

보고서 요약서

과제 고유 번호	16TBIP-C0923 64-02	해당 단계 연구 기간	2015-04-27 ~2017-04-26	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원 사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	다차선 레이더-차량번호인식 복합형 무인교통단속장비 개발			
연구책임자	이 상 만	해당단계 참여 연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:373,000천원 기업:255,000천원 정부 외: 천원 계:628,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 명	총 연구개발 비	정부:749,000천원 기업:510,000천원 정부 외: 천원 계:1,259,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	건아정보기술(주) / 연구소			참여기업명 한국건설기술연구원	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:특허법인 태웅			연구책임자: 이 태 림	
차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로를 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로 촬영영상에 대한 차량번호인식알고리즘을 구동하기 위한 제어기가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어함체 없이 단일장비만으로 차량번호, 교통정보, 속도, 단속이미지를 출력해주는 복합장비를 개발함. 차량검지와 속도측정 정확성을 검증하기 위해 공인인증기관인 도로교통공단과 무인교통단속장비 경찰규격서에 적합한지 여부를 시험하였으며, 차량번호인식률을 검증하기 위하여 ITS성능평가센터에서 공인인증시험을 수행하여 동시 2차로에서 최상급(97%)의 성능을 인정받았음. 개발된 제품을 조기사업화 하고자 경찰청과 도로교통공단에 지속적으로 신기술/신제품을 제안하여 연구개발사업이 완료되는 2017년부터 비매설식 검지장비(레이더)와 다차로 단속장비를 납품할 수 있도록 무인교통단속장비 경찰규격서의 개정을 유도하였음. 본 개발품은 독일, 러시아 등의 해외제품과 비교하여 동등이상의 성능과 가격경쟁력을 확보하여 제품의 수출과 ITS사업의 해외진출에 기여할 것으로 판단됨				보고서 면수 184면	

〈 요약문 〉

연구의 목적 및 내용	○ 국내에서 운영되고 있는 무인교통단속장비는 매설식 루프검지기를 기반으로 하고 있다. 하지만 설치를 위하여 도로의 파손이 불가피하며, 얇은 아스팔트 두께와 철 구조물로 인한 성능감쇠로 인하여 대형 교량에 설치가 불가능함 ○ 대안으로 일부 적용되었던 레이저 검지기는 고가의 가격에 비해 설치가 어렵고, 구조물의 흔들림과 날씨와 같은 외부환경요인에 민감하여 만족할만한 성능을 발휘하기 어렵고, 해외에서는 루프검지기를 대체하기 위해, 주로 레이더검지기의 적용이 확대되고 있으나, 고가의 가격과 국내 규격과의 차이로 인해, 국내 도입에 어려움을 겪고 있음 ○ 본 사업화 연구과제에서는 차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로를 동시 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로 촬영 영상에 대한 차량번호인식알고리즘을 구동하기 위한 제어기가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어함체 없이 단일장비만으로 차량번호, 교통정보, 속도, 단속이미지를 출력해주는 복합장비를 개발하는 것임
연구개발성과	○ 국내외의 다양한 레이더의 기능과 성능을 검증하고 무인교통단속장비에 적용할 수 있는 방안을 마련함. ○ 레이더에서 생성된 개별 차량에 대한 위치(거리, 각도)정보 기반의 다차로 차량번호 인식 알고리즘의 구현. ○ 멀티프레임에서 차량 번호판 픽셀 이동 거리 측정을 통한 레이더 속도 정보 검증 기술 확보(특허등록 10-1291301,기술구현) ○ 영상과 레이더 데이터의 융합을 위한 공간 매칭 기능 구현 및 GUI (Graphic User Interface) SW 개발 ○ 다차로 레이더 속도 검증을 위한 테스트베드 구축 ○ 스마트 카메라 내 DSP 기반의 ANPR과 리눅스 기반의 레이더-차량번호 인식 융합제어기 일체형의 ANPR-RADAR 복합 장비를 개발하고 이를 상용화 ○ 다차로 레이더 성능 검증을 위한 인증 방법을 확보하고, 경찰청 무인교통단속장비 표준규격 개정유도를 통한 국내도입방안 마련 ○ 특허출원실적(5건) 출원번호 10-2016-0173720 레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템(PCT출원) 출원번호 10-2016-0173721 다차선 차량 속도 측정 시스템 출원번호 10-2017-0030048 동적객체에 대한 인식영역 추출시스템 출원번호 10-2016-0166925 레이더와 영상을 융합한 차량 속도 보정 장치 및 방법 출원번호 10-2017-0017503 저속 통행 구간의 차량 속도 측정 장치 및 방법

	○ 논문실적 (4건) -Speed enforcement systems based on vision and radar fusion: an implementation and evaluation(CIS Journal, Journal of emerging trends in computing and information sciences, ISSN 2079-8407) -Evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition using vision-radar sensor systems(CIS Journal, Journal of emerging trends in computing and information sciences, ISSN 2079-8407) -Methodologies of Radar and Video Fusion for Speed Enforcement Systems(IJET, International Journal of Engineering and Technology, ISSN 1793-8236) - on-intrusive Traffic Speed Enforcement Systems Based on Video and Radar(ICCAE, Australia)				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 레이더와 영상의 융복합 분석 기반의 무인 교통 감지 기술을 확보하여, 정확한 교통정보의 제공과 유지보수 및 교통관리의 편리성 등을 확보하여 차세대 교통감시 및 관리 체계로 활용할 수 있음. ○ 고도화된 교통정보(차로별 교통정보)의 제공이 가능하며, 차로별 교통정보 및 통과 차량을 파악하여 전방 돌발 상황에 대비한 차로 변경 권고, 긴급차량 통행지원 등의 새로운 서비스 활용이 가능. ○ 멀티프레임 영상에 의한 레이더 속도 정보를 검증하여 신뢰성을 확보하고, 시각적인 위반 정보를 제공하여, 분쟁의 소지를 차단 ○ 루프센서를 매설할 수 없는 교량, 고가 도로에 설치, 운영 가능 ○ 전 차로 동시 과속 단속을 통하여 무인카메라 회피 운전을 차단, 도로에서 일어날 수 있는 교통 정체와 교통사고로 인하여 발생하는 경제적 손실을 저감 ○ 세계적으로 2~3개 회사만이 보유하고 있는 ANPR-RADAR 복합장비를 개발하여 해외시장 개척이 가능 ○ 활용방안 - 국토부 및 지자체의 각종 ITS 사업에 활용 가능 - C-ITS 사업을 위한 교통정보 수집 기술 확보 - 하나의 플랫폼을 활용하여 과속, 신호 위반, 버스전용차로 위반, 끼어들기 위반 등 다양한 감시 장치 솔루션으로 활용 - 레이더 기반의 유럽형 무인교통단속장비 시장 진출 - 해외 보안 관련 SI 사업 추진을 위한 ANPR-RADAR 장비 공급지점과 구간의 정확한 교통정보를 생성하여 차세대 ITS 서비스에 활용				
핵심어 (5개 이내)	레이더	차량번호인식	단속 장비	자동차량번호 인식장치	다차로

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ By using Radar signal processing and ANPR software (Automatic Number Plate Recognition), to develop a commercial equipment to collect, enforce vehicle numbers and driving patterns, speed of individual vehicles on the multilane road. ○ By tracking the driving route and the speed of vehicles using the radar, and recording the driving route, recognizing vehicle numbers, measuring image driving speed using the camera, to commercialize unmanned traffic enforcement equipment to enforce vehicles violating traffic laws such as speeding, signal violation, traffic lane violation, interruption, wrong-way driving and etc. ○ by configuring and integrating complexly a photographing apparatus which is for photographing multi-lanes(4 lanes), a radar which is for measuring the speed, distance and location of vehicles, and a controller or a smart camera which is for operating the vehicle number recognition algorithm on multi-lanes into all-in-one type, without a separate control housing, only with single equipment, to commercialize ANPR-RADAR complex equipment to output vehicle number, traffic information, speed and enforcement image of individual vehicles. ○ To implement space matching function for convergence of radar data and image, and develop GUI (Graphic User Interface) S/W ○ To implement the multi-lane vehicle number recognition algorithm based on location information (distances, angles) of individual vehicles generated by the radar. ○ To secure radar speed information proven technology (Patent Registration 10-1291201) through measuring pixel shift distance of vehicle number plate on a multi-frame. ○ To build a test bed for multi-lane radar speed verification. ○ To transplant the vehicle number recognition algorithm utilizing DSP in a smart camera. ○ To commercialize application products using the result of smart camera vehicle number recognition and radar traffic/enforcement information. Ex) Automatic vehicle recognition (AVI, Automatic Vehicle Identification) system, speed enforcement system, signal violation enforcement system, bus lane violation enforcement system, interruption enforcement system, wrong-way driving enforcement system and etc. ○ To develop and commercialize the ANPR-RADAR complex equipment integrated with Linux-based radar vehicle number recognition convergence
-----------------------------------	---

	controller and DSP based-ANPR in camera. ○ To secure certification method for multi-lane radar performance verification
Results	○ Patent Patent Application No.10-2016-0173720 Radar and image convergence system for cracking down vehicle in multilane road Patent Application No. 10-2015-0190072 Radar and image convergence system for vehicle crackdown Patent Application No. 10-2015-0190076 Vehicle crackdown system Patent Application No.10-2016-0173720 레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템 (PCT) Patent Application No.10-2016-0173721 다차선 차량 속도 측정 시스템 Patent Application No.10-2017-0030048 동적객체에 대한 인식영역 추출시스템 Patent Application No.10-2016-0166925 레이더와 영상을 융합한 차량 속도 보정 장치 및 방법 Patent Application No.10-2017-0017503 저속 통행 구간의 차량 속도 측정 장치 및 방법 ○ Paper -Speed enforcement systems based on vision and radar fusion: an implementation and evaluation(CIS Journal, Journal of emerging trends in computing and information sciences, ISSN 2079-8407) -Evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition using vision-radar sensor systems(CIS Journal, Journal of emerging trends in computing and information sciences, ISSN 2079-8407) -Methodologies of Radar and Video Fusion for Speed Enforcement Systems(IJET, International Journal of Engineering and Technology, ISSN 1793-8236) - on-intrusive Traffic Speed Enforcement Systems Based on Video and Radar(ICCCE, Australia)
Expected Contribution	○ It can be utilized for the next-generation traffic monitoring and management system by securing radar and video converged analysis-based unmanned traffic monitoring technology and then through securing the convenience of traffic management and maintenance, the provision of accurate traffic information provision. ○ It enables the provision of sophisticated traffic information (traffic information per lane) and can be used as new services such as an emergency vehicle traffic support and recommendation to change the lane against the

	front incident to identify the traffic information and passing vehicles per lane. ○ It ensures the reliability by verifying radar speed information by the multi-frame image, and prevents the source of dispute to provide visual violation information. ○ It can be installed and operated on the bridges or overpasses where the loop sensor is not allowed to be embedded. By enforcing speeding vehicles on the whole lanes simultaneously, it prevents vehicles avoiding the unmanned enforcement camera and reduces the economic loss that occurs due to the traffic jam and traffic accidents that many occur in the road. ○ To develop ANPR-RADAR complex equipment that only two to three companies have over the world enables overseas market explore Utilization -It can be utilized in various ITS business of Ministry of Land, Infrastructure and Transport and local autonomous entities. -It can secure Traffic information collection technology for C-ITS business. -By utilizing a single platform, it can be used as various enforcement system solutions such as speed, signal violation, bus lane violation, interruption and etc. -It enables us to enter Radar-based, European typed unmanned traffic enforcement market. -ANPR-RADAR equipment is supplied to SI project related to foreign security. By generating accurate traffic information at points and in sections, it can be utilized for next-generation ITS services.				
Keywords	Radar	ANPR	Enforcement System	Automatic Vehicle License Plate Number Recognition	Multilane

< Contents >

CHAPTER 1 Overview of Research	12
1. R & D Objectives	12
2. Necessity of R & D	12
3. R & D Scope	14
CHAPTER2 Domestic and Overseas Technical Development Status	16
1. National Research and Development Projects Similar Research Review	16
2. Patent Trends Related to Domestic and Foreign Technologies	17
3. Market Analysis and Business Forecast	18
CHAPTER3 Research Contents and Performance	20
Section 1 Study Contents	20
1. ANPR-RADAR OneBody Device Development	20
2. Multilane number recognition	33
3. Radar output visualization	51
4. Building a Test Bed	55
5. Establish patent strategy	58
6. Video-radar data convergence method and evaluation method	66
Section 2 R & D Performance	69
1. Technical performance	69
2. Economic performance	115
CHAPTER4 Achieving Goals and Contributing to Related Sectors	120
1. Goal achievement	120
2. Contribution to Related Sectors	121
CHAPTER5. Planning for Utilization of R & D Results	125
1. Utilization of unmanned traffic control equipment by the police station	125
2. Equipment for violating traffic violation in tunnel	127
3. Overseas business proposal (Kazakhstan)	127
CHAPTER 6 Overseas science and technology information collected during the research process	133
1. Overseas speeding device technology level	133
CHAPTER 7 Security of R & D Performance	143
CHAPTER 8 Status of Research Facilities and Equipment Registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System	144
CHAPTER 9 Implementation of Safety Measures in Laboratories by R & D Projects	145
CHAPTER 10 Examination Results of Research and Development Projects	146
CHAPTER 11. Miscellaneous	147
1. ANPR-RADAR Onebody prototype (Overseas type / Reflective plate type)	147
2. Prototype of ANPR-RADAR Onebody (domestic type / non-reflecting number plate type)	151
3. Tangible achievements of R & D	153
CHAPTER 12 References	184

< 목 차 >

제1장 연구개발과제 개요	12
1. 연구개발 목적	12
2. 연구개발 필요성	12
3. 연구개발 범위	14
가. 최종목표	14
나. 1차년도 목표	14
다. 2차년도 목표	14
라. 핵심연구성과	14
제2장 국내외 기술 개발 현황	16
1. 국가연구개발사업 유사연구 검토	16
가. 사업화과제의 유사연구 검토	16
나. 사업화과제의 차별화 내용	17
2. 국내외 관련 기술 특허 동향	17
3. 국내외 시장분석 및 사업화 전망	18
제3장 연구 수행 내용 및 성과	20
제1절 연구 수행 내용	20
1. ANPR-RADAR OneBody 장비 개발	20
가. 연차별 개발 방법	20
나. 레이더 속도측정원리 및 오차원인	22
다. 영상속도 측정방안	28
2. 다차로 번호 인식	33
가. 레이더의 검지정보를 이용한 다차로 차량번호인식 운영 SW	33
나. 동적 인식영역 추출 기법 적용	35
다. 차량번호 인식 알고리즘 처리속도 개선	37
라. 데이터 분석	44
3. 레이더 출력 가시화	51
가. 영상속도와 레이더 속도 검증 알고리즘 개발을 위한 현장SW	51
나. 레이더와 영상의 공간매칭	51
다. 레이더 데이터 가시화	53
4. 테스트베드(Test Bed) 구축	55
가. 테스트베드 개요	55
나. 구축	55
5. 특허 전략 수립	58
가. Tech Tree	58
나. 특허조사	58
다. 특허 동향 분석	62
라. Impact 평가	65

다. 핵심특허추출 및 활용특허분석	65
6. 영상-레이더 데이터융합방법 및 평가방법	66
가. 영상-레이더 통합 성능평가 개요	66
나. 영상-레이더 통합 성능평가 방법 설계	70
다. 영상 레이더 현장평가 및 실험분석	72
라. 다차로 무인교통단속장비 성능평가 단체표준안 제안	84
제2절 연구 개발 성과	89
1. 기술적 성과	89
가. 레이더와 번호인식률 성능 검증	89
나. 레이더-영상 교통단속장비 성능테스트	91
다. 해외전시회 참가(공동연구기관:한국건설기술연구원)	109
라. 경찰청 무인교통단속장비 납품을 위한 규격개정	110
2. 경제적 성과	115
가. 경량화	115
나. 카메라 일체형으로 구성되어 다양한 방식으로 운영가능	115
다. 가격경쟁력 확보	116
라. 기존 국내고정식 과속단속장비 대비 장점	118
제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	120
1. 목표 달성도	120
가. 최종 성과총괄표	120
나. 핵심성과	121
2. 관련 분야 기여도	123
제5장 연구개발성과의 활용 계획	125
1. 경찰청 무인교통단속장비 활용	125
가. 특징	125
나. 제안	126
2. 터널내 차로변경 위반 단속 장비	127
3. 해외사업 제안(카자흐스탄)	127
가. 버스전용차선 위반 단속	128
나. 꼬리물기 위반 단속	128
다. 정지선 위반 단속	129
라. 신호위반 단속	129
마. 차선위반 단속	130
바. 역주행위반 단속	130
사. 속도위반 단속	131
4. 사업화 추진 전략	131
가. 사업화 능력 및 자원보유	131
나. 사업화 추진계획 및 일정	132
제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	133

1. 해외형 과속 단속 장비 기술수준	133
가. 해외 RFP(request for proposal) 분석	133
나. 레이더 속도측정기 형식승인 및 검교정 방법 조사	139
다. 해외형 제품 개발 목표사양	142
제7장 연구개발성과의 보안등급	143
제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	144
제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적	145
제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적	146
제11장 기타 사항	147
1. ANPR-RADAR Onebody 시제품(해외형/반사번호판형)	147
가. CAD설계	147
나. 제작 및 설치	149
다. 디자인 출원	149
2. ANPR-RADAR Onebody 시제품(국내형/비반사번호판형)	151
가. CAD설계	151
나. 제작 및 설치	151
다. 제품 설계 및 구성	152
3. 연구개발의 유형적 성과	153
가. 특허출원실적	153
나. 논문 게재	159
다. 프로그램 등록	182
라. 국제전시회 참가	183
제12장 참고 문헌	184

제1장 연구개발과제 개요

1. 연구개발 목적

레이더신호처리와 차량번호인식 소프트웨어(Automatic Number Plate Recognition)를 이용하여 다차로 도로에서 개별 차량의 차량번호와 주행 패턴, 주행 속도를 수집, 단속하는 상용화 장비를 개발하고자 한다.

레이더를 이용하여 차량의 주행 경로와 속도를 추적하고, 카메라를 이용하여 주행 경로 녹화, 차량번호 인식, 영상 주행속도를 측정하여, 과속, 신호위반, 주행차로 위반, 끼어들기, 역주행 등의 교통정보 위반 차량을 단속할 수 있는 다차로 무인교통단속장비를 상용화하기 위함이다.

차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로(4차로)를 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로에 대한 차량번호 인식 알고리즘을 구동하기 위한 제어기 또는 스마트 카메라가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어 함체 없이 단일 장비만으로 차량번호, 교통정보 및 개별 차량의 속도, 단속 이미지를 출력해주는 ANPR-RADAR 복합 장비를 상용화하고자 한다.

2. 연구개발 필요성

루프 센서 기반의 기존 교통단속시스템은 설치 시 도로 훼손 및 차량 통제가 필요하다. 또, 철골 구조물인 대형 교량에서는 감도의 저하와 매설 깊이 확보가 불가능하여 설치 및 운영이 매우 어렵다. 일례로 2014년 8월 국민권익위원회는 부산 광안대교 소음 피해(과속 및 폭주 차량, 불법 레이싱) 집단민원 조정을 위해 2016년까지 무인과속 단속장비를 설치토록 중재한 바 있다. 하지만, 부산광역시와 부산지방경찰청은 현수교인 광안대교에 적용할 수 있는 검증된 신기술이 확인되지 않아 무인과속단속장비의 설치에 적극적으로 나설 수 없는 상황이다.(2014. 8. 7, 국민권익위원회 보도 자료)


보도자료



국민권익위원회
고충처리·민원처리·정책홍보·정보공개

홍보담당관실 (T) 02-360-2721~5, 2727
 (F) 02-360-3520

• 2014. 8. 7.(목) • 총 2쪽

작성	경찰민원과
과장 박범석	☎ 02-360-3731
담당 황주환	☎ 02-360-3734

권익위, 부산 광안대교 소음피해 집단민원 조정

폭주 소음 해결위해 2016년까지 무인과속 단속 장비 설치토록 중재

- 국민권익위원회(위원장 이철보)는 7일 오후 과속·폭주차량과 불법 경주(레이싱) 등으로 인해 발생하는 소음피해로 장기간 고통을 겪으면서 대책을 호소해 온 부산 광안대교 주변 주민들의 집단민원을 조정하여 해결방안을 마련하였다.
- 부산 광안대교 소음문제는 2003년 다리 개통 이후 지역주민들로부터 꾸준히 제기되어 온 장기 미해결 집단민원으로, 2007년에는 법원에서 소음피해에 대한 대책이 필요하다는 판례에 광안대교에 적용할 수 있는 입증된 기술이 있는 경우 우선 적용하도록 조정을 한 바 있다.

※ 부산지방법원 강제조정(2007. 12. 10.) 내용- 경찰청이 주민단체 무인카메라, 기타 개발된 피속단속 장비를 시험운용하고, 문제점 등을 검토 보완



그림 1 국민권익위원회 보도자료

차량의 속도를 측정하고, 단속할 수 있는 장비는 매설식 루프 센서 외에 대표적으로 레이저 방식의 단속장비가 있다. 하지만, 차량과 동일한 높이에서 측정하는 이동식 레이저 속도 측정 장비의 경우, 단속 차량이 아닌 다른 차량을 주행하는 차량의 영향을 받기 때문에 다차로 검지가 불가능하다. 루프 센서를 에플레이션 하는 Two-Beam 방식의 고정식 레이더 속도 측정 장비의 경우, 날씨(안개, 강우, 강설 등)에 민감하고 교량의 진동, Pole 구조물의 흔들림에 영향을 받기 때문에 측정 속도의 신뢰성을 확보하기 어려운 문제가 있어, 대형 교량에서 운영하기 어렵다.

레이더 기반의 교통단속 시스템은 루프 센서/레이저 센서에 비해 기후 영향이 적고, 정확성과 빠른 성능을 제공하지만, 전파의 반사, 산란에 따른 오단속이 가능성이 있으며, 가시적으로 모니터링할 수 없는 한계가 있다.

다음과 같이 차량을 검지하는 다양한 장비가 있으나 신뢰성 있는 차량 속도를 측정할 수 있는 장비는 루프, 피에조, 레이저, 레이더 등이 사용되고 있다.

Table 1-2. Traffic output data (typical), communications bandwidth, and cost of commercially available sensors.

Sensor technology	Count	Presence	Speed	Output data	Classification	Multiple lane, multiple detection zone data	Communication bandwidth	Sensor purchase cost ^a (each in 1999 U.S. \$)
Inductive loop	✓	✓	✓ ^b	✓	✓ ^c		Low to moderate	Low ^f (\$500–\$800)
Magnetometer (two axis fluxgate)	✓	✓	✓ ^b	✓			Low	Moderate ^g (\$900–\$6,300)
Magnetic induction coil	✓	✓ ^d	✓ ^b	✓			Low	Low to moderate ⁱ (\$385–\$2,000)
Microwave radar	✓	✓ ^e	✓	✓ ^e	✓ ^e	✓ ^e	Moderate	Low to moderate (\$700–\$2,000)
Active infrared	✓	✓	✓ ^f	✓	✓	✓	Low to moderate	Moderate to high (\$6,500–\$3,300)
Passive infrared	✓	✓	✓ ^f	✓			Low to moderate	Low to moderate (\$700–\$1,200)
Ultrasonic	✓	✓		✓			Low	Low to moderate (Pulse model: \$600–\$1,900)
Acoustic array	✓	✓	✓	✓		✓ ^g	Low to moderate	Moderate (\$3,100–\$8,100)
Video image processor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Low to high ^h	Moderate to high (\$5,000–\$26,000)

그림 2 Traffic Detector Handbook(Publication No. FHWA-HRT-06-108, U.S. Department of Transportation)

다차로 단속이 가능하고, 속도 이외에서도 다양한 교통정보 제공이 가능한 레이더센서는 그 우수한 성능에도 불구하고, 비가시적인 운영 방식, 간혹 발생할 수 있는 Multiple reflection에 의한 오단속의 가능성, 설치 위치에 따른 Cosine effect 보정으로 인해 국내에서 단속장비로서의 신뢰성을 의심받고 있다.

본 연구에서는 레이더장비에 출력되는 속도, 거리, 각도 정보를 바탕으로 100m 이상의 거리부터의 사전탐지로 차량을 추적하며 비가시적인 레이더 정보를 개별 차량에 매칭하여 가시적인 영상으로 표출하여 설치 및 운영, 유지관리에 편리함을 도모하고자 한다. 또, 멀티프레임 차량번호 인식을 통하여 레이더 속도 정보를 검증하여 신뢰성을 확보하고, 시각적인 위반 정보를 제공하여 분쟁의 소지를 사전에 차단할 수 있다.

레이더 신호 처리와 차량번호 인식 소프트웨어(ANPR, Automatic Number Plate Recognition)를 이용하여 다차로 도로에서 개별 차량의 차량번호와 주행 패턴, 주행 속도를 수집, 단속하는 상용화 장비를 개발한다.

레이더를 이용하여 차량의 주행 경로와 속도를 추적하고, 카메라를 이용하여 주행 경로 녹화, 차량번호 인식, 영상 주행속도를 측정하여, 과속, 신호위반, 주행차로 위반, 끼어들기, 역주행 등의 교통정보 위반 차량을 단속할 수 있는 다차로 무인교통단속장비를 상용화하는 것이다

차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로를 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로에 대한 차량번호 인식 알고리즘을 구동하기 위한 제어기 또는 스마트 카메라가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어 함체 없이 단일 장비만으로 차량번호, 교통정보 및 개별 차량의 속도, 단속 이미지를 출력해주는 ANPR-RADAR 복합 장비를 상용화한다.

3. 연구개발 범위

가. 최종목표

레이더 신호 처리와 차량번호 인식 소프트웨어(ANPR, Automatic Number Plate Recognition)를 이용하여 다차로 도로에서 개별 차량의 차량번호와 주행 패턴, 주행속도를 수집, 단속하는 상용화 장비를 개발

나. 1차년도 목표

영상과 레이더 센서에서의 데이터 간 융합을 위해서 공간 매칭 기능 구현 및 GUI(Graphic User Interface) SW 개발하였고, 레이더에서 생성된 개별 차량에 대한 위치(거리, 각도) 정보 기반의 다차로 차량번호 인식 알고리즘의 구현하였다. 이러한 연구과정에서 도출한 아이디어는 다수의 특허로 출원하였다.

- 멀티프레임에서 차량 번호판 픽셀 이동 거리 측정을 통한 레이더 속도 정보 검증 기술 확보(특허등록 10-1291301)
- 다차로 레이더 속도 검증을 위한 테스트베드 구축

다. 2차년도 목표

스마트 카메라 내에서 DSP를 활용한 차량번호 인식 알고리즘 이식
스마트 카메라 차량번호 인식 결과와 레이더 교통/단속 정보를 이용한 응용 제품 상용화
카메라 내 DSP 기반의 ANPR과 리눅스 기반의 레이더-차량번호 인식 융합제어기 일체형의 ANPR-RADAR 복합 장비를 개발하고 이를 상용화
다차로 레이더 성능 검증을 위한 인증 방법 확보

라. 핵심연구성과

다차로 번호인식 소프트웨어와 레이더 센서를 융합한 단속장비의 소프트웨어 개발과 무인교통단속장비 개발이 핵심적인 성과이다. 본 연구에서는 개발과 동시에 현장시험을 거쳐

제품의 완성도를 높이기 위한 연구를 지속적으로 추진하였고, 2년 동안의 연구 끝에 다차로 무인교통단속장비를 상용화하였다.

다차로 차량번호 인식-레이더 복합형 교통정보 가시화(GUI) S/W

다차로 차량번호 인식-레이더 복합형 무인교통단속장비 상용 제품(예: 과속단속장비)

제2장 국내외 기술 개발 현황

1. 국가연구개발사업 유사연구 검토

가. 사업화과제의 유사연구 검토

국가연구개발사업 중에서 유사사업으로 검색한 것은 아래와 같이 3건이 있으나, 모두 개발 목표와 상용화 제품이 다른 유형인 것으로, 본 사업과는 중복되지 않는다. 검색한 3건의 과제와 본 연구사업과의 차별성을 과제별로 상세하게 분석하여 과제 중복성이 없다는 점을 기술하였다.

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비고
산업통상자원부	계량, 측정기술고도화 사업	과속단속용 이동식 다차선 속도 측정기 개발	2.8	2014년
중소기업청	투자 연계 멘토링 초 기기업 기술개발사업	다차선 단속 카메라를 이용한 지능형 가변제한속 도 시스템 개발	1.7	2014년
중소기업청	기술혁신개발사업	센서 복합형 다차로 도로교통 및 방법 정보 획득 장비 개발	2.9	2014년

표 1 사업화 과제 유사연구 검토

다차로 과속단속을 위한 속도 측정기 개발이 추진되고 있음. 다차로 과속단속장비 개발에 관한 이슈는 그 동안 경찰청과 도로교통공단 등 유관 기관을 중심으로 꾸준히 제기되고 있음. 해외의 레이더 업체도 국내 유관 기관과 시연을 통해 장비를 선보이고 있지만, 국내 경찰청 규격에 만족하는 레이더 단속장비는 없음.

“과속단속용 이동식 다차선 속도측정기 개발” 과제는 레이저를 이용한 다차로 단속장비 개발 과제임. 본 제안 과제와 다차로 단속이라는 목적은 유사하지만, 차량번호 인식 기능이 없고, 기술적인 내용과 최종 개발 목표가 다름.

“다차선 단속 카메라를 이용한 지능형 가변 제한 속도 시스템 개발” 과제는 초고해상도 (12M 픽셀) 카메라를 이용한 차량번호 인식 시스템 중심이며, 속도 측정 방법에 대한 개선 방법은 제안되지 않아, 기술적인 내용과 최종 개발 목표가 다름.

“센서 복합형 다차로 도로교통 및 방법 정보 획득 장비 개발” 과제는 마이크로웨이브센서 (레이더 센서)를 이용한 Object Tracking 알고리즘 개발 및 다차로 영상 취득 및 개별 차량 영상 분리 기능 개발, 차량번호판 탐색 및 인식 엔진 개발을 목표로 하고 있어, 본 제안 과제와 일부 유사함. 하지만, 단속장비를 위한 목적이 아니며, 속도 보정 방법, 설치, 운영 방법을 기술하고 있지 않음.

나. 사업화과제의 차별화 내용

다차로 촬영 장비, 단속장비에 대해서 일부 유사 연구가 진행되고 있지만, 레이더의 도플러 방식 속도 측정과 멀티프레임 차량번호 인식 알고리즘을 이용한 픽셀 거리 측정 방식의 다중 속도 검증 모듈을 탑재하여 신뢰성을 배가시키고, 카메라, 레이더, 제어기 일체형(One-Body)으로 구성하여 기존 구조물을 이용하여 설치가 가능한 다목적의 무인교통단속장비를 개발하는 본 사업화 과제와는 완전히 차별이 된다. 따라서 본 연구사업과는 중복성이 없는 것으로 판단할 수 있다.

주관기관의 등록 특허 “영상 및 레이더를 이용한 차량 속도 측정 시스템(등록번호 10-1291301)”와 관련된 유사 과제는 검색되지 않았으며, 특히 이번 연구 제안은 본 특허를 바탕으로 레이더의 속도를 재검증하여 엄격한 단속장비 기술 기준을 만족시키고자 함. 레이더의 속도를 재검증하는 구체적인 방법으로 설치 정보(설치 높이, 각도)와 레이더 정보(검지 거리, 수평각도, 수직 각도, 이동 거리), 카메라 정보(카메라 해상도, 렌즈 화각 등)를 인자로 하고, 이동 거리를 픽셀 기준으로 환산하여 속도를 계산하는 것이 본 과제의 핵심 개발 목표이다.

더 나아가, 스마트 카메라 내에서 실시간 다차로 차량번호 인식 알고리즘을 수행하여, 차량번호 인식을 위한 별도의 제어기가 없는 일체형(One-Body)의 장비를 개발하여, 설치 장소에 구애받지 않고, 기존의 구조물을 재활용하거나 해외수출의 용이성을 확보하고자 함에 있어, 유사 연구 과제의 내용과 목적을 달리하고 있다.

2. 국내외 관련 기술 특허 동향

국내에 등록된 특허는 대부분 영상검지시스템, 다차로 차종 분류, 다차로 요금징수방법에 관련된 특허이며, 다차로 단속장비 관련 특허는 대부분 루프, 레이저 센서 등을 다차로에 맞게 구성하여 단속한다는 아이디어 특허로, 분쟁 가능성이 없다. 레이더 정보와 영상정보를 융합하는 특허는 건아정보기술과 한국건설기술연구원이 보유하고 있다.

특허명	출원번호	출원인
영상 및 레이더를 이용한 차량 속도 측정시스템	10-1291301	건아정보기술
화상처리를 이용한 교통정보 검지방범 및 장치	10-0207009	엘지산전주식회사
영상매칭방법과 이를 이용한 무인 교통단속시스템	10-1248834	도로교통공단, 휴엔에스(주)
영상 기반의 비검지식 차량 인식 시스템 및 차량 인식방법	10-1038669	(주)알티솔루션
다차로 단속 시스템	10-1248835	도로교통공단
다차로 속도감지 시스템 및 그 방법	10-1288264	전세영,이구형
비접촉식 다차선 무인 속도 감지기	10-0501607	(주)사운드 테크 엔터

		프라이즈
다차선 과속 차량 감시시스템	10-1376493	김효찬
Traffic alert police radar	07409294	미 국 , A p p l i e d Concepts Inc.

표 2 국내외 관련 특허 동향

주관기관인 건아정보기술(주)의 관련 등록특허를 바탕으로 사업화를 진행하여, 특허 분쟁과 관련된 소지가 없다고 판단한다.

3. 국내외 시장분석 및 사업화 전망

해외 주요업체 개발 현황(무인교통단속장비)을 조사하여 정리하였다. 국내와는 달리 해외에서는 다수의 장비가 개발 중이며, 새로운 성능의 신기술 제품을 현장에 적용하는 관련 기준을 개정하는데 적극적이다.

업체명/국가	주요제품	특징
Gatsometer /네델란드		세계최초로 무인교통단속장비를 제작한 업체
Jenoptik(Robot) /독일		Smart camera와 Radar 센서가 일체화된 제품. 전세계 주요 사업의 RFP에 영향 Radar와 Smart 카메라에 관한 세계 최고 기술 보유

Sensys /스웨덴		카메라, 레이더, 조명 일체형의 미려한 디자인이 특징
Cordon /러시아		해외 전시회와 유튜브를 통하여 다차로 레이더 검지, 다차로 번호 인식을 시연하여 높은 관심을 받고 있음

표 3 해외 주요업체 개발 현황

세계시장은 아직 유럽업체들이 주도하고 있음. 유럽형 제품은 대부분 고가의 레이더 제품군과 저가의 루프센서를 사용하는 방식으로 구성하며, 10M급 이상의 초고해상도 카메라를 사용하여 다차로 단속을 기본으로 하고 있음. 또한 Inner Rack 구조를 채용 Plug and Play방식의 편리성과 도시 미관을 고려한 미려한 디자인이 특징이 있다.

최근 고성능 레이더 기술을 기반으로 한 러시아 제품이 두각을 나타내고 있으며, 가격 경쟁력을 무기로 중국에서도 많은 제품이 출시되고 있으나 중국 자체 시장에만 주로 공급하고 있다.

해외의 주요 업체들은 한국의 폐쇄적인 기술 기준, 한글/비반사 번호판의 인식 문제와 작은 시장 규모 때문에 국내 시장에 진입하고 있지는 않는다. 또한 국내 업체들도 유럽 국가의 업체들의 다차로 기술 기준에 적합하지 않기 때문에 해외시장 개척에 어려움을 겪고 있는 것으로 판단한다.

제3장 연구 수행 내용 및 성과

제1절 연구 수행 내용

1. ANPR-RADAR OneBody 장비 개발

가. 연차별 개발 방법

1차년도는 제어기와 카메라가 분리되어, 제어기에서 차량번호인식 알고리즘과 영상속도 보정기능을 수행한다.

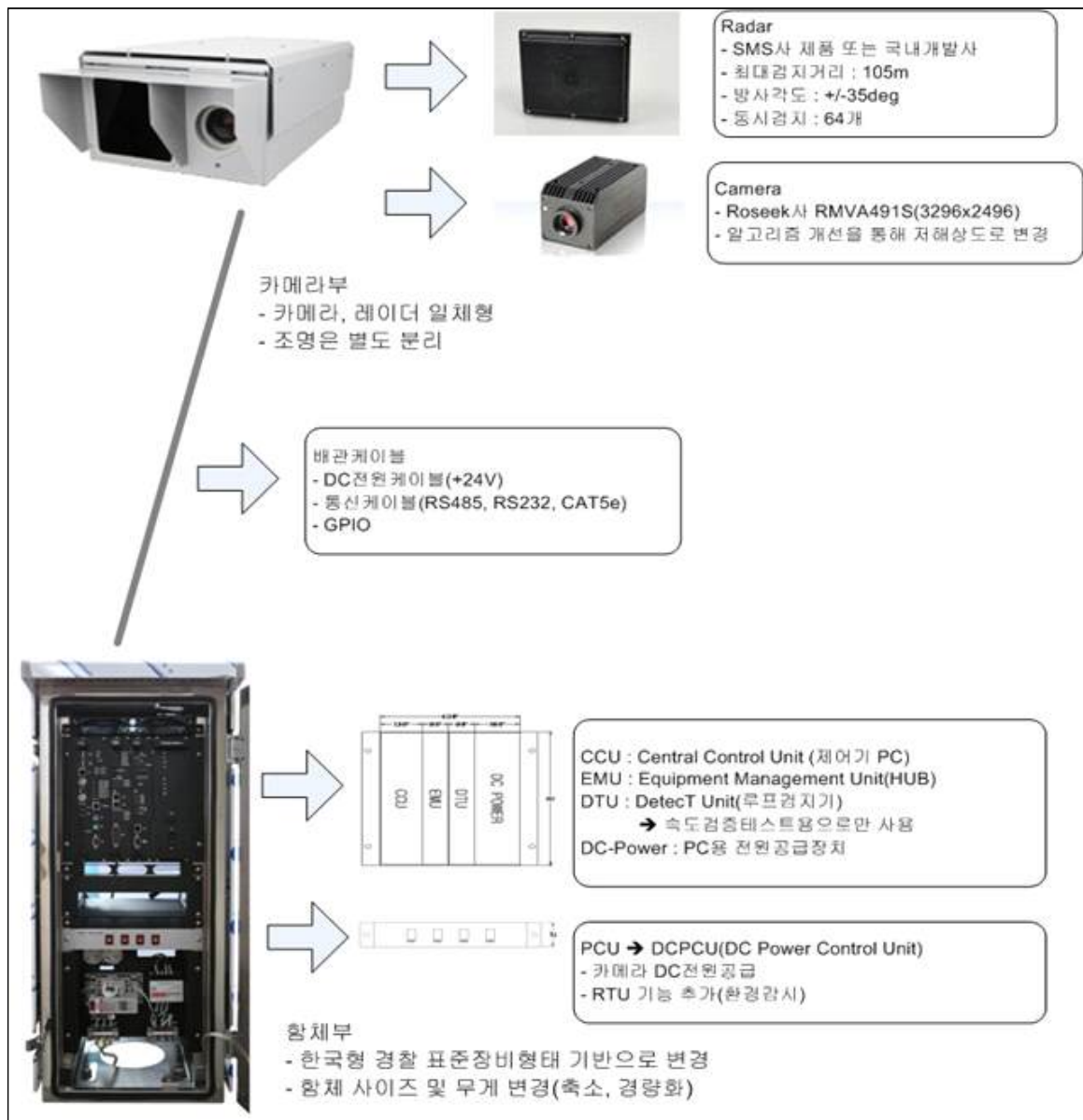


그림 3 1차년도 시스템 구성안

+

2차년도에서는 제어기에서 수행하던 모든 기능을 카메라 하우징내로 이전하여, One-Body형의 ANPR-RADAR 장비를 개발하였음

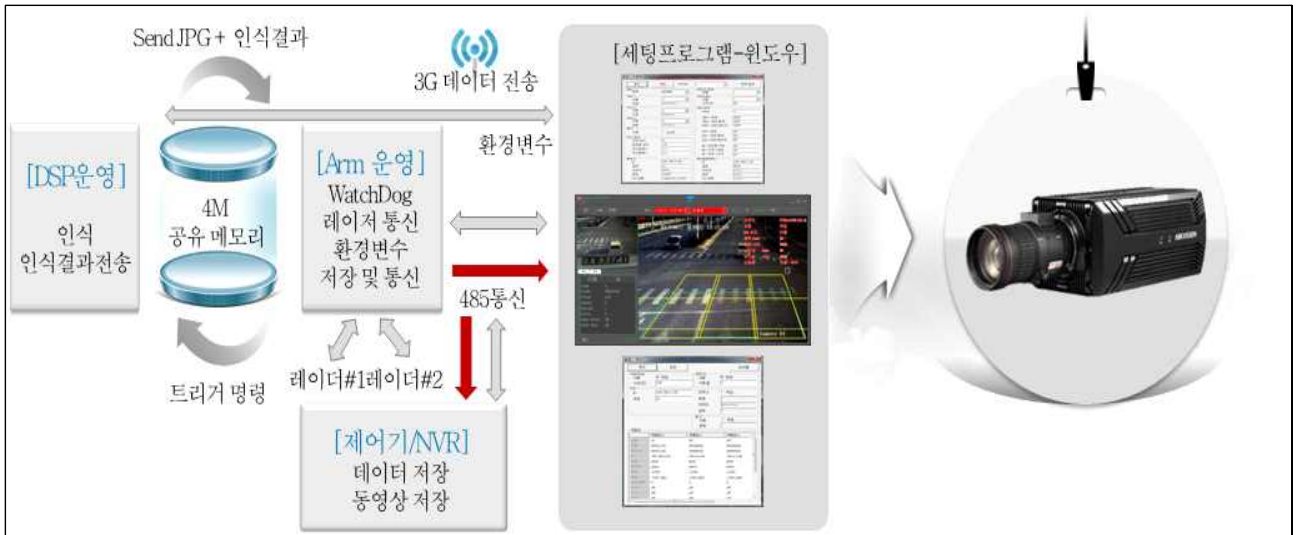


그림 4 2차년도 시스템 내부구성



그림 5 2차년도 시스템 구성

나. 레이더 속도측정원리 및 오차원인

(1) 다차로 레이더의 속도측정 원리

(가) 속도측정

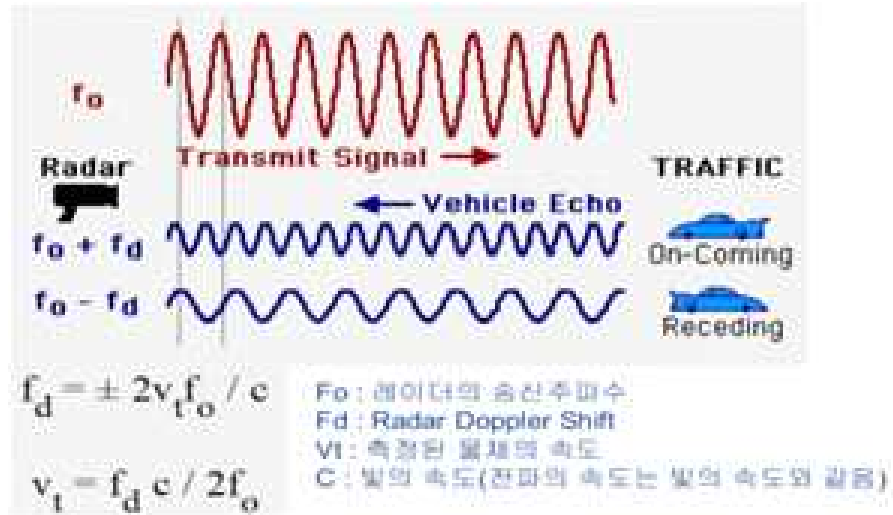
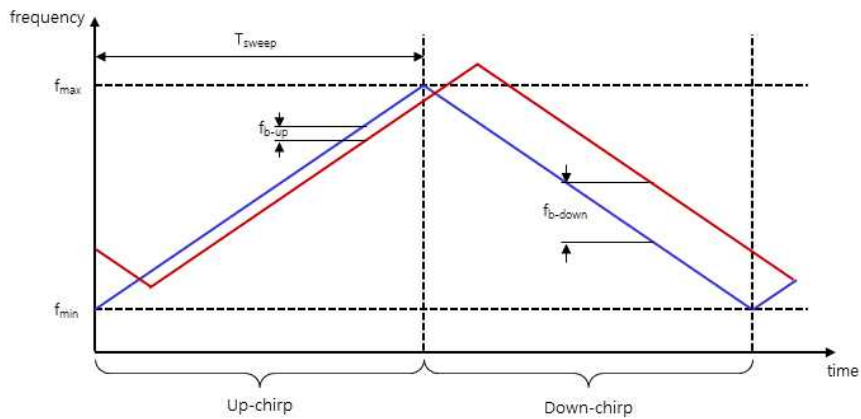


그림 6 레이더 속도측정 기본원리



$$\begin{aligned}
 f_{b\text{-up}} &= f_R - f_D = \frac{T_R \cdot B}{T_{\text{sweep}}} - \frac{2v_{\text{rel}}}{\lambda} \\
 f_{b\text{-down}} &= f_R + f_D = \frac{T_R \cdot B}{T_{\text{sweep}}} + \frac{2v_{\text{rel}}}{\lambda}
 \end{aligned}
 \Rightarrow
 \begin{aligned}
 R &= \frac{c}{4\mu} (f_{b\text{-up}} + f_{b\text{-down}}) \quad \text{where } T_R = \frac{2R}{c}, \mu = \frac{B}{T_{\text{sweep}}} \\
 v_{\text{rel}} &= \frac{\lambda}{4} (f_{b\text{-up}} - f_{b\text{-down}})
 \end{aligned}$$

그림 7 레이더 속도정보 추출 (FMCW 레이더)

(나) 거리측정

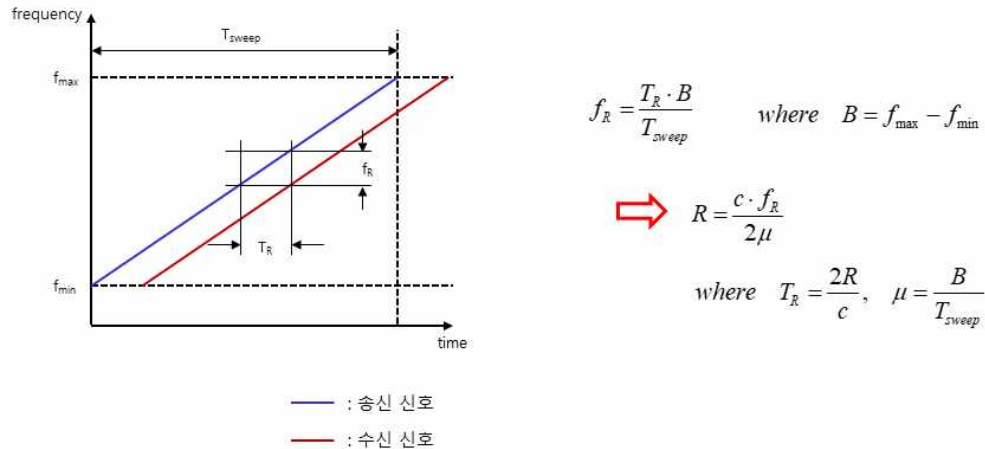


그림 8 레이더 거리측정의 기본 원리

송신주파수가 시간축에 비례해서 항상 변화하는 방식의 FMCW 레이더는 차량의 유무를 판단할 수 있을 뿐만 아니라, 움직이지 않는 차량도 검지할 수 있다. 또한 일반적인 레이더와 마찬가지로 도플러 효과를 이용한 속도측정이 가능하다.

(다) 각도측정

정확한 차량의 위치를 판단하기 위해서는 레이더의 위치로부터의 거리와 각도가 필요하다. 차량의 수평위치를 파악하기 위해(각도를 측정하기 위해) 레이더는 2개 이상의 안테나가 필요하다.

■ Extraction of target angle_[5]

- Linear array antenna
 - target과 antenna boresight의 각도차이에 따라 생기는 각 수신채널의 delay (위상 차)를 이용
- DOA estimation methods
 - Beamforming
 - Capon's minimum variance estimation
 - Linear Prediction
 - Eigen vector Based technic (MUSIC)

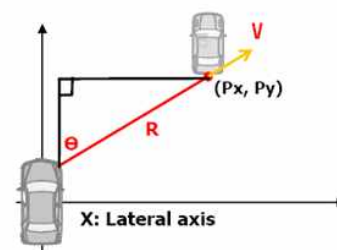
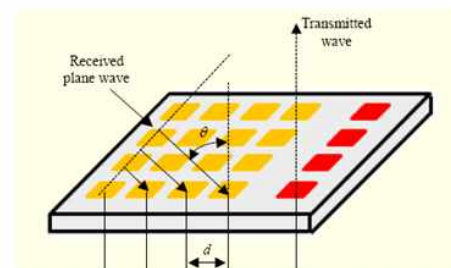


그림 9 레이더 각도 측정의 원리

(라) 추적알고리즘

FMCW레이더를 이용해서 차량의 속도와 거리정보를 추출하고, 2개 이상의 안테나로부터 차량의 각도를 측정해낸다. 이 데이터는 다수의 노이즈 정보를 포함하고 있으며, 아래 그림 10과 같은 분포를 보이게 된다. 레이더는 Kalman filter와 같은 자체 신호처리를 통해서 적정한 차량의 속도를 계산해낼 수 있다.

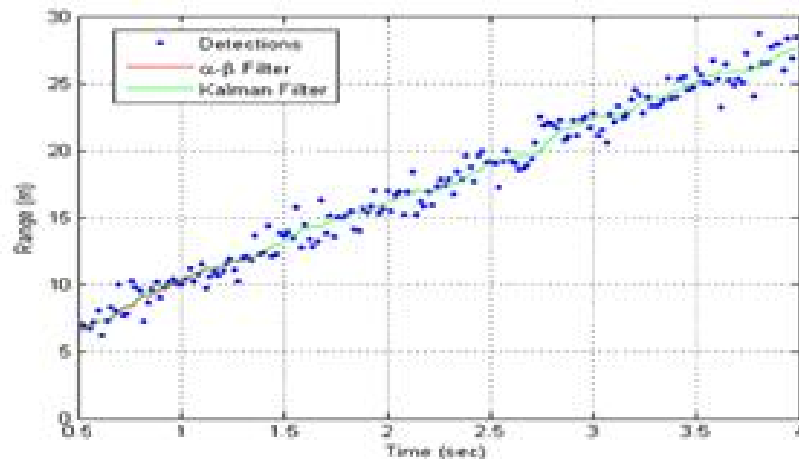


그림 10 연속된 레이더 추적값을 이용한 오차보정

(마) 개별차량속도산출

개별차량의 속도 산출은 레이더에서 수집된 정보를 취합하여 신호처리하는 과정에서 출력될 수 있다. 거리정보, 속도정보를 이용해 개별차량을 분리하고, 이 데이터를 시간에 따라 연속적으로 추적해 개별차량을 분리해 낸다.



그림 11 개별속도 산출예(www.smartmicro.de, Traffic Radar)

(2) 다차선 레이더의 속도오류 원인

(가) 소프트웨어 알고리즘 성능

하나의 레이더에서 다수의 차량속도를 측정하는 경우, 수신된 전파를 분석하는 소프트웨어 처리과정을 거치게 된다.

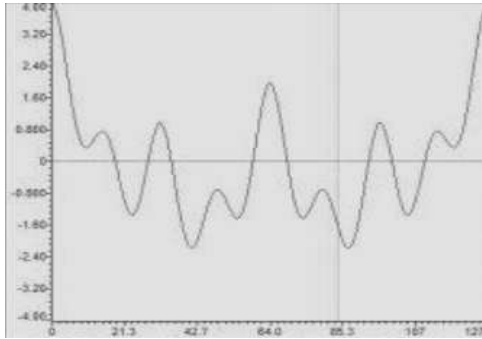


그림 12 Received radio frequency

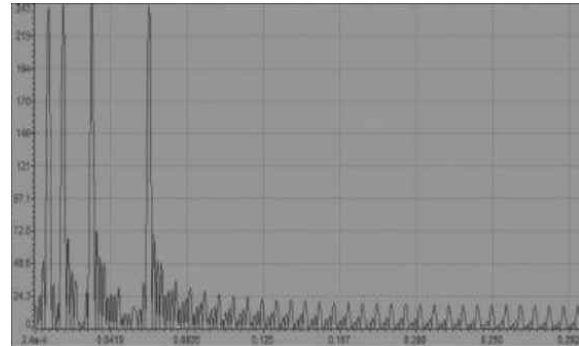
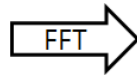


그림 13 Frequency analysis, such as FFT

예를 들면, 위 그림13에서와 같이 주파수 분석을 통해서 4대의 차량이 레이더 검지영역 내에 있음을 확인할 수 있다.

이 방법만으로는 동일한 속도로 주행하는 차량을 구분할 수 없다. 따라서 측정된 속도가 어느 차량에 의한 것인지 구분하기 위해, FMCW(or FSK)를 사용해 분석한다. 또한 동일한 속도로, 동일한 거리에서 주행하는 차량을 구분하기 위해, 두 개 이상의 수신기를 사용하기도 한다. Multi-Lane Radar를 구현하기 위해서는 Doppler-Speed, Range, Angle 측정이 필요하다. 또한 에러를 줄이기 위한 적절한 Filter algorithms과 Target tracking algorithms이 구현되어야 한다.(보통 수십미터 떨어진 곳에서부터 Tracking을 시도하게 된다.)

다차선 속도 측정 레이더는 물리적인 속도 측정인 아닌 하드웨어와 소프트웨어 알고리즘의 조합이다. 따라서 장비의 신뢰성은 내부 알고리즘성능의 영향을 받게 된다.

(나) 물리적 원인

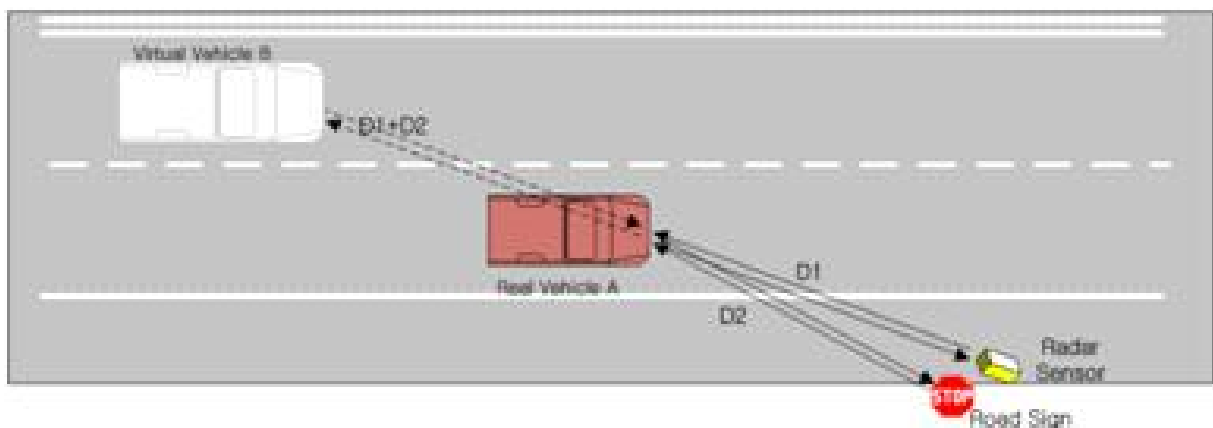


그림 14 Radar Multiple Reflection Case1

D1 : Distance between Radar and Real Vehicle A

D2 : Distance between Real Vehicle A and Road Sign, Signal Lamp, etc.

Virtual Vehicle B : virtual image made by multiple reflection

Real Vehicle A의 Speed는 Road Sign에 반사된 전파의 영향을 받아 정확성을 보장할 수 없으

며, Virtual Vehicle B는 비어있는 도로를 촬영하거나 임의의 다른 차량을 촬영하여 잘못된 속도를 측정할 수도 있다.

① Multiple Reflection Case2

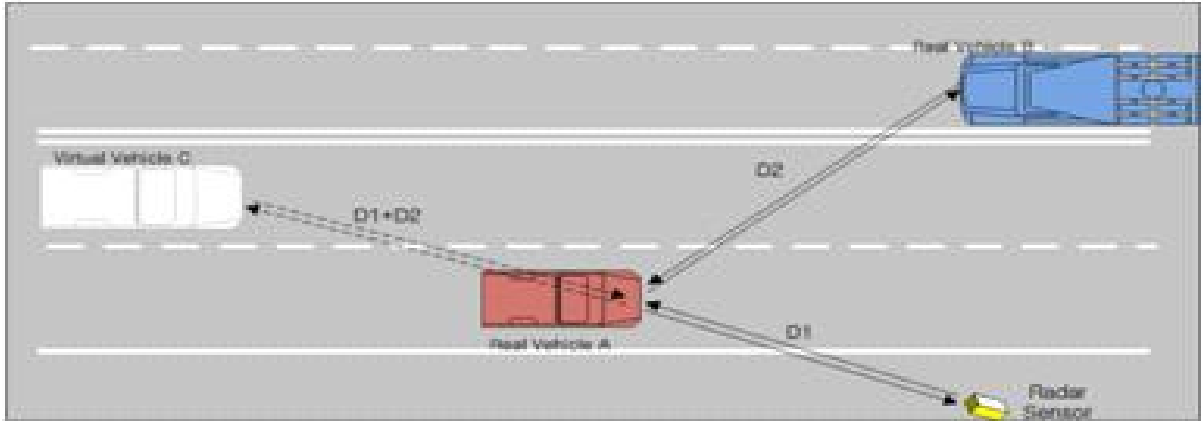


그림 15 Radar Multiple Reflection Case2

D1 : Distance between Radar and Real Vehicle A

D2 : Distance between Real Vehicle A and Real Vehicle B

Virtual Vehicle C : virtual image made by multiple reflection

Real Vehicle A의 Speed는 Real Vehicle B의 속도에 간섭을 받아 정확성을 보장할 수 없으며, Virtual Vehicle C는 비어있는 도로를 촬영하거나 임의의 다른 차량을 촬영하여 잘못된 속도를 측정할 수도 있다.

② Cosine Effect

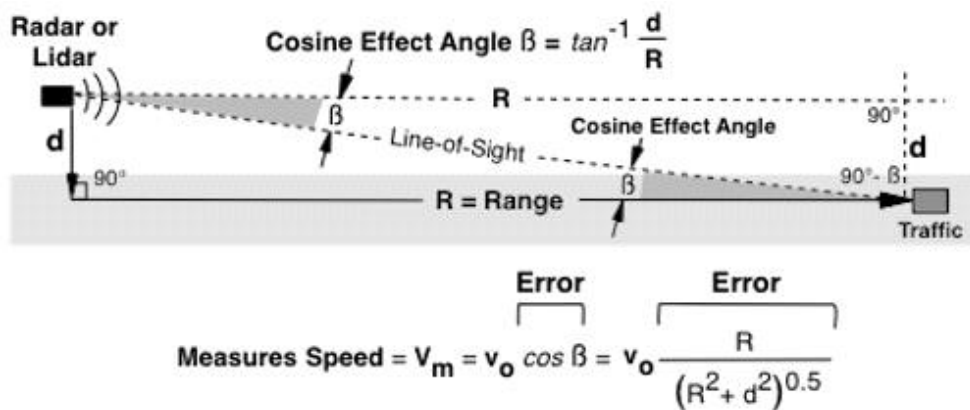


그림 16 Cosine Effect

Road-side에서 레이더나 레이저 센서를 사용해서 속도를 측정하는 경우, cosine effect에 의해 속도오차가 발생합니다.

레이더와 가까운 차선은 비교적 데이터를 신뢰할 수 있지만 Multi-Lane에서 레이더와 먼 차선은 소프트웨어적인 보상과정이 필요합니다.

③ 차량레이더와의 간섭

차량용 레이더 보급이 보편화됨에 따라, 차량 간, 차량과 무인교통단속장비간의 간섭신호에 따른 영향 발생한다. Direct path에 따라 수신되므로 일반 수신신호에 비해 상대적으로 큰 Power Level을 갖게 된다.

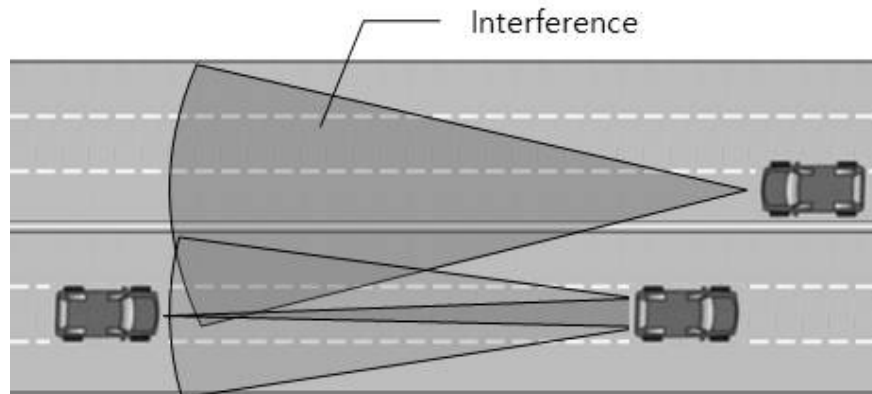


그림 17 레이더간의 간섭(차량-단속장비)

(3) 레이더 속도오차 실증 평가(Loop vs Radar)

번호	레이더 검지 시간	루프 검지 시간	차선	레이더 속도	루프 진입속도	속도 차이	루프 진입속도	루프 진출속도	루프 평균속도	비교	평균속도	평균	평균의 제곱
121.40.06.303		21.40.7.442	2	51.1	53.19	-2.09	53.19	53.1	53.14	1.034453782	-1.065546218	1.04890555	
221.40.10.004		21.40.10.479	1	66.6	67.7	-1.1	67.7	68.88	68.29	0.034453782	-1.065546218	0.00118706	
221.40.14.304		21.40.14.768	1	68	69.75	-1.75	69.75	71.52	70.63	0.684453782	-1.065546218	0.46847698	
421.40.20.306		21.40.20.963	2	59.4	60.38	-0.98	60.38	56.52	58.45	-0.08554622	-1.065546218	0.00731816	
●													
●													
11521.51.59.146		21.51.59.664	2	106.2	110.15	-3.95	110.15	108.99	109.57	2.884453782	-1.065546218	8.32007362	
12621.51.58.999		21.52.0.302	1	59.8	60.76	-0.96	60.76	60.14	60.45	-0.10554622	-1.065546218	0.01114	
12121.52.05.494		21.52.5.344	1	62.3	64.36	-2.06	64.36	62.75	63.55	0.994453782	-1.065546218	0.98899832	
평균				56.4898305	57.66908333	-1.06555	57.66908333	57.35641667	57.51008333	-4.11425E-19	평균의 제곱의 합	106.801739	
레이더 검지율	121개 중 371miss		0.98									불산	0.882659
												표준 편차	0.93949934

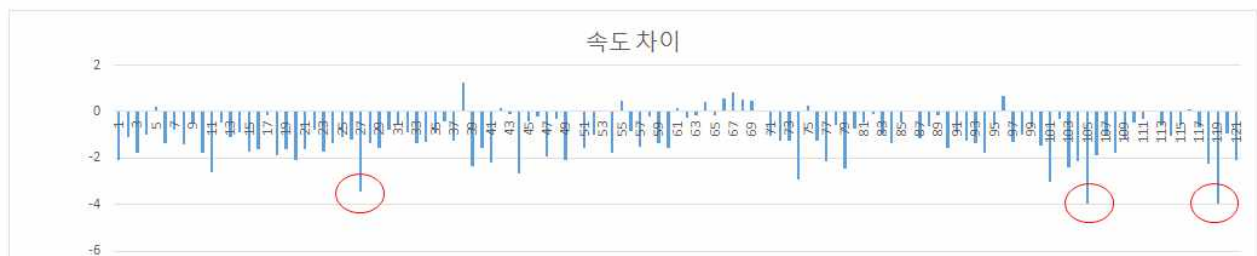


그림 18 레이더 속도오차 실증 평가(Loop vs Radar)

- 30 m 에서 Roseek 카메라 트리거 모드로 영상 캡처 (트리거 신호는 SMS 레이더 29~30m 일 때)
- 진입 30m 루프, 진출 25m 루프에서 속도 검출
- 속도 비교는 30m 거리에서 도출함 (진입루프 속도와 비교)
- 총 121 개 데이터 중 3 대는 레이더 검지 miss (118 / 121 = 98% 검지율)
- 레이더와 루프의 평균 속도 차이는 약 1 km/h
- 레이더와 루프의 최대 속도 차이는 3.95 km/h

다. 영상속도 측정방안

(1) 영상속도 측정을 위한 기본 개념설계



그림 19 영상속도 측정을 위한 기본 개념

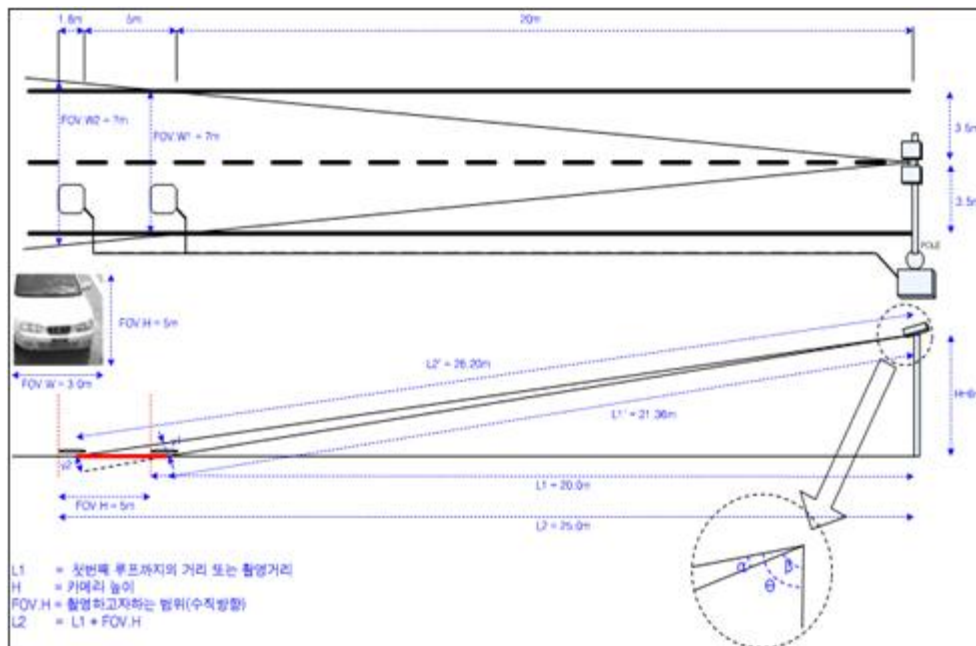


그림 20 카메라 설치정보

카메라의 설치정보(높이, 각도)와 카메라 정보(해상도, 렌즈화각)등을 파라미터로 하고 이동거리를 픽셀기준으로 환산하여 속도를 계산한다.

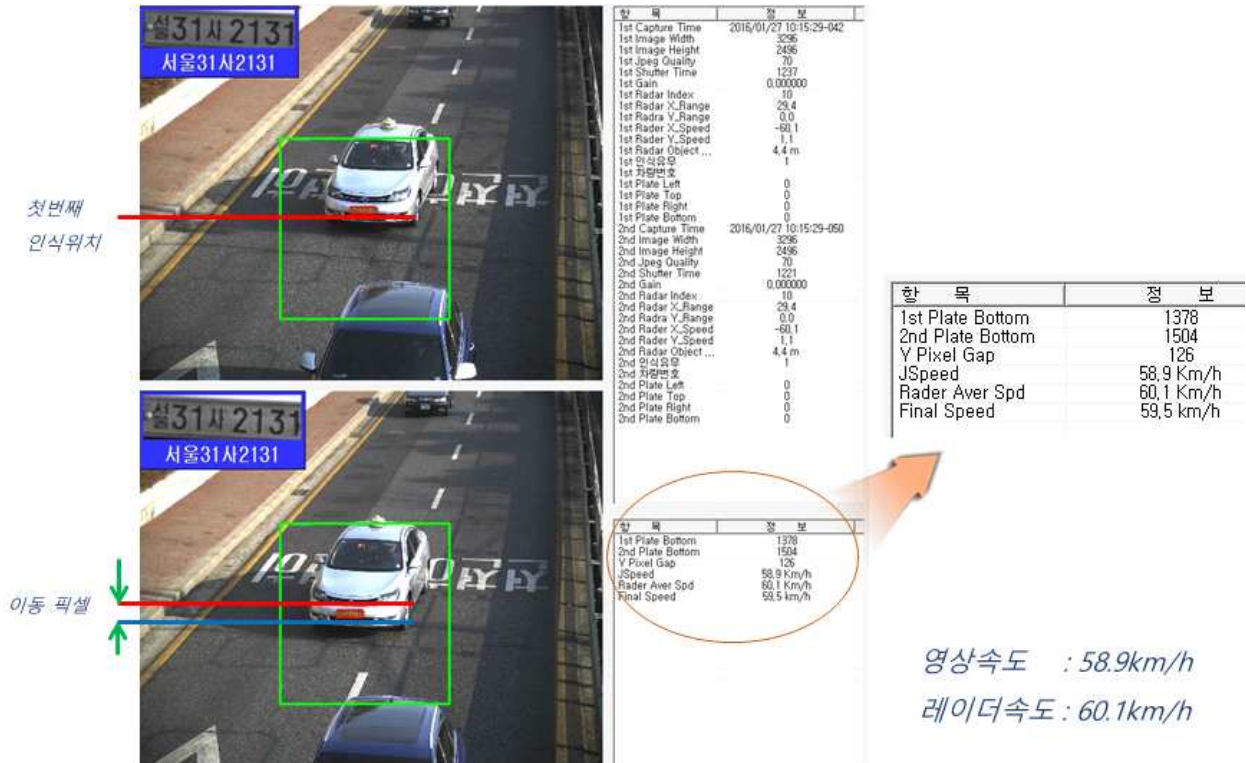
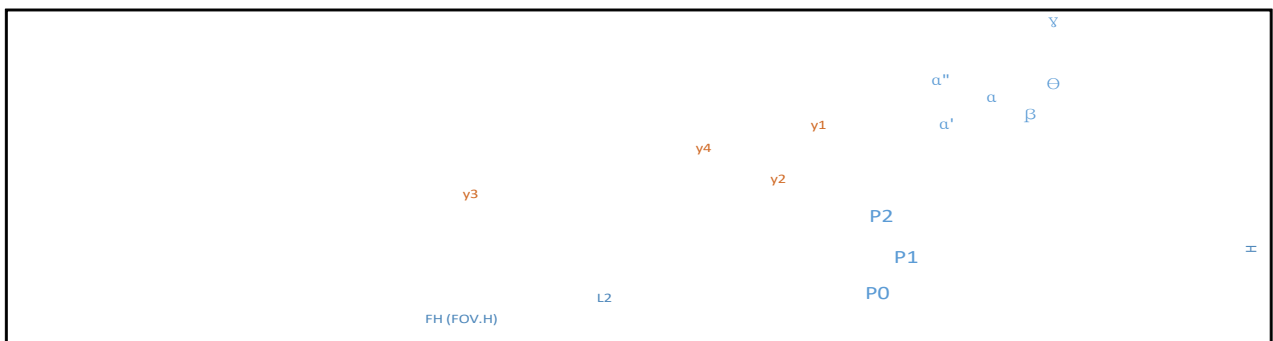


그림 21 영상속도측정을 위한 운영프로그램 구성

(2) 픽셀거리의 보정



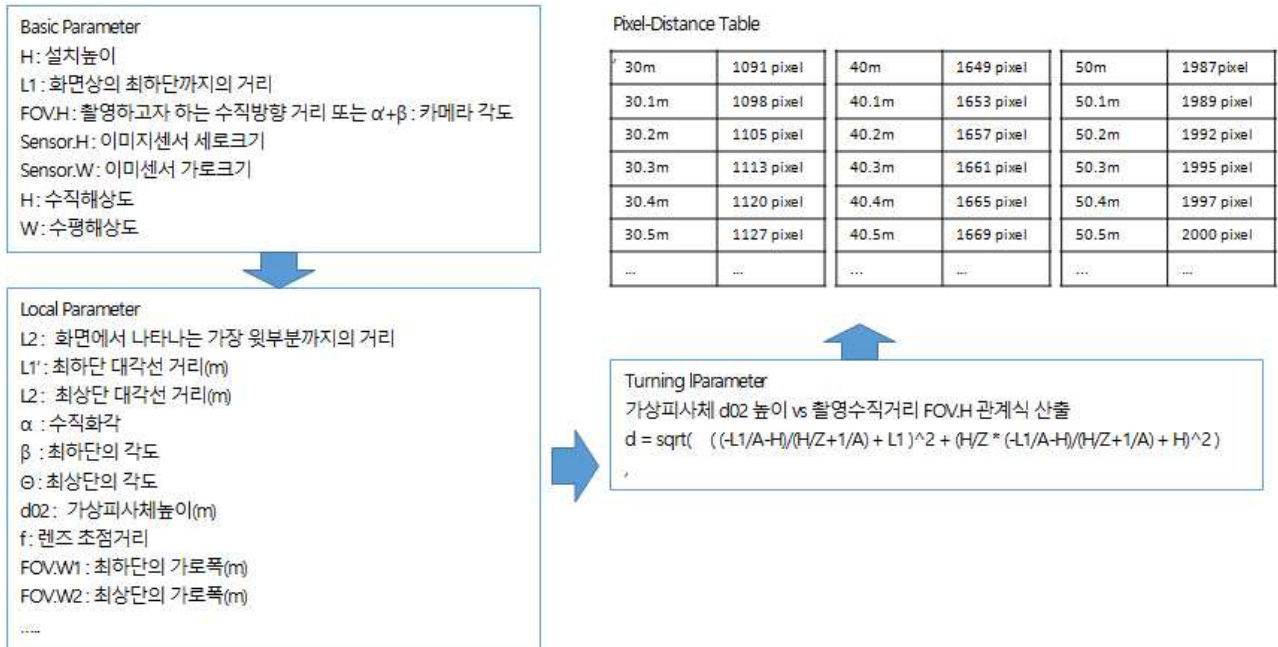


그림 22 Pixel vs Distance Table 생성

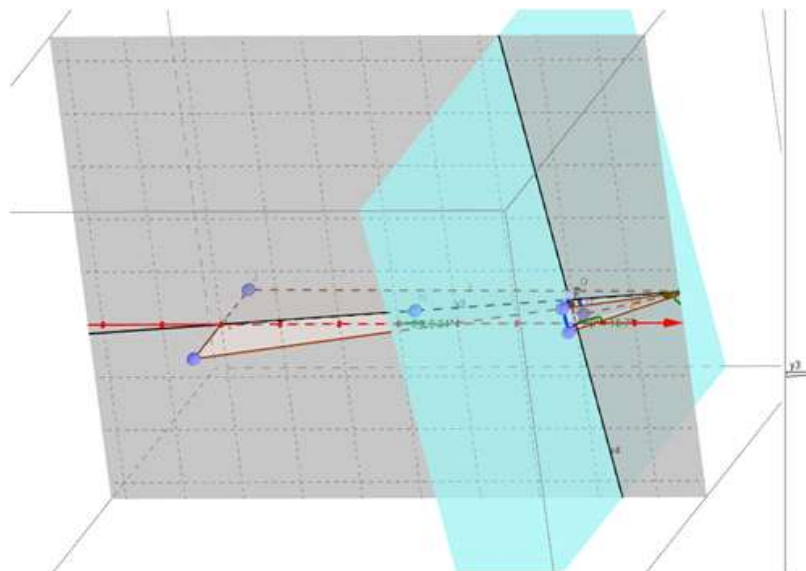


그림 23 설치파라미터의 3차원 모델링

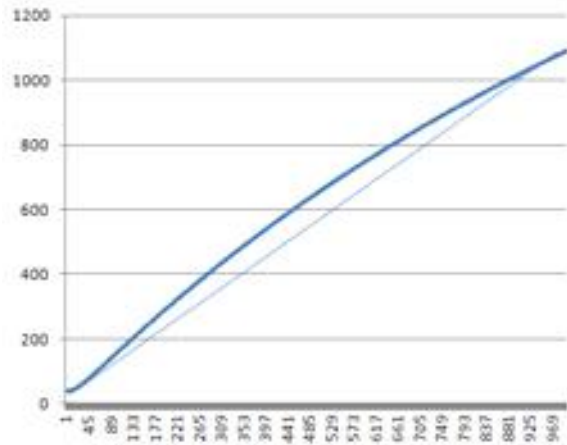


그림 24 distance vs pixel (20m)

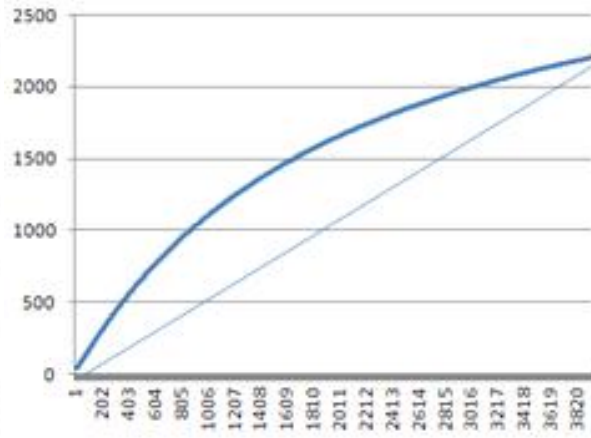


그림 25 distance vs pixel (60m)

(3) 수평이동에 대한 보정

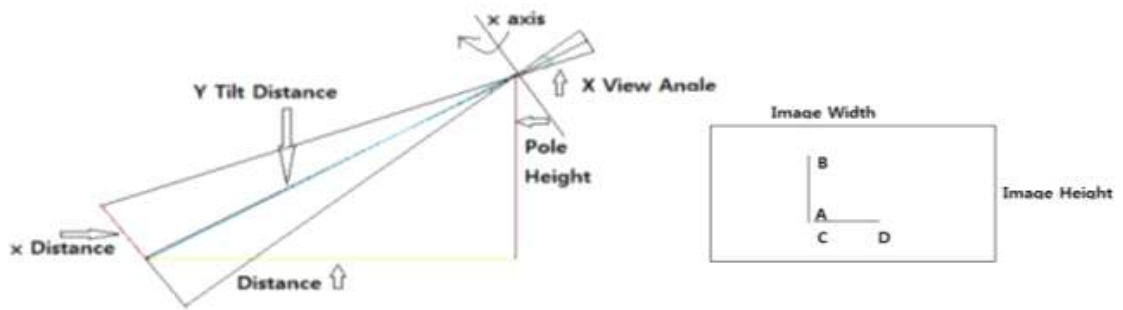


그림 26 수평이동에 대한 보정

- X View Angle 구하기

$$\tan (X \text{ View Angle } / 2) = (X \text{ CCD Size } / 2) / \text{Focal Length}$$

$$X \text{ View Angle} = 2 \operatorname{atan} (X \text{ CCD Size } / (2 * \text{Focal Length}))$$

- X 픽셀 하나 당 화각 구하기 (X Delta Angle)

$$X \text{ Delta Angle} = X \text{ View Angle} / \text{Image Width}$$

- Y Tilt Distance 구하기

$$Y \text{ Tilt Distance} = \operatorname{root} (\text{Distance} * \text{Distance} + \text{Pole Height} * \text{Pole Height})$$

- x Distance 구하기 (C, D 지점의 X 거리)

$$C_x \text{ Distance} = Y \text{ Tilt Distance} * \tan (X \text{ Delta Angle} * (C \text{ 지점의 } X \text{ 위치} - \text{Image Width} / 2))$$

$$D_x \text{ Distance} = Y \text{ Tilt Distance} * \tan (X \text{ Delta Angle} * (D \text{ 지점의 } X \text{ 위치} - \text{Image Width} / 2))$$

차량의 실제 이동 거리 (Real Distance)

$$\text{Real Distance} = \operatorname{root} (((A-B) * (A-B)) + ((C-D) * (C-D)))$$

(4) 번호판 높이에 따른 보정

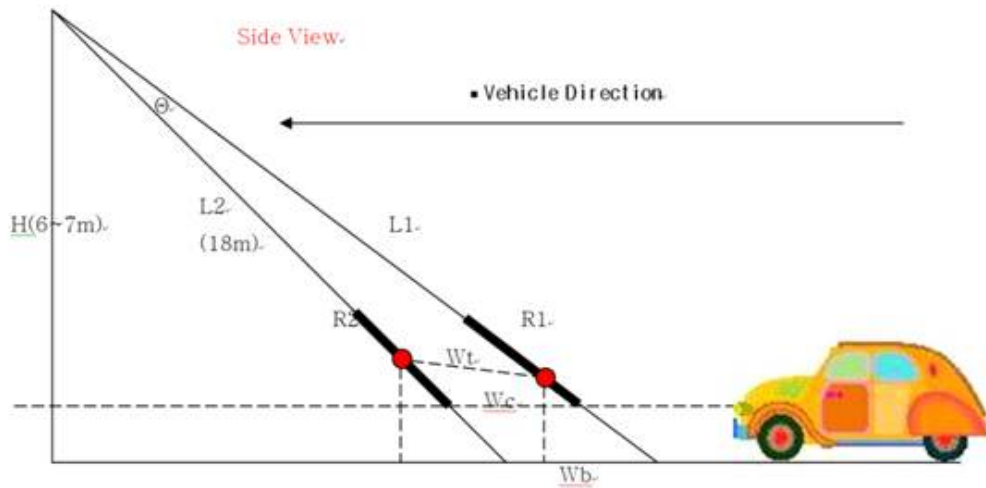


그림 27 번호판 높이에 따른 보정

(5) 영상속도 측정 시퀀스

<Sequence Flow>

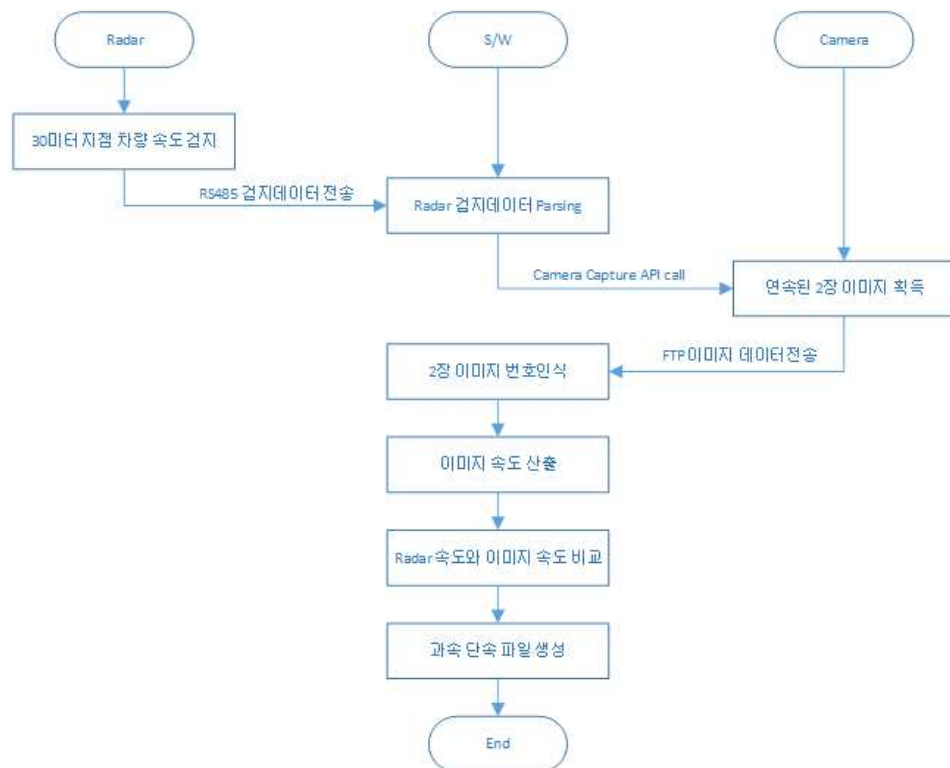


그림 28 영상속도 측정 시퀀스

2. 다차로 번호 인식

가. 레이더의 검지정보를 이용한 다차로 차량번호인식 운영 SW

2대 이상의 카메라에서 불규칙하게 들어오는 다차로 차량영상에서 효율적으로 번호인식을 수행하기 위해 FTP를 이용하여 비동기적으로 처리한다. 이를 위해서 FTP로 전송되는 영상파일에는 영상과 레이더에 대한 모든 정보가 삽입되어있어야 한다.

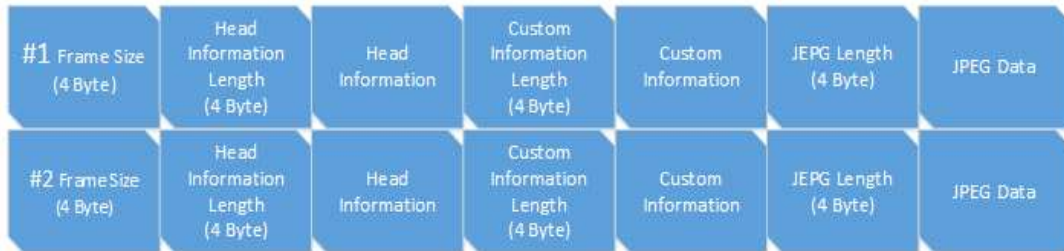


그림 29 Image File Format

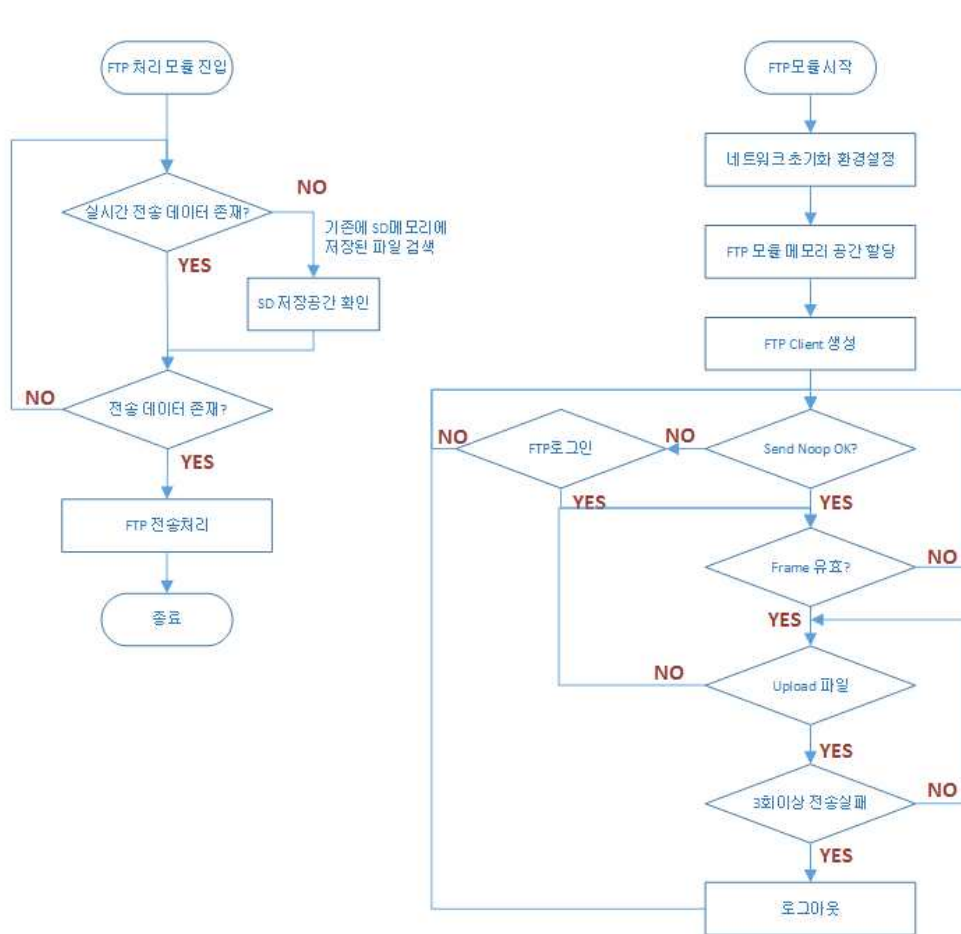


그림 30 FTP Process

아래의 그림31은 FTP를 이용한 기본적인 과속단속 처리과정이다.

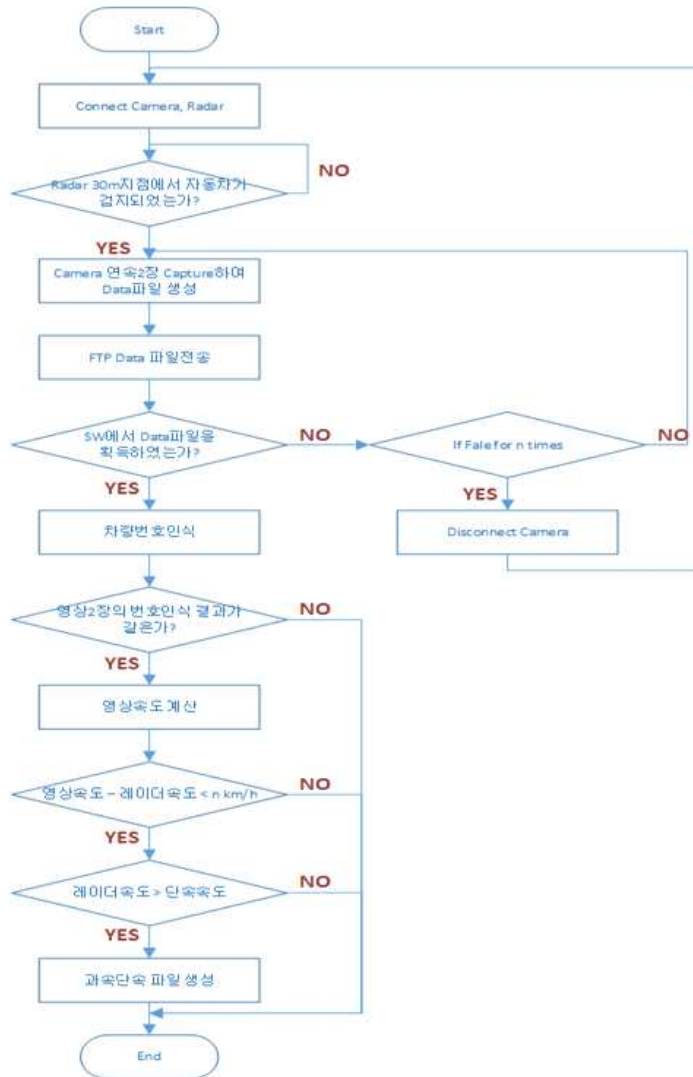


그림 31 과속단속 Flowchart

전체 영상영역이 아닌 레이저 검지 영역 내에서 차량번호인식을 수행하여 알고리즘의 부하를 절감하였음. 이는 연산량 절감을 통한 저전력 구현을 지원하여, 향후 친환경 에너지에 대응하는 제품 개발의 기반이 됨.

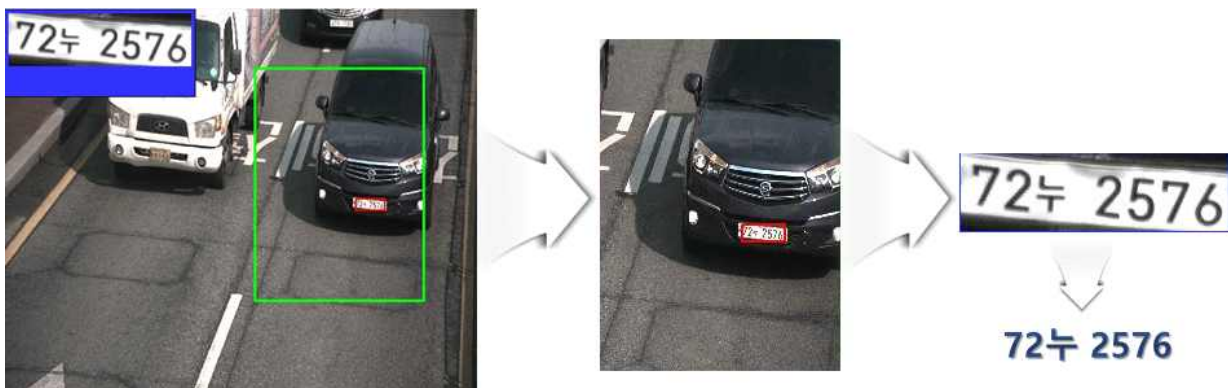


그림 32 레이더 검지 영역에서 차량번호 인식

나. 동적 인식영역 추출 기법 적용

제한된 자원(cpu, memory) 내에서 인식의 효율성을 극대화하기 위하여, 여러 조건들을 고려하여 전체 영상 내에서의 두 번째 영상인식 영역을 최소한도로 산출하는 방법

고려항목	설명
레이더 위치값	레이더에서의 검출해 내는 차량 오브젝트의 위치값, 이 값을 카메라 화면좌표로 매칭 시켜 첫 번째 영상의 차량번호 영역을 인식한다. (1차 인식, 대략적인 영역설정)
레이더 추적 속도	추적되는 차량의 속도를 기반으로 일정 시간(40~120 msec) 차를 설정하여 두 번째 영상을 취득한다.
레이더 추적 기울기	레이더에서 추적되어진 오브젝트의 추적 기울기를 통하여, 일정 시간(40~120 msec) 이후의 차량의 예상 위치를 판단하여, 인식영역을 조절한다.
첫 번째 영상에서의 차량번호위치	첫 번째 추출 영상과 번호판 좌표의 상대적인 차를 계산하여, 두 번째 인식 영역에 이를 반영하여 좀 더 세밀한 영역을 추출한다.

아래의 그림33에서 다음의 알고리즘을 적용함

- ① 첫 번째 영상의 인식 위치값에 따른 인식영역 조정
- ② 레이더 기울기에 따른 인식영역 조정
- ③ 속도에 따른 인식 영역 조정
- ④ 레이더와 카메라 영역의 위치값 매칭 후, 첫 번째 영상에서의 인식영역 설정
- ⑤ 첫 번째 영역에서의 레이더 추적 값과 번호판 좌표와의 상대적 위치값 설정

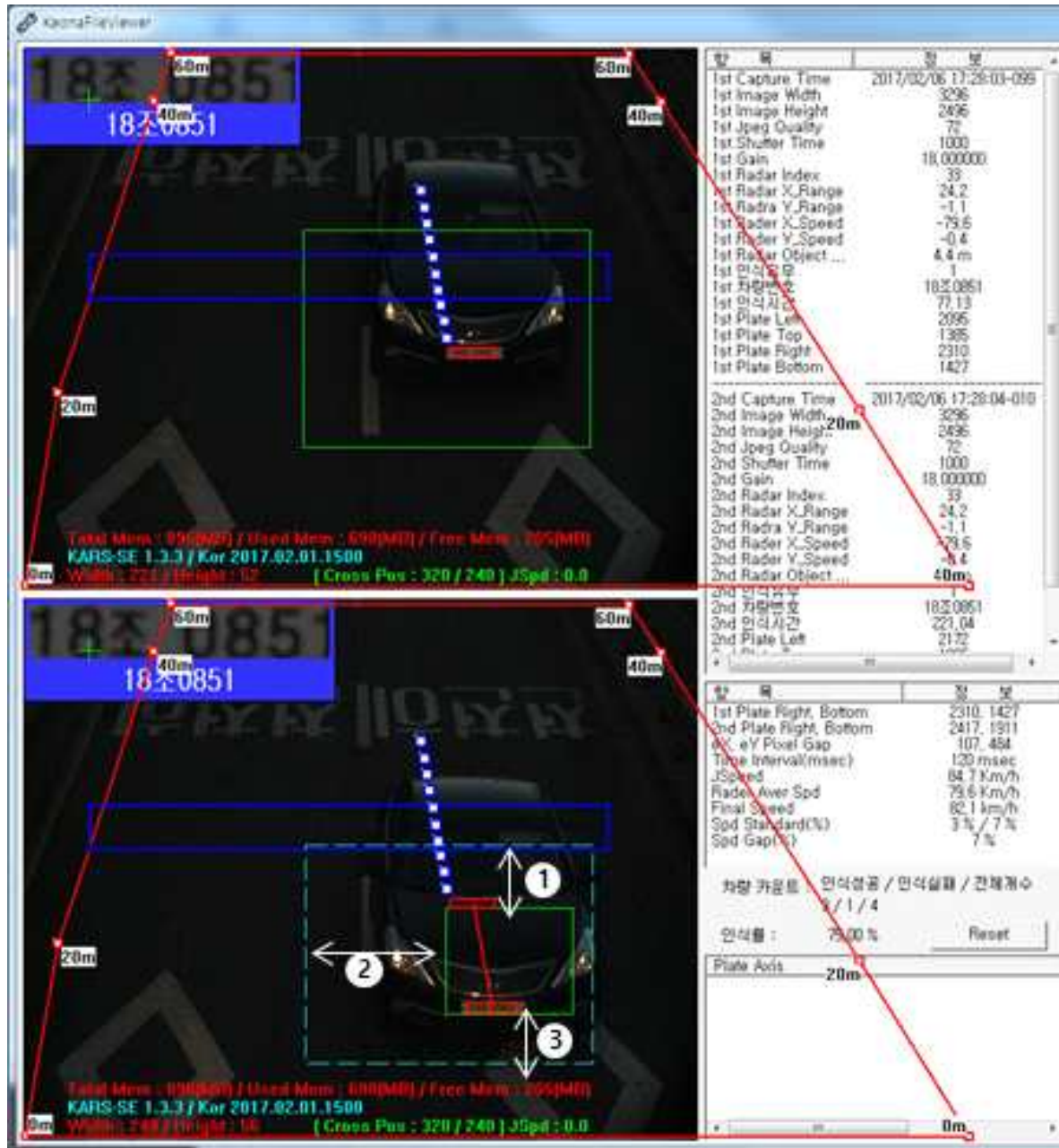


그림 33 동적 인식영역 추출 기법

다. 차량번호 인식 알고리즘 처리속도 개선

본 연구과제에서 1차년도에는 PC를 사용하여 차량번호인식을 수행한다.

다차선의 연속된 차량이미지에서 차량번호인식 알고리즘을 수행하기위해 알고리즘의 처리속도 개선이 필수적이다. 알고리즘 자체를 개선하는 방법 외에 CPU의 SSE기능을 사용하는 방법과 CUDA와 같은 GPU를 이용한 방법을 통해서 처리속도를 향상 시킬 수 있다.

(1) 처리속도 개선방안 검토 [CUDA vs SSE]

거의 모든 알고리즘에서 수행시간 문제는 가장중요하게 고려되는 요소 중에 하나이다. 최근 여러 분야에서 수행시간을 빠르게 하는 많은 알고리즘과 방법들이 연구되고 있다. 특히, 영상 처리 분야에서는 대용량의 영상 데이터를 빠르게 처리할 수 있는 성능이 요구된다. 영상처리를 빠르게 하기 위해 고려되는 가장 큰 2 가지 요소는 프로세서의 성능과 영상 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 알고리즘이다. 여기에서 언급한 요소에는 다음과 같은 특징이 있다. 프로세서의 경우 몇 년 전과 다르게 멀티 코어 프로세서가 보편화되고 있다는 점과 영상처리 알고리즘은 순차적 반복 구조로 같은 명령을 반복적으로 수행하는 특징이 있다는 것이다. 이런 특징들을 효과적으로 활용할 수 있는 방법들이 있는데, 프로세서의 멀티 코어를 효과적으로 활용할 수 있는 방법 중 가장 널리 알려진 것으로OpenMP API 를 통한 병렬 처리 방법이 있고, 순차적 반복 구조 알고리즘을 효율적으로 처리할 수 있는 SIMD (Single Instruction Multiple Data) InstructionSet 을 지원하는 아키텍처로서 Intel ® 사는 MMXTM/ SSE/ SSE2/ SSE3/ SSE4 (Streaming SIMD Extension)방법이 있고, AMD 사는 3DNow!/ SSE/ SSE2/ SSE3/SSE4/ SSE5 방법이 있다. 멀티미디어 처리를 위한Instruction Set 은 Intel사와 AMD사에서 계속해서

발표되고 있다. 현재 Intel사의 CPU는 SSE4까지 지원되고 2007년에 AMD사에서 SSE5를 지원하는Instruction Set을 발표하였다. 그리고 최근에는 그래픽카드의 GPU에 존재하는 수십~수백 개의 독립적인 FPU와 ALU를 가진 코어를 사용할 수 있는 방법이 제안되었고, 지질학 분야, 기상학, 의료 영상 분야, 실시간 영상 처리 등의 다양한 분야에서 활발히 연구되고 사용되고 있다. 이 분야에서 주도적인 역할을 하고 있는 기업이NVIDIA이다. CUDA (Compute Unified DeviceArchitecture)는 C 표준 컴파일러의 확장 형태를 띠고 있기 때문에, C/C++에 익숙한 개발자와 과학자들이 쉽게 GPU의 성능을 활용해서 다양한 실험을 할 수 있다. 예를 들어 스테레오 정합을 GPU를 이용하여 실시간성을 높이고 의료 영상 이미지 처리 및 시뮬레이션, 물리, 천문, 기상 등의 많은 분야에 이용하여 놀라운 성능 증진효과와 더 나아진 결과를 발표한 사례도 있다]

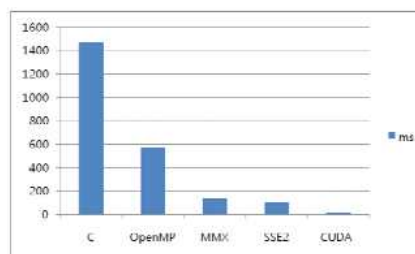


그림 34 처리속도 비교

성능 테스트에서는 CUDA 가 가장 좋은 성능을 보였다. 하지만, 위의 결과들은 어느 하나가 모든 상황에서 뛰어나다는 것을 의미하지 않는다. 각 병렬 처리 기법에 맞춰서 알고리즘을 어떻게 디자인하느냐가 성능의 차이를 크게 좌우하기 때문이다.

(참고문헌2 : KAIST 심인욱 ,박상운, 강정원, 김시중, 유연걸, 정명진 “컴퓨터 비전을 위한 병렬 처리 기법 소개 ” , 제22회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵)

연구과제의 최종목표에서는 PC에서의 영상처리를 카메라부로 이전하여, 일체형의 장비를 개발하는 것을 목표로 하기 때문에 본 연구과제에서는 GPU를 사용하지 않고, SSE만을 사용하여 영상처리 속도를 향상하는 것으로 결정하였다.

2차년도에 ARM 프로세서 기반의 임베디드보드에 이식될 경우, ARM NEON으로 대체하기가 용이하다. ARM NEON은 멀티미디어 및 신호 처리 응용 프로그램의 성능을 향상시키기 위해 ARM에서 개발한 64/128비트 복합 SIMD(Single Instruction Multiple Data) 아키텍처이다.

(2) SSE를 이용한 32bit 이미지의 GRAY 변환

라이브러리 개발: SSE적용 방법
pVideo : 32bit BGRA구조
m_pbGrayImg : Gray버퍼
<pre> #ifdef SSE __m128i *sseSrc1 = (__m128i *)&pVideo[0]; __m128i *sseDst1 = (__m128i *)&m_pbGrayImg[0]; int nSize = nHeight*nWidth/16; __m128i iR = _mm_set1_epi16(38); __m128i iG = _mm_set1_epi16(75); __m128i iB = _mm_set1_epi16(15); __m128i iSetFF = _mm_set1_epi32(255); for (y = 0; y < nSize; y++) { __m128i iLoad1 = _mm_loadu_si128(sseSrc1++); __m128i iLoad2 = _mm_loadu_si128(sseSrc1++); __m128i iLoad3 = _mm_loadu_si128(sseSrc1++); __m128i iLoad4 = _mm_loadu_si128(sseSrc1++); __m128i iLB1 = _mm_and_si128(iLoad1, iSetFF); __m128i iLB2 = _mm_and_si128(iLoad2, iSetFF); __m128i iLB3 = _mm_and_si128(iLoad3, iSetFF); __m128i iLB4 = _mm_and_si128(iLoad4, iSetFF); __m128i B_lo = _mm_packs_epi32(iLB1, iLB2); __m128i B_hi = _mm_packs_epi32(iLB3, iLB4); __m128i iLG1 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad1, 8), iSetFF); __m128i iLG2 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad2, 8), iSetFF); </pre>

```

__m128i iLG3 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad3, 8), iSetFF);
__m128i iLG4 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad4, 8), iSetFF);
__m128i G_lo = _mm_packs_epi32(iLG1, iLG2);
__m128i G_hi = _mm_packs_epi32(iLG3, iLG4);
__m128i iLR1 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad1, 16), iSetFF);
__m128i iLR2 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad2, 16), iSetFF);
__m128i iLR3 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad3, 16), iSetFF);
__m128i iLR4 = _mm_and_si128(_mm_srli_epi32(iLoad4, 16), iSetFF);
__m128i R_lo = _mm_packs_epi32(iLR1, iLR2);
__m128i R_hi = _mm_packs_epi32(iLR3, iLR4);

__m128i gray_lo = _mm_srli_epi16(_mm_adds_epi16(_mm_adds_epi16(
    _mm_mullo_epi16(B_lo, iB),
    _mm_mullo_epi16(G_lo, iG)),
    _mm_mullo_epi16(R_lo, iR)), 7);
__m128i gray_hi = _mm_srli_epi16(_mm_adds_epi16(_mm_adds_epi16(
    _mm_mullo_epi16(B_hi, iB),
    _mm_mullo_epi16(G_hi, iG)),
    _mm_mullo_epi16(R_hi, iR)), 7);
    _mm_storeu_si128(sseDst1++, _mm_packus_epi16(gray_lo, gray_hi));
}
#else
for (y = 0; y < nHeight; y++) {
    BYTE *pSrc = pVideo+y*nWidth*4;
    BYTE *pDst = m_pbGrayImg+y*nWidth;
    for(x = 0; x < nWidth; x++) {
        pDst[x] = (pSrc[x*4]*114 + pSrc[x*4+1]*299 + pSrc[x*4+2]*578) / 1000;
    }
}
#endif

```

C코드에 비해 6배가량 빠르게 처리가 가능함

(3) SSE를 이용한 영상매칭률 계산

간단한 트랙킹을 할 경우 원본 영상에서 일정영역만큼씩 매칭할 필요가 있다.

이때 기존 방법으로 처리할 경우 예를 들어 매칭영역 A(32x20 pixel)을 원본영역 B(640x480)에서 기준점Cx, Cy에서 80x80pixel 영역을 검사한다고 가정하면 단순 매칭에 소요되는 시간은 대략 6~7ms(i7-2600, 3.4GHz)가 된다. 사용되는 계산은 $\text{abs}(A-B)$ 이고 이 값의 합이 제일

적은 Move_x, Move_y를 찾는 알고리즘이다.

이를 SSE를 이용하여 계산할 경우 C보다 3~5배 빠르게 계산된다.

좀 더 튜닝을 하여 매칭영역의 가로크기를 16, 또는 32로 바꿀 경우 C보다 20~40배 빠른 계산이 가능하다.

일반 C의 계산을 아래와 같다.

```
BYTE *pTmpBuf = (BYTE *)malloc(iMatchingSize);
for (j=Start_Y; j<End_Y; j++) {
    for (i=Start_X; i<End_X; i++) {
        //비교할 버퍼 만듦
        for (int h1=0; h1<pMatchingImg_H; h1++) {
            memcpy(pTmpBuf + pMatchingImg_W*h1, pSrcImg + i + (j+h1)*pSrcImg_W,
sizeof(BYTE)*pMatchingImg_W);
        }
        tSum = 0;
        for (w1=0; w1<iMatchingSize; w1++) {
            tSum += abs(pTmpBuf[w1] - pMatchingImg[w1]);
        }
        if (tSum < nMin) {
            nMin = tSum;
            mov_x = i-Start_X;
            mov_y = j-Start_Y;
        }
    }
}
```

SSE를 사용하는 라이브러리를 개발하여 적용하여, 최대 48배까지 영상매칭 속도를 향상 확인

라이브러리 개발 :_Keona_Matching
DLLImport int WINAPI _Keona_Matching(BYTE *pSrcImg, int pSrcImg_W, int pSrcImg_H, BYTE *pMatchingImg, int pMatchingImg_W, int pMatchingImg_H, int Start_X, int Start_Y, int End_X, int End_Y, int *move_X, int *move_Y, int Use_SSE); pSrcImg : 비교할 영상원본 pSrcImg_W : 시교할 영상원본 가로크기 pSrcImg_H : 시교할 영상원본 세로크기 pMatchingImg : 매칭할 영상 pMatchingImg_W : 매칭할 영상 가로크기(20) pMatchingImg_H : 매칭할 영상 세로크기(20) Start_X : pSrcImg에서 매칭시작 X위치(아마도 번호판 검출위치x) Start_Y : pSrcImg에서 매칭시작할 Y위치(아마도 번호판 검출위치y) End_X : pSrcImg에서 매칭끝낼 X위치(아마도 번호판 검출위치x + 80) End_Y : pSrcImg에서 매칭끝낼 Y위치(아마도 번호판 검출위치y+80) move_X : 내부에서의 이동x(Start_X에서 매칭된다면 move_x = 0이 됩니다.) move_Y : 내부에서의 이동y(Start_Y에서 매칭된다면 move_y = 0이 됩니다.) Use_SSE : SSE를 사용할것인지 말것인지..(비교하기위해 넣음.. 1로 설정하면 됩니다.) 함수 리턴값은 문제가 있다면 0, 정상처리되면 매칭 최소값+1이 리턴됨..

(4) SSE를 이용한 Scale변환

일반적으로 차량번호판을 인식하기 위해서는 가로해상도 150~200픽셀의 차량번호판 이미지가 필요하다. 번호판의 크기가 335mm이고, 이 번호판을 인식하기 위한 이미지의 크기가 150픽셀 이고, 도로 차로의 폭이 3.5미터일 때, 567픽셀의 가로해상도를 갖는 카메라가 필요하게 된다. Full-HD급의 고해상도 카메라의 해상도가 1920x1080 일 때도 4.28미터의 차로에서 번호판을 인식할 수 있다. 다차로(다차선)이라고 이야기할 수 있는 2차로의 도로 폭을 확보하기 위해서는 가로해상도가 3200픽셀에 달해야 하며, 이는 10M급 이상의 초고해상도 카메라를 필요로 합니다.

본 연구에서는 번호판이 존재하는 영역만을 특정하여 영상 확대 알고리즘을 적용합니다. 이를 통해 최소 80~120픽셀에서 번호인식이 가능하게 되며, 5M급의 카메라로 3개 차로에 걸쳐 번호인식이 가능하게 합니다. 빠른 속도의 scale변환을 위해 SSE를 이용하였다.

라이브러리 개발 : _Keona_Lab_func__scale_SSE

_Keona_Lab_Func__Scale_SSE(Src, Dst_SSE, W, H, tW, tH, xmin, ymin, xmax, ymax, 1, isColor);

- Src : 24비트 소스영상
- Dst_SSE : 결과를 받을 24비트 버퍼
- W : Src의 원래 가로크기
- H : Src의 원래 세로크기
- tW : 결과의 가로크기
- tH : 결과의 세로크기
- xmin : Src의 시작x위치
- xmax : Src의 끝x위치
- ymin : Src의 시작y위치
- ymax : Src의 끝y위치
- 1 : Interpolation, 일단 기본값 1로 정의. 다른 값은 테스트 안 된 상태로 1이 아닌 값을 줄 경우 에러날수도 있음
- isColor : Src가 8bit Gray 이면 0을 Src가 24bit RGB이면 1을 설정한다.



그림 35 SSE를 이용한 scale변환 테스트 프로그램

C코드에 비해 2.35배가량 빠르게 처리가 가능함

C++코드 : 1.81ms

SSE코드 : 0.77ms (약 2.35배 빠름)

(5) 노이즈 필터 처리와 SSE 를 통한 영상처리 속도 향상 결과

번호인식을 하기 위해 2치화된 영상에서 라벨링하고 조건에 맞는 라벨을 찾아서 판독하고 이를 조합하여 조건에 맞는 문자열을 만든다. 하지만 라벨링 시간이 상당히 소요되며, 2M급 이상의 영상을 원본크기로 처리할 경우 노이즈의 간섭은 처리시간을 가중시키게 된다.

이에 일정크기 이하(세로 2픽셀)를 제거함으로 라벨링 및 조건에 맞는 라벨열을 찾는 시간을 단축시킬 수 있다.



그림 36 노이즈필터 처리후 2치화 이미지

위 2치화 사진을 보면 255값과 128,0의 값이 보이는데, 128값을 가지는 픽셀이 이 필터를 통해 제거된 것이다. 예를 들어 한 점인 것을 제거한다면 현재 값이 존재하고, 위/아래/좌/우의 값이 없는 경우이다.

No	파	차량번호	ms
20671	2	A-406-FUO	5.81
20672	2	A-385-DHO	8.23
20673	2	A-385-MWO	8.04
20674	2	A-357-MYO	7.11
20675	2	A-292-YLO	5.03
20676	2	No-20676	33.01
20677	2	No-20677	47.03
20678	2	A-081-ZZO	5.53
20679	2	B-785-WKM	7.51
20680	2	H-780086	5.53
20681	2	A-435-BHO	5.91
20682	2	A-510-FEO	5.75
20683	2	A-053-FKO	7.33
20684	2	E-A-888-PVN	5.73
20685	2	A-214-VNO	41.15
20686	2	E-A-511-DPO	7.01
20687	2	H-785545	5.24
20688	2	A-825-LFO	7.64
20689	2	E-A-598-ZUO	5.21
20690	2	E-A-887-WFM	15.88
20691	2	A-575-TAO	8.77
20692	2	E-A-253-VSO	5.23
20693	2	E-A-149-BZO	8.41
20694	2	E-B-974-AVO	7.90
20695	2	E	152.74
20696	2	E-A-155-PW	12.12
20697	2	E-A-155-PWO	7.58
20698	2	A-385-HF	33.93
20699	2	E-A-438-YVO	7.64
20700	2	E-A-275-TXO	11.45
20701	2	E-A-405-OPD	17.31
20702	2	E-A-307-PBN	5.68
20703	2	E-B-240-BNO	7.43
20704	2	A-498-VMO	9.99
20705	2	H-770720	8.14
20706	2	E-A-114-ABP	8.52
20707	2	E-A-948-XLO	5.89
20708	2	E-A-377-FS	21.10
20709	2	E-A-264-VFN	5.76
20710	2	E-A-017-FS	3.23
20711	2	E-A-815-VVO	8.97
20712	2	A-930-EDO	5.30
20713	2	A-005-WXN	8.75
20714	2	A-291-VP	6.54

No	파	차량번호	ms
20673	2	A-385-MWO	11.64
20674	2	A-357-MYO	11.34
20675	2	A-292-YLO	10.37
20676	2	No-20676	181.76
20677	2	No-20677	181.99
20678	2	A-081-ZZO	10.13
20679	2	B-785-WKM	11.43
20680	2	H-780086	11.16
20681	2	A-435-BHO	11.41
20682	2	A-510-FEO	11.21
20683	2	A-053-FKO	10.27
20684	2	A-888-PVN	10.23
20685	2	A-214-VNO	26.38
20686	2	A-511-DPO	11.14
20687	2	H-785545	10.63
20688	2	A-825-LFO	11.48
20689	2	A-598-ZUO	10.35
20690	2	A-887-WFM	13.39
20691	2	A-575-TAO	12.82
20692	2	A-253-VSO	10.70
20693	2	A-149-BZO	13.69
20694	2	B-974-AVO	11.89
20695	2	No-20695	220.67
20696	2	E-A-155-PW	15.35
20697	2	A-155-PWO	12.41
20698	2	A-385-HF	112.63
20699	2	A-438-YVO	15.40
20700	2	A-275-TXO	14.15
20701	2	E-A-405-OPD	17.33
20702	2	A-307-PBN	12.81
20703	2	B-240-BNO	12.87
20704	2	A-498-VMO	14.63
20705	2	H-770720	12.24
20706	2	A-114-ABP	16.34
20707	2	A-948-XLO	11.42
20708	2	E-A-377-FS	157.38
20709	2	A-264-VFN	12.30
20710	2	A-017-FS	13.42
20711	2	A-815-VVO	13.63
20712	2	A-930-EDO	11.64
20713	2	A-005-WXN	16.93
20714	2	A-291-VP	11.17

그림 37 노이즈필터 처리후 번호인식 속도변화

속도검증을 위해 자사의 번호인식 레퍼런스 DB에 적용한 결과 30%정도의 속도향상을 확인할 수 있었음.(노이즈 필터+SSE 적용)

라. 데이터 분석

(1) 데이터 누락요인

(가) 무효데이터 종류

기준데이터에 포함되지 않는 실제통과차량 데이터.

본 연구에서 기준검지기로 사용하고 있는 루프검지기는 오토바이와 차선중앙을 걸쳐서 주행하는 차량을 검지할 수 없으며, 이는 일반적인 루프검지기의 특징이다. 유사한 이유이긴 하지만 AVI 기술기준의 경우 차량번호판 인식률을 기준으로 삼기 때문에, 오토바이와 차로의 중앙을 통과하는 차량의 데이터를 수집할 수 없다.

반면에 개발 중인 다차선 레이더 차량번호인식 복합형 무인교통단속장비는 오토바이와 차로의 중앙을 통과하는 차량을 검지할 수 있다. 이는 실제 데이터와 시험데이터와의 오차를 만들어낸다.

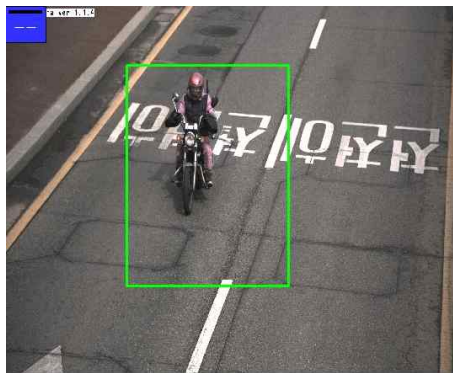


그림 38 오토바이



그림 39 공사차량

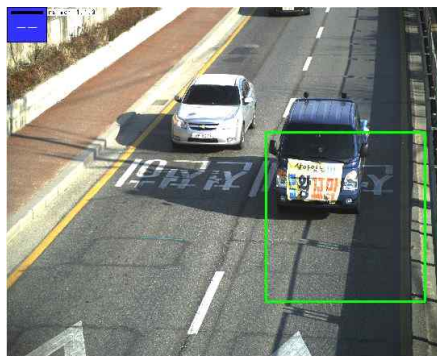


그림 40 번호판가림

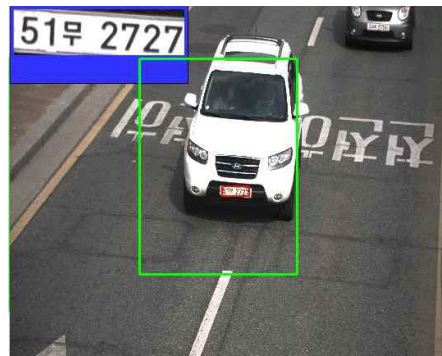


그림 41 기준검지기 미검지

(나) 오류데이터 종류

① 레이더 미검지

레이더 자체에 데이터가 출력되지 않는 경우.

- 주로 대형차량 옆에서 비슷한 속도로 다른 차량이 통과하는 경우, 레이더가 하나의 차량으로 인식하는 오류

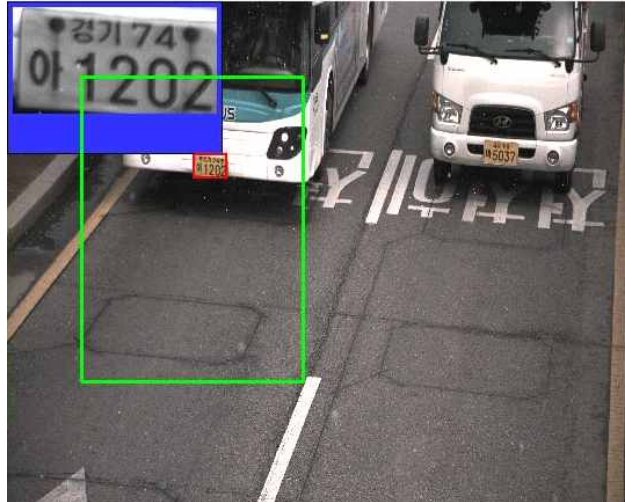


그림 42 레이더 미검지1

- 두 대의 차량이 레이더의 초기검지거리(100m이상)부터 동일한 속도로 차선에 인접하여 통과하는 경우, 레이더가 하나의 차량으로 인식하는 오류



그림 43 레이더 미검지2

② 번호판 오인식

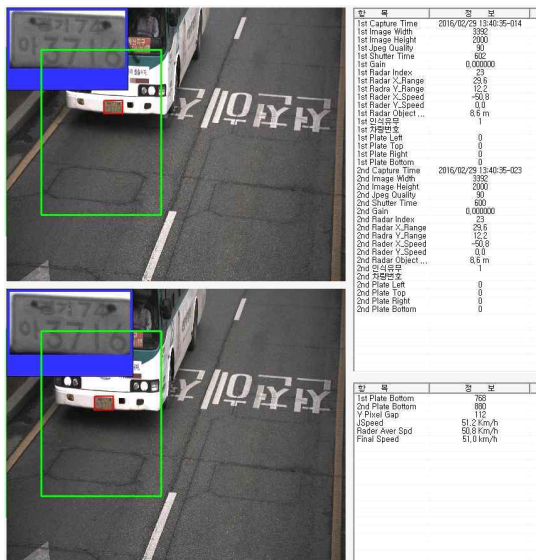


그림 44 번호판 호림

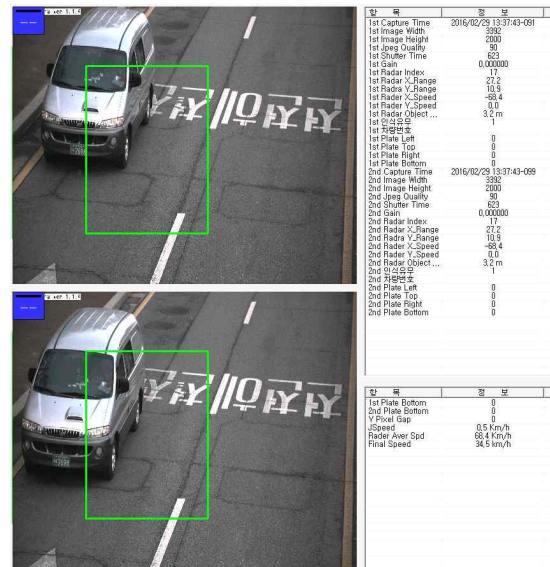


그림 45 번호판위치지정오류

③ 레이더 중앙검지

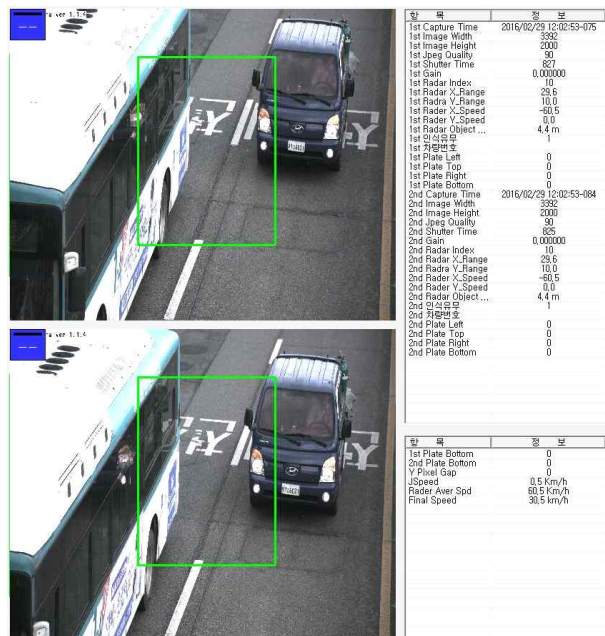


그림 46 레이더 중앙검지

레이더가 대형차량과 옆차로 주행 차량을 구분하지 못하고 하나의 차량으로 인식하는 경우, 두 차량의 중앙을 지정하는 경우가 있음.

(2) 레이더 검지장비의 장점

① 레이더 검지방식의 경우 날씨의 영향을 받지 않음.

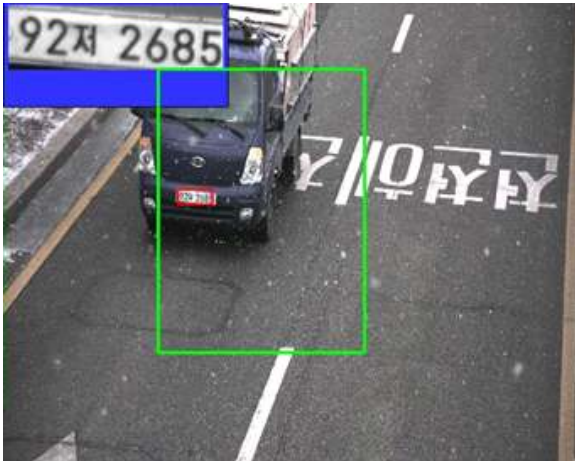


그림 47 외부환경 요인 - 눈



그림 48 외부환경요인 - 비

② 번호판을 임의로 훼손하는 경우에도 데이터 수집가능



그림 49 번호판 훼손 - 반사지



그림 50 번호판 훼손 - 번호판 긁기

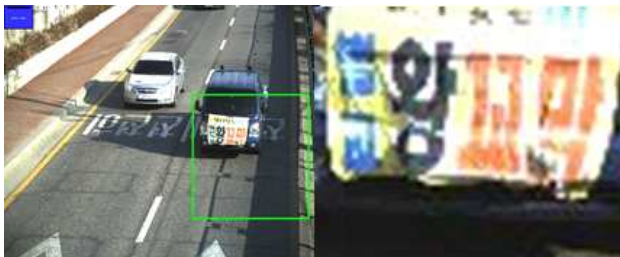


그림 51 번호판 훼손 - 가림



그림 52 번호판 훼손 - 눈

③ 레이더의 감도에 따라 오토바이, 자전거, 보행자 검지가능

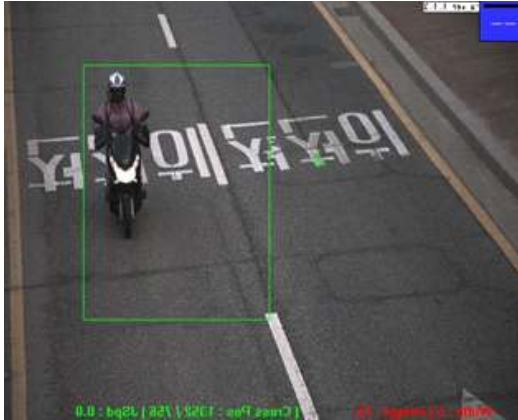


그림 53 오토바이 검지

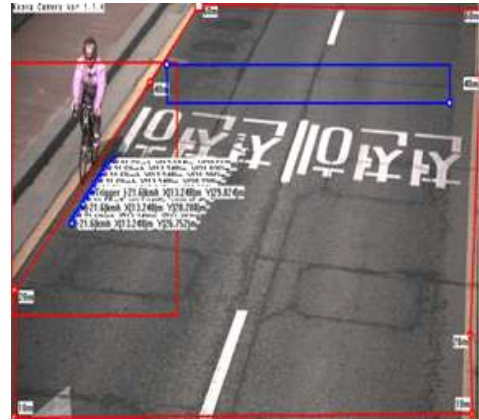


그림 54 자전거 검지

④ 저속 차량감지 및 속도측정 가능

루프검지기의 경우, 40km/h 이하의 저속에서는 오류발생 가능성이 많아, 저속 단속에 사용되지 않고 있음. 따라서 어린이 보호구역과 같이 30km/h 이상의 단속속도를 설정하는 지역은 단속에 어려움이 있음.

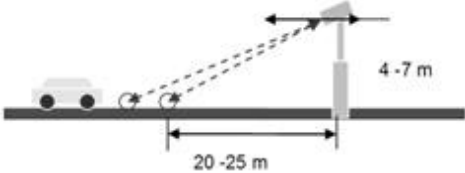
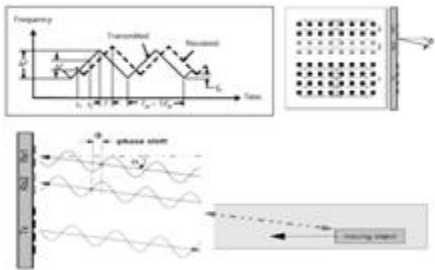


그림 55 저속 중장비(30km/h 미만)

⑤ 다양한 환경에서 데이터 수집가능

강설이나 안개의 경우, 영상데이터를 사용할 수 없어 교통단속장비로서의 역할을 수행할 수 없으나, 교통정보수집장치로서의 역할은 수행할 수 있음.

(3) 비매설식 속도측정방식의 성능비교(레이저 vs 레이더)

비교항목	레이저	레이더
동작방식	Loop Emulation 방식 (Two Beam, Four Beam)	FMCW Radar (Frequency Modulation Continuous Waveform Radar)
샘플사진		
동작원리		
설치 사진		
설치 수량	차로당 1세트 설치	2~3차로당 1세트 설치
설치 형태	정면 설치	정면 설치, 측면 설치
설치 구조물	갠트리방식, 내민식방식 (구조물 방식에 따라 다른 장비 사용필요)	갠트리방식, 내민식 방식, 측주식방식 모두 사용가능
날씨영향	눈, 비, 안개 영향받음	날씨 영향 없음
흔들림	구조물의 진동에 취약	구조물 진동에 영향을 받지 않음
비용	2차로 기준 400~500만원대	2~3차로 기준 300만원대

3. 레이더 출력 가시화

가. 영상속도와 레이더 속도 검증 알고리즘 개발을 위한 현장SW



그림 66 영상속도와 레이더 속도 편차 분석툴

나. 레이더와 영상의 공간매칭

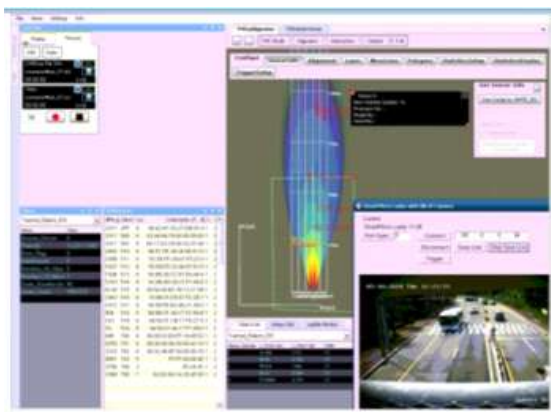


그림 67 레이더 출력 예



그림 68 카메라 영상 출력 예

레이더 데이터는 그림67과 같이 레이더 설치 위치를 원점으로 하여, 직선 형태의 x,y 좌표로 트래킹 데이터가 출력된다. 카메라 영상은 그림68과 같이, 같은 도로 폭임에도 불구하고 멀어질수록 도로 폭이 더 짧아 보이게 된다.



그림 69 영상좌표 설정

따라서 레이더 데이터가 나오는 x,y좌표가 영상에 매핑되는 특징점을 설정함으로써, 기본적으로 영상과 레이더를 매칭할 수 있다.

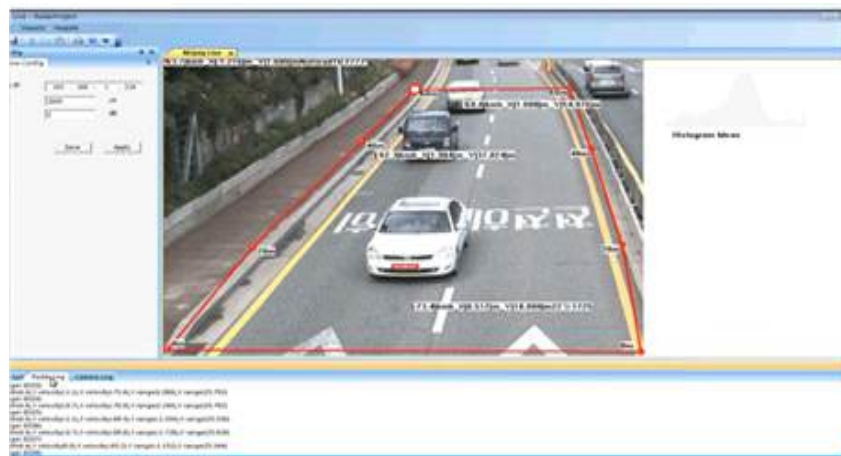


그림 70 레이더와 영상의 공간매칭

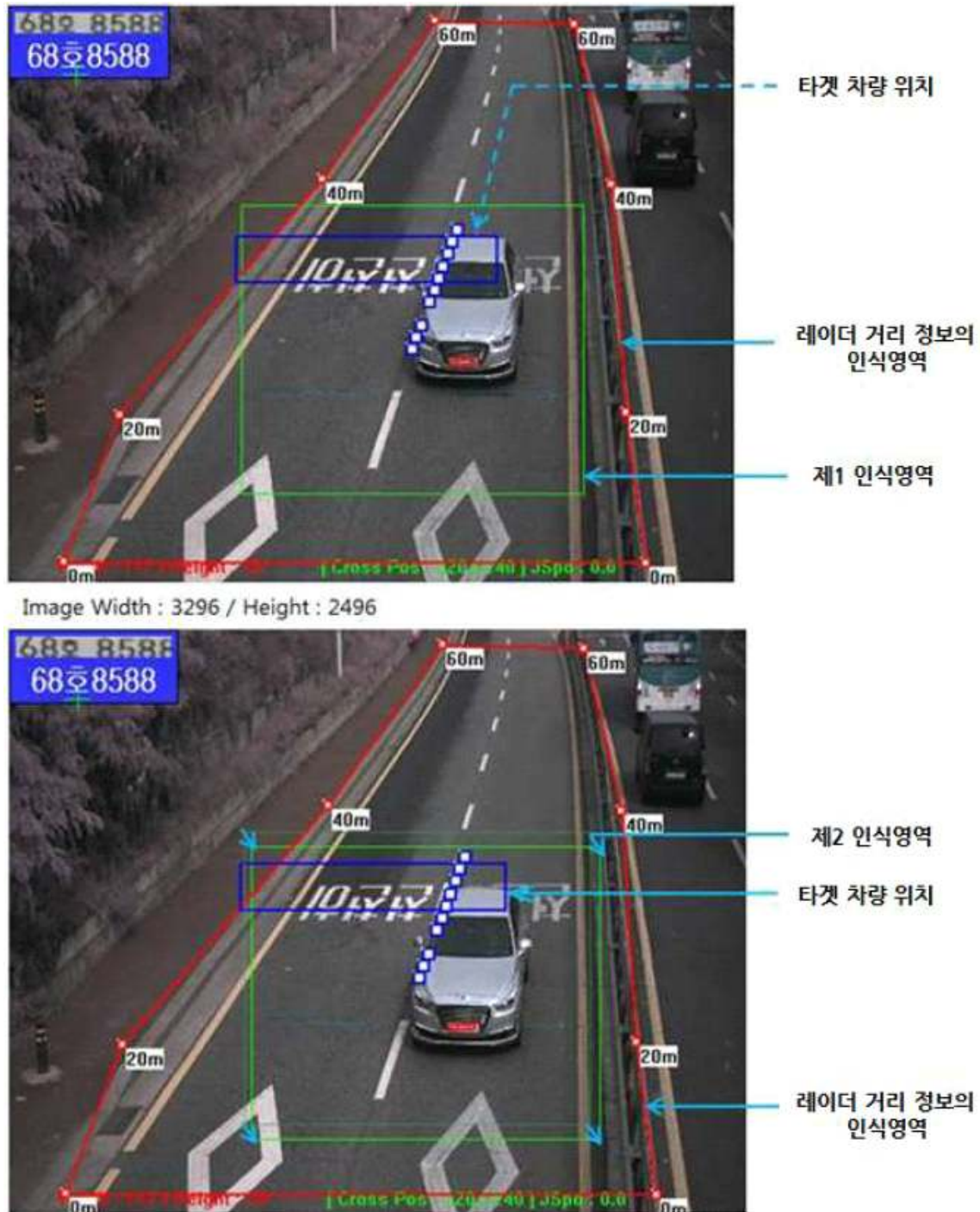


그림 71 레이더와 영상의 공간매칭, 그리고 인식영역 설정

다. 레이더 데이터 가시화

레이더의 데이터를 영상에 매칭한 결과 아래와 같은 이미지를 얻을 수 있다. 레이더 데이터의 무결성을 확인하고, 레이더 평균속도를 측정할 수 있으며, 다수의 차량이 화면에 노출되어도 레이더 데이터와 영상을 가시적으로 매칭할 수 있도록 하였다.

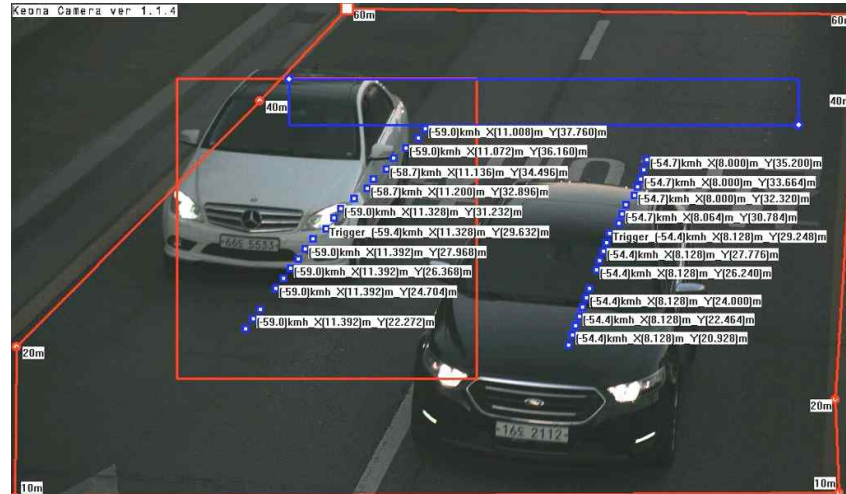


그림 72 레이더 데이터 가시화

연속된 레이더 데이터는 차량의 벡터추출을 통한 차량의 진행방향과 속도, 가속도를 예측할 수 있으며, 이 데이터를 이용해서 차량의 두 번째 차량번호인식 위치를 지정한다.

4. 테스트베드(Test Bed) 구축

가. 테스트베드 개요

연구과제의 사업화를 위해, 장기적인 현장테스트와 개발이 필요하다. 한국건설기술연구원에서는 정량적 평가를 위한 테스트베드를 제공하였으며, 눈/비와 같은 환경의 영향과 장기간동안 알고리즘 개선을 위한 자체 테스트베드를 구축하여 지속가능한 개발환경을 확보하였음

나. 구축

(1) 테스트 베드 위치

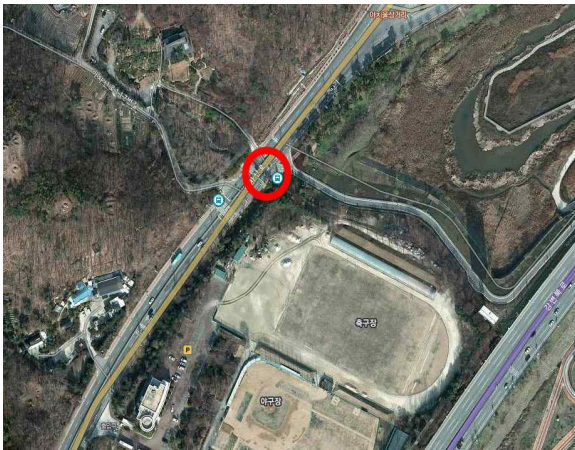


그림 73 TB 위치-구리시 아천동 237-1

그림 74 구조물-차량번호판독기(AVI)

구리방향 편도3차로, 서울방향 편도 2차로(2016말 구리방향 편도 2차로로 변경)

양방향 직선거리 100미터 이상 확보(레이더 검지성능 확인)



그림 75 테스트 베드 현장조건

레이더 설치 높이	6.7m
레이더 기울임	10도
검지가능거리	105미터
루프매설위치	전방 20미터, 25미터, 30미터
도로폭	3.2미터
차로수	서울방향 편도 2차로, 구리방향 편도 3차로
도로제한속도	60km/h
통행량	시간당 400~500대 (1차선 기준)

표 4 테스트 베드 현장조건

(2) 기준속도평가를 위한 루프검지기 매설

유관기관(경찰청)의 협조 하에 기존 차량번호판독기(AVND)에 연구 장비를 설치하였으며, 신뢰성 있는 기준데이터 수집을 위하여 2차로,3차로의 도로에 루프검지기를 설치하여 레이더 속도, 영상속도의 정확성을 평가하였다.

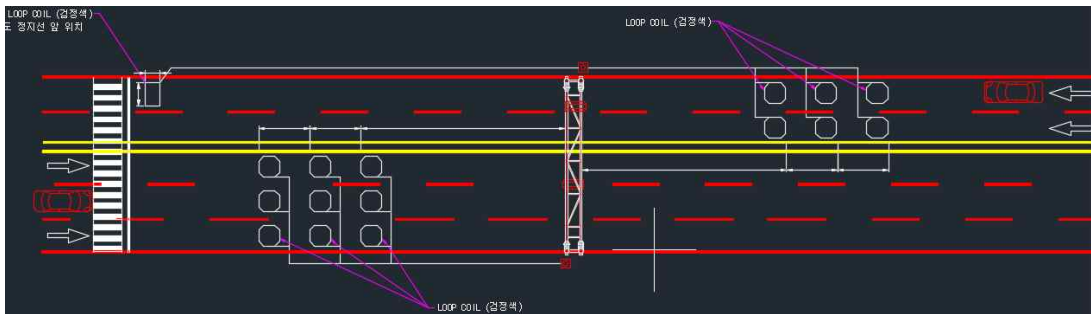


그림 76 루프검지기 매설위치



그림 77 루프검지기 설치 공사

(3) 카메라와 레이더의 설치

기존에 운영 중인 차량번호판독기의 갠트리(Gantry) 구조물에 개발용 레이더, 카메라 하우징, 제어기 합체를 추가 설치

전기인입공사와 인터넷 설치를 완료하여 외부환경(눈/비)에 의한 영향평가를 실시할 수 있도록 하였음



그림 78 카메라와 레이더의 설치



그림 79 레이더 설치

그림 80 제어기 설치

5. 특허 전략 수립

본 연구과제의 주요목적인 사업화추진에 있어, 시장동향과 이에 맞는 특허전략의 수립이 반드시 필요하다. 효과적인 특허전략의 수립을 위해 기술트리(Tech Tree)를 설정하고, 특허조사, 특허 동향분석, Impact 평가 등을 수행하였다. 그리고 이를 바탕으로 핵심특허를 추출하고 분석하여, 사업화를 위한 R&D전략을 수립하였다.

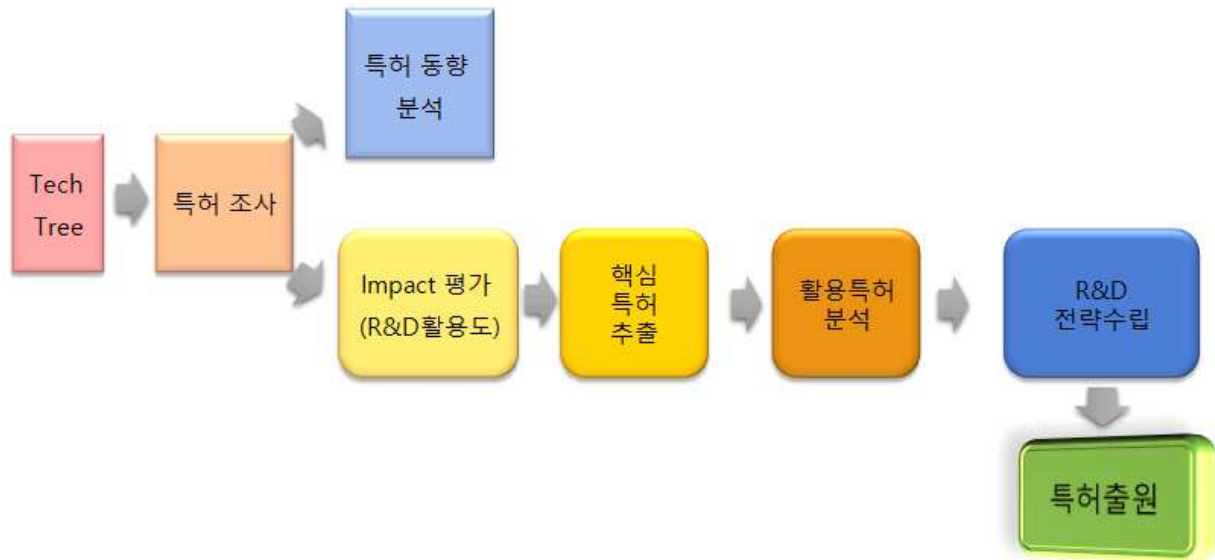


그림 81 특허 전략 수립 계획

가. Tech Tree

대분류	중분류	기호
다차선 레이더-차량번호인식 복합형 무인교통단속장비 개발(A)	다차로 차량 번호 인식	AA
	멀티프레임 차량 속도 측정	AB
	영상/레이더 융합차선별 공간매칭	AC

표 5 특허 Tech Tree

나. 특허조사

(1) 검색식 설정-국문/영문 키워드 조사

영문키워드	국문키워드
RADAR* or (o/2(Radio, Detecting, Ranging))	레이더* or 레이다*
image* or camera* or video* or frame* or “multi-frame” or multiframe* or “multi frame” or pixel*	영상* or 카메라* or 비디오* or 프레임* or 멀티프레임* or 픽셀
(c/2((vehicle* or car*), (number* or speed* or “over speed”), (recogni* or measur* or monitor*))) or (ANPR* or ALPR* or (c/2((automatic), (number or license), (plate), (recognition)))) or “multi-lane “ or multilane* or “traffic alert“ or regulation* or “police radar“ or “enforcement system“ or “license plate“ or “number plate“ or vehicle* or “car” or violation* or (“ AVI” or (o/2((automatic), (vehicle), (identification))))	다차선* or 다차로* or 교통* or 법규* or 정보* or 경고* or 단속* or “번호판“ or 차량* or “자동차” or 위반* or (c/2((차량* or 자동차), (번호* or 속도* or 과속*), (인식* or 측정* or 감시*)))

표 6 특허 검색 키워드 (사용DB - FOCUST)

(2) 검색식 설정-중분류별 검색식

다차로 차량 번호 인식(AA)검색식	
(multi* near/2 lane*) AND ((c/2((vehicle* or “car“),(number* or speed* or velocity* or “over speed”),(recogni* or measur* or monitor*))) or (“ANPR“ or (c/2((automatic),(number),(plate),(recognition)))) or (“LPR“ or (o/2((License),(Plate),(Recognition)))) or (“ALPR“ or (o/2((Automatic),(License),(Plate),(Recognition))))) or “traffic alert“ or regulation* or “police radar“ or “enforcement system“ or “license plate“ or “number plate“ or vehicle* or “car“ or violation* or (“AVI“ or (o/2((automatic),(vehicle),(identification))))	(다차선* OR 다차로*) AND (교통* or 법규* or 경보* or 경고* or 단속* or “번호판“ or 차량* or 자동차* or 위반* or (c/2((차량* OR 자동차*),(번호* or 속도* or 과속*),(인식* or 측정* or 감시*)))

표 7 특허 검색식(AA)

멀티프레임 차량 속도 측정(AB) 검색식	
((c/2((number* or speed* or velocity* or “over speed”),(recogni* or measur* or monitor*))) or LPR* or (speed* near/2 sens*)) and (vehicle* and “car“ or automobile*) and (fixel* or frame* or multiframe* or “multi frame” or “multi-frame”)	((c/2((번호* or 속도* or 과속*),(인식* or 측정* or 감시*))) or 속도감지* or (speed* near/2 sens*)) and (차량* or 자동차* or) and (프레임* or 멀티프레임* or 픽셀*)

표 8 특허 검색식(AB)

영상/레이더 융합차선별 공간매칭(AC) 검색식	
(radar* or (o/2(Radio,Detecting,Ranging))) and (image* or camera* or pixel* or video* or multiframe* or “multi-frame”) AND ((c/2((vehicle* or “car” or automobile*),(number* or speed* or velocity* or “over speed”),(recognition* or measur*))) or (ANPR* or (c/2((automatic),(number),(plate),(recognition)))) or “multi-lane “ or multilane* or “traffic alert“ or “police radar“ or (“ AVI” or (o/2((automatic),(vehicle),(identification))))))	(레이더* or 레이다*) and (영상* or 카메라* or 픽셀* or 비디오* or 멀티프레임*) AND (교통* or 경보* or 경고* or (c/2((차량* or 자동차*),(번호* or 속도* or 과속*),(인식* or 측정*)))

표 9 특허 검색식(AC)

(3) 검색결과-분석범위

국가	모집단(Raw Data)
한국	627
일본	600
미국	395
유럽	140
국제특허(PCT)	42
합계	1,804

표 10 특허 분석범위

정량 및 정석분석구간 : 한국,일본,미국,유럽,국제 1992~2015.6(공개년도 기준)

특허는 총 1,804건이 검색되었으며, 특허동향을 분석하고 필터링을 통해 핵심특허 추출

다. 특허 동향 분석

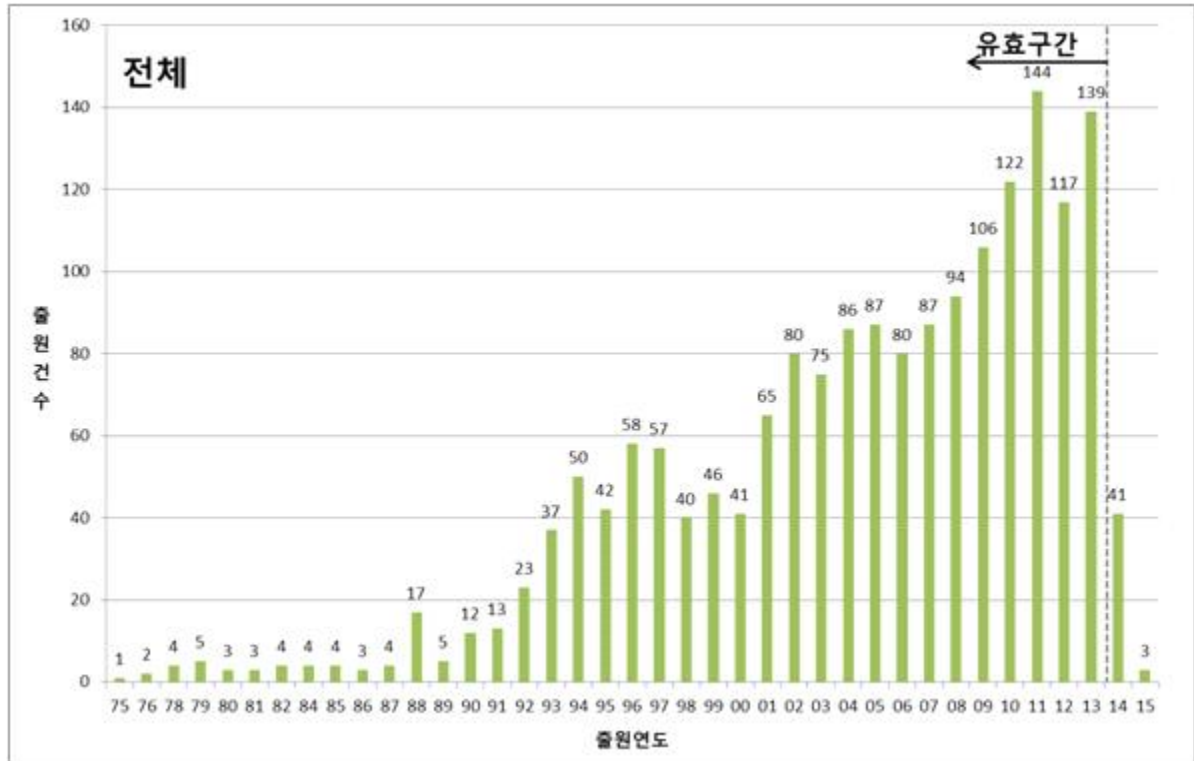


그림 82 전체 특허출원 경향

전 세계적인 현황을 살펴보면 1980년대 후반 이후부터 출원이 증가하는 추세에 있으며, 1990년대 소폭 감소이후 현재까지 꾸준히 증가하고 있는 추세임

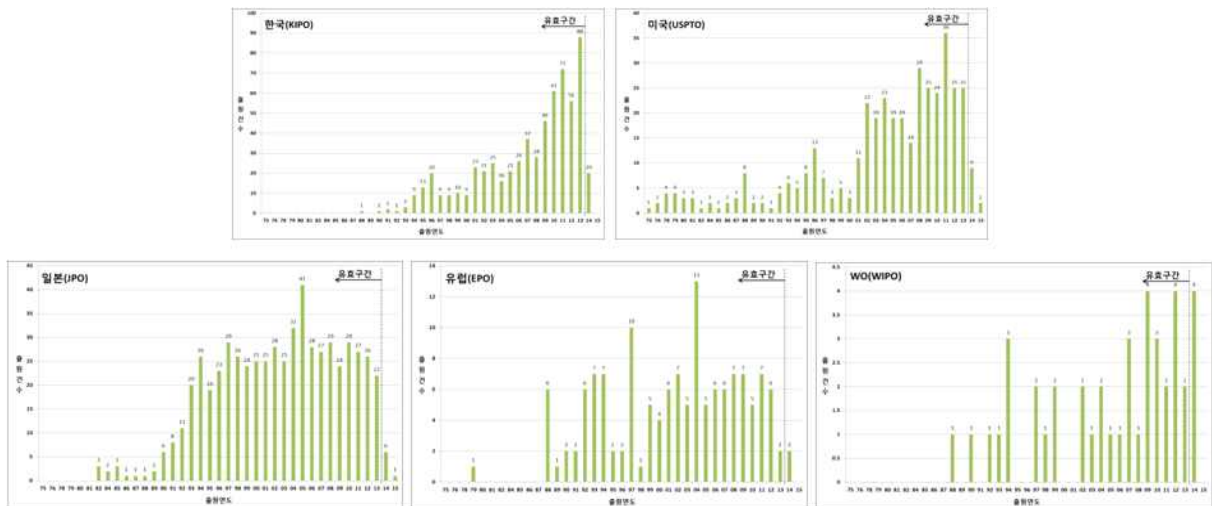


그림 83 국가별/연도별 특허출원 현황

한국의 경우 1990년대 이후 출원이 꾸준히 증가하고 있는 추세에 있음. 미국의 경우 출원건수가 증감을 반복하고 있으며, 전체적으로는 증가하는 추세에 있음

일본의 경우 1990년대 초반 급격히 증가한 이후, 일정한 수준을 유지하고 있으며, 유럽의 경우 다른 국가에 비해 출원건수가 적은 양상을 보임

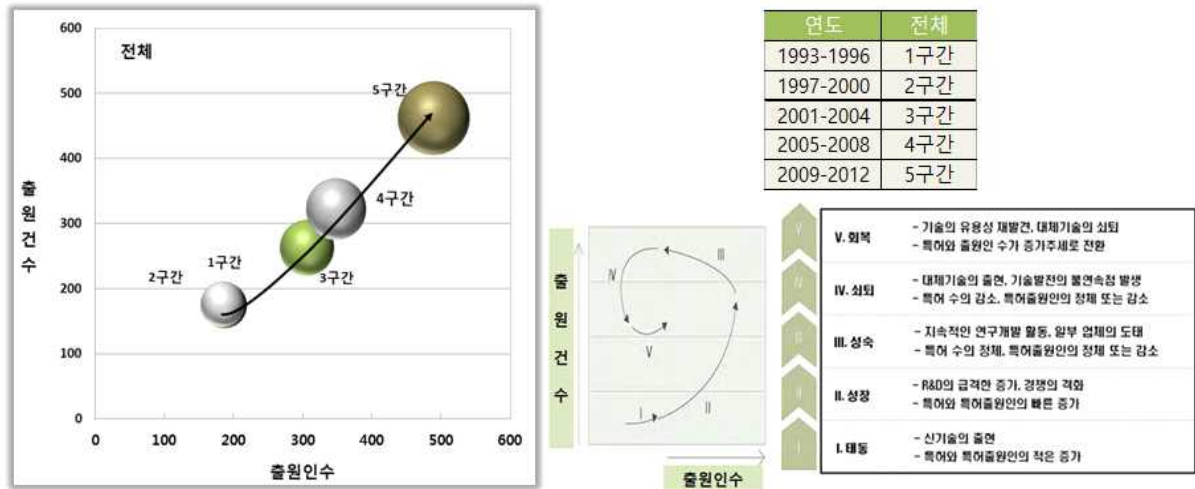


그림 84 전체 기술시장 성장단계

전체 기술 시장 성장 단계를 분석한 결과, 출원인 수와 출원건수가 모두 증가하고 있는 성장기로 예측할 수 있음

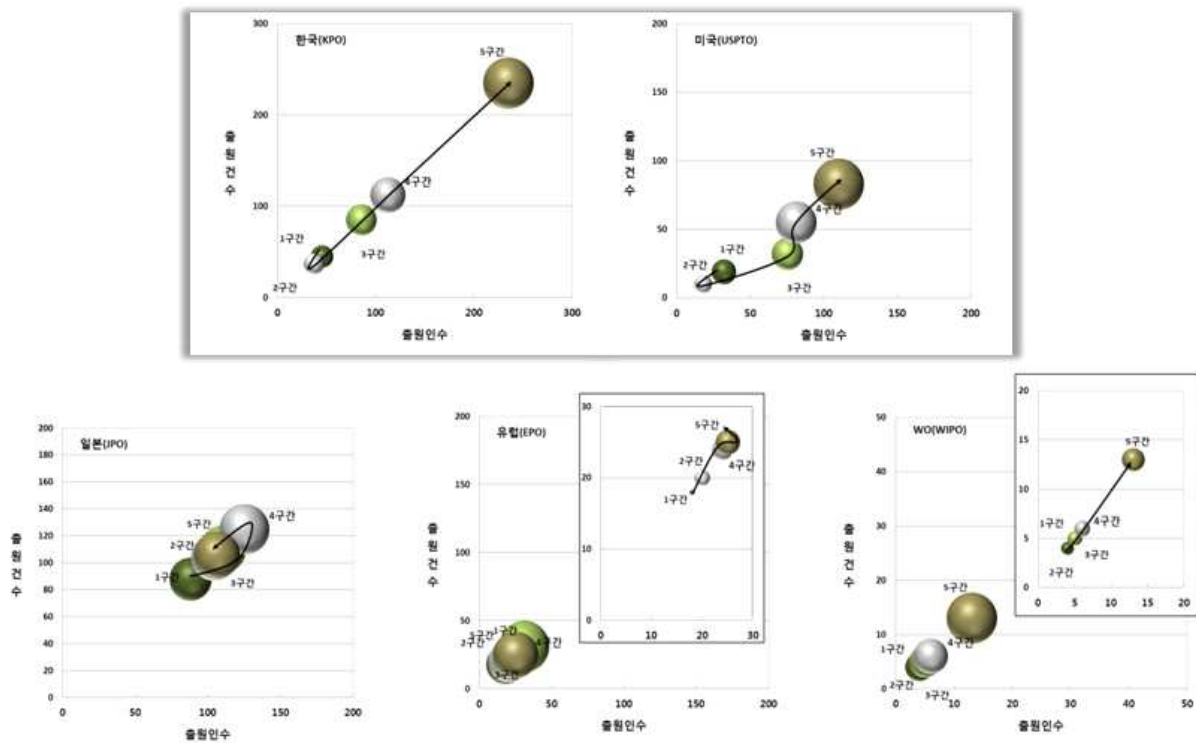


그림 85 국가별 기술시장 성장단계

한국과 미국은 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하는 성장기에 있으며, 일본은 성숙기에 진입하고 있는 것으로 판단됨

유럽과 국제출원의 경우 출원건수가 적어 정확한 성장단계를 추정하기 어려우나, 증가하는 추세에 있는 것으로 보임

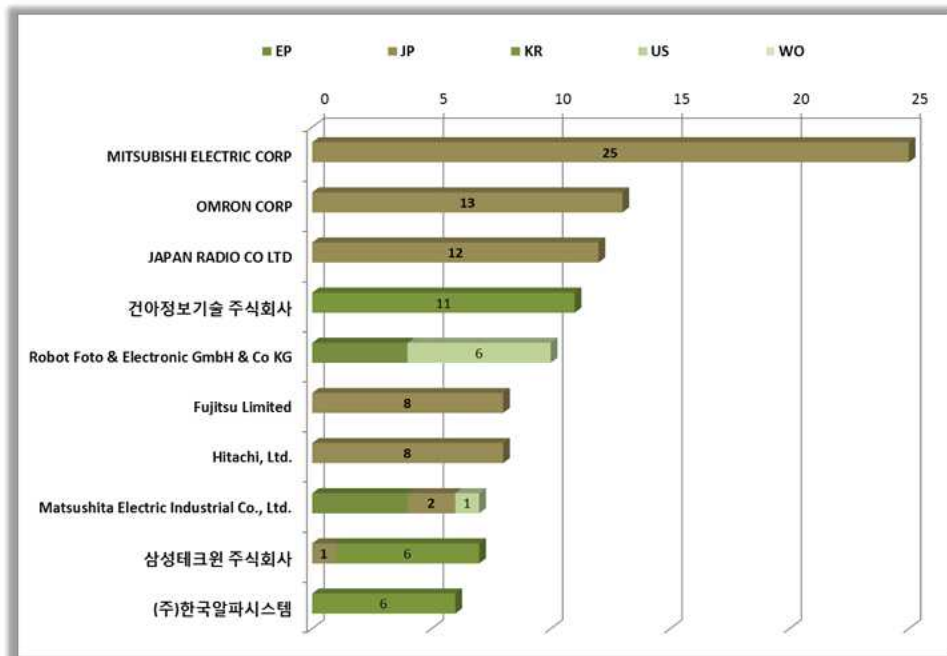


그림 86 주요출원인 현황 및 ip로 본 시장국

주요 출원인은 주로 한국과 일본이 대부분이며, 한국과 일본의 주요출원인은 자국 출원 비중이 높은 편임. 기업에서 주로 출원을 하고 있음.

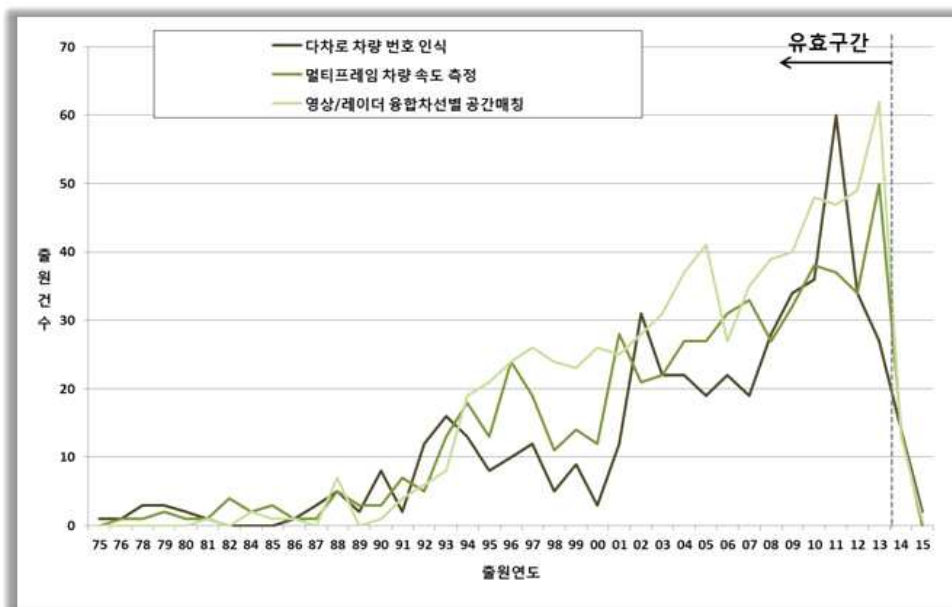


그림 87 특허 중분류 동향

중분류별 기술 모두 1990년대 이후 꾸준히 증가하는 양상을 보이며, 영상/레이더 융합차선별 공간매칭 점유율이 가장 높음.

다차로 차량번호 인식 기술 및 멀티프레임 차량 속도 측정 기술은 증감을 반복하며, 전체적으로는 증가하는 추세에 있으며, 영상/레이더 융합차선별 공간매칭 기술 역시 소폭 증감을 반복

하며, 전제적으로 증가하는 추세에 있음.

라. Impact 평가

총 83종의 관련특허에 대해 활용도 평가와 장벽도 평가를 통해 8종의 핵심특허를 추출하였다

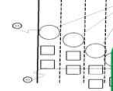
기 호	기 술 분 류	AA	기 술 관 련 성	외 관	
발명의 명칭	다중파인더 구조의 렌즈 구성체를 갖는 다중자선에서의 과속차량 감지 시스템(Lens of the structure formation with a multi-finder in a multi-lane vehicle detection system for speeding)			출 원 인	김준규
출 원 번 호	KR20120081627A	출 원 일	2012.07.26	등록 번 호	KR120083381
요 약	하나의 렌즈 구성체(10)가 설치된 일정한 위치(도1, 10)에서 다중 자선에서 과속 위반하는 차량을 모두 촬영하기 위해 일정각도의 사선으로 설치되는 감지선(60)으로 구성되는 다중파인더 구조의 렌즈 구성체를 갖는 다중자선에서의 과속차량 감지 시스템은 각 자신별로 설치되어 운영되는 카메라 렌더에 한 자신만을 인식하기 위한 소모적인 방법을 개선할 수 있어 예산절감과 적재적소에 설치할 수 있는 시스템에 관한 것이다.			대표 도 면	
목 적	하나의 폐쇄회로(CCTV) 카메라로 다자선 과속차량을 감지/촬영할 수 있는 시스템 개발	수 단	10: 최우측 자선에 위치한 다중파인더 구조의 렌즈구성체, 50: 일정 촬영위치 영역, 60: 일정한 각도로 구성하는 감지선 인식 촬영 오목렌즈 구성체를 다중적으로 적용하여 각 자신별 과속차량을 분할 → 다수의 인식 촬영 오목렌즈에 투영하는 구조단과 모든 자신들 동시에 감지 및 촬영할 수 있도록 감지선을 일정 사선각을 유지하여 자신별 상태(속도 및 시간)를 분할된 화면에 표시		
대 표 장 구	창구범위 내용 1. 여러 자선에서 과속 위반하는 차량들을 도로 최우측단 안전지역에서 일정높이에 설치된 하나의 구성체로 촬영토록 렌즈구성체를 자신수에 맞도록 내장하여 모듈화 할 수 있는 다중파인더 구조의 렌즈구성체를 갖는 다중자선에서의 과속차량 감지 시스템에 있어서, 여러자선에서 동시에 위반하는 과속차량을 촬영하는 다중파인더 구조의 렌즈구성체(10)와 상기 렌즈구성체와 제열되어 속도제한 감지된 다중의 이미지를 일정한 크기의 촬영면에 영상투표 하는 이미지 인식탐색 모듈렌즈(21)			권역 spec	
	하나의 렌즈 구성체(10)가 설치된 일정한 위치(도1, 10)에서 다중 자선에서 과속 위반하는 차량을 모두 촬영하기 위해 일정각도의 사선으로 설치되는 감지선(60)으로 구성되는 다중파인더 구조의 렌즈 구성체를 갖는 다중자선에서의 과속차량 감지 시스템				

그림 88 Impact평가 예시

마. 핵심특허추출 및 활용특허분석

상기의 과정을 통해 추출된 8종의 핵심특허를 분석하여 본 연구과제의 특허침해여부를 조사하고 회피전략을 수립하였으며, 기존 특허의 장단점을 분석하여 향후 R&D전략을 수립하였다.

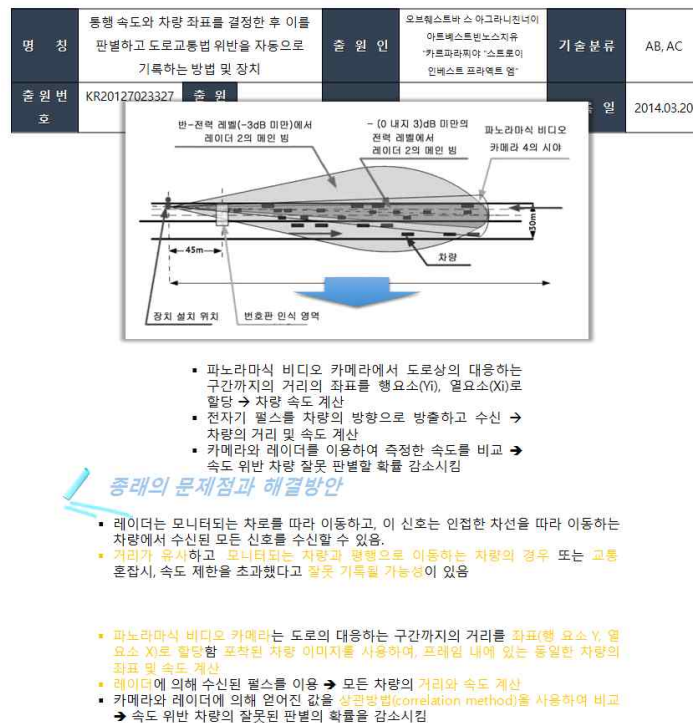


그림 89 활용특허 분석 예시

6. 영상-레이더 데이터융합방법 및 평가방법

가. 영상-레이더 통합 성능평가 개요

□ 목표

○ 영상-레이더 통합제어기의 현장실험 데이터를 토대로 속도데이터의 평가 방법을 설계하고, 이를 현장에 적용하여 수집한 데이터 분석과 적용성을 검토함

○ 영상-레이더 통합제어기는 영상검지기 단속방식 또는 레이더 트리거 단속방식 그리고 루프제어기 단속방식 등과 같이 단일 센서만을 이용한 방식 보다 속도 정확도를 높이고, 설치 방식의 용이성을 개선하는 차세대 과속단속장치에 대한 성능평가 방법을 제시함

□ 필요성

○ 영상 레이더 통합제어기를 사용해 속도 데이터를 수집하였고, 이를 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 루프 센서 데이터와 비교하면서 데이터 유사도를 분석하였음. 이 방식은 레퍼런스 데이터를 수집하는 데 한계와 기준 값으로 활용하는 데 한계가 있어, 유사도 분석으로 통합제어기의 속도데이터 신뢰성을 분석함

○ 기준 데이터로 활용한 루프 센서 데이터는 역시 절대적인 참 값으로 활용하기에는 역시 한계가 있지만, 기준 참값을 도출하는 방법은 추후 차로별 수직형 레이저센서 데이터와 비교할 수 있으나, 데이터 융합방법론을 도출하는 과정에서 최적의 방법이라 할 수 있음

○ 영상 레이더 통합제어기는 수집한 속도 데이터에 대한 신뢰성을 판단하기 위해 동일 구간에 설치한 루프 센서의 속도 데이터와 비교하면서 융합 데이터와 루프데이터의 유사도를 판단하는 방법을 수행했음

○ 데이터의 유사도는 기준 값에도 약간의 오차를 포함하고 있음을 인정하고 상호 데이터의 패턴과 오류 원인을 찾기 위해서 필요한 과정으로 각각의 데이터를 충분히 수집하여 통계적 방법으로 데이터의 상관성을 분석하는 것이 필요함

□ 현장평가 사이트 설치환경 분석

○ 영상-레이더 통합 성능평가는 데이터 수집 시간대와 수집장소 등 환경조건의 동질화(singularity)가 필요하며, 동질화 조건은 시스템 작동 시간과 장소 그리고 지정 장소의 속도 일관성 등을 고려하여 데이터를 수집함

○ 시스템 시험 환경은 설치장소의 조건에 따라 다른 특성을 보일 수 있으므로, 다른 2개소를 선정하여 시스템을 평가하였음. 평가현장은 수도권 동부권 지역(구리시)과 서부권(안산시) 두 곳을 지정하여 다른 곳에서 평가를 실시하였고, 평가 시기도 안산시 사이트에서는 2016년 3월부터 5월 사이에 평가를 했고, 구리시 사이트에서는 2016년 6월부터 12월 사이에 평가하였음

○ 구리시 사이트와 안산시 사이트의 기준데이터 수집환경은 다소 차이가 있는데, 구리시 사이트의 레퍼런스 데이터는 루프센서를 설치하여 기준 값으로 활용했고, 안산시 사이트는

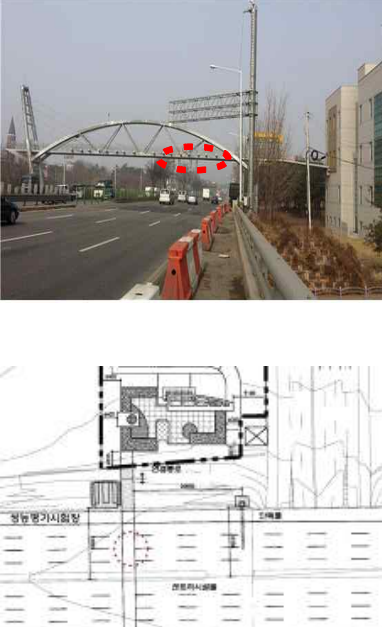
레이저 센서를 설치하여 기준 값으로 활용했음

○ 구리 사이트 현장 조건

- 위치 : 경기도 구리시 도로
- 차로 : 양방향 4차로 도로, 양방향 갓길
- 차로별 폭 제원 : 3.2 M
- 일평균 교통량 : 약 3만대 (2015년)
- 중앙분리대 설치, 갓길 경계석 설치, 중앙분리대 높이는 약 80cm 철구조물 펜스이고, 갓길은 자전거도로로 활용 중임
- 루프센서 설치 위치 : 1.8m 사각형 매설, 카메라 설치 지점부터 20m 떨어진 위치에 첫 번째 루프 센서(#1 Loop), 1차 루프 센서에서 5m 전방으로 두 번째 루프 센서(#2 Loop), 그리고 2차 루프센서에서 5m 이격하여 세 번째 루프센서(#3 Loop)를 설치함
- 영상센서와 레이더 센서 설치 위치 : 1차로와 2차로의 중간 지점에 설치하였고, 영상 센서의 높이는 6.5m, 레이더 센서의 높이는 8m 높이의 가로형 지주물에 설치하였음
- 도로포장 노면은 아스팔트 포장이고, 1차로는 신규로 포장하여 2차로의 포장면과 명암 차이가 발생하고 있음
- 데이터 수집구간인 30m 구간에는 노면 표시가 없는 상태이고, #3 Loop 지점에 횡단 보도가 있어 보도차선이 표시되어 있는 상태임

○ 안산 사이트 현장 조건

- 위치 : 경기도 안산시 도로
- 차로 : 양방향 8차로 도로, 양방향 갓길
- 차로별 폭 제원 : 3.2 M

		
경기도 구리시 현장평가 사이트	경기도 안산시 현장평가 사이트	경기도 연천시 기상재현 평가사이트

○ 구리시 현장평가 사이트 상세 스펙

1) 영상 센서

- 영상센서 카메라해상도 : 3200x2000
- 렌즈화각 : 47°
- 설치높이 : 6.5m
- 설치각도 : 수평각(10°) / 수직각(10°)
- 가시영역 : 20m ~ 40m
- 검지영역 : 25m ~ 30m

2) 레이더 센서

- 설치 높이 : 8m
- 검지거리 : 15m ~ 100m
- 설치각도 : 수평각(15°), 수직각(10°)

○ 구리시 테스트베드의 교통 현황 분석

- 테스트베드 지점의 교통 패턴을 분석하기 위하여 평균일교통량, 차종별 평균일교통량, 상하행별 교통량, 차종별 상하행 교통량을 분석함
- 분석결과 일일 평균 약 3만대 이상의 교통량이 발생하고, 승용차의 통행량이 전체의 약 75%, 화물차가 약 20% 그리고 버스가 약 5%의 교통량을 차지하며, 상행보다 하행의 교통량이 더 높은 특성을 보임

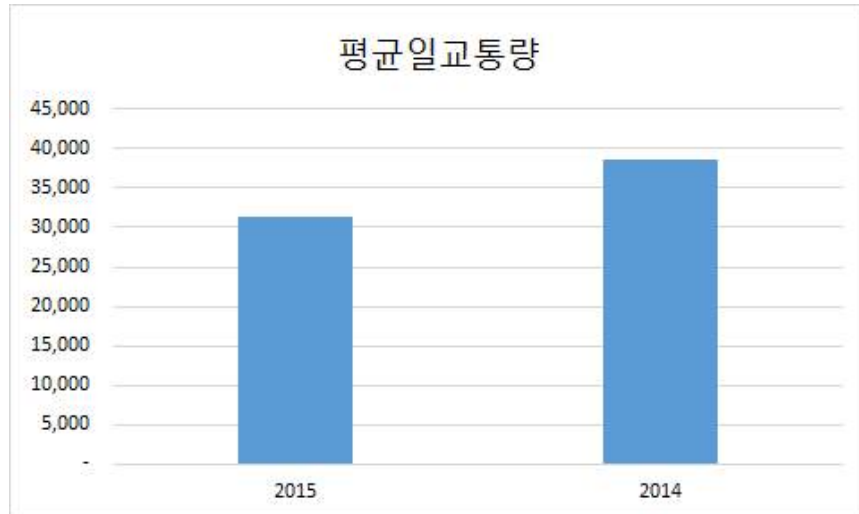


그림 90 평균일교통량(2014년, 2015년)

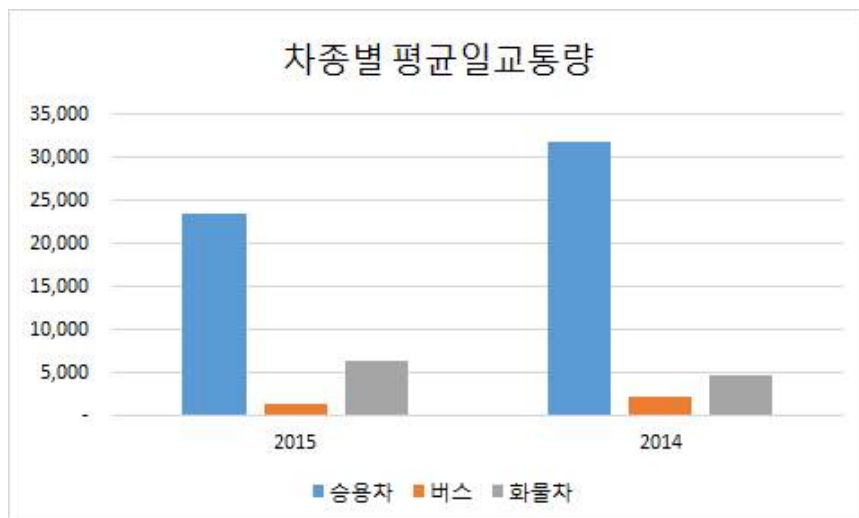


그림 91 차종별 평균일교통량(2014년, 2015년)

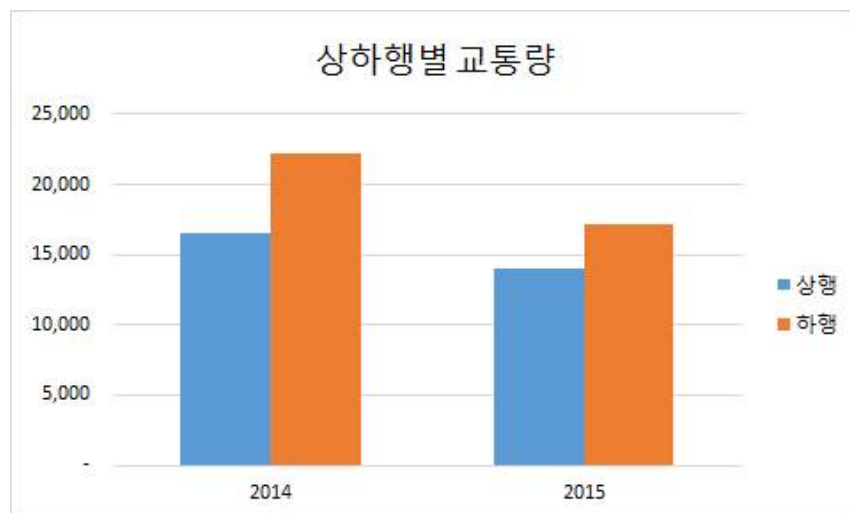


그림 92 상하행별 교통량(2014년, 2015년)

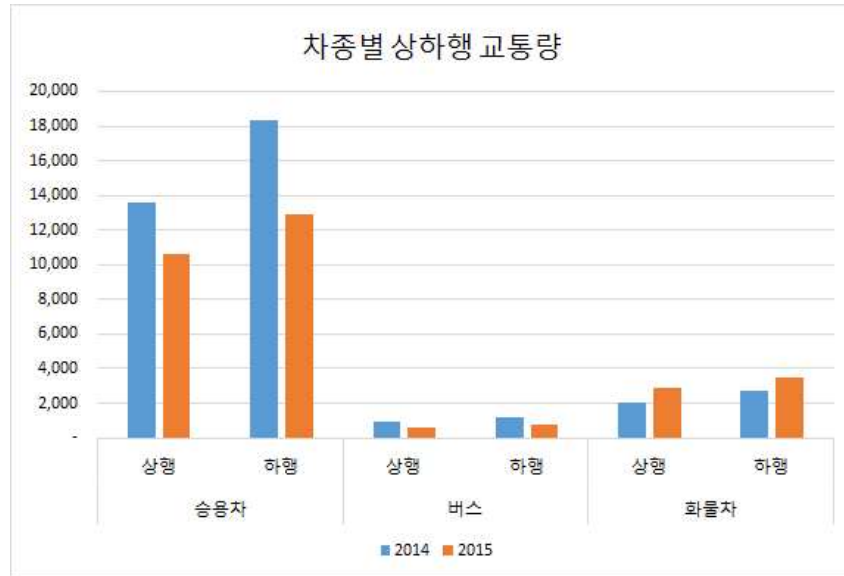


그림 93 차종별 상하행 교통량(2014년, 2015년)

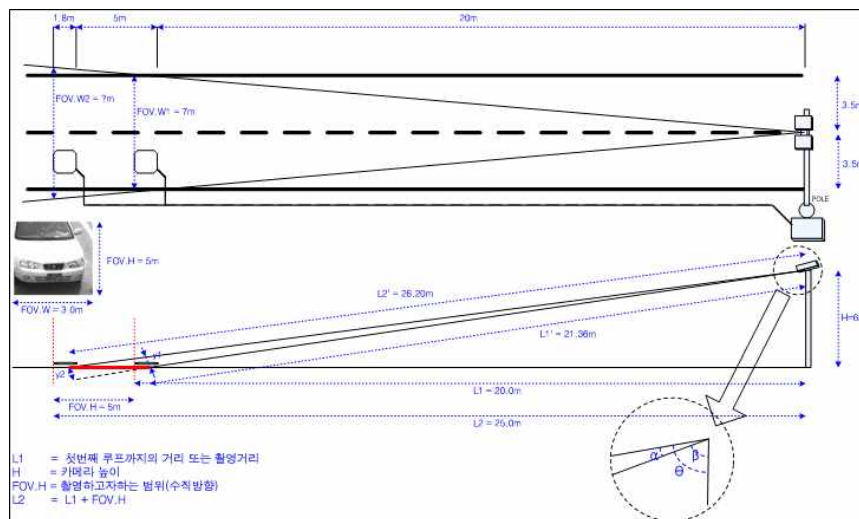


그림 94 테스트베드의 데이터 수집환경 파라미터

○ 기상재현 SOC 실증시험장 테스트베드(연천)

- ‘기상환경 재현 도로 성능평가 실험시설’은 터널형 쉼드(폭32m×높이 16m×길이 200m)와 강우 및 안개 재현 실험시설(200m 구간)로 구성되어 있음

나. 영상-레이더 통합 성능평가 방법 설계

□ 위치/시각 데이터 동기화 방법

○ 픽셀 좌표값을 갖는 영상 정보와 공간 분해능을 갖는 레이더 원시자료의 위치값을 매핑하기 위한 기준 위치 정의와 구간 매핑을 수행함

○ 레이더 공간 분해상의 객체별 고유 ID와 영상내의 차량사이에 매핑되지 않는 비정합 객체가 발생하고 이를 보정하는 과정이 필요함

○ 영상에서 대응점을 미리 정하고 이를 기준으로 원근투영변환방법으로 변환 영상에서 거리 좌표계로 다시 변환하는 방법을 사용하고, 이때 최소 자승법을 이용함

○ 시각 동기화는 레이더 데이터와 영상 검지 데이터는 서로가 검지 데이터의 좌표계를 발생하므로 서로 다른 센서에서 수집한 데이터를 시각 중심으로 일차적으로 매핑함

○ 레이더 객체 데이터는 수직 분해능이 좋아서 수직적 거리 데이터를 비교적 정확하게 생성하므로 이를 바탕으로 영상의 객체 좌표와 정합화하게 됨

○ 카메라 영상에서 인코더 및 동영상 스트리밍하는 네트워크 카메라를 사용하면, 약 1초의 시간 차이 값(Δt)가 생기며, 이때 레이더

검지 데이터의 버퍼링을 통해 Δt 만큼 정합 시각을 동기화시킴

$$\Delta t = t_{image} - t_{radar}$$

t_{image} : 영상에서 개별 차량의 특정 지점을 지날 때의 시간

t_{radar} : 동일한 개별 차량이 동일한 특정 지점을 통과하는
시간

○ 시각 동기화 이후에는 동일한 이미지 프레임에서 개별 차량별 이미지 객체의 위치와 레이더 객체의 위치를 매핑함

□ 영상-레이더 데이터 분석 지표

○ 영상-레이더 데이터의 정확도 분석은 일반적으로 사용하고 있는 평균절대오차백분율(MAPE) 지표를 사용하였음

○ MAPE 지표는 ‘ITS 성능평가기준’에서 차량속도검지정확도를 산출하는 지표로 사용하고 있으며, ‘경찰청 성능평가기준’에서는 개별차량의 속도오차를 지표로 사용하고 있는데, 이는 ITS와 경찰 단속장비의 근본적인 요구조건이 달라 다른 지표를 사용하는 것이지 성능지표의 우수성을 판단하는 기준은 아님

○ MAPE 지표는 속도 검출 성능의 전체적 신뢰성을 판단하는 척도이므로 본 연구에서는 우선적으로 검지방식의 신뢰성을 전체적으로 판단하는 과정이 필요하여 MAPE지표를 사용하였고, 이후 경찰청 속도정확도 판단기준을 적용하는 과정을 제안함

$$\text{평균절대오차백분율(MAPE, \%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - X_i|}{Y_i}}{n} \times 100$$

Y_i : i 번째 분석단위시간의 기준값

X_i : i 번째 분석단위시간의 측정값

n : 분석단위시간(1분) 개수

차량속도 : 분석단위시간당 측정된 차량 속도를 산술평균한 값

○ 경찰청 단속장비의 속도오차율 지표는 ((대상속도 -기준속도)/기준속도) ± 5% 이하로 규정하고 있고, 검사대상장비의 설정된 단속 속도 이상 주행한 차량에 대하여 검사대상장비가 측정한 속도와 검사장비가 측정한 속도의 차이임

○ 번호인식률의 경우, ITS 성능평가기준의 경우 오차백분율을 적용하여, 인식률 지표를 정의하고 있음

인식률=100(%)－오차백분율(PE)

$$\text{여기서, 오차백분율 } PE(\%) = \frac{E}{Y} \times 100$$

E : 분석단위시간동안의 번호판 오인식 또는 미인식(미검지 포함)한 차량 대수

Y : 분석단위시간동안의 검지한 유효차량대수, 분석단위시간 60분

○ 경찰청 번호인식률 기준은 인식률 80%와 오류율 2%미만으로 정의함

○ 데이터 수집 기간의 경우, ITS 성능평가기준은 주중 3일 동안을 수집하는데, 일출(기상청예보기준전후15분), 주간(일출30분후-일몰 30분전), 일몰(기상청예보기준 전후15분), 야간(일몰 30분후-일출 30분전) 시간대에 각 30분(최소100대 이상) 동안 데이터를 수집하고, 분석단위시간은 30분으로 규정하고 있음. 반면에 경찰청 속도단속장비는 별도로 규정하고 있지 않음

다. 영상 레이더 현장평가 및 실험분석

□ 루프-레이더와 루프-영상 데이터 분석

○ 1차년도 영상-레이더 데이터 분석을 위하여 그림 95과 같이 일체형 영상-레이더 단속 장비를 사용하였고, 2차년도 영상-레이더 데이터 분석을 위하여 그림 96과 같이 일체형(Onebody) 영상-레이더 단속장비를 1차년도 현장과 동일한 위치에 설치하고 평가를 진행함



그림 95 일체형(Onebody) 영상-레이더 단속 장비 (1차년도)



그림 96 일체형(Onebody) 영상-레이더 단속 장비 (2차년도)

○ 1차년도(2015)에 레이더-영상 속도 데이터를 분석하기 위하여 약 600여대의 차량 속도를 측정하여 기준데이터로 사용하였으며 루프데이터와 비교 분석을 수행하였음. 2차년도(2016)에는 1차년도 분석 데이터와 2차년도에 추가로 수집된 데이터를 통합 분석하였음

○ 2차년도(2016) 데이터 역시 오전과 오후로 나누어 수집 되었고 1차년도와 2차년도 데이터를 통합하여 약 1,600여대 이상의 차량데이터를 이용하여 분석을 수행함

○ 데이터 수집은 1차년도와 마찬가지로 루프-레이더와 루프-영상 속도 데이터를 비교분석하기 위하여 각 센서로부터 수집되는 속도 데이터의 시각동기화를 맞추고 서로 비교 분석을 수행함

○ 레이더와 영상으로 측정되는 속도 데이터를 분석하기에 앞서 기준값으로 사용하는 루프데이터와의 유사성을 분석함. 이를 위하여 루프-레이더와 루프-영상 속도의 유사성을 비교 평가하기 위하여 분산 그래프(Scatter plot)를 활용하였으며, 분산 그래프는 기울기 1의 선형성을 가질수록 서로의 데이터가 유사함을 의미함

○ 레이더와 영상에서 측정되는 속도 데이터는 다양한 에러 환경에 따라 비정상적 데이터가 추출됨. 속도 데이터의 정확한 분석을 위하여 에러 데이터를 제거하는 작업이 필요함

○ 그림 97은 루프-레이더 속도 데이터의 에러 제거전의 분산 그래프를 나타낸 것으로 붉은색 원으로 표시한 부분이 에러 데이터임. 에러 데이터는 루프속도인 x축과 레이더속도인 y축에 붙어있게 되며, 이는 각각 미인식(레이더속도가 0)과 중복인식(루프속도가 0)인 경우임

○ 앞서 설명한 에러에는 미인식과 중복인식 외에 오토바이, 보행자, 자전거, 특수차량 등 다양한 에러가 발생할 수 있음

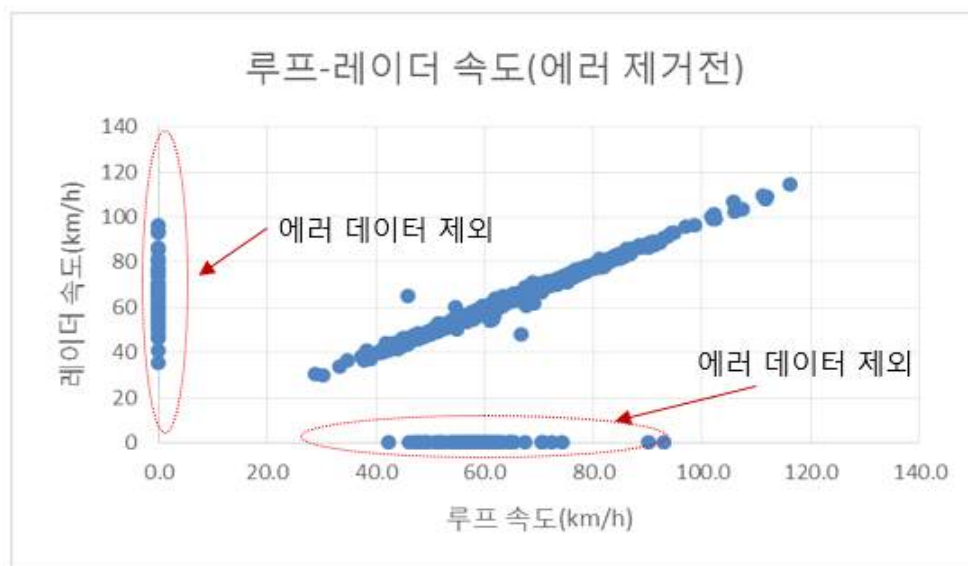


그림 97 루프-레이더 속도 (에러 제거전)

○ 그림 98는 루프-영상의 속도 데이터의 에러 제거전 상황을 나타낸 것으로 붉은색 원으로 표시한 부분이 에러 데이터를 나타낸 것임

○ 루프-영상 속도 데이터는 앞서 분석한 루프-레이더에서 주로 발생한 것과 같이 중복인식(루프속도가 0)과 미인식(영상속도가 0) 에러 이외에 속도측정 자체가 잘못되는 에러가 존재함

○ 속도측정 자체가 잘못 발생하는 원인은 차량 번호판의 위치 인식이 잘못되어 발생하는 것으로 그림 97과 같이 비정상적으로 큰 속도 데이터가 추출됨

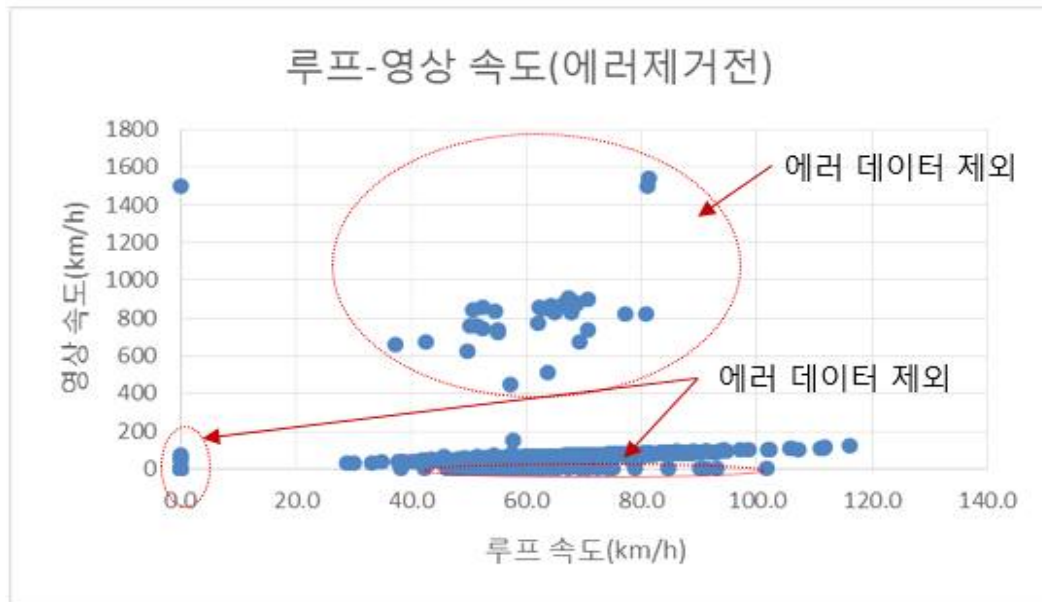


그림 98 루프-영상 속도 (에러 제거전)

○ 루프-레이더 그리고 루프-영상의 정상적 속도 데이터의 유사성 평가를 위해 에러 데이터는 그림 99, 100과 같이 모두 제거되었으며, 모든 에러가 제거된 속도 데이터만을 이용하여 분석을 수행함

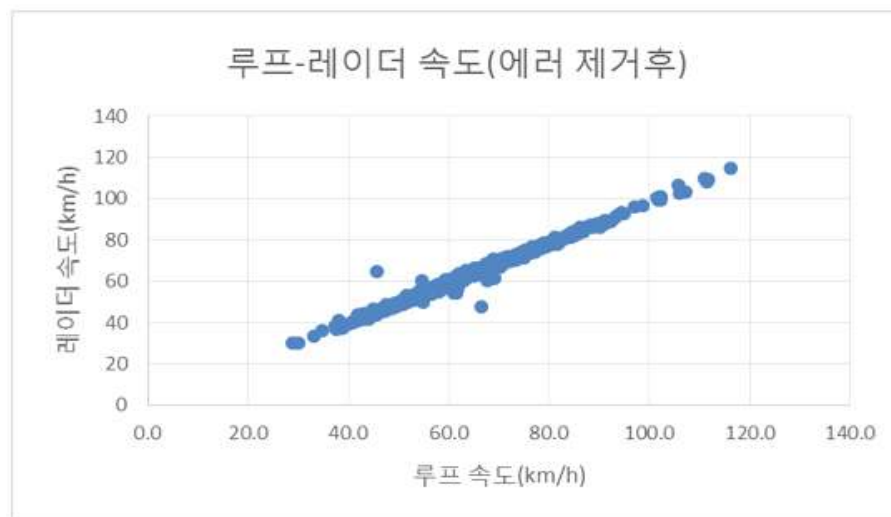


그림 99 루프-레이더 속도 스캐터 (에러 제거후)

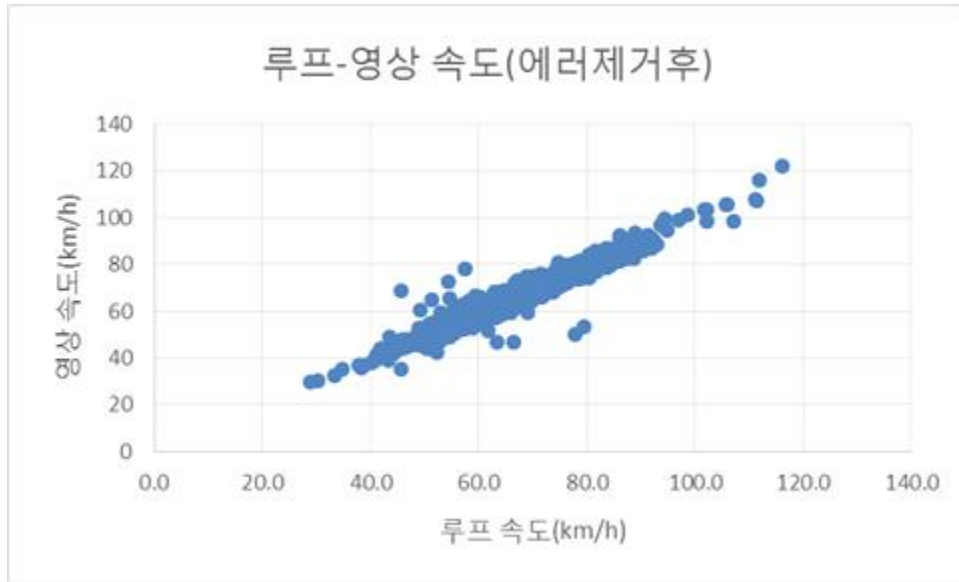


그림 100 루프-영상 속도 스캐너 (에러 제거후)

○ 그림 99, 100을 보면 루프-영상보다 루프-레이더의 분산 그래프의 두께가 더 얇게 나타나므로 그 유사성이 더 높다고 판단됨

○ 루프-영상 속도와 루프-레이더 속도 각각의 유사성 평가는 1차년도에서도 루프-레이더가 더 높게 나타났으며, 2차년도 통합 평가에서도 동일한 결과를 얻음

○ 루프-영상과 루프-레이더의 정확한 유사성을 수치화하기 위하여 그림 101와 같이 MAPE를 계산하였으며, 루프-레이더는 2.1%, 루프-영상은 3.3%로 루프-레이더가 루프-영상에 비해 더 높은 유사성을 가짐을 확인함

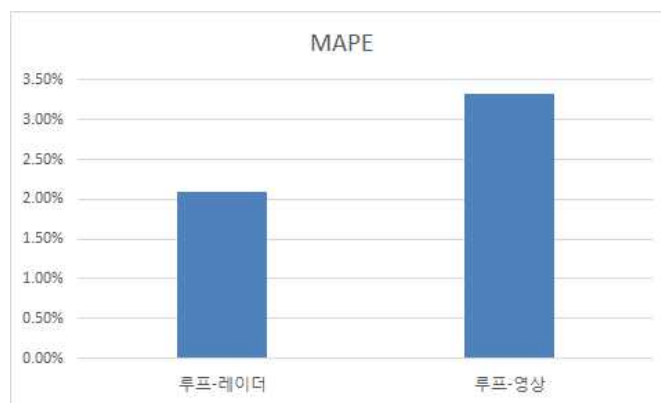


그림 101 루프-레이더 와 루프-영상의 MAPE

○ MAPE 데이터 간의 상대적 유사도를 평가하는 수치로 평균절대오차백분율을 의미함

$$\text{평균절대오차백분율(MAPE, \%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - X_i|}{Y_i}}{n} \times 100$$

Yi : i 번째 분석단위시간의 기준값

X_i : i 번째 분석단위시간의 측정값

n : 분석단위시간(1분) 개수

차량속도 : 분석단위시간당 측정된 차량 속도를 산술평균한 값

○ 그림 101에서 도출한 루프-레이더와 루프-영상의 유사성은 장비에서 추출된 RAW 속도 데이터를 이용해 도출한 값으로 해당 데이터의 보정을 통해 유사성을 향상시킬 수 있음

○ 루프-레이더와 루프-영상의 속도 보정을 위하여 각각의 경우에 일정량의 속도변량을 적용하여 최소 MAPE를 도출하는 방식으로 진행함

○ 그림 102은 레이더 속도 보정을 위하여 기본데이터(OG) 값에 0.1의 변동성을 부여하였음

○ 계산 결과 레이더는 그림 102과 같이 원본데이터(OG)에 +1.2 일 때 가장 낮은 MAPE를 보였고, 이 때 MAPE의 값은 0.98%로 보정 이전의 2.1%보다 약 1.1% MAPE가 낮아졌으며, 이는 약 99%의 유사성을 의미하므로 상당히 높은 유사성을 가진다고 평가할 수 있음

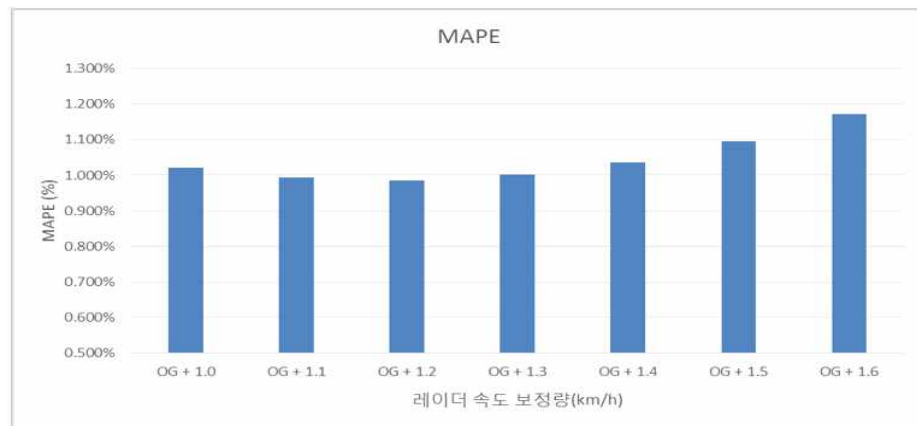


그림 102 레이더 속도 보정에 따른 MAPE

○ 루프-영상 속도 데이터는 그림 103와 같이 원본데이터(OG)에 +0.7일 때 가장 낮은 MAPE를 보였고, 해당 위치의 MAPE는 3.16%로 보정 이전의 3.32%에 비해 약 0.15%정도 MAPE가 낮아졌으며, 이는 약 97%의 유사성을 가짐을 확인함

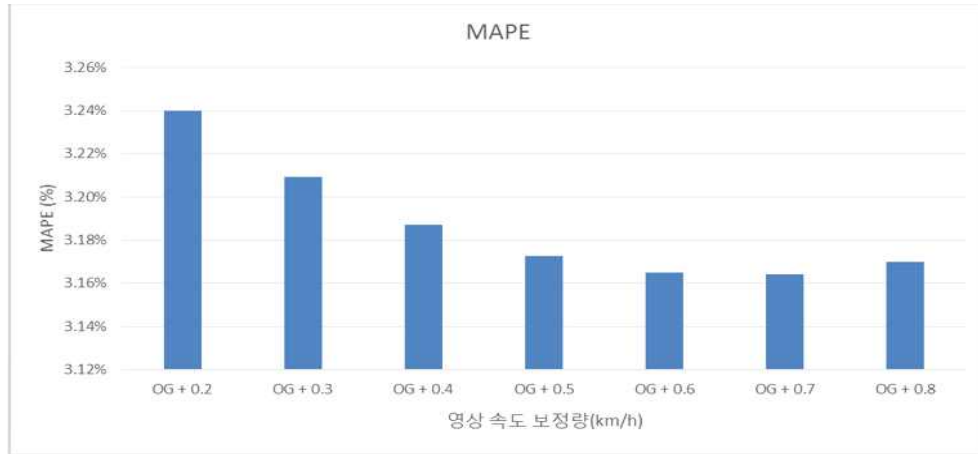


그림 103 영상 속도 보정에 따른 MAPE

○ 루프-레이더와 루프-영상의 속도 데이터 분석 결과 레이더와 영상 모두 매우 낮은 MAPE를 가지는 것을 확인하였고, 레이더가 영상에 비해 루프와 더 높은 유사성을 가진다고 판단됨

○ 그림 104는 루프-레이더와 루프-영상의 보정전과 보정후의 MAPE를 나타낸 그림으로 앞서 분석한 최적의 보정 데이터를 적용하였을 때 결과를 나타냄.

○ 루프-레이더와 루프-영상 두 가지 경우 모두 보정 후 더 낮은 MAPE를 가짐을 확인하였으며, 이는 보정 작업이 데이터의 신뢰성을 증가 시킨다는 것을 의미함

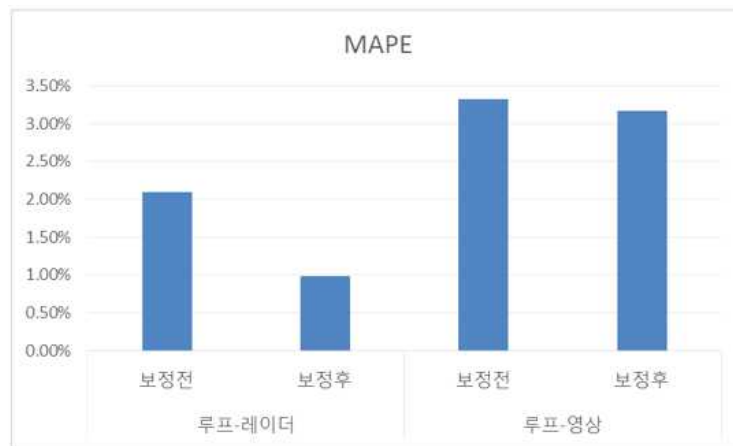


그림 104 루프-레이더와 루프-영상의 보정후 MAPE

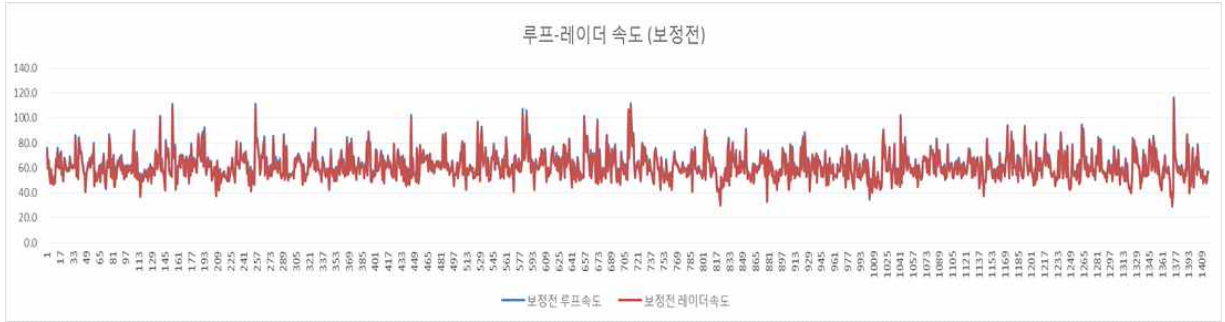


그림 105 루프-레이더 속도 (보정전)

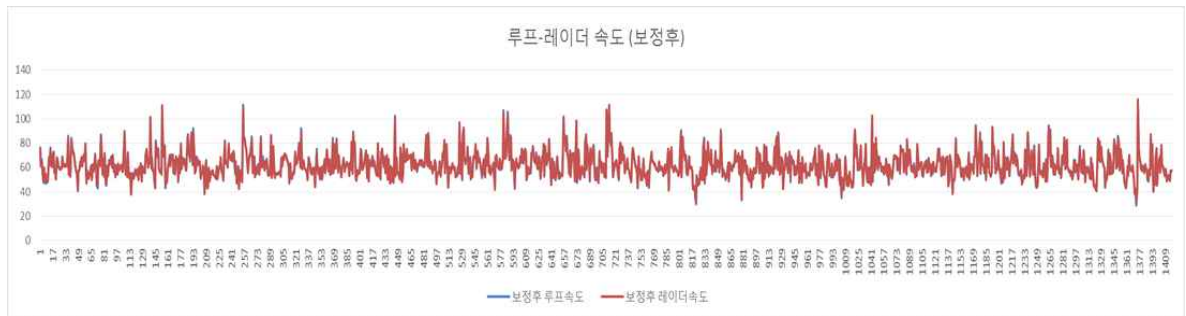


그림 106 루프-레이더 속도 (보정후)

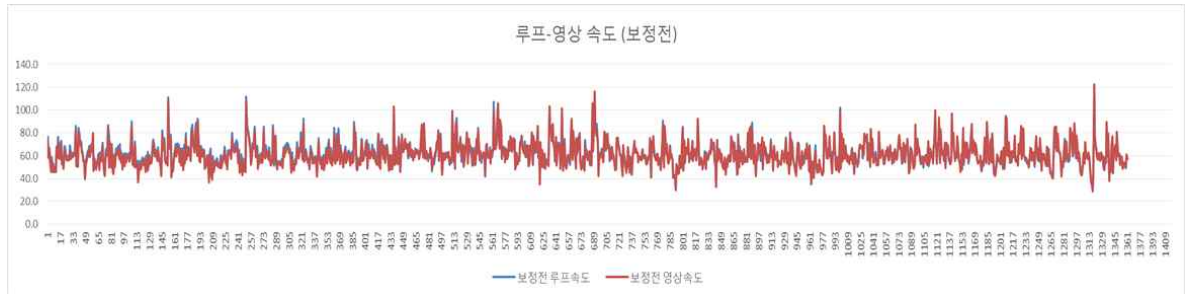


그림 107 루프-영상 속도 (보정전)



그림 108 루프-영상 속도 (보정후)

○ 그림 105, 106은 루프-레이더의 보정전과 보정후 속도 데이터를 시간축으로 나타낸 것이며, 그림 107, 108는 루프-영상의 보정전과 보정후 속도 데이터를 시간축임

○ 시간축 데이터로는 보정전과 보정후 데이터의 차이를 구분하기 힘들지만, 보정후 데이터의 유사성이 매우 높다는 것을 알 수 있음

□ 영상-레이더 속도 데이터 융합 방법

○ 영상과 레이더는 데이터의 특성상 주변 환경에 의해 정확성이나 강인성 등이 다른 특성을 가짐

○ 하나의 목적에 두 가지 이상의 데이터를 사용할 때 두 데이터를 추출해 사용한다고 무조건적으로 장점이 나타난다고 말할 수 없음

○ 특히, 본 연구에서 영상과 속도 데이터를 각각 수집하여 분석한 결과 두 데이터를 단순히 산술적으로 융합한다고 데이터의 정확성을 높일 수 없다는 것을 알 수 있었음

○ 만약, 두 가지 데이터 중 하나의 데이터가 신뢰성이 낮다고 가정하였을 때 두 가지 데이터를 산술 융합하게 되면 오히려 신뢰성을 악화시키는 결과를 초래하게 됨

○ 예를 들어, 앞서 분석한 것과 같이 레이더의 속도 데이터가 영상 속도에 비해 더 높은 신뢰성을 보이는데 단순히 영상 속도를 레이더 속도에 산술 융합하게 되면 레이더의 신뢰성을 감소시키는 효과만 발생시키게 됨

○ 이러한 경우에는 더 신뢰성이 높은 레이더 데이터를 기준으로 설정하고 레이더가 신뢰성 있는 속도 데이터를 산출하지 못한 경우에만 영상 속도 데이터로 보정하는 방식이 전체적인 신뢰성을 향상시킬 수 있음

○ 이러한 경우에는 데이터 분석 결과를 바탕으로 레이더 속도 데이터 산출 실패경우를 산출하여 해당 경우에 영상 속도로 보정 작업을 수행하면 됨

○ 레이더의 대표적 에러 유발 지표를 데이터 분석 결과로 도출하였으며, 에러 경우를 속도 단속 업무에서 제외하는 차량은 단속률 평가에서 배제하는 것이 적절하여, 이를 데이터 분석과정에서 조정하였음

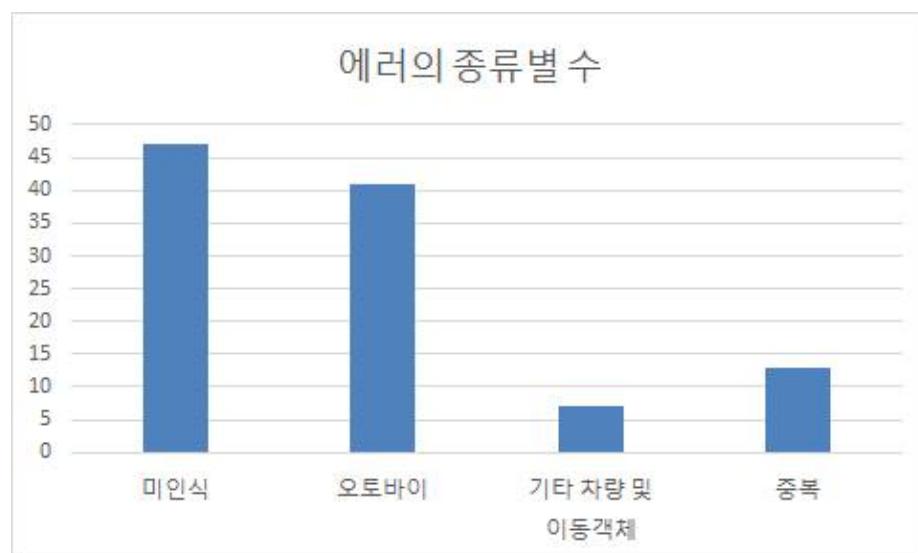


그림 109 레이더에서 발생 가능한 에러의 종류

○ 레이더 속도 산출 실패 경우 분석 결과 그림 109과 같이 크게 4가지 종류(미인식, 오

토바이, 기타차량 및 이동객체, 중복)의 실패 사례를 정리할 수 있었음

○ 1차년도 분석에서는 총 5가지 에러로 분류하였는데, 2차년도에는 1차년도에 분리하여 정리하였던 자전거와 보행자를 기타차량 및 이동객체로 통합하였고 해당 지표에는 특수 차량들도 2차년도에는 추가하였음

○ 레이더 속도 산출 실패 사례 중 오토바이나 기타차량 및 이동객체는 속도 단속 대상인 차량이 아닌 객체로 속도 단속 대상이 아니라고 결정할 수 있음

○ 레이더 속도 산출 실패 중 문제가 되는 것은 레이더 데이터 분석의 잘못으로 발생하는 미인식과 중복 문제임

○ 미인식은 레이더가 차량 자체를 인식하지 못하는 문제를 의미하며, 보통 2대 이상의 차량이 동시에 같은 지점을 통과할 때 자주 발생함

○ 중복은 동일한 하나의 차량이 서로 다른 2대의 차량으로 인식되는 문제로 레이더의 추적(트래킹)에 문제가 발생하는 경우로, 보통 소형차량이 대형차량에 가려졌다가 다시 나왔을 때, 2대의 차량이 서로 근접하여 운행하다 떨어질 때 등이 있음

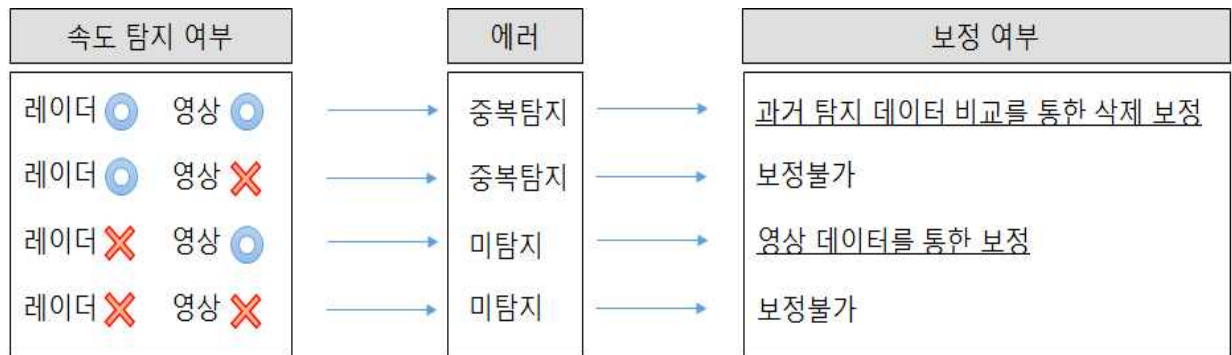


그림 110 레이더-영상의 탐지 상황별 보정 가능성

○ 레이더와 영상의 데이터 융합을 위하여 레이더와 영상의 속도 산출 실패를 기준으로 그림 110과 같이 레이더-영상 탐지 상황별 보정 가능성을 정리함

○ 레이더와 영상의 상황별 보정 가능성은 그림과 같이 4가지 경우가 발생하며, 각각의 경우별 보정 여부는 그림과 같음

○ 레이더 속도와 영상 속도 모두 있을 때는 발생 가능한 에러는 중복탐지이며, 과거 탐지 데이터 비교를 통한 삭제 보정이 가능함

○ 레이더 속도가 있고 영상 속도가 없을 때는 중복탐지 에러가 발생가능하고 영상 속도 데이터가 없으므로 보정이 불가함

○ 레이더 속도가 없고 영상 속도가 있을 때는 미탐지 에러가 발생가능하고 영상 데이터를 통한 보정이 가능함

○ 레이더와 속도 모두 데이터가 모두 산출되지 않았을 때는 미탐지 에러가 발생 가능하지만 아무런 속도 데이터가 없으므로 보정이 불가능함

○ 그림 110의 데이터를 요약하면 영상 속도 데이터가 없을 때는 보정이 불가하다는 것

을 알 수 있음

○ 앞서 분석 결과를 정리하여 보정 알고리즘을 설계하면 그림 111와 같이 상황별 속도 산출 방법을 정리할 수 있음

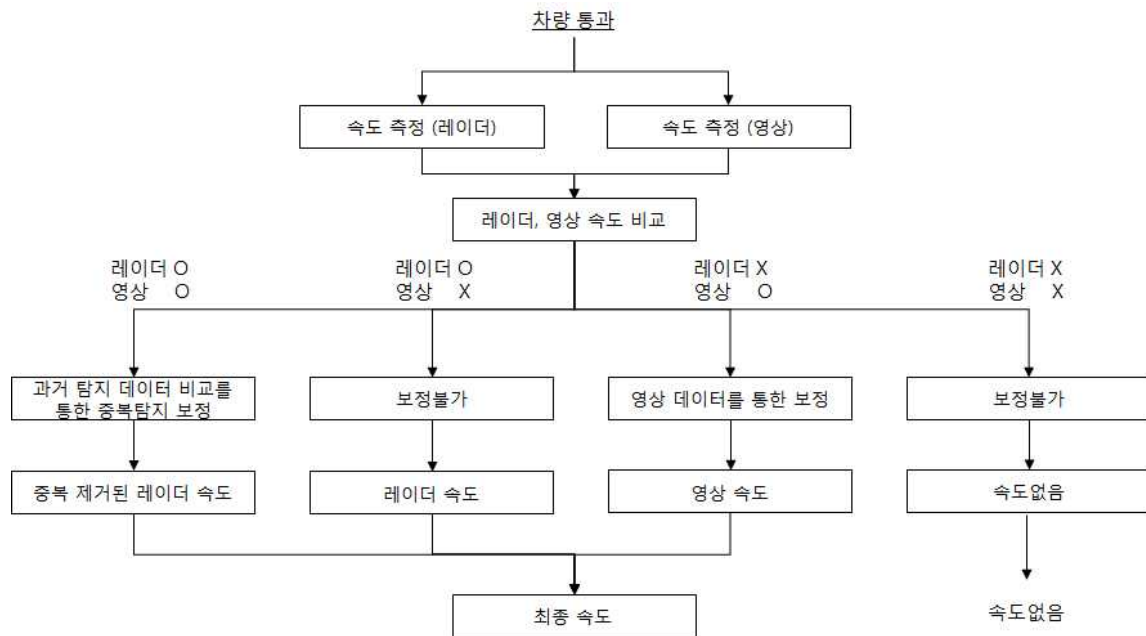


그림 111 영상-레이더 속도 융합 알고리즘의 분석 흐름도

○ 영상과 레이더 각각의 디바이스는 독립적으로 속도를 측정하고 앞서 설명한 4가지 상황에 따른 속도 보정을 그림과 같이 수행하여 최종 속도를 산출함

○ 그림 111와 같이 레이더와 영상 두 데이터가 모두 있거나 어느 하나의 데이터가 없을 때만 최종 속도를 산출 할 수 있고, 레이더와 영상 모두 데이터가 없을 때는 속도를 산출 할 수 없음

□ 영상-레이더 복합 단속 장비 정확도

○ 앞서 설계된 영상-레이더 융합 방법을 이용해 테스트 도로에서 수집된 속도 데이터를 이용하여 평가를 진행함

○ 다만 승용차 또는 화물차와 같은 일반차량이 아닌 오토바이, 건설기계, 자전거 등 특수한 제외 이동체는 평가 대상에서 제외함

○ 평가 결과 레이더 센서에서 미탐지된 경우는 영상 검지기로 수집한 속도 값을 이용하여 보정함

○ 정확한 비교 분석을 위하여 레이더로부터 수집된 속도 데이터에 영상의 MAPE 값인 3.16%의 오차분포를 적용함

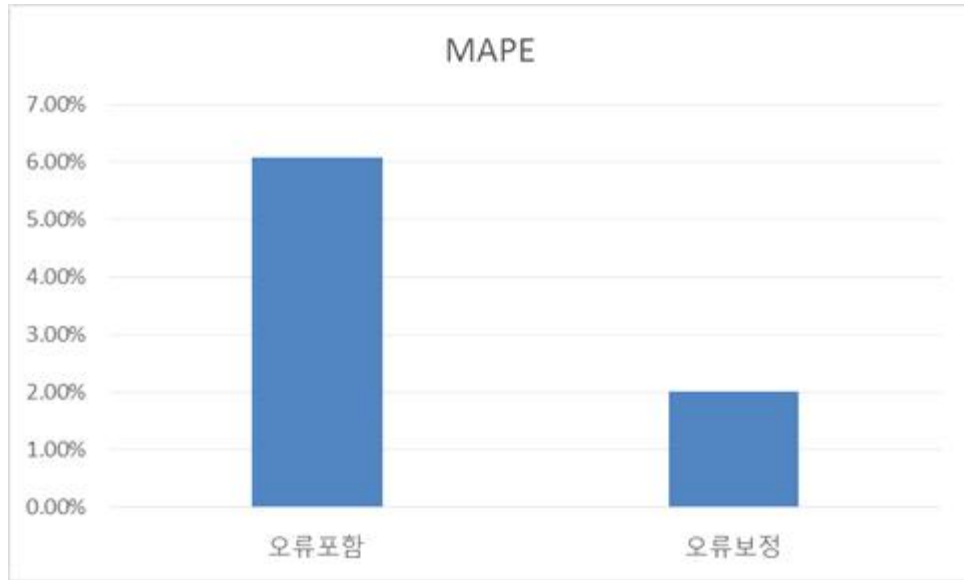


그림 112 영상-레이더 보정에 따른 MAPE

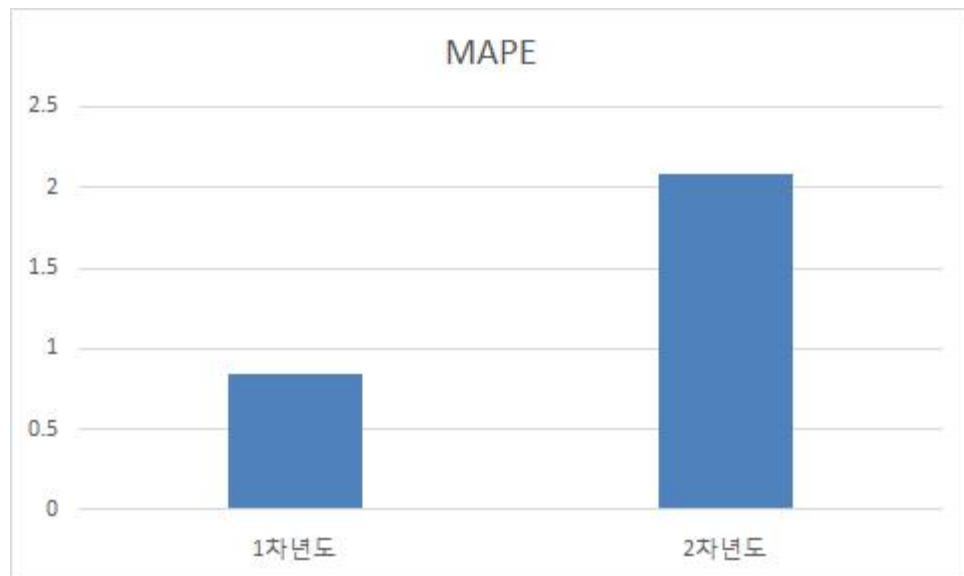


그림 113 1차년도와 2차년도 MAPE 비교

○ 그림 112은 본 연구에서 제안한 융복합 방법에서 문제가 되는 중복탐지와 미인식을 포함한 경우와 영상-레이더 융합 알고리즘을 통해 속도 데이터 보정하였을 수행 하였을 경우 MAPE를 분석함

○ 본 연구에서 제안한 융합 알고리즘을 통해 산출된 속도 값의 MAPE는 2.09%로 오류를 포함한 경우인 6.08%에 비해 월등히 오류가 감소되었음

○ 또한, 1차년도에 분석된 데이터와 2차년도에 분석된 데이터를 비교하기 위하여 그림 113와 같이 각각의 MAPE를 비교하였음

○ 1차년도에 비해 2차년도의 MAPE가 약 1%정도 증가하였으며, 이는 2차년도에 사용된 샘플 속도 데이터가 1차년도에 배 이상 늘어난 것 때문임. 하지만, 여전히 본 연구의 목표

정확도인 95%이상을 약 3%가량 초과한 98%를 보이고 있음

라. 다차로 무인교통단속장비 성능평가 단체표준안 제안

성능평가 단체표준 초안 요약서

(1) 표준명

다차로 무인교통단속장비의 성능평가를 위한 기준 규격

Standard specification of performance evaluation for Multi-lane Traffic Enforcement System

(2) 표준의 개요

(가) 목적

○ 본 표준 규격은 다차로 무인교통단속장비의 인증·평가 기준에 관한 것으로서 성능평가 장비의 설치위치에 대해서도 정의하여야할 필요가 있음. 이를 통해 표준화된 성능평가를 추진할 수 있으며, 또한 우천, 눈 등 악천후 상황을 고려한 기준 규격을 도입함으로써 생산 제품의 신뢰성을 확보할 수 있는데 그 목적이 있음

(나) 적용대상 및 범위

○ 다차로 무인교통단속장비

(다) 기대효과

○ 다차로 무인교통단속장비의 성능평가 표준을 도입함으로써, 일정 수준의 장비가 시장에 진입하고, 장비의 신뢰성 확보를 통한 안정적인 교통단속업무가 가능하고, 표준화 추진을 통한 국제적 기술선도와 글로벌 시장의 선점 기반을 마련하고자 함

(라) 내용 요약

○ 성능평가 표준은 교통단속장비의 성능을 객관적이고 공정하게 평가하는 방법을 제시하고, 동일한 조건에서의 시험과 표준화한 절차에 따라 시험업무를 수행한다. 또한, 설치환경의 다양성을 시험할 수 있는 인공적인 환경 조건에 따른 시험업무를 수행할 수 있는 실증환경을 제안하여, 악천후 상황에서 장비의 성능 평가를 수행함. 설치위치 및 악천후 상황을 고려한 기준 규격을 도입하여, 다양한 환경에서의 성능평가는 교통단속장비의 성능평가를 좌우하는 중요한 항목으로 판단되어 시험규격을 제시하고자 함

(3) 준용표준 및 참조표준

(가) 준용표준

○ 경찰청 무인교통단속장비 표준규격을 준용한다.

(나) 참조표준

○ 국토부 ITS 장비 성능평가 요령을 참조하고, 이중 차량번호인식성능평가기준, 차량검지장치(VDS) 성능평가기준이 관련성이 높음. 차량번호인식성능평가기준은 장비의 차량번호를

인식하는 해당 도로의 속도 정보 등을 습득하기 위하여 도로에 설치하는 장비인 “자동차량 인식장치” (Automatic Vehicle Identification)(이하 “AVI” 라 한다)로 함. 주요 지표는 오인식, 미인식, 미검지, 인식률(%) 등이 있으며, 여기서 인식률이 대표적인 지표라고 할 수 있음. 인식률은 AVI평가에서 분석단위시간 동안 통과한 유효차량에 대해 AVI가 번호판을 인식한 차량 대수의 비를 백분율로 나타낸 것임. 여기서 유효차량이라 함은 AVI가 설치된 도로를 운행하는 차량 중 특수번호판 차량, 임시번호판 차량, 외교·공관·군용 차량, 차량번호판 육안인식 불가차량, 이륜차량, 차로변경 차량 등을 제외한 차량을 말함. 분석단위시간이라 함은 해당 장비로부터 얻어진 값을 평가하기 위하여 구분한 단위시간을 말함

○ 평가항목은 인식률로 하고, 인식률은 평가대상장비의 측정값과 평가기준장비가 수집하는 기준값 또는 영상자료 수집 장치의 수동 인식 결과로도 비교하여 평가할 수 있음. 평가척도 분석방법은 $\text{인식률} = 100(\%) - \text{오차백분율}(PE)$, 오차백분율은 $PE(\%) = \frac{E}{Y} \times 100$ 임. 여기서, E는 분석단위시간동안 해당 장비가 번호판을 오인식 또는 미인식(미검지 포함)한 차량 대수, Y는 분석단위시간동안 검지한 유효차량 대수, 분석단위시간은 60분으로 하고 있음. 교통단속장비의 경우는 달리 적용하고 있으나, 참고 표준으로 활용 가능하다. 평가등급별 성능기준과 판정 기준은 다음과 같음

평가항목		인식률(%)	
		2010년 10월 이후 ITS 사업에 적용 ¹⁾	2010년 9월 이전 ITS 사업에 적용
평가 등급	최상급	≥ 95 %	≥ 90 %
	상 급	95 > , ≥ 85	90 > , ≥ 80
	중 급	85 > , ≥ 80	80 > , ≥ 70
	중하급	< 80 %	< 70 %

표 11 AVI 성능평가의 평가등급별 성능기준

1) 2010년 10월 ITS 사업시행지침(자동차량인식장치(AVI) 성능평가) 시행 시기

평가항목	합격기준	판정	비고
인식률	상급 이상 (≥ 85 %)	합격	2010년 10월 이후 ITS 사업에 적용 ¹⁾
	상급 이상 (≥ 80 %)	합격	2010년 9월 이전 ITS 사업에 적용

표 12 AVI 성능평가 판정기준

1) 2010년 10월 ITS 사업시행지침(자동차량인식장치(AVI) 성능평가) 시행 시기

(4) 준용표준과의 비교

(가) 준용표준과의 관련성

○ 성능평가 표준안은 경찰청 무인교통단속장비 규격을 준용하고, 이에 따라 시험을 실시

한다. 악천후 또는 신기술이 적용되었을 경우의 시험 규격은 개선이 필요함. 따라서 본 성능평가안에서는 악천후 상황을 일관되게 모사할 수 있는 시험환경을 제시함으로써 이를 활용한 성능평가 안을 제안함

(나) 상기 준용표준 등에 대한 추가사항

○ 준용표준인 경찰청 무인교통단속장비 시험절차는 설치이후 정기검사를 시행하는 과정으로 설치전에 장비의 성능을 인증하는 절차가 생략되었음. 또한, 악천후 상황처럼 시험을 할 수 없는 조건에서의 성능 검증이 이루어지지 않고 있음. 따라서 본 성능평가 표준안은 시험사이트의 일관성과 악천후 상황의 시험을 가능하게 하는 표준안을 제안한 것임

(다) 속도단속 장비 평가 관련 기관 검토 사항

○ 본 연구에서 개발되는 속도 단속 장비는 기존에 존재하지 않는 장비로 평가 방법론 역시 새로 검토가 이루어 져야 함

○ 하지만, 평가하는 대상 데이터는 속도 데이터로 기존의 속도단속 장비의 평가 방법을 그대로 준용해도 문제가 없을 것으로 판단하였음

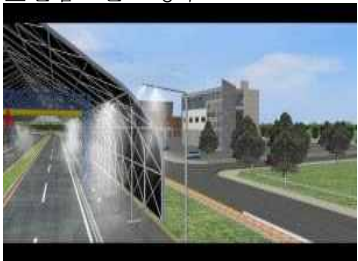
○ 정확한 판단을 위하여 속도단속 장비 평가 관련 전문 기관에 의뢰하여 검토를 진행하였음

○ 전문기관의 검토 결과 새로 개발되는 장비는 신규장비이긴 하나 그 기능상 기존 제정 고시되어 운영되고 있는 성능평가 방안을 그대로 수용하는 것이 타당할 것이라는 의견을 받음

○ 다만, 본 장비는 다차선에서 평가를 동시에 진행해야 하므로 각 차선별 서로 다른 평가 수치가 나왔을 때 최종 하나의 수치를 어떻게 선정할 것인지 통합 판정 기준을 제시해야 한다고 판단함

○ 본 연구에서는 다차로에서 각각 측정된 평가결과 중 가장 낮은 평가 결과를 보인 것을 통합 판정 기준으로 제시해야 한다고 결정함

- 예를 들어, 1차로는 98%이고 2차로는 96%의 성능결과가 도출되면 최종 성능은 96%로 평가하는 방식을 사용함

시험 항목	평가 장소	평가방법	비 고
실도 로환 경실 험(속 도)	ITS 인증성 능 평가센 터 (안산시)	□성능시험 절차 • 문형식 구조물에 시험대상장비인 교통단속장비를 지정한 장소에 설치한다. • 시험대상장비와 기준장비의 시각을 동기화한다. • 시험대상장비의 제어기는 차량별 속도측정 데이터를 제어기에 수집한다. • 기준장비는 센터에 구성된 직하투사형 레이저센서를 이용해 속도값 기준데이터를 수집한다. • 시험대상장비는 경찰청 시험규격에 준용한 기간으로 데이터를 수집, 분석한다. 	경 찰 청 시 험 규 격 준 용
기상 재현 상황 [안개 강우 강설 조건]	SOC 평가센 터	□성능시험 절차 • 이동식 갠트리(1번) 중앙에 피시험장비를 설치 • 시험 차량을 속도별로 주행하고, 안개상황, 강우, 강설상황을 재현하면서 속도실험을 수행한다. • 기준장비의 데이터를 수집하고, 실험장비 데이터와 비교한다. □기상재현실험 사이트  □실험조건 : 강설  □실험조건 : 강우  □실험조건 : 안개 	제 정 필 요
(속도)	실험 시나리 오	[강우조건 실험] • 테스트 차량으로 강우 재현 시설 전에 대기 상태후, 지정한 속도로 주행 • 강우강도 시간당 10~50mm설정, 테스트 차량 저속 및 고속 주행 • 최대 강우강도 시간당 50mm설정, 테스트 차량 10~40km/h 범위내 주행 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도 값 생성 [강설조건 실험] • 테스트 차량으로 강설 재현 시설 전에 대기 상태후, 지정한 속도로 주행 • 강우강도 시간당 3cm설정, 테스트 차량 저속 및 고속 주행 • 적설상황은 도로 표면의 기준선이 노출되지 않으므로 적외선이나 가상선 생성 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도 값 생성 [안개조건 실험] • 테스트 차량으로 강설 재현 시설 전에 대기 상태후, 지정한 속도로 주행 • 시정거리 50m로 설정, 테스트 차량저속 및 고속 주행 • 최대 저시정거리 30m 설정 후, 테스트 차량저속 및 고속 주행 • 저시정안개상황은 도로 표면의 기준선이 보이지 않아 별도 파장대 적외선이나 가상선 생성 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도 값 생성	제 정 필 요

한국건설기술연구원

장부 3.0, 국민과학 약속 / 글로벌 KICT, 정회원으로서 시작합니다.

수 신 한국지능형교통체계협회
(경유)

제 목 학술회의 참석 요청 건

1. 귀 기관의 유궁한 발전을 기원합니다.

2. 한국건설기술연구원 도로연구소에서 수행중인 국가 R&D 과제 관련 학술회의에 귀 기관의 해당분야 전문가를 다음과 같이 자원위원으로 참석 요청하고자 합니다.

- 다 음 -

가. 일시: 2017.01.10.(화) 14:00

나. 장소: 한국건설기술연구원 회의실

다. 학술회의명: 다차선 급지기 성능평가방안 학술회의

라. 학술회내용: 다차선 급지기 성능평가방안 검토 및 회의

마. 과제명: 다차선 레이다-차량 연호 인식 복합형 무인 교통단속장비 개발(2차년도)

바. 참석요청대상자: 송승태 박사(한국지능형교통체계협회). 끝.

한국건설기술연구원장

*직책	조성태	소장	전화 01/04 휴송기
이 도장			
사행 도로연구소-125 { 2017.01.04. } 함우 {			
우 10238	경기도 고양시 일산서구 고양대로 259번지	http://www.kict.re.kr	
전화 031)010-0114 / 연송 031)010-0111	webmaster@kict.re.kr	/ 편가	

자문의견서				
과제명	다차선 레이더-차량 번호 인식 복합형 무인 교통단속장비 개발			
건명	다차선 검지기 성능평가방안 자문회의			
자문기간	2017년 1월 4일 ~ 1월 10일	장 소	서면자문 및 회의	
자문자	소속	한국지능형 교통체계협회	성 명	손 승 녀

○ 본 연구에서 개발된 다차선 레이더-차량번호 인식 복합형 무인 교통단속 장비는 신규장비이기는 하나, 그 기능상 기 설치 운영중인 차량번호 인식 교통단속장비와 동일함에 따라 기존에 제정 고시되어 운영되고 있는 성능평가 방안을 그대로 수용하는 것이 타당할 것으로 사료됨

○ 그러나 현재 제정 고시된 성능평가 방안은 단차로 기준의 시험 방법 및 평가 기준을 제시하고 있어, 동일 기준을 적용하였을 경우 차로별 성능은 판정할 수 있으나, 통합 차로에 대한 판정 기준이 마련되어 있지 않아 해당 장비의 성능을 정확히 판정하기 어려움

예) 2차로 도로에서의 평가결과 1차로는 95%, 2차로는 85%의 성능결과가 제시된 경우 해당 장비에 대한 통합 판정은 어떤 기준으로 제시할 것인가에 관한 방안 제시 필요

○ 이에, 평가 방법은 기존 성능평가 방안을 수용하되, 단일 차로에서 수행된 평가를 기반으로 다차로에 대한 통합판정 기준을 제시하여 해당 장비에 대한 단일 판정 기준을 제시해야 할 것으로 판단됨

- 스마트카메라내에서 차량번호인식 수행

기본성능평가 성적서 CERTIFICATE OF TEST		시험번호 Certificate No. 17-02-001					
		페이지 (1) / (총 2) 페이지 Page of Pages					
① 의뢰기관(Applicant) • 기관명(Name) : 전자정보기술㈜ • 주소(Address) : 서울특별시 송파구 올림픽로 507, 전자빌딩 8층							
② 측정기(Test Item) • 품명(Description) : 레이더식-차량번호인식장치(AVI) • 제작회사 및 형식(Manufacturer & Model) : 전자정보기술(주) & KROADSCAN2 • 검지 차로수(Number of Detection Lane) : 2개 차로 • 평가대상장비 사진 및 사양(Photograph & Specification of Test Item) : 별첨							
③ 접수일자(Date of Receipt) : 2017년 1월 18일							
④ 시험결과 및 환경(Results & Environment)							
구분(Description)	일출(dawn)	주간(day)	일몰(dusk)	야간(night)	평균(average)	등급(Class)	
시험결과 (Results)	인식률(%)	99	97	96	96	97	최상급
시험환경 (Environment)	온도(℃)	3~7	8~17	12~16	10~13	-	-
	풍속(%)	0~1	0~7	0~6	0~4	-	-
	강수량(mm)	0~0	0~0	0~0	0~0	-	-
	상대습도(% R.H.)	43~51	20~43	16~32	19~38	-	-
별첨 "세부시험결과" 참조							
⑤ 담당자(Tested by) : • 성명(Name) : 윤 부 영 • 전화(Tel. No.) : 031-910-0249							
⑥ 유효기간(term of validity) : 2017. 04. 10 ~ 2022. 04. 09							
위의 평가결과는 ITS 성능평가 요령에서 규정한 방법론에 의해 평가한 성적서임을 증명합니다. 2017년 04월 10일 시험책임자(Appeared by) : 직책(급) 연구위원 성명 : 백 남 철 서명 :  국토교통부 인정 ITS 성능평가기관 ITS Performance Test Institute Accredited by MOLIT, Republic of KOREA 한국건설기술연구원 President, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (주) 측량기타 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(온도, 습도, 강수량, 풍속 등)의 급변(변화)을 경험할 경우에는 본 성적서 와 다른 기술시험 결과가 나올 수 있습니다.							

세부 시험 결과 Specific Test Results						
시험서 번호 17-02-001			페이지 (2) / (총 2) 페이지 page of pages			
시험일시	시험차로	시험결과 인식률(%)	시험환경			
			온도(℃)	풍속(%)	강수량(mm)	상대습도(% R.H.)
2017. 03. 21 08:19~08:49 (일출1)	1차로	99	6~7	0~1	0	48~51
	2차로	97				
2017. 03. 22 06:18~06:48 (일출2)	1차로	100	3	0	0	43~45
	2차로	100				
2017. 03. 23 06:16~06:46 (일출3)	1차로	98	6	0~1	0	43~45
	2차로	98				
2017. 03. 20 14:00~14:30 (주간1)	1차로	98	16~17	0~1	0	20~23
	2차로	97				
2017. 03. 21 10:00~10:30 (주간2)	1차로	93	9	1~7	0	37~43
	2차로	97				
2017. 03. 22 09:30~10:00 (주간3)	1차로	99	8~9	1~2	0	39~42
	2차로	97				
2017. 03. 20 18:28~18:58 (일몰1)	1차로	93	13~16	0~4	0	27~32
	2차로	97				
2017. 03. 21 18:29~18:59 (일몰2)	1차로	94	12	1~5	0	27~29
	2차로	96				
2017. 03. 22 18:30~19:00 (일몰3)	1차로	98	12	1~4	0	16~18
	2차로	97				
2017. 03. 20 20:30~21:00 (야간1)	1차로	94	10~13	0~3	0	32~38
	2차로	96				
2017. 03. 21 21:00~21:30 (야간2)	1차로	97	10~11	1~4	0	23~24
	2차로	96				
2017. 03. 22 20:00~20:30 (야간3)	1차로	93	10~11	0~3	0	19~20
	2차로	97				

그림 117 2차년도 기본성능평가 성적서(경기도 안산 ITS성능평가센터(2017.3.21~23))

나. 레이더-영상 교통단속장비 성능테스트

(1) 경찰청 무인단속장비 공인인증시험기관 도로교통공단 협의

레이더-영상식 교통단속장비의 성능테스트를 위해 공인인증시험기관인 도로교통공단과 협의하여 4차례에 걸쳐 성능평가 및 검증방안 마련

건아정보기술주식회사

우(38-879 서울시 송파구 불암로 507) 불암동, 건아빌딩 / 전화(02)2041-5535 / 팩스(02)472-0914 / 담당 최광호

문서번호 건면160602-호

시행일자 2016. 06. 02.

경유 수신 도로교통공단 공인인증사처

원조

선결	지
집	시
원자	결
시간	자
수	공
번호	공
처	공
리	공
과	공
당	공
당	공
자	공

제목 비매설식(레이더-영상) 교통단속장비 성능테스트 요청

- 귀 회의 무궁한 발전을 기원합니다.
- 건아정보기술(주)에서 개발한 비매설식(레이더-영상) 교통단속장비에 대한 성능 테스트를 아래와 같이 요청 드립니다.

- 아 겐 -

- 시험 차량 : 비매설식(레이더-영상) 교통단속장비
- 시험 목적 : 해외수출 및 국내 경찰청 납품을 위한 신기술 개발 장비의 성능 시험
- 시험 예정일 : 2016.06.20 ~ 2016.06.24 일 이내 총의(2일 예정)
- 시험 항목 : 위반차량 단속률, 차량번호인식 오류율, 속도오차율
- 시험 장소 : 구리에서 워커힌방향 편도2차선(경기 구리 아현동 237-1)
- 시험 방법 : 레이더 속도 - 공단기준검지기(루프방식) 비교(25~30미터 지점 루프매설)
레이더 속도 - 공단기준검지기(테이프스위치방식) 비교(30미터이상구역)

건아정보기술주식회사
대표이사 심 광 호

"도로 교통안전의 중심, 안전 교통문화의 리더"

도로교통공단

수신자 건아정보기술(주)(연구소 최 광호 수석연구원)
(경유)

제 목 비매설식(레이더-영상) 교통단속장비 개발을 위한 현장 공동 테스트 일정

- 귀 회의 무궁한 발전을 기원합니다.
- 관련근거
▶ 건아정보기술(주) 건면 160602-호(16.06.02) "비매설식(레이더-영상) 교통단속장비 성능테스트 요청"
- 위와 관련, 요청한 해외수출 및 국내 경찰청 납품을 위해 신기술 개발중인 비매설식(레이더-영상) 교통단속장비에 대해 공단이 보유한 검사장비와 인력을 활용하여 현장 공동 테스트 개발장비 성능 검사 및 정밀도 향상을 위해 다음과 같이 현장 테스트를 수행하고자 합니다.

가. 일정 : 2016년 6월 21~23일(상호 협의에 따라 일정변경 가능)
나. 장소 : 경기도 구리시 아현동 237-1
다. 내용
- 레이더와 공단 장비(루프방식)의 속도(20~30 m/초) 비교
- 레이더와 공단 장비(테이프방식)의 속도(30 m/초) 비교
라. 검사항목 : 위반차량단속률, 차량번호인식오류율, 속도오차율 등
마. 자료분석 : 현장 수집자료를 분석하여 장비성능 및 개선점 파악
바. 향후 계획 : 분석결과에 따른 개선점 적용하여 필요시 재검증 수행

2016. 06. 03
도로교통공단(주)

도로교통공단이

그림 118 도로교통공단 성능테스트 협조공문

그림 119 도로교통공단 성능테스트 승인공문

비매설식 레이더 장비와 도로교통공단의 속도측정 기준장비인 테이프스위치를 상호 비교하여, 설치위치 및 평가방법, 향후 개발방향, 평가방안에 대해 협의

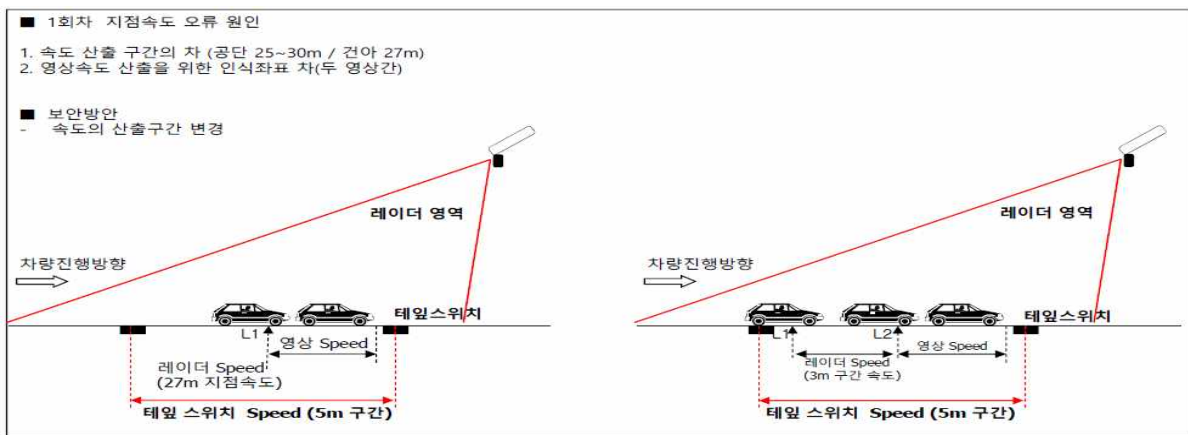


그림 120 테이프스위치 설치 위치에 따른 속도 분석 오류 검증 및 보안 방안 협의



그림 121 기준장비 테이프스위치 설치



그림 122 기준장비 테이프스위치 운영

(2) 공인인증기관 도로교통공단의 성능평가

KoROAD <별지 제1호 서식>

검 사 성 적 서

도로교통공단 본부 [26466] 강원도 원주시 혁신로 2 Tel : (033)749-5221 Fax : (033)749-5918	성적서 번호 N00001-2016-01-0089 페이지 (1)/(총 2)	
---	--	--

- 의뢰자**
 - 관할기관 : -
 - 의뢰기관 : 건아정보기술㈜
 - 의뢰기관 주소 : 서울특별시 송파구 올림픽로 507(동남동, 건아빌딩)
 - 의뢰일자 : 2016년 10월 17일
- 검사성적서의 용도** : 성능평가
- 검사대상 장비** : 비메트릭(레이더-영상) 교통단속장비(지점속도/통시2차로)
- 검사일자** : 2016년 10월 21일
- 검사방법** : 경찰-6310-98-0001-사[2012.03.27.]
○ 합의에 의하여 주간 현장 검사만 진행
- 검사장소** : 경기도 구리시 아현동 237-1
- 검사환경** : 기상상태 : 맑음, 노면상태 : 건조
- 검사결과 : 결과값 표시**
○ 2면 검사결과 참조
- 참고사항**
 - 샘플 차량수는 통과차량 주간 322대를 적용함.
 - 검사결과는 검사기준 및 방법, 현장여건, 외부환경 등에 따라 차이가 있을 수 있음.

작성자 직 위 : 검사요원 성 명 : 홍 준 의	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 신 길 섭
----------------------------------	-----------------------------------

2016년 11월 10일

도로교통공단 이 시 장

1. 이 성적서는 의뢰자가 요구한 목적(도내시표)에 대한 검사결과로서 전체 제품에 대한 품질 및 성능을 보장하지 않습니다.
2. 이 성적서는 양 검사기관의 사전 서면동의, 계약, 공고, 선진 등 중요 및 소용량으로 사용될 수 없으며, 무단이탈의 사용을 금합니다.

공인검사처 A4(210×297)

그림 123 검사성적서 1/2

KoROAD <별지 제1호 서식>

검 사 성 적 서

도로교통공단 본부 [26466] 강원도 원주시 혁신로 2 Tel : (033)749-5221 Fax : (033)749-5918	성적서 번호 N00001-2016-01-0089 페이지 (1)/(총 2)	
---	--	--

○ **검사결과**

구분	인식률	오인식률	속도오차율	비 고
주간	92.5%	0.3%	+3.8%	
야간	-	-	-	

※ 검사 항목에 대한 세부 내용은 '현장검사 지침서' 참조

공인검사처 A4(210×297)

그림 124 검사성적서 2/2

(가) 성능평가 결과

성과지표	목표치	성능평가 결과
동시 단속 차로	2차로	2차로
측정 가능 속도	0~250km/h	0~250km/h
위반차량 단속률	80% 이상	92.5%
차량번호 인식 오류율	2% 미만	0.3%
속도 오차율	± 5% 이하	+3.8%
과속 단속 오류율	2% 이하	0.67%
속도검지 분해능	1km/h	0.36km/h

(나) 성능평가중 속도검지 분해능에 대한 검토보고

① 레이더의 속도검지 분해능

본 연구과제에서는 독일 SMS(Smart Micro System)사의 UMRR Traffic Sensor를 사용하였음.

Parameter	Value	Unit
Sensor Performance		
Max. Range on Pedestrian	46 ^I	m
Max. Range on Passenger Car	105 ^I	m
Minimum Range	1.5	m
Range accuracy	Typ. < ±2.5% or < ±0.25m (bigger of)	%, m
Radial Speed Interval	-68.3 ... +68.3 (±88.8 available)	m/s
Minimum abs. Radial Speed	0.1	m/s
Speed accuracy	Typ. < ±0.28 or ±1% (bigger of) ^{III}	m/s
Angle Interval (total field of view)	-8 ... +8 (El.); -35 ... +35 (Az.) ^{IV}	degree
Update time	≤ 50	ms
Track Initialization time	Typ. 6 ... 10	cycles
Simultaneously tracked objects	Typ. up to 64	
Environmental		
Ambient Temperature	-40 ... +85	degree C
Shock	100	grms
Vibration	14	grms
IP	67 ^V	
Pressure / Transport altitude	0...10.000	m
Mechanical		
Weight	295	g
Dimensions	See 2.6	
Model No.	0Axxxx-1Exxxx	
DSP Board – Antenna Identification	0Axxxx-1Exxxx	
Housing Identification	0306xx	
General		
Power Supply	7 ... 32 ^{VI} 3.7	V DC W
Frequency Band	24.0...24.25	GHz
Bandwidth	< 100	MHz
Max. Transmit Power (EIRP)	20	dBm
Interfaces	CAN V2.0b (passive) ^{VII} RS485 half-duplex	
Connector	8 Pin plug Binder Series 712	CAN, Power, RS485

그림 125 레이더 센서의 주요사항

본 개발에서 사용되는 레이더의 Speed accuracy는 0.28m/s 이고, 이는 1.008km/h에 해당한다.(실제로는 0.2777 m/s이고 이는 1.0km/h에 해당함)

실제 센서의 데이터통신 규격을 살펴보면 속도의 출력단위는 100mm/s 이고 이는 0.36km/h에 해당한다.

Data Byte 7	Data Byte 6	Data Byte 5	Data Byte 4	Data Byte 3	Data Byte 2	Data Byte 1	Data Byte 0
6Bit+++++++	8Bit+++++++	11Bit+++++++		11Bit+++++++	14Bit+++++++	14Bit+++++++	
Object ID	Object length	Y- Coordinate velocity		X- Coordinate velocity	Y- Coordinate range	X- Coordinate range	
Values: 0...63	Resolution: 0.2m no Offset Interval: 0 ... 51.2m			Resolution: 100mm/s Offset: 1024 Interval: -102.4...102.3m/s		Resolution: 64mm Offset: 8192 Interval: -524.288m...524.224m	

그림 126 레이더 센서의 데이터통신 규격

출력결과를 확인하면, 아래와 같이 0.36km/h의 배수로 출력됨을 확인할 수 있다.

17:06:47_091	RSpd	57.96
17:06:49_306	RSpd	55.80
17:06:52_707	RSpd	53.64
17:07:36_965	RSpd	50.40
17:07:42_159	RSpd	65.88
17:07:43_407	RSpd	61.56
17:07:44_655	RSpd	61.56
17:07:46_013	RSpd	57.24
17:07:46_855	RSpd	58.32
17:07:47_666	RSpd	57.96
17:07:48_165	RSpd	60.84
17:07:48_711	RSpd	62.28
17:07:50_708	RSpd	60.84

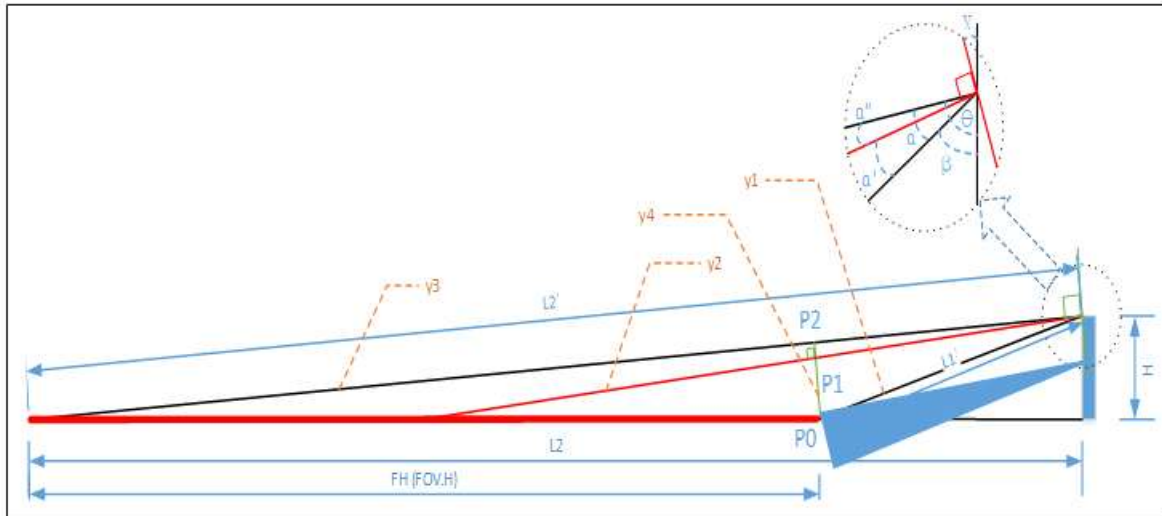
그림 127 레이더 출력 결과 확인

② 영상속도검출방식의 분해능

영상의 촬영 간격을 80msec로 지정했을 때, 1km/h의 분해능은 2.216m에 해당한다. 차량번호 인식이 가능한 거리인 20~40미터 사이에서 0.1m당 14픽셀~4픽셀에 해당한다. 1km/h의 분해능은 2.216m 이므로 140픽셀에서 40픽셀의 정확성으로 영상간의 이동픽셀수를 측정할 수 있다면 기준규격에 합당하다고 추정할 수 있다.



그림 128 영상속도 측정을 위한 기본 개념설계



Basic Parameter

H: 설치높이
L1: 화면상의 최하단까지의 거리
FOV.H: 촬영하고자 하는 수직방향 거리 또는 $\alpha + \beta$: 카메라 각도
Sensor.H: 이미지센서 세로크기
Sensor.W: 이미지센서 가로크기
H: 수직해상도
W: 수평해상도

Pixel-Distance Table

30m	1091 pixel	40m	1649 pixel	50m	1987 pixel
30.1m	1098 pixel	40.1m	1653 pixel	50.1m	1989 pixel
30.2m	1105 pixel	40.2m	1657 pixel	50.2m	1992 pixel
30.3m	1113 pixel	40.3m	1661 pixel	50.3m	1995 pixel
30.4m	1120 pixel	40.4m	1665 pixel	50.4m	1997 pixel
30.5m	1127 pixel	40.5m	1669 pixel	50.5m	2000 pixel
...	...	...	...	...	...

Local Parameter

L2: 화면에서 나타나는 가장 윗부분까지의 거리
L1': 최하단 대각선 거리(m)
L2: 최상단 대각선 거리(m)
 α : 수직화각
 β : 최하단의 각도
 θ : 최상단의 각도
d02: 가상피사체높이(m)
f: 렌즈 초점거리
FOV.W1: 최하단의 가로폭(m)
FOV.W2: 최상단의 가로폭(m)
....

Turning Parameter

가상피사체 d02 높이 vs 촬영수직거리 FOV.H 관계식 산출
$$d = \sqrt{((-L1/A + H)/(H/Z + 1/A) + L1')^2 + (H/Z * (-L1/A + H)/(H/Z + 1/A) + H)^2}$$

그림 129 Pixel vs Distance Table 생성

③ 결론

- 레이더의 스펙과 출력데이터를 검토한 결과, 연구에 사용한 레이더의 속도검지분해능은 0.36km/h에 해당하며, 규격에 적합합니다.
- 제안한 영상속도 방향의 경우 두 영상프레임간의 간격이 80msec 이상일 때, 거리에 따라 40~140픽셀의 픽셀거리를 측정해야 한다. 번호판 위치지정의 오차가 실제로 0~5픽셀 이내인 것을 감안하면, 두 개의 영상에서 번호판의 위치지정 오류는 최대 10픽셀까지 발생할 수 있다. 최악의 경우에도 0.25km/h의 속도검지 분해능을 가질 수 있음을 의미한다.

(다) 성능평가중 과속단속 오류율에 대한 검토보고

과속단속 오류율이란 화물차량, 일반차량 분리단속 기능이 탑재된 무인속도위반 단속 장비,

무인구간속도위반 단속 장비에 한하여 적용하여 검사한다(분리단속은 고속도로에서만 적용)

- 화물차량 분리단속 검사대상장비 단속차량(출력차량)중 일반차량을 화물차량의 단속속도로 단속한 차량, 화물차량을 일반차량의 단속속도로 단속한 차량을 과속오단속 차량으로 적용한다. (화물차 분리단속대상은 적재중량 1.5톤 초과 화물자동차, 특수자동차, 건설기계 임) (경찰청 표준형 교통단속장비 제작 및 검사방법,2012년 3월 27일 개정)

- 도로교통공단과의 성능시험은 시험과정중의 안전과 행정절차상의 문제로 고속도로에서 수행할 수 없었으며, 최종적으로 과속 단속 오류율을 검증하기 위해서는 경찰청에 차적 조회를 의뢰해야 하나 개인정보보호문제로 실제 차적 조회를 수행할 수 없었음. 따라서 본 성능은 실제 검사에 사용된 영상을 육안으로 분석하여 성능을 평가하였음.

① 화물차 분리단속을 위한 구분 알고리즘 - 화물차 번호판규격에 따른 분류방법

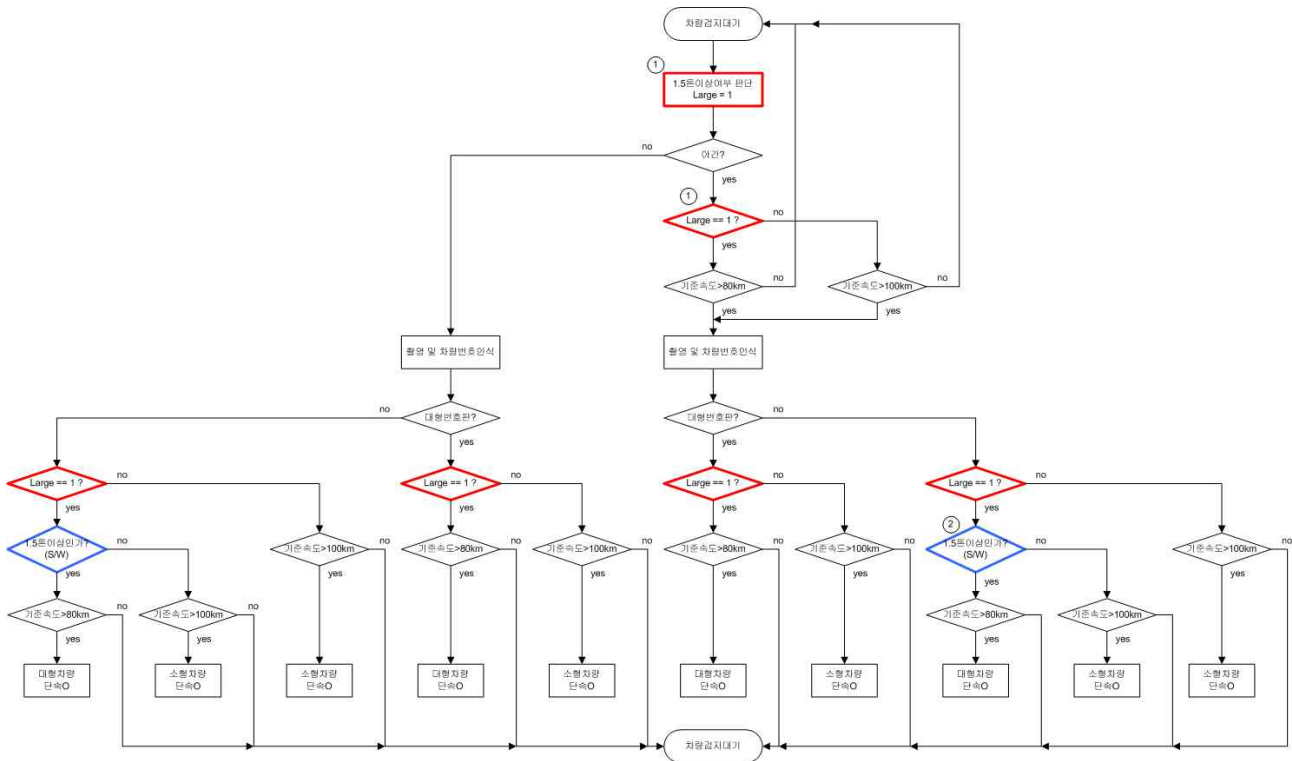


그림 130 화물차 분리단속 알고리즘

차량의 번호판을 기준으로 화물차와 일반차량을 구분하는 방법

승용차 : 차종기호 10~69번대

승합차 : 차종기호 70~79번대

화물차 : 차종기호 80~97번대

특수차 : 차종기호 98~99번대

- 특수차, 대형차량은 일반번호판 대비 대형의 번호판을 사용한다.

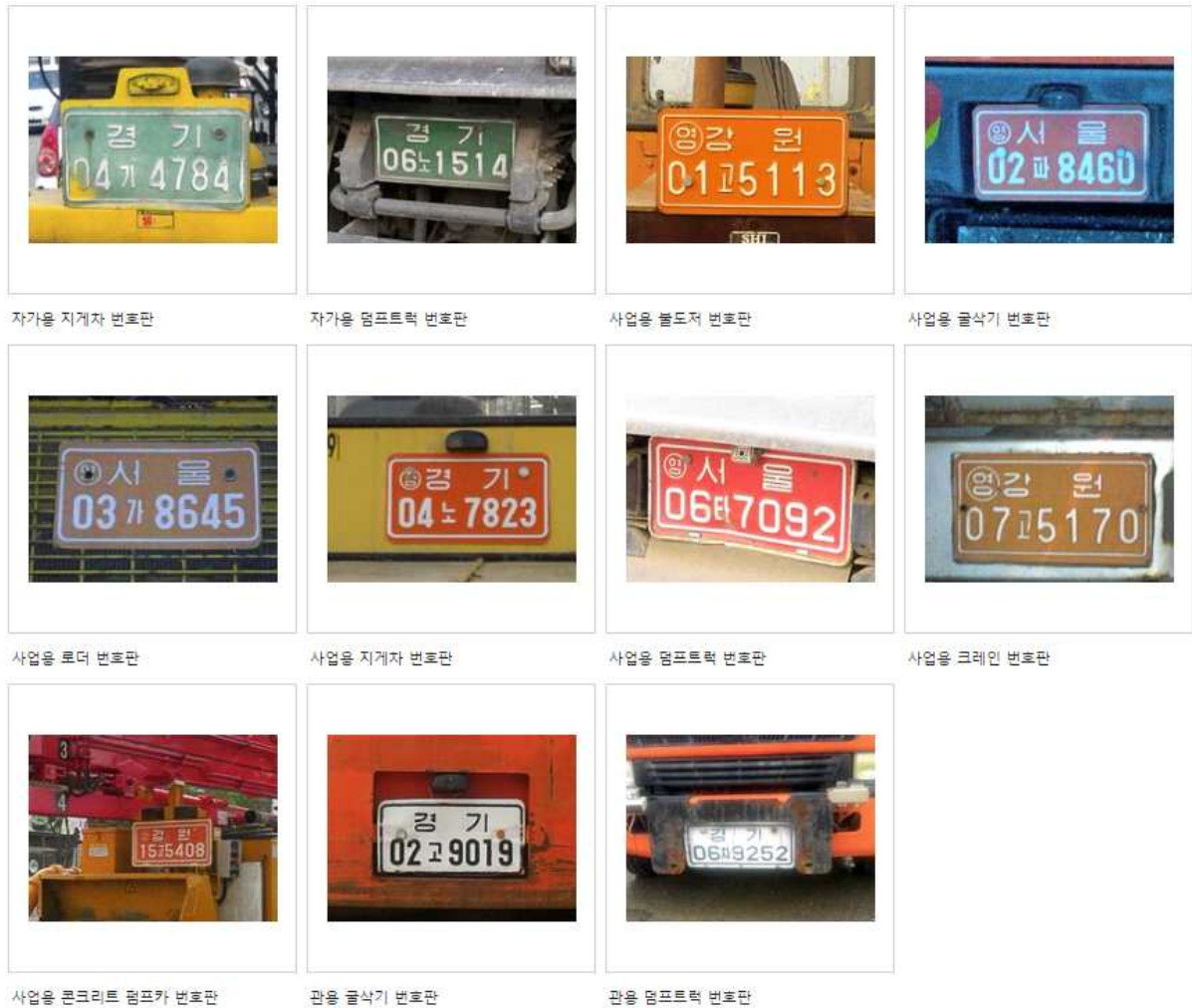


그림 131 특수차 번호판(위키백과, https://ko.wikipedia.org/wiki/대한민국의_차량_번호판)

② 화물차 분리단속을 위한 구분 알고리즘 - 패턴매칭과 인식 알고리즘 적용

- 통과차량의 헤드램프와 전면 그릴의 모양을 분석하여 패턴매칭과 인공지능 알고리즘을 이용하여 차종을 구분한다.
- 알고리즘을 구현하기 위하여 도로에서 주행하는 차량의 전면모양을 분류하고, 이를 DB화 하였으며, DB등록과 갱신을 위한 소프트웨어, 자동화물차구분 알고리즘을 개발하였음
- 화물차중 60여종의 형태를 분류하여 80% 이상의 구분성능을 가지고 있음(성능 개선진행)



그림 132 차량모양에 따른 화물차 차종인식 알고리즘 구현

③ 결론

1차적으로 화물차 번호판규격에 따른 분류를 수행하며, 작은 번호판을 단 화물차 중에서 1.5톤 이상의 화물차인지 여부를 차량전면 모양에 따라 자동 분류하였음.

1.5톤이상으로 추정되지만, 소형번호판을 장착한 4대의 화물차량중 2대를 1.5톤이상으로 분류 오단속률은 0.67% 달성

구분	차량대수	비고
총통과대수	331대	총 지나간 차량
총위반대수	322대	총통과대수 - 오토바이 - 기준속도미만차량
차량번호인식	298대	차량인식
차량번호미인식	24대	인식률 92.5%
차량번호오인식	1대	오인률 0.3%
버스	37대	
승합차	7대	
승용차	205대	
일반화물차	45대	
대형/특수화물차	0대	
1.5톤이상 추정	4대	
과속단속 오류율	2대	0.67%, 1.5톤이상 화물차량을 일반차량의 단속속도로 단속

※ 정확한 1.5톤 구분은 차적조회로만 구분가능.

(3) 측면설치 성능평가

측면설치에 대한 경찰청의 지속적인 요구가 있었으며, 이는 경찰규격서와 도로교통공단의 성능평가 방안에도 주요 가점항목으로 분류되어 있음

(가) 측주식 설치의 정의

촬영, 단속하고자 하는 차로에서 얼마큼 벗어나야 측주식인가에 대한 논의가 경찰청, 도로교통공단, 유관기관에서 진행되었음. 최근 2017.06 도로교통공단의 “스마트 교통단속장비 (속도위반) 성능검사(BMT) 지침서”에 따르면 2차로 동시 단속의 경우, 단속하고자 하는 2차로의 인접차로에서 촬영, 단속하는 경우에 측주식으로 인정하고 있음.

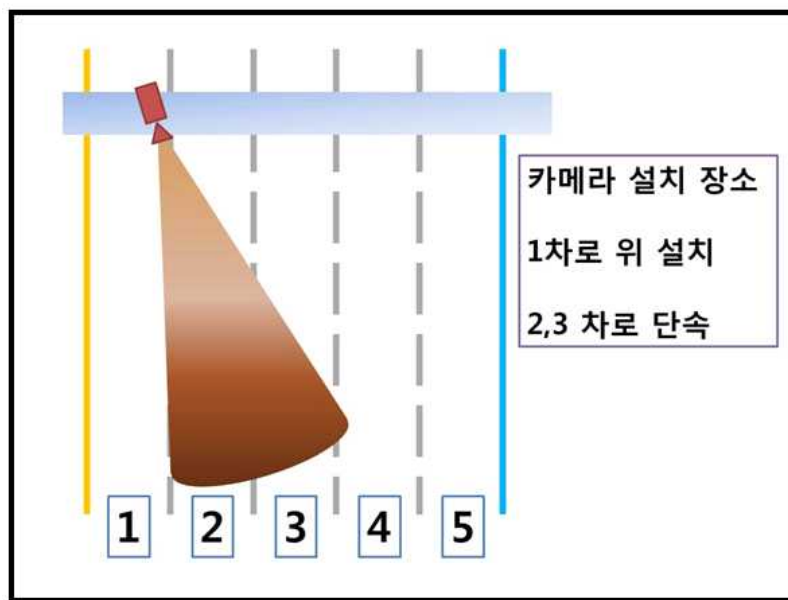


그림 133 측주식 설치의 예

(나) 측주식 설치 테스트

- ① 일시 : 2017년 6월 30일
- ② 장소 : 구리 테스트베드
- ③ 측주식 설치방법 : 인접단속차로에서 4미터 이격 설치



그림 134 1차로-2차로 중앙설치



그림 135 1-2차로 중앙에서 4미터 이격 설치

④ 검증방법 : 구리테스트베드 현장에 매설된 루프검지기를 기준검지기로 선정하여 평가

⑤ 평가 데이터(발취)

진출 루프 검지 시간(20~25m 지점)	차선	루프속도	레이더 검지 시간 (약26m 지점)	ID	거리	차선	속도	속도차
[2017/06/30 16:36:10_550]	1	59.43	[2017/06/30 16:36:10_295]	TriggerID 021	24.875	1	57.6	1.83
[2017/06/30 16:36:13_283]	1	64.07	[2017/06/30 16:36:12_994]	TriggerID 121	25	1	63	1.07
[2017/06/30 16:36:14_743]	2	44.785	[2017/06/30 16:36:13_592]	No Trigger	25	2	44.1	0.68
[2017/06/30 16:36:14_927]	1	60.82	[2017/06/30 16:36:14_335]	TriggerID 004	24.75	1	59.4	1.42
[2017/06/30 16:36:16_050]	1	61.705	[2017/06/30 16:36:15_823]	TriggerID 054	24.75	1	61.6	0.11
[2017/06/30 16:36:19_678]	2	55.085	[2017/06/30 16:36:19_416]	TriggerID 063	24.875	1	54.4	0.68
[2017/06/30 16:36:22_394]	1	46.715	[2017/06/30 16:36:22_111]	TriggerID 012	24.625	1	57.1	-10.39
[2017/06/30 16:36:24_936]	1	42.625	[2017/06/30 16:36:24_561]	No Trigger	25	1	42.3	0.33
[2017/06/30 16:36:34_042]	1	45.935	[2017/06/30 16:36:33_805]	No Trigger	24.25	1	44.5	1.44
[2017/06/30 16:36:41_390]	2	38.525	[2017/06/30 16:36:41_085]	No Trigger	25	2	38.3	0.23
[2017/06/30 16:36:44_767]	1	43.4	[2017/06/30 16:36:44_306]	TriggerID 014	24.875	1	50.8	-7.40
[2017/06/30 16:36:48_950]	2	47.435	[2017/06/30 16:36:48_649]	TriggerID 017	23	2	45.9	1.53
[2017/06/30 16:36:51_232]	1	31.25	[2017/06/30 16:36:50_640]	No Trigger	24.875	1	44.1	-12.85
[2017/06/30 16:36:56_181]	2	56.555	[2017/06/30 16:36:55_898]	TriggerID 028	24.75	2	54	2.56
[2017/06/30 16:37:39_513]	2	50.935	[2017/06/30 16:37:39_235]	TriggerID 111	24.625	2	47.7	3.24
[2017/06/30 16:37:41_548]	2	52.315	[2017/06/30 16:37:41_134]	TriggerID 112	25	2	51.3	1.02
[2017/06/30 16:37:50_086]	1	67.865	[2017/06/30 16:37:49_891]	TriggerID 060	24.5	1	67	0.86
[2017/06/30 16:37:50_949]	2	63.69	[2017/06/30 16:37:50_682]	TriggerID 117	24.875	2	61.6	2.09
[2017/06/30 16:37:51_943]	1	61.49	[2017/06/30 16:37:51_752]	TriggerID 099	25	1	60.8	0.69
[2017/06/30 16:37:52_373]	2	65.245	[2017/06/30 16:37:51_897]	TriggerID 019	24.75	2	61.2	4.04
[2017/06/30 16:37:54_492]	1	63.945	[2017/06/30 16:37:54_318]	TriggerID 092	25	1	62.5	1.45
[2017/06/30 16:37:56_488]	2	68.345	[2017/06/30 16:37:56_301]	TriggerID 045	24.875	2	66.2	2.15
[2017/06/30 16:37:57_645]	1	60.87	[2017/06/30 16:37:57_496]	TriggerID 062	24.5	1	59.8	1.07
[2017/06/30 16:37:58_400]	2	65.88	[2017/06/30 16:37:58_116]	TriggerID 027	24.625	2	63.9	1.98
[2017/06/30 16:38:01_748]	1	60.095	[2017/06/30 16:38:01_397]	TriggerID 107	24.75	1	59.8	0.30
[2017/06/30 16:38:02_400]	2	69.685	[2017/06/30 16:38:02_213]	TriggerID 033	24.875	2	67	2.68
[2017/06/30 16:38:04_212]	1	50.43	[2017/06/30 16:38:04_210]	TriggerID 069	24.625	1	49.5	0.93
[2017/06/30 16:38:05_473]	1	53.545	[2017/06/30 16:38:05_130]	TriggerID 097	24.75	1	53.1	0.44
[2017/06/30 16:38:05_864]	2	52.565	[2017/06/30 16:38:05_723]	TriggerID 120	25	2	49.5	3.07
[2017/06/30 16:38:08_000]	1	54.905	[2017/06/30 16:38:07_819]	TriggerID 054	24.75	1	54	0.90
[2017/06/30 16:38:10_560]	1	54.205	[2017/06/30 16:38:10_364]	TriggerID 077	24.625	1	54	0.21
[2017/06/30 16:38:14_332]	1	56.15	[2017/06/30 16:38:14_166]	TriggerID 068	24.75	1	54.9	1.25
[2017/06/30 16:38:17_176]	1	58.54	[2017/06/30 16:38:16_949]	TriggerID 003	24.75	1	57.1	1.44
[2017/06/30 16:38:19_321]	2	56.93	[2017/06/30 16:38:19_181]	TriggerID 036	24.875	2	54.9	2.03
[2017/06/30 16:38:35_951]	1	60.365	[2017/06/30 16:38:35_694]	TriggerID 029	25	1	58.9	1.46
[2017/06/30 16:38:38_950]	1	57.57	[2017/06/30 16:38:38_869]	TriggerID 110	24.75	1	56.7	0.87
[2017/06/30 16:38:39_951]	2	49.685	[2017/06/30 16:38:39_171]	No Trigger	24.625	2	48.1	1.58
[2017/06/30 16:38:43_359]	1	60.94	[2017/06/30 16:38:43_100]	TriggerID 119	24.5	1	59.4	1.54
[2017/06/30 16:38:44_814]	1	69.725	[2017/06/30 16:38:44_597]	TriggerID 008	24.625	1	68.4	1.32
[2017/06/30 16:38:49_414]	1	64.495	[2017/06/30 16:38:49_163]	TriggerID 022	24.5	1	63.4	1.09
[2017/06/30 16:38:50_571]	2	64.325	[2017/06/30 16:38:50_374]	TriggerID 102	24.875	2	63	1.32

⑥ 평가 결과

구분	차량대수	비고
총통과대수	105대	총 지나간 차량
레이더 속도오류	5대	레이더와 루프의 속도오차 5% 이상인 경우
레이더 속도 미출력	11대	레이더 트리거 ID미출력
영상 속도 검증	5대	레이더와 속도와 영상속도의 차이가 7%이상인 경우 제거
위반차량 단속률	84.7%	(속도검증제거+미출력)/총통과대수

측면 설치시 영상속도와 레이더 속도의 오차로 인해 제거되는 데이터가 있었으며, 차량이 레이더에 미검지되어 출력되지 않는 경우가 증가하였음.

하지만, 경찰청 위반차량 단속률 규정(80% 이상)은 충족하는 수준이었으며, 테스트장소가 레이더에 영향을 주는 가드레일 지나서 설치했음을 감안한다면 실제 운영상에 문제는 없을 것으로 판단됨.

	정면설치	측주식 설치(4미터 이격)
위반차량 단속률	92.5%	84.7%

⑦ 도로교통공단 성능평가 장소(2017년)

2017년 도로교통공단의 스마트 교통단속장비(속도위반)성능검사의 측주식 성능평가장비의 설치 위치 역시 본 연구과제에서 이격설 치한 위치와 대동소이함을 알 수 있음



그림 137 도로교통공단 성능평가 장소(측주식)-성남시 수정구 복정동 동서울대 앞

(4) 기상여건에 따른 단속장비 성능평가 방안

무인단속장비는 기본적으로 카메라를 활용하여 차량을 촬영하는 원리임으로 날씨의 영향을 받게 됨. 악천후나 안개, 폭설에 의한 영상 촬영문제는 국내외 모든 단속장비가 가지고 있는 동일한 문제점으로 명확한 해결방법은 없는 상태임.

검지방식	검지여부	촬영 및 영상판독
루프(매설식)	O	△
레이저(비매설식)	X	△
레이더(비매설식)	O	△

표 14 악천후, 안개, 폭설 상황에서의 동작여부

아래의 그림과 같이 동일 날씨, 동일 장소지만 3분간의 차이로 차량번호인식이 될 수도 있으며, 불가할 수도 있다. 두 가지 경우 모두 레이더 검지기는 정상적으로 속도를 측정하였음

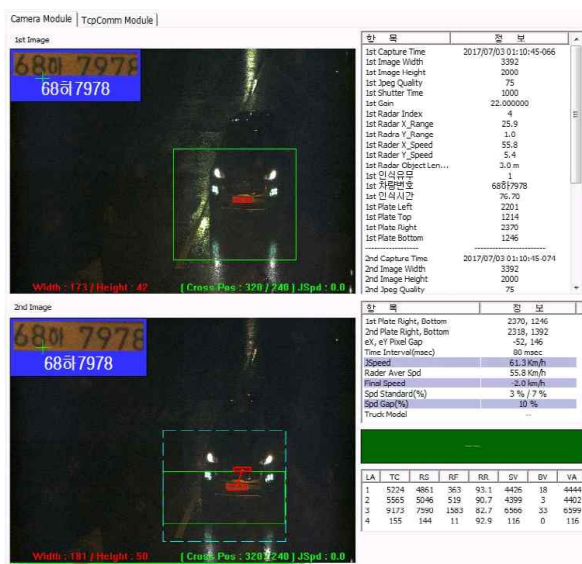


그림 138 강우 상황에서 인식성공



그림 139 강우 상황에서 인식실패

하지만 레이더와 영상속도를 융합해서 사용하는 본 장비의 경우, 레이더만 속도측정이 되었을 경우, 도로방법용이나 통계용으로 사용하는 것은 적합하지만, 단속용으로 사용하는 것은 지양하는 것이 바람직함. 국내외 어떤 장비도 기상악화 상황에서 단속여부를 의무화하지 않음. 기본적으로 과속단속장비는

이는 개별 단속장비의 문제점뿐만 아니라, 단속장비의 성능을 평가하는 기준장비 역시 동일한 조건에서는 그 역할을 수행할 수 없음. 따라서 본 연구과제에서는 다양한 기상환경하

에서 레이더의 검지가 정상 동작함을 확인하였으나, 기준속도를 검증할 수 있는 방법이 없기 때문에, 성능평가는 별도로 실시하지 않았음.

무인과속단속장비의 기준속도를 측정하는 도로교통공단에서도 비매설식 속도측정장비의 경우 아래 그림과 같은 테이프 스위치를 기준장비로 운영하고 있으나, 임시로 도로에 테이프 스위치를 붙이는 방식이어서 기상여건에 따라 운영이 불가능한 경우가 발생함. 또한 고속도로나 교량에서의 속도검증 역시 테이프스위치 방식의 기준장비로는 교통통제와 안전상의 우려로 인해 장비 성능검증이 불가능함.

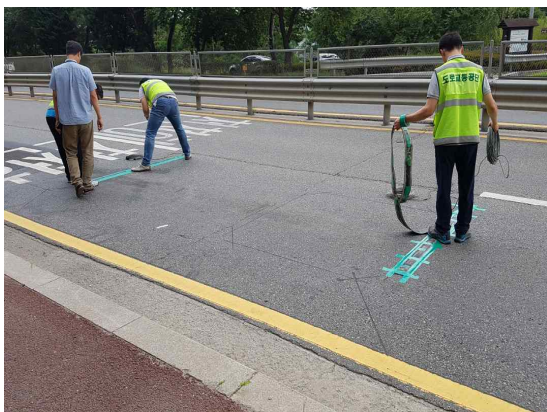


그림 140 도로교통공단 기준장비 설치



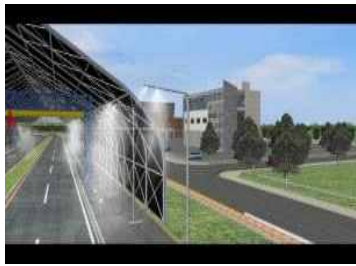
그림 141 도로교통공단 기준장비

도로교통공단에서도 이 문제를 인지하여 레이더, 영상식, 쿼드콥터(드론)을 활용하는 다양한 방안을 마련하고 있음.

한국건설기술연구원에서는 다양한 기상여건하에서 장비의 성능을 검증하기 위해 “기상재현 SOC 실증시험장”을 구축하고 있음(연천, 2020년 완공목표)

‘기상환경 재현 도로 성능평가 시험시설’은 터널형 쉼드(폭32m×높이 16m×길이 200m)와 강우 및 안개 재현 시험시설(200m 구간)로 구성되어 있음

기상 재현 상황 [안개 강우 강설 조건] (속도)	S	□성능시험 절차 • 이동식 갠트리(1번) 중앙에 피시험장비를 설치 • 시험 차량을 속도별로 주행하고, 안개상황, 강우, 강설상황을 재현하면서 속도실험을 수행한다. • 기준장비의 데이터를 수집하고, 시험장비 데이터와 비교한다.
	O	
	C	
	평	
	가	
	센	
	터	

		□기상재현실험 사이트  □실험조건 : 강설  □실험조건 : 강우  □실험조건 : 안개 
실험 시 나 리 오		[강우조건 실험] • 테스트 차량으로 강우 재현 시설 전에 대기 상태후, 지정한 속도로 주행 • 강우강도 시간당 10~50mm설정, 테스트 차량 저속 및 고속 주행 • 최대 강우강도 시간당 50mm설정, 테스트 차량 10~40km/h 범위내 주행 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도 값 생성 [강설조건 실험] • 테스트 차량으로 강설 재현 시설 전에 대기 상태 후, 지정한 속도로 주행 • 강우강도 시간당 3cm설정, 테스트 차량 저속 및 고속 주행 • 적설상황은 도로 표면의 기준선이 노출되지 않으므로 적외선이나 가상선 생성 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도 값 생성 [안개조건 실험] • 테스트 차량으로 강설 재현 시설 전에 대기 상태후, 지정한 속도로 주행 • 시정거리 50m로 설정, 테스트 차량저속 및 고속 주행

		• 최대 저시정거리 30m 설정 후, 테스트 차량저속 및 고속 주행 • 저시정안개상황은 도로 표면의 기준선이 보이지 않아 별도 파장대 적외선이나 가상선 생성 • 테스트 차량의 기준 속도값은 5m 단위로 기준선을 설정하여 기준 속도값 생성
--	--	--

(5) 해외 경쟁제품 비교

(가) 주요 특징 비교

예상경쟁사	주요제품 및 특징	이미지	가격	ANPR 성능	속도 정확 성	단속 률
Gatsometer /네델란드	세계최초로 무인교통 단속장비를 제작한 업체		△	△	△	△
Jenoptik(Robot) /독일	Smart camera와 Radar센서가 일체화된 제품 전세계 주요사업의 RFP에 영향 Radar와 Smart카메라에 관한 세계 최고기술 보유		△	△	◎	△
Sensys /스웨덴	카메라, 레이더, 조명 일체형의 미려한 디자인이 특징		△	△	◎	△
Cordon /러시아	해외전시회와 유튜브를 통하여 다차선레이더검지, 다차선번호 인식을 시연하여 높은 관심		○	○	○	○
개발제품	일체형(One-Body Model) 스마트카메라		◎	◎	◎	◎

표 16 해외 경쟁 제품 비교(◎ : 우수, ○ : 보통, △ : 미흡)

-유럽형 제품은 분쟁의 소지를 없애기 위해 차량이 서로 근접주행하는 경우, 단속을 하지 않는 경우가 다수임. 이는 레이더의 차량검지 정확도가 떨어지는 것을 감안하여 후처리에서 수작업으로 걸러냄.

-본 연구제안을 통해 개발된 최종제품은 ANPR을 이용해 개별차량에 대해 레이더의 속도를 검증함으로써 기존 유럽제품에 비해 ANPR성과 속도정확성, 단속율에서 비교우위를 점할 수 있음.

-현재 알려진 바로는 유럽제품에 비해 50%가격수준에서 공급이 가능함

- 해외제품의 경우, 납품시에 비공개 BMT를 통하여 비교평가를 수행하여, 그 결과는 공개되고 있지 않음. 자사의 경우 카자흐스탄에서 러시아 제품(Cordon)과 BMT를 통하여 수주한 경험, 투르크메니스탄에서 이탈리아(KRIA) 제품과 BMT를 통하여 수주한 경험을 바탕으로 기술수준을 판단하고 있음.

(나) 개발제품의 기술적 차별성

본 개발제품의 가장 큰 차별점은 레이더 검지 및 속도측정과 영상 속도측정을 복합하여 사용한다는 점이다.

레이더 검지를 이용하여 영상속도를 측정하기 위한 적절한 영상데이터를 추출하고, 추출된 영상속도는 레이더의 측정속도를 검증하여 단속장비의 신뢰도를 높일 수 있음.

① 레이더 검지를 통한 인식영역 제한

전체 영상영역이 아닌 레이저 검지 영역 내에서 차량번호인식을 수행하여 알고리즘의 부하를 절감하였음. 이는 연산량 절감을 통한 저전력 구현을 지원하여, 향후 친환경 에너지에 대응하는 제품 개발의 기반이 됨.

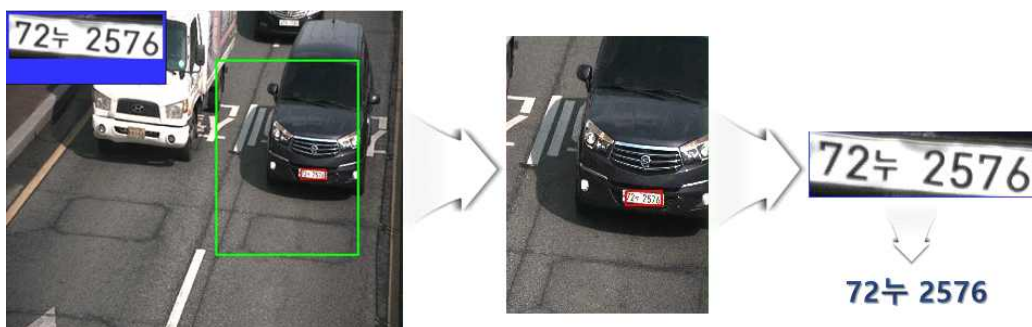


그림 147 레이더 검지 영역에서 차량번호 인식

② 동적 인식영역 추출

제한된 자원(cpu, memory) 내에서 인식의 효율성을 극대화하기 위하여, 여러 조건들을 고려하여 전체 영상 내에서의 두 번째 영상인식 영역을 최소한도로 산출하는 방법

고려항목	설명
레이더 위치값	레이더에서의 검출해 내는 차량 오브젝트의 위치값, 이 값을 카메라 화면좌표로 매칭 시켜 첫 번째 영상의 차량번호 영역을 인식한다. (1차 인식, 대략적인 영역설정)
레이더 추적 속도	추적되는 차량의 속도를 기반으로 일정 시간(40~120 msec) 차를 설정하여 두 번째 영상을 취득한다.
레이더 추적 기울기	레이더에서 추적되어진 오브젝트의 추적 기울기를 통하여, 일정 시간(40~120 msec) 이후의 차량의 예상 위치를 판단하여, 인식영역을 조절한다.
첫 번째 영상에서의 차량번호위치	첫 번째 추출 영상과 번호판 좌표의 상대적인 차를 계산하여, 두 번째 인식 영역에 이를 반영하여 좀 더 세밀한 영역을 추출한다.

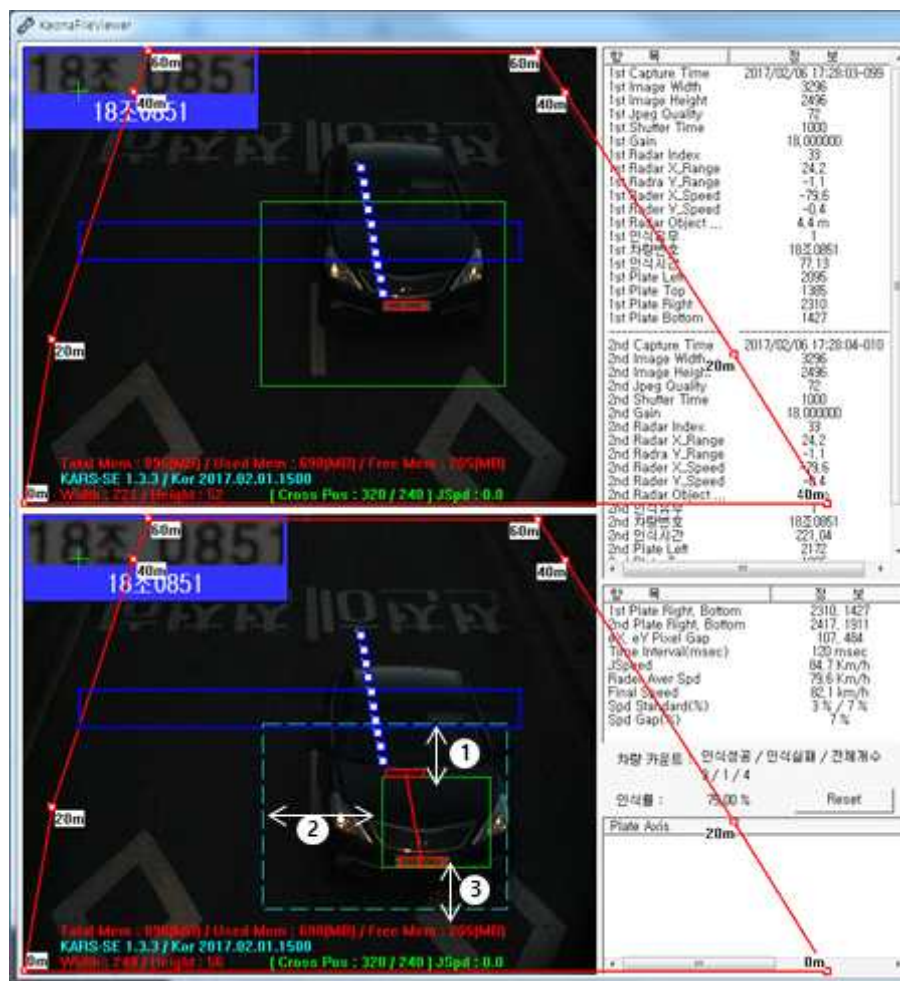


그림 148 동적 인식영역 추출 기법

③ 동적영역에서 추출된 영상을 활용하여 영상속도를 측정

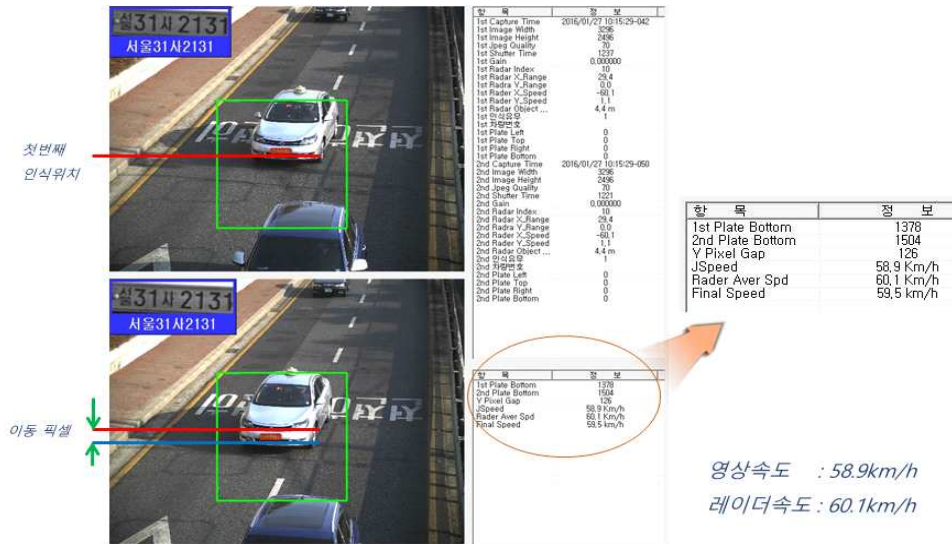


그림 149 영상속도측정을 위한 운영프로그램 구성

④ 영상속도의 보정

영상속도는 카메라의 설치정보(높이, 각도)와 카메라 정보(해상도, 렌즈화각)를 바탕으로 측정되고, 픽셀거리의 보정, 수평이동에 대한 보정, 번호판 높이 추정에 보정등을 통하여 정확성을 확보함

⑤ 레이더 속도와 영상속도의 결합

측정된 레이더 속도와 영상속도는 실시간으로 카메라내에서 비교되어, 설치상의 문제나, 레이더 설정상의 문제점 등을 가시적으로 검증하고, 오검지가능성이 큰 데이터는 삭제되며 상호검증을 통하여 단속의 무결성을 확보함

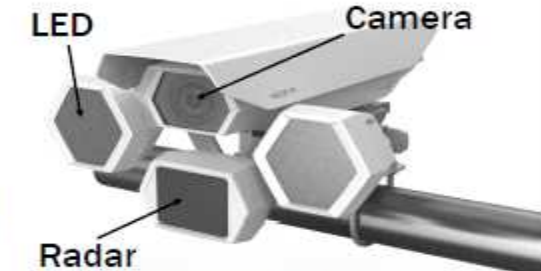
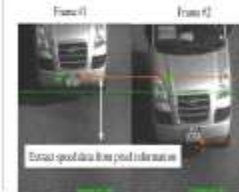
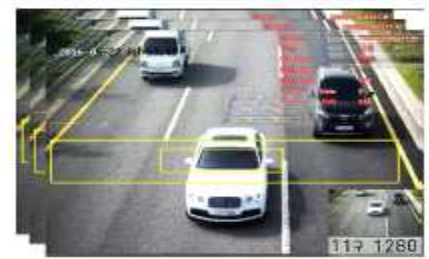


그림 150 영상속도와 레이더 속도 편차 분석틀

다. 해외전시회 참가(공동연구기관:한국건설기술연구원)

한국건설기술연구원 부스내 Pannel 전시, 동영상 시연

Hybrid Speed Enforcement System based on Video and radar fusion


Research Purpose	Overall System Components
❑ A hybrid speed enforcement system that can provide multi-lane speed detection using a single detector based on video and radar fusion	 LED Camera Radar 
Research Background	
❑ There is a need for the following: ○ Non-intrusive sensors with reliable speed detection ○ Non-intrusive speed detector for metal structures such as bridges ○ A single detector that can measure multiple vehicles' speeds in multiple lanes	
Main Research	
❑ Data matching methods between video and radar ○ Data matching algorithm : matches the detected speed of video with that of the radar ❑ Speed detection using video and radar ○ Speed detection algorithm using video : Recognizes number plates and calculates vehicle speed using two different image frames ○ Speed detection algorithm using radar : distinguishes individual vehicle and traces the location of vehicles ○ Speed detection algorithm using video and radar fusion : produces reliable speed data by complementing each other	Speed detection by radar  Speed detection by video   Hybrid speed detection by video and radar fusion 



KICT
KOREA INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING
AND BUILDING TECHNOLOGY

Contact: skryu@kict.re.kr

1st IRF Asia Regional Congress & Exhibition

라. 경찰청 무인교통단속장비 납품을 위한 규격개정

(1) 무인교통단속장비 경찰규격서 개정 유도

본 연구과제의 최종목표인 다차선 레이더-차량번호인식 복합형 무인교통단속장비를 주요수요처인 경찰청에 납품하기 위해서는 신제품 인정을 받아야 함. 하지만 아직 경찰청에서 기존 무인표준화 규격에 맞춘 제품이외에 신제품을 인정한 전례가 없어, 인정방법이 규정되어 있지 않았음.

본 주관기관에서는 경찰청과 도로교통공단에 지속적인 제품홍보와 개발계획을 공유하여 미래대비 신기술 개발관련 테스트포스 회의개최를 유도하였고, 월 2회의 주기적인 회의를 진행(전문가회의 1회, 관련업체회의 1회)하였음

경찰청주관 -교통단속장비신기술 개발관련 TF회의 구성

2016.09.20. TF구성관련 업체의견청취

2016.10.05. 1차 TF회의(경찰청, 도로교통공단, 외부전문가)

- 과도하게 세밀한 장비규격을 핵심규격 중심으로 개편하고 입찰시 우수기술 평가하여 산업 활성화
- 테스트베드 마련방안, 신형장비 성능 기준 마련 및 측정장비 개발

2016.10.13. 2차 TF회의(경찰청, 도로교통공단, 관련업체)

- 신기술개발을 통한 사업활성화 방안
- 관련 규격 개정 등 정책 지원방안
- 해외 시장 진출 지원 방안

2016.10.27. 3차 TF회의(경찰청, 도로교통공단, 관련업체)

- 속도정확도 개정
- 신기술 장비 심의 위원회 구성문제
- 측주식 지주 이용 시 단속률 기준 변경
- 1.5톤 이상 화물차 구분단속 방안(과속단속오류율)

2016.11.22 4차 TF회의(경찰청, 도로교통공단, 외부전문가)

- 단속 장비 구매발주시 업체가 개발한 기술이 신기술인지 여부평가 방안
- 고정식, 이동식에 달리 적용되고 있는 속도오차율 개정 필요성 논의
- 다차로 동시 단속 장비 개발시 기술적 한계를 감안하여 차로별 위반차량 단속률을 별도로 규정해야 하는지 여부

2017.02.09. 5차 TF회의(경찰청, 도로교통공단, 관련업체)

- 이동식 과속 단속 장비 최소 검지거리, 단속거리 기준 삭제 등
- 스마트 교통단속장비 최종안 검토

「무인단속장비 기술개발 T/F」 제1차 회의 결과 보고

□ 회의 개요

- 일시 및 장소 : '16. 10. 5.(수) 14:00 ~ 16:00 / 경찰청 교통회의실
- 참석 : 경찰(교통안전과장 주재, 현장 직원 등), 외부 전문가, 도로교통공단

□ 주요 논의 내용

- 경찰청 ⇒ 단속장비 기술개발 및 규격개정을 위한 T/F 취지 설명
 - 과도하게 세밀한 장비 규격이 기술개발 저해, 핵심규격 중심으로 규격서를 개편하고 입찰시 우수 기술을 평가하여 산업 활성화
 - ※ 규격서와 평가기준을 마련하여 T/F에서 논의(업체 의견수렴 결과 반영)
- 외부 전문가 ⇒ 규격개정 필요성과 방향에 대해 공감, 적극 지원
 - 규격개정 필요성에 공감하며, 신형장비 도입시 엄격한 성능시험(속도오차율 등)으로 신뢰성을 확보해야 함
 - 영상인식, 레이저 방식 등은 기후의 영향이 크므로 '테스트베드(규정된 시험 장소)'를 마련하여 검증 필요
 - IT 기술 발전을 반영한 신형 장비 개발을 공감하며 장비개발 지원 방식과 방향성도 타당하다고 생각함
- 도로교통공단 ⇒ 신형장비 성능 기준 마련 및 측정 장비 개발 추진
 - 다양한 방식의 신형장비 성능을 측정할 수 있도록 신형 검사장비 개발 및 검사기준 마련 추진
- 현장직원 ⇒ 편의성·안전성을 높힌 단속장비 개발 요청

□ 향후 계획 : 제2차 회의 개최, 개정 규격서 초안 논의(11월 초)

※ 관련업체 회의를 개최하여 규격서 개정을 위한 T/F 운영 설명(10. 13.)

그림 151 경찰청 1차 전문가 TF회의

「무인단속장비 기술개발 T/F」 2차 회의결과 보고

□ 회의 개요

- 일시 및 장소 : 11. 22.(화) 15:00 ~ 17:00 / 경찰청 교통회의실
- 참석자(11명) : 경찰(교통안전과장, 현장직원 등), 공단, 외부 전문가

□ 주요 내용

- 단속장비 구매 발주시 업체가 개발한 기술이 신기술인지 여부를 판단하기 위한 별도의 「신기술 평가위원회」 구성 필요성

■ (구성 불필요) 무인단속장비 시장 안정을 위해 2그룹(기존 제품, 프런티어 제품)으로 구매를 구분하여 진행하고, 별도의 신기술 평가위원회를 구성하기보다는 프런티어 제품의 제안서 평가위원회에서 기술부분을 가장 평가하는 것이 바람직

- 고정식·이동식에 달리 적용되고 있는 속도오차를 개정(하향) 필요성

■ (개정 필요) 단속장비별 속도오차율을 달리 규정할 이유가 없고, 실제 단속시 제한속도보다 10km 이상의 여유속도가 부과되므로 개정 필요
속도오차율을 완화하여 과도한 진입장벽을 낮추고 기술력 있는 업체에 시장 개방을 확대하여 가격 경쟁을 유도한다면 장비 효율·경제성 제고 가능

【속도오차를 개정 안】

구분	기존		개정(안)			
	~ 99km/h	100km/h ~	~ 60km/h	60 ~ 79km/h	80 ~ 99km/h	100km/h ~
이동식	±3km/h 이하	±3% 이하	±3km/h 이하	±4km/h 이하	±3km/h 이하	±5% 이하
고정식	±5% 이하					

그림 153 경찰청 2차 전문가 TF회의1

미래대비 신기술 개발 T/F 회의 안건

1 회의 안건

- 신기술 장비 규격서 개정 방향
 - 기존 규격의 성능, 기능 위주
 - ex) 가로등 등 기존 지주 활용 측면 단속시 인식을 조정 등
 - 장비 크기, 형태 등 H/W, S/W는 배제
 - 검사방법 개선
 - ex)호환성 검사(x), 내구성 검사(1모델 1회), 일체형 장비 내구성 검사
- 제안서 평가 기준 개정
 - BMT 평가 반영(성능, 사용 편의성, 안전성 등)
 - 제안서 평가시 실물 평가
- 속도 정확도 개정(안)

	현행		개정(안)			
	100km/h 미만	100km/h 이상	60km/h 미만	60~80km/h	80~100km/h	100km/h 이상
이동식	이하	±3% 이하	±3km/h 이하	±4km/h 이하	±5km/h 이하	±5% 이하
고정식	±5% 이하					

- 신기술 개발권 관련
 - 검지방식, 기존 위반 단속장비의 추가 장비 개발, 장비 경량화 등
 - 2017년 국가 R&D 과제화, 2018년 이후 공단예산 및 국가 R&D 과제화
 - ※ 업체별로 국가 R&D 과제 참여 요청 : 공단 적극 지원
- 이동식 단속장비 규격 개정
 - ex) 조명 방식(근적외선 :700nm 이상), 최소 단속거리 정의(주·야 동일) 등

2 향후 계획

- 10.27(목) 15:00 공단 본부(원주) 회의
- 신기술 장비 규격 초안 검토 의견 수렴
- 업체별 제안서 평가 기준(안) 제출

그림 152 경찰청 2차 TF회의

- 다차로 동시 단속 장비 개발시 기술적 한계를 감안하여 차로별 위반차량 단속률을 별도로 규정해야 하는지 여부

■ (별도 규정 불필요) 1개 차로의 위반차량 단속률(80%) 충족시 기본 성능 기준을 통과하는 것이고, 2개차로 이상 충족시 기술평가에서 가점처리

- 단속장비 납품시 내구성 시험 개선 필요성

- 매년 납품시마다 기존과 동일한 장비에 대한 내구성 시험(충격, 온도, 진동 등)을 반복할 필요성이 있는지
- 카메라·제어기 일체형 개발시 현실에 맞는 시험기준 마련 필요

■ (개정 필요) 시험의 경제성을 감안하여 장비 최초 납품시 내구성시험을 통과했다면 동일 장비의 재납품시 내구성시험 생략 가능
일체형 장비는 단속환경을 감안하여 온도, 진동, 전기 등의 항목을 유지하고 충격 등 테스트는 제외 가능(향후 공단에서 구체적 범위 검토 예정)

- 현행 전면 단속(촬영) 방식에서 후면 촬영기능 추가

■ (단계적 도입 필요) 현재도 후면 단속이 기술적으로 가능하고 단속 방식은 업체 선택사항이므로 제안서 평가위원회에서 단속방식(전·후방 단속)을 평가할 수 있음

- 구매 발주시 사전 검증시험(벤치마킹테스트) 도입 필요성 등

■ (도입 필요) 단속장비 구매 발주시 신기술에 대한 공단의 객관적 성능 검증이 필요하므로 벤치마킹테스트 도입 필요성은 인정됨
다만, 기술평가시 기본 성능을 만족하지 못한 경우 기술점수는 0점 처리하고, 일체형 성능에 따른 객관적 차등 평가가 중요

- 향후 계획 : 규격서 개정 및 업체 평가기준 최종 결정 회의(12월 開)

그림 154 경찰청 2차 전문가 TF회의2

회의의 주된 안건은 매설식(루프)방식의 경찰청 무인표준화 규격에 예외 되는 비매설식(레이

더, 레이저, 영상식) 장비 공급을 위한 규격개정에 관한 업체 및 전문가의 의견 수렴이었음.

그 결과 2017년 3월 무인교통단속장비 경찰규격서(규격번호 경찰-6310-98-0001-아)가 개정되어 센서와 장비에 대한 세부적인 규격이 변경되어 본 과제에서 제안한 “다차선 레이더-차량번호인식 복합형 무인교통단속장비”를 공급할 수 있는 행정적인 기반이 마련됨.

(2) 경찰청 신기술교통단속장비 개정방향

전문가회의 참석 : 공동연구기관 한국건설기술연구원 류승기박사

(가) 신기술 교통단속장비 개정 방향

○ 과도한 규격을 완화하고 핵심규격, 평가기준 중심으로 개정

- 기능 및 성능 중심, 크기 및 형태 규격 지양

○ 속도오차율 개정(고정식, 이동식 통일)

구분	기존		개정(안)			
	100km/h 미만	100km/h 이상	60km/h 미만	60km/h ~ 80km/h 미만	80km/h ~ 100km/h 미만	100km/h 이상
이동식	$\pm 3 \text{ km/h}$ 이하	$\pm 3\%$ 이하	$\pm 3 \text{ km/h}$ 이하	$\pm 4 \text{ km/h}$ 이하	$\pm 5 \text{ km/h}$ 이하	$\pm 5\%$ 이하
고정식	$\pm 5\%$ 이하					

○ 위반차량 단속률 등 성능기준 개정

- 다차로 동시 단속 장비의 경우, 성능기준 적용 시 차로별 평균 또는 차로수에 따라 차로별 차등 적용(3차로 도로에서 2,3차로 단속 기준 : 80% 이상)

⇒ 1차로 단속시 70% 하향 조정

⇒ 속도 정확도의 경우도 1차로 단속시 하향 조정

○ 내구성 시험기준 및 방법 개정

- 최초 장비개발(제작) 시 인정받은 내구성 시험성적을 장비납품 시 계속사용(단, 모델이 변경될 경우 재 시험절차 진행)

- 일체형(카메라+제어기) 장비의 내구성 시험 방법

※ 1. 현재 카메라부는 별도 내구성 시험 미 실시

2. 업체의견 : 현실에 부합하는 시험기준 필요

○ 기타

- 후면촬영에 대한 기능 추가(경찰청의 검토 필요)

- 이동식 속도위반단속장비 카메라, 조명 일체형 구성 등

(나) 신기술 개발 과제(ITEM) 및 인정범위

- 미래대비 신기술 교통단속장비 적용 기술 발굴(단계별 계획 필요)
 - 다차로 비매설형 교통단속장비, 신 개념 교통단속장비 등
 - 신기술 인정 범위 및 방안
 - 신기술의 정의(비매설형, 통합형 등)
 - 규격서 등 기준 성능 부합, 기술성, 경제성 등을 종합적으로 평가
- ※ 한국산업기술진흥협회 신기술(NET) 인증제도 운영요령 참고

(3) 시제품 국내적용

- 2017년 경찰청 조달입찰부터 예산의 10%가량을 신기술 교통단속장비에 적용.
매년 확대 예정
- 서울시 서초구청과 협의하여 시범운영사이트 구축 및 납품
- 장소 : 서울시 서초구 내곡동 헌릉로 177(양재 IC방향)



그림 155 비접촉식 무인교통단속장비 설치 계획



그림 156 비접촉식 무인교통단속장비 설치 장소



"신나는 변화, 푸른 서초"

서초구



수신자 수신자참조

(경유)

제목 무인교통단속장비(무인과속단속카메라) 설치 관련 협의 회신(신기술 개발)

1. 건연170314-001, BYDA-2017-003(2017.03.15)호와 관련입니다.
2. 귀사에서 추진중인 무인교통단속장비(무인과속단속카메라)에 대한 신기술 개발 및 성능검증을 위한 협조요청 관련 우리구 검토의견을 아래와 같이 회신하오니 업무에 참고하여 공사시행하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

가. 설치개요 및 협조요청 사항

- 설치목적 : 무인교통단속장비 3차 표준화 개정(안)을 위한 비접촉식 단속 장비 개발
- 설치장소 : 1개소
- 카메라기능 : 다기능(신호위반·과속)
- 협조요청사항 : 설치 가능여부 및 장소

※ 운영계획

- 기 설치된 장비(시범운영장비)는 3차 표준화 개정(안)에 맞게 재설치 후 서초구청으로 기부채납
- 무인과속단속카메라를 서초구청으로 기부채납 전까지 운영비용(전기세 등)은 설치업체에서 부담 (건여정보기슬루, 후원이다)

나. 검토의견

○ 설치가능여부 : 가능

- 무인과속단속카메라 설치 운영부서인 서울지방경찰청(교통관리과) 협의결과 신기술 개발 및 성능검증을 위한 시범설치에 대해서는 가능함을 안내받았으며,

- 다만, 정상운영 장비가 아닐므로 차량운전자들의 혼란방지를 위해 안내표지판(시범운영중)을 설치하여 주시기 바랍니다

○ 설치장소 : 내곡2단지앞 교차로(현릉로177, 내곡동 338-1번지)

- 현릉로 주변 내곡·강남보급차량 입주 등으로 교통량이 지속적으로 증가되고 있으나, 차량과속 및 신호위반으로 통행하는 차량들로 인해 사고위험이 높아 지속적으로 민원이 제기되고 있는 내곡2단지앞 교차로(현릉로177, 내곡동338-1번지)에 무인과속단속카메라를 설치하여 주시기 바랍니다

○ 기타사항

- 공사전 관련절차(굴착허가, 공사신고 등)를 이행후 공사를 시행하여 주시기 바랍니다
- 본 사업에 대한 관리책임자를 공사전까지 지정하여 공사세부사항 등에 대하여 지속적으로 협의가 진행될 수 있도록 조치하여 주시기 바랍니다

- 향후 기부채납시에는 「무인교통단속장비 경찰규격서, 경찰청」에 맞게 재설치후 관련절차를 이행하여 주시기 바라며, 기부채납전까지는 귀사에서 운영비용(전기세, 통신료 등)을 부담하여 주시기 바랍니다

- 아울러 신기술개발 및 성능검증을 위한 시범설치 장비에 대한 제반사항은 우리구와 협의 후 결정하여 주시기 바랍니다

서초구청장인

수신자 건여정보기술 주식회사, 주식회사 바이다

*주무과 박용진 교통관리과장 이명미 교통행정과장 03/17 박성준

별첨자

시행 교통행정과-16462 (2017.03.17.) 접수
주: 137-704 서울서초구 남부순환로 2554 / www.seochu.go.kr
전화: (02)2155-7198 / 관공: (02)2155-8388 / 이메일: yun023@seochu.go.kr / 공계

그림 157 비접촉식 단속 장비 설치 회신공문1

그림 158 비접촉식 단속 장비 설치 회신공문2

2. 경제적 성과

가. 경량화

일체형으로 구성되어, 기존 장비에 비해 무게는 35%, 부피는 40%대에 불과함



그림 159 기존제품 vs 연구개발 시제품

	기존장비	1차년도 개발 장비		2차년도 개발 장비	
카메라(부피)	350x600x520 [mm]	400x450x230 [mm]	62%축소	500x400x230 [mm]	58% 축소
카메라(무게)	23Kg	7.5Kg	67%감소	17Kg	70% 감소
케이블(무게)	10Kg	2Kg	80%감소	2Kg	80% 감소
제어기(무게)	6Kg	6Kg	0%감소	0Kg	100% 감소
함체(무게)	30Kg	30Kg	0%감소	5Kg(추정)	66% 감소
총 무게	69Kg	42.5Kg	35%감소	24Kg	65% 감소

표 13 기존제품대비 무게, 부피 감소비율

전체적으로 시스템을 단순화하고, 제품을 경량화 하였음. 이것은 설치 구조물(폴, 갠트리 등)을 단순화하여 전체 설계원가를 감소시킬 수 있으며, 가로등이나 신호등과 같은 기존구조물에 설치할 수 있는 여건을 마련하였음

나. 카메라 일체형으로 구성되어 다양한 방식으로 운영가능

카메라 자체에 로컬서버를 내장하고 있기 때문에 별도의 저장장치 없이 센터로 바로 전송이

가능함.

현재 경찰청 무인교통단속장비의 경우 1개월가량의 데이터 저장을 요구하고 있으므로, 단순 데이터 저장을 위한 리눅스 FTP서버를 설치해야 함. 하나의 로컬서버에 다수의 카메라를 연결할 수 있어, 다양한 시스템 구성이 가능함



그림 160 로컬서버방식 운영 vs 센서서버방식 운영

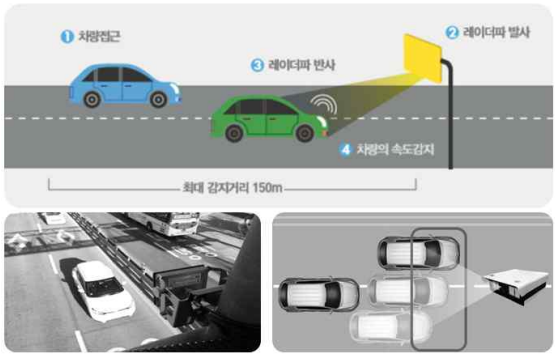
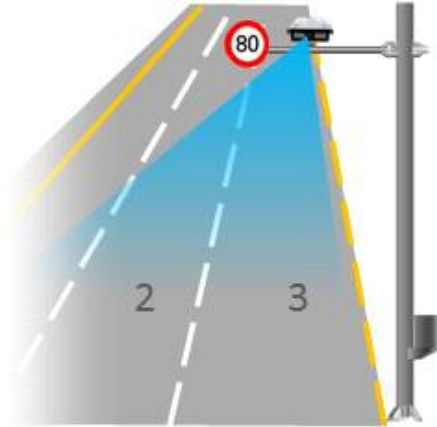
다. 가격경쟁력 확보

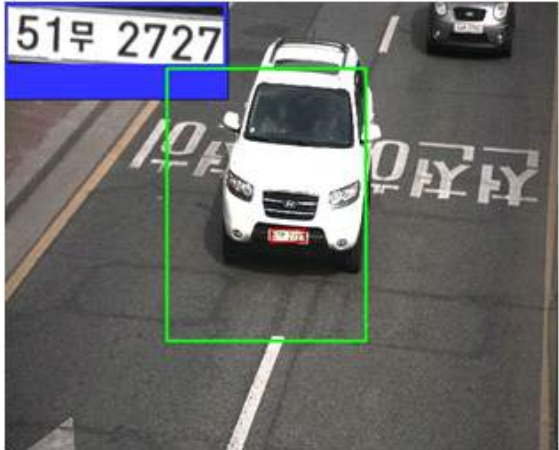
기존 루프검지기를 사용한 제품에 대비해서 (2차로 기준) 동일한 가격대로 구성가능
비매설식 2차선 동시 단속, 측주형(사이드폴) 설치 가능, 높은 인식률과 속도정확도 보유하여
월등한 경쟁력을 확보

구성	기존 방식	레이더-영상 복합식 방식
카메라	2세트	1세트
조명장치	2세트	1세트
팬틸트	2세트	-
차량검지기	루프검지기 4헤드	레이더검지기 1세트
제어기 PC	1세트	-
차로변경(위빙)	단속불가	단속가능
교량설치	불가능	가능
무게	100Kg이상	24Kg
설치구조물	갠트리 구조(고가)	측주형/사이드폴(저가) 신호등 지주 설치가능
가격	동일	동일

표 14 동시2차로 단속 장비 경쟁력 비교

라. 기존 국내고정식 과속단속장비 대비 장점

	기존 장비(루프)	개발장비(레이더)
검지방식	매설식 루프검지기 - 도로파손, 교량설치 불가 - 설치시 교통 통제 필요 	비매설식 다차로 단속 - 교량설치가능, 설치에 제한없음. - 교통 통제 불필요 
구조물	갠트리, 내민식 구조물 - 고비용 - 신규설치 	측주식 구조물 사용가능 - 가로등, 교통표지판과 같은 기존 구조물 활용가능 
무게	100Kg 이상 	24Kg 이하, 

차로경계 단속	루프사이 진입 단속불가	단속가능 

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 최종 성과총괄표

구분	핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	최종 성과 점검 기준					기타 비고	양적 성과목표
			질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	기준 치		
총괄	A 국내 외 기술 기준 만족 여부	A-1 국내외 무인과속단속장비 기술 기준 만족 여부	① 동시 단속 차로	2차로	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	4	건 아 정 보 기 술	특허: 출원 3건* 사제품: 1건
			② 측정 가능 속도	0-250km/h	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	0.5		
			③ 위반차량 단속률	80% 이상	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	0.5		
			④ 차량번호 인식 오류율	2% 미만	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	0.5		
			⑤ 속도 오차율	± 5% 이하	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	4		
			⑥ 과속단속 오류율	2% 미만	공인기관 검사	도로교통공단 성적서	0.5		
			⑦ 속도검지 분해능	1Km/h	자체평가	보고서	0.5		
		A-2 국내 AVI기술 기준 만족 여부	① 동시 인식 차로	2차로	시연	동영상	3	건 아 정 보 기 술	사제품: 1건
			② 인식률	95%이상	공인기관 검사	한국건설기술연구원 성적서	4		
		A-3 부가기능	① 보행자 검지	검지여부	자체평가	보고서, 동영상	0.5	건 아 정 보 기 술	
			② 이륜차 검지	검지여부	자체평가	보고서, 동영상	0.5		
			③ 차로간주행 검지	검지여부	자체평가	보고서, 동영상	0.5		
	B ANPR-RADAR 테스트 베드 구축 및 평가	B-1 영상 기반 평가 방법 설계	① 평가 방법 확보 유무	평가방법 확보	자체평가	보고서	0.1	한 국 건 설 기 술 연 구 원	특허: 출원 1건 논문: 1건 해외논문: 1건 논문: 1건 특허: 출원 1건 해외논문: 1건
		B-2 레이더 기반 평가 방법 설계	① 평가 방법 확보 유무	평가방법 확보	자체평가	보고서	0.1		
		B-3 영상/레이더 개별 현장 평가 및 적용	① 국내외 기술 기준 만족 여부	-	현장평가	동영상/성적서	0.1		
		B-4 영상-레이더 통합 평가 방법 설계	① 평가 방법 확보 유무	평가방법 확보	자체평가	보고서	0.5		
		B-5 영상-레이더 통합 현장 평가 및 적용	① 국내외 기술 기준 만족 여부	-	현장평가	동영상/성적서	0.2		
계							20		특허: 출원 5건** 논문: 2건 해외논문: 2건 사제품: 2건

성적서1 : 한국건설기술연구원 공인성적서

ITS 사업시행지침(자동차량인식장치(AVI) 성능평가)

[국토해양부고시 제2010-714호, 2010.10. 8.]

성적서2 : 도로교통공단 공인성적서

경찰규격서(2012. 03. 경찰청)

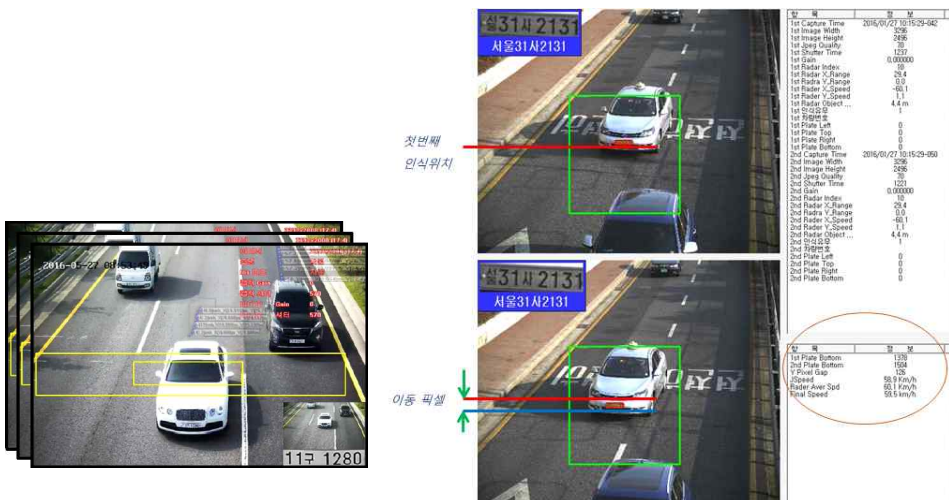
나. 핵심성과

(1) ANPR-RADAR OneBody 장비

관련 그림 / 사진						
정의(설명)	기존 제어기, 카메라, 검지기가 별도의 하우징으로 구성된 제품을 일체화하여, 설치 및 유지보수가 용이한 장비 개발.(번호인식제어기는 카메라 내에 탑재)					
설정사유	사업화를 진행하기 위한 주요개발제품. 레이더, 조명, 카메라, 제어기가 일체화되어 시공과 제품납품을 이원화할 수 있어, 해외수출이 용이함					
목 적	차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로를 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로에 대한 차량번호 인식 알고리즘을 구동하기 위한 제어기 또는 스마트 카메라가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어함체 없이 단일 장비만으로 차량번호, 교통정보 및 개별 차량의 속도, 단속 이미지를 출력해주는 ANPR-RADAR 복합 장비를 상용화한다.					
성능목표	(기존기술 수준) Windows O/S를 사용한 제어기, 1차로단속, 매설식 루프센서 (개발기술 수준) 임베디드기반의 카메라내 제어기, 다차로 단속, 비매설식 레이더 센서 (개발기술 수준 설정근거) 해외제품성능 벤치마크					
성과달성 책임자 (소속기관)	이상만(건아정보기술)					
소요기간	' 15.04 ~ ' 16.10 (1년 6개월)					
핵심성과	양 적 성과	특허 출원 5 등록 0	SCI 논문 국내 0, 국외 0	비SCI논문 국내 0, 국외 4	S/W 1	기타 디자인 등록 1
	질 적 성과	국내 무인과속단속장비 기술기준 만족도(100% 달성) -동시 단속 차로 : 2차로 -위반차량 단속률 : 92.5% (목표치 80%이상)				

		-차량번호인식 오류율 : 0.3% (목표치 2% 미만) -속도오차율 : +3.8%(목표치 ± 5%이하) -과속단속 오류율 : 0.67%(목표치 2%미만) -속도검지분해능 : 0.36Km/h (목표치 1Km/h) 국내 AVI(차량번호인식장치) 성능평가(최상급 달성) -동시 인식 차로 : 2차로 (목표치 2차로) -인식률 : 97% (목표치 95% 이상) => 매설식 루프검지기성능 동등이상 유지목표. 2차로이상 동시운영
	달성 확 인 방 법	* 공인시험기관 검사성적서, 보고서 (ITS성능평가기관 기본성능평가 성적서, 도로교통공단 검사성적서)

(2) 시스템의 국내외기술기준 만족여부

관련 그림 / 사진	
정의(설명)	매설식 루프검지기를 본 과제를 통해 개발된 비매설식 다차선 레이더- 차량번호인식 복합형 장비로 대체하고, 이의 성능을 매설식방식 기술기준과 동등이상으로 유지하도록 검증한다.
설정사유	국내 차량번호인식률의 대표적인 기술기준인 AVI성능평가와 경찰청의 무인교통단속장비 기술기준을 준용하여, 동등이상의 성능여부를 검증
목 적	차량의 속도와 거리, 위치를 측정하기 위한 레이더와 다차로를 촬영하기 위한 촬영장치, 그리고 다차로에 대한 차량번호 인식 알고리즘을 구동 하기 위한 제어기 또는 스마트 카메라가 일체형으로 복합 구성되어, 별도의 제어함체 없이 단일 장비만으로 차량번호, 교통정보 및 개별 차량의 속도, 단속 이미지를 출력해주는 ANPR-RADAR 복합 장비를 상용화한다.

성능목표		(기존기술 수준) 국내 매설식 루프검지기가 주력 사용 (개발기술 수준) 비매설식 레이더검지기에 영상식속도측정방식을 결합하여 신뢰성 향상 루프검지기를 대체할 수 있는 기술 수준 마련 다차선 동시 운영 가능 (개발기술 수준 설정근거) 루프검지기를 활용한 국내 AVI, 경찰청 무인교통단속장비 기술기준과 동등이 상 성능				
성과달성 책 임자 (소속기관)		이상만(건아정보기술)				
소요기간		’ 15.04 ~ ’ 17.02 (1년10개월)				
핵 심 성 과	양 적 성 과	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		출원 5 등록 0	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 4	1	디자인 등록 1
	질 적 성 과	국내 무인과속단속장비 기술기준 만족도(100% 달성) -동시 단속 차로 : 2차로 -위반차량 단속률 : 92.5% (목표치 80%이상) -차량번호인식 오류율 : 0.3% (목표치 2% 미만) -속도오차율 : +3.8%(목표치 ± 5%이하) -과속단속 오류율 : 0.67%(목표치 2%미만) -속도검지분해능 : 0.36Km/h (목표치 1Km/h) 국내 AVI(차량번호인식장치) 성능평가(최상급 달성) -동시 인식 차로 : 2차로 (목표치 2차로) -인식률 : 97% (목표치 95% 이상) => 매설식 루프검지기성능 동등이상 유지목표. 2차로이상 동시운영				
		* 공인시험기관 검사성적서, 보고서 (ITS성능평가기관 기본성능평가 성적서, 도로교통공단 검사성적서)				
	달성 확 인 방 법					

2. 관련 분야 기여도

○ 기술개발 초기, 국내 개발업체 선정이 불가능하여 해외업체(독일, 영국)의 레이더 제품을 도

입하여 개발함.

○ 구리 테스트사이트 설치 후, 국내 레이더 개발업체 3곳과 협력하여 국내 레이더 개발을 지원하고, 테스트사이트를 일부 개방하여 실 운영 환경에서 개발할 수 있도록 지원. 실제 납품이 가능할 정도의 성능향상 유도

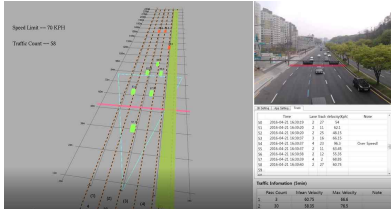
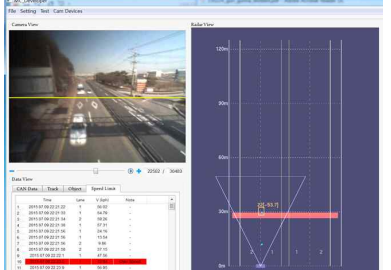
업체명	설립일	특징																										
D사	2013년 12월	속도정확도 우수 단일차로용 레이더 사용화	● CHARACTERISTICS  <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>지표</th> <th>성능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">탐지성능</td> <td>거리</td> <td>최대탐지거리 100 m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>탐지거리해상도 1 m</td> </tr> <tr> <td>속도</td> <td>최대탐지속도 250 Km/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>탐지속도해상도 2.5 Km/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>통신규격</td> <td></td> <td>Ethernet</td> </tr> <tr> <td>동작온도</td> <td></td> <td>-40~80°</td> </tr> <tr> <td>소비전력</td> <td></td> <td>≤ 1 Watt</td> </tr> <tr> <td>크기</td> <td></td> <td>13 x 12 x 3 cm</td> </tr> </tbody> </table>	구분	지표	성능	탐지성능	거리	최대탐지거리 100 m		탐지거리해상도 1 m	속도	최대탐지속도 250 Km/h		탐지속도해상도 2.5 Km/h		통신규격		Ethernet	동작온도		-40~80°	소비전력		≤ 1 Watt	크기		13 x 12 x 3 cm
구분	지표	성능																										
탐지성능	거리	최대탐지거리 100 m																										
		탐지거리해상도 1 m																										
	속도	최대탐지속도 250 Km/h																										
	탐지속도해상도 2.5 Km/h																											
통신규격		Ethernet																										
동작온도		-40~80°																										
소비전력		≤ 1 Watt																										
크기		13 x 12 x 3 cm																										
B사	2015년 10월	FMCW방식 레이더 개발 다차로 레이더 상용화																										
M사	2014년 08월	Fast Chirp FMCW 레이더 개발 위치 분해능이 정밀해짐																										

표 15 국내 레이더 개발 업체 현황

제5장 연구개발성과의 활용 계획

1. 경찰청 무인교통단속장비 활용

○ 2017년 레이더 검지장비 및 다차로 번호인식 기술을 도입하기 위하여 경찰청에서 신규 규격서 제정(규격번호:경찰-6310-98-001-아)

가. 특징

(1) 기존 표준형 교통단속장비 규격 폐지

2차 표준화 폐지

(2) 속도 기준 성능 완화(고정식, 이동식 동일)

기존 $\pm 5\%$ 단일 기준에서 속도별 기준으로 완화

예) 60km/h 미만에서 30km/h 주행시 기준 성능 $\pm 1.5\text{km/h}$ 에서 $\pm 3\text{km/h}$ (27~33km/h) 로 완화

➔ 장점 : 어린이보호구역 스쿨존 설치유도

구분		기준 성능			
속도정확도	속도구간	60km/h 미만	60km/h 이상 ~ 80km/h 미만	80km/h 이상 ~ 100km/h 미만	100km/h 이상
	최대오차(율)	$\pm 3\text{km/h}$ 이하	$\pm 4\text{km/h}$ 이하	$\pm 5\text{km/h}$ 이하	$\pm 5\%$ 이하
과속단속 오류율(고속도로 설치시)		2% 미만			
위반차량 단속률		80% 이상			
차량번호인식 오류율		2% 미만			

그림 168 변경된 속도 기준 성능(2017년 경찰규격서)

(3) 스마트 과속단속 장비 기술 평가 신설(BMT)

기술능력평가(80점)중 20점은 규격만족여부로 평가하며, 그 20점 중 10점은 성능에 따른 가점으로 배정

5) 규격 충족여부 기술평가(20점)

구분	규격 충족여부		주요성능 가점		
	기준	배점	기준	배점(10점)	
속도정확도	규격 참조	10점	속도정확도 (절대오차 평균)	2km/h 미만	1
위반차량 단속률	80% 이상		위반차량단속률	90% 이상	1
차량번호 인식 오류율	2.0% 미만		차량번호인식오류율	1.0% 미만	1
단속오류율	2.0% 미만		과속오단속률	1.5% 미만	1
시스템	10개 항목 충족		동시차로 단속시 차로별 위반차량 단속률 각각 80% 이상	2개 차로 3개 차로 이상	3 4
필터투과율	700nm에서 투과율 50% 미만		기존 지주(신호등 주, 가 로등주 등) 활용성	기준 규격 충족	2

※ 기존 지주 활용성은 별도로 장비를 설치하여 1회 평가

※ 단, 측주식 지주를 사용하여 동시차로 단속시 차로별 위반차량 단속률은 각 60%이상 (최하위차로 80%) 만족

그림 169 스마트 과속 단속 장비 기술평가 방안(경찰청, 조달청)

나. 제안



그림 170 경찰청 무인교통단속장비 제안

○본 연구과제를 통해 개발된 제품을 제안하여, 국내 무인교통단속장비에 새로운 기술을 도입하고자 함

○기존 루프검지기를 사용한 제품에 대비해서 (2차로 기준)

- 동일한 가격대
- 비매설식 2차선 동시 단속
- 측주형(사이드폴) 설치 가능
- 높은 인식률과 속도정확도 보유

월등한 경쟁력을 확보하고 있으며, 올해부터 납품가능

2. 터널내 차로변경 위반 단속 장비

한국도로공사에서 추진하고 있는 터널내 차로변경 위반 단속시스템(위반차량 단속용 융복합 시스템)에 적용가능(현재 창원터널 설치 운영 중)

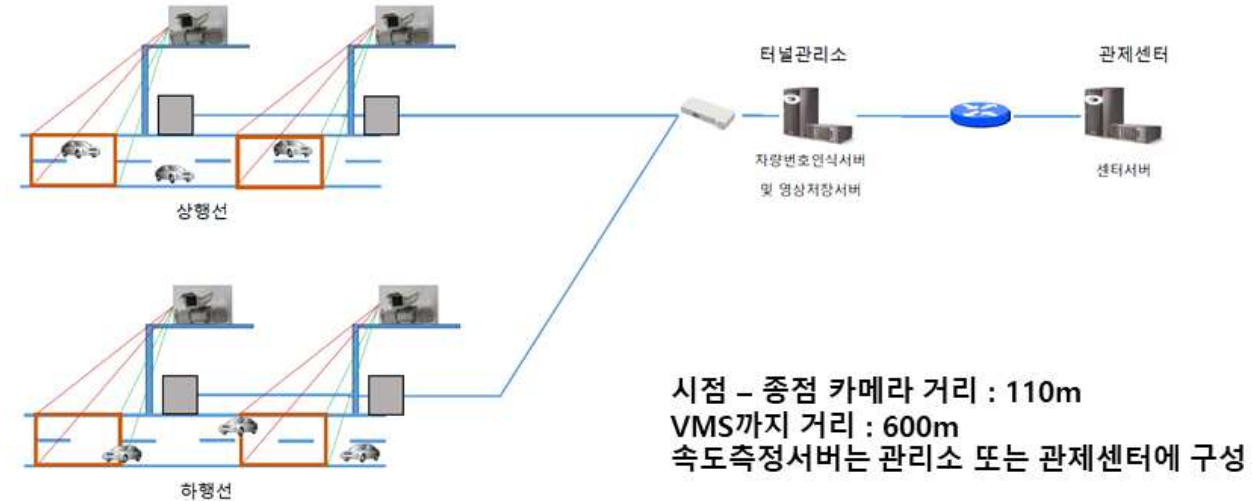
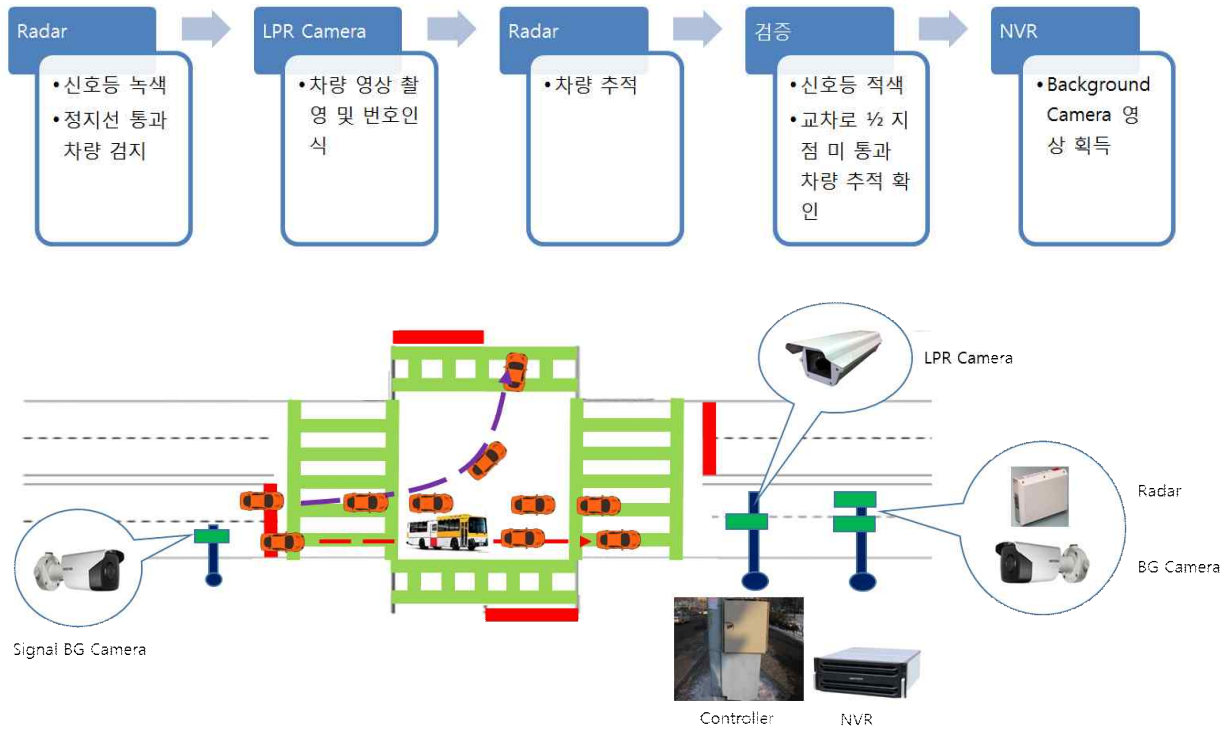


그림 171 한국도로공사 위반차량단속용 융복합 시스템(창원터널 설치)

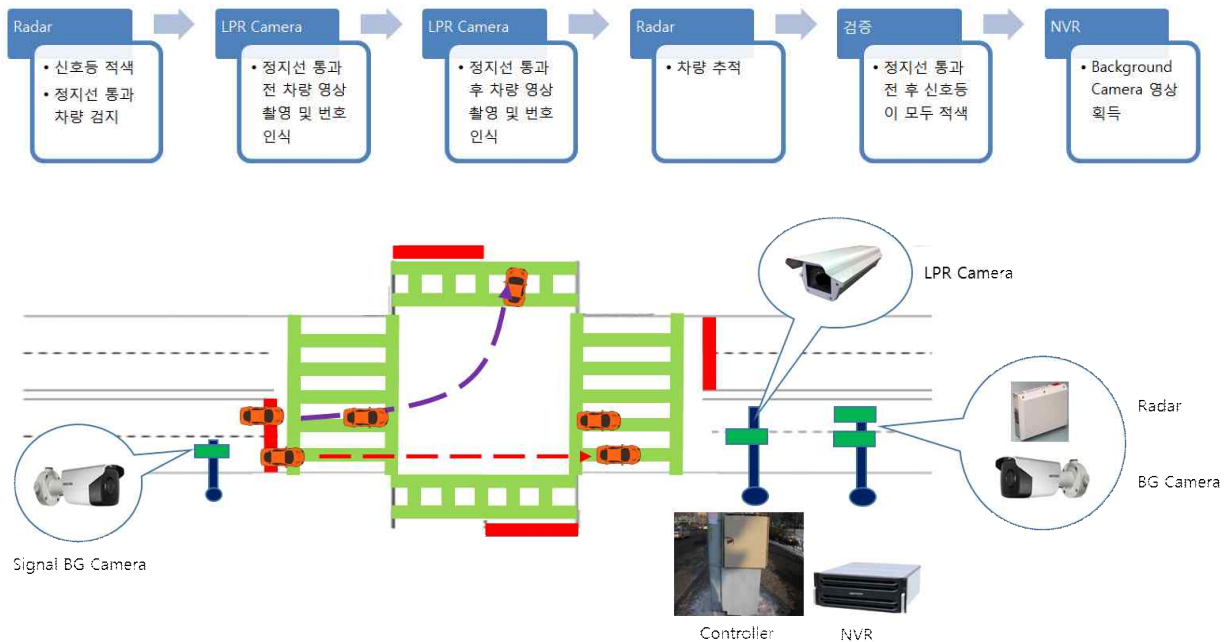
3. 해외사업 제안(카자흐스탄)

- 카자흐스탄에서 현지 상황에 맞는 진보된 다목적 시스템 제안 요청(2017.02)
- 본 연구과제를 통해 개발한 레이더-차량번호인식 복합형 무인단속장비의 추적기능을 활용하여, 다목적 시스템을 구현 가능함
- 버스전용차로 위반, 꼬리물기 위반, 정지선 위반, 신호 위반, 차선 위반, 역주행 위반, 속도 위반 단속등 7가지의 단속기능을 하나의 장비로 구성하려 제안 진행



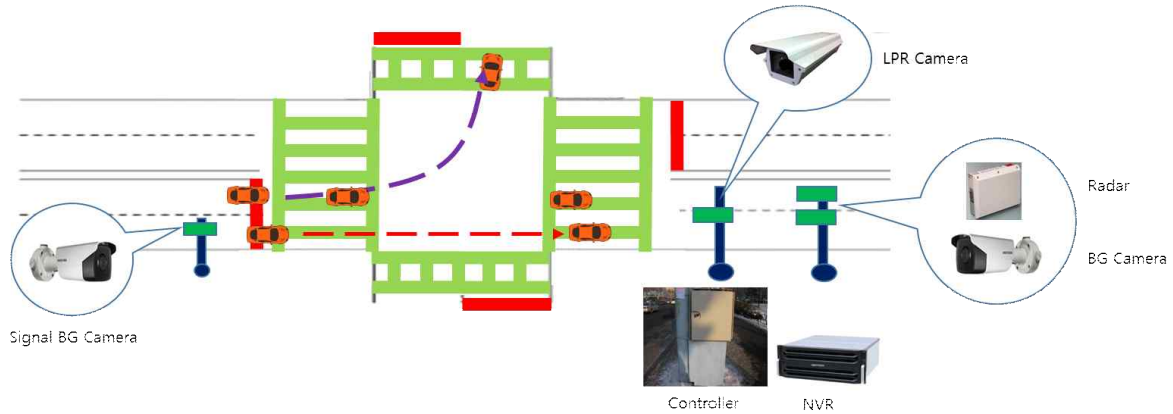
다. 정지선 위반 단속

교차로에서 적색 신호일 때, 정지선을 넘어간 차량을 위반 단속한다.



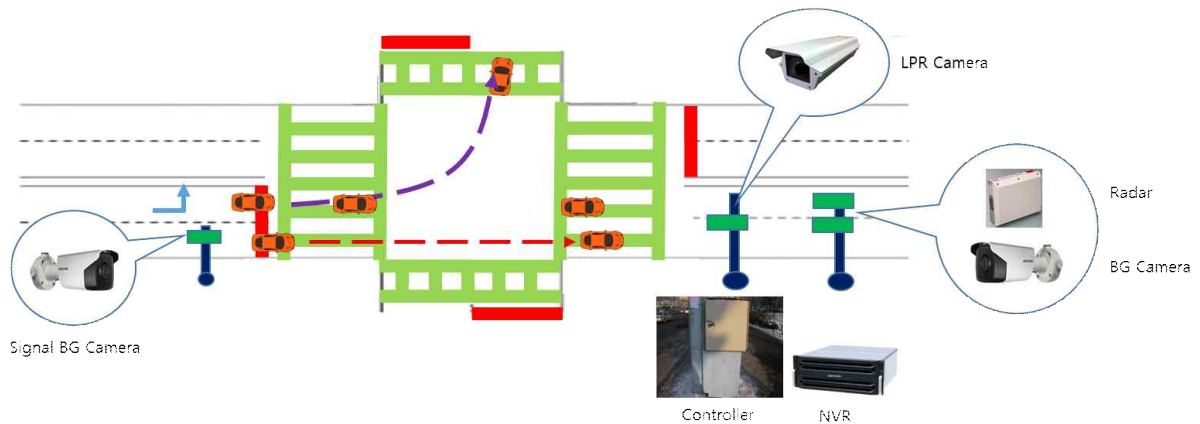
라. 신호위반 단속

교차로에서 적색 신호일 때, 교차로를 넘어간 차량을 위반 단속한다.



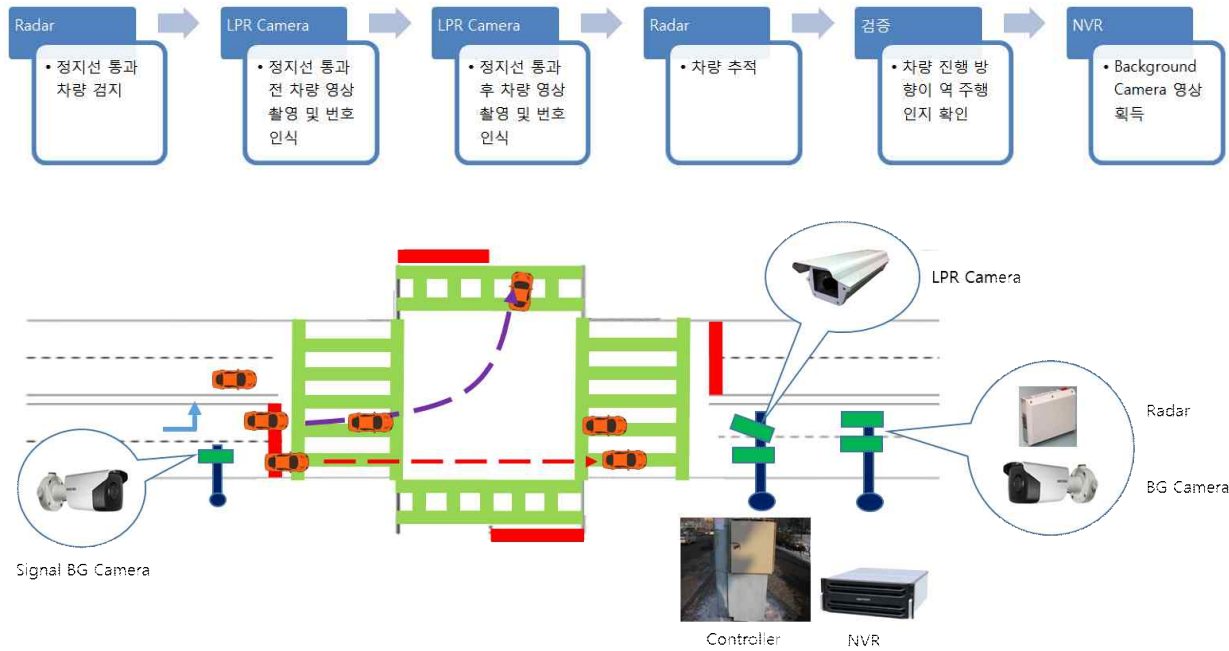
마. 차선위반 단속

우회전, 좌회전 차선에서 직진한 차량을 위반 단속한다.



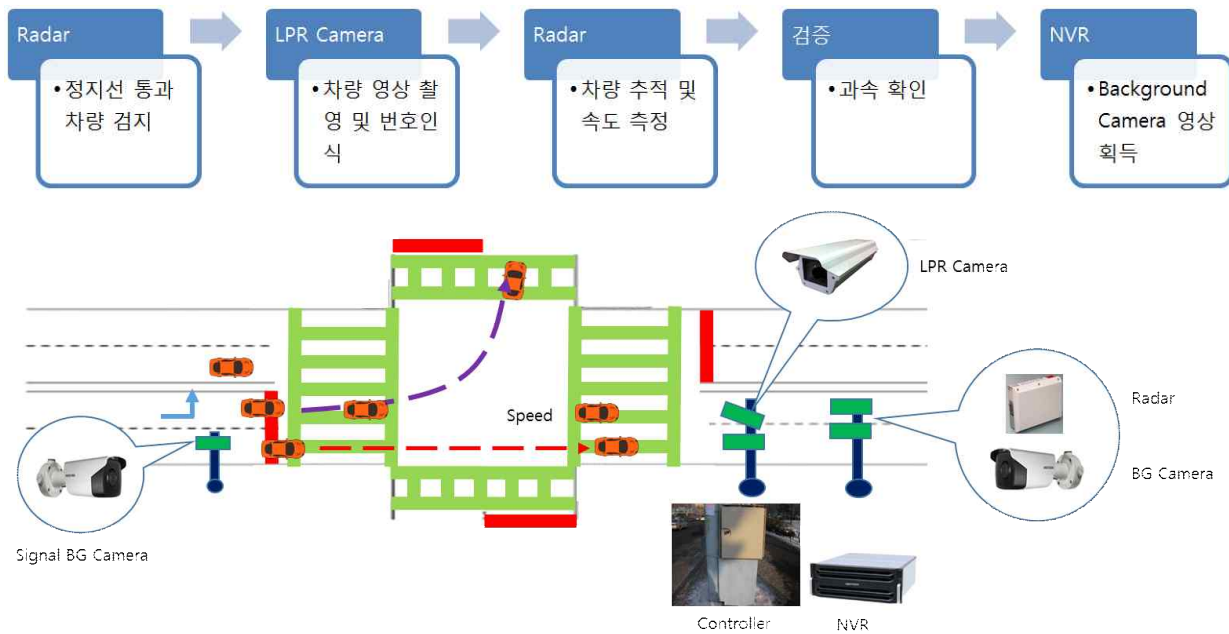
바. 역주행위반 단속

반대편 차선에서 주행한 차량을 위반 단속한다.



사. 속도위반 단속

주행한 차량의 속도 위반 단속한다.



4. 사업화 추진 전략

가. 사업화 능력 및 자원보유

(1) 상용화능력

- 기존 시스템의 성능 개량형 사업화 진행

차량번호 인식 관련 구축 실적(2017년초기준)이 전국 73개 시군구에 1,205개소 1,880개 차로 구축 완료하여 운영중

1997년부터 국내에 무인 과속단속장비를 납품(연간 40억 원 규모)하고 있으며, 2002년부터 중국 북경에 합자법인(박룡건아)을 설립하여, 중국 베이징의 대표적인 ITS 업체로 도약시킨 바 있다.(2011~2013년, 978세트 납품) 또, 2011년 카자흐스탄에 합자법인을 설립하여 2012년 42억 원, 2013년 58억 원의 수출 실적을 올린바 있음.

합자법인을 이용한 해외시장 진출 이외에도 2014년부터 SK C&C를 통하여 투르크메니스탄에 매년 20억원이상의 무인 교통단속장비를 납품하는 등 지속적으로 해외시장에 진출하고 있음

(2) 기존 자원 활용도

- 기존 사업 아이템과 R&D 과제의 연관 정도
새로운 레이더 센서와 카메라 적용, 사업 내용은 기존과 동일
- 기존 생산 라인(설비 포함) 예상 활용 정도(100%) 및 근거
주요 자재인 레이더와 카메라의 공급선 변경
주요 자재의 설계, 조립, 생산 공정은 기존과 동일

나. 사업화 추진계획 및 일정

연도별	국내	해외
2017년	- 서초구 1개소에 납품완료(조기사업화) - 도로 방법 CCTV 조달청 우수제품 등록 추진 - 무인과속단속장비 조달청 우수제품 등록 추진 - 경찰청 무인 단속장비 사업화 (시범사업 20개소)	- 기존 보유하고 있는 해외 시장에 파일럿 사이트 구축 및 시연 - 카자흐스탄 파일럿사이트 구축중 - 투르크메니스탄 차기사업에 레이더 적용을 위해 시범사업 추진중 - 해외 지사를 통한 제안서 작업 지원 - 카자흐스탄 기술제안 실시
2018년	- 도로 방법 CCTV 조달 등록을 통해 시장 진출 및 확대 - 무인과속단속장비 조달등록을 통한 시장 확대 - 경찰청 무인 단속장비 사업화 확대 (신호위반, 고속도로 단속장비로 확대)	- 제품 현지화 - 무인 교통단속장비 제안 및 납품 추진 (카자흐스탄, 투르크메니스탄)
2019년	- AVI, 도로 방법 CCTV, 무인 교통단속장비 사업 확대	- 주요 거점 도시 확대 카자흐스탄 알마티 => 아스타나 투르크메니스탄 아슈하바트 => 다쇼구즈, 투르크메나바트 - 국제 ITS 전시회 홍보
2020년	- AVI, 도로 방법 CCTV, 무인 교통단속장비 사업 확대	- 유럽형 무인 교통단속장비 인증 완료 - 서유럽 시장 진출 추진

제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 해외형 과속 단속 장비 기술수준

가. 해외 RFP(request for proposal) 분석

(1) Cyprus(2014.08) - 과속 단속 장비



TENDER DOCUMENTS

PART A

TENDER FOR THE

**"DESIGN, BUILD, OPERATION, FINANCING AND MAINTENANCE OF
A TRAFFIC LAW ENFORCEMENT CAMERA SYSTEM IN THE REPUBLIC
OF CYPRUS"**

TENDER PROCEDURE №: **XXXXX**

AUGUST 2014

그림 173 Tender Documents (Cyprus, 2014.08)

page 98
a) All fixed camera units and detection devices must be installed at a height of at least 3m; b) All fixed camera units and all required equipment must be installed, where this is possible, at a distance of at least 1.5m from the adjacent road; c) All fixed camera units and detection devices shall be mounted on a vertical pole. No protruding horizontal elements of the pole or gantries shall be allowed; d) The installation of the fixed camera units and all required equipment shall not obstruct, where this is possible, the free circulation of pedestrians and bicycles;
page88
The unit' s camera must have at least a 10 Megapixels resolution and have a field of view that shall enable it to capture images of offending vehicles in an at least 3 lane wide road (each lane is considered to be 3m wide). The unit' s camera must have the ability of expanding its coverage to an at least 4 lane road. The unit must also be able to simultaneously capture video, at a frame rate of 12fps and a minimum resolution of at least 1280X720 pixels.
page83
4.1.2.3 Detection Device

The detection device must be of the non-intrusive type, which means that no excavation or digging or trenching shall be allowed on the road network, in regards of installing the detection device. Allowed technologies are RADAR, or LASER or OPTICAL.

The detection device must at least:

- a) have a detection range suitable for the site of installation and or operation;
- b) have a field of view of at least 4 lanes;
- c) be able to detect any of the required traffic law violations: speed limit violation and/or Red Light and Red Line Stop Line violation;
- d) have an accuracy of not less than $\pm 3\text{km/hr}$ for speeds up to 100km/hr and $\pm 3\%$ for speeds over 100km/hr ;
- e) be able to detect and monitor vehicles with speeds between 0 and 250km/hr ;
- f) have a detected speed resolution of 1km/hr or less.

(가) Pole-Arm 방식 사용불가



그림 174 Pole-Arm (=Mast-Arm)
방식(국내)

⇒



그림 175 Side-Pole (=Road-Side)

(나) 카메라 해상도

하나의 카메라로 최소 4차선 이상 촬영 가능해야 함, 차로가 넓을 경우 3차까지 촬영이 가능해야 함(해상도 10M 이상)

(다) 속도측정방식

non-intrusive type(비접촉식)

which means that no excavation or digging or trenching

(라) 속도정확도

100km/h 이하에서 $\pm 13\text{km/h}$ 이하, 100km/h 이상에서 $\pm 3\%$ 이하 오차허용

(마) ANPR 성능

인식률 : 95%

오인식률 : 0.5%

(바) 운영 : 벌점제도

예1) 연간운영시간 : 장비당 8322시간 정상운영 보장, 시간당 벌점 8점 (벌금 800유로)

예2) 법정소송 : 패소할 경우, 벌점 2,000점(벌금 200,000유로)

예3) 개인정보위반 : 패소할 경우, 벌점 2,000점(벌금 200,000유로)

(사) 특징

장비에 대한 구체적인 제한이 없음. 시스템의 단순한 단속 성능보다 전체 운영적인 면에서 신뢰성과 무결성을 더 중요하게 판단. 단속데이터의 교차검증과 암호화조치 필요함.

단속 전후 5초에 대한 동영상 제공(12fps)

Table 1. Key Performance Indicators and Penalties

S/N	Performance Indicator	Description	Penalty	
			Description	Points
1	Overall time period for processing a violation	Maximum time taken from the detection of an incident to mailing of the violation ticket (A&T 180) shall be less than 3 working days (72hours)	Every additional day or part of it exceeding set time limit per violation	3
2	Satisfactorily Working Hours per Equipment	The total amount of hours of satisfactory operation of the Equipment as stated below: a) Fixed Camera Units:8322 hours/year/unit b) Processing Facility: 8760 hours/year	Every hour below of the expected satisfactorily operation period per equipment per year a) 8 b) 100	
3	Number of Fixed Camera Units in Satisfactorily Operation at all times	A total of 82 Fixed Camera Units must be in satisfactorily operation at all times.	Every unit out of operation below the specified limit per day	8
4	Hours of speed monitoring by mobile cameras	No of hours out of the Police monthly time schedule (less or more) for mobile cameras	Every hour out of the police time schedule	10
5	Availability of fixed cameras	Maximum time allowed for any fixed camera to be out of operation is 24 hours	Every fixed cameras out of operation beyond the 24 hour time limit per hour	5
6	Compliance with Police specified monitoring schedule for mobile cameras	No of cases out of the Police specified monthly monitoring schedule for mobile cameras (different location or duration in general)	Every case which is out of the monthly specified schedule (per camera per day)	100
7	Validated violations not recorded by system	No of valid violations not recorded by the System. Valid violation will be considered the one recorded by the Police portable speed measurement instrument.	Every valid violation not recorded by the system	2
8	Camera without validated calibration certificate	No. of cameras found on site without validated calibration certificate	Every camera found on site without validated calibration certificate	1000
9	Change of system parameters or data shown on the submitted reports (without the permission of the Authority)	Any change by the Contractor of system parameters that affects the violations detection (e.g. change of speed limit) without the written permission of the contracting authority or any serious alteration of	Every change done by the vendor on system parameter or on reports	500

그림 176 Key Performance Indicators and Penalties(Cyprus, 2014.08)

(2) 남아프리카공화국 Tshwane(츠와니)(2013.12) - 차량번호인식장비, 속도측정X

4. Equipment Requirement

Number Plate Recognition Camera

- Should read a number plate from standstill 0km/h to 160 km/h as a minimum.
- Should be able to read all the South African number plates as well as all the neighbouring African Countries number plates.
- IR Illumination range should be to at least 20 meters.
- Should have a Very-focal Lens.
- **24 hour / 365 day operation**

-
- Night time operation with infrared or visible floodlighting or with dedicated Multi Level Pulsed Infrared Camera System, in all weather conditions are required.
 - Should have no requirement for external system triggers such as inductive loops or light beams.
 - Should have a minimum resolution of 600 TVL.
 - Should read a numberplate at night with car headlights on full brightness.

Number Plate Recognition Software

- Options for local and centralized processing to be offered.
- Should interface to the eNatus system.
- Should be able to read all the South African number plates as well as all the neighbouring African Countries number plates.
- Should read all fonts.
- Should have a Capture Rate of 98%
- Should have a Correct Read rate of 95%
- Overall Capture and read rate of 93%
- Recognition Response Time < 4 seconds
- Run on a Vblock Virtual Platform
- The system must recognise a plate that appears anywhere in the video image.
- System alarm must be generated when a wanted plate is identified.
- Ethernet Compatible allows easy TCP/IP integration with external application software.
- Image output system to provide images of both the number plate and the vehicle colour for verification purposes.

그림 177 남아프리카 공화국 RFP분석

(가) Pole-Arm 방식 사용불가

3M높이 Pole에 설치,

(나) 카메라 해상도

600 TVL이상

(다) ANPR 성능

검지율 : 98%

인식률 : 95%

차량속도 : 0~160km/h

(라) 특징

범칙차량단속장비에 대한 BMT용 스펙,

범칙차량(wanted plate)에 대한 시스템 알람 구현

(3) 사우디아라비아 Riyadh(리야드)(2013.12) - 차량번호인식장비, 속도측정X

Infra Structure for Riyadh Techno Valley (RTV) Specifications		Infra Structure for Riyadh Techno Valley (RTV) Specifications		Infra Structure for Riyadh Techno Valley (RTV) Specifications	
17.11	AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION The work under this section consists of furnishing and installing all equipment and materials necessary for complete and operational Automatic Number Plate Recognition (ANPR) sites for the proposed locations along the roads within the RTV site, main gates and Public Car Parks within the RTV site in accordance with these Specifications. The proposed locations of these IPGS are shown in the main drawings of Volume 2.		The Image Capture System shall be able to "READ" and "DISTINGUISH" both Arabic and English from discontinuity. A. Monochrome Camera The Contractor shall furnish a high speed black and white (monochrome) infrared camera. This camera shall be used to read license plate text, direction or equipment, regardless of lighting conditions. The camera shall meet the following requirements: Lens 18X Zoom 54.1 mm (wide) to 73.8 mm (tele end), F1.4 to F3.0 Signal System EIA JCCIR Image sensor Exview HAD CCD Angle of view (H) 45 degree (wide end) to 2.7 degree (tele end) S/N Ratio >50 dB Electronic Shutter EIA 1:500 to 1/10,000s, 8 steps; CCIR 1:4000 to 1/10,000s, 8 steps Gain <1 to 28 dB, 16 dB steps Video Output VBS 1.0 Voh peak to peak IR Illuminator Adjustable to 810nm, 870nm, 940nm		Electronic Shutter 1/40 to 1/10,000s, 11 steps; 1/50 to 1/10,000s, 11 steps Gain Auto (manual) (-3 to 28 dB, 16 dB steps) Video Output VBS 1.0 Voh peak to peak IR Illuminator 0.7lux (F1.4, 1:50 to 1:40, 50IRE) Integrated Light Sensor visible light level C. Housing The camera housing shall be used minimum IP68 and configured with a rain shield to reduce solar heating. D. Camera Communications Communications shall be bi-directional RS-232 with the roadside IPGS processor. Camera shall allow settings to be downloaded, stored and sent from a central database. E. Camera Connections Camera connections shall be RS-232, power and video, all galvanically isolated. F. Mounting Provisions Cameras units shall rigidly attach to a vertical or cylindrical pole without requiring any machining operation. The attachment will not stress or deform the camera unit and prevent the movement of the unit in any direction by the force of developed wind. Furnish a camera unit that will have the capability of adjusting the angular orientation of the optical axis in both the horizontal and vertical plane to 270°. G. Camera Environmental Requirements The camera unit shall operate in a temperature range of -10° C to +60° C, 0 to 95% humidity and a maximum wind load of 160 kph.
17.11.1	DESCRIPTION The Contractor shall furnish and install IPGS system sites according to the plans and specifications. The roadside system shall be capable of processing and recognizing license plates in very high speed, multiple lanes and high density traffic environment. The roadside fixed system shall consist of two cameras each with a dual camera configuration (monochrome and color) and a single infrared (IR) illuminator overlooking the roadway. These stations shall be connected to a hardware Number Plate Recognition Unit (NPRU). The NPRU processor shall contain the recognition software and process the video data from the camera station.				
17.11.2	FUNCTIONAL REQUIREMENTS The ANPR system shall operate continuously with a hardened processor in the field. The initial application software installed in the processor shall be Journey Time Analysis (JTA) and Journey Time Measurement Systems (JTMS). The processor shall have the ability to have additional software installed for other applications such as speed violation, policing, surveillance, counter terrorism and congestion charging. Processed IPGS data (video) shall be stored in a SQL compliant database server located in the TMC.				
17.11.2.1	System Device Requirements				
17.11.2.1.1	Image Capture System The Contractor shall provide a dual camera system with one monochrome for ANPR, one color for license for overview mapping, and one IR illuminator, enclosed in one complete housing. IMPORTANT:				
Division 17 - Smart Systems		Division 17 - Smart Systems		Division 17 - Smart Systems	
17.11.2.1.2	Roadside IPGS Processor The Contractor shall furnish and install a roadside IPGS processor unit and associate equipment according to the plans and specification. The Roadside IPGS Processor Unit shall be rugged and designed to withstand extreme environmental conditions. The processor unit shall be capable of processing				

그림 178 사우디아라비아 RFP분석

(가) Pole-Arm 방식 사용불가

vertical or cylindrical pole

(나) 카메라 해상도

NTSC/PAL

(with lens 18X Zoom f=4.1 mm (wide) to 73.8 mm (tele end), F1.4 to F3

(다) ANPR 성능

Recognition Accuracy : 98% (dependant on image quality)

Plate Rotation : +/- 10도

Plate Skew : Correction of character skewing (italicization) to +1-10 degrees

(라) 특징

번호 인식된 결과를 이용해서 구간속도정보 제공(section speed, Journey Time Analysis),

중앙서버에 응용프로그램 설치에 따라 다양한 시스템으로 응용목적(예:JTA(Journey Time Analysis), JTMS(Journey Time Measurement Systems), Speed Violation, Policing surveillance, counter terrorism, congestion charging)

(4) 인도 Delli(델리)(2013.09) - 과속, 신호위반

Redlight/ Stop Line and speed violation system (RSL - SV System)- Technical	
The System should support for Delhi police network Backbone for data transmission	
The system should be designed to detect both reflective and non-reflective types of licence plates.	
The system shall provide a disaster recovering mechanism including automatic restart function after system failure.	
Redlight/ Stop Line violation camera units shall be linked with the respectively monitored red signals of the traffic signal control system at site.	
The System should support speed measurement unit - Km/Hr.	
All cameras captured images should be digitally watermarked & encrypted to avoid tampering	
Lane Cameras & Context Camera Specifications	
Sensor	1/3" CMOS/CCD Day/Night Camera
Lens:	Varifocal
Day and Night:	Automatically removable infrared-cut filter
Shutter Time:	Electronic: 1/50 to 1/10000 sec or better
Video Compression:	Motion JPEG, H.264
Video Multicast Streams	Both streams should be configurable to Unicast and Multicast for surveillance
Resolutions:	Minimum 1 MP for Lane cameras and Min 3 MP for context cameras
Field of view for License Plate recognition:	As per site requirement (installing external IR in front of camera)
Cameras Certification	UL/EN and CE, FCC
IR Illuminator	
Spectral emission	850nm

All cameras captured images and other data should be digitally watermarked & encrypted to avoid tampering	
Speed violation Cameras Specifications	
Parameter	Minimum Specifications or better
Sensor	1/3" CMOS/CCD Day/Night Camera
Lens:	Varifocal
Day and Night:	Automatically removable infrared-cut filter
Shutter Time:	Electronic: 1/50 to 1/10000 sec or better
Video Compression:	Motion JPEG, H.264
Video Multicast Streams	Both streams should be configurable to Unicast and Multicast for surveillance
Resolutions:	Minimum 1 MP for Lane cameras
Field of view for License Plate recognition	As per site requirement (installing external IR in front of camera)
Cameras Certification	UL/EN and CE, FCC
IR Illuminator	
Spectral emission	850nm
Beam angle	10° or Better
Temperature Range	-5° C to 60° C
Voltage Input	12 - 40 VDC or 24 VAC
Environmental	IP 66 compliant
Onsite processor	

Beam angle	10° or Better
Temperature Range	-5° C to 60° C
Voltage Input	12 - 40 VDC or 24 VAC
Environmental	IP 66 compliant
Onsite processor	
Construction	Enclosure with fan less design
IP Rating:	IP66 compliant
LAN port	3 x 10/100 Ethernet or more
Internal Storage	The system should have capacity to locally store min than 500,000 vehicle number plate data
Operating System	Linux / Windows
Certifications	The System should be certified by some government body (from country of origin/ministry of traffic) and authenticated by Indian consulate in that country.
	The System should already been installed for last 5 years and is permitted to issue fines.
Speed measurement Accuracy	Up to 100 km/hr (3 % variation) and 100 to 180 km/hr (3% variation only).
Speed violation system (SV System) - Type 1 & Type 2	
The System should support Delhi police network Backbone for data transmission	
The system should be designed to detect both reflective and non-reflective types of licence plates.	
The system shall provide a disaster recovering mechanism including automatic restart function after system failure.	
The System should support speed measurement unit - Km/Hr.	

Construction	Enclosure with fan less design
IP Rating:	IP66 compliant
LAN port	3 x 10/100 Ethernet or more
Internal Storage	The system should have capacity to locally store min than 500,000 vehicle number plate data
Operating System	Linux / Windows
Certifications	The System should be certified by some government body (from country of origin/ministry of traffic) and authenticated by Indian consulate in that country.
	The System should already been installed for last 5 years and is permitted to issue fines.
Speed measurement Accuracy for Spot and Average speed measurement	Up to 100 km/hr (3 % variation) and 100 to 180 km/hr (3 % variation only).

Redlight/ Stop Line and speed violation system (RSL - SV System)	
Red Light / Speed line and speed violation system works on state of the art advanced video based technology to detect & capture images of vehicles along with license plate details that violate the set traffic rules. It also helps traffic authorities to accurately implement photo enforcement on red light violating vehicles to monitor & guide the traffic effectively.	
Red light/ Stop Line and speed violations shall be automatically detected by the camera setup.	
System shall used appropriate sensor technology (shall use a magnetic probe or virtual loop or Physical Loop to trigger the camera when traffic light indicates Red Signal).	
System shall be removable to be deployed at different sites of camera enclosures. These enclosures (dummy enclosures) shall have all functionality to support the	

그림 179 인도 델리 RFP분석

(가) 구조물 :

제한 없음

(나) 카메라 해상도

Minimum 1 MP for Lane cameras and Min 3 MP for context cameras

(다) ANPR 성능

검지율 80%

인식률 : 70%

(라) 속도측정방식

제한 없음(magnetic probe or virtual loop or Physical Loo)

그러나 별도의 비용 없이 주기적으로 장비의 이동이 가능해야 함 => 비접촉식 센서

(마) 속도정확도

100km/이하에서 +/13km/h이하 , 100km/h 이상에서 +/-3% 이하 오차허용

(바) 특징

문자체계의 특성상 인식률 요구사항이 매우 낮음

반사번호판/비반사번호판 동시 단속 요구

단속영상은 3장의 연속된 이미지와 동영상(10 FPS) 제공

나. 레이더 속도측정기 형식승인 및 검교정 방법 조사

(1) Type approval of speedometers in Czech (체코)

(가) Metrological tests (OIML R91, WELMEC, Czech law, Ordinances):

Laboratory tests (incl. SW)	Radar antenna radiation pattern, microwave frequency stability, power limitation	 
Field tests (MPE)	500 measurements shall be made, of which none shall give a positive error larger than + 3 km/h (or + 3 % at speeds above 100 km/h). All errors of indication shall be less than ± 1 km/h, or ± 1 % at speeds above 100 km/h	

(나) Environmental tests (OIML D11, ISO)

-Vibration,

-Climatic tests: e.g Dry static heat, Static Cold, Damp heat static, Damp cyclic, Impacting water, Dust

Vibration	
Temperature, humidity	

(다) EMC tests (OIML D11, ISO)

- Electromagnetic and magnetic fields,
- Burst, Surge, Injection, discharge,

Electrostatic Discharge	
Automotive Transient	

(라) Periodical verification of speedometers in laboratory

① 시뮬레이터 장비(Radar Simulator Ramet VFM) 구성

Block Diagram	
3 different modulators (24,125GHz, 34.0GHz and 34.3GHz)	
Laser point aiming tool and it's mounting onto the modulator	
RADAR simulator Ramet VFM	

② 시뮬레이터 장비(Radar Simulator Ramet VFM) 활용

RADAR simulator Ramet VFM	
Recording of the real Doppler signals from moving vehicles	
Solution For Fixed Radar Speed Cameras	
For Vehicle-Built-In Radar Speed Cameras	

(마) Periodical verification of speedometers in Field

표준속도측정기는 CAN버스를 통해 차량과 연결되어 있으며, GPS 속도측정기 SAT-1 에 의해 보정된다. GPS 보정을 통해서 타이어의 압력에 따른 보정은 필요치 않다.

Test Vehicle CMI with standard speedometer	
standard speedometer CMI (5km/h - 250km/h, Uncertainty 0.2km/h)	
GPS speedometer SAT-1	

다. 해외형 제품 개발 목표사양

제품 디자인

- Side-Pole Design
- One-Camera, Multilane 단속
- 속도정확도 : Speed Accuracy : $\pm 3\text{km/h}$ $< 100\text{km/h}$, $\pm 3\%$ $> 100\text{km/h}$
- 인식률 : LPR Rate : 95%, Error rate : $< 0.5\%$ (인식률은 국가별로 문자체계가 달라 확정하기 어려움. (EU번호판 기준))
- 통신 : 보안프로토콜
- GPS 내장
- EMC 인증 : EMC EN 55022 and EN 61000
- 방수방진 인증 : IP65 (EN 60529)
- 방폭인증 : IK10 (EN 62263)
- 보안 : Encrypted((AES) and watermarked

제7장 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
	해당 없음	해당
결정 사유	레이더 및 영상처리의 상용화, 응용기술로서 원천기술에 해당하는 과제 아님 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제47조의 4(보안등급 분류기준) 가. 세계 초일류 기술제품의 개발과 관련되는 연구개발과제 => 해당 없음 나. 외국에서 기술이전을 거부하여 국산화를 추진 중인 기술 또는 미래핵심 기술로서 보호의 필요성이 인정되는 연구개발과제 => 해당 없음 다. 「산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 법률」 제2조제2호의 국가핵심 기술과 관련된 연구개발과제 => 해당 없음 라. 「대외무역법」 제19조제1항 및 같은 법 시행령 제32조의2에 따른 수 출허가 등의 제한이 필요한 기술과 관련된 연구개발과제 => 해당 없 음 마. 그 밖에 장관이 보안과제로 분류되어야 할 사유가 있다고 인정하는 과제 => 해당 없음	

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

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적

○ 기술적 위험요소 분석

- 납중독

대한산업안전협회의 납 중독에 대한 안전대책에서 납땜 작업은 중등도 납 노출의 가능성이 있는 작업(moderate risk operation)으로 분류. 납은 체내에 축적되어 오랜 시간이 지난 후 그 독성이 나타나므로 발병하였을 때에는 치명적이다. 납중독에 걸리면 뇌와 신경계통에 지장을 초래하여 정신이상, 신체마비, 빈혈, 구토가 일어나는 증상을 보임

○ 안전관리대책

- 납 분진이나 증기, 흠 등의 발생을 억제하거나 확산을 방지하기 위해서 발생원에서 바로 작업장 밖으로 배출 시킬 수 있도록 국소배기 장치를 설치함



- 장갑과 마스크 등 보호 장구를 착용하고 작업 후에는 반드시 손씻기 교육 실시
- 안전관리지침 부착



제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역 할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향 력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/ 인용 횟수 등)
1	논문	Speed enforcement systems based on vision and radar fusion: an implementation and evaluation	한국건설기술연구원	주저자	Journal of emerging trends in computing and information sciences		2016.02	단독	비SCI
2	논문	Evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition using vision-radar sensor systems	한국건설기술연구원	주저자	Journal of emerging trends in computing and information sciences		2016.02	단독	비SCI
3	논문	Non-intrusive Traffic Speed Enforcement Systems Based on Video and Radar	한국건설기술연구원	주저자	International Conference on Computer and Automation Engineering		2017.02	단독	비SCI
4	특허	레이더 및 영상 융합 차량 단속 시스템	건아정보기술	출원인	PCT 국제출원중				
5	특허	다차선 차량 속도 측정 시스템	건아정보기술	출원인	대한민국 출원중				

제11장 기타 사항

1. ANPR-RADAR Onebody 시제품(해외형/반사번호판형)

가. CAD설계

- 제품변경에 대응하기 위한 모듈구조
- 다차로 단속을 위한 모듈별 독립 힌지 구조
- 해외전자제품인증을 위한 DC전원구조
- 저전력(주간 40W미만), 경량화(7.5Kg이하)

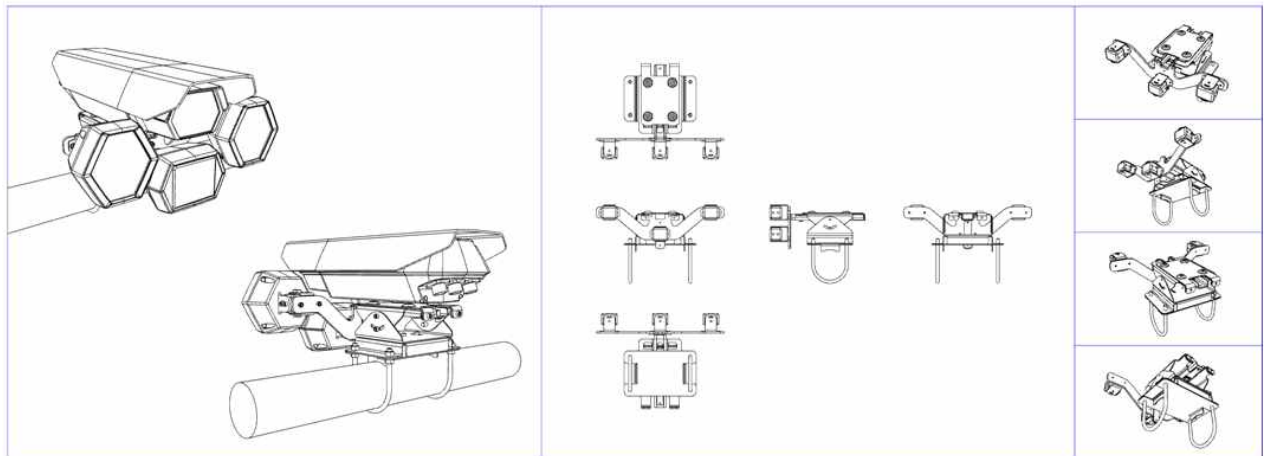
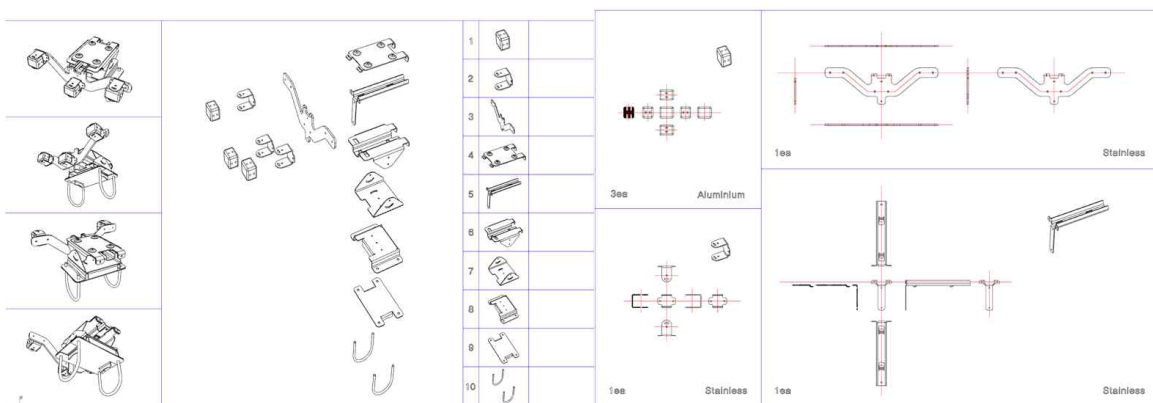
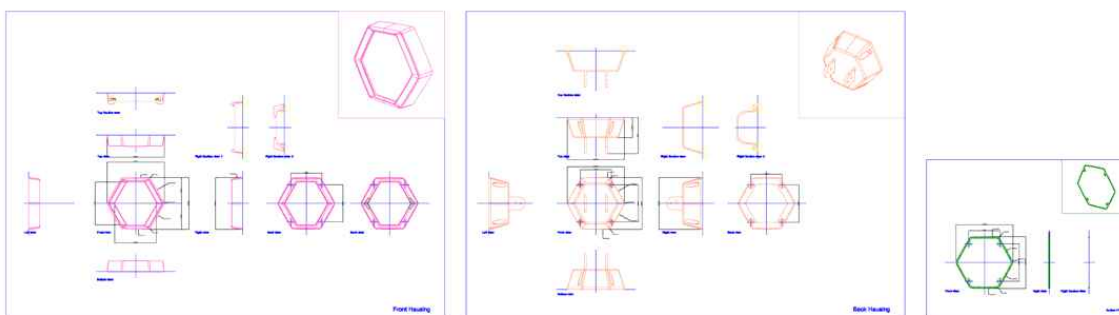
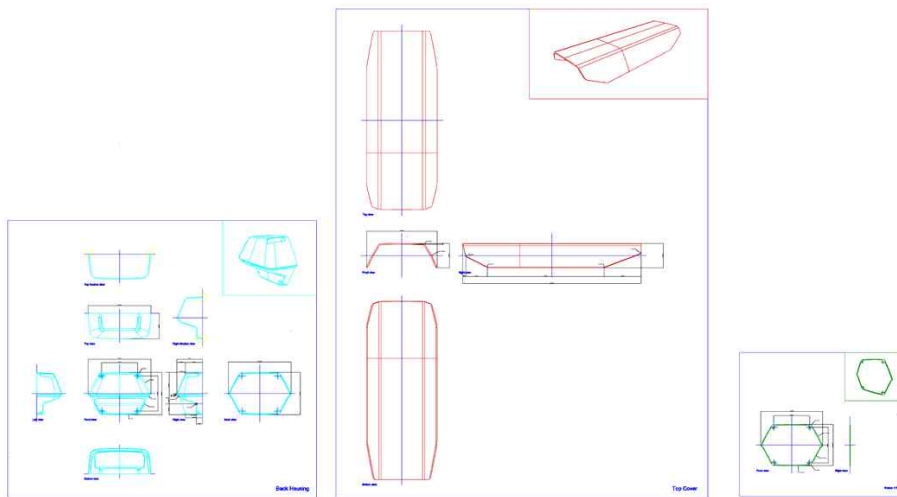
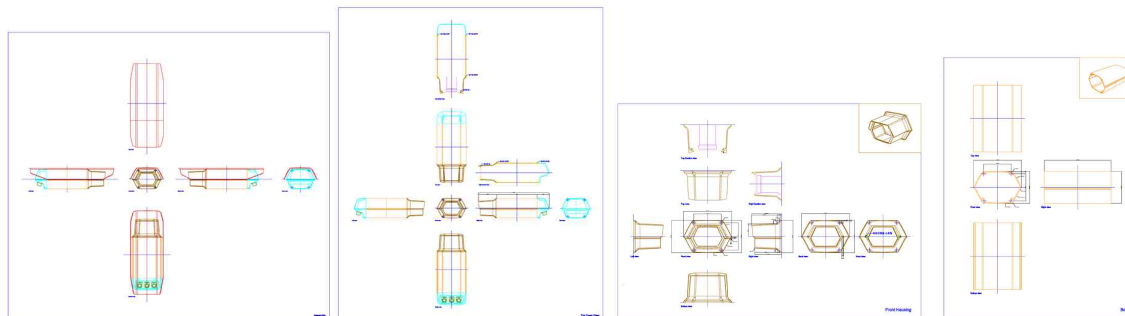
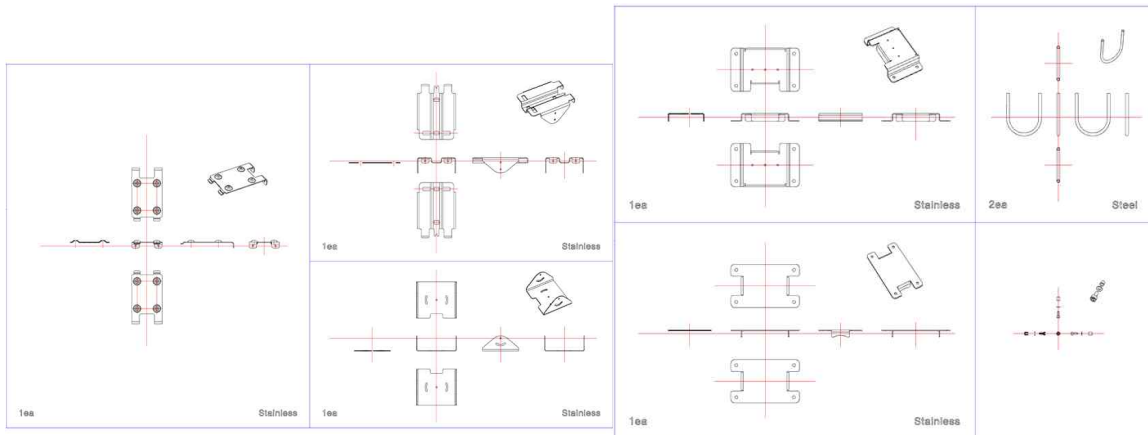


그림 180 시제품1 CAD설계





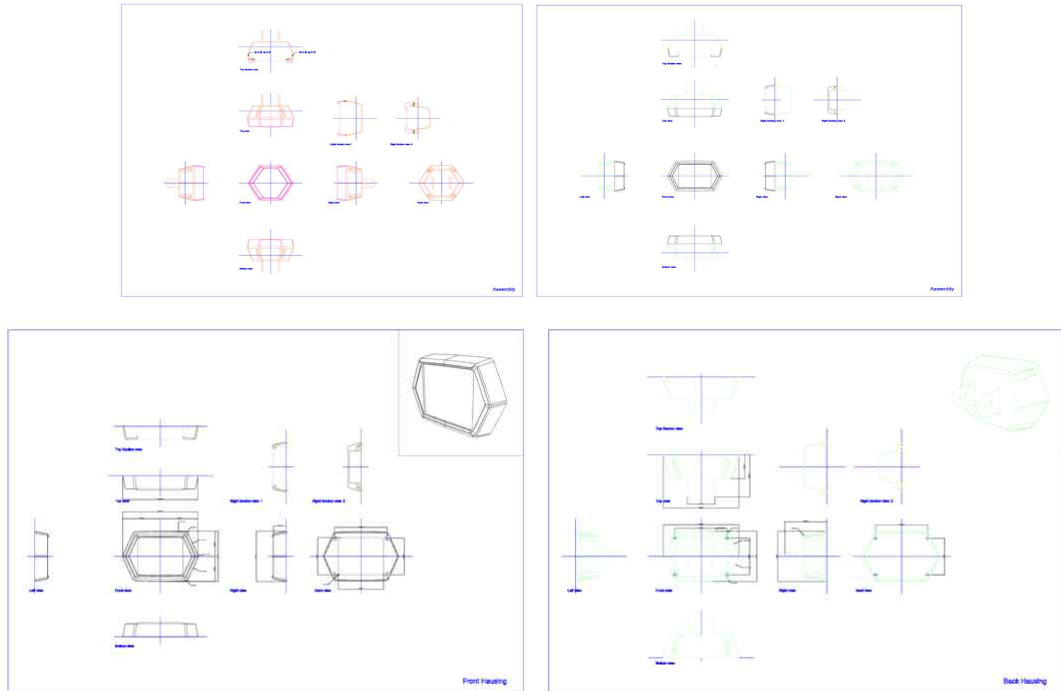


그림 181 CAD 설계

나. 제작 및 설치



그림 182 시제품1 제작 및 설치

다. 디자인 출원

디자인등록증

CERTIFICATE OF DESIGN REGISTRATION



등록

Registration Number

제 30-0903616 호

출원번호

Application Number

제 30-2016-0055865 호

출원일

Filing Date

2016년 11월 21일

등록일

Registration Date

2017년 04월 14일

등록의 구분

Type of Registration

심사등록

(EXAMINED REGISTRATION)

물품류 Class

제16류

디자인의 대상이 되는 물품 Product

씨씨티브이(CCTV)용 카메라

디자인권자 Owner

건아정보기술 주식회사(110111-*****)

서울특별시 송파구 올림픽로 507 (풍납동)

장작자 Creator

등록사항반에 기재

위의 디자인은 「디자인보호법」에 따라 디자인등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Design Protection Act, a design has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual
Property Office

2017년 04월 14일

특허청장

COMMISSIONER

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

2. ANPR-RADAR Onebody 시제품(국내형/비반사번호판형)

가. CAD설계

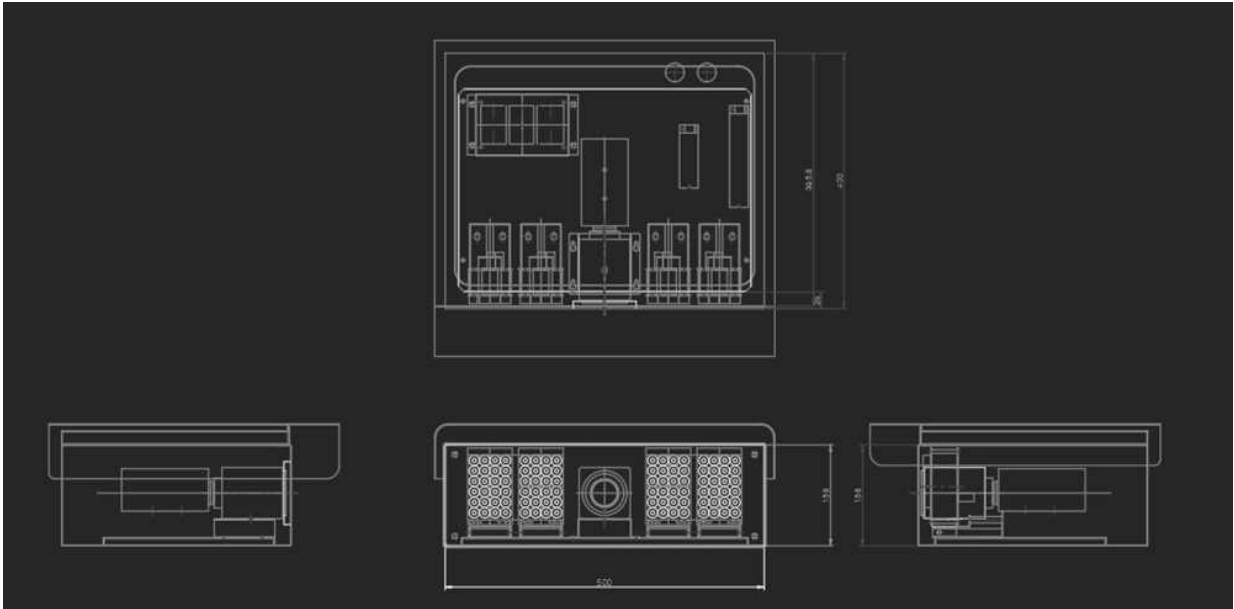


그림 183 시제품2 CAD설계

나. 제작 및 설치

국내는 비반사번호판을 사용하기 때문에, 해외형제품보다 LED조명이 2배 이상 필요하다. 또한 레이더 모듈의 변동과 제조사의 변동에 대응하기 위하여, 외부 착탈 구조를 택하여, 일체형의 장점을 유지하면서 필요에 따라, 외부에 설치할 수 있도록 설계하였음



그림 184 시제품2 제작 및 설치

다. 제품 설계 및 구성

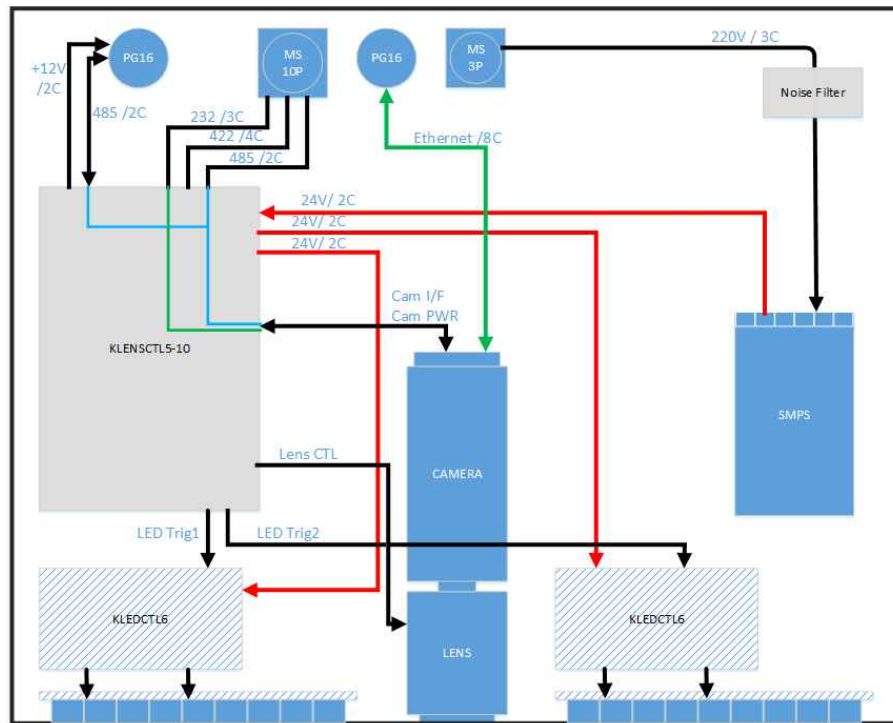


그림 185 시제품2 내부구성

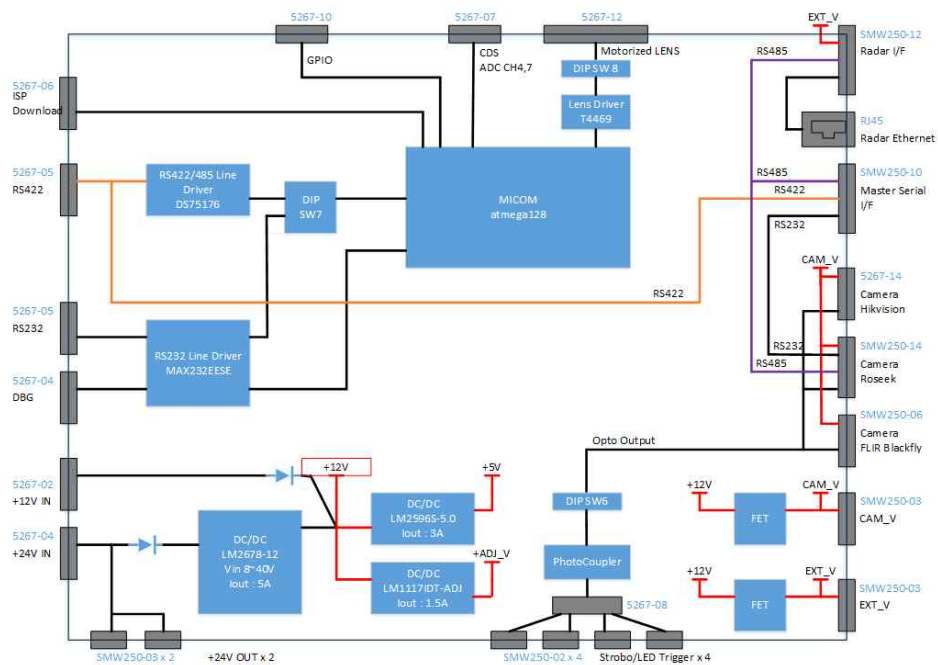


그림 186 시제품2 내부 회로구성

3. 연구개발의 유형적 성과

가. 특허출원실적

번호	출원일	출원번호	진행 상황	발명의 명칭	출원인
1	2016. 12.19	10-2016-0173720	진행중	레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템	건아정보기술
	2016. 12.28	국채출원번호 PCT/KR2016/015387	진행중	레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템	건아정보기술
2	2016. 12.19	10-2016-0173721	진행중	다차선 차량 속도 측정 시스템	건아정보기술
3	2017. 03.09	10-2017-0030048	진행중	동적객체에 대한 인식영역 추출시스템	건아정보기술
4	2016. 12.08	10-2016-0166952	진행중	레이더와 영상을 융합한 차량 속도 보 정 장치 및 방법	한국건설기술 연구원
5	2017. 02.08	10-2017-0017503	진행중	저속 교통통행 구간 등 빌리지 존의 차량속도 측정 방법과 구성	한국건설기술 연구원

(1) 특허증빙 : 레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템

출원번호통지서

출원일자 2016.12.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2016-0173720 (접수번호 1-1-2016-1244375-30)
출원인명칭 건아정보기술 주식회사(1-1998-000059-2)
대리인성명 특허법인태웅(9-2012-100102-8)
발명자성명 최광호 이상만 심광호 류승기 조영태
발명의명칭 레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

(2) 특허증빙 : 다차선 차량 속도 측정 시스템

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2016.12.19
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2016-0173721 (접수번호 1-1-2016-1244376-86)
출 원 인 명 칭 건아정보기술 주식회사(1-1998-000059-2)
대 리 인 성 명 특허법인태웅(9-2012-100102-8)
발 명 자 성 명 최광호 이상만 심광호 류승기 조영태
발 명 의 명 칭 다차선 차량 속도 측정 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

(3) 특허증빙 : 동적객체에 대한 인식영역 추출시스템

출원번호통지서

출원일자 2017.03.09
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2017-0030048 (접수번호 1-1-2017-0236261-13)
출원인명칭 건아정보기술 주식회사(1-1998-000059-2)
대리인성명 특허법인 태웅(9-2012-100102-8)
발명자성명 최광호 황인호 진승모 이상만 심광호
발명의명칭 동적객체에 대한 인식영역 추출시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

(4) 특허증빙 : 레이더와 영상을 융합한 차량 속도 보정 장치 및 방법

관 인 생 략

출원번호통지서

출원일자 2016.12.08
특기사항 심사청구(무) 공개신청(무)
출원번호 10-2016-0166952 (접수번호 1-1-2016-1205904-35)
출원인명칭 한국건설기술연구원(3-1998-007750-1)
대리인성명 특허법인 세원(9-2011-100121-1)
발명자성명 류승기 조영태
발명의명칭 레이더와 영상을 융합한 차량 속도 보정 장치 및 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자국고환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

(5) 특허중빙 : 저속 교통통행 구간 등 빌리지 존의 차량속도 측정 방법과 구성

관 인 생 략

출원번호통지서

출원일자 2017.02.08
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2017-0017503 (접수번호 1-1-2017-0131432-39)
출원인명칭 한국건설기술연구원(3-1998-007750-1)
대리인성명 특허법인 세원(9-2011-100121-1)
발명자성명 류승기 조영태
발명의명칭 저속 통행 구간의 차량 속도 측정 장치 및 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경장), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

나. 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	Speed enforcement systems based on vision and radar fusion: an implementation and evaluation	Journal of emerging trends in computing and information sciences	류승기	Vol. 7	Canada	CIS Journal	비SCI	2016.02	ISSN 2079-8407
2	Evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition using vision-radar sensor systems	Journal of emerging trends in computing and information sciences	류승기	Vol. 7	Canada	CIS Journal	비SCI	2016.02	ISSN 2079-8407
3	Methodologies of Radar and Video Fusion for Speed Enforcement Systems	International Journal of Engineering and Technology	류승기			IJET Journal	비SCI		ISSN 1793-8236
4	Non-intrusive Traffic Speed Enforcement Systems Based on Video and Radar	International Conference on Computer and Automation Engineering	류승기		Australia	ICCAE	비SCI	2017.02	-

Evaluation Methods for Vehicle Speed Detection and License Plate Recognition Using Vision-Radar Sensor Systems

¹Seungki Ryu*, ²Youngtae Jo, ³Yeohwan Yoon, ⁴Gwanho Choi, ⁵Sangman Lee

¹Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

²Senior Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

³Senior Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

⁴Senior Engineer, KEON-A Information Technology, Korea

⁵Chief Research Director, KEON-A Information Technology, Korea

¹srkyu@kict.re.kr, ²yjoee@kict.re.kr, ³yhoon@kict.re.kr, ⁴gchoi@keona.co.kr, ⁵slee@keona.co.kr

ABSTRACT

In this paper, we introduce evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition using vision-radar conversion systems. The vision-radar sensor systems can be applied to automatic speed enforcement systems and traffic information surveillance systems. Thus, the accuracy of speed detection and license plate recognition is important for evaluation metrics. In this study, two different data are individually collected by vision cameras and radar sensors respectively, which are converted into speed data by our conversion algorithm. We propose new evaluation methods for vehicle speed detection and license plate recognition by comparing the speed data of vision-radar sensors with reference speed data. Two different evaluation methods have been used for automatic speed enforcement systems and intelligent transportation systems. The proposed methods have different evaluation methodologies in installing equipment, producing reference data, analyzing data, and collecting data. We expect that the proposed evaluation methods will be suitable for other similar systems.

Keywords: *Vision-radar sensor, speed enforcement system, evaluation method, speed detection accuracy, license plate recognition accuracy*

1. INTRODUCTION

The one primary goal of road safety policies in developed countries is to eliminate mortality. Thus, many governments have employed automatic speed enforcement systems on roads. In particular, the Korea government will install over 10,000 speed enforcement systems until 2017. Generally, an inductive loop detector is used for a speed enforcement system, which provides accurate and reliable speed detection. However, traffic congestion can occur during the detector installation in the road pavement. Moreover, a loop detector cannot be embedded over any bridges owing to the metal structure and thin covering pavement. For instance, an inductive loop needs at least 300mm of space to any ferrous metal object and at least 100mm of covering pavement.

In August 2014, anti-corruption and civil rights commission (ACRC) in Korea encouraged Busan city to install automatic speed enforcement systems on Gwangan Bridge in order to reduce roadway noises from illegal street racing. However, Busan city announced that automatic speed enforcement systems cannot be installed on Gwangan Bridge because a valid technology was not developed.

Many sensors were tested in order to replace the inductive loop detectors to non-intrusive detectors such as laser-based detectors and radar-based detectors. The two detectors provide easy installation and accurate speed detection. However, they also have some disadvantages.

The laser-based speed detector has limited detection area if it is installed on the side of a road. The vehicles moving on the inside lane will not be detected if another vehicle is moving on the outside lane at the same

time. The radar-based speed detector is interrupted by weather conditions such as fog, rain, and snow. Moreover, if it is installed on a bridge, reliable data collection will not be satisfied owing to the bridge vibration. The two speed detectors cannot be applied to a bridge because of the limitations mentioned earlier.

In this paper, we introduce a novel non-intrusive speed detector that uses a vision camera and a radar sensor. Moreover, we propose new evaluation methods for the proposed system for providing more reliable speed detection on multiple lanes. The vision camera and radar sensor produce speed data individually, and then final speed data is calculated by combining the two speed data.

The speed data of the two devices have their own error rate and limitation. The speed detection accuracy of a vision camera is declined by weather conditions. On the other hand, a radar sensor produces constant speed data regardless of the weather conditions. However, the accuracy of a radar sensor is dropped by signal reflection and dispersion on multiple lanes.

This paper introduces the concept of data conversion methods collected from a vision camera and a radar sensor. In addition, analysis results and discussion are presented in order to explain the prospects of our systems.

The remainder of this paper is organized as follows. In the next section, we review the existing evaluation methods. In Section 3, we describe our proposed evaluation methods. Finally, our conclusions and ideas for future work regarding this study are provided in Section 4.

2. RELATED WORK

2.1 Evaluation Methods for License Plate Recognition Systems

In Korea, standard evaluation metrics for vehicle speed detection are described in the evaluation criteria of intelligent transportation system (ITS) which is published by Ministry of Land Infrastructure and Transport (MOLIT). The criteria are to maintain the performance quality of devices, systems, and services in ITSs. In addition, methods and procedures for a reliable evaluation are presented for ITS devices [1].

The device evaluation of ITS can be classified into 4 different types of evaluations; essential, completion, regular, and relocation evaluation. In the essential evaluation, the performance of ITS devices is compared with reference devices, where the evaluation is performed once before the installation of devices. The completion evaluation is performed after the installation of devices in order to maintain the device performance quality. Repairing and correcting of devices are performed at the regular evaluation to restore device aging and performance drops. In the relocation evaluation, calibration and correction of devices are performed based on the relocated road environment.

The performance evaluation for ITS devices can be divided into 4 steps as mentioned earlier. In this study, we will analyze the accuracy of speed detection and license plate recognition. The criteria of national police agency describe the detailed evaluation metrics such as speed detection accuracy, license plate recognition rate, and vehicle detection rate.

In this study, we analyze the difference between the criteria of national police agency and ITS, where we will produce improved evaluation methods that can supplement each other. Table 1 elaborates the performance criteria for automatic vehicle identification (AVI) systems.

Table 1: Performance criteria for AVI systems

Evaluation items		Accuracy (%)	
		After December 2010	Before September 2010
Levels	Highest	≥ 95	≥ 90
	High	$95 > \geq 85$	$90 > \geq 80$
	Middle	$85 > \geq 80$	$80 > \geq 70$
	Low	< 80	< 70

The accuracy of license plate recognition and the number of passed vehicles should be collected at every analyzing interval when we evaluate target devices. In order to validate the objectivity of performance evaluation, various data should be collected from different experiment environments where continuous video data is necessary for verifying the experiment.

The accuracy of license plate recognition can be generated by comparing the detected results with the results of manual recognition. For calculating the accuracy of license plate recognition, essential evaluation is applied on weekdays with 4 different times; for instance, sunrise (15 minutes before and after sunrise), daytime (from 30 minutes after sunrise to 30 minutes before sunset), sunset (15 minutes before and after sunset), and nighttime (from 30 minutes after sunset to 30 minutes before sunrise). The evaluation is performed for at least 3 days (more than 100 vehicles) with 30 minutes analyzing interval. On the other hand, the three other evaluations are performed on weekdays with two different times; for instance, daytime (from 30 minutes after sunrise to 30 minutes before sunset) and night time (from 30 minutes after sunset to 30 minutes before sunrise). The evaluation is performed for 1 hour (more than 200 vehicles), and its analyzing interval is 1 hour.

In the regular evaluation, all AVI devices that are more than 2 years old are evaluated during the daytime. Moreover, the 50% of all devices are evaluated by rotation every a year. If we perform the regular evaluation at nighttime, the 20% of devices are randomly selected. The number of devices for evaluation at nighttime can be calculated as follows:

$$S_n = N_d \times 0.2 \quad (1)$$

Where S_n is the number of devices for nighttime evaluation, N_d is the number of all devices in case of completion evaluation and relocation evaluation. N_d can be the number of selected devices for a current year.

Threatening location should be avoided during a performance evaluation. The items of evaluation include vehicle detection time, lane number, license plate number, and video data.

As mentioned earlier, evaluation during the daytime is performed from 30 minutes after sunrise to 30 minutes before sunset, and evaluation at nighttime is performed from 30 minutes after sunset to 30 minutes before sunrise. Both evaluations in daytime and at nighttime should be processed for 1 hour with at least 200 vehicles. However, we can complete the evaluation if more than 500 vehicles are passed for 30 minutes. If the number of passed vehicles is less than 200, we can extend the evaluation period to more than 1 hour. However, the extended period can be over 1 hour. All vehicles passed on multiple lanes should be included.

2.2 Evaluation Methods for Speed Enforcement Systems

In Korea, speed enforcement systems are installed based on Road Traffic Act Article 2, and the functions and standards are described on the standard specification of national police agency [2]. The performance criteria of automatic speed enforcement systems are the detection rate of violation vehicles, the error rate of license plate recognition, the error rate of

vehicle speed detection, and speed enforcement error rate. The detection rate of violation vehicles can be calculated as shown in Equation (2), and it should be over 80%.

$$\frac{\text{the number of detected violation vehicles}}{\text{the number of violation vehicles}} \times 100 \quad (2)$$

The error rate of license plate recognition can be calculated as shown in Equation (3), and it should be less than 2%.

$$\frac{\text{the number of wrongly recognized vehicles}}{\text{total number of recognized vehicles}} \times 100 \quad (3)$$

The error rate of vehicle speed detection can be calculated as shown in Equation (4), and it should be less than $\pm 5\%$.

$$\frac{\text{measured speed} - \text{reference speed}}{\text{reference speed}} \times 100 \quad (4)$$

The speed enforcement error rate can be calculated as shown in Equation (5), and it should be less than 2%.

$$\frac{\text{the number of wrongly detected vehicles}}{\text{total number of detected vehicles}} \times 100 \quad (5)$$

In the license plate recognition systems, the recognition accuracy and error rate should be over 80% and less than 2% respectively. The all characters and numbers in the license plate should be recognized.

Moreover, current license plates, general plates, and specially-equipped vehicle license plates are should be classified. The minimum width of lanes is 3.2m. The license plate recognition accuracy should be calculated using the images that are clean enough from annual recognition. The other abnormal plates should be removed such as diplomat official vehicle plates, military official vehicle plates, and temporary plates, damaged plates, and covered plates. Table 2 shows evaluation metrics and methods for speed enforcement systems.

Table 2: Evaluation metrics for speed enforcement systems

Error rate of speed detection	$\text{error rate (\%)} = \frac{\text{measured speed} - \text{reference speed}}{\text{reference speed}} \times 100$ $\text{speed error (km/h)} = \text{measured speed} - \text{reference speed}$ $\text{average speed error (km/h)} = \sum \frac{ \text{measured speed} - \text{reference speed} }{\text{the number of vehicles}}$ $\text{measured speed (km/h)} = \text{collected speed from speed detectors}$ $\text{reference speed (km/h)} = \text{collected speed from reference detectors}$
Error rate of license plate recognition	$\text{error rate (\%)} = \frac{\text{the number of wrongly recognized vehicles}}{\text{the number of all recognized vehicles}} \times 100$
Resolution	$\text{resolution (\%)} = \frac{\text{the number of manually recognizable vehicles}}{\text{the number of all recognized vehicles}} \times 100$

2.3 Existing Studies

The performance evaluation methods for speed detection and license plate recognition have been studied in various environments. The most important evaluation metrics are license plate recognition accuracy and speed error rate. Ryu and Byun [3] proposed the methods of collecting reference data for developing evaluation methods of non-intrusive vehicle detectors. The authors provided flow, speed, and occupancy for evaluation metrics where possible error rate was $\pm 5\%$. Lim and Ryu [4] introduced the evaluation methods for the devices on national highway. In study [5] and [6], the authors proposed over-weighted vehicle detection systems that consist of license plate recognition systems, speed detection systems, and weight measurement systems. New methods for improving existing ITS evaluation methods

were proposed by Han and Ryu [7]. In study [8], a replacement interval was suggested because the life span is changed by installing environments and operating conditions. Various evaluation methods were performed for speed detectors. However, certain number of limitations was found. Jang and Choi [9] provided limitations and improvement for the evaluation of speed detection. The authors showed the methods of producing an uncertainty of reference data and confidence intervals of analyzing period.

3. PROPOSED EVALUATION METHODS

3.1 The Definitions of Evaluation Requirements

Standard evaluation criteria have not been defined for vision-radar sensor systems. Thus, in this study, we suggest specific requirements. First, we suggest evaluation metrics such as sampling rate, speed detection accuracy, the number of detected vehicles, and detected speed of vision-radar sensors. The sampling rate of a radar sensor and a vision camera is produced by operating software, and the interval should be less than 100msec.

For ITS devices, we use mean absolute percentage error (MAPE) for evaluating speed detection accuracy during the analysis interval. However, for speed enforcement systems, the analysis interval is not determined, and individual speed data is used. The number of detected vehicles is generated by counting vehicles in video data and in recognized vehicles. In case of vision-radar systems, the speed detection accuracy is calculated by counting the amount of data per second, and then it is compared with reference data. The evaluation period and data analysis interval should be determined.

Typically, the speed enforcement systems and intrusive speed detectors are used to produce reference speed data. However, these sensors have certain error rate as well. Thus, it is important to reduce the uncertainty of the reference data.

The accuracy of license plate recognition is calculated by comparing manual detection results with automatically recognized results where video data is used together for verifying the results. The number of wrongly detected vehicles is calculated by video analysis. Next, the evaluation of license plate recognition is performed.

Exceptional vehicles are manually removed to supplement sample data.

3.2 Evaluation Procedure

The sampling rate is individually produced for a vision camera and a radar sensor. The average speed of the same vehicles that have the same ID number is used in the operating software. On the other hand, it is produced by dividing the sum of sampling intervals by the number of samples.

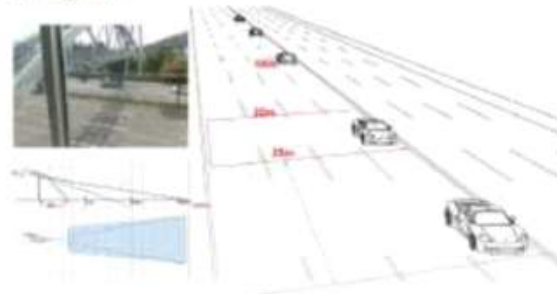


Figure 1: Evaluation regions

In this study, we need to evaluate the accuracy of speed detection and license plate recognition for speed enforcement systems. We think that the AVI evaluation methods are appropriate for evaluating the accuracy of license plate recognition that can be calculated by comparing the number of recognized vehicles with the number of passed vehicles. As mentioned earlier, abnormal vehicles are removed as well.

The accuracy of license plate recognition is calculated as follows:

Table 3: Proposed evaluation methods

	Evaluation criteria		
	ITS	National Police Agency	Proposed
Accuracy of speed detection (%)	$MAPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{ Y_i - X_i }{Y_i}}{n}$ $Y_i = \text{reference data}$ $X_i = \text{measured data}$ $n = \text{the number of samples}$ * vehicle speed: average speed during the analysis interval * analysis interval: 1 minute	$\text{Speed error rate} = \frac{\text{measured speed} - \text{reference speed}}{\text{reference speed}}$ * Less than $\pm 3\%$ * Collected speed difference between target devices and reference devices (only for the vehicles that have run over speed limit).	$\text{Speed accuracy} = \frac{\text{measured speed} - \text{reference speed}}{\text{reference speed}}$ * Uncertainty included
Accuracy of license plate recognition (%)	$\text{Accuracy} = 100\% - PE$ $PE = \frac{E}{Y} \times 100$ $E: \text{the number of wrongly detected vehicles}$ $Y: \text{passed vehicles during the analysis interval (60 minutes)}$	$\text{Detecting entire number plate region}$ * accuracy $\geq 80\%$ * error rate $< 2\%$	$\text{Accuracy} = 100\% - PE$ $PE = \frac{E}{Y} \times 100$ $E: \text{the number of wrongly detected vehicles}$ $Y: \text{passed vehicles during analysis interval (60 minutes)}$ * accuracy $\geq 80\%$ * error rate $< 2\%$
Confidence intervals for data collection	Data collection for 3 days on weekdays - sunrise(15 minutes before and after sunrise) - daytime(from 30 minutes after sunrise to 30 minutes before sunset)	None	Data collection for 3 days on weekdays - sunrise(15 minutes before and after sunrise) - daytime(from 30 minutes after sunrise to 30 minutes before sunset) - sunset(15 minutes before and after sunset) - nighttime(from 30 minutes after sunset to

- sunset(15 minutes before and after sunset) - nighttime(from 30 minutes after sunset to 30 minutes before sunrise) * 30 minutes of analysis interval (at least 100 vehicles)	30 minutes before sunrise)
---	----------------------------

$$\text{license plate recognition accuracy} = 100\% - \frac{E}{Y} \times 100 \quad (6)$$

Where E is the number of wrongly detected vehicles, and Y is passed vehicles during the analysis interval. We use 60 minutes for the analysis interval.

3.3 The Methods of Producing Reference Data and Installation Requirements

First, we need to determine the installation requirements for vision cameras, radar sensors, and lighting devices. In case of the vision camera, installation height, camera angle, resolution should be determined, and detection range, horizontal angle, and vertical angle need to be determined. The measured distance should be matched to real distance correctly. Speed data can be calculated by counting pixels and mapping the radar coordinate information to vision information.

The evaluation area is from 25m to 30m as shown in Figure 1. The camera records 4 lanes at the same time. The camera angle is from 15 degree to 20 degree. Image distortion occurs at the image border. Thus, it should be revised.

We install reference devices on different location according to the evaluation metrics such as the accuracy of license plate recognition and speed detection. The target devices and reference devices are installed on the same location for generating the accuracy of license plate recognition, and more than 2 cameras are employed in order to record 4 lanes at the same time. First camera is positioned at the same location with the target devices, and the other camera is positioned near the reference devices. We use an inductive loop sensors and dual laser sensors for producing reference data.

Reference data is collected for 3 days on weekdays with 4 difference times such as sunrise, sunset, daytime, and nighttime. The analysis interval is 30 minutes. If enough sample data is not collected, the analysis interval is extended according to the previously defined.

3.4 Analysis Methods for Vehicle Speed Detection and License Plate Recognition

We compare measured speed data with reference data that collected from inductive loop sensors and laser sensors. After correcting the measured speed data based on the reference data, we produce accurate reference data. The reference sensor devices provide accurate speed data.

However, it is obvious that the two sensors still have uncertainty. Thus, we should consider the

uncertainty. When we evaluate detected vehicle speed, the uncertainty should be included. The uncertainty of measurement is the variance of measured data. Typically, error is the difference between measured data and reference data.

The speed data from vision-radar sensor is compared with reference speed data where reliability of data collection interval should be considered. Speed evaluation need to be performed for entire evaluation period. However, it is difficult in reality. Thus, we use the standard interval described in the evaluation guides of ITS and national police agency. Table 3 elaborates the proposed evaluation methods.

4. CONCLUSION

In this paper, we proposed new evaluation methods for the accuracy of speed detection and license plate recognition of vision-radar sensor systems. We referenced the evaluation metrics of ITS and national police agency. We found some differences between the two evaluation metrics. In case of speed detection accuracy, an average speed data was used in the ITS evaluation metrics. On the other hand, an individual speed data was used in the evaluation metrics of the national police agency. Moreover, there were different data collection intervals where data is collected for 3 days with 1 hour analysis interval in the ITS evaluation metrics but the national police agency does not provide the two metrics.

In the license plate recognition, both metrics have similar evaluation methods. Only data collection interval was different, for instance, ITS evaluation metrics require sunrise, daytime, sunset, and nighttime evaluation for 3 days on weekdays. However, the national police agency does not require them. On the basis of our analysis, we suggested our own evaluation methods for the accuracy of speed detection and license plate recognition by analyzing the methods of producing reference data and analyzing measured data.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by KAIA grant funded by the Korea government(MOLIT) and development of hybrid traffic surveillance system using radar and ANPR camera in multi-lane, 2015(010401).

REFERENCES

- [1] Ministry of Land Infrastructure and Transport, ITS Evaluation metrics and criteria in vehicle road transportation, 2015-740, Dec 2015.

<http://www.cisjournal.org>

- [2] National Police Agency, Police standard specifications, traffic enforcement systems (police-6310-9800001-sa), March 2012.
- [3] S. K.Ryu, S. C. Byun, Evaluation of Vehicle Image Detector, ITS Conference in Korea, 2003
- [4] S. H. Lim, S. K. Ryu, Study on maintenance, Transportation Technology and Policy, Vol. 5, No. 2, 2008.
- [5] Seungki Ryu, Study on the Automatic Supervision System of Overloading vehicle, In Proceedings of Conference on Korean Institute of Electrical Engineers, 1052, 2008
- [6] S. K.Ryu, S. C. Byun, An effective control scheme overload truck with image recognition system, UCT 2008 WORKSHOP AND CONFERENCE, 128, 2008
- [7] G. H. Han, S. K.Ryu, H. S. Kim, J. Y. Lee, The status and improvement of performance evaluation for ITS devices, 412, ITS conference, 2009
- [8] H. S. Kim, S.K. Ryu, J.Y. Lee, K.H. Han, Estimating a lifetime of ITS devices based on a dearth of failure records, TRB 10-3458, 2008
- [9] J. H. Jang, D. W. Choi, Individual Vehicle Level Detector Evaluation with Application of Traceability and Confidence Interval Concepts, Journal of ITS, vol.13 No.5, 2014.

AUTHOR PROFILES

Seungki Ryu is a research fellow at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation systems, information technology, ubiquitous city, construction IT convergence and logistics.

Youngtae Jo is a senior researcher at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation system, embedded system, wireless sensor networks, and robotics.

Yeohwan Yoon is a senior research fellow Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation system, road geometry, construction, and traffic survey.

Kwanho Choi is a senior engineer at Keon-A Information Technology Co., LTD in Korea. His research interest covers traffic safety, security, management, and CCTV.

Sangnan Lee is a chief research director at Keon-A Information Technology Co., LTD in Korea. His research interest covers traffic safety, security, management, and CCTV.

Speed Enforcement Systems Based on Vision and Radar Fusion: An Implementation and Evaluation

¹Seungki Ryu*, ²Youngtae Jo, ³Yeohwan Yoon, ⁴Sangman Lee, ⁵Gwanho Choi

¹Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

²Senior Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

³Senior Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

⁴Chief Research Director, KEON-A Information Technology, Korea

⁵Senior Engineer, KEON-A Information Technology, Korea

¹skryu@kict.re.kr, ²yioe@kict.re.kr, ³kicryyb@kict.re.kr, ⁴smlee@keona.co.kr, ⁵khchoi@keona.co.kr

ABSTRACT

In this paper, we introduce a new speed detector that produces accurate speed on the basis of the conversion of vision and radar data. We compare the speed data of inductive loop sensors with that of radars and cameras. Moreover, we propose methods of calculating accurate speed estimate and coordinates based on the conversion of radar data and vision data. A speed enforcement system should be developed according to the government traffic specifications. However, the specifications do not provide analysis intervals and data collection periods and comparisons of reference and measured data are only presented. Thus, we analyze the standard criteria and evaluation metrics. We propose the evaluation methods for the speed enforcement systems based on vision and radar fusion. Detailed analysis by comparing the data of inductive loop sensors, radars, and vision cameras is provided. The results confirm that the radar sensor shows better performance as a speed detector, and the performance can be improved with certain compensation value.

Keywords: *Vision-radar fusion, speed enforcement system, performance evaluation*

1. INTRODUCTION

Most traffic safety policies in the world aim to eliminate death rate on roads where a speed enforcement system has been employed to increase driver safety. In Korea, the government plans to install over 10,000 speed enforcement systems until 2017. Currently, an inductive loop sensor is widely used as a speed enforcement system because it provides high accuracy. However, traffic interrupts and pavement damages occur with the sensor installations. In addition, the loop sensor cannot be embedded over any bridges due to the metal structure and thin covering pavement. In 2014, the Korea government encouraged the transport agency of Busan city to install a speed enforcement system on Gwangan Bridge in order to decline the roadway noises generated from the illegal street racing. However, the national police agency in Busan city announced that a speed enforcement system cannot be equipped on the bridge because the valid technology for accurate speed detection has not been developed.

In order to replace the inductive loop sensor to a non-intrusive sensor, various sensors have been studied such as lasers, vision cameras and radars. The three sensors can measure vehicle speed on the side of roads.

However, they have limitations to detect vehicle speed. The laser sensors cannot detect the speed of vehicles that move on the inside lane if another vehicle exists on the outside lane at the same time. The radar sensors are too sensitive to weather conditions such as rain, snow, and fog. In addition, the vibrations of a bridge can influence on the performance of radar sensors. The vision cameras have the same problems with the two sensors.

In this study, we propose the methods to improve the accuracy of speed detection by vision and radar fusion, and suggest the strategies to measure vehicle speed from four different lanes at the same time. The two sensors have their own disadvantages for detecting vehicle speed. Thus, we need to individually correct the detected speed values. The vision camera can measure vehicle speed in wide range with plentiful traffic information, and the radar sensors provide vehicle tracking information and speed values regardless of weather conditions. However, the accuracy of vision camera is significantly reduced by inclement weather conditions. The radar sensor cannot guarantee the accuracy of speed on multiple lanes owing to the signal reflection and dispersion.

The detailed fusion procedure of vision and radar sensors is provided in this paper, and practical implementation process is described as well. The developed system and designed methods are evaluated by certain number of experiments.

The remainder of this paper is organized as follows. In the next section, we review the existing criteria for traffic enforcement systems. In Section 3, we describe our proposed methods for vision and radar fusion. In Section 4, experimental results are given. Finally, our conclusions and ideas for future work regarding this study are provided in Section 5.

2. RELATED WORK

2.1 Standard Criteria for Traffic Enforcement Systems

A speed enforcement system should be installed on roads according to the article 4 of road traffic law in Korea. The detailed specifications of devices are

described on the guidelines of national police agency [1]. A traffic enforcement system is classified into five different types; a static speed enforcement system, a mobile speed enforcement system, a point-to-point speed enforcement system, a traffic signal enforcement system, and an intersection enforcement system. In this study, we consider the static speed enforcement system that consists of a main camera, control systems, and sensor systems.

The evaluation criteria of automatic speed enforcement systems include enforcement rate, license plate recognition error rate, speed detection error rate, and speed enforcement error rate. The enforcement rate can be calculated as shown in Equation (1), and it should be greater than 80%.

$$\frac{v_v}{v_v + v_a} \times 100 \quad (1)$$

Where v_v is the number of violation vehicles, v_a is the number of abnormal vehicles, and v_e is the number of detected violation vehicles.

The license plate recognition error rate can be generated as shown in Equation (2), and it should be less than 2%.

$$\frac{p_e}{p_a} \times 100 \quad (2)$$

Where p_e is the number of wrongly detected vehicles and p_a is the number of all detected vehicles.

The speed detection error rate can be calculated as shown in Equation (3), and it should be less than 5%.

$$\frac{s_d - s_r}{s_r} \times 100 \quad (3)$$

Where s_d is the measured speed and s_r is the reference speed.

The speed enforcement error rate can be calculated as shown in Equation (4), and it should be less than 2%.

$$\frac{e_e}{e_d} \times 100 \quad (4)$$

Where e_d is the number of all detected vehicles and e_e is the number of wrongly detected vehicles.

Typically, the accuracy of speed enforcement systems is reduced, if two vehicles are too close to each other. The minimum distances between two vehicles are 7m and 14m for sedans and buses respectively. The available speed detection range should be from 0 km/h to 250 km/h, and the detection interval should be less than 10 msec. The license plate recognition accuracy should be greater than 80%, and error rate should be less than 2%.

All characters and numbers in a license plate should be recognized for all types of license plates such as

current license plates, general plates, and specially-equipped vehicle license plates. The minimum width of lanes to be detected is 3.2m. The abnormal license plates such as military official vehicle license plates, temporary plates, diplomat official vehicle license plates, and damaged license plates.

2.2 Existing Studies

The speed enforcement systems for multiple lanes have been studied in various research fields. Many systems have been demonstrated to the national police agency in Korea. However, all systems have not met the requirements of the criteria of the Korea national police agency. Few years ago, a mobile speed detector for multiple lanes was developed using a laser sensor, which does not include license plate recognition. Moreover, we previously developed a speed detector using a radar sensor, which provides vehicle tracking, individual vehicle recognition, and license plate recognition. It did not include speed correction, maintenance methods, and speed enforcement. Also, we developed the software that can detect various incidents on roads using vision cameras and radar sensors [2-4].

Bombini and Cerni [5] proposed a vision-radar system with the researchers of Fabbrica Italiana Automobili Torino (FIAT), which can detect front driving vehicles. Both video and radar data were used to produce accurate front vehicle positions. The system uses 640 x 480 resolution cameras with 45 recording angle, and 77GHz radar frequency was employed to cover 50m detection range. Yang and Song [6] introduced a new algorithm to correct wrong detection of radar sensors by employing mono-vision camera.

Additional yaw rate sensors were used to detect front moving vehicles. The three different data of mono-vision, radar, and yaw rate data are all fused. Lee and Han [7] detected lane markings, lane borders, and crosswalk markings using cameras, lasers, and radars. Roy and Gale [8] introduced a speed detection system using radar sensors, which can detect multiple vehicles and speed information. The authors also used vision-radar fusion methods such as block tracking, 3D conversion, FFT, and Kalman filtering.

In this study, we propose the methods to verify the accuracy of speed data measured by radar sensors. We suggest a number of metrics, such as installation metrics (installation height and recording angle), camera information (resolution and lens angle), and radar information (detection range, detection angle, and moving distance). Figure 1 shows the examples of the parameters.

3. PROPOSED METHODS FOR VISION AND RADAR FUSION

3.1 Installation Requirements

First, we need to determine the installation requirements for vision-radar sensors. Currently, the vehicle information of vision and radar is manually

<http://www.cisjournal.org>

merged. Thus, it should be advanced to automotive methods.

In Korea, a radar sensor has not been used for speed enforcement. Thus, validation of speed data collected from the radar sensors should be performed. We tested the radar sensors in short-term period because long-term evaluation is difficult to gather data. In order to produce reference data, we installed an inductive loop sensor, and then we compared the data with mobile speed detectors.

3.2 Vehicle Positioning

The vision and radar have different coordinates.

In addition, time synchronization is necessary between the radar and vision data. The distance data from radar sensors shows high accuracy. Thus, if we transform the vision coordinates to radar coordinates, we can easily produce merged coordinates. For instance, a network camera for CCTV typically has about 1 second delay (Δt) during video encoding and streaming. Thus, we can synchronize the CCTV with radar data by delaying the radar data for Δt time that can be calculated as follows.

$$\Delta t = t_{image} - t_{radar} \quad (6)$$

Where t_{image} is the received time of images and t_{radar} is that of radar data. After the time synchronization

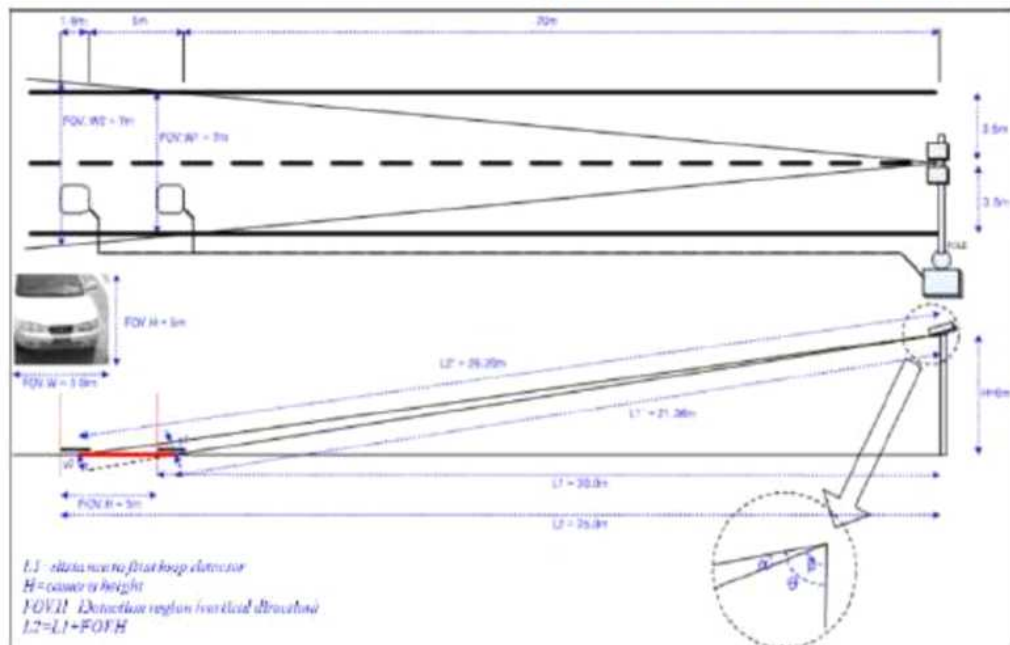


Figure 1: The examples of installation and recording parameters

In vision data, the first point value starts at top-left. On the other hand, in radar data, the first point value starts at center point. Thus, the two different coordinates should be merged.

In order to merge the radar and vision data, video pre-processing is needed to increase merging accuracy. In particular, the accurate coordinate conversion can be performed by use of a perspective projective transformation (PPT) for multiple channels of CCTV. The transformed image by PPT can be retransformed to source images as follows.

$$W \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

and coordinate transformation, actual data mapping for vehicle location is performed.

3.3 Methods of Collecting Speed Data

The speed detection using a vision camera is performed from 30m to 40m. The radar data (vehicle location and vehicle speed) and vision data (license plate location and vehicle speed) are used together for accurate detection, which can guarantee reliable detection with numerous vehicles on multiple lanes. The effective distance of radar sensors is from 28m to 144m where the installation height and elevation angle are 6m and -5 degree. In the initial radar installation, the true width of a lane is manually measured, and then we can collect the vehicle information such as location, speed, and distance. Figure 2 shows the data conversion sequences.

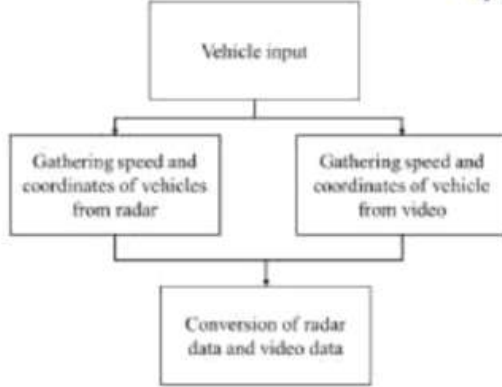
<http://www.cisjournal.org>

Figure 2: Data conversion sequences

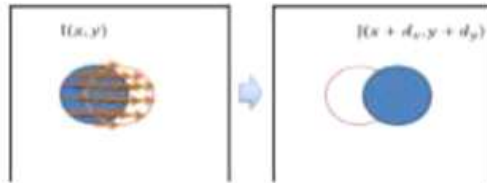


Figure 3: Optical flow algorithm

In order to calculate the vehicle speed from recorded video data, the motion data of license plate is used. In many cases, the recorded video data can be blurred by camera vibration. Thus, we use optical flow algorithm to correct errors by the vibration. Figure 3 illustrates the optical flow algorithm.

The optical flow is produced by searching minimum value of residual function between the images of $I(x, y)$ and $J(x, y)$. The performance of feature tracking of optical flow can be influenced by the window size (w_x, w_y). The entire equation of optical flow is as follows.

$$e(d_x, d_y) = \sum_{x=u_x-w_x}^{u_x+w_x} \sum_{y=u_y-w_y}^{u_y+w_y} (I(x, y) - J(x + d_x, y + d_y))^2 \quad (7)$$

3.4 Procedure of Speed Calculation

The radar sensor provides accurate speed and distance data for detected vehicles. However, object recognition cannot be achieved. The object recognition can be performed by vision data, which means that it can detect a vehicle in dark regions. In this study, the dark regions do not occur because we consider four lanes for speed detection using a vision-radar sensor. The radar data and vision data are merged to produce speed data.

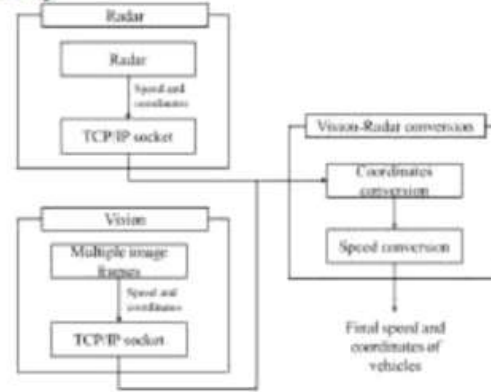


Figure 4: The procedures of vision and radar fusion

Figure 4 illustrates the data conversion procedures of vision and radar where the features of an individual vehicle are used such as the width, height, length, and coordinates (x, y). The radar sensor produces the feature information by regularly increasing and decreasing signal frequency for certain time T_m , where the beat frequency f_b occurs during the period Δt . The beat frequency f_b shows constant pattern, and then it changed to 0 Hz when the transmission signal and receiving signal are overlapped. The signal modulation occurs two times which is used to verify the accuracy of the signal cycle. In addition, the beat frequency can be detected using the two signals. By detecting the changes of the beat frequency, we can detect the distance, location, and size of a target object. Moreover, the speed information is calculated by Doppler Effect as well. The Doppler Effect is calculated as follows.

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{|Q|}{|I|} \quad (8)$$

Where I is in-phase value and Q is quadrature-phase value.

The detected vehicle location is generated by transforming the radar coordinates using the declination of transmission and return signals. When the radar detects a vehicle, it assigns a unique ID number with the update interval of 100ms data. The ID number disappears when the vehicle passes the detection regions.

4. EXPERIMENT

4.1 System Overview

Our vision-radar system can be classified into sensing unit, control unit, and software. The sensing unit generates radar signal, and then measure the speed of all vehicles moving on our detection area. At the same time, the sensor unit recognizes license plates and calculates vehicle speed. The two speed data from radar and vision information are applied to determine speed enforcement.

<http://www.cigjournal.org>

Accurate speed detection can be achieved because our system uses the two different detectors of radar and vision camera.

Figure 5 depicts the experiment environments where we installed inductive loop sensors and our vision-radar sensors. The inductive loop sensors are used as a reference detector. The tested road has two lanes with 3.5m width. In front of the sensors, there is a traffic signal. Thus, various traffic conditions can occur.



Figure 5: Experiment environment

4.2 Evaluation Methods

Various evaluation methods have been studied for speed enforcement systems. However, many limitations still exist. Jang and Choi [9] introduced both limitations and improvement methods for the evaluation of speed detectors. First, the authors defined that the error rate of reference data and uncertainty should be considered because the reference data does not guarantee the actual value. Next, confidence intervals should be applied for accurate evaluation because we cannot evaluate a system during the entire testing period. For instance, particle periods such as 30 minutes, 1 hour, and 2 hour are used.

During the speed evaluation, the uncertainty of reference data should be measured and considered. The uncertainty can be presented by variance of data. The confidence intervals can be applied for the average error and individual error. In the specifications of national police agency in Korea, the criteria for evaluating confidence intervals are not provided. Thus, in this paper, we analyze the data of inductive loop sensors and that of

radar-vision sensors individually, and then discuss the measured speed data.

4.3 Speed Analysis of Radar and Camera

In order to analyse the speed data measured from the radar and vision camera, we collected around 600 vehicles speed data from 11AM to 12PM (1 hour). Figure 6 shows the speed scatter graphs of loop-radar and loop-camera. Each data includes noise data so we removed the all errors for further analysis.

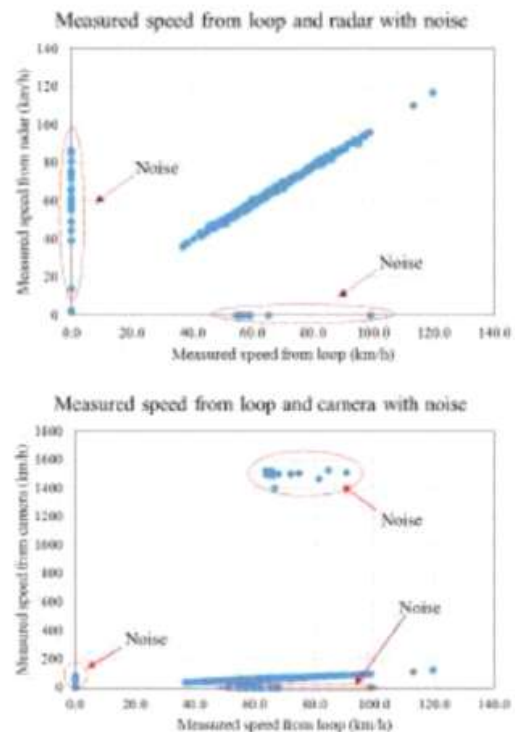
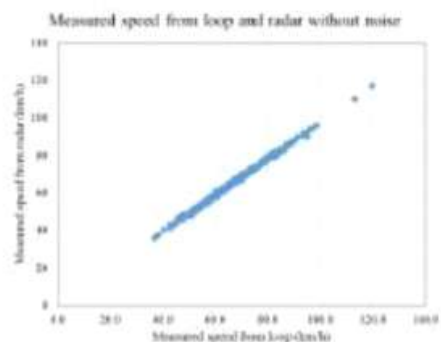


Figure 6: Speed scatters of original speed data



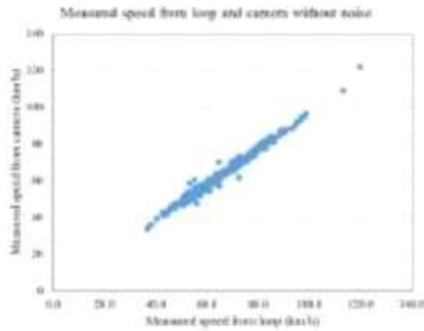
<http://www.cisjournal.org>

Figure 7: Speed scatters of filtered speed data

Figure 7 shows the speed scatter graphs of filtered speed data where we can see the linearity of each speed data. We added the certain compensation values to the two detectors, and Figure 8 depicts the mean absolute percentage error (MAPE) with different compensation values where OG is the original speed data measured from the radar and camera.

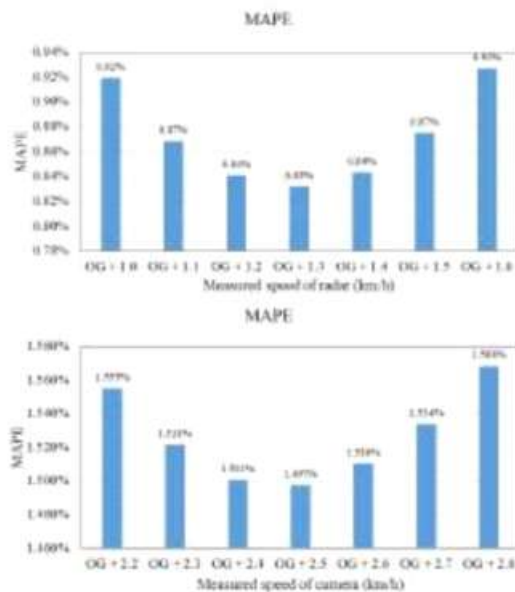


Figure 8: MAPE of different compensation values

The MAPE is calculated as follows.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - X_i|}{Y_i} \quad (9)$$

Where n is the number of collected data, X is the measured speed data, and Y is the reference speed data.

In Figure 8, the MAPE values show exponential variation with different compensation values. The

variation can be presented as follows (Equation 10 is for radar and Equation 11 is for vision camera).

$$y = 0.0001x^2 - 0.0008x + 0.0099 \quad (10)$$

$$y = 7E - 0.5x^2 - 0.0005x + 0.016 \quad (11)$$

In the figure and equations above, we can confirm that MAPE value shows the lowest value with additional 1.3 km/h for the radar and 2.5 km/h for the vision camera where we can produce the compensation function as follows.

$$y = x + \alpha \quad (12)$$

The compensation value α can be presented as shown in Table 1.

Table 1: Compensation values

	Radar	Camera
Values	1.3 km/h	2.5 km/h

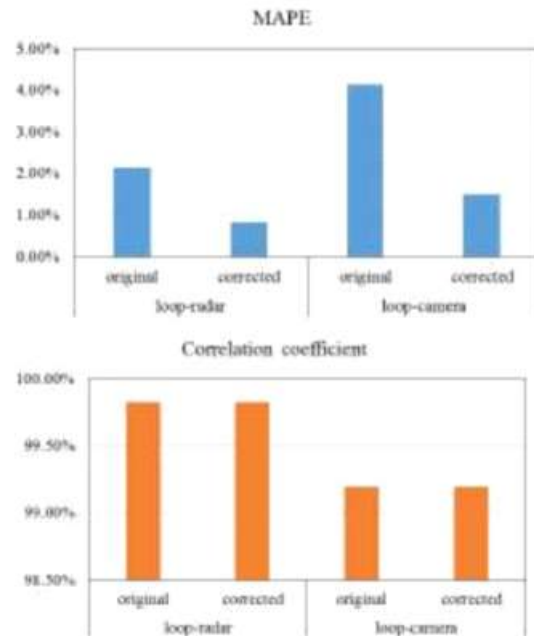


Figure 9: MAPE and correlation coefficient of corrected values

We calculated MAPE and correlation coefficient (R) with the compensation values. The correlation coefficient is generated as follows.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (13)$$

Where n is the number of collected data, X is the measured speed data, and Y is the reference speed data.

Figure 9 depicts the corrected values of MAPE and R for the loop-radar and the loop-camera. The MAPE of loop-radar is reduced from 2.15% to 0.83% and that of loop-camera is reduced from 4.14% to 1.49%. However, the corrected R data show the same value with the original data because the relation between the sensors has the same patterns.

The final MAPE values of radar are lower than that of camera where we can conclude that the radar provides more accurate speed data. Thus, we use the speed data of radars, and compensate it with the speed data of camera. As a result, we can think that the speed errors of radars should be removed to improve the performance of radars.

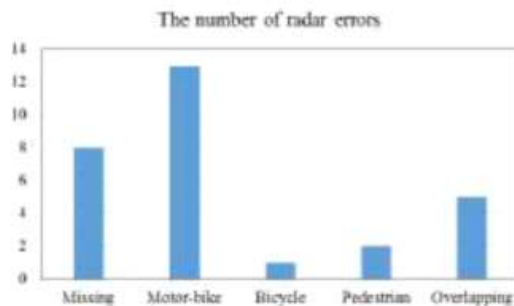


Figure 10: The number of radar errors

We classified the radar errors into 5 different types as shown in Figure 10. Among the errors, the missing and overlapping are the major detection error, and the other 3 errors are minor errors. The bicycle and pedestrian will not exceed the speed limit, and the motor-bike can be removed using the vision information of camera. The missing and overlapping errors should be removed in order to increase the accuracy of radar sensors.

In order to merge the two speed data of radars and cameras, the radar data should be used first. If the speed data of radar sensors shows error patterns, the camera data is used. In our fusion methods, we employ these methodologies.

5. CONCLUSION

In this study, we introduced a new speed enforcement system using a vision camera and a radar sensor. We provided the fusion methods for the data of radar and vision camera. Moreover, detailed implementation and evaluation are presented.

In the evaluations, we confirmed that the radar sensor shows better performance as a speed detector, and the performance can be improved with certain compensation value. The final MAPE values of radar and camera were 0.83% and 1.49%, respectively. The value of 0.83% is quite low value as a speed detector.

We classified the radar errors into 5 different types, and found two major errors. If we remove the two major errors, we can significantly improve the performance of our system. In the next study, we will analyze the main factors causing the errors of radar sensors, and present the fusion methods of radar and vision speed data.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by KAIA grant funded by the Korea government(MOLIT) and development of hybrid traffic surveillance system using radar and ANPR camera in multi-lane, 2015(010401).

REFERENCES

- [1] National Police Agency, Police standard specifications, traffic enforcement systems (police-6310-9800001-sa), March 2012.
- [2] Ministry of Trade Industry and Energy, Development of Mobile Speed Detector for Speed Enforcement on multiple lanes, 2014.
- [3] Small and Medium Business Administration, Development of Sensing Devices for Traffic and Security Information Using Sensor Fusion on Multiple Lanes, 2014.
- [4] Ministry of Science, ICT and Future Planning, Development of Traffic Surveillance Software Based on Radar-Vision Fusion, 2014.
- [5] L. Bombini, P. Cerni, G. Alessandretti, Radar-vision fusion for vehicle detection, In Proceedings of International Workshop on Intelligent Transportation, 2006.
- [6] S. H. Yang, B. S. Song, and J. Y. Um, Radar and Vision Sensor Fusion for Primary Vehicle Detection, Journal of Institute of Control, Robotics and Systems Vol. 16, No. 7, July 2010.
- [7] M. C. Lee, J. H. Han, C. H. Jang and M. H. Sunwoo, Information Fusion of Cameras and Laser Radars for Perception Systems of Autonomous Vehicles, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 23, No. 1, February 2013.
- [8] A. Roy, N. Gale, L. Hong, Automated traffic surveillance using fusion of Doppler radar and video, Mathematical and Computer Modelling Vol. 54, 531-543, 2011.
- [9] J. H. Jang, D. W. Choi, Individual Vehicle Level Detector Evaluation with Application of Traceability and Confidence Interval Concepts, Journal of ITS, vol.13 No.5, 2014.

<http://www.cibjournal.org>

AUTHOR PROFILES

Seungki Ryu is a research fellow at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation systems, information technology, ubiquitous city, construction IT convergence and logistics.

Youngtae Jo is a senior researcher at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation system, embedded system, wireless sensor networks, and robotics.

Yeohwan Yoon is a senior research fellow Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation system, road geometry, construction, and traffic survey.

Sangman Lee is a chief research director at Keon-A Information Technology Co., LTD in Korea. His research interest covers traffic safety, security, management, and CCTV.

Kwanho Choi is a senior engineer at Keon-A Information Technology Co., LTD in Korea. His research interest covers traffic safety, security, management, and CCTV.

Methodologies of Radar and Video Fusion for Speed Enforcement Systems

Youngtae Jo¹, Seunghi Ryu²

¹Senior Researcher, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

²Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea

ABSTRACT

In this paper, we introduce a new non-intrusive speed enforcement systems based on a combination of speed data extracted from a video camera and a radar sensor. Our system produces individual speed data from a radar sensor and a video camera. The produced two speed data are used to create final speed data by our conversion methodologies. We analyzed the speed data of radar and video, and improved the accuracy of speed data. We compared our speed data with reference speed that measured by inductive loop sensors. Our system produces highly accurate speed data and provides multiple vehicle detection. The introduced fusion methodologies are evaluated and we confirmed that it provides accurate detection results. We expect that our system will replace existing intrusive loop detectors.

Keywords: *radar, video, speed enforcement, fusion methodologies*

1. INTRODUCTION

Speed detection systems have historically been developed using various sensor devices such as loop detectors [1], video cameras [2], radar sensors [3], and laser sensors [4]. Many existing speed enforcement systems use loop detectors. They produce accurate speed data even in a noisy environment. However, installation and maintenance cause pavement damage, leading to disruptions in traffic flow. Thus, loop sensors are ultimately a highly intrusive enforcement device.

In 2014, the Korean government encouraged the transport agency of Busan city to install speed enforcement systems on Gwangan Bridge to eliminate roadway noise generated from illegal street racing. However, the national police agency in Busan city announced that a speed enforcement system could not be equipped on the bridge because suitable technology had not been developed. The government required a new speed enforcement system that provided multiple-vehicle speed detection across multiple lanes.

In this paper, we introduce a new speed enforcement system that provides highly accurate speed detection along with non-intrusive installation and operation. Our system uses speed data extracted from radar and video. Each sensor produces speed data on two lanes concurrently.

The two sensors have distinct limitations for measuring vehicle speed. For example, inclement weather significantly reduces speed measurement accuracy of the video camera. Additionally, the radar sensor cannot guarantee the accuracy of a speed measurement on multiple lanes due to signal reflection and dispersion. We designed a system and algorithm to address these problems. In this paper, we propose a new fusion methodologies that provide proper convergence algorithm. The proposed algorithm can improve detection accuracy.

We expect that the proposed speed enforcement system using our new convergence methods will replace existing inductive loop sensors and other speed detectors. Our system can also serve as a traffic information acquisition system as it produces traffic flow, vehicle speed, and vehicle occupancy data.

The remainder of this paper is organized as follows. In the next section, we review the literature related to speed enforcement systems. In Section 3, we describe our proposed system and in Section 4, evaluation and implementation are given. Finally, our conclusions and ideas for future work regarding this research are provided in Section 5.

2. RELATED WORK

The speed enforcement systems on multiple lanes have been studied in various research fields. Diverse systems have been demonstrated to the national police agency in Korea. However, all systems have not met the requirements of the criteria of the Korea national police agency. Few years ago, a mobile speed detector for multiple lanes was developed using a laser sensor, which does not include license plate recognition. Moreover, we previously developed a speed detector using a radar sensor, which provides vehicle tracking, individual vehicle recognition, and license plate recognition. It did not include speed correction, maintenance methods, and speed enforcement. Also, we developed the software that can detect various incidents on roads using vision cameras and radar sensors [5-7].

Bombini and Cerni [8] proposed a vision-radar system with the researchers of Fabbrica Italiana Automobili Torino (FIAT), which can detect front driving vehicles. Both video and radar data were used to produce accurate front vehicle positions. The system uses 640 x 480 resolution cameras with 45 recording angle, and 77GHz radar frequency was employed to cover 50m detection range. Yang and Song [9] introduced a new algorithm to correct wrong detection of radar sensors by employing mono-vision camera. Additional yaw rate sensors were used to detect front moving vehicles. The three different data of mono-vision, radar, and yaw rate data are all fused. Lee and Han [10] detected lane markings, lane borders, and crosswalk markings using cameras, lasers, and radars. Roy and Gale [11] introduced a speed detection system using radar sensors, which can detect multiple vehicles and speed information. The authors also used vision-radar fusion methods such as block tracking, 3D conversion, FFT, and Kalman filtering.

3. PROPOSED SYSTEM AND CONVERGENCE METHODOLOGIES

In this study, we previously analyzed the speed data extracted from a radar sensor and a video camera. Based on the analysis, we designed convergence algorithm that improves detection accuracy of the two sensors.

3.1 Speed detection with a video camera

Speed data is calculated by examining pixels from individual frames of a video capture. As shown in Fig. 1, our license plate recognition algorithm detects the location of license plates in two sequential image frames from video data. Simply, the vehicle speed can be calculated using the difference in the number of pixels between the two license plate locations, and the known frames per second (FPS) capture rate of the video camera. The algorithm performs pixel correction and normalization, as the exact distance per pixel is dependent on vehicle location. Moreover, the algorithm considers the height of the license plate from road surface because it differs among vehicles.

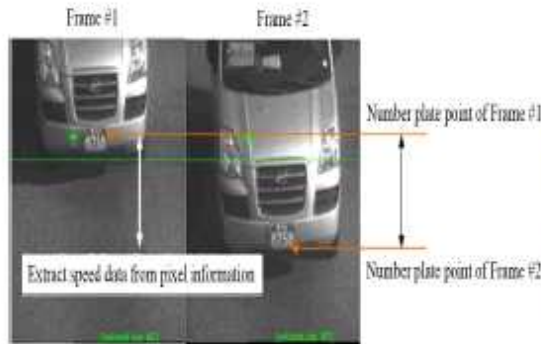


Fig. 1. Speed detection with video data

In order to improve the calculation accuracy of generating speed data from two image frames, we applied two different methods. As shown in Fig. 2, we use the center point of a license plate for speed extraction. Typically, the corner of an object is used to calculate difference of movement. However, if the location of the corner is used, there will be small difference between true difference and calculated difference. As shown in Fig. 2, the lengths of L1 and L2 are different, which lead wrong calculation of speed results.

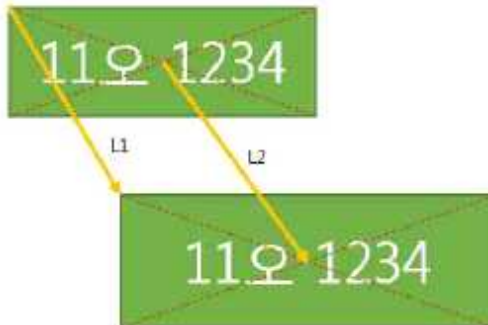


Fig. 2. Center point of license plate

3.2 Speed detection with a radar sensor

The frequency-modulated continuous-wave (FMCW) radar can detect a stopped vehicle. Vehicle speed can be measured using the Doppler Effect, as is typical in radar sensors. Speed detection for individual vehicles is performed by distinguishing and tracking individual vehicles with speed and distance data. Fig. 4 shows our computer program that produces speed data from approaching vehicles.



Fig. 3. Speed detection with radar data

3.3 Data analysis

In order to analyze the speed data measured from the radar and vision camera, we collected about 600 vehicle's speed data from 11AM to 12AM for 1 hour.

Fig. 4 depicts the proposed speed enforcement detector, consisting of a video camera, a radar sensor, and two LED arrays. The speed detection algorithm is developed and installed on the system. We developed each algorithm with C++ based on an embedded system.

Fig. 5 shows the experimental environments where we installed inductive loop sensors and the proposed system. Inductive loop sensors were used as a reference detector. The test road has two lanes, each 3.5 m wide. There is a traffic signal in front of the sensors, creating a variety of traffic conditions.



Fig. 4. Proposed system hardware



Fig. 5. Experimental environment

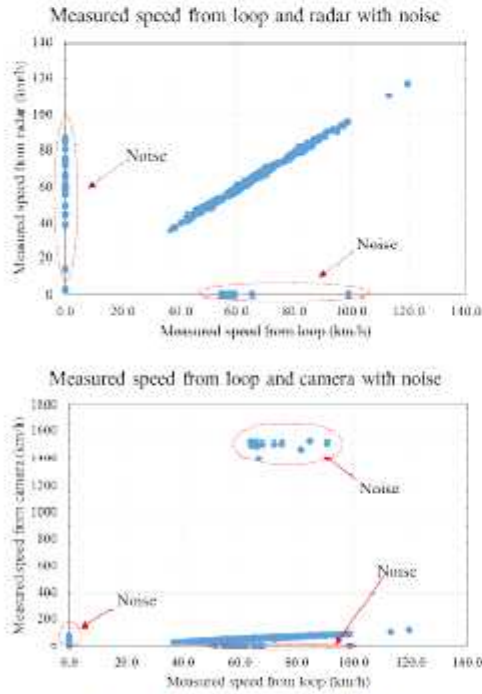


Fig. 6. Speed scatters of original speed data

Figure 6 shows the speed scatter graphs of loop-radar and loop-camera. Each data includes noise data so that we removed the all errors for further analysis.

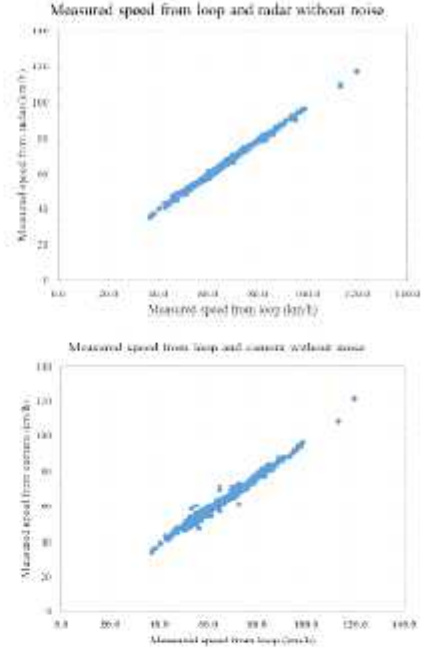


Fig. 7. Speed scatters of filtered speed data

Figure 7 shows the speed scatter graphs of filtered speed data where we can see the linearity of each speed data. We added the certain compensation values to the two detectors, and Figure 8 depicts the mean absolute percentage error (MAPE) with different compensation values where OG is the original speed data measured from the radar and camera.

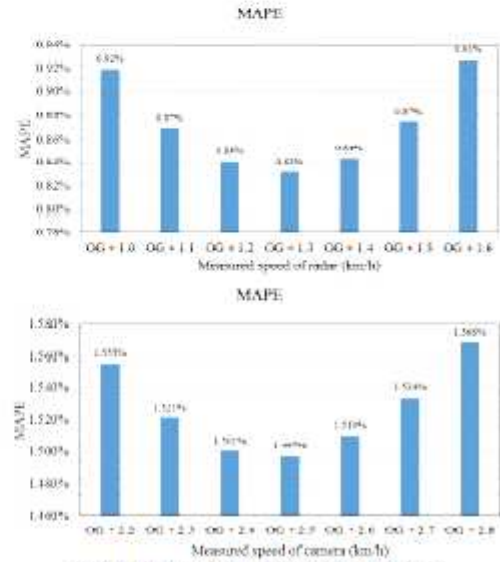


Fig. 8. MAPE of different compensation values

The MAPE is calculated as follows.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_i - Y_i|}{Y_i} \quad (1)$$

where n is the number of collected data, X is the measured speed data, and Y is the reference speed data.

In Figure 8, the MAPE values show exponential variation with different compensation values. The variation can be presented as follows (Equation 2 is for radar and Equation 3 is for vision camera).

$$y = 0.0001x^2 - 0.0008x + 0.0059 \quad (2)$$

$$y = 7E - 0.51x^2 - 0.0005x + 0.016 \quad (3)$$

In the figure and equations above, we can confirm that MAPE value shows the lowest value with additional 1.3 km/h for the radar and 2.5 km/h for the vision camera where we can produce the compensation function as follows.

$$y = x + \alpha \quad (4)$$

The compensation value α can be presented as shown in Table 1.

Table 1: Compensation values

	Radar	Camera
Values	1.3 km/h	2.5 km/h

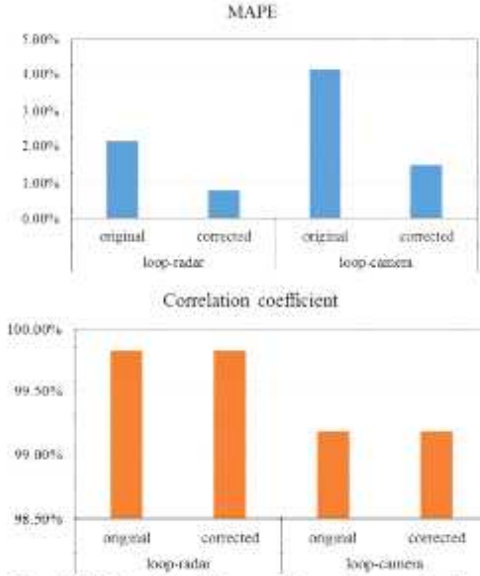


Fig. 9. MAPE and correlation coefficient of corrected values

We calculated MAPE and correlation coefficient (R) with the compensation values. The correlation coefficient is generated as follows.

$$R = \frac{2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (5)$$

where n is the number of collected data, X is the measured speed data, and Y is the reference speed data.

Figure 9 depicts the corrected values of MAPE and R for the loop-radar and the loop-camera. The MAPE of loop-radar is reduced from 2.15% to 0.83% and that of loop-camera is reduced from 4.14% to 1.49%. However, the corrected R data show the same value with the original data because the relation between the sensors has the same patterns.

The final MAPE values of radar are lower than that of camera where we can conclude that the radar provides more accurate speed data. Thus, we use the speed data of radars, and compensate it with the speed data of camera. As a result, we can think that the speed errors of radars should be removed to improve the performance of radars.

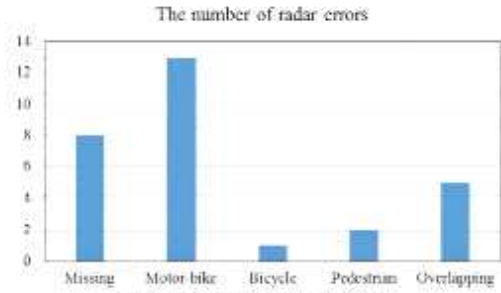


Fig. 10. The number of radar errors

We classified the radar errors into 5 different types as shown in Figure 10. Among the errors, the missing and overlapping are the major detection error, and the other 3 errors are minor errors. The bicycle and pedestrian will not exceed the speed limit, and the motor-bike can be removed using the vision information of camera. The missing and overlapping errors should be removed in order to increase the accuracy of radar sensors.

In order to merge the two speed data of radars and cameras, the radar data should be used first. If the speed data of radar sensors shows error patterns, the camera data is used. In our fusion methods, we employ these methodologies.

3.4 Convergence algorithm

In order to design the convergence methods between video and radar sensor data, we first individually measured and analyzed speed data from each sensor. We found that the radar sensor provided more accurate speed data than the video camera. Inaccuracies in speed detection from the video camera arose from camera vibration and varying weather conditions. We found that this reduction in accuracy came from either detecting a single vehicle multiple times, or from missing a vehicle entirely. As shown in Fig. 11, we designed a convergence algorithm using the analyzed results mentioned earlier. It corrects speed data when duplicate and missing errors occur.

Based on the convergence algorithm of Fig. 11, we developed speed convergence sequence as shown in Fig. 12. The algorithm basically uses radar speed data for speed detection. However, if the speed data of radar is not correct, the speed data is improved by that of video data.

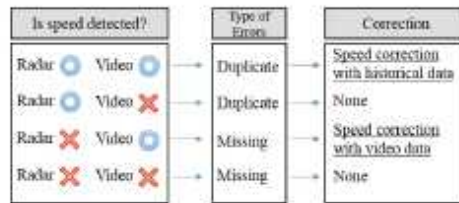


Fig. 11. Convergence algorithm

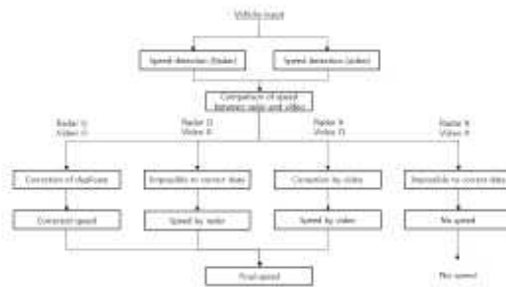


Fig. 12. Convergence sequence

4. EVALUATION AND IMPLEMENTATION

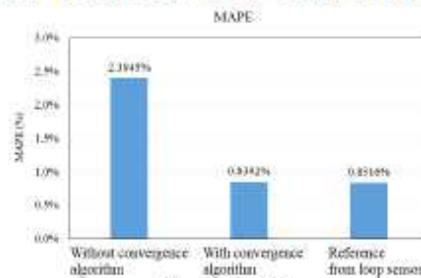


Fig. 13. MAPE

In order to analyze the efficacy of our algorithm, we used mean absolute percentage error (MAPE) of the system. As shown in Fig. 13, the MAPE was 2.3945% without the convergence algorithm. Using the algorithm it reduced the MAPE to 0.8392%. In fact, errors nearly reached the reference value collected from loop sensors.

5. CONCLUSION

In this paper, we introduced a new speed enforcement system that uses speed data derived from video and radar. We analyzed the speed data extracted from radar and video. Based on the analysis, we developed convergence algorithm that combines the two sources, leading to increased performance. When evaluated in a realistic scenario, our system showed a 0.8392% MAPE, a value that is competitive with current speed detection technology.

Future work will test our system on various weather conditions and road environments, leading to improvement in our system hardware and software algorithm.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by KAIA grant funded by the Korea government (MOLIT) and development of hybrid traffic surveillance system using radar and ANPR camera in multi-lane, 16TBIP-C092364-02

REFERENCES

- [1] C. Sun, S. G. Ritchie, "Individual vehicle speed estimation using single loop inductive waveforms", *J. Transp. Eng.* vol. 125, no. 6, pp. 531–538, 1999.
- [2] A. G. Rad, A. Dehghani, M. R. Karim, "Vehicle speed detection in video image sequences using CVS method", *Int. J. Phys. Sci.* vol. 5, no. 17, pp. 2555–2563, 2010.
- [3] S. L. Jeng, W. H. Chieng, H. P. Lu, "Estimating speed using a side-looking single-radar vehicle detector", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* vol. 15, no. 2, pp. 607–614, 2014.
- [4] H. H. Cheng, B. D. Shaw, J. Palen, B. Lin, B. Chen, Z. Wang, "Development and Field Test of a Laser-Based Nonintrusive Detection System for Identification of Vehicles on the Highway", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* vol. 6, no. 2, pp. 147–155, 2005.
- [5] Ministry of Trade Industry and Energy, Development of Mobile Speed Detector for Speed Enforcement on multiple lanes, 2014.
- [6] Small and Medium Business Administration, Development of Sensing Devices for Traffic and Security Information Using Sensor Fusion on Multiple Lanes, 2014.
- [7] Ministry of Science, ICT and Future Planning, Development of Traffic Surveillance Software Based on Radar-Vision Fusion, 2014.
- [8] L. Bombini, P. Cerri, G. Alessandretti, Radar-vision fusion for vehicle detection, In Proceedings of International Workshop on Intelligent Transportation, 2006.
- [9] S. H. Yang, B. S. Song, and J. Y. Um, Radar and Vision Sensor Fusion for Primary Vehicle Detection, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems* Vol. 16, No. 7, July 2010.
- [10] M. C. Lee, J. H. Han, C. H. Jang and M. H. Sunwoo, Information Fusion of Cameras and Laser Radars for Perception Systems of Autonomous Vehicles, *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 23, No. 1, February 2013.
- [11] A. Roy, N. Gale, L. Hong, Automated traffic surveillance using fusion of Doppler radar and video, *Mathematical and Computer Modelling* Vol. 54, 531–543, 2011.

AUTHOR PROFILES

Youngtae Jo received the degree in computer information and communication engineering at Kangwon National University in Korea. He is a senior researcher at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation system, embedded system, wireless sensor networks, and robotics.

Seungki Ryu received the degree in electrical engineering at Chungbuk National University in Korea. Currently, he is a research fellow at Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. His research interest covers intelligent transportation systems, information technology, ubiquitous city, construction IT convergence and logistics.

Non-intrusive Traffic Speed Enforcement Systems Based on Video and Radar

Abstract

Speed detection systems have historically been developed using various sensor devices such as loop detectors, video cameras, radar sensors, and laser sensors. Many existing speed enforcement systems use loop detectors. While they provide accurate speed data even in a noisy environment, installation and maintenance necessitate pavement damage, leading to disruptions in traffic flow. Thus, loop sensors are ultimately a highly intrusive enforcement device. In 2014, the Korean government encouraged the transport agency of Busan city to install speed enforcement systems on Gwangan Bridge to eliminate roadway noise generated from illegal street racing. However, the national police agency in Busan city announced that a speed enforcement system could not be equipped on the bridge because suitable technology had not been developed. The government required a new speed enforcement system that provided multiple-vehicle speed detection across multiple lanes. In this paper, we introduce a new speed enforcement system that provides highly accurate speed detection along with non-intrusive installation and operation. Our proposed system uses speed data extracted from radar and video. Each sensor produces speed data on two lanes concurrently. The two sensors have distinct limitations for measuring vehicle speed. For example, inclement weather significantly reduces speed measurement accuracy of the video camera. Additionally, the radar sensor cannot guarantee the accuracy of a speed measurement on multiple lanes due to signal reflection and dispersion. We designed a system and algorithm to address these problems. We expect that the proposed speed enforcement system will replace existing inductive loop sensors and other speed detectors. Our system can also serve as a traffic information acquisition system as it produces traffic flow, vehicle speed, and vehicle occupancy data.

(나) 학회 내용 및 일정

Feb 18-21, 2017 Sydney, Australia		ICCAE 2017
 MACQUARIE University		Ei&Scopus-2017 9th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE 2017)
Publication: All accepted papers of ICCAE 2017 will be published in the International Conference Proceedings Series by ACM, which will be archived in the ACM Digital Library, and indexed by Ei Compendex and Scopus and submitted to be reviewed by Thomson Reuters Conference Proceedings Citation Index (ISI Web of Science). ICCAE 2016 conference proceedings has already been indexed by Ei Compendex and Scopus within 3 months after the conference.		
Conference Venue Macquarie University Address: Balaclava Road, North Ryde, NSW, 2109, Australia Introduction: Macquarie University is a public research university based in Sydney, Australia. Ranked among the top two per cent of universities in the world and with a 5-star QS rating, Macquarie is considered one of the world's best universities, producing graduates that are among the most sought-after professionals in the world.	Conference Program(Pending) Feb 18: Registration and conference materials collection (Early Registration before Nov 15 will enjoy the special discount up to 50 USD than late registration) Feb 19: Keynote speeches and authors' presentations Feb 20: One day tour in Sydney Feb 21: Academic visiting More details please see http://www.iccae.org/fees.html	
	Academic Visiting for Virtual Reality Lab The Department of Computing, Macquarie University (MQ) has a growing commitment to Interactivity and Simulation Design and recently established a Simulation Hub as well as a BIT degree in Game Design. MQ has a dedicated Virtual Reality (VR) Lab at the Simulation Hub with the equipment, hardware, and software required for VR research, previously established by A/Prof Manolya Kavakli in 2003. VISOR has been performing research in VR for the last 12 years. The first VR Lab was shifted to Simulation Hub in January 2015, has been operational from February 2015. More details please see https://research.science.mq.edu.au/visor/vrlab/	
Call for paper Topics of interest for submission include, but are not limited to: T1: Modern and Advanced Control Strategies T2: Human-Machine Systems T3: Multimedia and Communication Systems T4: Hybrid Systems T5: Robotics and Automation T6: Decision Making and Information Retrieval T7: Data Analysis, Prediction and Model Identification T8: Control System Applications More details please see http://www.iccae.org/cfp.html	Submission Method: Electronic Submission System: (.pdf) For any inquiry about the submission and conference, please feel free to contact us at: iccaeconf@vip.163.com Conference Secretary Vivian Ni Email: iccaeconf@vip.163.com	

(다) 학회 논문 발표 모습



그림 187 학회 참석 모습



그림 188 논문발표 모습1



그림 189 논문발표 모습2

다. 프로그램 등록

등록일	접수번호	진행상황	프로그램의 명칭	저작자
2015.08.30	C-2015-033684	완료	다차선 레이더 차량번호인식 통합 운영 프로그램	건아정보기술

제 C-2015-033684 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 다차선 레이더 차량번호인식 통합운영 프로그램
(명칭)

2. 저작자 성명 건아정보기술 주식회사 3. 생년월일 110111-0565139
(법인명) 서울특별시 송파구 율림로 (법인등록번호)

4. 창작연월일 2015년08월20일

5. 공표연월일 2015년08월20일

6. 등록사항 저작자 : 건아정보기술 주식회사,
창작 : 2015.08.20, 공표 : 2015.08.20

7. 등록연월일 2015년12월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2015년 12월 30일

한국저작권위원회




라. 국제전시회 참가

IRF (International Road Federation) 전시회(말레이시아, 2016.10.16.~20)

Hybrid Speed Enforcement System based on Video and radar fusion KICT

Research Purpose

- A hybrid speed enforcement system that can provide multi-lane speed detection using a single detector based on video and radar fusion

Research Background

- There is a need for the following:
 - Non-intrusive sensors with reliable speed detection
 - Non-intrusive speed detector for metal structures such as bridges
 - A single detector that can measure multiple vehicles' speeds in multiple lanes

Overall System Components



Main Research

- Data matching methods between video and radar
 - Data matching algorithm : matches the detected speed of video with that of the radar
- Speed detection using video and radar
 - Speed detection algorithm using video : Recognizes number plates and calculates vehicle speed using two different image frames
 - Speed detection algorithm using radar : distinguishes individual vehicle and traces the location of vehicles
 - Speed detection algorithm using video and radar fusion : produces reliable speed data by complementing each other

Speed detection by radar



Speed detection by video



Hybrid speed detection by video and radar fusion

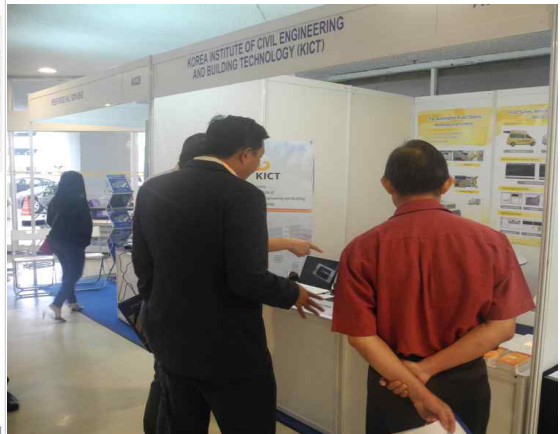


Contact: skryu@kict.re.kr



KICT
KOREA INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING AND BUILDING TECHNOLOGY

1st IRF Asia Regional Congress & Exhibition



제12장 참고 문헌

- (1) KAIST 심인욱 ,박상운, 강정원, 김시중, 유연걸, 정명진 “컴퓨터 비전을 위한 병렬 처리 기법 소개 ” , 제22회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵)
- (2) 위키백과, https://ko.wikipedia.org/wiki/대한민국의_차량_번호판
- (3) U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration’ s report(May 2006) -Traffic Detector Handbook : Third Edition - Volume I

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.