터 패킷을 정제하고 분류하여 내부 데이터로 변환하는 기능을 담당한다.		

(9) 교통정보 추출 및 돌발상황 판단 알고리즘 구현

- 레이더 센서로부터 수신된 검지 신호를 정제하여 검지 물체 정보를 추출함으로 교통정보와 돌발상황(정지 차량, 역주행 차량 등)을 판단하는 알고리즘
- 돌발 상황에 대한 판단은 정지 차량 > 역주행 차량 순서로 판단 우선순위 가짐
- 개별 차량의 속도 절대값이 정지 속도 보다 작을 경우 정지 차량으로 판단함
- 개별 차량이 정지차가 아니고, 속도가 0 보다 작을 경우 역주행 차량으로 판단함



[그림 24] 교통정보 추출 및 돌발상황 판단 알고리즘 순서도

(가) 통신 프레임 구성

○ 통신 규격

- 데이터 통신에서 바이트 오더링(Byte-Ordering)은 빅 엔디안(Big-Endian) 방식을 따름
- 데이터 통신에서 현장 설비(교통정보 추출 및 돌발상황 검지SW)를 서버, 센터 장비(도로관리자용 운영SW)를 클라이언트로 구성하고, 네트워크 연결상태는 센터 장비에서 주기적으로 점검하여 연결을 유지

○ 전송 데이터 목록 및 OP Code

OP CODE	명칭	설명	방향
0xFF	연결 확인	연결확인 요청	센터→현장
		연결확인 응답	현장→센터
0x01	검지차량정보	검지차량의 정보 제공	현장→센터
0x11	레이더 제어 설정정보	현재 레이더 제어 설정값 요청	센터→현장
		레이더 제어 설정값 정보 제공	현장→센터
0x12	레이더 제어 설정	레이더 제어 설정 정보 송신	센터→현장
		레이더 제어 설정 여부 응답	현장→센터
0x21	돌발판단 기준값 설정정보	돌발판단기준 현재 설정값 요청	센터→현장
		돌발판단기준 설정값 정보 제공	현장→센터
0x22	돌발판단 기준값 설정	돌발판단 기준값 설정 정보 송신	센터→현장
		돌발판단 기준값 설정 여부 응답	현장→센터

○ 데이터 전체 프레임 구조

항목명	내용	타입	길이 (Byte)	오프셋	비고
전문	-	B	2	0	0xAA55 (고정)
명령코드	OP CODE	B	1	2	-
사이즈	전송 데이터의 크기	B	4	3	DATA FILED 의 LENGTH
버전	프로토콜 버전	B	2	7	0x0001 (고정)
데이터	DATA FILED	B	n	9	

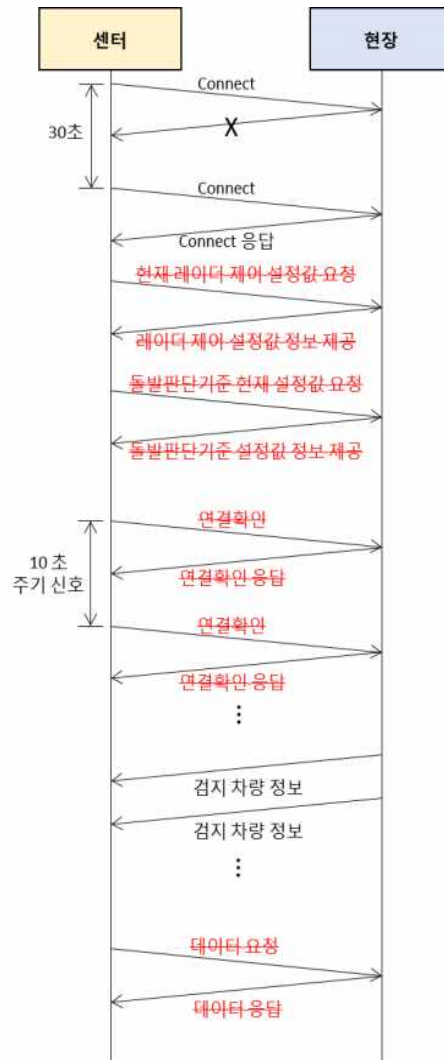
※ 참고 : B : Binary 타입이며, Default 값은 Null(0x00) 사용

※ 참고 : I : Number 타입이며, Signed 또는 Unsigned 으로 사용

※ 참고 : C : Char 타입이며, 문자가 저장

○ 통신절차

- 센터는 현장으로 접속을 시도하고, 30초 대기 후, 응답이 없는 경우, 실패로 간주하고 재접속을 시도
- 센터는 접속이 완료된 직후, 레이더 제어 설정값과 돌발판단기준 설정값을 현장에 요청하여 해당 정보를 수신
- 이후, 센터는 연결확인 패킷을 10초 주기로 전송하고, 5초 이내 응답이 없을 경우, 연결 단락으로 판단하고 재접속을 시도



(나) OP CODE별 DATA FIELD 구조

○ 연결 확인 (0xFF)

- 연결확인 요청 (센터 → 현장)

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
장비ID	C	16	현장 장비ID 문자열 (0x00 으로 종료)	

- 연결확인 응답 (현장 → 센터)

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
			DATA 없음	

○ 검지차량정보 (0x01)

- 검지차량의 정보 제공 (현장 → 센터)

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
검지시각	I	8	1970년 1월 1일 이후 경과시간 (단위 : millisecond)	Unsigned
검지개수	I	2	검지차량개수	Unsigned
차량ID	I	2	차량 식별자	Unsigned
검지타입	B	1	0x00 : 정상 주행차량 0x01 : 정지 물체(정지차량) 0x02 : 역주행차량	
검지위치 (X)	I	2	X 거리(단위 : m)	Signed
검지위치 (Y)	I	2	Y 거리(단위 : m)	Signed
검지속도	I	2	X 속도(단위 : km/h)	Signed
크기	I	1	검지차량 길이	Unsigned

검지개수만큼 반복

○ 레이더 제어 설정정보 (0x11)

- 현재 레이더 제어 설정값 요청 (센터 → 현장)

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
			DATA 없음	

○ 레이더 제어 설정값 정보 제공 (현장 → 센터)

- 응답성공

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
응답 결과	B	1	0x00 : 성공	
Max Range	I	2	최대 검지 거리	Unsigned
Min Range	I	2	최소 검지 거리	Unsigned
Max Speed	I	2	최대 속도	Signed
Min Speed	I	2	최소 속도	Signed
Max Hold Time	I	2	최대 유지 시간	Unsigned
Sensor Height	I	1	레이더 설치 높이	Unsigned
Orientation Angle	I	1	레이더 설치 각도	Signed

- 응답실패

항목	타입	길이 (Byte)	내용	비고
응답 결과	B	1	0x01 : 실패	

나. 스마트 차량 검지 시스템 검증 및 실용화 연구

(1) 기존 VDS 대비 가격 및 성능경쟁력 확보를 위한 스마트VDS 시스템 요구사항 도출

- 연구개발 제품의 실용화를 위해서 기존 장비보다 성능적, 가격적 경쟁력 확보가 필수적임
- 특히, 실용화를 위해서는 수요처의 확보가 필수적이며, 국내 주요 수요처 및 목표시장을 정리해보면 아래와 같음

[표 11] 스마트 VDS 예상 수요처 및 목표 시장

수요처		목표 시장
도로운영자	한국도로공사 민자고속도로 지방자치단체 국토관리청	- 교통정보 제공 차량검지기 - 하이패스 통과 검지기 - 과속단속용 검지기
법규단속주체	경찰청 지방자치단체	- 교통정보 제공 차량검지기 - 차량신호 제어 검지기 - 교차로, 정지선 검지기 - 대기행렬, 포켓차선 검지기 - 과속단속용 검지기

- 도로운영자의 경우에는 교통정보 제공을 주요 목적으로 사용할 것이며, 유지보수 비용의 절감, 항시 수집기능 보유 측면에서 매우 매력적인 제품이 될 것으로 사료됨
- 법규단속 주체의 경우 지점 단속에서 구간단속 등 교통안전을 위하여 다양한 방법을 동원하는데, 개발 시스템을 이용할 경우 200m 내에서의 공간 단속 개념의 신개념 장비로 각광 받을 수 있으며, 수신신호 시스템에서 사용하는 루프 검지기를 대신하여 대기행렬 공간을 직접 검지하는 방식으로 향상 될 수 있으며 다양한 방식으로 확장 될 가능성이 있음

(2) 차량검지기 시장

(가) 교통관리시스템(ATMS) 시장 규모

- 2020년 세계 ITS 시장 규모는 약 297억불이며, 첨단교통관리시스템(ATMS) 시장규모는 약 97억불로 추정됨
- 국내 ITS 시장규모는 2020년 약 6.5조원, 교통관리시스템(ATMS) 시장규모는 약 8,273 억원으로 추정됨

[표 12] 국내외 ITS 및 ATMS 시장규모

(단위: 억 불, 억 원)

구 분		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
세 계	ITS	154	169	184	197	214	232	252	274	297	8.6
	ATMS	55	59	64	68	73	78	84	90	97	7.3
국 내	ITS	7,599	8,856	10,000	16,977	22,194	29,013	37,928	49,583	64,819	30.7
	ATMS	3,291	3,789	4,248	4,650	5,218	5,855	6,570	7,373	8,273	12.2

※출처: Global Industry Analysis, Intelligent Transportation System, 2008.5 (2012년 ~ 2015년), 2016~ 2020년은 2012년~2015년의 연평균 성장률에 따라 연구자가 추계한 자료임

(나) 국토관리청 차량검지기 현황

- 국토관리청(2014년)에서 관리하는 국도에는 VDS(차량검지기) 1,849대, AVI 537대, CCTV 791대, VMS 568대가 설치되어 있음

[표 13] 국토관리청 차량검지기 설치현황(2014년)

구 분	연장	VDS	AVI	CCTV	VMS	DSRC
서울청	827.1km	451	56	237	190	213
원주청	272.7km	89	60	56	52	-
대전청	813.9km	624	156	305	165	64
부산청	567.0km	472	180	127	114	-
익산청	305.0km	213	85	66	47	-
계	2,785.7km	1,849	537	791	568	277

※출처 : 국토관리청의 서울지청·원주지청·대전지청·부산지청·익산지청의 차량검지기 현황 정리

- VDS(Vehicle Detection System, 차량검지 시스템) : 노면에 1km간격으로 설치되어 교통관리 전구간에 걸쳐 교통량, 점유율, 속도 등의 자료를 실시간으로 수집하여 교통정보센터로 전송하는 시스템
- AVI(Automatic Vehicle Identification, 차량번호인식장치) : 주행중인 차량에 대하여 통과 차량의 번호판을 자동으로 인식하고, 두 지점간 번호판을 매칭하여 구간 통행시간을 생성하는 시스템
- VMS(Variable Message Sign, 도로전광표지) : 도로 이용자들에게 도로 및 교통상황, 교통사고, 소요시간정보, 돌발상황 정보, 우회도로 정보 등을 실시간으로 제공하는 시스템
- CCTV(Closed Circuit Television, 폐쇄회로 TV) : 도로 주요 지점에 설치되어 교통상황, 돌발상황 등 현장상황을 24시간 모니터링하는 시스템
- DSRC(Dedicated Short Range Communication, 단거리 전용통신) : AVI와 유사하게 하이패스를 장착한 차량의 제조번호를 이용하여 두 지점간을 운행하는 차량을 매칭하여 구간 통행시간 생성 장비



[그림 25] 국토관리청 지방청별 VDS 설치 현황

- 국토지방청에서 관할하는 국도의 차량검지기 설치대수는 대전청이 624대(33.7%)로 가장 많고, 원주청이 89대(4.8%)로 가장 적음
- 차량검지기의 설치간격은 부산청·대전청·익산청이 1.2~1.4km로 평균 설치간격에 가장 근접해 있으며, 원주청은 3.1km로 평균 설치간격과 약 2km이상 차이를 보여주고 있음
- 이와 같이 VDS 관련된 시장규모는 충분하다고 판단되며, 국토교통부에서 발표한 민간 교통정보 활용방안이 있지만, 기존 장비의 교체물량은 충분하다고 판단됨
- 또한, 시스템 요구사항 도출 및 성능검증 방안 마련을 위한 워크숍 실시하였음



[그림 26] 스마트 VDS 워크숍 전경

- 목적 : 자문기관 의견 조화를 통한 시스템 요구사항 보완
- 일시 : 2015.3.6(금), 14:00~
- 장소 : 한국도로공사 도로교통연구원
- 참석기관 : 도로관리청(한국도로공사 ITS처, ITS인증평가센터), ITS 성능평가 기관(한국지능형교통체계협회, 한국건설기술연구원)

○ 자문의견 검토 및 연구내용 보완 실시

자 문 의 견 서

일 자 : 2015년 3월 6일

소 속 : 한국교통연구원

성 명 : 이영환

과 목 명	레이더 기반 스마트 차량감지시스템 개발
자문 의견	1. 기존 달마 VDS 형식은 영구적으로 설치할 수 없는 구조로 되어있어, 영구적으로 설치할 수 없는 구조로 되어있어, 영구적으로 설치할 수 없는 구조로 되어있어. 2. 개발과제가 종이에 그려진 것과 같은 VDS에 대한 것이라, 현장에서의 실험이 진행될 수 있는지가 중요하다. 3. 영구적인 전파가 필요한 것이 현장에 적용될 수 있는지를 위해서는 시뮬레이션 결과의 검증 및 유지보수가 필요하도록 하는 것이, 전파에 대한 성능 향상에 대한 필요성이 필요하다. 이 부분은 고려하여 연구 진행되어야 한다.

2015. 3. 6

자 문 의 견 서

일 자 : 2015년 3월 6일

소 속 : 한국교통연구원 / 도로교통안전

성 명 : 장경환

과 목 명	레이더 기반 스마트 차량감지시스템 개발
자문 의견	- 레이다 기반의 차량감지시스템은 기존 차량감지시스템과 비교하여 성능이 우수하며, 차량감지 시스템이다. - 레이다 차량감지시스템은 시뮬레이션 상에서 우수하며, 실제 도로에서 테스트를 통해 성능이 우수함을 알 수 있으며, 본 연구에서 충분히 검증 가능하다. - 기존 차량감지시스템에서 차량감지 (차량감지, 이동감지 등)를 할 수 있도록 한다.

2015. 3. 6

[표 14] 스마트 VDS 시스템 연구관련 자문기관 주요 의견

구 분	내 용
성 능	· 지정체 시 검지를 위해 최대 검지대수 및 구분 가능한 차간거리(1~1.5m) 목표 상향 필요
기 능	· 정지차량, 역주행 등 일부 유형의 돌발검지 기능 탑재
가 격	· 최종 제품단가는 1천만원 이하를 목표로 연구진행
표준화	· 관련 기술의 표준화 및 공인된 기관의 성능평가 결과를 획득하여 실제 상용화에 문제가 없도록 대비 필요
기 타	· 상용화를 위해 사전에 시스템 운영전략, 설치기준(중분대, 문형식, 내민식, 설치높이 등 고려) 및 시방서 도출 필요 · 후발 업체들의 사업 참여를 위해 시스템 연계 및 호환관련 부분의 특허독점은 지양해야 함

(3) 스마트 차량검지 시스템 공용도로 검증 방안 수립

(가) 설치여건 조사

- 현장설치 조건 고려하여 설치위치 후보지 선정을 위하여 TG 및 기존 VDS 장비와의 인근 지역을 우선적으로 선정하였음

[표 15] 공용도로 검증 후보지 리스트

노 선	경부선	중부선	외곽선				영동선
요 금 소	서울TG	동서울TG	성남TG	구리TG	청계TG	김포TG	군자TG
이 정	403.2k	361.04k	5.257k	26.885k	121.33k	76.11k	10.56k
차 로 수	5	4	4	4	4	4	3
설치여건 (구조물, 전기, 통신)	우수	우수	보통	미흡	미흡	미흡	미흡

- 대상지 선정을 위한 상세 조건은 아래와 같음

- 본선형 요금소, VDS, AVC 등과의 교통량 상호비교 용이 (폐쇄형 구간)
- 연구목표 기준 상 4차로 x 500m 이상 영역 확보 여부
- 구조물, 전기, 통신 등 기존 인프라 활용성

- 대상지 선정을 위한 현장조사를 실시하였으며, 최종적으로 서울 TG 부근, 동서울 TG 부근, 성남 TG 인근을 최종안으로 선정함

- 조사 목적 : 스마트 VDS 공용도로 검증을 위한 최적 설치위치 선정

- 조사일시 : 2015.4.2

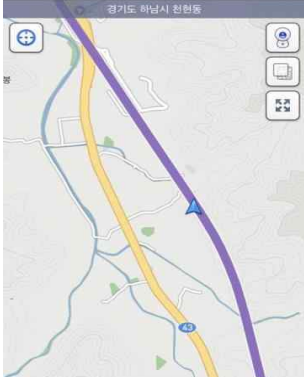
- 현장조사 결과 (종합)

[표 16] 현장조사 결과 및 지점별 특성

구 분	1안 (서울TG 인근)	2안 (동서울TG 인근)	3안 (성남TG 인근)
사 진			
차 로 수	o 5차로	o 4차로	o 4차로
교 통 량	o 많음 (106,414대/일)	o 적음 (65,403대/일)	o 보통 (82,660대/일)
갓 길	o LCS 운영 중	o 없음	o 협소
설치공사	o 용이	o 용이	o 곤란 (구조물 설치 필요)

- 현장조사 결과 (개소별)

서울 TG (402.5k)	
장점	단점
- o 시범도로 센터 장비 이용 가능 - o 기존 갠트리 및 폴대 이용 가능 - o 상, 하행선 모두 설치 용이(LCS 망 활용) - o 접근 용이(서울 요금소 합류부 갓길 등 활용)	- o 교통량 다수(초기 시험 시 오류 확인 어려움) - o 차로수 비대(5차로) - o 합류부 갓길 대기차량 다수 발생
위치도	설치 위치(상행)
	

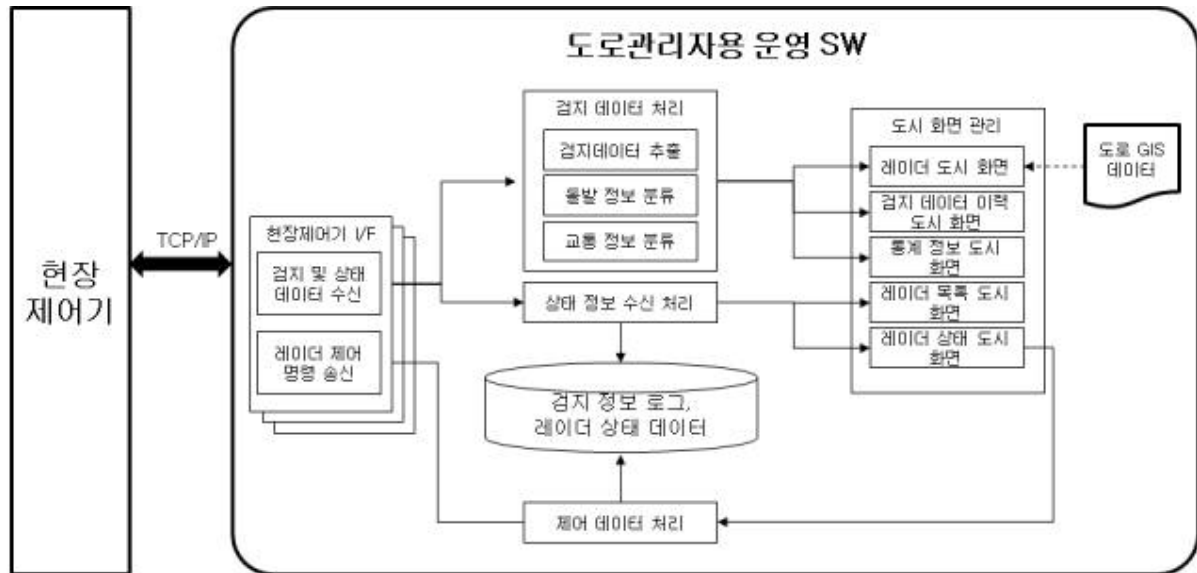
동서울 TG (358.5k)		
장점	단점	
○ 기존 갠트리 및 폴대 이용 가능 ○ 상, 하행선 모두 설치 용이(CCTV망 활용) ○ 인근지점 Loop 및 AVC 장비 중복 존재	○ 교통량 다수(초기 시험 시 오류 확인 어려움) ○ 접근성 낮음(갓길 활용) ○ 실시간 모니터링 불가(네트워크 망 보안)	
위치도	설치 위치(상행)	설치 위치(하행)
		

성남 TG (2.5k)	
장점	단점
○ 갓길 확보 용이 ○ 문형식 갠트리 이용가능	○ 갓길 협소 ○ 전기, 통신 연결 어려움
위치도	설치 위치(하행)
	

- 현장 조사결과를 바탕으로 본 연구개발의 목적과 가장 부합하는 지점으로 동서울 TG 인근의 중부고속도로 하행노선으로 선정하였음
- 해당 지점은 TG와 멀지 않아 고속도로에서 가장 정확하게 통행량을 측정할 수 있는 장소이며, 기존 ITS 장비가 설치되어 인프라 활용에 최적으로 판단하였음

다. 도로관리자용 운영 SW 개발

(1) 내부 데이터 구조설계



[그림 27] 도로관리자용 운영 SW 내부 데이터 구조도

○ 현장제어기 I/F 모듈

- 현장제어기 I/F 모듈은 레이더 차량검지 시스템의 현장제어기와 데이터 통신을 담당하며, 복수의 현장제어기에서 검지 및 상태 데이터를 수신하거나, 현장제어기로 레이더 제어 명령을 송신하는 역할을 담당함

○ 검지 데이터 처리 모듈

- 검지 데이터 처리 모듈은 현장제어기로부터 수신된 데이터 중, 검지 데이터를 분석하여 추출하고, 돌발 정보와 교통 정보를 분류하는 기능을 수행함

○ 상태 정보 수신 처리 모듈

- 상태 정보 수신 처리 모듈은 현장제어기로부터 수신된 데이터 중, 상태 정보 데이터를 분석하여 내부 데이터로 변환하는 기능을 수행함

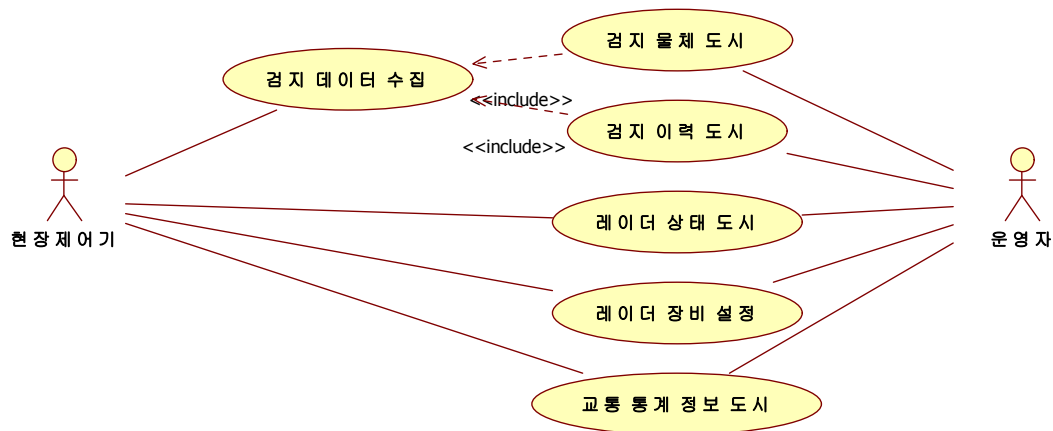
○ 도시 화면 관리 모듈

- 도시 화면 관리 모듈은 화면 UI를 담당하는 모듈로 레이더 도시, 검지 데이터 이력 도시, 통계 정보 도시, 레이더 목록 도시, 레이더 상태 도시를 각 도시 화면 별로 기능 수행함

○ 제어 데이터 처리 모듈

- 제어 데이터 처리 모듈은 사용자에게 의한 레이더 제어 명령을 현장제어기로 전송하기 위해 제어 데이터를 변환하고 제어 설정 여부 응답을 통해 제어 데이터의 송출 및 처리 상태를 감시하는 기능을 수행함

(2) Use Case 도출



[그림 28] 도로관리자용 운영SW 유즈 케이스 다이어그램

○ 검지 데이터 수집 유즈 케이스

- 현장제어기로부터 검지 데이터를 수집하여 검지 물체, 돌발 상황, 통계 등, 운영자에게 제공될 정보를 수집하기 위해 식별된 유즈 케이스

○ 검지 물체 도시 유즈 케이스

- 현장제어기로부터 수집된 정보 중, 검지 물체 정보를 레이더 GIS 화면에 아이콘으로 도시하여 운영자의 도로 상 교통 흐름 정보를 그래픽적으로 도시, 제공하기 위한 유즈 케이스

○ 검지 이력 도시 유즈 케이스

- 수집된 검지 물체 및 돌발 상황 정보의 이력 정보를 관리하여, 운영자에게 조회된 과거 이력 정보를 제공하기 위해 식별된 유즈 케이스

○ 레이더 상태 도시 유즈 케이스

- 레이더의 동작 상태 및 네트워크 연결 상태를 도시하여 운영자가 장비의 동작 상태를 파악하도록 하기 위한 유즈 케이스

○ 레이더 장비 설정 유즈 케이스

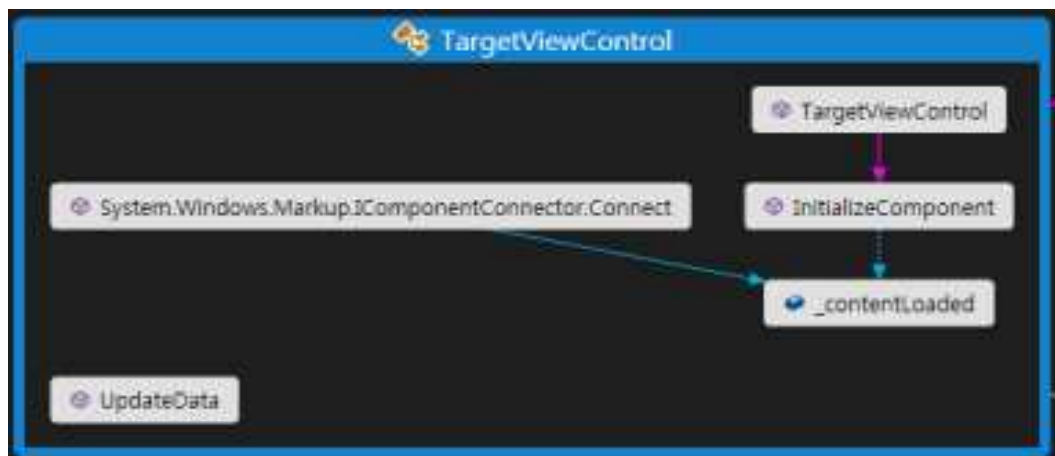
- 레이더 장비의 속성과 제어 항목을 설정할 수 있도록 하여 운영자가 레이더 장비 운용에 있어 편의를 제공하기 위한 유즈 케이스

○ 교통 통계 정보 도시 유즈 케이스

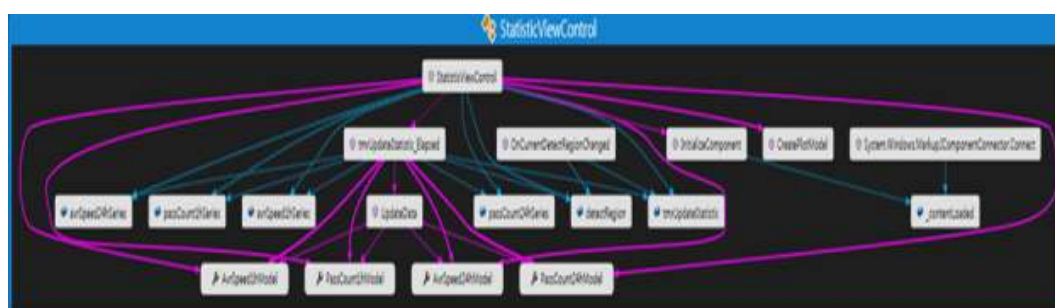
- 현장제어기로부터 수집된 통계 정보를 도시함으로 운영자가 도로 교통 상황을 파악하기에 용이하도록 하기 위한 유즈 케이스

○ 클래스 구조 설계

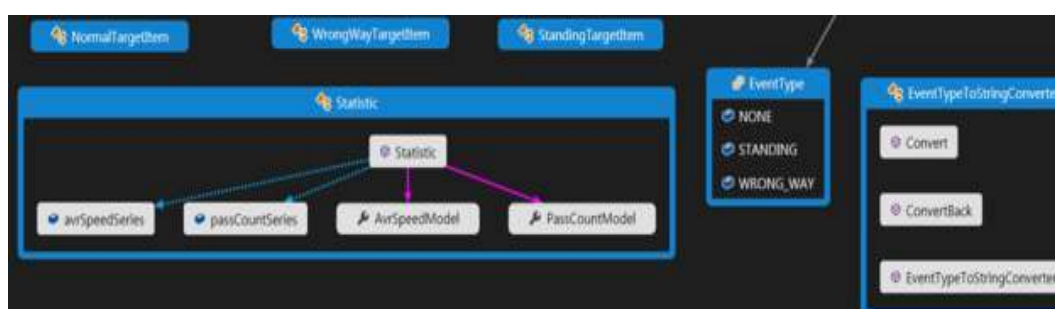
○ 검지 차량 데이터 컨트롤(TargetViewControl)



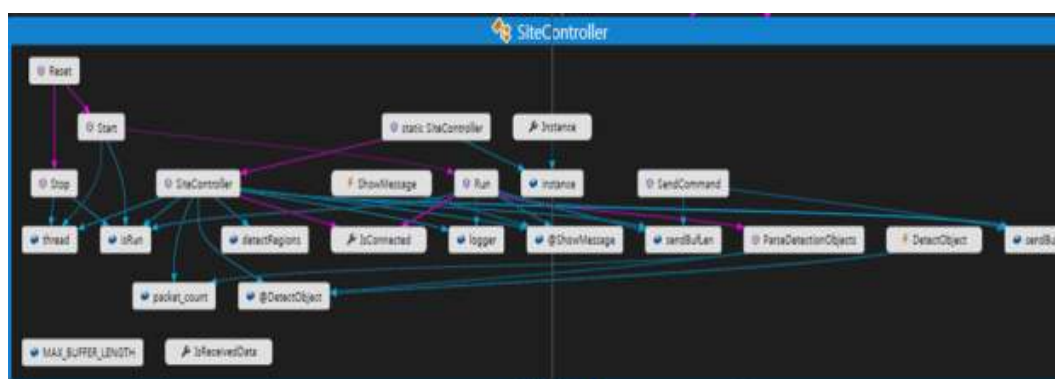
○ 통계 디스플레이 컨트롤 (StatisticViewControl)



○ 통계정보 객체 및 이벤트 오브젝트



○ 레이더 정보 수신 모듈 (SiteController)



함수명	loadLayout()		
리턴 값	void	파라미터	string layoutFileName
설명	화면 구성이 저장된 Layout 파일로부터 읽어들이 화면 구성 정보를 이용하여 화면을 재구성한다.		

함수명	saveLayout()		
리턴 값	void	파라미터	string layoutFileName
설명	주어진 파일명으로 현재 구성된 화면 구성 정보를 저장한다.		

○ RadarView 클래스

- 레이더에 검지된 검지 차량 및 돌발 차량 등을 표출하는 클래스

함수명	drawRoadLane		
리턴 값	void	파라미터	RadarInfo radarInfo
설명	주어진 레이더가 검지하는 영역의 차선 정보를 도시한다.		

함수명	drawRadarGIS		
리턴 값	void	파라미터	RadarInfo radarInfo
설명	주어진 레이더가 검지하는 영역의 GIS 정보를 도시한다.		

함수명	drawTargetIcon		
리턴 값	void	파라미터	DetectionObjects[] dObjs
설명	주어진 검지 차량 아이콘을 레이더 GIS 영역 상에 도시한다.		

함수명	setViewPoint		
리턴 값	void	파라미터	double lat, double lon
설명	사용자가 관제하는 레이더 검지 영역의 위치를 설정한다.		

○ Detection History View 클래스

- 검지 차량 및 돌발 상황의 이력을 관리하고 이를 표출하는 클래스

함수명	setCurrentDetections		
리턴 값	void	파라미터	DetectionObjs[] dObjs
설명	현재 검지된 물체 정보를 설정하고 이를 표출하는 기능을 수행한다.		

함수명	setCurrentEvents		
리턴 값	void	파라미터	EventObjs[] eObjs
설명	현재 검지된 돌발 상황 정보를 설정하고 이를 표출하는 기능을 수행한다.		

함수명	setDetectionLog		
리턴 값	void	파라미터	void
설명	지난 이력 정보를 설정하고 이를 표출하는 기능을 수행한다.		

함수명	enableCategory		
리턴 값	void	파라미터	Category category
설명	돌발 상황 정보의 알람 우선순위(일반/주의/경보)별로 표출 여부를 설정한다.		

○ Statistic View 클래스

- 교통 상태 및 통계 정보의 표출을 담당하는 클래스

함수명	setAverageSpeed		
리턴 값	void	파라미터	double avrSpeed
설명	교통 통계 정보 중, 평균 속도 정보를 표출하기 위해 설정한다.		

함수명	setEventCount		
리턴 값	void	파라미터	int eventCount
설명	교통 통계 정보 중, 돌발 검지 정보를 표출하기 위해 설정한다.		

○ RadarListView 클래스

- 레이더 지점을 관리하고 레이더의 상태를 표출하는 기능을 담당하는 클래스

함수명	setRadarList		
리턴 값	void	파라미터	RadarInfo[] radarInfos
설명	주어진 연동 레이더의 목록을 도시하는 기능을 수행한다.		

함수명	viewRadarInfo		
리턴 값	void	파라미터	RadarInfo radarInfo
설명	주어진 연동 레이더의 상세 정보를 도시하는 기능을 수행한다.		

함수명	setRadarInfo		
리턴 값	void	파라미터	int radarId, RadarInfo radarInfo
설명	주어진 식별자의 레이더 정보를 수정하고 시스템 동작에 반영하는 기능을 수행한다.		

○ RadarInfo 클래스

- 검지 차량 정보, 돌발 상황 정보, 동작 상태, 레이더 센서 정보, 제어 정보등을 관리하기 위한 클래스

함수명	updateDetections		
리턴 값	void	파라미터	DetectionObject[] dObjs
설명	해당 레이더에서 검지된 검지 물체 정보를 갱신하는 기능을 수행한다.		

함수명	updateEvents		
리턴 값	void	파라미터	EventObject[] eObjs
설명	해당 레이더에서 발생한 돌발 정보를 갱신하는 기능을 수행한다.		

함수명	updateState		
리턴 값	void	파라미터	State state
설명	해당 레이더의 상태 정보를 갱신하는 기능을 수행한다.		

○ RadarList 클래스

- 운영 중의 현장제어기 목록을 관리하기 위한 클래스

함수명	getCurrentRadarInfo		
리턴 값	RadarInfo	파라미터	void
설명	현재 설정된 레이더의 정보를 반환한다.		

함수명	setCurrentRadarInfo		
리턴 값	void	파라미터	int radarId
설명	선택된 레이더로 레이더 정보를 설정한다.		

○ DetectionObjects 클래스

- 검지 차량 정보를 표현하기 위한 클래스

함수명	getPosition		
리턴 값	Point	파라미터	void
설명	검지 물체의 위치를 반환한다.		

함수명	getSpeed		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	검지 물체의 속도를 반환한다.		

함수명	getDistance		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	검지 물체와 레이더 센서 간의 거리를 반환한다.		

함수명	getAngle		
리턴 값	double	파라미터	void
설명	검지 물체와 레이더 센서 사이의 주사 각도를 반환한다.		

○ EventObjects 클래스

- 돌발 상황 정보를 표현하기 위한 클래스

함수명	getDetectionID		
리턴 값	int	파라미터	void
설명	돌발 상황 정보와 연동되는 검지 물체의 식별자를 반환한다.		

함수명	getEventType		
리턴 값	int	파라미터	void
설명	돌발 상황 종류 값을 반환한다.		

○ RadarCtrl 클래스

- 개별 현장제어기와 통신을 수행하고 데이터 패킷을 파싱, 전달하기 위한 클래스

함수명	run		
리턴 값	void	파라미터	object[] threadData
설명	현장제어기와의 통신 패킷을 처리하고 제어 동작을 수행하기 위한 스래드의 활동 Entry Point 이다.		

함수명	parse		
리턴 값	void	파라미터	byte[] packet
설명	현장제어기로부터 수신한 단일 패킷을 정제하고 분석하는 기능을 수행한다.		

○ RadarSocket 클래스

- 개별 현장제어기와 통신을 수행하는 클래스

함수명	sendPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	현장제어기로 통신 데이터 패킷을 전송하고, 전송한 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	recvPacket		
리턴 값	int	파라미터	byte[] buffer, int buflen
설명	현장제어기로부터 통신 데이터 패킷을 수신하고, 수신한 패킷의 바이트 수를 리턴한다.		

함수명	connect		
리턴 값	int	파라미터	string ipAddress, int port
설명	주어진 주소로 현장제어기와 접속을 시도하고, 그 결과를 리턴한다.		

함수명	disconnect		
리턴 값	void	파라미터	void
설명	현장제어기와 접속을 종료하고, 통신 파라미터를 초기화 하며 전송에 사용되는 메모리를 정리한다.		

(4) 도로관리자용 화면 및 기능 구현

(가) UI 전체화면



[그림] 도로관리자용 UI 화면

○ 레이더 도시 기능

- 최대거리 500m/4차선 차로 표시
- 검지된 차량 위치를 아이콘으로 도시
- 지점교통량 수집영역 표시

○ 교통량 통계 도시 기능

- 통행량 및 평균 속도의 시간별 통계
- 24시간/1시간 별로 막대 그래프로 표시

○ 검지 차량 상세 정보 도시 기능

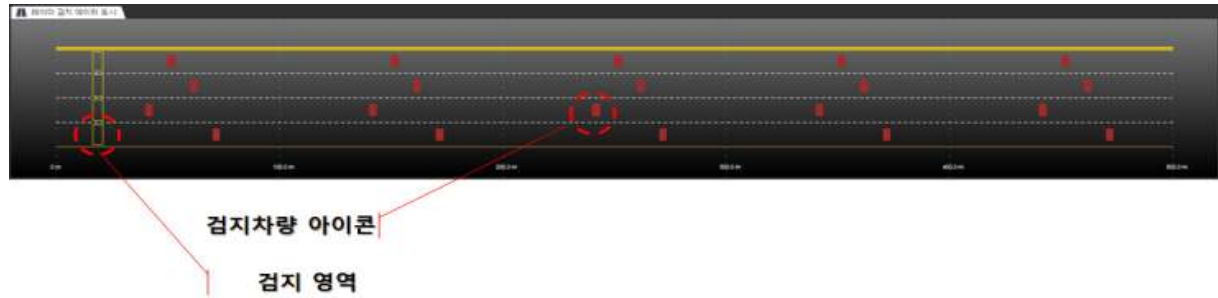
- 레이더로 검지된 차량의 상세 정보를 목록형식으로 도시
- 돌발상황(정지차량, 역주행차량)을 목록에서 표시

○ 제어기 상태 도시 기능

- 제어기 연결상태 및 데이터 수신 상태를 램프로 표시

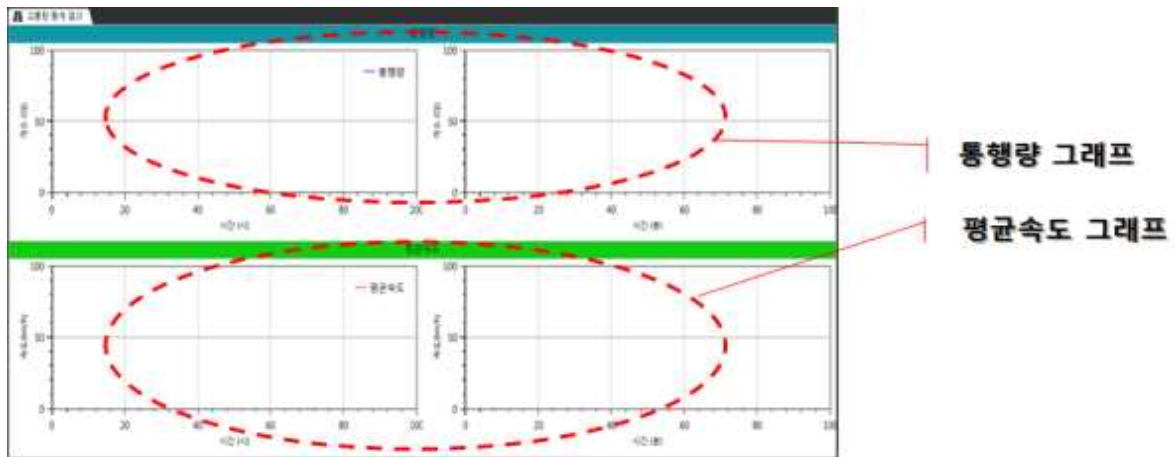
○ 시스템 설정 기능

(나) 레이더 검지 차량 도시



- 레이더 센서로 검지된 차량은 상기와 같이 차로별로 도시되며, 교통량 검지구간 통과 시 검지영역 아이콘이 반응하는 방식임

(다) 교통량 통계 도시



- 교통량 통계는 실시간 데이터를 비롯하여, 5분단위, 15분단위, 30분단위 등 자유롭게 조정 가능토록 구성하였으며, 누적 데이터를 이용하여 꺾은선 그래프로 도로의 교통상황을 한눈에 알 수 있도록 구성함

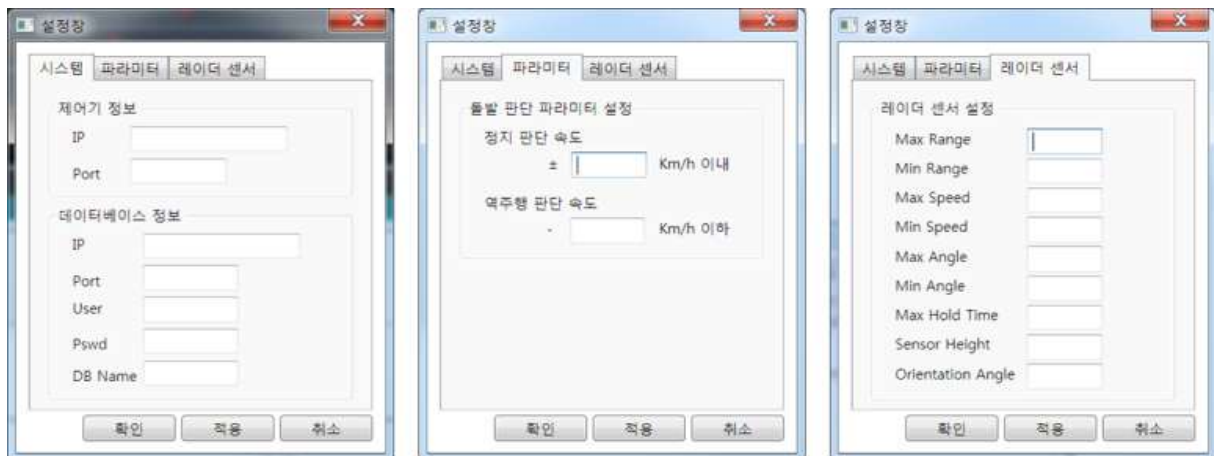
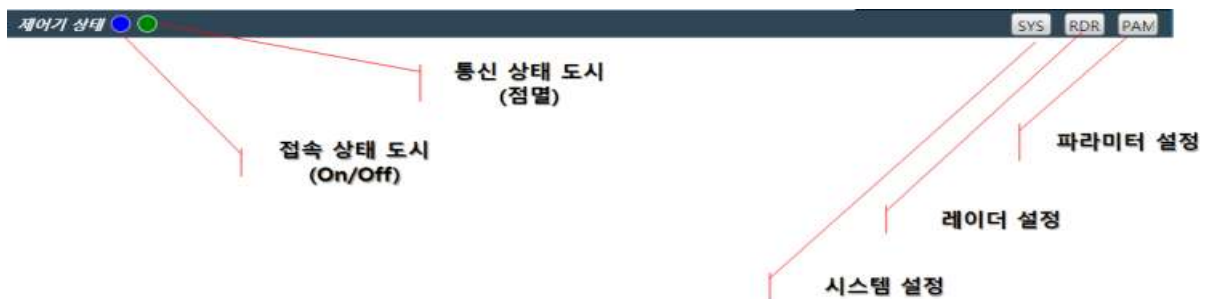
(라) 검지차량 상세 정보 도시

차량번호	포커스	거리	포커스	거리	거리	거리
1	50	2	100	0	3.3	
2	150	2	100	0	3.3	
3	250	2	100	0	3.3	
4	350	2	100	0	3.3	
5	450	2	100	0	3.3	
6	550	6	100	0	3.3	
7	650	6	100	0	3.3	
8	750	6	100	0	3.3	
9	850	6	100	0	3.3	
10	950	6	100	0	3.3	
11	40	10	100	0	3.3	검지 차량
12	140	10	100	0	3.3	
13	240	10	100	0	3.3	역주행 차량
14	340	10	100	0	3.3	
15	440	10	100	0	3.3	
16	540	14	100	0	3.3	
17	640	14	100	0	3.3	
18	740	14	100	0	3.3	
19	840	14	100	0	3.3	
20	940	14	100	0	3.3	

리스트 Column Header
검지차량 상세 정보
돌발 상황 표시

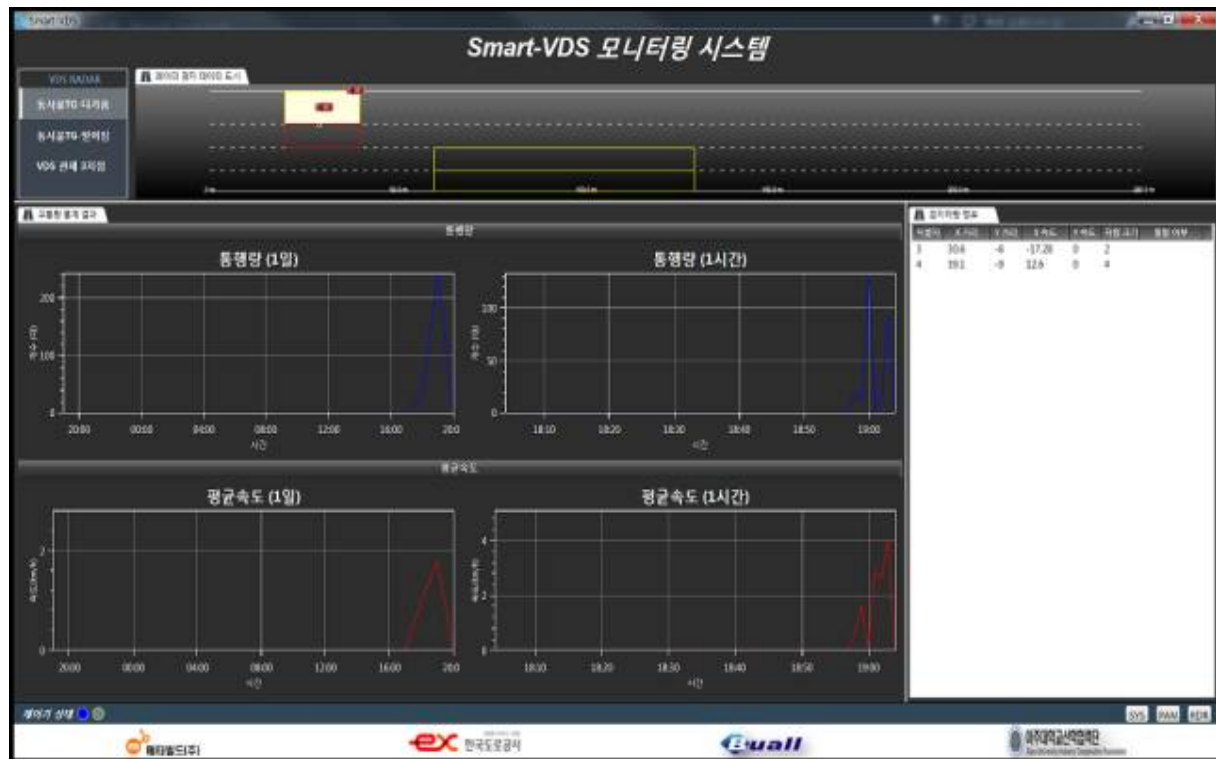
- 검지차량의 상세 정보를 분석하고, 개별차량의 운행 행태 분석이 가능하도록 상세 정보를 도시할 수 있도록 구성함
- 또한, 돌발상황의 이벤트 내용, 시간, 유형을 알 수 있음

(마) 제어기 상태 및 시스템 설정



- 해당 SW는 제어기 상태 및 시스템 설정을 위한 별도의 창을 마련하였음
- 제어는 시스템 설명, 파라미터 설정, 레이더 센서를 제어할 수 있으며 해당 창을 이용해 시스템의 모든 설정을 관리 할 수 있도록 구성함

(바) 최종 운영화면



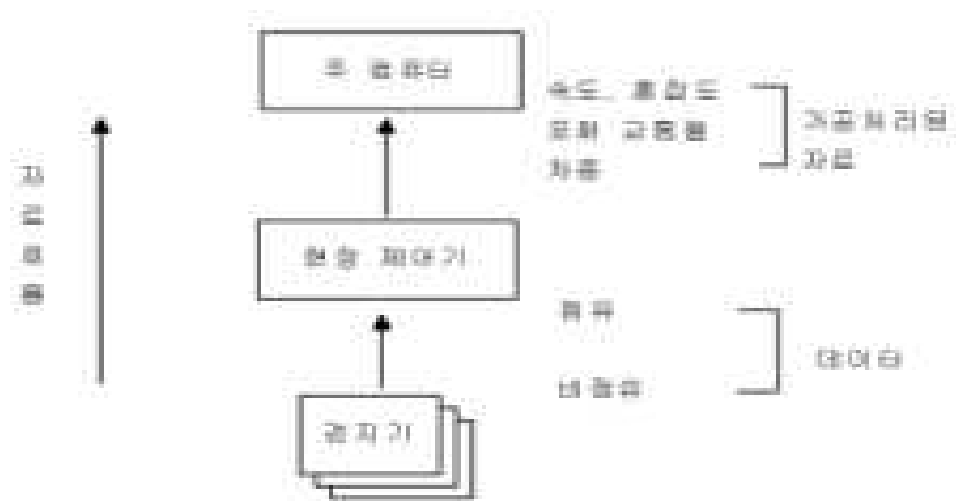
- 상기의 다양한 기능을 합한 최종 UI는 위의 그림과 같음
- 차량의 운행행태를 즉시 관측할 수 있으며, 교통량, 속도 그래프가 실시간으로 움직여 운영자의 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 보임
- 또한, 향후 시스템의 확장성을 고려하여 여러 지점의 레이더 상태를 볼 수 있는 화면 또한 적용하였음

라. 공간점유율기반 교통정보추출 알고리즘 개발 및 레이더 검지기를 활용한 구간통행시간 추정

(1) 기존 차량검지시스템 자료 처리방안 검토

(가) 기존차량 검지시스템 분석

- 차량검지시스템(VDS)은 도로에서 수시로 변화는 속도, 교통량, 점유율 등과 같은 상세 정보를 실시간으로 처리하여 전송하는 시스템을 의미함
- 차량검지시스템의 검지방법은 차량의 존재 유무에 대한 점유시간 혹은 비점유시간 자료를 검지기에서 생성한 후 현장제어기로 전송하게 됨
- 현장제어기에서는 전송받은 차량의 검지기 점유 혹은 비점유시간을 바탕으로 교통정보센터 등의 상위시스템에서 필요로 하는 자료로 가공처리하여 센터컴퓨터로 전송하게 됨



[그림 29] 검지기 자료 흐름도

- 현재 도로에 설치, 운영중인 검지기는 루프, 영상, 적외선, 초단파 검지기 등이 사용되고 있음

[표 17] 검지기 종류별 수집정보

구 분	루프 검지기	영상 검지기	적외선 검지기	초단파 검지기
수집 정보	대기행렬길이 교통량 점유율 속도	대기행렬길이 교통량 점유율 속도 주행궤적 영상	교통량 점유율 속도	교통량 점유율 속도 대기행렬 차두시간

(나) 기존 검지기의 자료처리 방식을 통한 레이더검지기 적용 가능성 검토

- 현재 도로에 주로 설치 및 운영 중인 검지기의 특징, 검지방식 등에 관하여 분석한 결과 S 레이더검지기와는 자료처리방식 및 정보가공체계에 있어 유사성이 부족한 것으로 나타남
- 영상검지기에서 사용되는 차량 Tracking 알고리즘의 경우 차량의 궤적을 추적한다는 목적은 같으나 처리 방식이 다름
- 레이더 검지기는 검지영역 내 검지된 차량에 대하여 고유의 ID를 부여하고 Cycle별로 ID가 부여된 차량에 대하여 위치 및 속도 등의 교통정보를 수집하여 차량의 궤적을 추적하는 반면, 영상검지기는 검지된 영상에서 특정한 연산 기법을 사용하여 내부의 영상처리 장치를 통해 계속해서 바뀌는 영상을 분석하여 목표물의 특성자료를 수집하는 방식임
- 대부분의 검지기는 지점, 구간으로 역할이 분담되어 서로간의 교통정보를 Data Fusion을 통해 수집된 교통정보를 원하는 목적에 맞게 가공을 하는 프로세스를 지니고 있음
- 레이더검지기는 검지영역이 넓어 구간정보도 추출이 가능하며, 각 차량자체를 하나의 지점으로 지점정보 또한 실시간으로 검지가 가능하기 때문에 별도의 검지기와 Data Fusion이 필요하지 않은 특징을 가지고 있음
- 레이더검지기는 기존의 검지기들과 다른 많은 장점을 가지고 있어 자료를 처리하는 과정에 있어 차별성을 가지고 있으나, 누락보정(공간적·시간적 보정)과 같은 공통적인 자료처리 방식은 적용이 되어야 할 것으로 사료됨

(2) 레이더 센서 특성을 고려한 정보가공 체계

(가) 레이더 검지기의 개요 및 특성

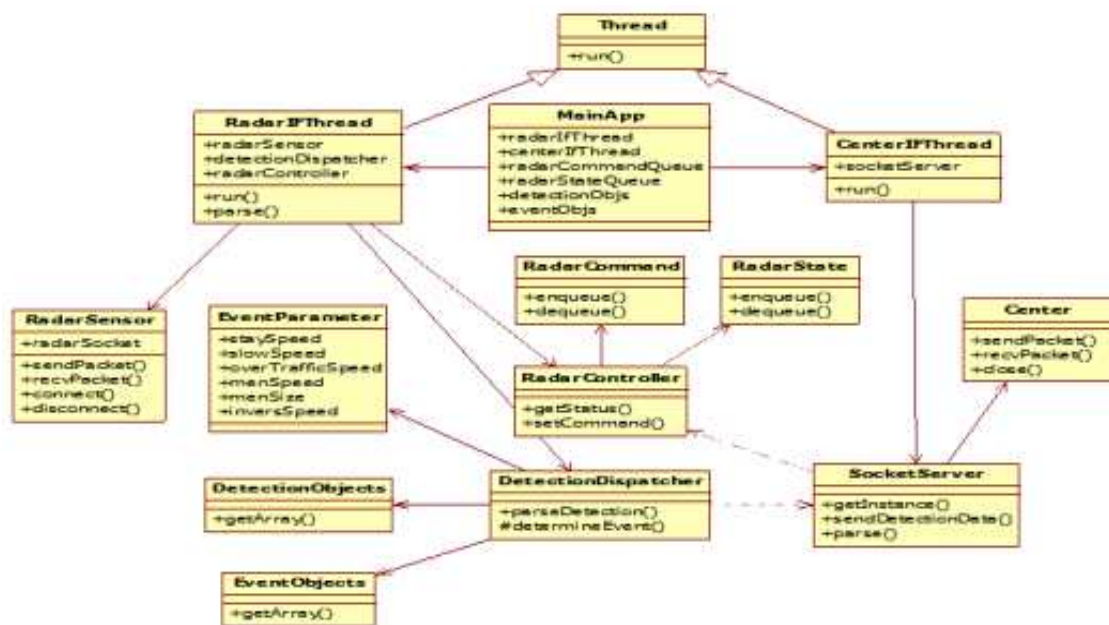
- 본 연구에서 개발하는 레이더검지기는 기존의 레이더 검지기의 검지성능을 최상급 수준으로 정확도를 향상시키고 검지거리 및 검지영역을 확대하는 등 기술적으로 고도화하여 개발이 이루어지고 있음
- 레이더검지기는 도로를 종방향으로 검지하는 방식으로 검지 영역 내의 차량을 추적(Tracking) 기반으로 검지할 수 있고, 지점 및 공간기반 교통정보 수집이 가능하며, 버스나 트럭에 의한 가림 현상이 적고, 인접차량 간 구분이 유리함
- 또한 검지영역이 넓으므로 검지영역 내에서 역주행, 정지차, 갓길차 등 돌발상황 발생에 대한 검지가 가능함
- 기존 레이더 제품들은 횡방향으로 검지하기 때문에 버스나 트럭이 지나갈 때 가려지는 차량들이 검지되지 않는 문제점과 인접 차량 간 구분이 어려우며 돌발상황을 검지하기 어려운 기술임

(나) 레이더 검지기의 자료처리 및 정보가공 프로세스

- 기존의 VDS의 경우 수집된 기초 자료를 정보제공에 필요한 정보로 가공하기 위해 자료를 처리하고 가공하는 절차와 방법이 매우 복잡하였음
- 지점정보를 구간정보로 가공하면서 Data Fusion 등의 과정을 거쳐야 했으나 레이더검지기의 경우 레이더를 종방향으로 하여 4차로 이상, 250m이상의 넓은 범위를 검지하기 때문에 구간정보로의 가공절차를 따로 수행하지 않아도 되는 장점이 있음
- 레이더검지기의 기본검지원리는 기존의 레이더 검지기와 같음
- 레이더검지기는 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave - 주파수변조방식)방식으로 차량을 검지하는 센서이며 다음과 같은 특징을 가지고 있음
 - CW 신호를 주파수 변조하여 방사한 후 반사된 신호를 수신하여 전파의 시간지연에 따른 송신신호와 수신신호의 주파수 차이를 이용하여 표적과의 거리를 측정하고, 수신되는 전력을 비교하여 표적의 유무를 감지하는 센서
 - 가까운 거리에서도 높은 정확도를 확보할 수 있으며, 주파수가 GHz 단위로 음파를 발생 시킬 때 연속적인 주사(발사)를 함(마치 담배연기를 모아서 도우넛을 만드는 것과 비슷하며, 그 연기(음파)를 연속적으로 주사함 - 주파수 변조된 신호를 연속적으로 발사하는 방식의 레이더를 의미)
- ① 레이더검지기의 자료처리
 - 정보수집장치로부터 수신된 데이터를 필요한 정보로 가공하기 위해서는 기초자료(혹은 환경파일-도로 및 교통현황, 현장장비, 장비와 구간의 매칭관계, 각종 ID 등)가 상세하게 조사되고 작성된 후 DB에 저장되어야 함
 - VDS에서 수집된 원시자료는 일정시간 DB에 저장되어야 하며 다음 순서대로 처리됨
 - 레이더 센서를 통한 검지 및 원시자료 저장
 - 레이더 센서 I/F에서 레이더 수신 패킷 분석 및 제어 명령 송신
 - 데이터 분류
 - 검지 데이터 처리(검지차량 추적, 돌발상황 판단, 교통정보추출)
 - 운영 단말 접속 관리
 - 교통센터(운영SW)로 전송
 - 데이터 처리 구조에 구성된 모듈의 기능은 다음과 같음

[표 18] 데이터 처리 구성모듈 및 기능

모듈명	기 능
레이더 센서 I/F	·레이더 접속관리 ·레이더 수신 패킷 분석 ·제어 명령 송신
데이터 분류	·검지데이터 분류 ·상태 정보 분류
검지 데이터 처리	·검지 차량 추적 ·돌발 상황 판단(정지차량 판단, 역주행 차량 판단) ·교통 정보 추출(지점/광역 교통량 산출, 혼잡 상황 판단)
운영단말 접속관리	·복수의 단말 접속 관리
운영단말 I/F	·레이더 신호 전송(검지차량정보, 돌발정보, 교통정보) ·레이더 제어 명령 수신
제어 데이터 처리	·레이더 제어 신호 포맷 변환



[그림 30] 클래스 구조 설계

[표 19] 클래스 상세 설명

클래스 명	설 명
MainApp	·시스템 전반의 초기화와 각 실행 스레드의 생성
RadarSensor	·Radar Sensor와의 접속 및 데이터 통신
RadarIFThread	·Radar Sensor와의 통신 패킷 처리 및 제어 동작 수행
RadarController	·운영단말 정보 전송 및 제어정보를 레이더로 전송하기 위해 포맷 변환
RadarCommand	·레이더 센서의 제어 정보
RadarState	·레이더 센서의 상태 정보
DetectionDispatcher	·검지 물체를 추출, 돌발상황판단 및 교통정보를 도출
EventParameter	·돌발상황을 판단하기 위한 알고리즘의 각종 파라미터
DetectionObjects	·레이더 검지 정보에서 추출된 검지 물체 정보
EventObject	·검지 영역에서 발생한 돌발 상황 정보
Center	·운영단말과의 접속 및 데이터 통신
CenterIFThread	·운영단말과의 통신 패킷을 처리, 검지 데이터 및 통계 정보를 전송
SocketServer	·운영단말 허가 및 관리 서버 동작을 수행

② 레이더검지기의 정보가공

- 레이더검지기의 자료는 교통류 모형에서 사용되는 속도(공간평균속도), 밀도, 교통량 등이 이론에 충실한 자료로 수집자료를 변환 없이 모형에 바로 적용할 수 있어 분석결과의 신뢰성을 높일 수 있다는 특성이 있음
- 이러한 신뢰성 높은 자료를 통해 고속도로 혼잡상황 판단에도 유리하며 차량의 실제 궤적(trajecory)을 생성할 수 있음
- 레이더검지기의 특징적인 알고리즘으로 혼잡상황 판단 알고리즘, 실시간 추적 알고리즘 등이 있음

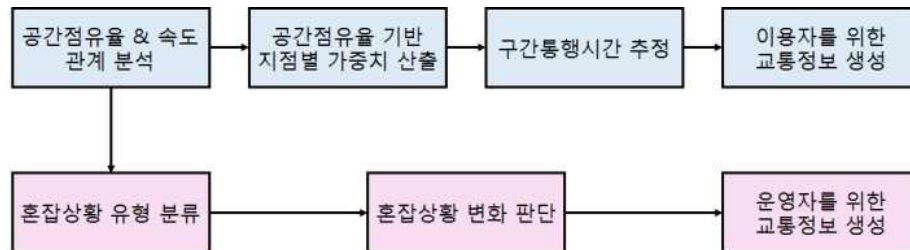
③ 공간점유율 기반 교통정보 생성 알고리즘

- 레이더검지기는 검지영역 내 차량들7에게 고유ID를 부여하여 각각의 ID부여 차량의 위치, 속도, 크기 등을 감지할 수 있음
- 고유ID를 부여받은 차량에 대하여 Cycle별로 위치와 속도를 검지하기 때문에 이를 통하여 공간점유율, 공간평균속도 등 교통정보를 추출할 수 있음
- 추출 된 공간점유율을 활용하여 구간의 통행시간을 추정하고 혼잡상황을 판단하는 알고리즘 수행과정을 거쳐 이용자 및 운영자에게 제공되는 교통정보를 생성함
- 공간점유율은 거리에 영향을 받지 않는 즉 거리를 몰라도 구할 수 있는 정성적 척도 중에

하나임

- HCM에서는 공간점유율은 도로를 점유하고 있는 차량과 도로 간의 비율이라고 정의하고 있음
- 공간점유율을 계산하는 방법은 아래의 수식과 같음

$$occupancy_{space} = \frac{\sum vehicle length}{number of lanes \times roadway length}$$

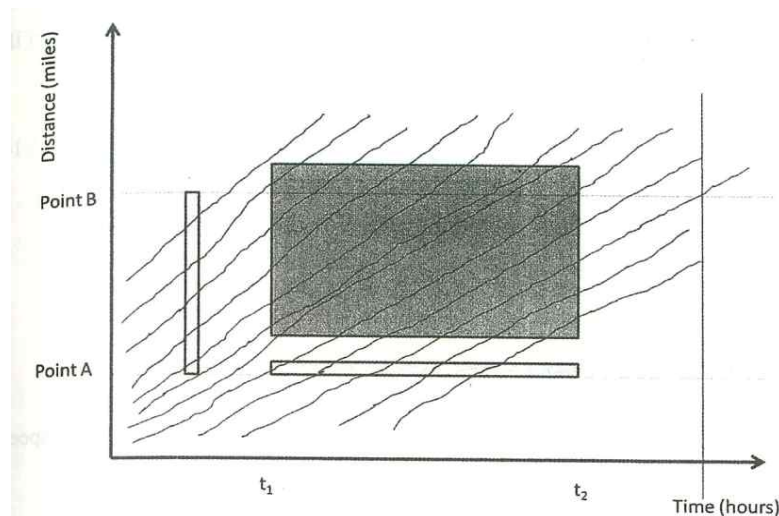


[그림 31] 교통정보 생성 모형

(3) 레이더 센서 수집 정보 기반 공간점유율 산출모형 개발

(가) 기존문헌 고찰

- Edie LC (1963)의 논문에 따르면 차량계적 자료를 이용하여 밀도, 공간속도, 교통류율 산정방법을 기술
 - 차량계적정보로부터 레이더검지기의 영역 안에서 y-축 방향으로 이동한 거리의 합 (total distance traveled by trajectories in region A)과 그 시공간 안에서 x-축 방향으로 이동한 거리(시간)의 합(total time spent by trajectories in region A)를 구하여 계산
 - 밀도의 경우 시간점유율 개념과 비슷하게 도출 하였으나, 시간점유율의 경우 평균차량 길이를 사용함에 있어 오차발생 가능성이 높은 차이점을 가짐



[그림 32] 차량계적정보의 시공간도

- 밀도 = $K_{AB}(veh/km) = \frac{Total\ travel\ time\ (veh \cdot h)}{Total\ time - space\ region\ (km \cdot h)}$
- 차두거리(m) = $\frac{1\ (km)}{K_{AB}(veh/km)} \times 1000$
- 교통류율 = $Q_{t1-2}(veh/h) = \frac{Total\ travel\ distance\ (veh \cdot km)}{Total\ time - space\ region\ (km \cdot h)}$
- 차두시간(s) = $\frac{1\ (h)}{Q_{t1-2}(veh/h)} \times 3600$
- 공간속도 = $U_s(km/h) = \frac{Total\ travel\ distance\ (veh \cdot km)}{Total\ travel\ time\ (veh \cdot h)}$

(나) 프로그램을 통한 알고리즘 개발

```
#include "Main.h"

Main::Main(void)
{
    m_listTermDataPtr.clear();
}

Main::~Main(void)
{
    for ( int i=0; i<m_listTermDataPtr.size(); i++ )
    {
        delete m_listTermDataPtr[i];
    }
    m_listTermDataPtr.clear();
}

void
Main::Work()
{
    std::ifstream fileIn;
    std::string strFile;

    std::cout << "사용할 파일 이름 입력 : "
    std::cin >> strFile;

    fileIn.open( strFile.c_str(), std::ios::in );
    if ( nullptr == fileIn )
    {
        std::cout << "파일 열기 실패." << std::endl;
        return
    }

    std::stringstrTmp;
    std::stringstrCell;
    //std::string strDate;
    std::string strTime;
    //int nDate;
    int nTime;
    //int nLastDate;
    int nLastTime;

    TermData * pTermData= nullptr

    while( std::getline( fileIn, strTmp ) )
    {
        // 시간 파싱
```

```

if ( 0 == strTmp.size() )
{
std::getline( fileIn, strTmp );
if ( 0 == strTmp.size() )
{
break
}
}
std::stringstream ssTmp( strTmp );

std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
//strDate = strCell.substr( 0, 10 );
//strDate = strDate.replace( 7, 1, "" );
//strDate = strDate.replace( 4, 1, "" );
//std::getline( ssTmp, strCell, ',' );

//strTime = strCell.substr( strCell.find( "Detection - [" ) + 13, 13 );
strTime = strCell.substr( 1, 13 );
strTime = strTime.replace( 2, 1, "" );
strTime = strTime.replace( 4, 1, "" );
strTime = strTime.replace( 6, 1, "" );

//nDate = atoi( strDate.c_str() );
nTime = atoi( strTime.c_str() );

if ( nullptr == pTermData )
{
// 처음 시작
pTermData = new TermData( /*nDate,*/ nTime );
}
else if ( pTermData->m_nStartTime + 300000 < nTime /*||
( pTermData->m_nStartDate < nDate && ( ( 2400000000 -
pTermData->m_nStartDate ) + nTime ) > 300000 ) */)
{
CalculateData( pTermData, /*nLastDate,*/ nLastTime );

this->m_listTermDataPtr.push_back(pTermData);

delete pTermData;
pTermData = nullptr
pTermData = new TermData( /*nDate,*/ nTime );
}

//nLastDate = nDate;
nLastTime = nTime;
ssTmp.clear();
}
// 값 파싱
else
{
std::stringstream ssTmp( strTmp );

TermData::IdData idData;

idData.m_nTime = nTime;
//idData.m_nDate = nDate;

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nId = atoi( strCell.c_str() );

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nX = atof( strCell.c_str() );

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nY = atof( strCell.c_str() );

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nSpeedX = atof( strCell.c_str() );

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nSpeedY = atof( strCell.c_str() );

```

```

std::getline( ssTmp, strCell, ',' ); std::getline( ssTmp, strCell, ',' );
idData.m_nLength = atof( strCell.c_str() );

if ( nullptr != pTermData )
{
    if ( nullptr == pTermData->m_mapVectorIdData[idData.m_nId] )
    {
        pTermData->m_mapVectorIdData[idData.m_nId] = new
        TermData::VECTOR_ID_DATA;
    }
    pTermData->m_mapVectorIdData[idData.m_nId]->push_back(idData);
}

ssTmp.clear();
}
}

CalculateData( pTermData, /*nLastDate,*/ nLastTime );
delete pTermData;
pTermData = nullptr

fileIn.close();
}

void
Main::CalculateData( TermData * pTermData,/* int nLastDate,*/ int
nLastTime )
{
    //pTermData->m_nEndDate = nLastDate;
    pTermData->m_nEndTime = nLastTime;

    float TTD = 0;
    float TTT = 0;
    float TT_SR;

    TT_SR = ( pTermData->m_nEndTime - pTermData->m_nStartTime ) /
    10000.0;
    if ( 0 > TT_SR ) { TT_SR = 2400000000 - TT_SR; }

    for (TermData::MAP_VECTOR_ID_DATA::iterator mapItr =
    pTermData->m_mapVectorIdData.begin();
    mapItr != pTermData->m_mapVectorIdData.end();
    mapItr++)
    {
        if ( mapItr->second->size() >= 2 )
        {
            TTD += mapItr->second->at(0).m_nX -
            mapItr->second->at(mapItr->second->size()-1).m_nX;
            TTT += ( mapItr->second->at(mapItr->second->size()-1).m_nTime -
            mapItr->second->at(0).m_nTime ) / 10000.0;
        }
    }

    std::cout << "밀도 : " << TTT/TT_SR << "Wt교통류율 : " << TTD/TT_SR
    << "Wt속도 : " << TTD/TTT << std::endl;
}

int main()
{
    Main * cMain = new Main();

    cMain->Work();

    return 0;
}

```

(다) 분석결과

- 레이더검지기에서 수집되는 자료를 가공하여 교통류의 특성을 나타내는 기본적인 변수인 공간평균속도, 교통류율, 차두시간(headway), 교통류의 밀도(density), 차두거리(spacing)를 추출할 수 있음
- 이러한 교통류를 설명하는 변수들은 교통류 이론에 의해서 모형화가 가능하며 모형을 이용하여 고속도로의 현재의 상태를 평가하거나 추정가능

(4) 고속도로 교통류 알고리즘 개발

(가) 교통류 모형의 정의

- 교통류는 고속도로와 같은 연속교통류와 신호교차로인 단속교통류로 나누어지며, 연속교통류의 교통분석을 위해서 그 교통류의 특성을 나타내는 변수들의 상관관계를 이해할 필요가 있음
- 교통류의 3가지 변수로는 교통류율(traffic flow rate), 속도(speed), 밀도(density)가 있으며, 이들의 상관관계를 교통류 모형이라 부르며 이들 간의 관계식은 다음과 같음

$$q(vph) = u(kph) \times k(vpk)$$

q = 평균교통류율

u = 공간평균속도

k = 평균밀도

- 교통류율(traffic flow rate)은 특정기간(통상 1시간보다 짧은) 동안 어떤 지점을 통과하는 차량대수(volume)를 한 시간 동안 통과한 유율(rate)으로 환산한 값을 말함
- 공간평균속도(space mean speed)는 어느 시간 동안 도로구간을 통과한 모든 차량들이 주행한 거리를 걸린 시간으로 나눈 속도로 정의되며, 각 차량의 속도가 전부 같지 않은 한 공간평균속도는 시간평균속도보다 항상 적게 나타나는 경향이 있음
- 교통류의 밀도(density)는 교통혼잡의 기준으로서 측정하기가 매우 까다로워 평균교통류율과 속도를 측정하여 밀도를 계산하는 방법을 주로 사용하며, 밀도는 교통류를 평가하는데 있어 가장 중요한 지표로 어떤 밀도에 도달하면 교통류가 불안정하게 되어 강제류(forced flow)에 빠짐

(나) 속도와 밀도의 관계

- 속도-밀도간의 연구에 의하면 모형의 형태에 따라 선형모형(linear)과 비선형(non-linear) 모형으로 나눌 수 있으며, 혹은 구간에 따라 단일구간(single regime)과 다중구간(multi regime)으로 나눌 수 있음. 다중구간은 2중구간(2-regime)과 3중구간(3-regime) 모형으로 다시 분류됨.(May, 1990)
- 속도-밀도의 형태에 대한 관계식은 대부분의 이론적 작업에 사용되어지고 있으며 밀도값과 속도값이 1 대 1로 대응되고 그 형태가 차량 추종이론의 형태와 유사하게 나타남(May, 1990)

- 선형모형이며, 단일구간의 대표적인 모형인 Greenshields 모형은 β 값의 변화에 따라 Drew, Pipes, Munjal 모형으로 유도할 수 있음

$$u = u_f \left[1 - \frac{k}{k_j} \right]^\beta$$

$$u_f = \text{자유속도(km/h)}$$

$$k_j = \text{혼잡밀도(veh/km)}$$

$$\beta = \text{실수 } (\beta \text{가 1일 경우 Greenshields 모형})$$

(다) 교통량과 밀도의 관계

- 밀도는 제어의 파라미터이고, 교통류는 목적함수이기 때문에 밀도가 증가가 관측되면, 밀도를 최적밀도(k_0)이하로 유지하기 위하여 고속도로의 진입을 억제할 필요가 존재함
- 다음 식은 Greenshields 모형의 교통량-밀도 관계식

$$q = uk = u_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^\beta \right] k = u_f \left[k - \left(\frac{k^{\beta+1}}{k_j^\beta} \right) \right]$$

(라) 3-Regime 모델

- Ellis(1964)는 관측 자료를 영역 구간으로 구분하여 3-Regime 선형모형에서 자유교통류(free flow) 영역
- 방해 교통류(impeded flow) 영역 및 정체 교통류(congested flow) 영역으로 구별하였으며, 3-Regime Model은 모든 영역에 적합하지 못하는 기존의 단일모형의 결점을 보완함
- 3-Regime Model의 경우 자유교통류 영역의 R^2 값이 현저히 떨어지는 문제를 지니고 있으며, 각 매개변수의 현실성 및 속도-교통량 곡선, 밀도-교통량 곡선의 묘사성이 매우 뛰어난 모습을 보임

(5) 교통류 분석 국내 · 외 문헌고찰

(가) Koshi(1981)

- Koshi, M., Iwasaki, M, and Ohkura, I. “Some Findings and an Overview on Vehicular Flow Characteristics”, Proceedings of The Eighth International Symposium on Transportation and Traffic Theory “, Toronto, Canada, 1981
- 3-Regime Model의 단절점(break point)을 찾아내는 분석방법을 연구
 - 단절점은 자유교통류 영역과 방해교통류 영역의 사이에서 나타나며, 또한 방해교통류 영역과 정체교통류 영역에서도 발견할 수 있음
- 두 가지의 방식으로 단절점을 분석
 - 첫 번째로는 상대빈도수를 이용하여 속도-밀도나 속도-교통량에 대한 산포도를 작성

하여 시속 5km 구간으로 나누어 점을 센 후 1km 단위로 구간을 이동시켜 점의 수가 급격히 변하거나 최소인 속도 간격을 찾는 방법

- 두 번째 방법으로는 마찬가지로 속도-밀도나 속도-교통량에 대한 산포도를 작성하고 시속 5km 구간으로 회귀식을 추정하여, 1km 단위로 구간을 이동시켜 기울기가 급격히 변하는 속도 간격을 찾는 방법으로 단절점을 분석

(나) 이의은(1999)

- 이의은, “3제도 영역을 이용한 고속도로 교통류의 분석”, 대한토목학회지, 제19권 제3호, pp. 851-862, 1999
- 혼합교통류를 기준으로 정체발생 확률이 높은 지점들과 병목지점 내, 병목지점 상·하류 대기행렬 내의 형태를 취하는 지점을 선택함
 - 검지된 자료를 Validating(유효화 과정)을 통해 자료를 선별 함
 - 차선의 데이터를 취합하는 과정에서 점유율은 차선별 값들의 평균을 사용하였으며, 교통량은 합, 속도는 평균 또는 교통량 가중치를 사용함
- 3영역 모델이 얼마나 현실적인지 확인하기 위해, 다른 모형들(Greenshields, Greenberg, Underwood, Edie, bell)과 비교 함
- 3영역 모델의 경우 비정체영역의 R^2 값이 현저히 떨어지는 문제를 지니나, 각 매개변수의 현실성 및 속도·교통량 곡선, 밀도·교통량 곡선의 묘사성이 가장 뛰어나. 특히 용량 산정의 기초가 되는 속도·교통량 곡선의 비정체영역의 묘사는 가장 뛰어나
 - 연구에서 여러 가지 한계 및 기본 가정을 진행하였기 때문에 어느 정도의 한계점을 지니고 있음.(교통량, 차종비율, 날씨 변화)
 - 3영역 모형의 실제 적용 시 단절점 및 변환점의 존재 등으로 제약이 따를 수밖에 없는 데, 정체 임계 치 설정, 대기행렬 길이 추정 등 제한된 분야에서의 적용가능성은 높다고 주장함

(다) 이준철(2006)

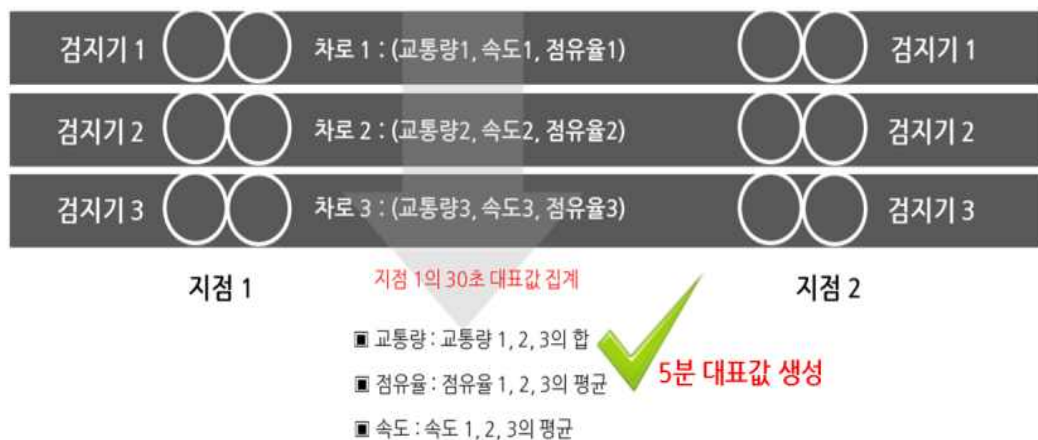
- 이준철, “단절점 분석을 통한 도시고속도로의 정체판단 기준에 관한 연구”, 명지대학교 석사학위 논문, 2006
- 서울도시고속도로의 차량검지기에서 수집된 금요일~월요일 까지 4일간의 RAW Data를 취합하여 교통량-속도-점유율 간의 관계를 분석할 수 있는 산포도 작성
 - 점유율은 평균값, 속도는 교통량의 가중평균값을 사용
- 단절점 분석 방법은 Koshi가 사용한 방법과 유사한 상대빈도에 의한 방법 사용(산포도 작성 후 시속 5km 단위의 점을 센 후 점 수가 최소인 속도 간격은 찾음)
- 분석결과 각 구간별로 소통원활 / 부분정체 / 지·정체를 구분하는 정체판단 기준 속도 값이 상이하게 나옴

- 따라서 각 구간별로 정체판단 기준을 다르게 적용시켜야 하며, 정보제공 또한 분석결과에 따른 정체판단 기준에 의해 적용해야 한다는 의견을 제기 함

(6) 고속도로 혼잡상황 유형 분류

(가) 분석 범위 및 데이터 자료

- 본 연구에서의 공간적 범위는 경부고속도로의 오산 IC부터 안성 JC까지의 12.7km 구간이며, 시간적 범위는 2012년 4월부터 8월까지의 5개월 데이터를 비교 분석함
 - 경부고속도로의 제한속도 상향구간인 서초 IC ~ 천안 IC까지 구간 중 교통정체가 빈번하면서 차선의 증가나 감소가 없으며, 곡선반경이 없는 지역으로 선정
- 한국도로공사의 오아시스에서는 고속도로에서 수집된 데이터를 가공하여 배포하고 있음
 - 오산 IC ~ 안성 JC 구간에는 11개의 VDS 지점이 존재
 - VDS 데이터는 5분 집락자료와 15분 집락자료, 30분, 1시간 집락자료가 존재하며 본 연구에서는 30분 집락자료를 사용함
 - VDS 데이터는 시간, VDS 지점ID, 방향, 교통량, 속도, 점유율, 차로 등을 포함하고 있음
 - 본 연구에서는 교통량, 속도, 밀도 데이터를 사용한 교통류 분석을 위해서 점유율을 밀도로 수정하는 작업을 수행하여 분석함

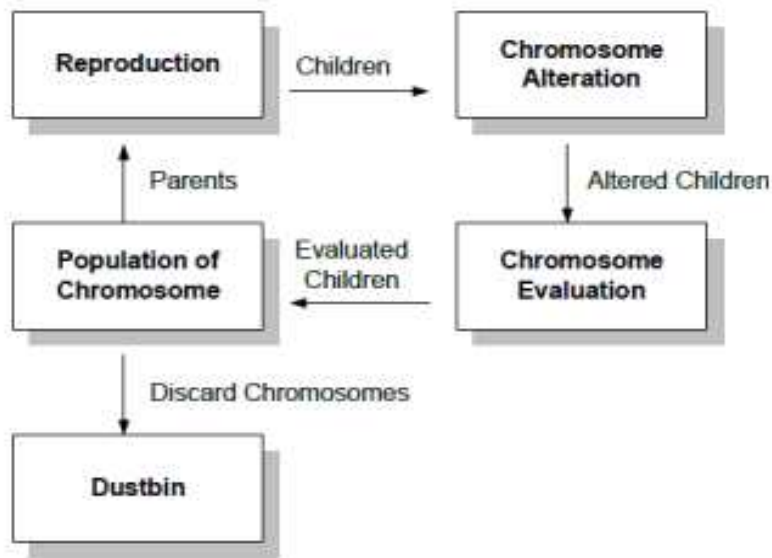


[그림 33] VDS 자료 변환

- 본 연구에서는 VDS 차로 데이터 중 2차로와 3차로만 추출하여 분석함
 - 1차로의 경우 버스전용차로로서 다른 차선과 교통흐름이 일치하지 않으며, 4차로, 5차로의 경우 화물차 차로로 인해 교통류가 정상적이지 않다고 판단함
- 한국도로공사의 VDS에서는 검지기의 고장이나 사고, 수집 오류 등으로 인한 이상치가 존재
 - VDS 11개 지점의 데이터 중 자료가 누락된 시간이 존재할 시 그 날짜의 데이터를 제거하였으며, 유고데이터와 기상청의 날씨데이터를 활용하여 특이사항을 제거함
 - 또한 수집된 자료의 하루 별 교통상황 그래프를 일일이 관독하여 교통상황이 급작스럽게 변화하는 날짜의 데이터를 제거함

(나) 유전자 알고리즘 방법

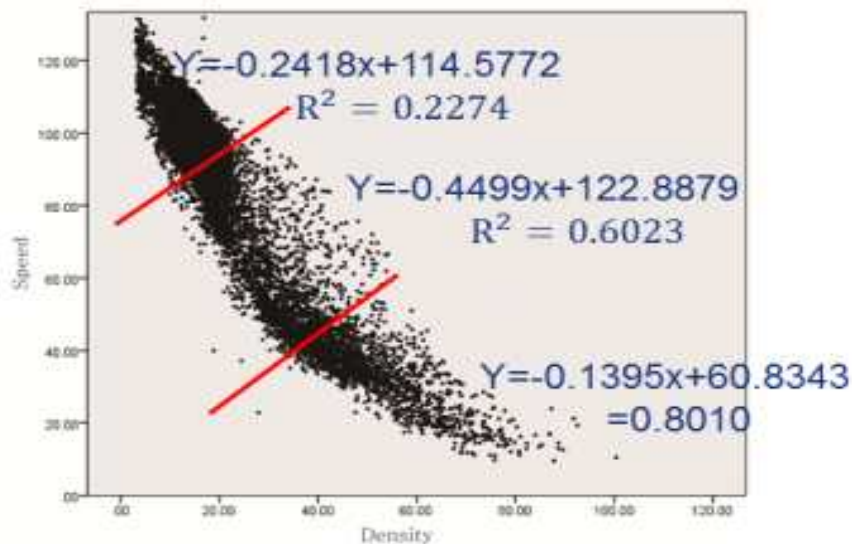
- 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, 이하 GA)은 자연계에 있어서 생물진화과정 현상에 기반을 둔 최적화 기법으로 자연선택의 원리와 다윈의 적자생존의 이론을 기본개념으로 함
- GA는 최적해를 찾기 위한 탐색의 원리는 자연계의 진화를 지배하는 적자생존의 원리와 유전자의 교환에 의한 세대 교배 및 진화의 과정을 통해 이루어짐



[그림 34] 유전자 알고리즘 진화과정

(다) 분석결과

- 고속도로에서의 소통상황을 판정하는 기준은 상대적이라 교통관리의 목적이나 대상지역에 따라 기본적으로 상이하고 또한 영역(소통원활, 서행, 정체 등)간 단절점이 존재함
- 단절점 분석결과 소통원활과 서행간의 단절점은 85.3516km/h로 나타났으며, 서행과 정체영역간의 단절점은 40.65890km로 나타남



[그림 35] GA Method를 이용한 단절점 분석

- 이 결과는 현재 도로공사의 정보제공 구분 기준인 40km/h 와 80km/h보다 소통원활과 서행의 기준이 높아진 것으로 판단됨
- 이는 고속도로의 기하구조 및 관리 개선, 운전자들의 고속 운전예의 적응 등에 기인한 것으로 판단됨
- 안전을 고려한 조심스러운 대응으로 현재 구분 기준값을 계속적으로 사용하는 것도 하나의 대안이 될 수 있음
- VDS 데이터로 혼잡상황 판단 알고리즘을 개발한 결과 소통원활과 서행간의 단절점은 85.3516km/h로 나타났으며, 서행과 정체영역간의 단절점은 40.65890km로 나타났으며, 레이더검지기 자료를 활용하였을 시 보다 정확한 값을 반영할 수 있음
- 본 연구에서 사용된 밀도-속도 그래프로 모든 검지기의 상태를 모니터링 할 수 있어 향후 교통관리용도로 사용 가능함

(7) 고속도로 교통상황 변화 판단

(가) 분석범위 및 데이터 자료

- 본 연구는 하이패스 교통정보시스템의 시범 운영 기간 동안 수집된 자료를 이용하여 돌발상황이 각각 교통류에 미치는 영향을 분석하고 교통상황 변화를 판단하고자 함
- 이를 위하여 수집된 DSRC 기반 자료를 이용하여 통행시간, 공간평균속도, 교통량의 평균 및 표준편차 등의 시공간적 변화를 비교함으로써 상황변화를 판단
- 연구의 시간적 범위는 2010년 3월 22일 00시00분00초부터 23시59분59초까지이며, 공간적 범위는 경부고속도로 부산기점 416.9km 지점(양재IC 인근)에서 366.9km 지점(안성 JCT 인근)까지 약 46.7km 구간임
- 공간적 범위 내에 존재하는 주요 IC, JCT, 각 RSE의 위치는 아래의 표와 같음

[표 20] 공간적 범위 내 주요 시설물 및 RSE 위치

이정거리(km)	주요 시설물 위치	설치 RSE
418.7	서초IC	
416.9		RSE #19
416.1		
413.6	양재IC	RSE #18
410.4		RSE #17
408.2		RSE #16
408	판교JCT	
406.9	판교IC	
404.3		RSE #15
403.3		
401	서울요금소	RSE #14
397.4		RSE #13
395		
393.6	신갈JCT	RSE #12
392.4	수원IC	
391.1		RSE #11
387.7		RSE #10
387.2	기흥IC	
385.5		RSE #9
384.1		RSE #8
382.5		RSE #7
380.8		RSE #6
380.2		RSE #5
378.9		RSE #4
378.2		
376		RSE #3
371.3		RSE #2
366.9		RSE #1
364.9		
	안성JCT	

(나) 데이터 분석 과정

- 수집된 DSRC 자료를 이용해 시간대별, 구간별 통행시간의 평균 및 표준편차, 공간평균속도의 평균 및 표준편차, 교통량을 산출하기 위해 아래와 같은 처리과정을 수행함

① 구간별, 방향별 분류 후 통행시간 산출

- 수집된 740,421개 DSRC 자료를 18개 구간, 양방향으로 분류하고, 인접한 두 지점의 RSE 검지시간 값으로 차량ID별 통행시간을 산출함

$$t_{A_i B_i} = t_{B_i} - t_{A_i}$$

t_{A_i} : 차량 i가 시점 RSE A를 통과한 시간

t_{B_i} : 차량 i가 종점 RSE B를 통과한 시간

$t_{A_i B_i}$: 구간 A~B에서 차량 i의 통행시간

- 산출된 차량 ID별 통행시간은 최종적으로 15분 간격으로 집계함

② 오류 및 이상치 제거

- 전 단계에서 생성된 자료 중에서 양방향 18개 구간별로 자료의 누락이나 RSE 오류로 인한 값을 제거하였으며, 또한 중위절대편차(MAD: Median Absolute Deviation)를 이용하

여 이상치를 제거함

- 중위절대편차란 구간별로 중위값(median)을 산출하여, 관측값과 중위값 간 차이의 중위값을 산출함
- 정규분포에 대한 표준편차와 같도록 만들어주는 수정계수(Correction factor)를 적용하여 이상치를 판단하며, 식으로 나타내면 아래와 같음

$$MAD = 1.4826 \times \text{median}|x_i - x_{med}|$$

$$Z_i^{med} = \frac{X_i - X_{med}}{MAD}$$

x_i : 변수 x의 i번째 관측 값

x_{med} : 변수 x의 중위 값

1.4826: MAD를 정규분포에 대한 표준편차와 같도록 만들어주는 수정계수(Correction factor)

③ 교통류의 속성 값 산정

- 차량ID별 통행시간을 이용하여 18개 공간적 구간, 96개 15분 간격 통행시간, TMS (Time Mean Speed)와 SMS (Space Mean Speed) 및 통행속도의 표준편차를 산출함

$$T_j = \frac{\sum_{i,j=1}^n t_{ij}}{n}$$

$$s_{tj}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i,j=1}^n (t_{ij} - T_j)^2$$

$$\overline{\mu_{tj}} = \frac{\sum_{i,j=1}^n \mu_{ij}}{n}$$

$$s_{\mu j}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i,j=1}^n (\mu_{ij} - \overline{\mu_{tj}})^2$$

$$\overline{\mu_{sj}} = \overline{\mu_{tj}} - \frac{s_{\mu j}^2}{\mu_{tj}}$$

여기서,

T_j : 구간 j의 평균통행시간

t_{ij} : 구간 j를 통행하는 차량 i의 통행시간

s_{tj}^2 : 구간 j의 통행시간 표준편차

$\overline{\mu_{tj}}$: 구간 j의 시간평균속도(TMS)

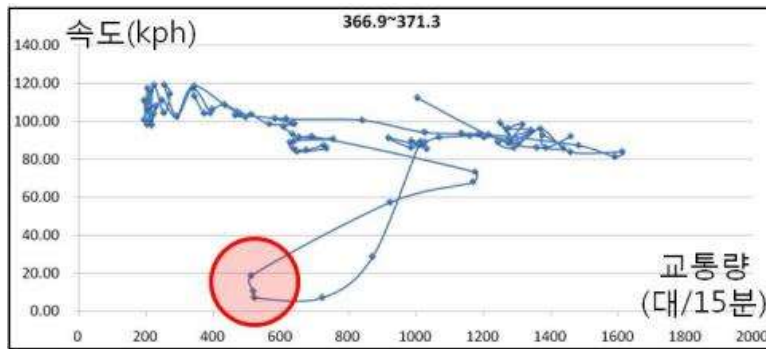
μ_{ij} : 구간 j를 통행하는 차량 i의 속도

$s_{\mu j}^2$: 구간 j의 통행속도 표준편차

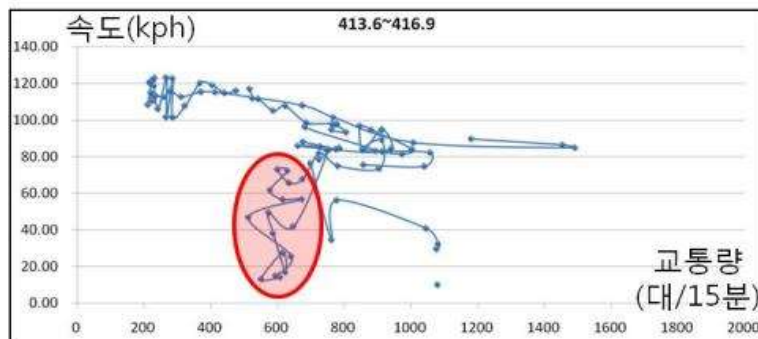
$\overline{\mu_{sj}}$: 구간 j의 공간평균속도(SMS)

(다) 분석결과

- 수집된 DSRC 기반 자료를 바탕으로 시간대별, 구간별 통행시간의 변화 및 표준편차, 공간 평균속도의 변화 및 표준편차, 교통량과 밀도의 차이의 비교를 통해 교통상황 변화를 판단
- DSRC 자료를 바탕으로 교통량·공간평균속도 그래프를 그려본 결과는 아래와 같았으며, 교통류의 파라미터를 이용해 교통류의 특성을 분류하고, 파악하는데 유용하게 사용됨



[그림 36] 사고 시 교통상황 변화



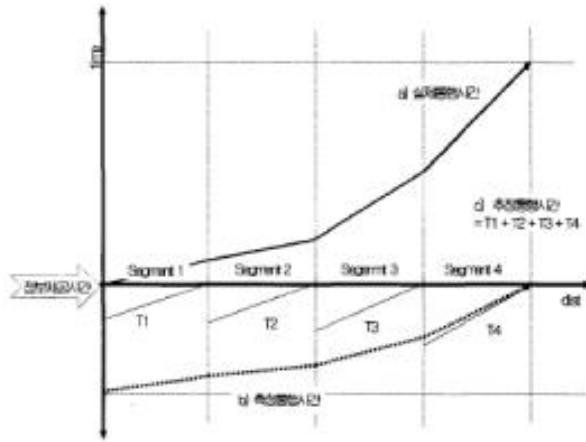
[그림 37] 기상악화(강설) 시 교통상황 변화

- 악천후는 오랜 시간 동안 점진적으로 교통류에 영향을 미치지만, 돌발 상황은 짧은 시간동안 급격하게 교통류에 영향을 미쳤다. 돌발 상황 하에서는 통행시간의 평균 및 표준편차 등이 급격히 증가하였으며, 통행속도의 평균 및 표준편차, 그리고 교통량 등은 급격히 감소하는 경향을 보임
- 다양한 상황 하에 교통류 흐름의 변화를 분석하고, 통행시간을 예측하는데 용이하게 쓰일 수 있음

(8) 레이더검지기를 이용한 구간통행 시간 추정

(가) 통행시간 정의

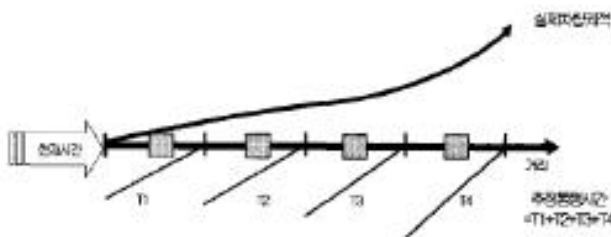
- 통행시간 개념구분의 편의를 위하여 산출방법에 따라 통행시간을 정의 할 수 있음
- 실제통행시간 : 출발차량이 구간을 주행하는데 실제 소요되는 통행시간
- 측정통행시간 : 구간을 주행하고 종점에 도착한 차량에 의해 산출되는 통행시간
- 추정통행시간 : 동시간대 지점검지기자료에 의해 추정된 구간통행시간



[그림 38] 통행시간의 정의

(나) 지점검지체계에서의 통행시간 추정

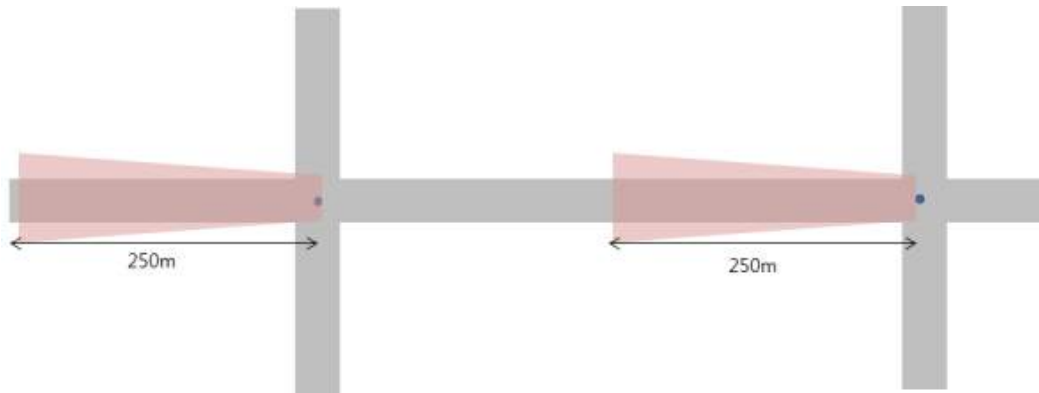
- 지점검지체계로부터 통행시간 산출시 동시간대의 구간내 설치되어있는 지점별 검지자료를 이용하여 추정함
 - 동시간대의 지점별 검지자료를 이용하여 추정한다는 것은 실제 차량이 구간을 이동하며 산출되는 통행시간과는 차이가 발생함
 - 차량이 출발하는 현재시간에 전구간이 소통원활이더라도 차량이 구간을 통행하는 동안에 하류부로부터 지체가 발생되었다면 차량의 실제통행시간은 하류부로 이동하며 경험한 지체만큼 증가함
 - 반대로 전구간이 지체더라도 구간을 통과하는 동안 지체가 풀리면 차량은 검지기 데이터에 의해 산출된 통행시간보다 작은 통행시간이 산출됨



[그림 39] 실제차량궤적과 추정통행시간

(다) 구간검지체계에서의 통행시간 추정

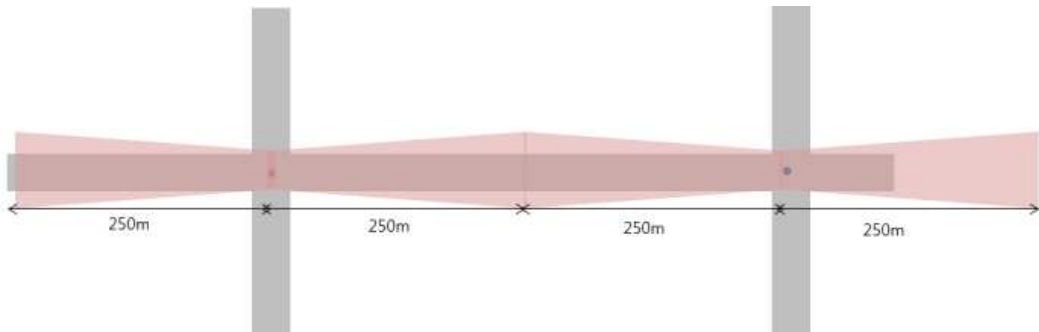
- 구간검지체계로부터 통행시간을 산출하기 위해서는 산출구간의 시점과 종점에 구간검지기를 설치하고 시점을 출발한 차량이 종점을 통과할 때 시점에서 종점까지의 통행시간을 산출함
 - 통행시간은 종점에 도착한 차량에 의해 산출되고 산출된 시각에 출발하는 차량에게 통행시간 정보가 제공되어 짐
- 구간검지체계로부터 산출된 통행시간은 도착차량에 의해 구해지기 때문에 실제로 정보제공이 이루어져야 하는 시간보다 구간통행시간만큼 늦게 제공됨



[그림 41] 단일 레이더검지기 구간통행시간 추정

(마) 다수레이더 검지기 특성을 반영한 구간통행시간 추정

- 다수의 레이더검지기를 설치하여 구간통행시간을 추정할 경우, 연속류는 물론 단속류에서도 정확한 통행시간 추정이 가능함
- 단일레이더 검지영역을 중첩시켜 검지 영역을 하나의 구간으로 설정함
- 실시간으로 수집되는 교통자료(속도, 교통량, 밀도 등)를 이용하여 on-line 통행시간 정보제공이 가능하며, 단일레이더 검지기의 단점을 극복할 수 있음



[그림 42] 다수레이더 검지기 구간통행시간 추정

(바) 결론

- 본 연구에서 개발하는 레이더검지기는 기존의 레이더 검지기의 검지성능을 최상급 수준으로 정확도를 향상시키고 검지거리 및 검지영역을 확대하는 등 기술적으로 고도화하여 개발이 이루어지고 있음
 - 레이더검지기는 도로를 종방향으로 검지하는 방식으로 검지 영역 내의 차량을 추적(Tracking) 기반으로 검지할 수 있고, 지점 및 공간기반 교통정보 수집이 가능하며, 버스나 트럭에 의한 가림 현상이 적고, 인접차량 간 구분이 유리함
 - 또한 검지영역이 넓으므로 검지영역 내에서 역주행, 정지차, 갓길차 등 돌발상황 발생에 대한 검지가 가능함
- 기존의 VDS의 경우 수집된 기초 자료를 정보제공에 필요한 정보로 가공하기 위해 자료를 처리하고 가공하는 절차와 방법이 매우 복잡하였음
 - 지점정보를 구간정보로 가공하면서 Data Fusion 등의 과정을 거쳐야 했으나 레이더검지기의 경우 레이더를 종방향으로 하여 4차로 이상, 250m이상의 넓은 범위를 검지하기 때문에 구간정보로의 가공절차를 따로 수행하지 않아도 되는 장점이 있음
 - 레이더검지기의 자료는 교통류 모형에서 사용되는 속도(공간평균속도), 밀도, 교통량 등이 이론에 충실한 자료로 수집자료를 변환 없이 모형에 바로 적용할 수 있어 분석결과의 신뢰성을 높일 수 있다는 특성이 있음
 - 이러한 신뢰성 높은 자료를 통해 고속도로 혼잡상황 판단에도 유리하며 차량의 실제 궤적(trajecory)을 생성할 수 있음
- 레이더검지기를 이용하였을 시, 기존의 VDS 데이터를 통한 혼잡상황 판단과, DSRC 데이터를 통한 소통상황 변화 판단에 필요한 자료를 추출할 수 있음
 - VDS 데이터로 혼잡상황 판단 알고리즘을 개발한 결과 소통원활과 서행간의 단절점은 85.3516km/h로 나타났으며, 서행과 정체영역간의 단절점은 40.65890km로 나타났으며, 레이더검지기 자료를 활용하였을 시 보다 정확한 값을 반영할 수 있음
 - DSRC 데이터를 이용하여 소통상황 변화 판단 알고리즘을 개발하였으며, 간대별, 구간별 통행시간의 변화 및 표준편차, 공간평균속도의 변화 및 표준편차, 교통량과 밀도의 차이의 비교를 통해 파악할 수 있음
- 기존의 검지기를 이용하여 구간통행시간 추정 시 구간검지체계로부터 산출된 통행시간은 도착차량에 의해 구해지기 때문에 실제로 정보제공이 이루어져야 하는 시간보다 구간통행시간만큼 늦게 제공됨
 - 실시간으로 수집되는 교통자료(속도, 교통량, 밀도 등)를 이용하여 on-line 통행시간 정보제공이 가능

4. 현장시험 및 시스템 구축

가. 현장적용 시험 수행 내역

(1) 휴게소 입구 통행량 모니터링 시범 구축(안성휴게소)

○ 시험목적

- 통행량 측정 기본 시험(휴게소 내 차량 통계를 분석하기 위한 진입 차량수 검지)
- 기상조건(우천시)에 따른 레이더 성능 변화 분석



[그림 43] 시험환경

○ 시험장소 : 안성휴게소 하행 진입부

○ 운영화면

- 레이더 검지 결과 화면에서 노란색 동그라미는 차량이 검지된 결과 이고, 중앙의 수가 의미하는 것은 누적된 차량임



[그림 44] 운영화면(좌:레이더 검지 결과, 중:차량계수 결과, 우:실제 통행량 영상)

○ 시험결과(샘플):

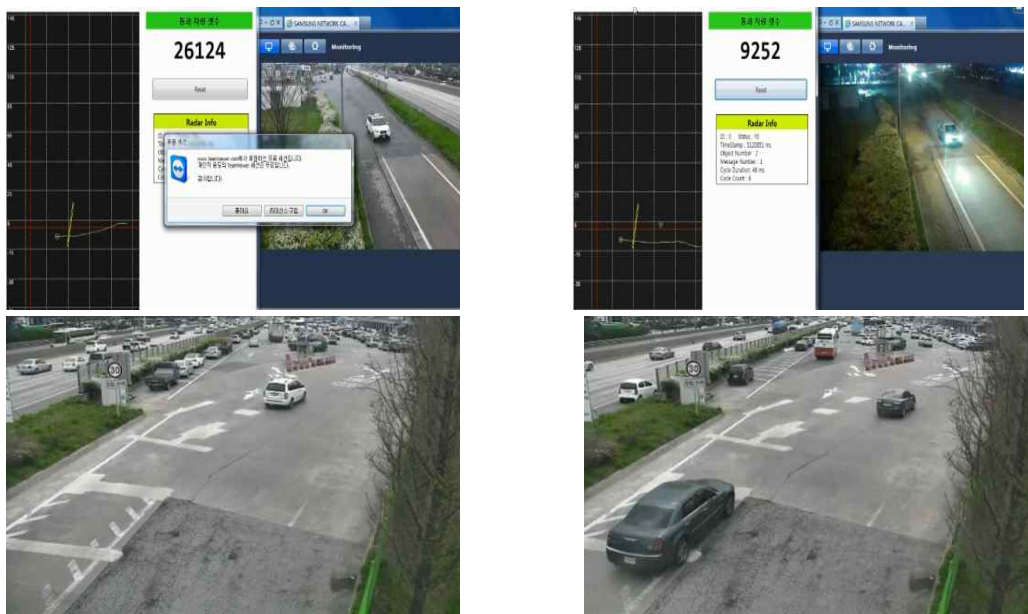
- 실제 통행량 영상과 레이더 검지 결과를 비교하여 결과 분석
- 실제 통행량과 레이더 검지 결과의 오차율은 1% 미만
- 트럭의 경우 2대로 인식되거나, 검지영역 밖으로 운행한 차는 검지되지 않는 상황 발생
- 통행량 모니터링 결과는 아래와 같음

날짜	시간	실제통행량 (영상분석)	레이더 검지 결과
2015년 2월 16일	11:20 ~ 12:35	1,163	1,164
	12:35 ~ 13:32	935	938
합계	132분	2,098	2,102

(2) 휴게소 입구 통행량 모니터링 시범 구축(여주휴게소)

○ 시험목적

- 통행량 측정 기본 시험(휴게소 내 차량 통계를 분석하기 위한 진출입 차량 수 검지)
- 기상조건(우천시)에 따른 레이더 성능 분석



[그림 45] 입출구 시험 환경

○ 시험장소 : 여주휴게소 상행 진출입부

○ 시험결과(샘플):

- 진출부

시간	육안 확인	레이더 검지
12:03:28	시작	
12:30	142	127
13:00	240	232
13:30	239	229
합계	621	588

- 진입부

시간	육안 확인	레이더 검지
15:00	시작	
15:30	393	374
13:00	431	393
13:30	340	327
합계	1,164	1,094

(3) 최소/최대 검지거리 시험(한국도로공사 여주시험도로)

○ 시험전경



○ 시험목적

- Smart-VDS 시스템의 설치높이에 따른 최소/최대 검지거리 확인 등

○ 시험결과

높이(m)	보행자		승용차		SUV	
	최소(m)	최대(m)	최소(m)	최대(m)	최소(m)	최대(m)
3	14	140	12	254	13	255
4	16	136	17	253	18	253
5	24	131	25	251	23	244
6	26	126	25	250	26	244
8	33	116	35	175	34	190

(4) 주행시험 로그 분석(여주시험도로)

○ 시험목적

- 공간기반 교통정보 추출 S/W 정확도 검증



○ 시험결과

- 각 레이더 검지기 프레임별 산출 속도의 평균값인 지점평균속도가 총 이동거리 대비 총 이동시간의 비율인 공간평균속도를 비교했을 때 거의 오차가 없음

순번	이동거리(m)	이동시간(s)	지점평균속도(km/h)	공간평균속도(km/h)
			산술평균	조화평균
1	141.696	18.6033	27.28	27.42
2	88.384	11.7023	27.30	27.19
3	83.008	10.3561	29.27	28.86
4	152.256	17.4528	31.50	31.41
5	43.904	5.8011	26.80	27.25
6	182.848	24.7507	26.74	26.60

※ 최대탐지속도 약 190km/h까지 주행시험은 진행하였고, 실제 차량 속도와의 오차는 기준 장비가 없어서 정확히 확인은 불가능하였으나, 대략 비슷한 것으로 확인함

- 시간평균속도(산술평균) : 어느 시간 동안 도로상의 어느 점(또는 짧은 구간)을 통과하는 모든 차량들의 속도를 산술평균한 속도

$$\overline{u_t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d}{t_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i$$

- 공간평균속도(조화평균) : 어느 시간 동안 도로구간을 통과한 모든 차량들이 주행한 거리를 걸린 시간으로 나눈 속도

$$\overline{u_s} = \frac{nd}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{d}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{d}} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{u_i}}$$

- 예시) 30m 도로구간을 A차량은 1초에 통과하고, B차량은 2초에 통과한다면 A차량의 속도 30m/s, B차량의 속도 15m/s

$$\blacksquare \text{ 시간평균속도} = \frac{30m/s + 15m/s}{2} = 22.5m/s$$

$$\blacksquare \text{ 공간평균속도} = \frac{2 \times 30m}{1s + 2s} = \frac{60m}{3s} = 20m/s$$

- 시간평균속도는 산술평균이고, 공간평균속도는 조화평균이므로, 각 차량의 속도가 전부 같지 않는 한 공간평균속도는 시간평균속도보다 항상 적음

$$\overline{u_t} = \frac{a+b}{2}, \quad \overline{u_s} = \frac{1}{\frac{1}{2}(\frac{1}{a} + \frac{1}{b})} = \frac{2}{(\frac{1}{a} + \frac{1}{b})}$$

$$\overline{u_t} - \overline{u_s} = \frac{a+b}{2} - \frac{2}{(\frac{1}{a} + \frac{1}{b})} = \frac{a+b}{2} - \frac{2}{\frac{a+b}{ab}} = \frac{a+b}{2} - \frac{2ab}{a+b} = \frac{(a+b)^2 - 4ab}{2(a+b)} = \frac{(a-b)^2}{2(a+b)}$$

$$\text{여기서, } (a-b)^2 \geq 0 \text{이므로, } \overline{u_t} - \overline{u_s} \geq 0 \quad \blacksquare \quad \overline{u_t} \geq \overline{u_s}$$

○ 분석 프로그램을 이용한 자동 연산 결과

조사시간	이동거리	이동시간	공간평균속도	
	m	s	m/s	km/h
[19:31:00~19:31:30]	141.696	18.6033	7.6167	27.42
[19:31:30~19:32:00]	88.384	11.7023	7.5527	27.19
[19:32:00~19:32:30]	83.008	10.3561	8.0154	28.86
[19:32:30~19:33:00]	152.256	17.4528	8.7239	31.41
[19:33:00~19:33:30]	43.904	5.8011	7.5682	27.25
[19:33:30~19:34:00]	182.848	24.7507	7.3876	26.60

○ log data 분석 결과

ID	이동거리(m)		이동시간(s)		이동거리	이동시간	공간평균속도	
	검지시작	검지종료	검지시작	검지종료	m	s	m/s	km/h
2	30.656	172.352	[19:30:41.3909]	[19:30:59.9942]	141.696	18.6033	7.6167	27.42
2	172.352	260.736	[19:30:59.9942]	[19:31:11.6965]	88.384	11.7023	7.5527	27.19
10	26.368	109.376	[19:31:49.6014]	[19:31:59.9575]	83.008	10.3561	8.0154	28.86
10	109.376	261.632	[19:31:59.9575]	[19:32:17.4103]	152.256	17.4528	8.7239	31.41
11	25.152	69.056	[19:32:54.1655]	[19:32:59.9666]	43.904	5.8011	7.5682	27.25
11	69.056	251.904	[19:32:59.9666]	[19:33:24.7173]	182.848	24.7507	7.3876	26.60

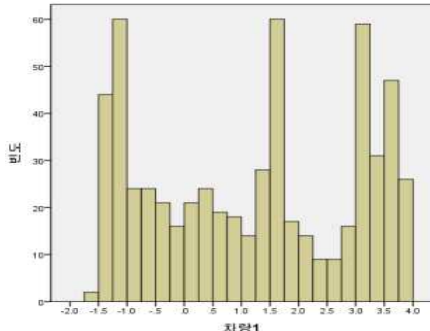
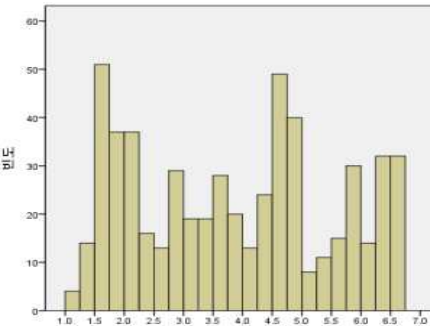
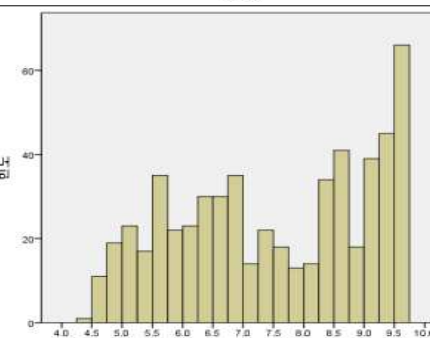
(5) 주행차량을 이용한 차로폭 산출 시험

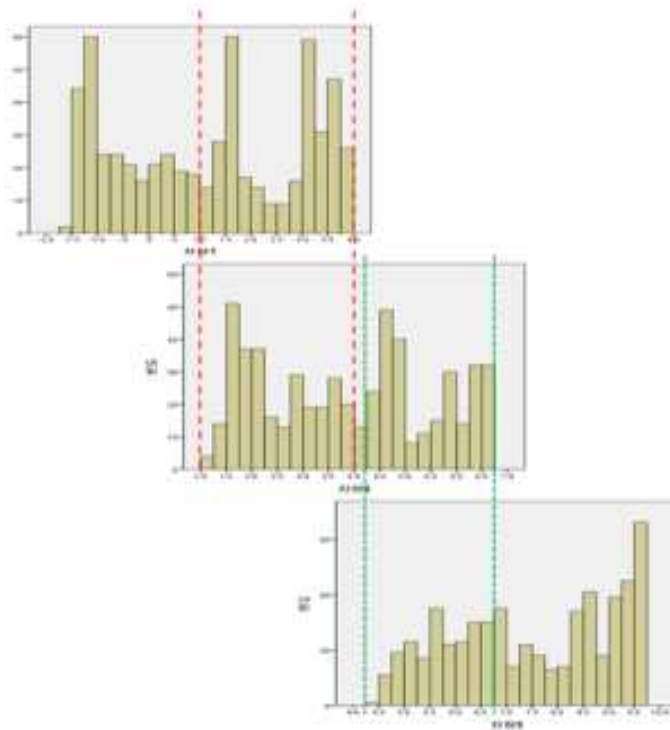
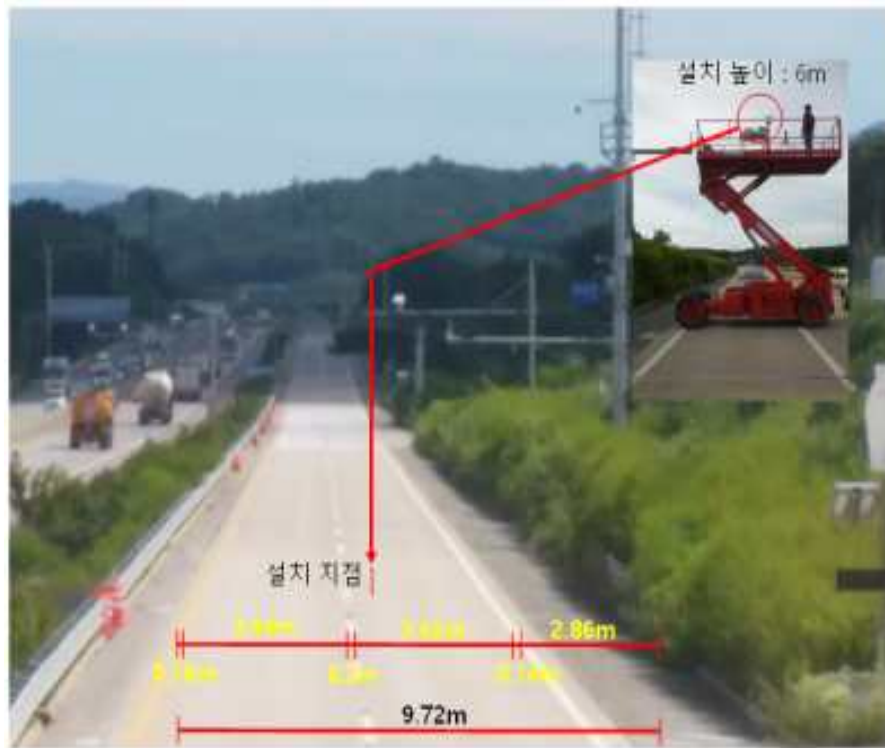
○ 시험목적

- 차로별 교통량 및 속도 산출을 위한 차로구분 확인 시험

○ 시험결과

- 개별 차량별로 5.18~5.38m의 차로 이동폭을 가지고 있음
- 개별 차량에 대한 중위값 분석 결과 1↔2차로간 2.792m, 2차로↔갓길간 3.712m가 떨어진 것으로 분석

구분	히스토그램	군집 구분												
차량1		<table><tr><td>구분</td><td>통계량</td></tr><tr><td>평균</td><td>1.2049</td></tr><tr><td>중위수</td><td>1.4080</td></tr><tr><td>최소값</td><td>-1.54</td></tr><tr><td>최대값</td><td>3.78</td></tr><tr><td>범위</td><td>5.31</td></tr></table>	구분	통계량	평균	1.2049	중위수	1.4080	최소값	-1.54	최대값	3.78	범위	5.31
구분	통계량													
평균	1.2049													
중위수	1.4080													
최소값	-1.54													
최대값	3.78													
범위	5.31													
차량2		<table><tr><td>구분</td><td>통계량</td></tr><tr><td>평균</td><td>3.8807</td></tr><tr><td>중위수</td><td>3.8400</td></tr><tr><td>최소값</td><td>1.15</td></tr><tr><td>최대값</td><td>6.53</td></tr><tr><td>범위</td><td>5.38</td></tr></table>	구분	통계량	평균	3.8807	중위수	3.8400	최소값	1.15	최대값	6.53	범위	5.38
구분	통계량													
평균	3.8807													
중위수	3.8400													
최소값	1.15													
최대값	6.53													
범위	5.38													
차량3		<table><tr><td>구분</td><td>통계량</td></tr><tr><td>평균</td><td>7.5088</td></tr><tr><td>중위수</td><td>7.5520</td></tr><tr><td>최소값</td><td>4.48</td></tr><tr><td>최대값</td><td>9.66</td></tr><tr><td>범위</td><td>5.18</td></tr></table>	구분	통계량	평균	7.5088	중위수	7.5520	최소값	4.48	최대값	9.66	범위	5.18
구분	통계량													
평균	7.5088													
중위수	7.5520													
최소값	4.48													
최대값	9.66													
범위	5.18													



[그림 46] 차로별 시험 결과

(6) 정지차량 역주행 시험(여주시험도로)

○ 시험 전경



○ 시험 화면



○ 정주행 정지 및 역주행/역주행 정지 시험 절차



- ① 시험차량은 검지영역 밖에서 대기함
- ② 시험차량은 30~40km/h의 속도로 주행차로를 주행
- ③ 회차 별 정차위치에 정차 후 검지영역을 통과
- ④ 검지영역을 완전히 통과 후 회차
- ⑤ 시험차량은 30~40km/h의 속도로 추월차로로 역방향으로 주행
- ⑥ 검지영역을 완전히 통과 후 해당 회차 종료

[표 22] 정지차 이벤트 시험위치별 시험 횟수

구분	정차위치	시험횟수	이벤트 유형		
		정주행 정지	역주행 정지	역주행	계
회차별 시험 내용 총 10회 시행)	0~50m	10	10	10	30
	50m~100m	10	10	10	30
	100m~150m	10	10	10	30
	150m~200m	10	10	10	30
	200~250m	10	10	10	30
합계		50	50	50	150

**역주행 시험 횟수는 역주행 정지 테스트 진입/역주행 출발 및 각 역주행 정지 후 다음 정지까지를 1회로 함

(7) 공용도로 설치 및 시범운영

(가) 시스템 구축

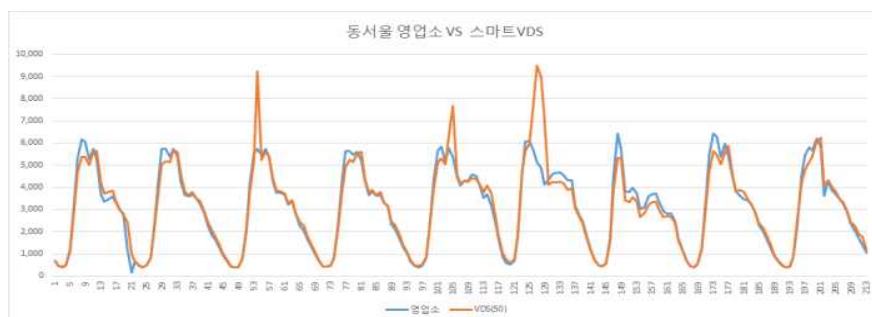
- 중부고속도로 358.2km(하행) 설치
- 레이더 센서 및 제어 함체 설치



(나) [9월 7일 ~ 15일] 수집데이터 분석

○ 분석방법

- 9일간 시간당 동서울 TG 통행량을 기반으로 스마트 VDS와 비교
- 교통량 분석 결과 총 1.4%의 오차율을 보임
- 수집자료 분석 결과 동서울 TG와 스마트 VDS 수집자료간 패턴 유사



- 시간대별 분석 결과 총 213개의 시간대별 최상급 검지기의 성능을 보이는 오차 5% 이하의 123개, 상급 10% 이하의 51개, 중급 15% 이하의 15개 시간대에서 만족을 하지

못함

- 일별 교통량 정확도 분석결과는 최대 12.8%, 최소 0.6%의 오차를 보임

구분	영업소 교통량 (대/시)	Smart-VDS (대/시)	비율
2015.09.07.(월)	64,873	66,055	101.8%
2015.09.08.(화)	70,027	69,631	99.4%
2015.09.09.(수)	70,011	73,609	105.1%
2015.09.10.(목)	71,002	70,384	99.1%
2015.09.11.(금)	81,992	84,999	103.7%
2015.09.12.(토)	83,699	94,408	112.8%
2015.09.13.(일)	70,316	63,419	90.2%
2015.09.14.(월)	74,840	73,108	97.7%
2015.09.15.(화)	72,234	72,899	100.9%
계	658,994	668,512	101.4%

※ 비율 = 일별 VDS / 영업소 교통량

(다) [11월 1일 ~ 7일] 수집데이터 분석

○ 보완내역

- 검지 차량 ID도 DB에 저장하도록 프로그램 및 DB 구조 변경

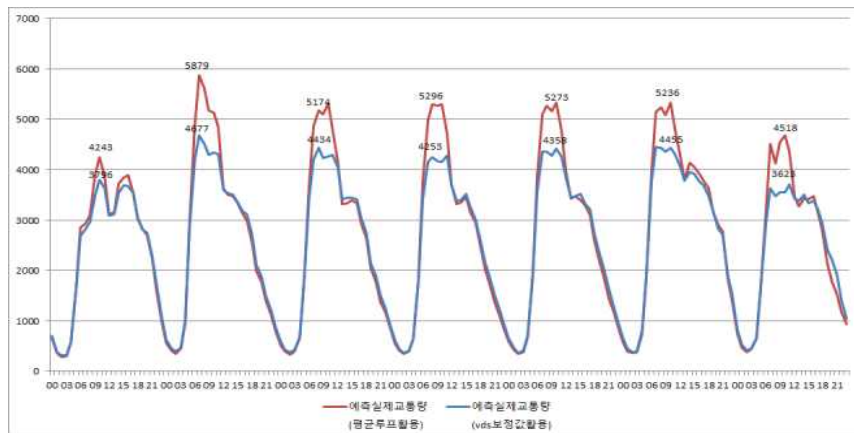
○ 분석방법

- 11월 1일부터 7일간 자료의 비교·분석을 위해 실측 및 보정
- 11월 19일 15분 단위 실측교통량조사자료, 영업소 입구 통행량 자료, VDS 검지자료를 비교하여 보정 수행

조사시간	실측 교통량조사	영업소 입구 통행량	VDS 검지
교통량	1,350	1,283	1,259
보정값	-	1.05	1.07

- 산정된 보정값을 활용하여 7일간 수집 교통량의 보정 후 수집자료 결과, 동서울TG와 Smart-VDS 간 패턴 유사성 확인
- 시간대별 분석결과, 7일간 총 168개 시간대 분석결과, 상급 성능인 $\pm 10\%$ 이내는 73개(약 43%), $\pm 10\sim 15\%$ 이내는 43개(약 26%)수준으로 분석

- 특히, 루프검지기 기준 3,000대/시 이상의 교통량이 통행하는 시간대에 Smart-VDS와의 오차범위가 넓어지며, 4,000대/시 이상일 경우 오차 발생



- 거리별 레이더 센서의 검지 개수는 아래와 같음

루프	거리별 검지 개수																									
	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m	120m	130m	140m	150m	160m	170m	180m	190m	200m	210m	220m	230m	240m	250m	
00	721	564	672	713	758	775	782	810	845	881	951	1011	1037	1032	1031	980	948	919	817	783	688	615	546	467	420	320
01	391	322	356	382	416	433	427	427	459	495	520	549	565	553	575	540	524	537	476	439	393	351	289	254	215	172
02	318	256	288	306	319	348	350	360	369	392	435	447	456	460	462	461	457	577	409	358	317	270	234	206	186	157
03	329	263	296	320	343	356	356	370	386	407	440	460	470	472	488	469	456	624	406	379	353	321	277	253	221	178
04	613	450	519	572	620	639	645	665	657	737	784	821	843	837	828	789	776	916	672	609	572	525	468	414	364	301
05	1,767	1105	1430	1582	1696	1735	1747	1775	1835	1861	1885	1929	1933	1914	1862	1754	1632	1602	1366	1229	1077	922	767	658	562	419
06	3,107	1970	2163	2554	2771	2871	2892	2928	2944	2992	2986	2919	2851	2735	2625	2471	2269	2165	1902	1664	1468	1289	1083	918	781	585
07	3,191	1567	2330	2685	2685	2982	2995	3014	3059	3102	3039	2992	2879	2757	2606	2432	2286	2105	1882	1633	1438	1221	1015	867	705	551
08	3,377	1491	2409	2817	3035	3128	3130	3124	3186	3206	3180	3103	3017	2851	2748	2512	2333	2139	1918	1682	1461	1279	1084	924	770	556
09	4,242	1221	2466	3154	3497	3634	3665	3641	3621	3543	3436	3291	3150	2946	2754	2506	2311	2092	1837	1601	1411	1167	983	798	653	504
10	4,610	1154	2671	3425	3773	3914	3861	3796	3740	3703	3626	3433	3227	3031	2831	2563	2370	2072	1880	1605	1379	1155	955	819	653	450
11	4,203	1313	2677	3240	3560	3672	3666	3654	3671	3609	3546	3450	3308	3123	2896	2621	2434	2174	1940	1683	1432	1204	961	782	627	431
12	3,385	1604	2543	2873	3044	3110	3094	3102	3153	3166	3181	3166	3076	2931	2840	2633	2425	2171	1950	1672	1456	1259	1027	838	723	567
13	3,425	1647	2606	2912	3081	3136	3133	3133	3198	3239	3233	3134	3043	2962	2862	2612	2436	2173	1927	1683	1507	1292	1099	893	741	555
14	4,041	1577	2753	3213	3438	3536	3496	3502	3490	3474	3445	3328	3153	3030	2824	2569	2361	2092	1897	1681	1416	1183	961	790	639	451
15	4,187	1434	2753	3319	3608	3687	3646	3635	3611	3565	3470	3386	3203	3000	2804	2577	2332	2050	1815	1533	1313	1103	901	728	571	406
16	4,230	1587	2691	3316	3593	3693	3668	3641	3592	3567	3477	3334	3197	3015	2823	2588	2422	2188	1939	1655	1442	1224	984	829	669	476
17	3,845	1403	2676	3196	3444	3530	3517	3496	3490	3476	3422	3321	3151	3016	2794	2573	2376	2095	1870	1628	1398	1176	992	813	632	491
18	3,791	1346	2393	2795	2964	3070	3082	3075	3080	3104	3105	3043	2929	2754	2624	2452	2253	2026	1816	1582	1368	1174	973	843	699	533
19	3,060	1360	2266	2632	2805	2853	2837	2862	2894	2927	2897	2852	2749	2647	2534	2392	2195	2012	1834	1608	1414	1212	1032	895	732	573
20	2,929	1328	2206	2551	2730	2768	2774	2796	2835	2877	2864	2818	2713	2629	2481	2347	2199	1999	1824	1683	1489	1276	1087	924	754	602
21	2,405	1329	1937	2177	2298	2339	2334	2375	2399	2468	2480	2493	2464	2391	2292	2202	2012	1854	1722	1537	1393	1181	998	849	707	551
22	1,702	1136	1518	1644	1725	1754	1757	1774	1838	1912	1959	1963	1972	1961	1936	1843	1787	1621	1453	1322	1167	1035	890	771	668	539
23	1,042	786	961	1036	1080	1103	1102	1135	1169	1230	1299	1336	1348	1337	1333	1300	1259	1185	1090	1003	927	806	693	615	544	446

(라) [01월 7일 ~ 13일] 수집데이터 분석

○ 현장전경

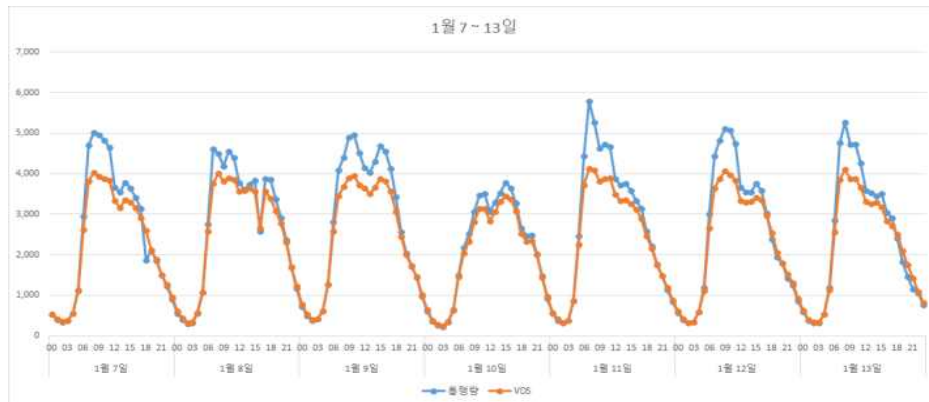


○ 보완내역

- 시스템 파라미터 차로폭 수정
- VDS 개수 영역 재조정

○ 분석결과(1월 7일 샘플)

날짜	시간	통행량	Smart-VDS
1월 7일	00	526	540
	01	409	420
	02	338	354
	03	383	388
	04	562	563
	05	1,126	1,123
	06	2,954	2,626
	07	4,700	3,818
	08	5,016	4,034
	09	4,966	3,936
	10	4,818	3,871
	11	4,655	3,836
	12	3,669	3,346
	13	3,559	3,162
	14	3,772	3,347
	15	3,647	3,297
	16	3,419	3,163
	17	3,137	2,914
	18	1,864	2,609
	19	2,100	2,113
	20	1,884	1,853
	21	1,510	1,493
	22	1,238	1,263
	23	905	958



(마) 데이터 분석을 위한 시뮬레이션 모드 기능 추가

- 시뮬레이션 모드는 기존의 프로그램에서 setting.xml에서 Simulation_Mode 파라미터를 True로 설정하고 프로그램을 기동시 동작하며, 프로그램과 동시에 파일열기 대화상자를 통하여 데이터로 사용될 Log파일을 설정해주면, 해당 파일을 이용하여 시뮬레이션을 실시합니다. Setting.xml의 simulation_delay를 조절하여 시뮬레이션 속도를 조절할 수 있으며, simulation_TrackingEnable 파라미터를 True로 설정시 VDS프로그램의 트래킹 알고리즘을 사용한 데이터를 결과를 데이터로 저장하고, False로 설정시 트래킹 알고리즘을 적용하지 않은 기본 데이터에 대한 X-Y 좌표계 변환만 시행
- 데이터가 되는 log의 파일 명에서 트래킹 알고리즘 사용 여부에 따라서 _Tracking 또는 AllTarget이 접미사로 붙으며, _숫자로 하여 시행횟수에 따라서 파일명이 구분되게 하였습니다

니다. 반복 시행 시에도 결과 파일은 모두 다른 파일명으로 저장

○ log 파일 명이 2016-02-19_15min.log일 경우 다음과 같은 파일이 같은 폴더에 생성됨

- 2016-02-19_15min_AllTarget_0.csv, 2016-02-19_15min_Tracking_0.csv

○ 결과 파일은 아래의 그림과 같이 시뮬레이션에 사용된 Setting.xml상의 레이더 설정과 DB의 차로 영역 설정 데이터를 상단에 표기하고 그 아래에 시뮬레이션 결과를 보여줌

○ Setting.xml

- RadarPosX : 레이더 설치 위치 X

- RadarPosY : 레이더 설치 위치 Y

- RadarAngle : 레이더 설치 각도

○ DB의 tb_region_Info 테이블 내용

- Lane : 차로

- X1, X2 : 차량의 진행방향의 영역 좌표

- Y1, Y2 : 차로 구분을 위한 영역 좌표

RadarPosX	RadarPosY	RadarAngle						
0	0	0						
lane	X1	X2	Y1	Y2				
1	20	30	12	50				
2	20	30	7.5	12				
3	20	30	3.8	7.5				
4	20	30	-50	3.8				
5	50	150	12	50				
6	50	150	7.5	12				
7	50	150	3.8	7.5				
8	50	150	-50	3.8				
time	lane	ID	X	Y	SpeedX	SpeedY	Size	
00:30.0	0	4	48.96	6.272	70.56	-8.64E-15	4.4	
00:30.0	0	54	50.816	2.368	82.8	-1.01E-14	4.4	
00:30.0	0	63	82.624	5.952	71.28	-8.73E-15	4.4	
00:30.0	0	61	89.856	2.368	83.88	-1.03E-14	4.4	

[그림 47] 설정 및 DB 테이블

○ 시뮬레이션 결과 데이터

- Time : 시:분:초

- Lane : Track 알고리즘을 사용시에만 표시 차로 표시

- ID : Object Id

- X, Y : X-Y 좌표계 환산 좌표

- SpeedX, SpeedY : 환산 속도

- Size : 크기



(바) 기준장비를 이용한 테스트

○ 현장전경



○ 분석방법

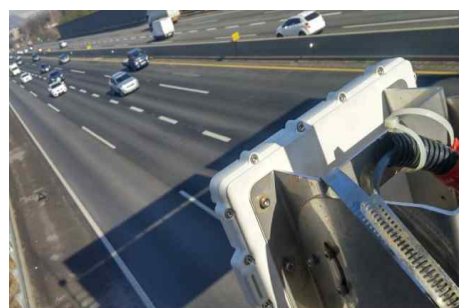
- 차량검지기 기준장비와 Smart-VDS 데이터 비교

○ 분석결과

- 교통량: 83%
- 속도 : 92%

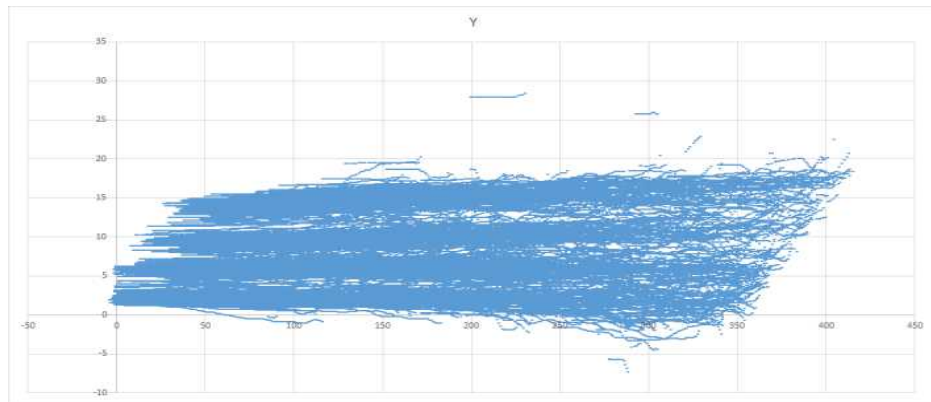
(사) [02월 19일] 수집데이터 분석

○ 현장전경



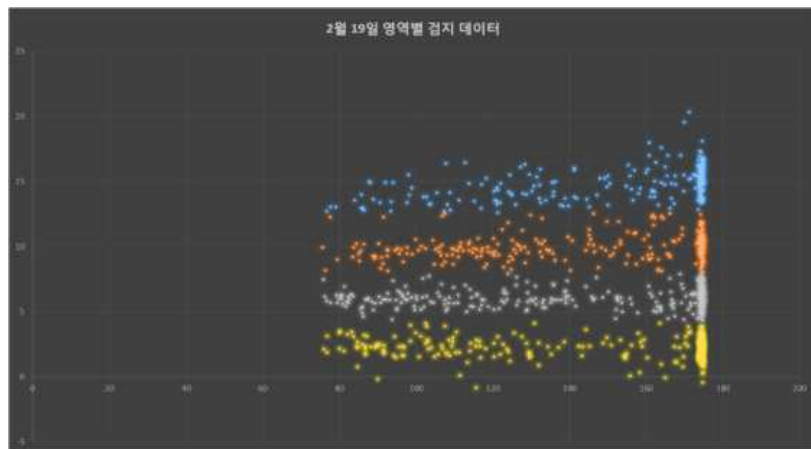
○ 보완내역

- 레이더 설치 각도 문제로 인한 설치 각도 변경 및 시스템 튜닝 진행



- 레이더 빔(Beam) 방향을 설치 정면(4차로 외곽 차선)으로 재조정
- 레이더 F/W 파라미터 재설정
- 검지구간 재설정
- 1~4차로 좌표 수정

○ 분석결과(10:00:30 ~ 10:15:00(14분30초)동안 계수 데이터 획득)



(아) [02월 23일] 수집데이터 분석

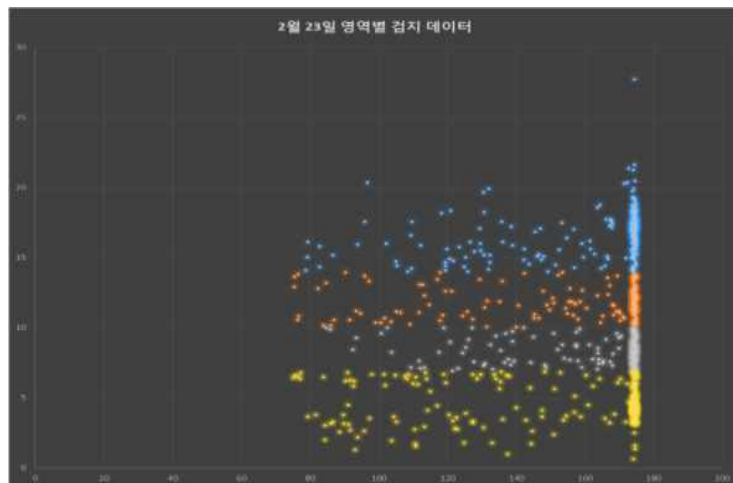
○ 현장전경:



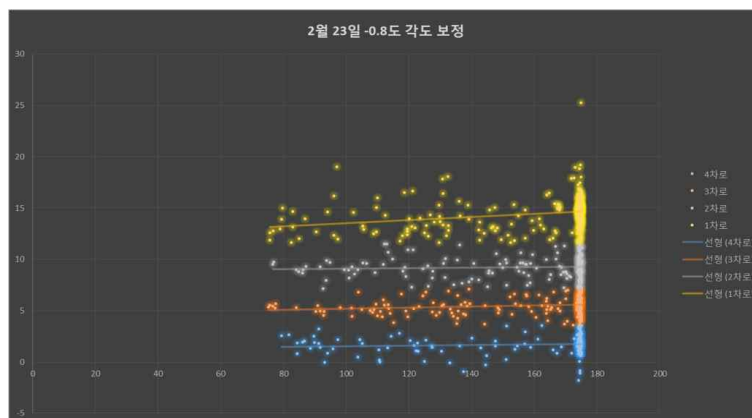
○ 보완내역

- 레이더 설치 방향을 1차로 방향으로 재조정
- 레이더 설치 방향 변경에 따른 레이더 F/W 파라미터 및 차로폭 설정

○ 분석결과(16:18:40 ~ 17:32:15(32분 15초)동안 계수 데이터 획득)



○ 데이터 추가 보정 후 결과



○ 통계치를 기준으로 차로 분류 좌표를 재산정

(자) [02월 24일] 수집데이터 분석

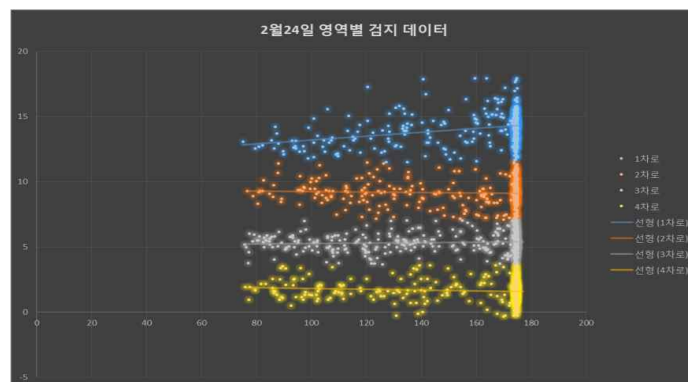
○ 현장전경:



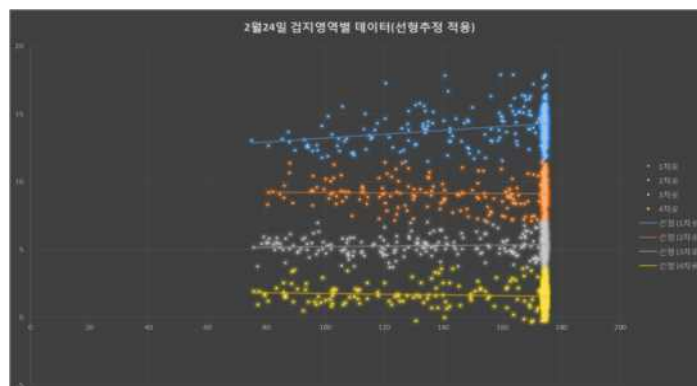
○ 보완내역:

- 레이더 F/W 파라메터 설정 변경 (각도 설정 변경)
- 차선 설정 수정 변경
- 기본 Offset -6 제거 및 23일 분석 데이터 적용

○ 분석결과(15:10:16 ~ 15:36:52(26분36초)동안 계수 데이터 획득)



- 개별 차량 이동을 선형으로 추정하여 같은 차량이 두번 검지되는 현상을 필터링 알고리즘 적용



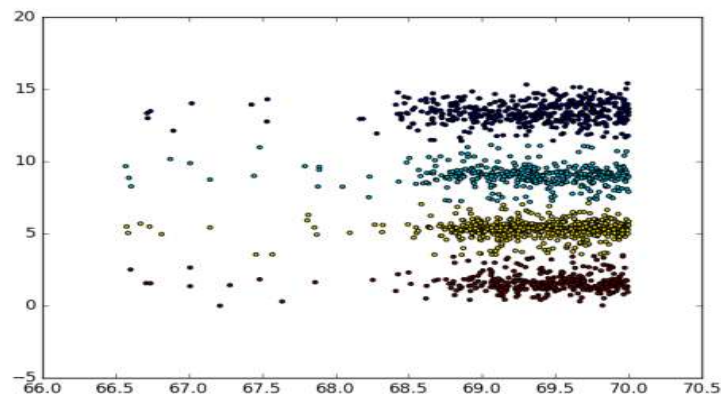
- 1차로 밖, 4차로 밖의 노이즈로 의심되는 데이터를 제거를 위해 2Sigma 적용

(차) [03월 20일] 수집데이터분석

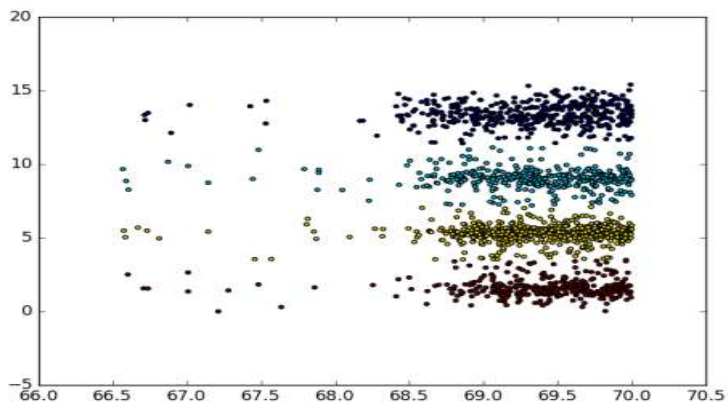
○ 보완내역

- KALMAN 필터 적용
- 전체 통행 차량의 좌표를 데이터로 하여 K-MEAN 알고리즘을 이용하여 4개의 군집 데이터로 분리하여 차로를 구분하는 데이터로 활용

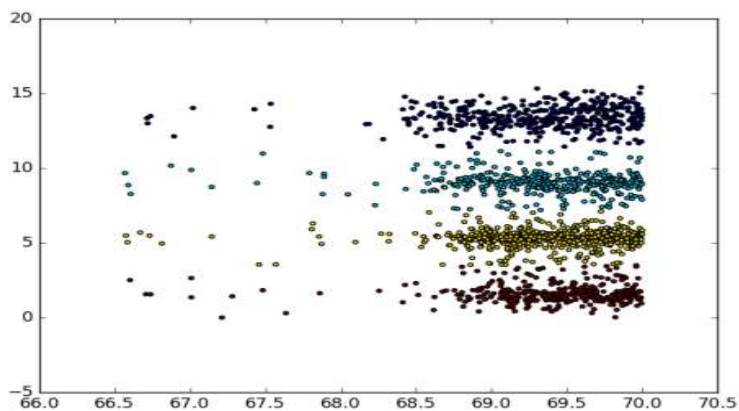
○ 분석결과



○ [동서울 2월 24일 데이터] 앞서 시행한 데이터 분류에서 상하단의 값을 적용한 데이터



○ [동서울 2월 24일 데이터] 상하단의 임계치 변경



(카) [03월 21일] 수집데이터 분석

○ 현장전경

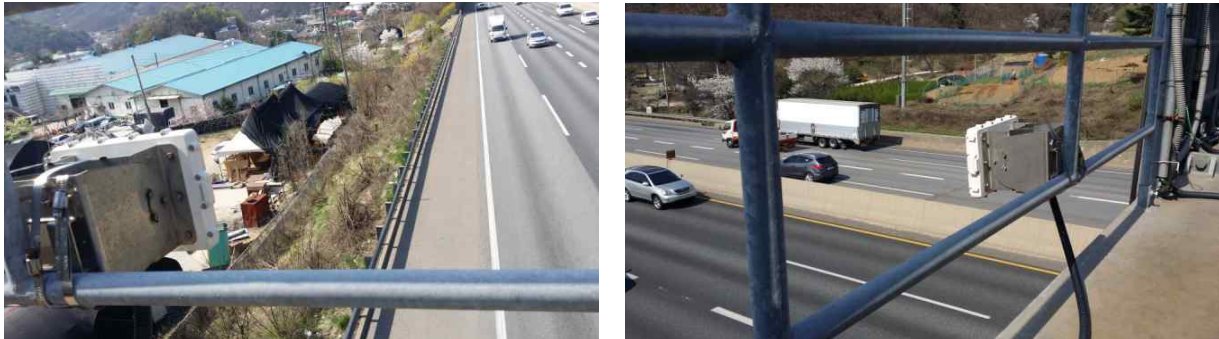


○ 보완내역

- KALMAN 필터 적용
- K-MEAN에 의해 분류된 차로 값 적용

(타) [04월 11일] 수집데이터 분석

○ 현장전경



○ 보완내역

- 레이더 설치 내림각 변경

○ 분석방법

- 녹화영상과 레이더 검지 데이터 비교 분석

○ 분석결과(16:48:31 ~ 17:24:28(35분57초)동안 계수 데이터 획득)

구분	전체검지수	과검지	미검지	정상검지	검지율
10분	250 건	10 건	2 건	238 건	95.2 %
20분	252 건	7 건	6 건	239 건	94.84 %
30분	252 건	13 건	4 건	235 건	93.25 %
35분	146 건	4 건	1 건	141 건	96.57 %
합계	900 건	34 건	13 건	853 건	94.78 %

(파) [04월 18일] 수집데이터 분석

○ 현장전경



○ 분석방법

- 녹화영상과 레이더 검지 데이터 비교 분석

○ 분석결과(15:18:36 ~ 15:39:59(21분23초)동안 계수 데이터 획득)

구분	전체검지수	과검지	미검지	정상검지	검지율
5분	139 건	2 건	1 건	136 건	97.84 %
10분	144 건	2 건	4 건	138 건	95.83 %
15분	164 건	3 건	2 건	159 건	96.95 %
20분	155 건	2 건	1 건	152 건	98.06 %
합계	602 건	9 건	8 건	585 건	97.18 %

나. ITS 성능평가

○ 구현내용

- 성능평가 평가대상 장비 프로토콜 구현
- 검지영역 차이에 따른 시간동기화 기능 구현

○ 현장전경



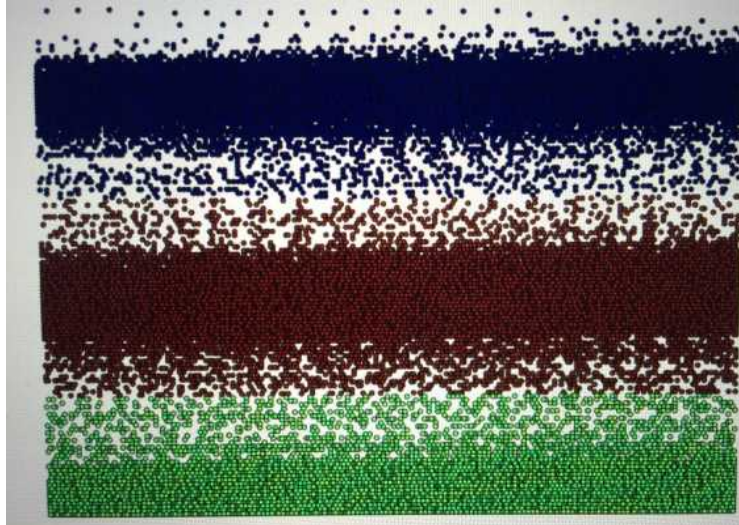
○ 분석방법

- 기준장비 데이터와 Smart-VDS 레이더 검지 데이터 비교·분석
- 각 시간별 5~10분 데이터를 비교 매칭

○ 사전시험 분석결과

구 분	테스트시각	전체검지수	과검지	미검지	정상검지	검지율
하행	05:00	39 건	1 건	0 건	38 건	97.44 %
	06:00	148 건	4 건	3 건	141 건	95.27 %
	07:00	234 건	2 건	9 건	223 건	95.30 %
	08:00	358 건	8 건	17 건	333 건	93.02 %
	합계	779 건	15 건	29 건	734 건	94.35 %
상행	13:00	112 건	2 건	5 건	105 건	93.75 %
	14:00	129 건	2 건	4 건	123 건	95.35 %
	15:00	127 건	5 건	5 건	117 건	92.13 %
	16:00	161 건	9 건	1 건	151 건	93.79 %
	합계	529 건	18 건	15 건	496 건	93.76 %
총합		1308 건	33 건	44 건	1231 건	94.11 %

○ K-MEAM 알고리즘 적용 후 차선 분류 결과



○ 하행 5시 기준장비 및 레이더 센서 로그 비교(샘플)

기준 장비 데이터					레이더 센서 데이터						오검지
수집시각	방향	차선	속도(km/h)		검지시간	방향	차로	속도	X좌표	Y좌표	
5:00:01	하행	2	85.30	<-기준				85.30			1
5:00:05	하행	2	87.90	레이더>	5:00:05	하행	2	87.12	39.42	-4.42	0
5:01:09	하행	2	78.26		5:01:09	하행	2	79.92	39.36	-5.25	0
5:01:36	하행	2	76.50	과검	5:01:36	하행	2	75.96	39.55	-5.25	0
5:01:59	하행	2	77.14	미검	5:01:59	하행	2	78.12	39.81	-5.44	0
5:02:04	하행	1	92.30		5:02:03	하행	1	101.88	38.98	-1.66	0
5:02:04	하행	2	79.41		5:02:04	하행	2	81.72	39.81	-4.35	0
5:03:04	하행	2	90.00		5:03:04	하행	2	89.64	40	-5.12	0
5:03:42	하행	2	87.90		5:03:42	하행	2	88.2	39.62	-4.86	0
5:03:51	하행	2	88.52		5:03:51	하행	2	93.24	39.68	-5.5	0
5:03:56	하행	2	80.59		5:03:56	하행	2	81.72	39.1	-6.21	0
5:04:04	하행	2	72.00		5:04:05	하행	2	71.64	39.87	-5.12	0
5:04:34	하행	2	78.26		5:04:34	하행	2	77.76	39.87	-5.12	0
			66.24		5:04:55		1	66.24	39.94	0.7	0
5:04:56	하행	2	71.52		5:04:57	하행	2	70.92	40	-5.31	0
5:05:15	하행	2	75.52		5:05:15	하행	2	74.88	39.23	-5.44	0
5:06:18	하행	2	84.37		5:06:18	하행	2	84.24	39.62	-4.74	0
5:06:26	하행	1	65.45		5:06:26	하행	1	66.96	39.36	-2.18	0

5:06:28	하행	2	79.41		5:06:28	하행	2	80.64	38.98	-5.06	0
5:06:42	하행	2	86.40		5:06:42	하행	2	86.4	39.55	-4.8	0
5:06:49	하행	2	63.90		5:06:49	하행	2	65.52	39.55	-4.93	0
5:07:01	하행	2	87.90		5:07:01	하행	2	86.76	39.17	-4.61	0
5:07:04	하행	2	82.44		5:07:04	하행	2	84.24	39.42	-5.38	0
5:07:08	하행	2	79.41		5:07:09	하행	2	78.12	39.87	-5.06	0
5:07:09	하행	1	77.69		5:07:09	하행	1	78.48	39.1	-1.47	0
5:07:10	하행	2	75.52		5:07:10	하행	2	74.52	39.55	-4.67	0
5:07:13	하행	2	76.50		5:07:13	하행	2	75.96	39.74	-5.12	0
5:08:40	하행	2	74.48		5:08:39	하행	2	74.88	40	-4.99	0
5:08:41	하행	2	80.59		5:08:41	하행	2	74.88	39.23	-4.8	0
5:08:42	하행	1	77.14		5:08:42	하행	1	79.92	39.87	-1.47	0
5:08:54	하행	2	84.37		5:08:54	하행	2	81.72	40	-4.86	0
5:08:54	하행	1	68.78		5:08:54	하행	1	69.84	39.1	-1.86	0
5:08:57	하행	2	81.81		5:08:57	하행	2	82.08	39.62	-5.7	0
5:09:07	하행	1	64.28		5:09:06	하행	1	60.12	39.94	-1.41	0
5:09:09	하행	2	66.66		5:09:09	하행	2	70.56	39.36	-5.25	0
5:09:15	하행	2	75.52		5:09:14	하행	2	74.52	39.1	-5.25	0
5:09:24	하행	2	111.34		5:09:23	하행	2	110.16	38.66	-4.86	0
5:09:28	하행	2	70.58		5:09:28	하행	2	74.88	39.36	-5.12	0
5:09:31	하행	2	85.30		5:09:31	하행	2	84.96	39.81	-5.38	0
5:09:44	하행	2	76.50		5:09:44	하행	2	74.88	39.1	-4.93	0
			3012.16					3027.96			1
정검	과검지	미검지	정상검지				기준평속	측정평속			
39	1	0	38				77.23	77.64			

○ 시험결과

VDS 기본성능분석 검토서

페이지 (1) / (총 2) 페이지

① 분석대상기관

- 기관명 : 메타빌드(주)
- 주 소 : 서울특별시 서초구 효령로 208 메타빌드 빌딩 (우 : 06708)

② 분석대상내용

- 품명 : 차량감지장치 (레이더식)
- 제작회사 및 형식 : 메타빌드(주) & Senact-VDS
- 검지 차로수 : 4차로 (양방향 2차로)
- 검지 일자 : 2016년 6월 7일 ~ 2016년 6월 15일 (정일 72시간)
- 분석대상장비 사진 및 사양 : 별첨

③ 분석결과 및 환경

구분		일출/오전	정오/오후	일몰/야간	평균
분석결과	교통량(%)	93.2	92.1	90.5	91.9
	속도(%)	97.3	97.8	97.7	97.6
	질유율(%)	80.8	80.7	76.7	79.4
분석환경	온도(℃)	20~30	27~32	21~26	-
	풍속(m/s)	0~4	0~6	0~3	-
	강수(mm)	0~16	0	0	-
	상대습도(% R.H.)	37~60	32~45	41~56	-
	차량속도(km/h)	49~169	39~154	36~161	-

별첨 "세부분석결과" 참조

④ 기본성능분석 검토자 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 안성재 연구원

분 석 책 임 자 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 백남철 연구위원 백남철

2016년 6월 27일

(주) 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(온도, 습도, 강우량, 풍속 등)의 급격한 변화가 발생할 경우에는 본 검토서와 다른 분석결과가 나올 수 있습니다.

세부분석결과

페이지 (2) / (총 2) 페이지

분석일시	분석방향	분석결과			분석환경				
		교동량(%)	속도(%)	점유율(%)	온도(℃)	풍속(%)	강수(mm)	상대습도(%) R.H.	차량속도(km/h)
2016.06.14 04:56~05:26 (일출/오전1)	상행	94.2	97.6	70.4	20	0~1	0	57~60	64~148
	하행	97.1	97.7	87.3					60~132
2016.06.13 09:00~09:30 (일출/오전2)	상행	91.5	98.1	74.2	21~22	0~2	0	55~59	58~167
	하행	90.3	94.3	82.0					59~130
2016.06.14 11:00~11:30 (일출/오전3)	상행	91.0	97.6	75.5	28~30	1~3	0	37~43	49~126
	하행	93.4	97.7	90.1					56~120
2016.06.15 10:00~10:30 (일출/오전4)	상행	94.1	97.9	77.1	22~25	1~4	0~16	47~56	56~169
	하행	93.7	97.8	90.0					53~126
2016.06.07 13:30~14:00 (정오/오후1)	상행	92.9	97.6	70.3	28~29	0~4	0	34~39	39~133
	하행	92.3	97.8	89.6					58~111
2016.06.07 16:00~16:30 (정오/오후2)	상행	91.1	97.8	73.0	28~30	0~4	0	32~37	56~154
	하행	93.8	98.0	90.6					62~113
2016.06.13 12:00~12:30 (정오/오후3)	상행	92.7	97.6	70.8	27~29	0~4	0	39~45	59~152
	하행	90.3	97.0	88.3					50~105
2016.06.14 15:00~15:30 (정오/오후4)	상행	90.6	97.9	74.8	30~32	1~6	0	34~39	61~137
	하행	93.1	98.2	88.0					55~113
2016.06.07 22:00~22:30 (일몰/야간1)	상행	89.9	97.6	68.3	21~23	0~3	0	49~56	54~161
	하행	83.7	95.9	81.1					52~119
2016.06.13 19:38~20:08 (일몰/야간2)	상행	94.4	98.3	73.9	24~25	0~3	0	44~49	59~137
	하행	92.0	97.6	87.3					57~135
2016.06.14 20:20~20:50 (일몰/야간3)	상행	93.6	98.4	72.0	24~26	0~2	0	41~46	58~157
	하행	90.0	98.0	81.2					52~103
2016.06.14 21:00~21:30 (일몰/야간4)	상행	93.3	98.2	73.5	24~25	0~2	0	42~47	61~133
	하행	87.0	97.9	76.2					36~110

5. 전시 및 홍보

가. 전시 및 홍보

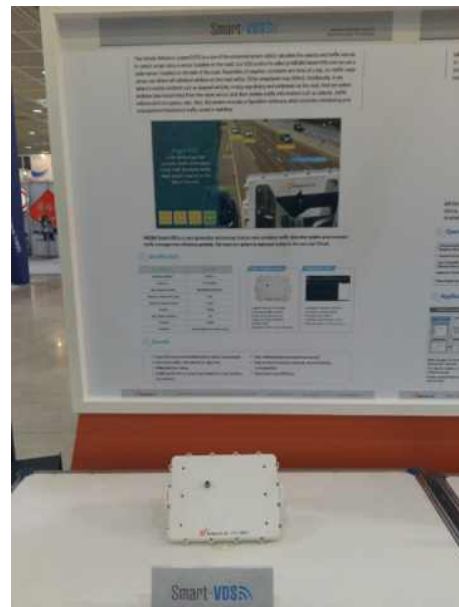
(1) ITS세계대회 전시 참가

- 기간: 2015년 10월 5일 ~ 9일
- 장소: 프랑스 보르도
- 전시:



(2) 세계도로대회 ITS홍보관 전시 참가

- 기간: 2015년 11월 2일 ~ 6일
- 장소: 서울 코엑스
- 전시:



나. 브로셔 제작

○ 국내 홍보를 위한 국문 Smart-VDS 브로셔 제작



○ 영문 브로셔 제작



제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		질적 성과목표			양적 성과목표		
					성과지표	목표치	달성율(%)	목표치	달성율(%)	
총괄	A	레이더 기반 스마트 차량검지 시스템 개발	A-1	차량 검지용 레이더 센서 제작	①	검지거리 (돌발기준)	500m (양방향 설치시)	100%	시제품HW : 1건	100%
					②	검지차로	4차선	100%		
					③	검지속도	최대 200km/h	100%		
			A-2	교통정보 추출 및 돌발상황 검지 SW 개발	①	속도 검지 정확도	95%	100%	시제품SW : 1 건 특허: 출원 2건 시험성적서: 1건	100%
					②	통행량 검지 정확도	95%	96.7%		
					③	정지 차량 검지 정확도	95%	100%		
					④	역주행 검지 정확도	95%	100%		
			A-3	도로관리자용 운영 SW 개발	①	최대동시 접속대수	3대	100%	시제품SW : 1 건 특허: 출원 1 건 SW: 등록 1 건	100%
			A-4	공간점유율기반 교통정보 추출 알고리즘 개발	①	생성시간	1분	100%	논문: 2건	100%
			A-5	시스템 구축 및 시범운영 검증	①	설치사이트 구축	2	100%	시험결과서: 1건 신기술인증서: 1건	50%
			계					99.7%	특허: 출원 3 건 시제품: 3 건 논문: 2건 SW: 등록 1 건 시험결과서: 1건 신기술인증서: 1건 시험성적서: 1건	97.5%

2. 관련 분야 기여도

가. 기술적 측면

○ 레이더 기반 차세대 차량검지 기술의 확보

- 국내 최초로 레이더 기반 차세대 차량검지 시스템 개발
- 국내시장 선점 및 차량검지 기술의 첨단화, 선진화 기대
- 국내·외 관련 특허권 확보
- 국가 ITS 경쟁력 향상

○ 도로교통분야 교통정보 품질 향상 및 차세대 ITS 활성화에 기여

- 루프 기술을 활용한 차량검지시스템은 도로훼손, 차로통제 등으로 인하여 교통흐름 방해 및 유지관리에 불편을 초래하고 있으므로, 차세대 교통검지체계인 레이더 기반 스마트 차량검지 기술의 사업화로 현재의 교통관리시스템 효율화 기대
- 레이더 기반 스마트 차량검지시스템이 개발되면 통합 다기능(교통정보 수집, 돌발상황 검지 등) 복합 서비스로 교통관리자의 교통정보 품질 향상과 이용자의 편의 및 안전성 향상
- 정확한 교통정보와 상시 돌발정보를 실시간 무선통신(WAVE 등)으로 이용자들에게 제공하게 되면 2014년부터 추진되고 있는 국토교통부의 차세대 ITS(C-ITS) 사업 활성화에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대함

○ 선진국 레이더 제품들 대비 경쟁력 향상 효과

- 해외 레이더 제품들은 루프센서를 대체하기 위하여 개발되어, 검지영역이 좁고, 버스나 트럭에 의한 인접차량 오인식 등으로 우리나라 성능기준에 부합되지 못하나, 레이더 기반 Smart-VDS는 넓은 검지영역 내의 차량검지 최상급 성능과 교통정보 품질 향상, 돌발상황 검지 등 외산 제품 대비 경쟁력을 확보하여 우리나라 ITS 기술 경쟁력 향상이 기대됨

나. 사회·경제적 측면

○ 침체된 ITS 시장의 변화 및 활성화에 기여

- 기존 루프식, 영상식 위주의 차량검지시스템 시장에서 새로운 Smart-VDS의 출시로 인하여 국내 ITS 시장 변화와 활성화 효과 예상

○ 도로운영자(도로공사, 민자고속도로, 지자체 등) ITS 구축비용 절감

- 기존 루프식, 영상식 차량검지기 대비 제품 가격 경제성 확보는 물론 해외 제품 대비 경제성을 확보하여 수요처의 ITS 시스템 구축비용 절감

○ ITS 시설의 설치 및 유지보수 비용 절감

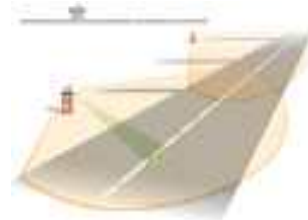
- Smart-VDS는 설치 및 유지관리가 용이하고, 루프식 기술에 비해 유지보수 비용을 절감할 수 있어서 Smart-VDS 도입으로 인한 설치공사비, 유지보수비 등의 비용과 손실을 줄일 수 있을 것으로 기대

○ 해외 수출로 인한 창조경제 활성화 기여

- Smart-VDS는 국내 뿐만 아니라 중국, 동남아시아, 미주, 유럽 등의 해외 국가에 수출이 가능한 품목으로 우리나라 ITS 기술의 해외수출로 인한 창조경제 활성화에 기여

○ 철도, 공항, 이동통신 등 타 산업으로의 확산 효과

- 최근 들어 ICT 융합을 국가 주도적으로 추진하고 있는 다양한 산업분야에서 레이더 기술에 대한 연구와 투자가 진행되고 있으며, 특히 도로뿐만 아니라 댐, 보안, 공항 등 정확성이 요구되는 여러 분야에서 활용이 가능함



[그림 48] 레이더 기술 응용 분야

- Smart-VDS 기술은 도로교통 뿐만 아니라 철도, 공항, 국방 등에도 적용이 가능하여 향후 다양한 사업화가 이뤄질 수 있을 것으로 예상됨
- 특히, 레이더를 통해 수집된 정보를 가공처리 하여 개인의 스마트기기들에게 정보를 제공하는 형태의 서비스가 다수 출현할 수 있을 것으로 예측되고, 이는 IT, 이동통신 등의 분야에도 새로운 활력소가 될 것으로 예상할 수 있음



[그림 49] Smart-VDS를 이용한 실시간 정보제공 방법

- 교통사고로 인한 인명피해, 경제적 손실 감소 등 교통안전 개선
 - 안전운전을 지원하는 지능형 차량·도로의 도입, 교통안전 정보제공, 교통사고 예방체계 구축으로 교통사고 사망자수 감소
 - 도로교통 사망자수 : '10년 5,838명 → '20년 4,670명(20% 감소)
- 교통운영 및 관리 능력 개선으로 이동성 및 효율성 제고
 - 교통상황에 대한 실시간 대응력 향상으로 교통혼잡 감소 예상
 - 돌발상황 예방·관리, 교통정보제공으로 통행속도 15% 향상 예상

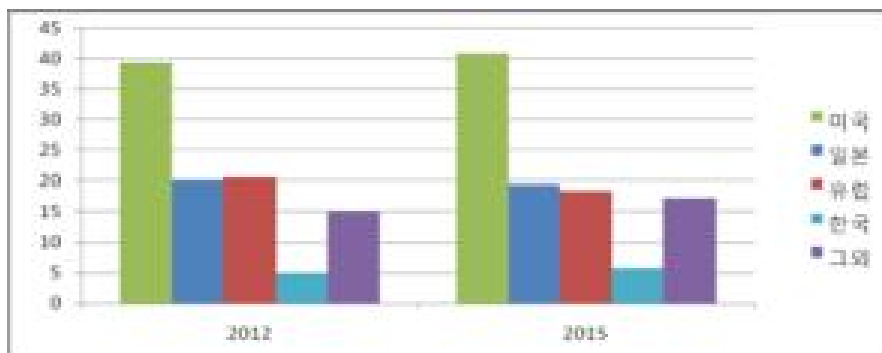
제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 국내·외 시장분석 및 사업화 전망

가. 국내외 관련 시장현황

- 차량검지시스템은 전체 지능형교통체계(ITS)시장에서 첨단교통관리시스템(ATMS)분야의 핵심기술
- 첨단교통관리시스템(ATMS) 세계시장 : 55억\$ (2012년), 68억\$ (2015년)
- 첨단교통관리시스템(ATMS) 국내시장 : 3,291억원 (2012년), 4,650억원 (2015년)
- 차량검지시스템 국내시장 예측
 - 2015년 : 1,860억원(국내 ATMS 시장의 40% 가정, 4,650억원 * 0.4 = 1,860억원)
 - 2020년 : 3,581억원(국내 ATMS 시장 연평균 성장률 14% 가정)

차량검지시스템 시장규모



<국가별 시장 규모>

구 분		2010	2011	2012	2013	2014	2015
세계시장 (억불)	ITS	125	139	154	169	184	197
	ATMS	46	51	55	59	64	68
국내시장 (억원)	ITS	5,202	6,351	7,599	8,856	10,000	16,977
	ATMS	2,376	2,808	3,291	3,789	4,248	4,650

<국내외 시장 규모>

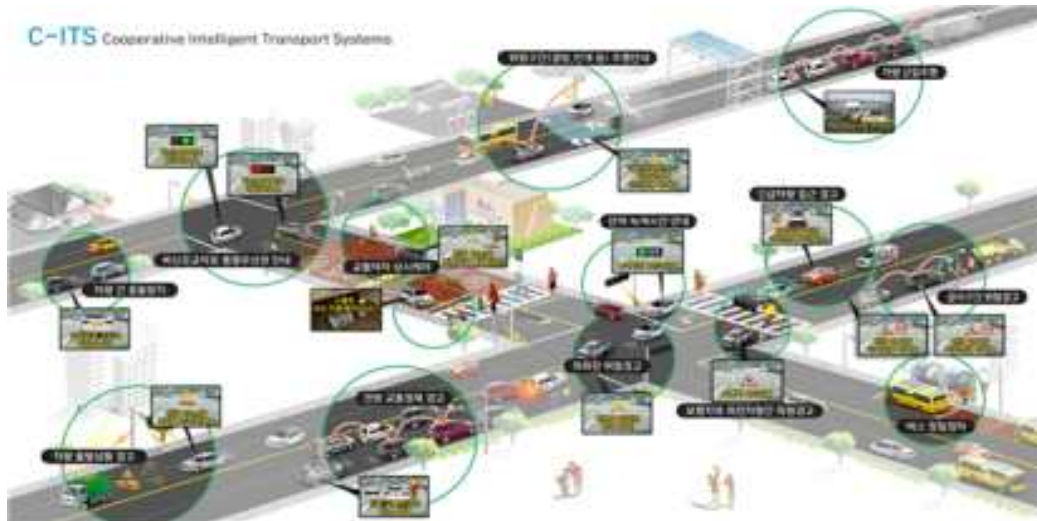
❖ 출처 : Global Industry Analysts, 2008.5

❖ ATMS(Advanced Traffic Management System) : 실시간 교통검지, 돌발상황관리, 자동 교통단속 등

- 또한, 국토교통부는 차량검지시스템의 잠재적 국내 시장규모를 약 6,500억원으로 예측
 - 국토교통부는 2020년까지 일반국도 10%→46%, 특별광역시도 2%→20%, 시도 2%→25%, 지방도 1%→7% 수준으로 ITS를 확대구축할 계획으로 약 6,500억원 규모 산정

나. 사업화전망

- 국내 차세대 ITS 사업에 따른 차세대 검지체계 요구가 증가하고 있어 새로운 검지기 시장 확대 예상



[그림 50] 차세대 ITS 개념도

- 국토교통부에서 2015년부터 추진한 차세대 ITS 시범 사업이 성공할 경우 향후 약 3조 이상의 C-ITS 사업이 추진될 것으로 기대
 - 차세대 ITS는 차량과 차량, 차량과 인프라가 실시간으로 통신할 수 있는 무선통신 기술인 WAVE 기술을 근간으로 하고 있고, 도로 인프라에서 차량들에게 다양한 서비스를 제공하고 있음
 - 특히, 실시간으로 소통정보, 지정체 및 돌발상황 정보 등의 교통정보를 실시간으로 차량단말기에 제공함으로써 사고를 예방하고, 지정체를 감소시키는 것을 목적으로 하고 있어 새로운 검지체계의 필요성이 증가 하고 있음
 - 따라서, 차세대ITS에서는 Smart-VDS와 같은 차세대 검지체계의 필요성이 증가하고, 매우 유용하게 활용될 것으로 예측됨
- 자율주행 차량이 급격히 발전하고 있으나 자체 센서의 한계가 있어 도로 인프라에 정보 요구 증가



[그림 51] 스마트 자율협력주행 도로시스템 개념도

- 최근 전세계 자동차 제조사들에게 가장 중요한 미션은 자율주행 분야에서 핵심기술을 확보하여 상용화하는 것이라고 할 수 있음
- 자율주행은 자동차 제조사는 물론 대형 부품벤더, 세계 최고의 인터넷 기업인 구글까지도 경쟁하고 있는 가장 뜨겁게 떠오르고 있는 분야중 하나이지만, 자동차 내에 탑재된 환경센서(레이더, 라이다, 영상비전 등)만으로 완벽한 자율주행을 구현하기에는 한계가 분명 존재하고 있음
- 특히, 자동차의 센서는 감지 거리가 짧고 악천후시 성능 저하 문제가 있어 도로 인프라에 거시적인 교통정보, 돌발정보, 현재 위치에서의 기상정보 등을 요구하고 있음
- 따라서, 본 기술이 상용화 될 경우 도로 상의 교통정보 및 돌발정보 등을 실시간으로 차량에 전파하여 자율주행의 안전성, 효율성을 높이는데 활용될 수 있으며, 기존의 교통 검지체계보다 더 신속하고 정확하게 정보를 수집 및 제공할 수 있는 장점이 있음

○ ‘국가 ITS 기본계획 2020’에 따른 적용기회 확대

- 국토교통부는 2010년 ‘국가 지능형교통체계 기본계획 2020’을 발표하였으며, 향후 2020년 까지 자동차-도로 분야에 대한 투자를 약 2조 8천억원(전체 투자대비 66%) 수준으로 계획 수립
- 이중 차량검지시스템이 적용되는 교통류 제어, 돌발상황 관리, 교통정보 제공, 주의운전 간 관리 등 교통관리 분야에 가장 많은 예산인 2.4조원 이상이 투입되는 것으로 계획함

[표 23] ITS 서비스별 예산 현황

구분		'11 ~ '15	'16 ~ '20	계(억원)
교통관리	교통류제어 돌발상황관리 기본교통정보제공 주의운전구간관리	11,650	12,291	24,441
대중교통	대중교통정보제공 대중교통운행관리	1,859	952	2,811
전자지불	통행료전자지불 대중교통요금전자지불	290	399	689
화물운송	위험물질운송안전관리	400	-	400
합 계		14,199	13,642	28,341

출처 : 국토교통부 ITS 기본계획 2020, 도로-자동차 분야

- 국토교통부는 “안전한 교통체계 구축”을 위해 돌발상황에 신속하게 대응하는 교통관리체계 확대와 도로위험요소를 관리하는 교통사고 예방체계 도입 등을 중점 추진할 예정이므로, 차량검지시스템 시장이 크게 확대될 것으로 예상됨

서비스	개념도	서비스	개념도
교통류 제어서비스	 - 도로소통, 안전 등 정보수집 - 교통흐름 유도·제어	교통정보 제공서비스	 - 실시간 교통소통 상황 - 소요시간, 돌발, 주차 정보제공
돌발상황 관리서비스	 - 교통사고, 차량고장 정보수집 - 실시간 파악·대응	교통 자동단속 서비스	 - 교통법규 위반행위 자동단속 - 운전자 준법운전 유도

출처 : 국토교통부 ITS 기본계획 2020, 도로-자동차 분야

- ‘2차 도로정비기본계획(2011~2020)’ 및 ITS 기본계획 2020에 따르면 현재 국내 도로의 ITS 구축 연장은 약 12,000km로 추산되고, 신규로 약 9000km 가량 증가하여 향후 2020년에는 총 약 21,000km까지 확대될 계획이므로 차량검지시스템의 도입이 지속적으로 늘어날 전망이다

○ 비접촉식 레이더 기반 차량검지시스템의 요구 증가 전망

- 최근 들어 유지관리가 편리한 비접촉식 차량검지시스템에 대한 요구가 늘어나고 있으나, 영상식의 경우 기상환경 및 조도에 민감하여 주로 교통상황 관제용으로 활용이 국한되고 있음
- 또한 비접촉식 차량검지시스템의 요구에 따라 한국도로공사에서 하이패스를 이용한 DSRC 검지기의 구축이 확대되었고, 전국 고속도로 전역에 구축되었으나 DSRC 검지기의 경우 속도 측정에는 활용이 가능하지만, 교통량 측정에는 한계가 있음
- 현재 제2서해안 고속도로, 인천대교, 창원시 등 국내 일부 도로에 외국의 레이더 기반 차량검지시스템 제품이 구축되어 운영중이고, 향후에는 유지관리가 편리한 비접촉식 전천후 주야간 교통정보 수집 성능이 보장되는 레이더 검지기에 대한 수요가 늘어날 것으로 예측되고 있음

○ 레이더 기반 스마트 차량검지시스템의 사업화 전망

- 레이더 기반 스마트 차량검지시스템은 성능적 측면에서 기존 루프센서 수준의 정확도를 제공하면서, 수요가 늘어나면 가격 측면에서도 기존 루프 및 영상식 검지기 보다 경쟁력을 확보할 수 있음
- 또한, 해외 레이더 제품 보다 성능 및 기능, 경제성 측면에서 경쟁력을 확보 한다면 향후 국가 ITS 분야 투자 계획에 따라 형성되는 차량검지시스템 시장에서 사업화 성공 가능성이 충분하며, 해외 수출을 통한 세계시장 진입도 충분히 가능할 것으로 전망함

다. 시장 분석

(1) 차량검지시스템 운영 현황

- 현재 운영중인 차량검지시스템 규모는 한국도로공사 및 ITS 국가교통정보센터 자료를 참고할 때, 고속도로에서는 약 3623대(2012년 기준), 일반국도 및 지자체도로에서 약 6,996대(전체 ITS장비 중 50%로 산정) 정도로 파악되고 있음

[표 24] VDS 구축 현황(2012년)

구분	총연장 (km)	구축연장 (km)	구축비율 (%)	ITS장비 대수	차량검지시스템 대수
고속도로	4,045	4,045	100.0	7,246	3623
일반국도	13,797	2,566	18.6	4,028	2014
지자체도로	69,375	6,105	8.8	9,964	4982
합계	87,217	12,716	14.6	21,238	10,619

- ❖ 출처 : 지능형교통체계 기본계획 2020
- ❖ 출처 : 도로정비기본계획('11 ~ '20)
- ❖ 출처 : 구축 연장 및 구축 장비수는 ITS 국가교통정보센터의 ITS 통계
- ❖ 출처 : 한국도로공사 'ITS 시설 및 투자' 현황

(2) 차량검지시스템 교체 물량

- 현재 운영중인 차량검지시스템의 연도별 교체 물량은 다음과 같음
 - 교체수요 추정을 위한 ITS 장비 내구연한은 연구사례와 실제 지자체 ITS 현장장비불용기간을 고려하여 7년으로 가정
 - 기 구축된 장비 중 2013년부터의 교체수요를 산정하기 위해 기존 2012년 까지 구축된 장비를 단순 평균하여 연 동일한 개수의 장비가 구축된 것으로 가정
 - 고속도로 : 2001년 '교통관리시스템 전국 확대' 시점부터 구축된 것으로 가정
 - ⇒ 3623대 / 12년 = 연 평균 301대 구축
 - 국도 : 2002년 '고속도로 우회도로 ITS' 사업 시점부터 구축된 것으로 가정
 - ⇒ 2014대 / 11년 = 연 평균 183대 구축
 - 도시부도로: '첨단교통모델도시' 사업 시점부터 구축된 것으로 가정
 - ⇒ 4982대 / 11년 = 연 평균 452대 구축
 - 2021년까지 산출된 교체수요는 총 9,972대로 추정 됨
 - 2013년부터 신규 구축된 장비는 2020년부터 교체수요 발생

(단위 : 대)

[표 25] 차량검지시스템 교체 물량 추정

구 분		'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	계
2012 이전 장비	고속도로	301	301	301	301	301	301	301	301	301	2,709
	일반국도	183	183	183	183	183	183	183	183	183	1,647
	도시부도로	452	452	452	452	452	452	452	452	452	4,068
2012 이후 장비	고속도로	0	0	0	0	0	0	0	224	224	448
	일반국도	0	0	0	0	0	0	0	338	338	676
	도시부도로	0	0	0	0	0	0	0	212	212	424
합 계		936	936	936	936	936	936	936	1,710	1,710	9,972

❖ 출처 : 지능형교통체계 기본계획 2020 육해공통합

❖ 출처 : 도로정비기본계획('11~' 20)

❖ 출처 : 구축 연장 및 구축 장비수는 ITS 국가교통연도별 차량검지시스템 정보센터의 ITS 통계

(3) 차량검지시스템 신규 수요 물량

○ 차량검지시스템 신규 수요 물량 추정

- 도로유형별 ITS 구축 연장 추정

- '2차 도로정비기본계획(2011~2020)' 에 따른 도로 유형별 2020년 연장 구축 계획 및 그에 따른 ITS 구축연장 추정

- 고속도로: 27개 사업, 1,633.5km 구간 신설 및 615km 구간 확장

(민자사업 제외, 민자 고속도로 구축 예정: 525.4km)

- 국도: 국도간선기능 확보 및 지역개발을 위한 국도확장(2,488km)사업 및 도시지역 국도 대체우회도로(532km) 신설 추진

- 도시부도로: 광역도로 162km + 대도시권 교통혼잡 사업 114km + 국지도 769km = 1,045km

(단위 : km)

[표 26] '지능형 교통체계 기본계획2020'을 반영한 도로 구축 연장 추정

구분	현 전체 연장	현 ITS 구축연장	2020 신설 계획	2020 총 연장	2020 구축비율	2020 ITS 구축 전체연장	2020 ITS 신규 구축 연장
고속도로	4,045	4,045	2,249	6,294	100	6,294	2,249
일반국도	13,797	2,566	532	14,329	45	6,448	3,882
도시부도로	69,375	6,105	1,045	70,420	12	8,450	2,343
합계	87,217	12,716	3,826	91,043	-	21,192	8,474

(단위 : km)

[표 27] 차량검지시스템 신규 수요 물량 추정

구 분	2012		2020			연평균 신규 수요 물량(대/년)
	ITS 구축 연장	차량검지시스 템(대)	ITS 구축 연장	ITS 신규 구축 연장	신규 수요 물량 (대)	
고속도로	4,045	3623	6,294	2,249	2014	224
일반국도	2,566	2014	6,448	3,882	3046	338
도시부도로	6,105	4982	8,450	2,343	1912	212
합계	12,716	10,619	21,192	8,474	6,972	774

❖ 출처 : 지능형교통체계 기본계획 2020 육해공통합

❖ 출처 : 도로정비기본계획('11~' 20)

(4) 최종 수요 예측

○ 차량검지시스템 신규 수요 물량의 경우 국내 ATMS 시장 연평균 성장률 14%가정 하여 적용

○ 2021년까지 연평균 성장률에 맞추어 최종 신규 수요에 도달함을 가정

(단위:대)

[표 28] 연도별 차량검지시스템 신규 및 교체 수요

구 분		'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	계
교체 수요	고속도로	301	301	301	301	301	301	301	525	525	3,157
	일반국도	183	183	183	183	183	183	183	521	521	2,323
	도시부도로	452	452	452	452	452	452	452	664	664	4,492
	소계	936	936	936	936	936	936	936	1,710	1,710	9,972
신규 수요	고속도로	125	143	163	186	212	241	275	313	358	2,016
	일반국도	189	215	245	280	320	365	415	474	539	3,042
	도시부도로	119	135	154	175	200	229	260	298	338	1,908
	소계	433	493	562	641	732	835	950	1,085	1,235	6,966
총 수요	고속도로	426	444	464	487	513	542	576	838	883	5,173
	일반국도	372	398	428	463	503	548	598	995	1060	5,365
	도시부도로	571	587	606	627	652	681	712	962	1002	6,400
	총계	1,369	1,429	1,498	1,577	1,668	1,771	1,886	2,795	2,945	16,938

2. 사업화 추진 방안

가. 사업화 최종목표

레이더 기반 스마트 차량검지시스템 사업화 목표

- 레이더 기반 차세대 교통 검지시스템 상용화 성공
- 차세대 ITS, 자율주행 등 차세대 패러다임에 적합한 차세대 검지기 시장 선도
- 해외 제품 대비 경쟁력 확보, 해외시장 진출

(1) 사업화 전략

(가) 사업화 소요기간 및 시장 예상

- 레이더 기반 차세대 차량검지시스템의 R&D 과제 종료 후, 약 1년간의 상용화(양산) 개발이 필요하고, 2018년부터 본격적으로 상용제품 출시 및 시장 진출이 예상됨
- 2018년~2022년까지는 기존 루프식, 영상식 VDS의 교체물량, 신규물량 등에 의한 시장이 있으므로 고속 성장기를 맞이하고, 2023년~2027년까지 안정적인 시장이 창출되며, 2028년 이후 점차적으로 시장이 하락하거나 또 다른 시장으로의 변화가 있을 것으로 예상됨
- 따라서, 약 10년 간의 본격적인 시장이 열릴 것으로 판단되며, 차세대 ITS 패러다임에 의한 국내외 시장을 선도할 수 있을 것으로 예상됨

		기술의 경제적 수명		
R&D과제 개발기간	양산준비 기간	고속성장기	안정성장기	쇠퇴기
2014년 5월 ~ 2016년 5월 (2년 개월)	2016년 6월 ~ 2017년 6월 (1년 12개월)	2018년 1월 ~ 2022년 12월 (5년 개월)	2023년 1월 ~ 2027년 12월 (5년 개월)	2028년 1월 ~ 2032년 12월 (5년 개월)

○ 교통신기술 인증 획득으로 기존 차량검지기 시장에서 차별화

- 교통신기술 지정은 대상기술에 대하여 신규성, 진보성, 경제성, 현장적용성, 보급활용성 측면에서 평가되고, 본 연구를 통해 개발된 기술은 이러한 평가 기준에 부합되면서 연구기간 동안 현장시공 및 성능평가를 검증받았으므로, 과제 종료 후 교통신기술 인증을 진행함(국토교통과학기술진흥원 R&D 성공판정시 교통신기술 평가 가점 있음)
- 신규성 측면에서 본 연구를 통해 획득한 레이더 기반 차량검지시스템 기술과 이와 관련되는 3건의 특허로 기존 지점기반 차량검지기 대비 공간기반 교통정보를 검지할 수 있는 독창성과 혁신성을 확보하였고, 영상식 차량검지기 대비 전천후, 주야간 성능이 동

일한 차별성을 확보하였으며, 기존 해외 레이더식 제품과도 성능측면에서 동등 수준의 성능을 확보하였음

- 진보성 측면에서 특정 지점을 통과할 때 교통정보를 획득할 수 있는 기존 루프식 또는 영상식 지점검지체계 대비 일정 영역 내에서의 공간 교통정보를 획득할 수 있으므로 기존 차량검지기 대비 검지영역에서 진보하였고, 비접촉식으로 도로 노변에 설치하거나 갠트리에 설치할 수 있어 공사기간을 단축할 수 있고, 기존 구조물이 있는 경우 이를 활용해 설치 및 운영할 수 있으며, 다른 검지체계와 달리 운영자가 GUI(Graphic User Interface)를 통해 실시간으로 레이더 센서가 검지한 물체(차량)을 실시간으로 모니터링할 수 있는 커다란 장점이 있음
- 경제성 측면에서도 기존 루프식과 동등하고, 영상식보다는 경제적으로 설치할 수 있는 장점이 있으며, 해외 제품과도 가격 경쟁력을 확보할 수 있음. 또한 기존 루프식 차량검지기 대비 유지보수시 교통통제가 필요 없고, 영상식 차량검지기 대비 더 넓은 공간을 검지할 수 있고, VDS 정기성능 평가도 RF방식의 경우 4년에 한번씩 이뤄지면 되므로 유지보수비를 절감시킬 수 있음
- 현장적용성 측면에서 기존 구조물을 활용한 설치가 가능하고, 검지기 데이터가 영상식에 비해 대폭 적어지며, 기존 구축된 통신 네트워크에 접속시켜 쉽게 운영할 수 있음

(나) 판매 전략

연도	판매 목표	구분	판매 전략
2017년	국내 적용사례 확보를 통한 제품 인지도 확산	국내	- 파일럿 프로젝트를 중심으로 적용사례 다수 확보 - 한국도로공사, 지자체 등 VDS 제품 수요기관에 도입 효과 홍보 및 마케팅 실시 - 수요처를 대상으로 제품설명회 개최를 통한 인지도 확보 - 국내 대리점 모집 및 지방 판매망 구축
		해외	해외 수요처 발굴 및 전시회, 로드쇼 참가를 통한 인지도 확산
2018년 ~ 2020년	국내시장 점유 확대 및 해외 적용사례 확보	국내	- 국내 ITS 구축 기업과 협력 마케팅 - 국내 대리점 모집 및 지방 판매망 구축 - 다수의 국내 적용사례 확보(VDS, 과속단속, 신호제어 등) - 본격적인 양산체제 수립으로 생산원가 절감 및 공급단가 인하
		해외	- 해외 수요처 발굴 및 전시회 참가를 통한 인지도 확산 - 해외 ITS 프로젝트에 제품 공급을 통한 적용사례 확보 - 해외 대리점 모집 및 판매망 구축
2021년 ~ 2025년	국내시장 점유율 1위, 해외 수출 증대	국내	- 국내 시장 점유율 1위 달성 - 대리점 및 채널 영업 강화, 공급단가 안정화 전략 수립
		해외	- 해외지사 추가설립(동남아, 중국, 남미 등) 및 해외 판매망 확충을 통한 수출 전략 수립 - 다수의 해외 적용사례 확보 및 수익 극대화 방안 마련 - 해외 시장 Big 3 진입

(다) 제품화 계획

○ 제품명 : Smart-VDS

○ 제품 구성

제품 구성		용도	예상 가격(천원)	제품 형상(예시)
레이더 센서	Smart-VDS TMR-250	차량 감지용 레이더 센서	15,000	
제어 기	Smart-VDS Station	레이더 센서 제어 보드 (VDS 제어기 탑재용)	2,000	
운영 S W	Smart-VDS Watchdog	운영 관제 SW	20,000	

(라) 제품 조달 계획

○ 원재료 및 조달 특성

형태	원재료명	조달 특성
부품	안테나 모듈 송수신(RF) 모듈	- 조달기간: 국내 재고(2주 이내) - 조달용이성: 용이(양산품)
	FPGA Chip	- 조달기간: 국내 재고(1주 이내) - 조달용이성: 용이(양산품)
	DSP Chip	- 조달기간: 국내 재고(1주 이내) - 조달용이성: 용이(양산품)

(마) 생산 규모 및 예상 Lead-Time

○ 예상 제품 조달 기간 : 최소 30일 이내

- 원재료 조달 기간 : 최대 15일 이내
- 핵심부품 가공 및 제작 : 7~10일
- 완제품 조립 및 시험 : 7일 이내

(2) 판매 계획

- 2013년부터 2021년까지 시범사업 확대계획 중 Smart-VDS를 2017년 사업화 가정
- 이에 따라, 총 약 1만6천대 규모의 장비가 신규 및 교체 구축 될 것으로 추정
- 2017년 초기설치 200대 및 점유율은 전년대비 연간 약 150% 증가 판매 될 것으로 가정
- ITS 기본계획 2020에 근거한 최종 판매 수량
- 해외 판매 수량은 국내 판매수량 당해년도 대비 연간 110% 판매 목표
- 제품 1식 당 1500만원 매출 가정

[표 29] 최종 판매 계획

구분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
국내	총수요량(대)	1,668	1,771	1,886	2,795	2,945
	판매수량(대)	200	300	490	1,118	1,708
	매출액(백만원)	3,000	4,500	7,350	16,770	25,620
	점유율(%)	11	17	26	40	60
해외	판매수량(대)	-	330	539	1,230	1,879
	매출액(백만원)	-	4,950	8,085	18,447	28,182
합 계		3,000	9,450	15,435	35,217	53,802

(3) 제품 경쟁력 확보

- Smart-VDS 제품이 상용화 되면 기존 루프식, 영상식 및 레이더식 제품들과 경쟁할 것으로 예상
- 각 제품들에 대하여 검지성능(교통량, 속도), 기능, 가격적 측면을 고려하여 비교하면 다음과 같으며, Smart-VDS는 모든 제품들 대비 성능, 기능, 경제성 측면에서 경쟁력을 확보할 수 있음(루프식의 경우 별도 연간 유지관리비용 필요)

[표 30] 유사제품과의 경쟁력 분석

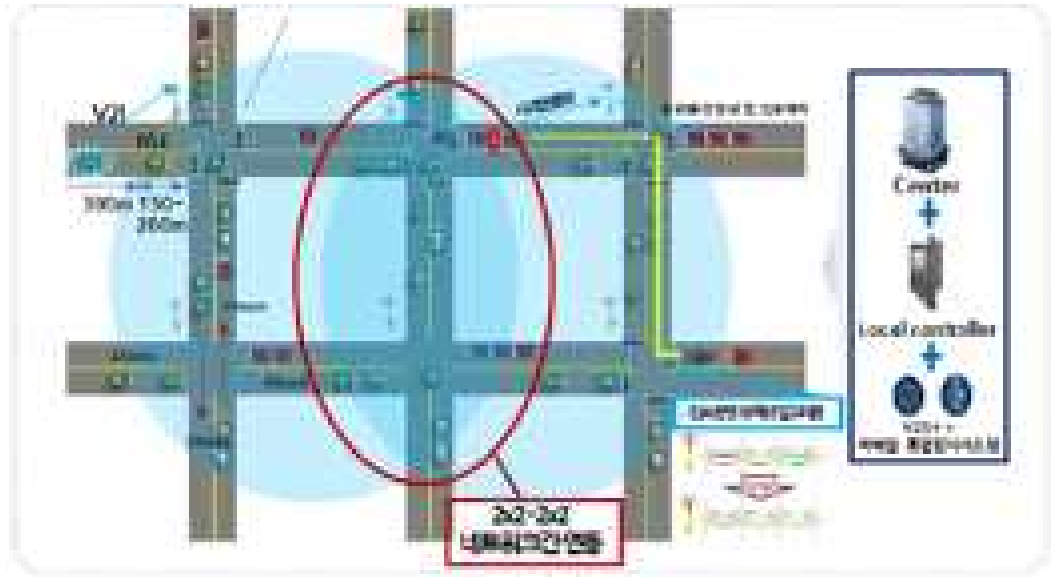
구분	제품	검지 성능(교통량, 속도)			기능	가격
		주간	야간	거리		
루프식	VDS시스템 (하이테크, 한국)	상급~ 최상급	상급~ 최상급	수m (단차로)	교통량, 속도	2,300만원 (4차로)
	교통정보관리시스템 (건아정보기술, 한국)	상급~ 최상급	상급~ 최상급	수m, (단차로)	교통량, 속도	2,300만원 (4차로)
영상식	CCATS (Traficon, 벨기에)	상급	중급	수m (3~4차로)	교통량, 속도	4,300만원 (4차로)
	Autoscope (ISS, 미국)	상급	중급	수m (3~4차로)	교통량, 속도	4,300만원 (4차로)
레이더식	SmartSensor HD (웨이브트로닉스, 미국)	상급	상급	70m (22차로)	교통량, 속도	2,000만원 (4차로)
	PD300 (휴스턴, 미국)	상급 (속도×)	상급 (속도×)	37m (6차로)	교통량	2,000만원 (4차로)
	Smart-VDS (메타빌드, 한국)	상급~ 최상급	상급~ 최상급	250m (4차로)	교통량, 속도, 돌발	1,500만원 (4차로)

(4) 시장공략 방안

(가) 국내 시장

- 현재 고속도로, 민자도로, 국도, 지방도 등 도로관리자 또는 지자체가 설치하여 운영중인 차량검지기(VDS) 시장과 경찰청에서 운영중인 단속시스템 등 차량검지기가 설치되는 모든 사업에 적용하고자 함
- 아울러 최근 들어 부각되고 있는 차세대 ITS, 자율주행 분야 등 최첨단 ITS 분야에도 진출하여 침체되어 있는 ITS 시장에 활력소가 될 수 있으며, 기존 검지체계와 차별화되는 성능, 경제성 등을 기반으로 충분히 시장을 선도할 수 있을 것으로 판단됨
- 차세대 ITS 사업
 - 현재 국토교통부의 차세대 ITS 시범사업이 추진중에 있으며, 시범사업이 성공할 경우 향후 2030년까지 약 3조원의 예산이 투입될 예정
 - 무선통신을 기반으로 차량과 차량, 차량과 인프라가 실시간으로 통신하며 다양한 서비스를 제공하는 C-ITS 사업에서 도로 인프라가 제공하게될 교통소통정보, 돌발정보 등을 위한 차세대 센서로 레이더 기반 차량검지시스템의 확산이 기대됨
 - 차세대 ITS에서는 기존 지검 기반 차량검지시스템 대신 비접촉식 공간기반 차량검지시스템의 구축을 선도하고자 함
- 자율협력주행 도로 인프라 구축
 - 자율주행이 전세계적으로 부각되는 산업으로 떠오르면서 국내외 자동차 제조사들이 각기 기술적 차별성을 부각시키면서 경쟁하고 있으며, 대략 2020년 이후 일정 수준의 자율주행 자동차가 상용화 될 것으로 예상됨
 - 자율주행차의 경우 차량 내에 탑재된 환경센서(레이더, 라이더, 영상비전 등)를 이용하여 주변차량이나 차선인식, 보행자 인식, 신호등 인식 등을 통해서 운전자 없이 자율주행을 구현하고 있음
 - 하지만, 차량의 센서는 짧은 검지거리와 기상에 따른 성능저하 문제, 또한 좀 더 광범위한 교통정보 및 돌발상황정보를 인지하기에는 부족하므로, 자동차 제조사에서 도로 인프라에서 이러한 정보를 제공해 줄 것을 기대하고 있음
 - 이와 같이 자율주행 자동차가 도로 인프라의 도움을 받아서 좀 더 안전하고 효율적인 자율주행을 구현하는 방향으로 연구가 진행되고 있으며, 국내에서도 국토교통부 자율협력주행 도로시스템을 연구하는 사업이 진행중에 있음
 - 향후 자율주행 시대에 차량 센서가 인지하는 범위 밖의 광범위한 도로 영역의 정보를 실시간으로 제공할 수 있는 레이더 기반 차량검지시스템의 활용이 부각될 것으로 예상되며, 이에 따라 자율주행 분야에도 본 기술의 활용이 증가할 것으로 기대하고 있음

○ 차세대 신호제어 시스템 시장



[그림 52] 4세대 신호시스템 운영 개념도

- 현재 고정된 신호 제어 패턴에 따른 교통체증이 초래되고, 교차로 네트워크간 불균형이 발생하고 있어 커다란 교통 문제로 부각되고 있으며, 최근 서울시 등에서 이러한 기존 교통신호체계를 지능형으로 개선하려는 사업을 추진중에 있음
- 기존 루프센서를 활용한 신호제어 방식은 통행량 및 속도, 대기행렬 등의 산출에 있어서 오차가 커지는 문제가 있으며, 루프센서의 유지관리 문제로 인하여 대부분 고정화된 패턴의 신호 및 현시 주기를 제어하고 있는 실정임
- 본 기술을 신호 시스템에 적용하면 교통정보 산출에 있어서 좀 더 정확하고, 유지관리에 있어 장점이 있으므로, 차세대 신호제어 시스템은 비접촉식 레이더 센서가 활용될 가능성이 커지고 있음
- 따라서 서울시 및 국도 신호제어 개선사업에 본 기술을 적용함으로써 신호시스템 지능화를 선도하고자 함

○ 기존 VDS 시장(신규, 교체물량)

- 현재 한국도로공사, 국도, 지방도 등에서 운영중인 1만대 이상의 VDS의 내구연한에 따른 교체 물량에 대한 시장은 향후에도 연간 1000여대의 시장이 형성될 것으로 예측됨
- 또한, 국토교통부 ITS 2020 계획에 따른 신규 도로 및 터널 등의 신규 설치 물량도 매년 수백대 수준에서 시장이 형성될 것으로 예측됨
- 따라서, 2020년 이후까지 신규 및 기존 장비 교체물량이 연간 약 2000여대 수준의 시장이 형성될 수 있어 VDS 시장에서 새로운 레이더 검지기로 시장을 선도할 수 있음

○ 경찰청 단속시스템

- 경찰청의 과속단속시스템, 꼬리물기 단속시스템 등에 적용할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 경찰청의 시범사업에 참여하여 단속시스템 시장에도 진출하고자 함



[그림 53] 레이더를 활용한 단속시스템 운영 개념도

(나) 해외 시장

- 해외에서는 국내보다 레이더 검지기의 활용이 증가하고 있는 추세이며, 단속시스템 및 유고검지시스템 등에서 레이더 검지기의 활용이 급속히 증가하고 있는 추세임
- 특히, 영국이나 오스트리아 등 유럽에서는 레이더 기술을 활용한 교통검지시스템, 단속시스템의 활용사례가 늘어나고 있으며, 북유럽에서는 지형특성상 터널 구축 사례가 늘고 있고, 터널 내에서 유고검지를 위해 레이더 검지기의 활용이 증가하고 있음
- 아시아에서는 중국, 사우디아라비아, 인도네시아 등에서도 교통관리의 중요성이 부각됨에 따라서 많은 사업들이 발주되고 있으며, 전시회 참여, 로드쇼 참가 등 다양한 해외 영업활동으로 인해 본 기술에 대한 관심이 높아지고 있음
- 따라서, 본 기술의 상용화를 통해 충분히 해외 기술과 경쟁력을 확보할 수 있으며, 이러한 기술력과 경제성을 기반으로 해외 진출을 추진하고자 함
- 중국, 중동 등 교통관리시스템 구축사업 진출
 - 중국에서는 올림픽 개최 및 동계 올림픽 개최를 앞두고 도로교통 분야에 투자가 늘고 있는 상황이고, 특히 베이징 등 대도시 교통체증이 최고조에 달함에 따라 시급히 교통관리시스템 사업이 추진되고 있음
 - 이러한 중국 신흥 시장에 진출하기 위하여 현지 ITS 전문기업 등과의 MOU 체결 및 사업 협력 등을 모색하고자 함
 - 또한 사우디아라비아에서는 스마트시티를 도입하여 지속가능한 신도시 개발에 열을 올리고 있으며, 도로교통분야에서는 스마트 Generation의 일환으로 차세대 ITS의 적용을 적극 검토하고 있는 것으로 파악됨
 - 특히 사우디아라비아는 민족적 우월성을 바탕으로 세계최고의 시스템 도입을 지향하고 있고 가혹한 날씨(온도, 모래폭풍 등) 때문에 매설식 검지기를 사용하지 못하여 본 연구에서 개발한 Smart-VDS가 매우 적합하며, 사우디아라비아 정부에서도 관심을 표명하고 있어 사업 진출 추진을 진행하고자 함

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 제22회 보르도 ITS 세계대회

가. 기술시연

- 매년 세계적으로 최첨단 기술을 선보이는 ITS 세계대회에서는 기존의 Cooperative ITS 이외에도 Automated Vehicle 컨셉이 두드러지게 부각되고 있으며, 이는 자율주행차량과 도로인프라의 협력 관계를 매우 중요시하고 있음
- 또한, 이러한 개념은 실시간 정보를 기본으로 전제하고 있으며, map을 활용한 정보 이용행태를 보이고 있어 본 연구에서 개발하는 제품의 적용 가능성도 매우 높아 보임

(1) Space technologies and services for ITS

기술시연	세부내용
European GNSS Village	○ 도시부 등 위성측위시스템(GNSS) 수신에 불량한 지점의 위치정보를, Multi constellations solutions을 활용하여 정확도 향상 시연 ○ Galileo 신호인증을 활용한 스푸핑(Spoofing) 감지
Navocap – IIDRE: ANGeo	○ 스마트폰과 비디오 이미지를 활용한 시각장애인을 위한 개인 내비게이션 시연 ○ GPS와 MEMS Sensor 혼용으로 도시부에서의 위치정확도를 향상시킴
Nigiloc Tracks Your Bicycle Via the SIGFOX Network	○ Nigiloc 장비를 설치한 자전거의 실시간 위치 파악 ○ 도난시 추적가능 시연(SMS 문자 및 이메일 발송)
NSL: Detector System	○ 도로교통 네트워크상의 GNSS 수신 방해 탐지
Reflet du Monde: Drone Demonstration	○ 드론 파일럿 트레이닝 ○ PHOX 네트워크를 이용한 무인항공기 공중촬영 ○ R&D 소개(철도, 도로교통 모니터링 및 삼림, 국립공원, 해변가 모니터링)
Satellite Applications Catapult: Seamless Communications for Professional Users	○ 위성 및 지상 통신기술을 활용한 통신 연속성 시연

(2) Cooperative ITS deployment challenges

기술시연	세부내용
Compass4D: Connected Vehicles (Cooperative ITS)	○ 승용차 12대 이용, 1대 트럭 이용 ○ 보르도 실제 공공도로에서 시연 ○ 센터가 제어하는 신호체계와 상호작용을 통해 최적화된 속도안내 서비스 (Green Light Optimal Speed Advise) ○ 교통센터가 전송하는 도로안전메시지 수신 (차량고장, 보행자출현, 도로작업 등 스마트 폰, VMS를 통해 안내) ○ 시연 후, CO2 배출량 모니터링 및 연료절감 확인
Continental Innovation Truck	○ 상용트럭 혁신적인 서비스 소개 - 서라운드 뷰 카메라 시스템, 디지털 거울, 지능형 페달, eHorizon, LTE 텔레매틱스, ADAS 시스템 및 상용차량 관리 서비스, 디지털 타코 그래프 지원 어플리케이션
NXP: Secure Connections for a Smarter World	○ 보안 V2X, RFID 기반 근방의 차량과 통신기술 ○ 신호구간에서의 주행속도를 최적화 기술
PSA Peugeot Citroën: A Car2Car Implementation: a Hidden Pedestrian	○ ADAS 통합의 다음단계 ○ 차량센서를 통해 주변의 장애물 감지 위험 경고 및 V2X 통신을 통해 상황 공유 ○ 교차로 차량 보행자 충돌 예방 서비스
PSA Peugeot Citroën: A CAR 2X Implementation: PSA / SCOOP@F Demonstration	 ○ SCOOP @ F는 프랑스에서 C-ITS 구축을 위한 시범사업의 일환으로 2014년 착수됨 - 프랑스 교통부, 5개 프랑스 도로 관계기관, 프랑스 자동차 제작사(르노 & PSA 포함), 컨설팅회사, 대학, 연구기관 참여 - 2016년까지, 2000여대의 일반차량, 500대의 도로운영차량, 5개 지역 2,000km에 C-ITS 단말기 및 RSU 설치 예정
VITRONIC and Cegelec: Enforcement Trailer – More Safety in Accident Hotspots	○ LIDAR 기술을 활용한 자율주행차량의 속도제한

(3) Urban Trends Driving ITS Changes

기술시연	세부내용
Can Can: Connected Car - Safe and Friendly Driving	○ 스마트폰 앱(안드로이드OS)을 활용하여 차량안전을 위한 커넥티드 서비스 이용 - 차량 진단 - 날씨 교통정보 안내 - 맛집 등 여행정보, 지역 뉴스 제공 - 긴급상황 전화(eCall) - 에코드라이빙
Continental: Simplify Your Drive for EV Demo Car	○ 차량 주행경로 특성(도로등급, 지형 등) 에 따라 소요연료 계산
Orange: New Smart Cities Services for Connected Cars	○ LTE와 ITS G5 통신을 기반으로 통신속도가 향상된 V2V, V2I 서비스 제공 - 통행계획 및 경로를 반영한 실시간 주차구역 예약 - 운전자 맞춤형 관심지역정보(POI:point of interest) 제공서비스
NFC Interactive - So-Loon - ERDF: CRICOTEC - A Responsive Worksite in a Pedestrian Connected Territory	○ 스마트폰 및 태블릿 등 개인 단말기를 통한 도시부 전기공사구간 정보제공 서비스 시연

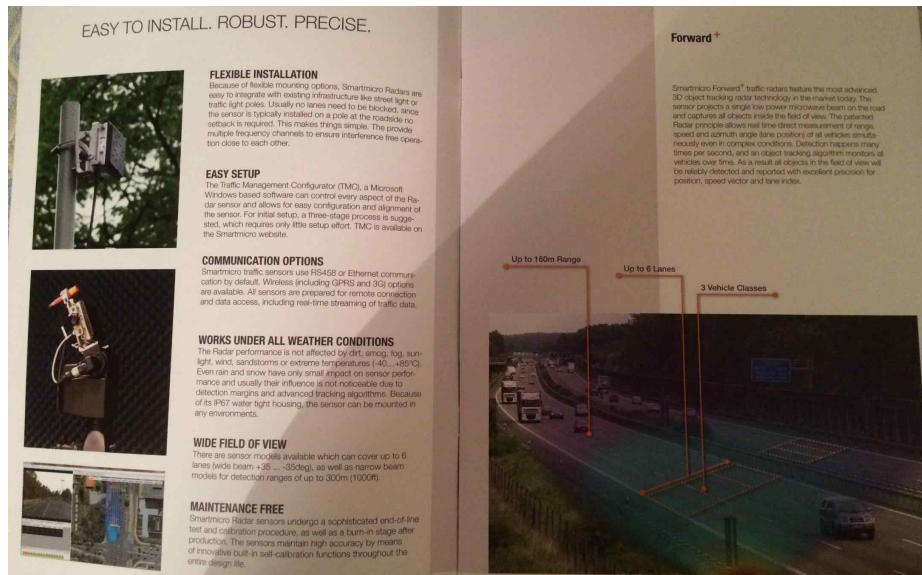
(4) Automated Roads, Automated Management, Automated Driving

기술시연	세부내용
AISIN Group: Remote parking and driver monitoring system for automated driving	○ 자율주행 지원 시스템 시연 - 운전자 모니터링 시스템, 비상상황 발생시 차량 자동정지, 저속자동주행, 주차 리모콘 시스템 - 운전자 감지 기술과 실시간 도로 상태를 반영한 내비게이션 시스템 기술 기반
AKKA: Link in City, Technology demonstrator - Intelligent Transport Systems	○ 오픈데이터 및 응용프로그램을 활용한 Smart city의 차내 서비스 시연 - Smart city에서 수집된 빅 데이터 데이터 활용 - LIDARS 센서 및 입체 카메라를 사용하여 구현한 보르도시 삼차원 지도 기반의 운행알고리즘
Ibeo Automotive Systems: Assist with active breaking and automatic scenario generation by reference sensing	○ 시연 차량의 자동비상제동(AEB)장치의 동작여부로 운전자의 운행행태를 파악 후 적정 시나리오를 제공하는 프로그램 시연

나. 도로인프라 레이더 해외제품

(1) SmartMICRO

- 본 연구개발 과제와 주파수 및 사양 등 기술적 성능이 가장 유사한 제품임
- 수집한 자료에 따르면, 경쟁사는 작은 제품크기로 쉬운 설치, 다양한 조건에 적용가능하고 넓은 지역을 감시하는 것을 장점으로 내세우고 있음
- 검지거리는 160m, 6차로 검지영역을 가지고 3가지로 차종분류가 가능하다고 하고 있음
- 실제로 개발 제품은 250m, 5차로 검지영역으로 경쟁제품보다 높은 성능을 목표로 하고 있음



(2) WAVETRONIC

- 해당 제품역시 경쟁사 제품이나 본 연구과제의 컨셉인 종방향 검지가 아닌 기존의 횡방향 검지로 차량의 가림현상에 성능이 저하되는 상황이 발생함



제7장. 연구개발성과의 보안등급

○ 해당과제는 일반등급에 속하는 연구과제임

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
----------	----------------	-------------	----	--------	---------------	---------------	---------------	-----------------

- 해당사항 없음 -

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

- 매년 2회씩(상반기, 하반기) 연구실 운영과 관련한 안전교육을 의무적으로 이수하고 있음
- 1회에 6시간씩 총 12시간의 안전교육을 정기적으로 받고 있으며 아래와 같은 교육을 이수하고 있음

1. 연구실 안전점검 체계 및 실시

가. 실험실 안전 점검 체계



나. 실험실 안전 점검

(1) 실험실 일상 점검

- 연구활동 시작 전 각 실험실 책임자가 육안으로 장비 및 시설을 매일 점검

(2) 실험실 정기 점검

- 내용 : 과학기술분야 실험실의 일반안전, 산업위생, 전기안전, 소방안전, 화공안전, 가스안전, 기계안전, 생물안전 등의 전문분야 점검
- 실시 : 매월 각 실험실을 주기적으로 점검

(3) 실험실 정밀안전진단

- 대상 : 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실, 과학기술부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구실.(우리대학은 실험실관리등급 A, B급에 해당하는 실험실)
- 실시 : 매년 1회 이상 외부 전문기관에 의뢰하여 실시 후 중대결함이 발견될 경우, 교육과학기술부에 보고

(4) 관리위험등급의 지정

- A등급 : 가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물,

방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실

○ B 등급 : 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생실험실

○ C 등급 : 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

다. 교육훈련

○ 개요 : 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구활동에 기여하고, 또한 연구실 안전환경조성에 관한 법률에 의거하여 실험실의 환경안전교육이 의무화됨에 따라 이공계열 대학원생 및 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적으로 수강

○ 교육대상 : 교수, 대학원생, 소속연구원, 전문직원, 실험참여 학부생 등

○ 교육실시

- 1학기 : 법정 교육시간인 6시간을 온라인 및 집합교육으로 실시.

- 2학기 : 법정 교육시간인 6시간을 온라인 교육으로 실시

라. 건강검진

○ 개요 : 인체에 치명적인 위험물질 및 바이러스 등에 노출될 위험성이 있는 연구활동 종사자의 건강을 보호함

○ 대상 : 산업안전보건법 시행령 제29조에 따른 유해물질 및 같은 법 시행규칙 표 12의2에 따른 유해인자를 취급하는 연구활동 종사자에 대하여 일반건강검진과 특수건강검진을 실시

○ 건강검진 실시 : 매년 1회 건강검진 대상자를 선정하여 아주대학교병원 건강증진센터에 의뢰하여 일반 건강검진 및 특수건강검진 실시

마. 보험가입현황

보 험 명	보 상 내 용	대 상	주관부서
연구실 안전공제 보험	사망 : 1억원	연구활동 종사자	시설팀
	부상 : 최대 1,000만원	연구활동 종사자	“
	후유장애 : 최대 1억원	연구활동 종사자	“
	연구활동 중 발생한 사고에 대한 보상	연구활동 종사자	“
학교시설 및 물품 보험가입	건물 : 율곡관 외 39개동 물품 : 서버 외 5115개 품목	학교시설 및 물품	구매관재팀

바. 추가이행 계획

1) 실험실 안전환경 개선	노후 실험실 개선공사 시행(흡후드 개선 등)
2) 실험실 소방설비 개선	실험실에 설치되어 있는 노후 소방시설을 개선하여 신속한 화재경보 및 소화활동 실시
3) 실험실 전기 안전관리	비접지형 콘센트 노후 분전반 교체 등
4) 고압가스 안전관리	안전시설 설치(전도방지장치 등)
5) 안전보호장비 설치	1. 개인용 보호장비 구매 2. 시약장 안전가이드바 설치 3. 밀폐형 시약장 설치

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허	돌발상황 감지방법	메타 빌드	기술 개발	대한민국 특허청		2015. 4. 27	-	-
2	특허	보행자 감지방법	메타 빌드	기술 개발	대한민국 특허청		2015. 4. 28	-	-
3	특허	교통용 레이더의 신호처리방법	메타 빌드	기술 개발	대한민국 특허청		2016. 6. 1	-	-
4	S/W 등록	스마트-차량검 지기(VDS)	부울	SW 개발	한국 저작권 위원회		2016. 6. 2	-	-
5	논문	레이더검지기의 차량 궤적 정보를 이용한 고속도로 공간평균속도 산출방법 비교	아주대 학교	주저 자	한국ITS학 회논문지 / 한국	0.25	2016. 6	단독사사	-
6	논문	레이더검지기의 차량궤적 정보기반의 고속도로 밀도산출방법에 관한 비교	아주대 학교	공동 저자	한국도로학 회지 / 한국	0.46	현재 심사중	단독사사	-

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

1. 국내 문헌

- 국토교통부, “지능형교통체계 기본계획 2020”
- 국토교통부, “ITS 사업시행지침(차량검지기 성능평가)”
- 국토교통부, “지능형교통체계 시행계획”
- 국토교통부, “제2차 도로정비기본계획(2011~2020)”
- 한국도로공사, “ITS 성능평가 결과분석(2008)”
- 한국교통연구원, “전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석(2010)”
- 스마트하이웨이사업단, “국내 검지체계 기술동향(2009)”
- 한국건설기술연구원, “미래 교통 C-ITS 기술 동향(2013)”
- ETRI, “77GHz 자동차 레이더 부품 기술동향”, 전자통신동향분석 제27권((2012)
- ETRI, “전방감지용 밀리미터파 레이더 기술 동향”, 전자통신동향분석 제22권(2007)
- ETRI, “차량 레이더 기술 동향 연구”, 전자통신동향분석 제21권(2006)
- ETRI, “차량용 레이더 응용 기술 및 발전 방향”, 전자통신동향분석 제18권(2003)
- 강진기, 손영태, 윤여환, 변상철, “비매설식 자동차량인식장치를 이용한 구간교통정보 산출방법 연구(2002)
- ITS 업무 요령, 건설교통부 훈령 제553호
- (주)제일엔지니어링외, “제2세대 FTMS 구축방안 연구”, 한국도로공사, 2004.
- 최대순, “통합 교통정보”, 교통기술과정책 제3권1호, 대한교통학회, 2006.
- 스마트하이웨이 연구결과 보고서(2014)
- 터널유고감지시스템 평가기준 및 방법에 관한 표준, 2012. 2
- 연속 교통류에서 검지기 간격과 교통정보 수집주기 결정에 관한 연구, 아주대학교 석사학위논문, 김영호, 2002
- 유비쿼터스 교통체계를 위한 에이전트 기반 실시간 통행시간 산정 알고리즘 개발, 한국항공대학교 석사학위논문, 한광희, 2009
- 시뮬레이션 모형을 이용한 국도에서의 적정 검지기 위치에 관한 연구, 명지대학교 석사학위논문, 송기욱, 2005
- 한국건설기술연구원, “미래 교통 C-ITS 기술 동향(2013)”

2. 국외 문헌

- ISO 15624 Transport information and control systems – Traffic Impediment Warning Systems(TIWS) – System requirements
- Design and initial measurements of K-band FMCW rain radar with high resolution, Microwave and optical technology letters, Ki-Bok Kong, Woo-Ram Jeong, Seong-Ook Park, 2016
- RCS based target recognition with real FMCW radar implementation, Microwave and optical technology letters, Yoonjin Lee, Hosung Choo, Soojin Kim, Hongseok Kim, 2016
- ITU-R Rec.P.525, “Calculation of free-space attenuation”
- ITU-R Rec.P.676-5, “ Attenuation by atmospheric gases”
- ITU-R Rec.P.838, “ Specific attenuation model for rain for use in prediction”
- ITU-R SA. 1029-1, "Interference criteria for satellite remote sensing"
- Markets and Markets Analysis (2011), "Motion Sensors Market, Global Forecast & Analysis (2011-2016)"
- CEPT (2007), "Compatibility Studies Between Ground Based Synthetic Aperture Radar(GBSAR) And Existing Services In The Range 17.1 GHz TO 17.3 GHz “
- IGARSS(2006), "Range nonlinearities correction in FMCW SAR", A. Meta, P. Hoogetboom and L. Ligthart
- IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.(2007), “Signal processing for FMCW SAR", A. Meta, P. Hoogetboom and L. P. Ligthart
- IEEE TENCON Spring Conference(2013), “Design trade-offs in a combined FMCW and pulse Doppler radar front-end” , Doreena Karmina A. Pulutan; Joel S. Marciano
- IEEE Radar Conference(2013), “imulation and test results of triangular fast ramp FMCW waveform” , Seok Kim; Inchan Paek; Minho Ka
- IEEE Radar Conference(2012), “A high dynamic range miniature DDS-based FMCW radar” , D. R. Jahagirdar
- German Microwave Conference Digest of Papers(2010), “Detection of weak moving targets based on 2-D range-Doppler FMCW radar Fourier processing” , Faiza Ali; Martin Vossiek

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 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.