16CTAP-C110346-01

기술개발을 위한 해외 선진 기술 검토 세미나

차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형

최종보고서

2017

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

국토교통기술촉진연구사업 R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1613000-001732-01

R&D / 16CTAP-C110346-01

차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진 기술 검토 세미나

최종보고서

2017. 1. 13.

주관연구기관 / ㈜지앤티솔루션

협동연구기관 / New Jersey Institute of Technology

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진 기술 검토 세미나’(연구개발 기간 : 2016. 03. ~ 2016. 11.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 1. 13.

주관연구기관명 : ㈜지앤티솔루션 (대표자) 강상철 (인)
공동연구기관명 : New Jersey Institute of Technology (대표자) Dr. Atam P. Dhawan (인)
참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 강 상 철
공동연구기관책임자: 이 조 영
참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16CTAP-C11034
6-01-000000</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>8개월</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">차량내 탐승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진 기술 검토 세미나</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">강 상 철</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 9 명
내부: 9 명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정 부: 33,000천원
기 업: 11,000천원
상대국부담금: 6,000천원
계 : 50,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 10 명
내부: 9 명
외부: 9 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정 부: 33,000천원
기 업: 11,000천원
상대국부담금: 6,000천원
계 : 50,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">㈜지앤티솔루션 기술연구소</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명: 미국</td><td colspan="2">상대국 연구기관명: New Jersey Institute of Technology</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)</td><td colspan="2">보고서 면수: 51 페이지</td></tr>
</table>

〈 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	나홀로 차량을 감소시키고 대중교통 이용 활성화를 위한 버스전용차로제 혹은 유료도로 통행료 부과 등과 같은 정책들은 차량내 탑승인원에 따라 요금 부과 여부가 결정되기 때문에 탑승인원을 검지하는 기술이 필수로 요구되는 제도들임 그러나, 국내에서는 차량 내 탑승인원을 검지하는 기술에 대한 연구가 전무한 실정이지만 미국에서는 해당 분야의 연구가 진행중이고 현재 테스트베드를 설치하여 시험 운영중인 곳도 있음 따라서, 본 연구에서는 미국에서 활발히 연구되고 있는 차량내 탑승인원 검지 기술과 관련된 현황을 파악하고, 해당 기술을 국내로 도입하기 위해 관련 분야의 전문가들을 초빙하여 국내 도입 가능성을 판단하기 위한 세미나를 개최하는 것을 목표로 설정하였음 본 연구 기간 중 국내 세미나와 국제 세미나를 각각 1회씩 개최하고 추가적인 자문회의를 통하여 다양한 분야의 전문가를 초빙, 의견을 수렴하였음				
연구개발성과	○ 차량내 탑승인원을 검지하는 기술에 대한 국내외 현황 조사 ○ 주관연구기관과 공동연구기관이 각각 1회씩 세미나 개최(한국 1회, 미국 1회)				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 본 과제를 통하여 탑승인원 검지 기술의 국산화 기술 개발의 타당성을 확인하고, 미국의 첨단 기술을 보유한 기관과의 Open Innovation 형태의 기술제휴를 통하여 탑승인원 검지 기술의 국산화 개발 촉진 ○ 현재 연구되고 있는 적외선 외의 가시광선 센서 및 열화상 센서 등 다양한 방식의 센서를 활용하기 위한 방안 마련 가능 ○ 국내 다인승차로 우선 적용 대상 구간인 고속도로 다인승전용차로 전구간, 민자고속도로, 서울시 고속화도로, 남산터널(1,2,3호) 등에 대한 도입 가능성 여부를 시장 규모 측면, 기술적인 측면에서 다양하게 검토할 수 있는 기준 마련 가능 ○ 탑승인원 검지 기술 도입으로 교통수요 분야에서 활용 및 신규 연구 분야 모색 가능				
핵심어 (5개 이내)	교통정보시스템	교통 수요 예측	영상 수집	적외선	가시광선

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	Many Transportation policies such as operating HOV/HOT lanes are aimed to decrease single-occupant vehicles. As such policies are related with in-vehicle occupant, they require detecting in-vehicle occupant technology. However, there is no research on in-vehicle occupant detecting technology in Korea, and several researchs and field tests were carried out in USA. Therefore, our goal was to research on current state of “in-vehicle occupant detecting technology” and conduct seminars to evaluate the possibility developing “Korean in-vehicle occupant detecting technology.” During the research, we conduct 1 domestic seminar and 1 international seminar and several advisory conferences as well.				
Results	○ Research on In-vehicle occupancy Detection technologies ○ Conducting 2 Seminars about In-vehicle occupancy Detection technologies(Korea, U.S.A.)				
Expected Contribution	○ Evaluate possibilities to develop “Korean in-vehicle occupant detecting technology” and promote developing “Korean in-vehicle occupant detecting technology” with International organizations with advanced technologies ○ Evaluate possibilities to utilize various sensors including infrared sensor ○ Evaluate possibilities to make criteria of “in-vehicle occupant detecting technology” to utilize in real transportation system such as HOV/HOT lans, interstate highways, tunnels based on market and technology ○ Possibility to develop “Research & Develop” projects related with “in-vehicle occupant detecting technology”				
Keywords	Traffic Information System	Traffic Demand Forecasting	Image Data Collection	infrared	visible light

〈 Contents 〉

1. Introduction of Ceremony ·····1
2. Status of internal and external developed techniques ·····5
3. Contents and results of Ceremony ·····25
4. Achievement of Goal and Contribution to related fields ·····39
5. Plan to apply the result from the Ceremony ·····42
6. Foreign Scientific Technologies Acquired during the Research ·····43
7. Security Level of the Result from the Research ·····46
8. Research facilities & Equipments registered in the National Science & Technology Information Service ·····46
9. Written opinion for the Ceremony ·····47
10. Safety Action during the Research ·····51
11. References ·····51

Attached : Presentations

〈 목 차 〉

1. 행사 개요 ····· 1
2. 국내외 기술 개발 현황 ····· 5
3. 행사 수행 내용 및 성과 ····· 25
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 39
5. 행사 성과의 활용 계획 ····· 42
6. 행사 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 43
7. 연구개발성과의 보안등급 ····· 46
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 46
9. 행사에 대한 주관연구기관 및 상대국 참여기관 의견서 ····· 47
10. 행사 수행 과정에서의 안전 조치 이행 실적 ····· 51
11. 참고 문헌 ····· 51

첨부 : 발표자료

제1장 행사 개요

1. 국내 세미나

◦ 행사명 : 차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술개발을 위한 해외 선진 기술 검토

◦ 행사 주제 : 탑승인원 검지 필요성 및 국내외 차량 검지 관련 기술 현황

◦ 행사 일시 및 장소

- 일시 : 2016년 6월 17일(금)

- 장소 : 엘타워 그레이스홀(서울특별시 서초구 소재)

◦ 주최자 : ㈜지앤티솔루션(주관연구기관)

◦ 참석대상 및 참석인원 : 국내 교통 관련 분야의 전문가 및 관련 학과 학생

◦ 주요 참석자

성명	소속	부서	직위	전공분야	참석형태
강상철	㈜지앤티솔루션	-	대표이사	도시공학	연구진/토론자
신영호	㈜지앤티솔루션	기술연구소	책임연구원	교통계획	연구진/발표자
이호원	㈜지앤티솔루션	기술연구소	선임연구원	교통공학	연구진/진행자
이조영	뉴저지공과대학교	토목환경공학	조교수	교통공학	연구진/발표자
박준영	University of Central Florida	Civil, Environmental and Construction Engineering	조교수	토목공학	발표자
오철	한양대학교	교통물류공학과	교수	교통공학	발표자
강경표	한국교통연구원	교통기술연구그룹	연구위원	교통공학	토론자
김승범	경상대학교	도시공학과	교수	도시공학	토론자
김준기	국토연구원	국토인프라연구본부	연구위원	교통공학	토론자
김진태	한국교통대학교	교통대학원	교수	교통공학	토론자
이강대	연세대학교	도시공학과	교수	교통물류	토론자
이건우	한국해양수산개발원	국제물류연구실	전문연구원	교통물류	토론자
이기영	한국도로공사	도로교통연구원	책임연구원	교통공학	토론자
이향숙	인천대학교	동북아물류대학원	교수	교통물류	토론자
이호	한국교통연구원	철도교통본부	부연구위원	교통계획	토론자
한근수	대구경북연구원	공항철도정책팀	팀장	교통계획	토론자
김준형	㈜지앤티솔루션	기술연구소	선임연구원	교통공학	참석자

◦ 프로그램

시간	내용	비고
13:00 - 13:15	등록 및 발표자료 배포	
13:15 - 16:45	주제 발표 1. 이호원 - 차량내 탑승인원 수집 기술 개요 및 국내외 사례 2. 신영호, ㈜지앤티솔루션 - 차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 기술 검토 3. 이조영, New Jersey Institute of Technology - Vehicle Occupancy(Passenger) Detection 4. 박준영, University of Central Florida - Vehicle Occupancy Detection System(History & Field Test)	
16:45 - 17:00	Coffee Break	
17:00 - 18:00	질의 응답	

2. 국제 세미나

◦ 행사명 : Seminar for technology of Vehicle Occupancy Detection System(Trends in U.S and Korea)

◦ 행사 주제 :

◦ 행사 일시 및 장소

- 일시 : 2016년 8월 26일(금)

- 장소 : New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ

◦ 주최자 : 이조영 책임연구원(공동연구기관)

◦ 참석대상 및 참석인원

- 미국 내 교통 분야에서 근무하고 있는 전문가(교수 및 공무원)

- 미국 내 전자공학 및 기계공학 분야 전문가(교수)

◦ 주요 참석자

Mane	Department/Division	Affiliation
Chang Mo Kim, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	University of California, Davis
Chang S. Baek, P.E.	Traffic Systems Operations Unit	North Carolina DOT
Dong-Kyun Koh, Ph.D.	Dept. of Electrical Engineering	New Jersey Institute of Technology
Eon-Soo Lee, Ph.D.	Dept. of Mechanical Engineering	New Jersey Institute of Technology
Howon Lee, M.S.	R&D, Transportation Engineering	GnT Solutions, Korea
Hwi-Jun Park, Ph.D.	Department of Transportation	New York City
In-Kyu Lim, Ph.D., P.E.	Traffic Engineering Division (Central Office)	Virginia DOT
Jongsun Won, P.E.	Eastern Region	PTV America
Joyoung Lee, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology
Junyang Park, M.S.	R&D	GnT Solutions, Korea
Ki-Tae Kim, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology
Kyungsu Kim, PCP	Transportation Planning	Louis Berger
Michael Lee, Ph.D.	Dept. of Information Systems	New Jersey Institute of Technology
Sang-Cheol Kang, M.S.	CEO, Transportation Engineering	GnT Solutions, Korea
Tae Hyung Kim, Ph.D.	Transportation Engineering and Policy	World Bank Group/Korea Transport Institute
Young-Jun Kweon, Ph.D., P.E.	Virginia Transportation Research Council	Virginia Department of Transportation
Young-Min Choi	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology

◦ 프로그램

시간	내용	비고
10:00 - 11:45	Optional Seminar and NJIT ITS Lab Tour	
11:45 - 13:00	Lunch Break	
13:00 - 16:00	Main Seminar - Technology of Vehicle Occupancy Detecting System : Trends in U.S and Korea 1. Opening Remarks : Mr. Sang Cheol kang. CEO, GnT Solution Inc. 2. Introduction 3. Presentations - Technology of Automatic Vehicle Occupancy Detection System,(Mr. Howon Lee, Researcher, GnT Solution Inc.) - State-of-the Practice of HOV/HOT Enforcement in the U.S,(Dr. Joyoung Lee, Asst. Professor, NJIT) - Break - Xerox Vehicle Occupancy Detection System(Mr. Chang S. Baek, Ph.D. NC DOT) - Current Status and Limitation of Vehicle Occupancy Detection System,(Dr. Chang Mo Kim, Project Scientist, UC Davis) 4. Discussion 5. Closing Remarks & Adjourn	

제2장 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 기술 현황

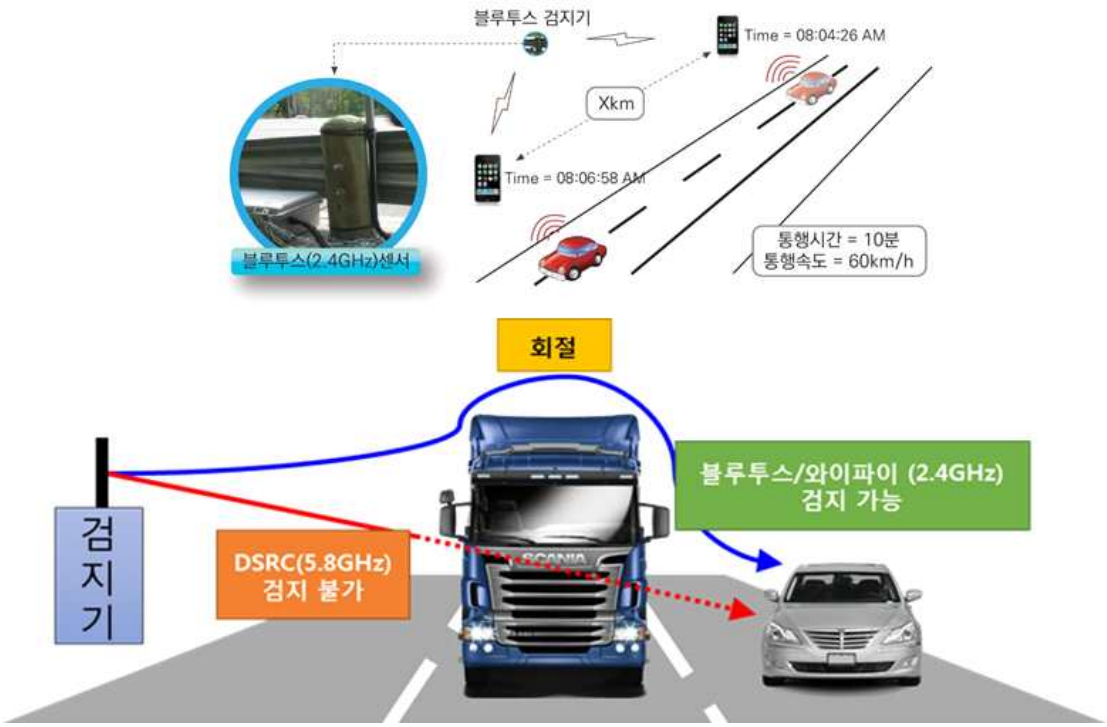
◦ 현재 우리나라에서 차량내 탑승인원 수를 검지하는 상용화된 기술은 없으며, 단속 경찰관이 육안으로 확인하여 단속하는 방법이 유일함

◦ 그러나 최근 다음과 같이 탑승인원을 검지하는 기술이 연구되고 있음

가. 차량 내 탑승인원 검지 관련 기술

(1) 블루투스-와이파이 단말기를 이용한 탑승 인원 검지

◦ 현재 국내외에서는 스마트폰, 헤드셋, 노트북 등과 같이 차량 내 탑승자가 소지하고 있는 휴대 단말기의 블루투스 와이파이 신호를 검지하여 탑승인원을 파악하고 교통정보를 수집하는 기술에 대한 연구가 진행되고 있음



[그림 1] 차량내 블루투스-와이파이 단말기 검지 시스템 개념도

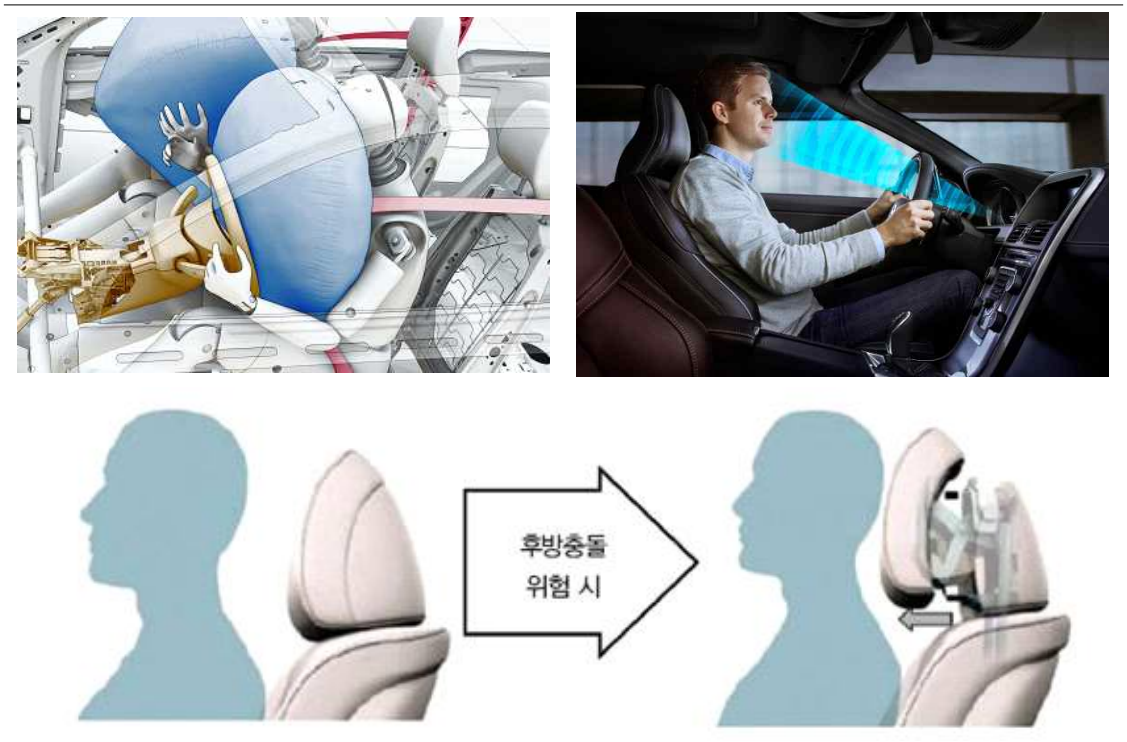
(2) 차량내 센서를 이용한 탑승인원 검지

◦ 최근 여러 자동차 제조사에서는 사고시 탑승객의 안전을 위해 탑승객의 유무에 따라 에어백, 시트 및 기타 안전 장치들의 작동 여부를 제어하는 기술을 개발하고 있음

◦ 여기에는 차량 내 하중 센서, 광학 센서 및 다양한 센서를 장착하여 시트에 앉은 탑승객을 인지하는 기술이 개발되고 있음

◦ 일부 고급 차량에는 일부 해당 기술이 적용되고 있으며, 특히 최근 스위스 제네바에서 개최된 제170차 유엔 유럽경제위원회 자동차 기준 국제조화 회의(UNECE WP.29) 총회에서는 차량 탑승자가 안전벨트를 착용하지 않을 경우 경고가 발생하는 장치를 전좌석에 확대 설치하도록 하는 규정이 개정되어 2019년부터 의무적으로 적용될 예정임

◦ 향후 차량 내 다양한 센서에서 수집된 데이터(탑승인원 수)를 차량정보와 함께 센터로 전송하는 기술이 필요하며, 이에 대한 연구 역시 활발히 진행될 것으로 예상됨



[그림 2] 자동차 제작사들의 탑승 인원 검지 시스템 개발

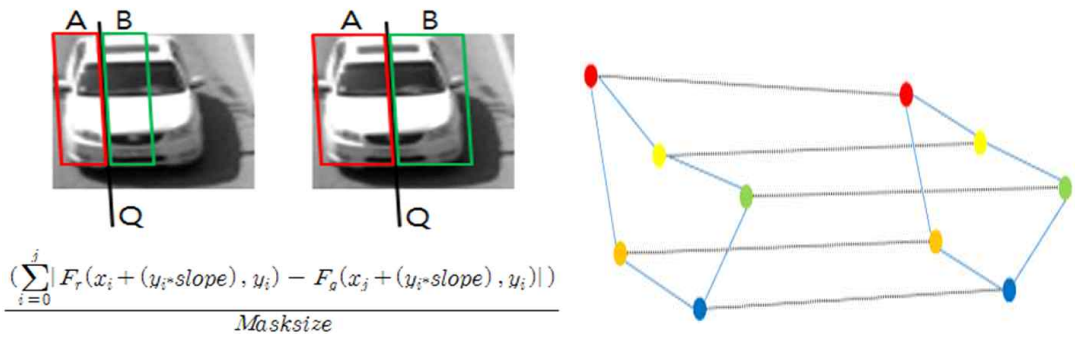
나. 영상 수집 및 분석 기술 검토

(1) Computer Vision 기술

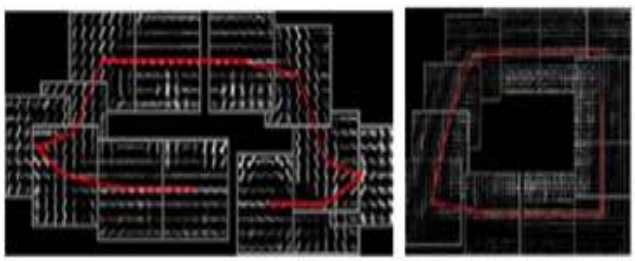
◦ 현재 computer vision기반 승차인원 자동검지는 아래와 같이 크게 두 가지의 방법이 존재

- 영상에서 창문과 같은 관심영역(region of interest)을 설정한 후, 관심영역에서 얼굴, 안전벨트 등 특정 물체를 영상에서 검출하는 방법으로, HOG, Haar-like feature등의 특징 추출 및 support vector machine, cascade classifier등의 분류기를 사용하여 사람의 얼굴 검출을 통한 승차인원 검지 방법

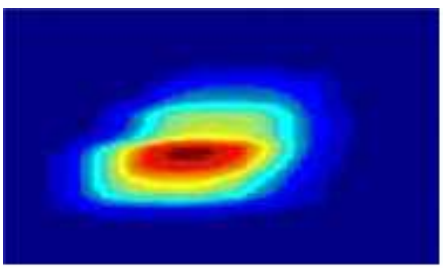
- 관심영역에서 특정 물체를 검출하지 않고, 관심영역 자체를 SIFT, HOG 등의 descriptor로 표현 후, SVM과 같은 classifier를 통해서 사람이 얼마나 존재하는 영상인지를 분류하여 승차인원을 검지하며, 특정 물체를 검출하여 승차인원을 검지하는 방법에 비해서 더 높은 검지 성공률을 보이고 있음



[그림 3] 차량의 décalcomanie 특성(좌)과 차량 위치 클러스터링 및 영상간 매칭 예시



[그림 4] DPM방법을 사용하여 정의한 차량의 유리영역



[그림 5] 생성한 확률지도

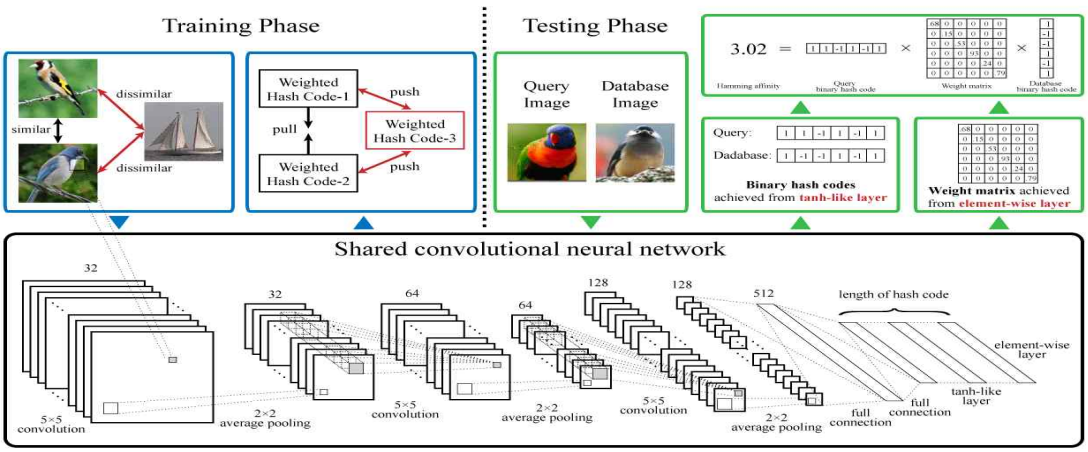
(2) 영상 분석 기술

◦ 차량 탑승자의 신체의 일부가 유리영역의 영상에 포함되기 때문에, 승차 인원에 따라서 영상에 포함되어 있는 패턴이 다름

◦ 승차인원에 따른 패턴의 변화 양상을 알아내기 위해, 입력 영상을 특징들로 표현 후, 승차인원에 따른 특징들의 변화 양상을 학습 및 분류함으로써 입력된 영상에 존재하는 승차인원의 검지가 가능

◦ 사람의 얼굴 등 탑승자의 특정 신체 부위에서 나타나는 특징을 추출하여 승차인원을 검지하는 방법은 카메라의 촬영 각도, 의자 및 동승자에 의한 가려짐 등의 요인에 따라서 관찰할 수 있는 탑승자의 신체부위는 달라지므로, 특정 신체 부위 검출에 기반한 승차인원 검지 방법의 정확성은 떨어짐

◦ 분류에 유용한 특징을 실제 영상 데이터에 기반한 학습을 통해 찾아내는 convolutional neural network(CNN)을 이용하여 차량의 유리영역 영상의 거시적 패턴을 파악하는 방식이 가장 정확하다고 알려져 있음



[그림 6] CNN 알고리즘 구성

2. 국내 관련 법제도 검토

◦ 국내에서는 고속도로 버스 전용차로 운영 및 차량의 틴팅 관련 법규는 도로교통법에 명시되어 있음

가. 고속도로 버스전용차로 운영 관련 법규

(1) 고속도로 버스전용차로의 설치

◦ 도로교통법

제61조(고속도로 전용차로의 설치) ① 경찰청장은 고속도로의 원활한 소통을 위하여 특히 필요한 경우에는 고속도로에 전용차로를 설치할 수 있다.

② 제1항에 따른 고속도로 전용차로의 종류 등에 관하여는 제15조제2항 및 제3항을 준용한다.

[전문개정 2011.6.8.]

제15조(전용차로의 설치) ① 시장등은 원활한 교통을 확보하기 위하여 특히 필요한 경우에는 지방경찰청장이나 경찰서장과 협의하여 도로에 전용차로(차의 종류나 승차 인원에 따라 지정된 차만 통행할 수 있는 차로를 말한다. 이하 같다)를 설치할 수 있다.

② 전용차로의 종류, 전용차로로 통행할 수 있는 차와 그 밖에 전용차로의 운영에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

③ 제2항에 따라 전용차로로 통행할 수 있는 차가 아니면 전용차로로 통행하여서는 아니 된다. 다만, 긴급자동차가 그 본래의 긴급한 용도로 운행되고 있는 경우 등 대통령령으로 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[전문개정 2011.6.8.]

(2) 고속도로 버스전용차로의 통행

◦ 도로교통법 시행령 별표 1

[표 9] 버스 전용차로의 통행

전용차로의 종류와 전용차로로 통행할 수 있는 차(제9조제1항 관련)

전용차로의 종류	통행할 수 있는 차
	고속도로
1. 버스전용차로	9인승 이상 승용자동차 및 승합자동차(승용자동차 또는 12인승 이하의 승합자동차는 6명 이상이 승차한 경우로 한정한다)
2. 다인승전용차로	3명 이상 승차한 승용·승합자동차(다인승전용차로와 버스전용차로가 동시에 설치되는 경우에는 버스전용차로를 통행할 수 있는 차는 제외한다)

제156조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람은 20만원 이하의 벌금이나 구류 또는 과료(科料)에 처한다. <개정 2013.8.13., 2014.1.28., 2014.12.30., 2015.8.11., 2016.1.27.>

제5조, 제13조제1항부터 제3항(제13조제3항의 경우 고속도로, 자동차전용도로, 중앙분리대가 있는 도로에서 고의로 위반하여 운전한 사람은 제외한다)까지 및 제5항, 제14조제2항·제3항·제5항, 제15조제3항(제61조제2항에서 준용하는 경우를 포함한다), 제15조의2제3항, 제17조제3항, 제18조, 제19조제1항·제3항 및 제4항, 제21조제1항·제3항 및 제4항, 제24조, 제25조부터 제28조까지, 제32조, 제33조, 제37조(제1항제2호는 제외한다), 제38조제1항, 제39조제1항·제3항·제4항·제5항, 제48조제1항, 제49조(같은 조 제1항제1호·제3호를 위반하여 차를 운전한 사람과 같은 항 제4호의 위반행위 중 교통단속용 장비의 기능을 방해하는 장치를 한 차를 운전한 사람은 제외한다), 제50조제5항부터 제7항까지, 제51조, 제53조제1항 및 제2항(좌석안전띠를 매도록 하지 아니한 운전자는 제외한다), 제62조 또는 제73조제2항(같은 항 제2호 및 제3호만 해당한다)을 위반한 차마의 운전자

제61조(고속도로 전용차로의 설치) ① 경찰청장은 고속도로의 원활한 소통을 위하여 특히 필요한 경우에는 고속도로에 전용차로를 설치할 수 있다.

② 제1항에 따른 고속도로 전용차로의 종류 등에 관하여는 제15조제2항 및 제3항을 준용한다.

[전문개정 2011.6.8.]

「도로교통법 시행령」 별표 8 제20호, 「도로교통법 시행규칙」 별표 28 제3호 가목 12

[표 10] 버스전용차로 위반 범칙금 및 벌점

위반 행위	범칙금(과태료)	벌점
20. 고속도로버스전용차로·다인승전용차로 통행 위반	승합차 등: 7만원(10만원) 승용차 등: 6만원(9만원)	30

나. 차량 틴팅 관련 법규

◦ 도로교통법

제49조(모든 운전자의 준수사항 등) ① 모든 차의 운전자는 다음 각 호의 사항을 지켜야 한다. <개정 2013.3.23., 2013.8.13., 2014.11.19., 2015.8.11.>

3. 자동차의 앞면 창유리와 운전석 좌우 옆면 창유리의 가시광선(可視光線)의 투과율이 대통령령으로 정하는 기준보다 낮아 교통안전 등에 지장을 줄 수 있는 차를 운전하지 아니할 것. 다만, 요인(要人) 경호용, 구급용 및 장의용(葬儀用) 자동차는 제외한다.

② 경찰공무원은 제1항제3호 및 제4호를 위반한 자동차를 발견한 경우에는 그 현장에서 운전자에게 위반사항을 제거하게 하거나 필요한 조치를 명할 수 있다. 이 경우 운전자가 그 명령을 따르지 아니할 때에는 경찰공무원이 직접 위반사항을 제거하거나 필요한 조치를 할 수 있다.

[전문개정 2011.6.8.]

◦ 도로교통법 시행령

제28조(자동차 창유리 가시광선 투과율의 기준) 법 제49조제1항제3호 본문에서 "대통령령으로 정하는 기준"이란 다음 각 호를 말한다.

1. 앞면 창유리: 70퍼센트 미만

2. 운전석 좌우 옆면 창유리: 40퍼센트 미만

[전문개정 2013.6.28.]

[표 11] 과태료의 부과기준(제88조제4항 본문 관련)[별포 6]

위반행위 및 행위자	근거 법조문(도로교통법)	과태료 금액
8. 법 제49조제1항제3호를 위반하여 창유리 가시광선 투과율 기준을 위반한 차의 운전자	제160조제2항제1호	2만원

3. 국외 기술 현황

가. 탑승인원 검지 관련 기술 현황 및 사례 검토

◦ 미국에서는 1970년대 초에 HOV(High Occupancy Vehicle) 차로를 운영하기 시작하였으며, 1980년대 중반부터 1990년대 후반까지 활발하게 도입하였음

◦ 이후 탑승인원이 적은 차량이 HOV 차로를 이용할 경우 요금을 부과하는 HOT(High Occupancy Toll)차로를 운영하는 구간이 증가하는 추세임



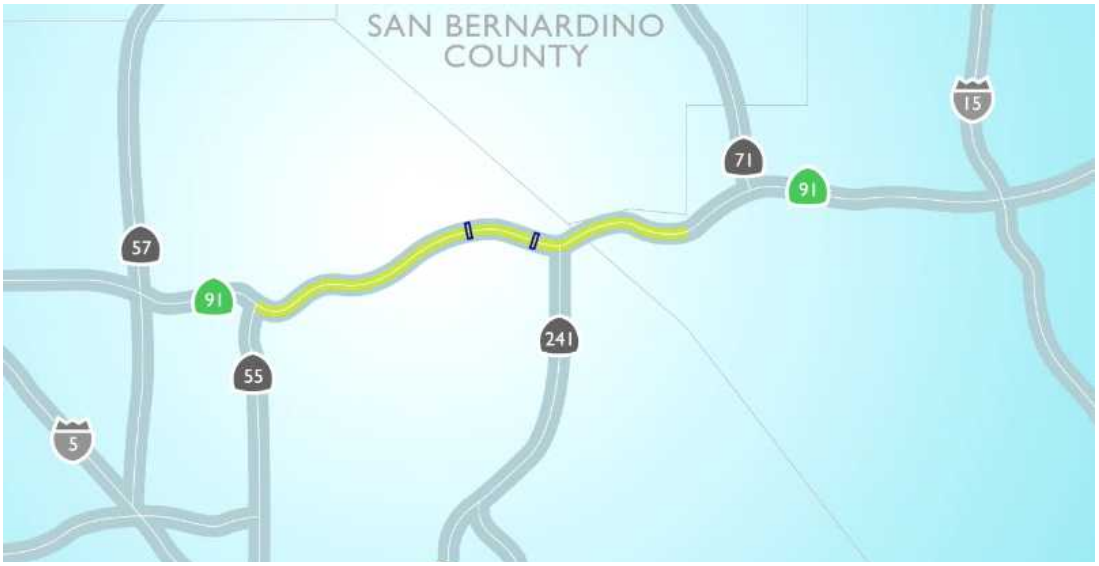
[그림 7] 미국의 HOV차로 운영 및 부정 이용차량 단속

(1) I-91 Highway Express Lane 운영

◦ 91 Express Lane은 미국 캘리포니아주 오렌지카운티의 Anaheim에 위치한 약 10mile의 유료도로임

◦ 편도기준 2개 차로의 유료차로와 4개 차로의 일반차로를 함께 운영하고 있으며, 방향별•시간별•요일별로 요금을 차등 적용함

◦ 요금정책 중 탑승자 3인 이상 차량에 대하여 무료 이용 가능한 다인승 차로를 별도로 운영하고 있으며, 해당 차로에서의 탑승인원 수를 파악하는 방법으로 단속하고 있음

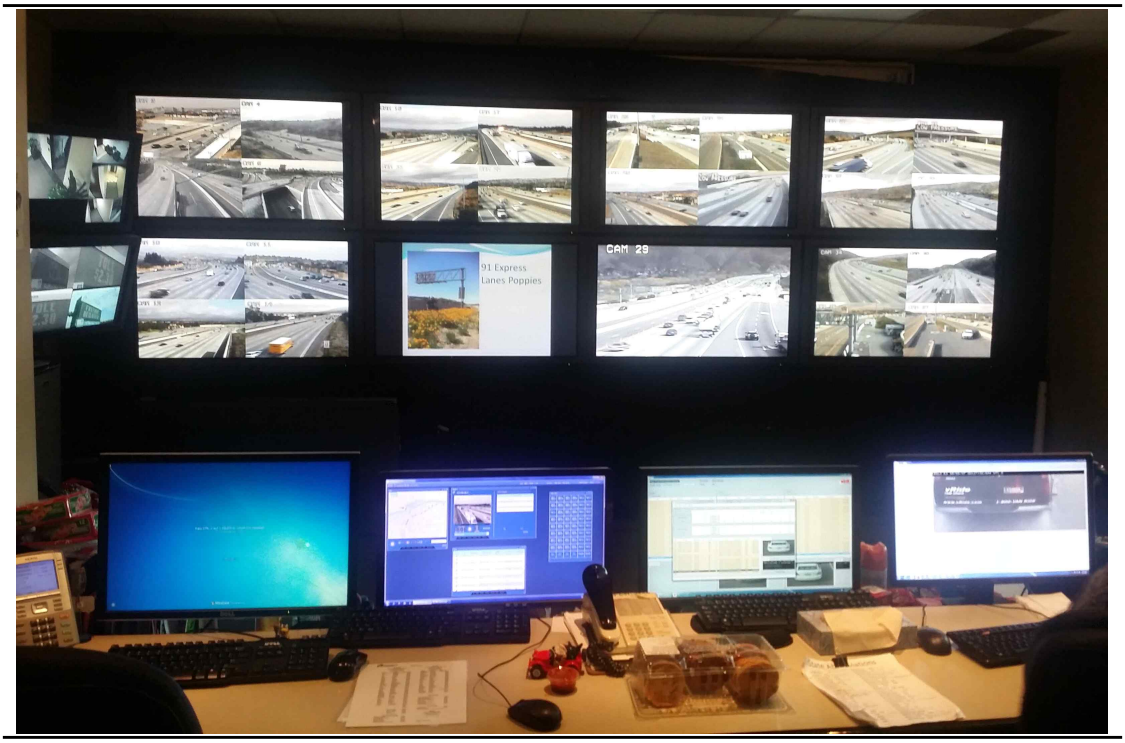


[그림 8] 91 Express Lane 공간적 범위



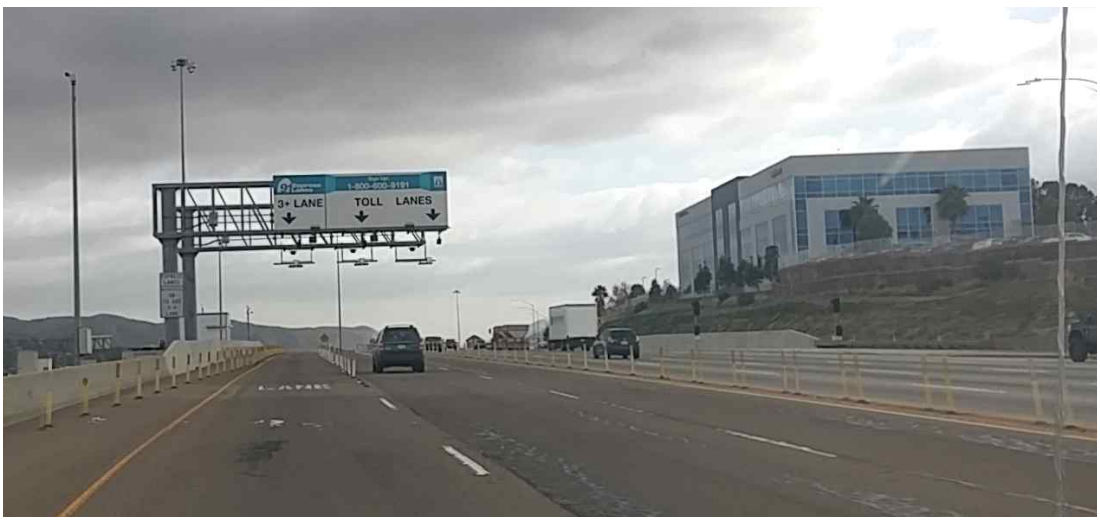
[그림 9] 다인승 무료 차로 및 요금부과 차로

◦ 유료구간 10mile 구간에 대하여 각 방향별로 1개소의 요금소를 운영하며(총2개소), 총 39개의 CCTV를 이용하여 모니터링함



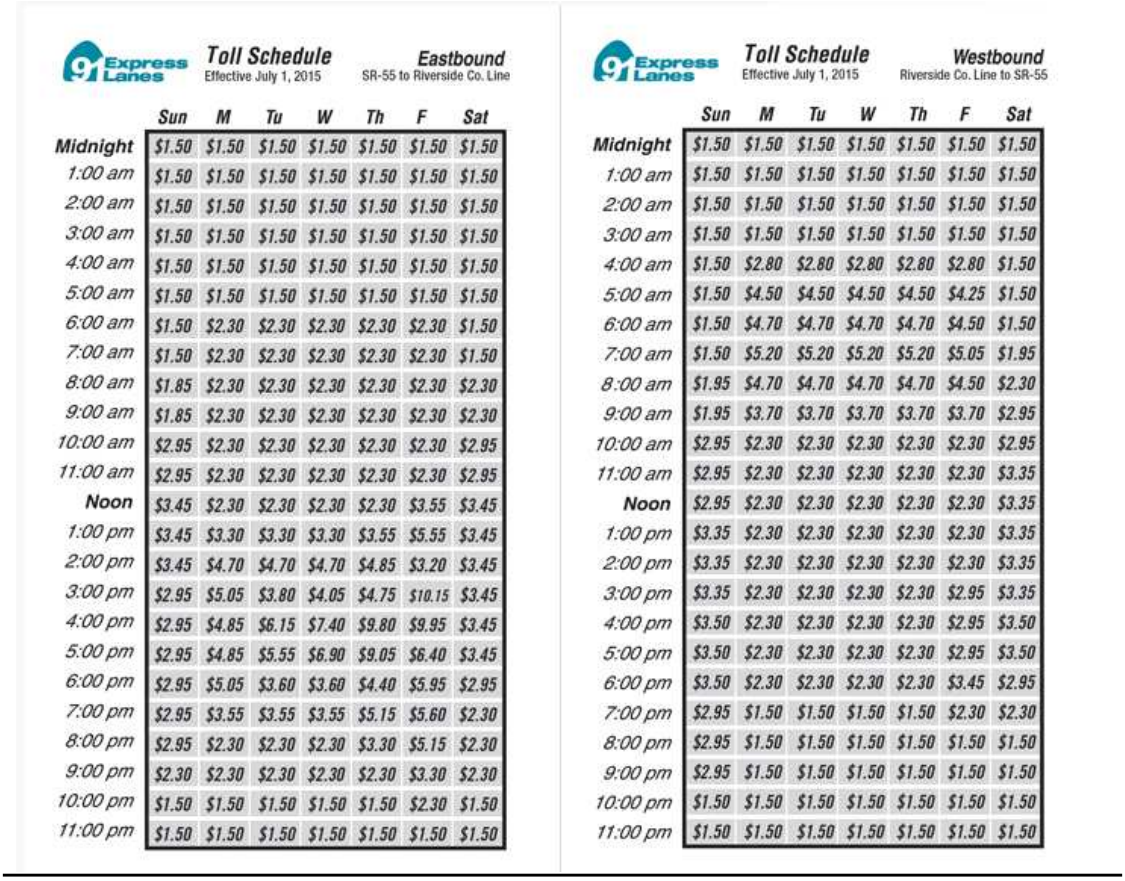
[그림 10] 91 Express Lane 운영센터 상황실

◦ 다인승차로와 유료차로, 일반차로는 충격방지봉을 설치하여 물리적으로 분리하여 운영함



[그림 11] HOT차로 운영 현황

◦ 방향별•요일별•시간별로 요금을 차등 적용하며, 요금 스케줄을 홈페이지에 공지함 (https://www.91expresslanes.com/)



91 Express Lanes — Toll Schedule — Effective July 1, 2015 — Eastbound — SR-55 to Riverside Co. Line

	Sun	M	Tu	W	Th	F	Sat
Midnight	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
1:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
2:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
3:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
4:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
5:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
6:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
7:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
8:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
9:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
10:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
11:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
Noon	$3.45	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.55	$3.45
1:00 pm	$3.45	$3.30	$3.30	$3.30	$3.55	$5.55	$3.45
2:00 pm	$3.45	$4.70	$4.70	$4.70	$4.85	$3.20	$3.45
3:00 pm	$2.95	$5.05	$3.80	$4.05	$4.75	$10.15	$3.45
4:00 pm	$2.95	$4.85	$6.15	$7.40	$9.80	$9.95	$3.45
5:00 pm	$2.95	$4.85	$5.55	$6.90	$9.05	$6.40	$3.45
6:00 pm	$2.95	$5.05	$3.60	$3.60	$4.40	$5.95	$2.95
7:00 pm	$2.95	$3.55	$3.55	$3.55	$5.15	$5.60	$2.30
8:00 pm	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$5.15	$2.30
9:00 pm	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$2.30
10:00 pm	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$2.30	$1.50
11:00 pm	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50

91 Express Lanes — Toll Schedule — Effective July 1, 2015 — Westbound — Riverside Co. Line to SR-55

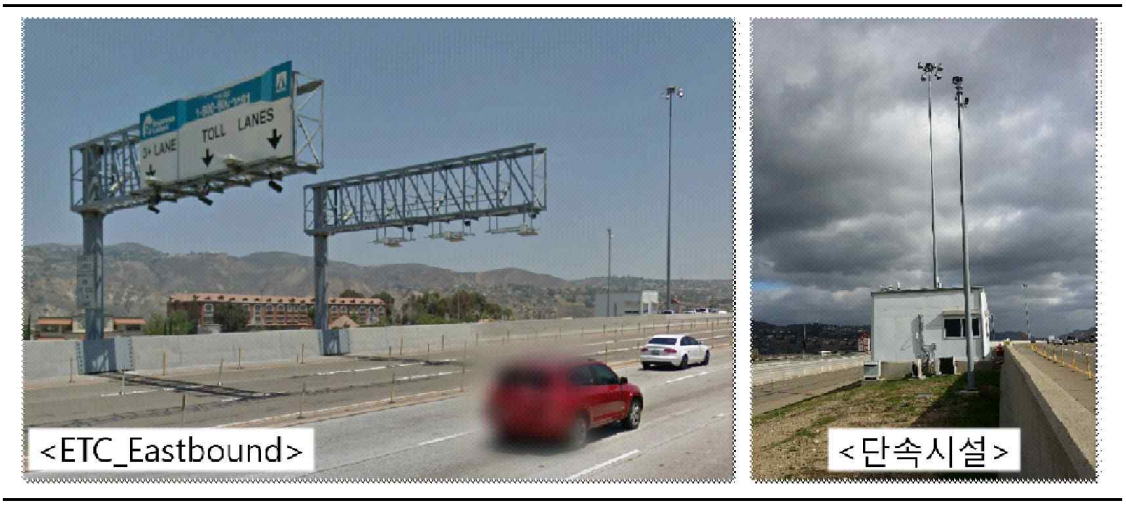
	Sun	M	Tu	W	Th	F	Sat
Midnight	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
1:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
2:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
3:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
4:00 am	$1.50	$2.80	$2.80	$2.80	$2.80	$2.80	$1.50
5:00 am	$1.50	$4.50	$4.50	$4.50	$4.50	$4.25	$1.50
6:00 am	$1.50	$4.70	$4.70	$4.70	$4.70	$4.50	$1.50
7:00 am	$1.50	$5.20	$5.20	$5.20	$5.20	$5.05	$1.95
8:00 am	$1.95	$4.70	$4.70	$4.70	$4.70	$4.50	$2.30
9:00 am	$1.95	$3.70	$3.70	$3.70	$3.70	$3.70	$2.95
10:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
11:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.35
Noon	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.35
1:00 pm	$3.35	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.35
2:00 pm	$3.35	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.35
3:00 pm	$3.35	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95	$3.35
4:00 pm	$3.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95	$3.50
5:00 pm	$3.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95	$3.50
6:00 pm	$3.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.45	$2.95
7:00 pm	$2.95	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$2.30	$2.30
8:00 pm	$2.95	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
9:00 pm	$2.95	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
10:00 pm	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
11:00 pm	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50

[그림 12[요금 스케줄 공지



[그림 13] 요금정책 운영 현황(다인승 무료)

◦ 요금소 50m 후방에 간이건물을 설치, 다인승차로 이용 위반 여부를 단속원이 육안으로 단속함



[그림 14] Eastbound 요금소 및 단속시설

◦ 위반차량 발견시 무전연락을 통하여 후방의 순찰대원이 출동하여 벌금을 부과하는 방식으로 운영하고 있음

◦ 육안 단속이라는 한계로 인해 기상 상황(햇빛, 강우 등) 및 출퇴근시간에 영향을 많이 받아 24시간 단속은 불가능하며, 주로 오후 1시~3시 사이에 단속을 수행함

◦ 다인승차로 이용 위반율은 연간 6% 수준임

(2) California I-15 고속도로

◦ 특히, 미국 California주의 I-15 고속도로에서는 탑승인원 검지 시스템을 시범설치하여 운영하기도 하였으며 해당 내용을 지역방송에서 보도한 적이 있음[1)]



[그림 15] I-15 고속도로에서의 시범 운영 홍보 내용

1) http://www.cbs8.com/clip/11373755/new-camera-spies-carpool-cheaters-on-interstate-15

◦ 또한, 시범 운영 후에 샌디에고 신문사에서는 설문 조사를 실시한 결과 응답자의 약 70%가 카메라를 이용하여 HOV 위반 차량을 단속하는 것에 찬성하였음

◦ 그러나 미국의 HOV/HOT 운영 방식에는 다음과 같은 한계점을 지니고 있음

- 자동화가 아닌 단속 인원에 의한 수동 단속으로 약 60%의 낮은 정확도를 보임(91번 Highway)
- 탑승인원 육안 식별을 위한 숙련된 단속원이 필요함
- 날씨, 주야간, 틴팅 정도에 따른 제약이 있음(결과 신뢰성 저하)

(3) 중국의 다인승차로제

◦ 중국 광둥성 선전시의 주요 도로를 운행하는 차량의 50% 가량이 나홀로 차량으로 조사되었고 대기 오염 등의 문제가 발생하여 이에 대한 대책으로 다인승전용차로제를 도입함

◦ 2016년 4월 중국에서 처음으로 다인승전용차로제를 도입한 후 2016년 8월부터 본격적으로 단속을 실시함[2)]



[그림 16] 중국 선전시 다인승차로제 시행 관련 보도 자료

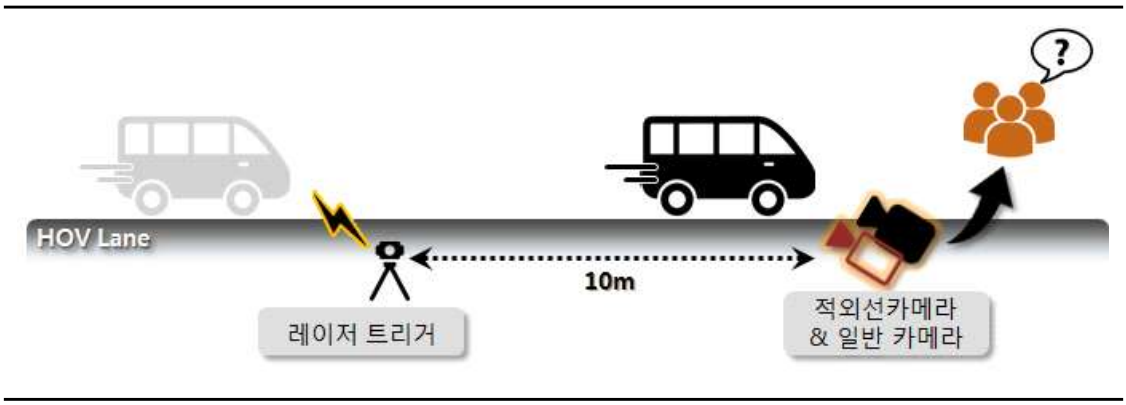
◦ 본격적인 단속 이후 선전시 주요 도로의 나홀로 차량이 약 30% 감소되었다고 밝힘

2) KBS NEWS, 중국 CCTV 인용

나. 영상 분석 관련 기술 현황

(1) VODC社(미국) 기술 검토

◦ VODC에서 보유한 탑승인원검지 기술은 카메라장비 10m 전방에 위치한 레이저 트리거를 통하여 차량의 접근을 검지하고, 2대의 카메라를 이용하여 다인승차로를 주행하는 차량의 사진을 수집하며, 수집된 사진을 영상분석하여 탑승인원을 집계하는 방식으로 운영되고 있음



[그림 17] 시스템 구성도

◦ VODC社의 제품 사양은 아래와 같음

제품 사양	
제품 특성	110/240 VAC (공급전압) 트리거 종류 : Loops, Beam break, Treadle, Pneumatic 10-160km/hr (검지시 대상 속도) Ethernet LAN(>2Mbps), Wi-fi, 3G, Fixed IP address
검지 범위	
1열, 2열	95퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 95퍼센트, 2열: 90퍼센트





Passenger face obscured – hand raised

[그림 18] VODC社의 제품 사양

◦ VODC는 2013년 8월 Orange County에 위치한 Caltrans District 12에서 테스트베드를 운영하였으며, 차량 1열 및 2열의 다양한 탑승인원의 형태에 대해 평균 약 96%의 탑승인원 검지 정확도를 나타냈다고 발표함(그림 19)

Caltrans' Trials

Vehicle Occupancy Detection Corporation installed its prototype in Caltrans District 12 (Orange County) in August, 2013.

VODC's technology reached 96% accuracy when counting multiple occupants, regardless of whether their face was partially obscured, hooded, reclining or mostly covered with hair looking sideways, in the front or the back seats.

[그림 19] VODC 홈페이지에 게시된 현장테스트 결과 안내문



[그림 20] VOD 설치 모습

◦ 해당 테스트를 위해 사용된 시스템의 하드웨어 및 부품은 모두 상용제품을 사용하였으며, 수집된 영상에서 탑승자 수를 산출하는 소프트웨어 부분을 자체개발하였음

◦ 특이사항으로 카메라 전방 10m에 설치된 “레이저 트리거”에 차량이 충돌하는 사고가 가끔 발생한다고 함(테스트 기간 약 1년 동안 4~5번)

◦ 2013년 district 12의 테스트베드 운영 이후, 현재 테스트베드에 설치된 사례는 없음



[그림 21] VOD 설치 사례

◦ 다음 표는 VODC 홈페이지에서 제시한 세부 기능에 대한 설명으로 탑승자 • 날씨 • 차종 등에 관계없이 탑승인원 검지가 가능하다고 기술되어 있음

[표 12] VOD의 세부기능

구분	세부기능	비고
1	Discriminates human skin inside a vehicle, behind automotive glass	탑승자피부 판별
2	Will not recognize Animals/Dummies/Photos as falsepositives	동물/인형/사진 판별
3	Works on all skin types from all countries	모든 피부타입
4	Is not limited by ambient temperature or by internalvehicle temperature	차량 내/외부 온도 구애 없음
5	Works with any amount of hair, including zero [i.e.,bald], cosmetics, glasses, etc	대머리, 화장, 안경 구애 없음
6	Works on all vehicle window types	모든 차량
7	Works in all types of weather	모든 날씨
8	Provides information in real time [withinmilliseconds]	실시간
9	Works 24 hours a day without need for any externallighting	보조 조명 필요없음
10	Works at ranges up to 150 feet	45m
11	Works at vehicle speeds up to 90 mph	145km/h
12	Works through metallic and tinted windshields	차량 틴팅 구애 없음

◦ 현장 테스트를 진행하면서 차량 영상을 수집한 사진은 아래와 같으며, 해당기술은 차량 내 1열 및 2열 좌석에 승차한 모든 탑승자에 대하여 검지 가능하며, 모자티 착용•헤어스타일 등에 상관없이 검지 가능하다고 하였음



[그림 22] VOD를 이용한 영상분석 사례

(2) Xerox社 기술 검토

◦ Xerox社에서 개발한 차량 탑승인원 검지 시스템의 제품 특징과 수집된 샘플 영상은 아래와 같음

제품 사양	
제품 특성	섭씨 -40~70 도 (작동온도), 섭씨 -20~80 도 (보관온도) 20-80퍼센트 (작동습도), 208/240 VAC (47~63 Hz) (공급전압 10-160km/hr (검지시 대상 속도) 암호화되어 로컬메모리에 저장 ,로컬메모리에서 유무선 통신망으로 전송
검지 범위	
1열 , 2열	99퍼센트 , 96퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 99퍼센트, 2열: 91퍼센트





[그림 23] Xerox社의 제품 특성 및 샘플 영상

◦ Xerox社에서 개발한 차량 탑승인원 검지 시스템의 사양은 아래와 같음

[표 13] Xerox 제품의 사양 및 범위

제품 사양 및 범위	
작동 온도	섭씨 -40~70 도
보관 온도	섭씨 -20~80 도
작동 습도	20-80퍼센트
공급전압	208/240 VAC (47~63 Hz)
속도	10-160km/hr
데이터 저장방식	암호화되어 로컬메모리에 저장됨
데이터 통신방식	로컬메모리에서 유무선 통신망으로 전송
검지율	
1열	99퍼센트
2열	96퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 99퍼센트, 2열: 91퍼센트
관련 주요 특허	
특허번호: US8611608B2 특허취득: 2011년	Front seat vehicle occupancy detection via seat pattern recognition
특허번호: US8824742B2 특허취득: 2012년	Occupancy detection for managed lane enforcement based on localization and classification of windshield images
특허번호: US20130141574A1 특허취득: 2013년	Vehicle occupancy detection via single band infrared imaging
특허번호: US20150363655A1 특허취득: 2015년	Smart reduction in near infrared vehicle windshield images
관련 최근 논문	
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al,IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.
Comparison of Face Detection and Image Classification for Detecting Front Seat Passengers in Vehicles	Yusuf Artan, et. al, IEEE Winter Conference on Application of Computer Vision (WACV), 2014.
Passenger Compartment Violation Detection in HOV/HOT Lanes	Yusuf Artan, et. al., 2016 IEEE Transportations on Intelligent Transportation Systems, Vol 17, No 2, 2016.

다. 공동연구기관의 보유 기술 및 역량

◦ 공동연구기관인 New Jersey Institute of technology의 연구책임자인 이조영 교수는 교통공학을 전공하고, Federal Highway Administration 내의 Saxton Transportation Operations Lab을 운영한 경험을 보유하고 있음

◦ 또한, 현재 Transportation Research Board (TRB) Traffic Simulations Subcommittee, Transportation Research Board (TRB) Travel Time, Speed, and Reliability Subcommittee의 멤버로 활동중이며, New jersey Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering의 교수로 재직중임

◦ 특히, 차량 검지와 관련된 분야의 다양한 연구를 통하여 수준 높은 기술 및 노하우를 보유하고 있음

성 명	이조영	소 속	뉴저지 공과대학교 (NJIT)	직위	조교수
학 력	졸업년도	학 교	전 공		학 위
	2010	University of Virginia	교통공학		박사
	2002	한양대학교	교통공학		석사
주요 활동					
한국	서울연구원(구 서울시정개발연구원) 위촉연구원, 2002-2005				
	한양대학교 공학기술연구소 연구원, 2000-2002				
미국	Assistant Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, NJIT, (2013-현재)				
	Laboratory Manager, Saxton Transportation Operations Lab. Federal Highway Administration, (2011-2013)				
	Research Associate, Center for Transportation Studies, University of Virginia, (2010-2011)				
	Member, Transportation Research Board (TRB) Travel Time, Speed, and Reliability Subcommittee, (2014-현재)				
	Member, Transportation Research Board (TRB) Traffic Simulations Subcommittee, (2014-현재)				
주요 연구					

<Low-Cost and Energy-Saving Wireless Sensor Network for Real-Time Urban Mobility Monitoring System. Journal of Sensors - Lee, J., Zhong, Z., Du, B., Gutesa, S., Kim, K. (2015)>

- 무선센서망 기반의 자체개발 블루투스 센서를 활용하여 구간 통행시간을 측정하고 이를 바탕으로 도시부 실시간 교통 혼잡 관리기술의 프로토타입을 개발하고 평가하였음. 현재, City of Newark과 연구협업을 통하여 해당 기술의 Pilot 프로젝트가 진행 중에 있음.

<State-wide Work Zone Monitoring System>

- 자체개발한 블루투스 및 와이파이 센서 기반의 구간통행시간 측정 기술을 활용하여 중/단기 도로공사로 인한 혼잡을 측정하고 이를 바탕으로 공사중 교통혼잡 예측 모형을 개발 정산함. 현재 뉴저지주 교통부의 지원으로 연구가 진행중에 있음.

<In-Vehicle Traffic Signal Advisory System Pilot: Data Communications, Processing, and Mobile Application Prototype Development>

- 무선통신기반의 모바일앱을 활용하여 교차로에 접근하는 개별차량들에게 최적 주행 속도를 제시하는 기술을 개발하고 평가하는 과제로 뉴저지 주 교통부의 지원으로 현재 필드테스트를 마쳤음.

4. 국내외 현황 검토 결과

◦ 미국에서는 탑승인원 검지에 대한 필요성을 인식하고 기술개발에 착수하고 있으며, 특히 전세계 교통 전문가들이 참여하여 교통 관련 모든 분야를 다루는 국제 세미나인 TRB Annual Meeting에서 HOV, HOT 등에서 고속도로 주행차량의 탑승인원 검지에 대한 많은 연구가 진행되고 있음

◦ 특히 미국은 차량내 탑승인원을 검지하고 이를 사람으로 인지할 수 있는 기술의 정확도가 90% 이상에 달하고 있으나 우리나라는 이에 대한 기술 보유 업체 및 연구가 전무한 상황임

[표 15] 미국과 한국의 차량내 탑승인원 검지 기술 현황

국가		미국		한국
업체명		VODC	Xerox	해당 업체 없음
성능	검지범위	1열 : 99%, 2열 : 90%	1열 : 99%, 2열 : 90%	해당 자료 없음
	사람 인지율	1열 : 95%, 2열 : 90%	1열 : 99%, 2열 : 91%	

◦ 그러나 아래와 같이 교통 비용, 교통 환경, 교통 안전 측면에서 볼 때, 탑승인원 자동 검지 시스템의 개발이 절실히 필요하다고 판담됨

- 교통 비용 : 차량 증가로 인해 교통 혼잡비용이 지속적으로 증가하고, 현재 운영중인 다인승 차량을 위한 교통 정책이 기술적인 한계가 있기 때문에 교통 비용 감소를 위한 새로운 기술이 필요함

- 교통 환경 : 차량 증가로 인해 대기질이 저하되고, 차량에서 발생하는 미세먼지가 국민 건강에 직접적인 영향을 초래하기 때문에 교통 환경을 개선하기 위한 새로운 기술이 필요함

- 교통 안전 : 운행중인 차량에 대한 단속으로 교통사고 위험성이 증가하고, 단속인원이 위법 차량 단속으로 사고 위험성에 노출되며, 단속구간 전방에서의 갑작스런 차로 변경 등의 위험성이 존재하기 때문에 교통 안전을 향상하기 위한 새로운 기술이 필요함

◦ 따라서, 향후 도로를 효율적으로 활용하기 위해 전세계적으로 HOV, HOT 차로가 확산되면 차량 내 탑승인원을 검지하는 기술에 대한 수요가 증가하고 이에 대한 연구가 활발히 진행될 것이라 예상할 수 있음

제3장 행사 수행 내용 및 성과

1. 행사 수행 내용

가. 세미나 개최 개요

◦ 본 연구 기간 중 국내, 국제 세미나를 통해서 다음의 주제를 논의함

- 현재 국내외에서 진행되고 있는 차량 내 탑승인원 검지 기술 현황 검토
- 다양한 종류의 검지 센서를 활용한 정확도 높은 탑승인원 검지 기술의 개발 가능성 평가
- 탑승인원 검지 시스템을 도입하기 위한 방안
- 특히, 해당 기술은 국내에 처음으로 소개되는 분야로 향후 해당 기술의 도입 가능성, 향후 해당 분야의 국내외 시장성 등을 중점적으로 검토
- 또한, 이와 더불어 탑승인원 검지 기술을 통한 국내 교통 수요 분석 및 예측 분야에의 적용성 검토

◦ 연구 시작과 동시에 국내, 국제 세미나를 준비하여 최종 목표 달성

◦ 세미나 안건 및 주제 : 세미나에서는 해당 기술과 관련된 다음의 사항에 대해 중점적으로 발표 및 논의할 예정임

- 탑승인원 검지 기술의 필요성
- 현재 국내외의 차량 검지 관련 연구/기술 현황(DSRC 등)
- 현재 국내외의 탑승인원 검지 관련 연구/기술 현황
- 영상분석 기술 및 알고리즘의 발전 방향
- 데이터 전송을 위한 기술 구성
- 향후 관련 분야의 발전 가능성
- 시장성 및 마케팅 검토

나. 국내 세미나 개최

(1) 국내 세미나 개요

◦ 국내 세미나는 연구가 시작된 후 3개월의 준비 기간을 거친 후 교통, 토목, 물류 등 다양한 분야의 전문가들을 초빙하여 개최하였음

◦ 개최 일시 : 2016년 6월 17일(금), 15:00 ~ 18:00

◦ 개최 장소 : 서울특별시 서초구 엘타워 그레이스홀

◦ 참 석 자

성명	소속	부서	직위	전공분야	참석형태
강상철	㈜지앤티솔루션	-	대표이사	도시공학	연구진/토론자
신영호	㈜지앤티솔루션	기술연구소	책임연구원	교통계획	연구진/발표자
이호원	㈜지앤티솔루션	기술연구소	선임연구원	교통공학	연구진/발표자
이조영	뉴저지공과대학교	토목환경공학	조교수	교통공학	연구진/발표자
박준영	University of Central Florida	Civil, Environmental and Construction Engineering	조교수	토목공학	발표자
오철	한양대학교	교통물류공학과	교수	교통공학	발표자
강경표	한국교통연구원	교통기술연구그룹	연구위원	교통공학	토론자
김승범	경상대학교	도시공학과	교수	도시공학	토론자
김준기	국토연구원	국토인프라연구본부	연구위원	교통공학	토론자
김진태	한국교통대학교	교통대학원	교수	교통공학	토론자
이강대	연세대학교	도시공학과	교수	교통물류	토론자
이건우	한국해양수산개발원	국제물류연구실	전문연구원	교통물류	토론자
이기영	한국도로공사	도로교통연구원	책임연구원	교통공학	토론자
이향숙	인천대학교	동북아물류대학원	교수	교통물류	토론자
이호	한국교통연구원	철도교통본부	부연구위원	교통계획	토론자
한근수	대구경북연구원	공항철도정책팀	팀장	교통계획	토론자
김준형	㈜지앤티솔루션	기술연구소	선임연구원	교통공학	참석자

◦ 주요 참석자 외에 교통공학을 전공한 다수의 외부 전문가 및 학생들이 참석하여 다양한 의견을 제시하였음



[그림 24] 국내 세미나 진행 모습

(2) 주요 내용 및 시사점

◦ 도로를 효율적으로 활용하기 위한 방안의 하나인 HOT/HOV 차로에 대한 전세계적인 관심이 많은 것으로 보아 향후 차량 내 탑승인원 검지에 대한 연구 및 기술 수요가 증가할 것으로 판단됨

◦ 향후 탑승인원 검지 장비를 설치할 경우 차로 변경으로 인한 사고를 방지하기 위해 차로 변경을 제지할 수 있는 물리적인 시설물 설치도 필요함

◦ 단속기능을 강조하기 보다는 교통수요분야 및 탑승인원 검지 등의 다양한 활용방안 검토 필요

◦ 차량내 1열 및 2열의 탑승자 검지는 검토할 여지가 있지만, 3열까지 검지하여 6인의 탑승자를 모두 검지하기에는 어려울 것으로 사료됨. 이에 따라 탑승인원 검지 시스템을 보다 효율적으로 운영하기 위한 법/제도 검토도 이루어져야 함

◦ 단속시 벌금 5~6만원 수준임에 비해 상대적으로 장비 구매 및 운영 비용이 높을 것으로 예상, 가격 측면에서 구매경쟁력 확보 방안 검토 필요

◦ 타 검지장비와의 융합 방안 검토 필요

다. 국제 세미나 개최

(1) 국제 세미나 개요

◦ 국제 세미나는 국내 세미나를 개최한 후 2016년 8월에 공동연구기관인 뉴저지 공과대학교가 있는 미국에서 개최하였음

◦ 개최 일시 : 2016년 8월 26일(금), 13:00 ~ 18:00

◦ 개최 장소 : 미국 뉴저지주 뉴저지 공과대학교 Campus Center #215

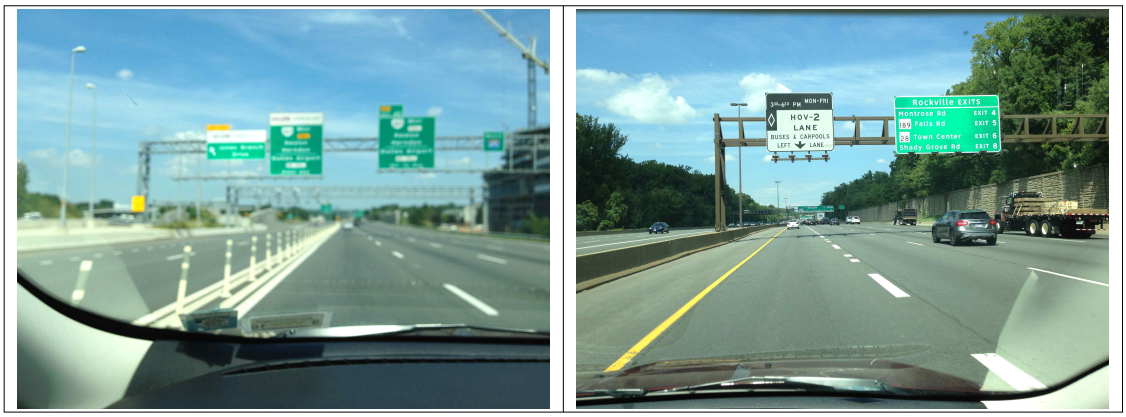
◦ 참 석 자

Name	Department/Division	Affiliation
Chang Mo Kim, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	University of California, Davis
Chang S. Baek, P.E.	Traffic Systems Operations Unit	North Carolina DOT
Dong-Kyun Koh, Ph.D.	Dept. of Electrical Engineering	New Jersey Institute of Technology
Eon-Soo Lee, Ph.D.	Dept. of Mechanical Engineering	New Jersey Institute of Technology
Howon Lee, M.S.	R&D, Transportation Engineering	GnT Solutions, Korea
Hwi-Jun Park, Ph.D.	Department of Transportation	New York City
In-Kyu Lim, Ph.D., P.E.	Traffic Engineering Division (Central Office)	Virginia DOT
Jongsun Won, P.E.	Eastern Region	PTV America
Joyoung Lee, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology
Junyang Park, M.S.	R&D	GnT Solutions, Korea
Ki-Tae Kim, Ph.D.	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology
Kyungsu Kim, PCP	Transportation Planning	Louis Berger
Michael Lee, Ph.D.	Dept. of Information Systems	New Jersey Institute of Technology
Sang-Cheol Kang, M.S.	CEO, Transportation Engineering	GnT Solutions, Korea
Tae Hyung Kim, Ph.D.	Transportation Engineering and Policy	World Bank Group/Korea Transport Institute
Young-Jun Kweon, Ph.D., P.E.	Virginia Transportation Research Council	Virginia Department of Transportation
Young-Min Choi	Civil and Environmental Engineering	New Jersey Institute of Technology



[그림 25] 미국 세미나 진행 모습

◦ 세미나 개최 후 NJIT 인근에서 HOT/HOV 차로를 운영하는 고속도로 현장을 답사하여 시설물 설치 및 운영 현황을 확인함



[그림 26] 고속도로 현장 답사

(2) 주요 내용 및 시사점

◦ 기존 VODC에서 테스트를 수행한 District 12는 1년간 대부분의 날씨가 우리나라의 가을 날씨 수준으로, 테스트 환경이 국내에 비해 상대적으로 좋기 때문에 정확한 성능 평가를 위해서는 다른 기상조건에서의 테스트 결과가 필요함

◦ 최첨단 비전 카메라 기술의 발달뿐만 아니라, 다른 유사한 연구에 근거하여 볼 때 기술적으로 더 나은 이미지 품질 및 이미지 처리 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

◦ 이미지 처리 기술은 최근 몇 년 동안 크게 발전되고 있으며, 현재의 기술로는 차량 앞 유리의 눈부심을 현상을 극복하고 차량 내부 탑승자를 식별하여 선명한 이미지로 제공할 수 있음

◦ 탑승인원 검지 시스템에서 중요한 영역은 컴퓨터 비전(computer vision) 기술에 의한 개체와 인간의 얼굴 인식에 있으며, 해당 기술은 다른 분야에 적용하기 위해 개발되었으나, HOV/HOT 시스템에 적용될 수 있다고 판단됨

◦ 또한, 차량 내의 인체 검지 기술 역시 중요한 부분 중 하나이며, 운전자와 승객 모니터링 시스템은 첨단 안전 기능에 활용될 수 있다고 판단됨

◦ 중량 센서, 적외선 센서, 초음파 및 이미지 센서 등을 활용한 탑승인원 검지 시스템은 향후 첨단 에어백 시스템에도 적용할 수 있으리라 판단됨

◦ V2V, V2I 또는 클라우드 네트워크와의 정보 교환을 가능하게 하는 무선 통신의 개발은 현재 전세계적인 추세이며, 차량 내 정확한 탑승인원을 파악하여 인프라 시스템으로 전송하면 해당 탑승 인원에 대한 적절한 규정을 적용할 수 있음

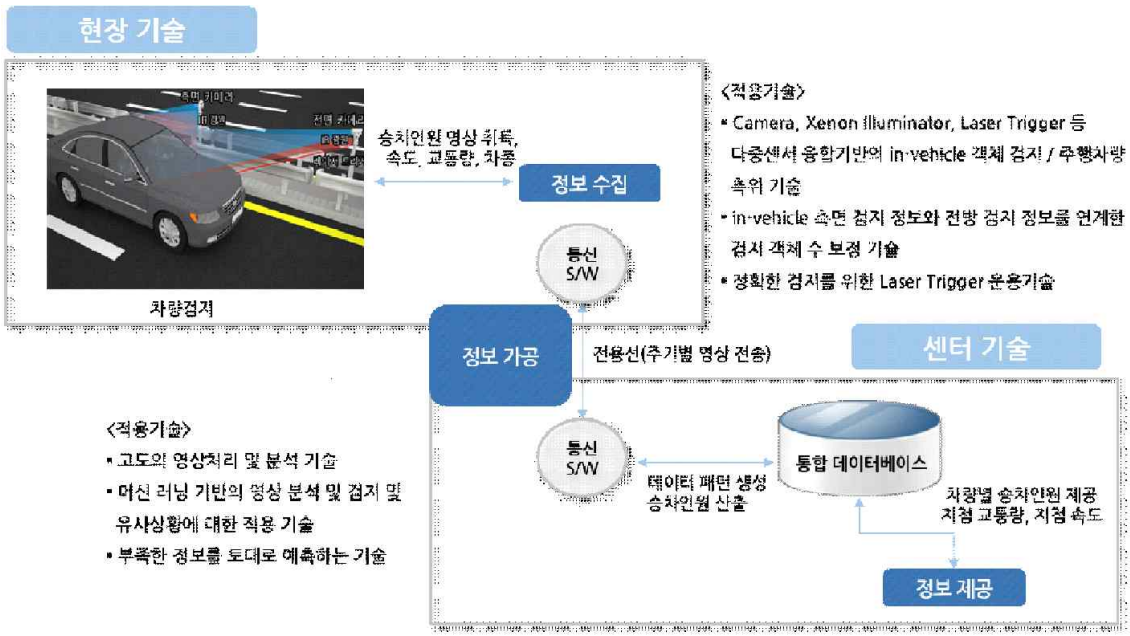
◦ 향후 미국 진출 시 각 주마다 다른 법을 적용하고 있어 이에 대한 대응 방안도 마련해야 할 것임

2. 행사 수행 성과

가. 차량내 탑승인원 검지 기술 개요 정립

(1) 차량내 탑승인원 검지 기술 개요

◦ 차량내 탑승인원 검지 기술은 현장 기술과 센터 기술로 구성되며 개념도는 아래 그림과 같음



[그림 27] 차량내 탑승인원 검지 기술의 개념도

◦ 현장 기술은 도로변에 설치하여 주행 차량 내 탑승인원을 파악하기 위한 영상을 수집하는 부분이며, 센터 기술은 현장에서 수집된 영상 데이터를 분석하기 위한 프로그램을 탑재하는 부분임

◦ 현장 기술과 센터 기술은 아래와 같이 주요 기능, 구성 요소, 적용 기술 및 설치 위치에 따라 구분할 수 있음

◦ 현장에서 수집된 영상을 분석하는 프로세스는 연구 진행에 따라 전체 시스템의 성능을 최적화할 수 있는 위치(현장 시스템 또는 센터 시스템)에 탑재할 수 있음

[표 17] 차량내 탑승인원 검지 시스템의 기술에 따른 구분

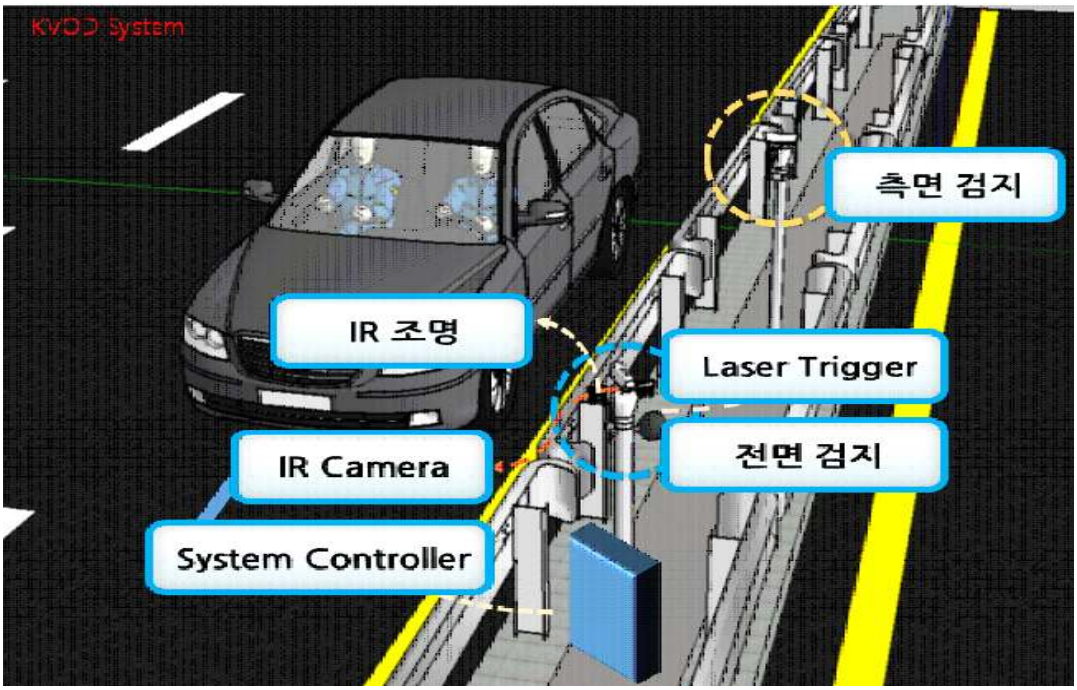
기술 구분	주요 기능	구성 요소	적용 기술
현장 기술	주행 차량 내 탑승인원 영상 수집	- 시스템 컨트롤러 - 영상 수집 장비(IR 카메라, 가시광선 카메라 등) - 일루미네이터(조명) - 레이저 트리거(차량 진입 검지) - 통신 시스템	- Camera, Xenon Illuminator, Laser Trigger 등 다중센서 융합기반의 in-vehicle 객체 검지/주행차량 측위 기술 - in-vehicle 측면 검지 정보와 전방 검지 정보를 연계한 검지 객체 수 보정 기술 - 정확한 검지를 위한 Laser Trigger 운용기술
센터 기술	현장 장비에서 수집된 영상 데이터 분석	- 시스템 컨트롤러 - 통신 시스템 - 통합 데이터베이스	- 고도의 영상처리 및 분석 기술 - 머신 러닝 기반의 영상 분석 및 검지 및 유사상황에 대한 적용 기술 - 부족한 정보를 토대로 예측하는 기술

(2) 요소 기술 분석

(가) 현장 기술(영상 수집 기술)

◦ 현장에서 차량내 탑승인원을 검지하는 영상 수집 시스템은 크게 다음의 세 부분으로 구성됨

- 차량의 접근을 감지하는 레이저 트리거(Laser Trigger)
- 영상을 촬영하는 카메라와 조명(Camera & Illuminator)
- 현장 시스템을 작동시키는 시스템 컨트롤러(System Controller)



[그림 28] 현장 기술(영상 수집 기술)의 개념도

◦ 트리거는 카메라와 광원이 동작할 시점을 포착하기 위한 장치로, 차량에 조사(照射)한 레이저(laser)가 반사되어 되돌아오는데 걸리는 시간(time-of-flight)을 측정하는 방식인 레이저 트리거(laser trigger)가 주로 사용되고 있음

◦ 카메라는 영상취득을 위한 핵심 장비로 주로 $00nm \sim 850nm$대역의 파장을 사용하는 적외선 카메라(near-infrared camera)가 쓰이지만, $1.4\mu m \sim 2.8\mu m$ 대역의 파장을 사용하는 적외선 카메라가 쓰이기도 하며, 아래와 같은 요건을 만족해야 함

- 주/야간 및 날씨 변화에 관계없이 사용 가능 여부
- 고속 주행 중인 차량의 촬영 가능 여부
- 코팅된 차량 유리의 투과 가능여부
- 고해상도의 차량 내부 영상 취득 가능 여부

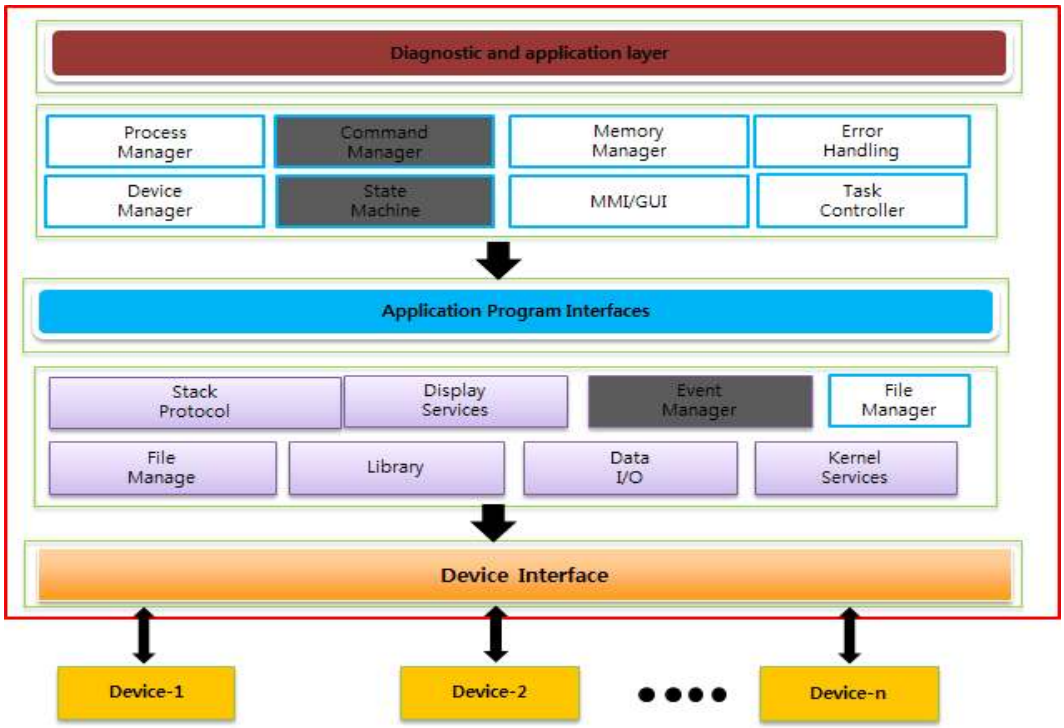
◦ 적외선 카메라를 사용하여 차량 내부영상의 취득 시, 고해상도의 영상취득을 위해 별도의 적외선 조명(IR illuminator)의 사용이 필수적이며, 차량의 유리를 투과하기 위한 충분한 세기의 빛의 조사가 가능한 Xenon illuminator등이 사용되고 있음

◦ 그리고 수집된 데이터를 분석 또는 전송하기 위한 시스템 컨트롤러는 현장의 다양한 제약조건 상황(온도, 습도, 진동 등)에서 작동할 수 있는 요구사항이 반영되어야 함

(나) 센터 기술(영상 분석 기술)

◦ 현장 장비에서 취득된 영상정보를 수신하여 영상 인식 임베디드 S/W를 통해 탑승인원을 검지하고, 수집된 영상 데이터는 다양한 활용이 가능한 데이터로 변환함

◦ 고도의 영상처리 기법을 적용함과 동시에 프로그램이 스스로 학습하여 정확도를 향상시킬 수 있는 인공지능기술이 적용된 분석 방식을 사용할 수 있음



[그림 29] 임베디드 S/W 구성 개념도

나. 시장성 분석

(1) 국내 시장 규모 분석

◦ 차량내 탑승인원 검지 기술의 주요 수요 기관은 교통관련 공공기관/민간기관 및 유료도로를 운영하는 지자체라고 할 수 있음

◦ 국내 예상 시장 규모는 아래와 같음

[표 18] 국내의 탑승인원 검지 시스템 예상 시장 규모

구분	예상 시장 규모[3]	예상 수익
공공기관 (한국도로공사 등) (신규 시장)	고속도로 다인승차로 운영 구간(4,348km)에 30km 구간마다 양방향 설치	약 290억원
	⇒ 4,348km[4] /30km × 2(양방향) × 1억원	
	고속도로 톨게이트	약 3,008억원
	⇒ 전국 3,008개 부스 × 1억원	
민간기관 (신규 시장)	고속도로 다인승 차로 운영 구간(462km)에 30km 구간마다 양방향 설치	약 30억원
	⇒ 462km /30km × 2(양방향) × 1억원	
	고속도로 톨게이트(민자고속도로)	약 800억원
	⇒ 전국 800개 부스 × 1억원	
혼잡통행료 징수구간	전국 특별광역시도에서 운영중인 혼잡통행료 부과 가능 교량 60개, 터널 43개[5]	412억
	⇒ 60개 × 4개 차로(왕복) × 1억원 + 43개 × 4개 차로(왕복) × 1억원	
기존 시장 대체	전국 도로를 대상으로 한 기존 속도 검지, 교통량 검지 장비 대체 및 보완 효과	-
	⇒ 필요시 설치	
사회적 비용 감소	사회적 비용의 절감(단속인원의 안전사고 예방, 통행속도 증가, 미세먼지 감소 등)	-
	교통 수요 예측용 데이터 수집 비용 절감 + 도로 이용자 수 측정 가능	
총 계		4,540억

3) 출처 : 국토교통부(지방자치단체 유료도로현황자료), 서울시 혼잡통행료 효과평가와 발전방향(서울연구원, 2010년)
4) 현재 한국도로공사에서 운영중인 고속도로의 총 연장
5) 교량 및 터널은 연장 1km 이상을 대상으로 함

◦ 현재 버스전용차로를 운영하고 있는 고속도로 구간은 141km에 불과하지만, 향후 보다 정확한 고속도로 수요 예측을 위해서는 고속도로 사용자 데이터 구축이 필요함

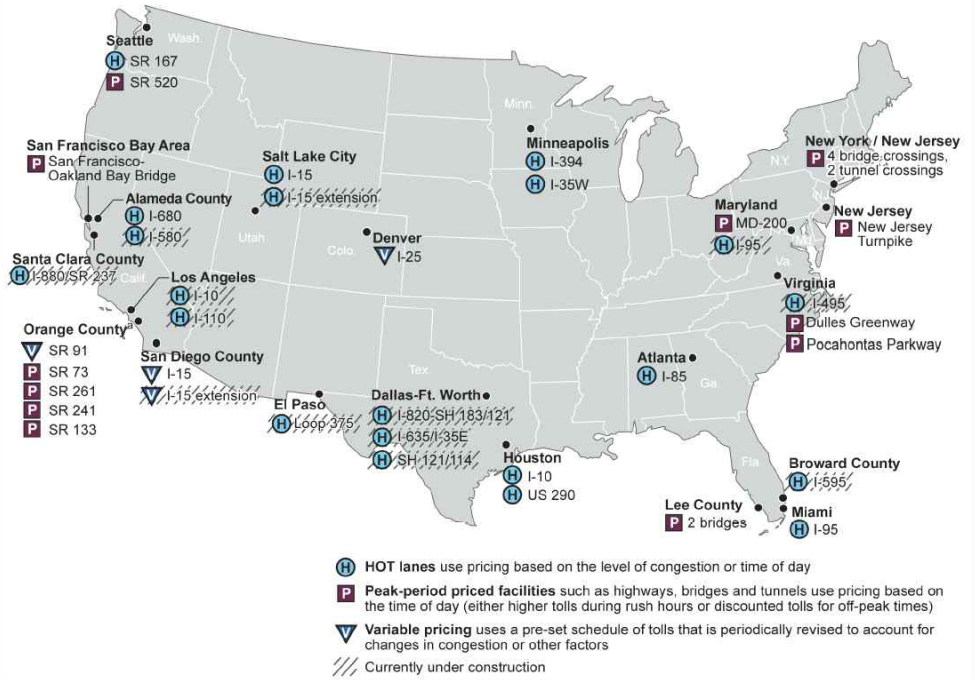
◦ 이를 위해서는 차량이 진출입하는 고속도로상의 모든 톨게이트 및 본선 구간에서의 탑승인원 전수를 수집하는 시스템 구축이 필요함

◦ 이에 본 연구에서는 현재 운영중인 고속도로 전 구간 및 전체 톨부스에 대해서 시장규모를 산정하였음

◦ 그러나, 해당 시스템을 설치할 수 있는 구간 및 설치하는데 소요되는 정량적인 비용은 연구기간 동안 산정이 가능하였으나, 기존시장 대체 효과 및 사회적 비용 감소 비용 등 정성적인 항목에 대한 비용은 향후 추가 연구를 통하여 구체적으로 산정할 필요가 있음

(2) 국외 시장 규모 분석

◦ HOV/HOT의 수요가 가장 많은 나라인 미국의 경우 현재 고속도로, 다리, 터널을 대상으로 총 30개의 혼잡통행료 징수시설이 운영 중이며, 그 중 HOT 차로는 12도로에서 시행중에 있음[6)]



[그림 30] 미국의 혼잡통행료 징수 시설 운영 현황

◦ 특히, 미국에서 고속도로 HOV/HOT차로의 연장이 가장 긴 캘리포니아주의 경우 1,700개 지점 (양방향 3,400개 지점)에서 HOV 승차인원 검지가 요구되며, High-Occupancy Toll (HOT) 가 병행 운영되는 600여 추가지점에서도 승차인원 검지가 요구됨 (캘리포니아 4,000 units 수요전망)[7)]

Mr. [redacted],

You recently asked me for an estimate on the number of units needed should Caltrans wish to utilize the "dtect" camera system.

Through an earlier, unrelated assessment, we identified just under 1700 locations across the state where we conduct counts of HOV occupancy. Working off the assumption that each location covers 2 directions, we would be looking at approximately 3400 units. The conversion of some facilities to high-occupancy toll (HOT) operations may require additional units on some corridors. For this reason, I would say perhaps an additional 600 units would be needed, bringing the total to approximately 4000 units.

Sincerely,

Joe Rouse, P.E.
Statewide Functional Manager – HOV, Express Lanes, Park and Ride
Caltrans Traffic Operations

Joe Rouse
Statewide Functional Manager - HOV, Express Lanes, Park and Ride

[그림 31] 미국 캘리포니아주 HOV/HOT 담당자의 수요 예상 서신 (출처: VODC 웹사이트)

6) GAO(United States Government Accountability Office) Traffic Congestion 보고서, 2012년 1월
7) Joe Rouse, Statewide Functional Manager - HOV, Express Lanes, Park and Ride, California Department of Transportation.
(출처: VODC 웹사이트, http://vehicleoccupancydetection.com/testimonials/)

◦ 또한 캘리포니아주 뿐만 아니라 텍사스, 워싱턴, 버지니아 등 고속도로 HOV/HOT를 운영하고 있는 여러 주의 교통부에서도 HOV 승차인원 자동검지 시스템의 수요가 예상되며, 예상 시장 규모는 아래와 같음

[표 19] 미국의 승차인원 검지시스템 예상 시장 규모

구분	예상 설치 구간[8]	설치 수량 (개소)	예상 수익
California 주	HOV 및 HOT 운영(예정) 구간	4,000	약 4,000억원
고속도로 HOV/HOT 차로	Houston, Texas, 12 miles	20	약 482억원
	New Jersey, 148 miles	238	
	Houston, Texas, 15 miles	24	
	Minneapolis-St. Paul, Minnesota, 11 miles	18	
	Denver, Colorado, 7 miles	12	
	Salt Lake City, Utah, 40 miles	64	
	Seattle, Washington, 9 miles +11 miles	32	
	Miami-Ft. Lauderdale, Florida 7 miles	12	
	Minneapolis-St. Paul, Minnesota 16 miles	26	
	Loudoun County, Virginia 14 miles	22	
	Richmond, Virginia 8.8 miles	14	
소계	-	482	
혼잡통행료 요금소	Lee County, Florida, 2 Bridges	20	80억
	New York-New Jersey, 4 bridges and 2 tunnels	60	
총 계			4,562억

◦ 미국 이외에 혼잡통행료 제도를 운영하고 있는 싱가포르, 중국, 유럽 국가에서도 HOV 승차인원 자동검지 시스템의 니즈가 있으며, 특히, 인구밀도가 높은 개발도상국(인도, 나이지리아 등)의 대도시에서 Intelligent Transportation System (ITS) 마스터플랜 구축 시 도심 내 혼잡통행료 및 다인승 전용차로 도입과 함께 제안될 수 있음

◦ 'HOV/HOT' 운영과 혼잡통행료 제도 이외에 구간별 승차인원 데이터 구축도 요구되는 상황에서 승차인원 검지시스템이 교통수요예측 기법(기종점 조사 기법 등)과 장기 교통계획을 위한 데이터 수집에 활용될 경우 보다 큰 수요를 창출할 수 있을 것이라 전망할 수 있음

8) 출처 : GAO(United States Government Accountability Office) Traffic Congestion 보고서, 2012년 1월

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

목표	달성도(%)	내용
국내외 세미나 개최	100	- 차량내 탑승인원 검지 기술 관련 분야(교통, 전자, 영상 등)의 전문가를 초빙한 세미나 개최(국내외 각 1회)
국내외 관련 기술 검토	100	- 국내외 관련 기술 현황 및 특허 검토

◦ 목표별 세부 목표 및 달성도는 아래와 같음

◦ 연구 진행 중 차량 내 탑승인원 검지 관련 분야의 국내외 특허를 검토하여 목표치를 초과달성하였음

목표	세부 목표	연구 성과			달성도(%)
		연구 내용	목표수준		
			목표치	달성치	
국내외 세미나 개최	국내 세미나 개최	- 주관연구기관(한국, ㈜지앤티솔루션) 주관으로 국내 세미나 개최	1회 개최	1회 개최	100
	국제 세미나 개최	- 공동연구기관(미국, New Jersey Institute of Technology) 주관으로 국제 세미나 개최	1회 개최	1회 개최	100
국내외 관련 기술 검토	국내외 관련 기술 현황 검토	- 한국 및 미국의 차량 내 탑승인원 검지 기술 검토	검토	검토 완료	100
	국내외 관련 특허 검토	-	-	검토 완료	초과 달성

2. 관련 분야 기여도 및 기대효과

가. 관련 분야 기여도

◦ 차량 내 탑승인원 자동 검지 기술의 해외 동향에 대한 다양한 정보를 취득하였음

◦ 차량 내 탑승인원 자동 검지 기술의 중요성 및 가능성에 대해 국내 교통 분야 전문가들에게 인지시킴

◦ 향후 국내의 관련 분야 연구 및 기술 개발에 원동력을 제공함

◦ 탑승인원 자동 검지 기술 도입으로 교통수요 분야에서 활용 가능하며 신규 연구 분야를 모색할 수 있음

나. 기대효과

(1) 교통단속 측면

◦ 현재는 버스전용차로 위반차량 단속 시 경찰이 차량으로 이동하면서 육안으로 탑승인원을 확인하고 단속하고 있어 사고 위험에 노출되고, 단속 차량에 수동으로 고지서를 부과하는 과정에서 극심한 차량 정체가 발생하고 있음

◦ 그러나, 본 연구에서 검토한 탑승인원 자동 검지 시스템을 활용할 경우 사고의 위험성이 사라지고 인력 운영면에서도 효율성을 증대시킬 수 있음

(2) 교통계획 측면

◦ 교통계획측면에서 정확한 수요산출과 산출된 수요를 통한 여타 인프라 사업의 타당성 조사 등에 사용되는 교통량은 기준 단위사용에 있어, 승용차 1대당 정확한 승차인원파악이 어려워 사실상 집계자료[9]형태로만 의미가 있음(Micro Analysis에서 사용되기 어려움)

◦ 현재 교통 유동인구 추정은 유동하는 차량의 수를 측정한 후, 그 수에 따라서 대략적으로 유동인구를 추산하기 때문에 그 정확도가 높지 않음

◦ 특히 교통 인프라를 건설하기 위한 '예비타탕성조사'의 기초데이터로 활용되는 중요한 정보이지만, 통행량의 측정기준은 승용차 1대당 평균 1.2명으로 해외 기준을 적용하고 있는 실정임

◦ 보다 정밀한 교통수요예측을 통해 교통량 및 유동인구 분석에 적용하기 위해서는 정확한 측정이 필요하며, 본 기술을 적용 시 보다 정확한 유동인구 추산이 가능하여 효율적인 교통정책 수립 가능함

9) Aggregated Data : 집계 산출된 데이터로 Micro Analysis가 아닌 Macro Analysis에서 의미 있는 데이터

◦ 학문 분야에서는 재차인원 정보가 추가된 TCS 자료를 조사하여 수단별 O/D를 산출하는 과정을 자료조사부터 구축과정에 대한 제반 방법론으로 제시하였으며, 이를 활용할 경우 전국 센트로이드간 재차인원별 O/D 산출도 가능하며 재차인원 정보를 요구하는 교통정책의 수립에 활용되어 질 수 있을 것이라고 제안하였음(대한토목학회논문집, 최기주 교수 외, 2010년 11월)

◦ 또한 재차인원(승차인원)은 교통량을 통행량으로 환산, 통행량을 차량대수로 환산, 차량 1대의 시간가치를 산정하는데 활용될 수 있음(수도권 승용차 재차인원 모형 추정 및 적용에 관한 연구, 경기개발연구원, 2012년)

[표 20] 차량내 탑승인원 수의 활용

구분	산출방법	산출 예
통행량 산출	차량대수 × 재차인원	- 스크린 통행량 = 스크린 교통량 × 재차인원 - 코든 통행량 = 코든 교통량 × 재차인원
기 · 종점 차량통행량 산출	기 · 종점 통행량/재차인원	- 기 · 종점 차량통행량 = 기 · 종점 통행량 × 기 · 종점 재차인원
차량의 시간가치 산정	통행자 1인 시간가치 × 재차인원	- 차량 시간가치 = (업무통행시간가치 × 재차인원) × 업무비율 + (비업무통행시간가치 × 재차인원) × 비업무비율

제5장 행사성과의 활용계획

◦ 본 연구는 해외 선진 기술을 국내에 도입하기 위한 타당성을 검토하기 위한 연구임

◦ 관련 분야의 전문가를 초빙하여 세미나를 개최하는 과제로 실제 본 연구를 수행하지는 않고, 관련 분야의 현황을 파악하고 전문가 의견을 수렴하는 내용으로 진행하였음

◦ 주관연구기관인 (주)지앤티솔루션은 본 연구를 통하여 탑승인원 검지 기술의 국산화 기술 개발의 타당성을 확인하고, 미국 첨단 기술을 보유한 업체와 Open Innovation 형태의 기술제휴를 통하여 탑승인원 검지 기술의 국산화 개발을 촉진하고자 하였음

◦ 또한, 현재 해외에서 연구되고 있는 적외선 검지기 외에 가시광선 카메라, 열화상카메라 등 다양한 방식의 검지기를 적용하여 보다 정확한 데이터를 수집할 수 있는 방안을 검토하였음

◦ 본 연구를 통해 국내 다인승차로 우선 적용 대상 구간인 고속도로 다인승전용차로 전구간, 민자고속도로, 서울시 고속화도로, 남산터널(1,2,3호) 등에 대한 도입 가능성 여부를 시장 규모 측면, 기술적인 측면에서 다양하게 검토할 수 있는 기준을 마련하고 해당 시스템을 국내에 적용할 경우 발생하는 편익에 대한 검토도 이루어질 수 있다고 판단됨

◦ 더 나아가 해당 분야의 연구를 지속적으로 수행하여 세계 최고 성능의 차량내 승차인원 검지 시스템을 개발하여 해외 수출을 위한 시장 개척에 기여할 수 있다고 판단됨

◦ 그러나, 본 연구에서 검토된 차량내 탑승인원 자동 수집 기술을 실제로 적용하기 위해서는 교통공학, 컴퓨터 영상 분석, 컴퓨터 프로그래밍 및 시스템 설계/제작 등 다양한 분야에서의 추가 연구가 필요하다고 판단됨

◦ 뿐만 아니라, 주관연구기관인 (주)지앤티솔루션에서 수행한 “이벤트 대응형 현장 ITS 장비 기술개발” 과제와 같은 형태의 이동식 시스템도 개발 가능할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 시스템 설계, 개발 및 테스트를 위해 약 3년간의 연구 기간이 필요할 것으로 예상됨

◦ 또한, 향후 본 시스템을 도입하여 다인승차로를 보다 효율적으로 운영하기 위해서는 현재 6인 이상을 허용하는 고속도로 버스전용차로제를 요일 및 시간대별로 4인 이상으로 완화하는 등 버스전용차로제를 유동적으로 운영하기 위한 법제도 개선이 뒷받침되어야 할 것으로 판단됨

제6장 행사 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 해외 특허 현황 검토

◦ 국내외 특허는 아래의 방식으로 검색하였음

[표 21] 국내외 특허 검색 방법

항목	내용
검색국가	한국, 미국, 일본, 유럽, PCT(국제협력조약)
검색 DB	1. KIPRIS 검색시스템 2. WIPS 검색시스템 3. 미국특허청 4. 일본특허청
검색 대상	검토 시점을 기준으로 국내외에 공개된 특허/실용신안 약 1400여 건

가. 국내 관련 특허 현황

◦ 국내에는 차량내 탑승인원 수를 자동으로 검지하는 기술과 관련된 특허는 전무한 상태임

나. 국외 관련 특허 현황

◦ 국외의 경우 2010년부터 주로 미국과 중국을 중심으로 특허 출원 및 등록이 진행되어 왔으며 주요 특허의 현황은 아래와 같음

[표 22] 차량내 탑승인원 검지 관련 특허 현황

번호	문헌번호	권리자 (출원인)	명칭	현재상태	국가
1	중국등록특허 101795397	UNIV BEIJING JIAOTONG	Infrared imaging method for detecting passengers in vehicle	출원(2010.01.27) 공개(2010.08.04) 등록(2013.01.23)	CN
2	미국등록특허 9202118	Xerox Corporation	Determining a pixel classification threshold for vehicle occupancy detection	출원(2011.12.13) 공개(2013.06.13) 등록(2015.12.01)	US
3	미국등록특허 8520074	Xerox Corporation	Determining a total number of people in an IR image obtained via an IR imaging system	출원(2010.12.14) 공개(2012.06.14) 등록(2013.08.27)	US

4	미국등록특허 9336450	Xerox Corporation	METHODS AND SYSTEMS FOR SELECTING TARGET VEHICLES FOR OCCUPANCY DETECTION	출원(2013.06.05) 공개(2014.12.11) 등록(2016.05.10)	US
5	미국공개특허 2015-0324653	Xerox Corporation	VEHICLE OCCUPANCY DETECTION USING PASSENGER TO DRIVER FEATURE DISTANCE	출원(2014.05.09) 공개(2015.11.12)	US
6	미국등록특허 9171196	Xerox Corporation	Multi-band infrared camera system optimized for skin detection	출원(2012.03.09) 공개(2013.09.12) 등록(2015.10.27)	US
7	미국등록특허 9111136	Xerox Corporation	System and method for vehicle occupancy detection using smart illumination	출원(2012.11.15) 공개(2013.10.24) 등록(2015.08.18)	US
8	미국등록특허 8811664	Xerox Corporation	Vehicle occupancy detection via single band infrared imaging	출원(2011.12.06) 공개(2013.06.06) 등록(2014.08.19)	US
8	미국등록특허 8811664	Xerox Corporation	Vehicle occupancy detection via single band infrared imaging	출원(2011.12.06) 공개(2013.06.06) 등록(2014.08.19)	US
9	미국공개특허 2014-0180773	INTEL CORPORATION	SYSTEMS AND METHODS FOR GENERATING AND VALIDATING INCENTIVES BASED ON MULTI-PERSON VEHICLE OCCUPANCY	출원(2012.12.21) 공개(2014.06.26)	US
10	중국공개특허 104751197	ANHUI TI SAFT INFORMATION TECHNOLOGY CO LTD	Device and method for recognizing faces of drivers during vehicle running on basis of video analysis	출원(2015.04.22) 공개(2015.07.01)	CN
11	미국등록특허 9019358	Xerox Corporation	Method for classifying a pixel of a hyperspectral image in a remote sensing application	출원(2011.02.08) 공개(2012.08.09) 등록(2015.04.28)	US
12	미국등록특허 9007438	Xerox Corporation	3D imaging using structured light for accurate vehicle occupancy detection	출원(2012.05.21) 공개(2013.11.21) 등록(2015.04.14)	US
13	미국등록특허 8971579	Xerox Corporation	Windshield localization for occupancy detection	출원(2013.04.09) 공개(2014.10.09) 등록(2015.03.03)	US
14	미국등록특허 8731245	Xerox Corporation	Multiple view transportation imaging systems	출원(2012.06.26) 공개(2013.12.26) 등록(2015.10.13)	US
15	미국등록특허 8712126	Xerox Corporation	Web-based system and method for video analysis	출원(2012.03.12) 공개(2013.09.12) 등록(2014.04.29)	US

16	중국등록특허 101162507	TONGFANG NUCTECH CO., LTD. ;TSINGHUA UNIVERSITY	Method for recognizing vehicle type of moving care	출원(2006.10.13) 공개(2008.04.16) 등록(2010.05.12)	CN
17	유럽등록특허 1542191	SAGEM Défense Sécurité	A moving vehicle identification method and system	출원(2004.11.03) 공개(2005.06.15) 등록(2006.07.19)	EP
18	미국등록특허 9155475	Xerox Corporation	Enabling hybrid video capture of a scene illuminated with unstructured and structured illumination sources	출원(2012.06.26) 공개(2013.12.26) 등록(2015.10.13)	US
19	미국등록특허 9141868	Xerox Corporation	Contemporaneously reconstructing images captured of a scene illuminated with unstructured and structured illumination sources	출원(2012.06.26) 공개(2013.12.26) 등록(2015.09.22)	US

다. 국내외 특허 검토 결과

◦ 국외 특허는 미국 , 중국, 유럽에서 등록한 특허가 검색되었으며, 이중 대부분의 특허를 Xerox사에서 등록하였음

◦ 등록된 특허들은 다음과 같이 다양한 요소기술들로 세분화되어 있음

- 조명장치를 사용하여 영상을 수집하는 방법(이미지 캡쳐 등)
- 영상 수집에 사용하는 카메라 종류(적외선 카메라)
- 영상 처리 방법(영상 분석 알고리즘)
- 시스템 구성요소

◦ 검토 결과 여러 요소 기술들이 융합되어 다양한 특허가 등록되어 있고 이를 해결하기 위해서는 탑승인원 검지 시스템의 핵심 기술인 이종 카메라를 이용한 영상 검출 시스템 구성 및 수집된 영상으로부터의 영상처리 방법을 구체적으로 구성할 필요가 있다고 판단됨

◦ 이에 주관연구기관인 (주)지앤티솔루션은 국내외 특허 검토 결과를 바탕으로 차량내 탑승인원 자동 검지 기술 분야에서 기존 특허를 회피하고 신규 기술을 국내외에서 선점하기 위한 방안을 구체적으로 수립하여 국내외 특허 등록을 진행할 예정임

제7장. 연구개발성과의 보안등급

◦ 일반 과제

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

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

◦ 해당 사항 없음

제9장. 행사에 대한 주관연구기관 및 상대국 참여기관 의견서

1. 주관연구기관

가. 국내 세미나

기관명	㈜지앤티솔루션	연구책임자	강상철
행사명	차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술개발을 위한 해외 선진기술 검토		
참여기관의 의견	◦ 차량내 탑승인원 수를 수집하는 기술은 국내에서 처음 검토되는 기술로 교통 관련 다양한 분야의 전문가들로부터 많은 관심을 받고 있음 ◦ 현재 국내의 하드웨어 제작 기술과 영상을 수집/분석하는 소프트웨어 기술을 접목하면 차량 내 탑승인원 수를 수집하는 시스템을 개발할 수 있다고 판단됨 ◦ 또한, 해당 기술이 개발/적용되면 교통 안전 측면에서의 활용도가 높아질 것으로 판단되고, 교통 운영 측면에서도 효율성이 높아질 것으로 판단됨 ◦ 본 연구를 통해 개최한 국내 세미나는 다양한 분야의 전문가들이 참석하여 다양한 의견을 제시함으로써 해당 분야에 대한 많은 관심을 확인할 수 있어 매우 의미 있는 행사였다고 판단되며, 향후 이와 같은 행사를 통해 여론을 수렴하고 파일럿 연구를 진행할 수 있는 계기를 마련하는 것이 바람직하다고 판단됨		

나. 국제 세미나

기관명	㈜지앤티솔루션	연구책임자	강상철
행사명	Seminar for technology of Vehicle Occupancy Detection System(Trends in U.S and Korea)		
참여기관의 의견	◦ 미국은 전세계에서 교통 시스템이 가장 발달하고 교통 분야에 대한 연구가 가장 활발하게 진행되고 있는 국가로 HOV/HOT 차로 운영 등 다양한 교통 정책을 운영하고 있음 ◦ 금번 미국 세미나를 통해 미국 현지에서 교통부를 담당하고 있는 전문가들의 다양한 의견을 들을 수 있는 좋은 기회가 마련되었다고 판단됨 ◦ 특히, 미국은 50개의 주로 이루어져 있으며 각 주별로 유사하지만 상이한 법제도가 적용되고 있기 때문에 향후 한국과 미국의 기술 교류를 통한 미국 시스템의 국내 도입 또는 국내 시스템의 해외 진출 시 검토해야 할 사항, 적용 방법론에 대한 법제도 측면에서 면밀한 검토가 이루어져야 한다는 점을 깊이 인식하였음		

2. 참여기관

가. 국내 세미나

기관명	New Jersey Institute of Technology	연구책임자	이조영
행사명	차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술개발을 위한 해외 선진기술 검토		
참여기관의 의견	◦ 본 세미나에서는 최근들어 전세계적으로 큰 관심을 끌고 있는 미래형 기술의 하나인 자동차 탑승인원 검지 기술에 대한 다각도의 논의가 이루어졌음 ◦ 특히, 현재 관련 기술의 개발 및 상용화를 주도하고 있는 미국과 유럽연합의 다양한 사례들이 소개되고 이에 대한 심도 있는 토론이 이루어졌음 ◦ 논의 결과 현재 국내에서 보유한 관련 기술 내에서도 일정 수준의 정확도를 답보할 수 있는 탑승인원 검지 시스템의 개발이 가능할 것으로 판단되었음 ◦ 또한, 해외 유사 시스템을 비교한 결과, 주관연구기관에서 제시한 핵심 기술은 기존 상용화 단계에 근접한 장비들 보다 비용대비 효과면에서 유리할 뿐만 아니라 설치, 보수, 및 운용측면에서 더욱 활용도가 높을 것으로 나타났음 ◦ 그러나, 탑승인원 검지 장비 시장은 미국이나 유럽연합 국가들에 비하여 그 규모가 현재로선 크지 않다는 점이 지적되었으며, 이에 시장 규모를 키울 수 있는 다양한 활용방안들이 논의 되었고, 해외 세미나를 통하여 차량내 탑승인원 수집기술에 대한 다양한 활용 사례와 현재 기술개발 트렌드 등을 검토하도록 하는데 의견이 모아졌음		

나. 국제 세미나

기관명	New Jersey Institute of Technology	연구책임자	이조영
행사명	Seminar for technology of Vehicle Occupancy Detection System(Trends in U.S and Korea)		
참여기관의 의견	◦ 본 세미나는 2016년 8월 미국 뉴저지대학교에서 개최되었음 ◦ 2016년 6월 서울에서 열린 “차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술개발을 위한 해외 선진기술 검토” 세미나의 토의 내용을 토대로, 본 세미나에서는 미국에서의 재차인원 검지 기술에 대한 기술개발 및 활용 사례를 검토하고 그 시사점에 대하여 다양한 논의가 이루어졌음 ◦ 특히, 최근 실시된 캘리포니아주의 재차인원 검지 시스템의 시범 운용 사례에 대하여 그 기술적인 배경과 이용자 측면에서 정성적 효과 분석 및 이 해당 정부기관의 운용후기에 대하여 검토 및 토의가 이어졌음 ◦ 토의 결과, 현재 미국내에서 상용화에 근접한 재차인원검지 기술은 컴퓨터시각화 기술에 크게 의존하는 추세인 것으로 나타났으나, 세미나에 참석한 다수 전문가들의 의견을 종합한 바, 컴퓨터 시각화 기술은 그 정확도가 외부요건 (기상 및 조명 조건) 에 의하여 큰 영향을 받을 수 밖에 없으며, 그로 인하여 안정적인 정확도를 확보하는 데 큰 어려움이 있을 것으로 판단되었음 ◦ 미국의 경우 재차인원 검지 기술이 현재 수동으로 운용되고 있는 다인승차량/유료도로 (High Occupancy and Toll)를 위한 자동화 단속 시스템의 핵심기술로 이용될 전망이나, 현재 기술적 제약으로 인하여 실제 적용에는 상당한 시간이 소요될 것으로 관측되었음 ◦ 이는 곧 국내기술과 미국기술 사이에 큰 차이가 없음을 의미하며, 국내기술에 의해 개발될 재차인원 검지 시스템은 국내뿐만 아니라 미국 및 유럽연합 국가들에서도 그 시장선점을 이룰 수 있는 여건이 됨을 나타낸다고 볼 수 있어, 국내 독자 기술 개발을 통한 핵심기술의 개발이 시급하다는 데 의견이 모아졌음		

제10장. 행사 수행과정에서의 안전 조치 이행 실적

◦ 해당 사항 없음

제11장. 참고 문헌

◦ 경기개발연구원, 수도권 승용차 재차인원 모형 추정 및 적용에 관한 연구, 2012

◦ 서울시정개발연구원, 서울시 혼잡통행료 징수체계 보완 연구, 2001

◦ 서울연구원, 서울시 혼잡통행료제도 효과평가와 발전 방향, 2012

◦ 조한선, 버스의 재차인원을 고려한 중앙버스전용차로 효과분석 방법에 관한 연구, 한국도로학회 논문집, 제15월 제3호

◦ VODC 홈페이지 http://vehicleoccupancydetection.com/

◦ Xerox 홈페이지
https://www.xerox.com/en-kn/services/transport-solutions/insights/vehicle-occupancy-detection

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

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

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

2016년 국토교통기술촉진연구사업 중 글로벌기술협력분야

차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진 기술 검토 세미나

- 차량내 탑승인원 수집 기술 개요 및 국내외 사례 -

2016. 06. 17



GnT Solution Inc.

New Jersey Institute of Technology

KAIA 국토교통과학기술진흥원

Ⅰ 개 요

Ⅱ 관련 기술 검토

Ⅲ 기술개발의 목표 및 활용방안

Ⅰ. 개 요



1 과제 개요

2 탑승인원 검지 국내외 현황

3 기술개발의 필요성

1. 과제 개요

국토교통과학기술진흥원 국토교통기술촉진연구사업

- 지원의 목적 : 신시장 개척을 위한 정보조사 및 교류 등 협력체계 구축 지원
- 지원기술분야

✓ (공모방식) Bottom-up 방식으로 연구과제 공모

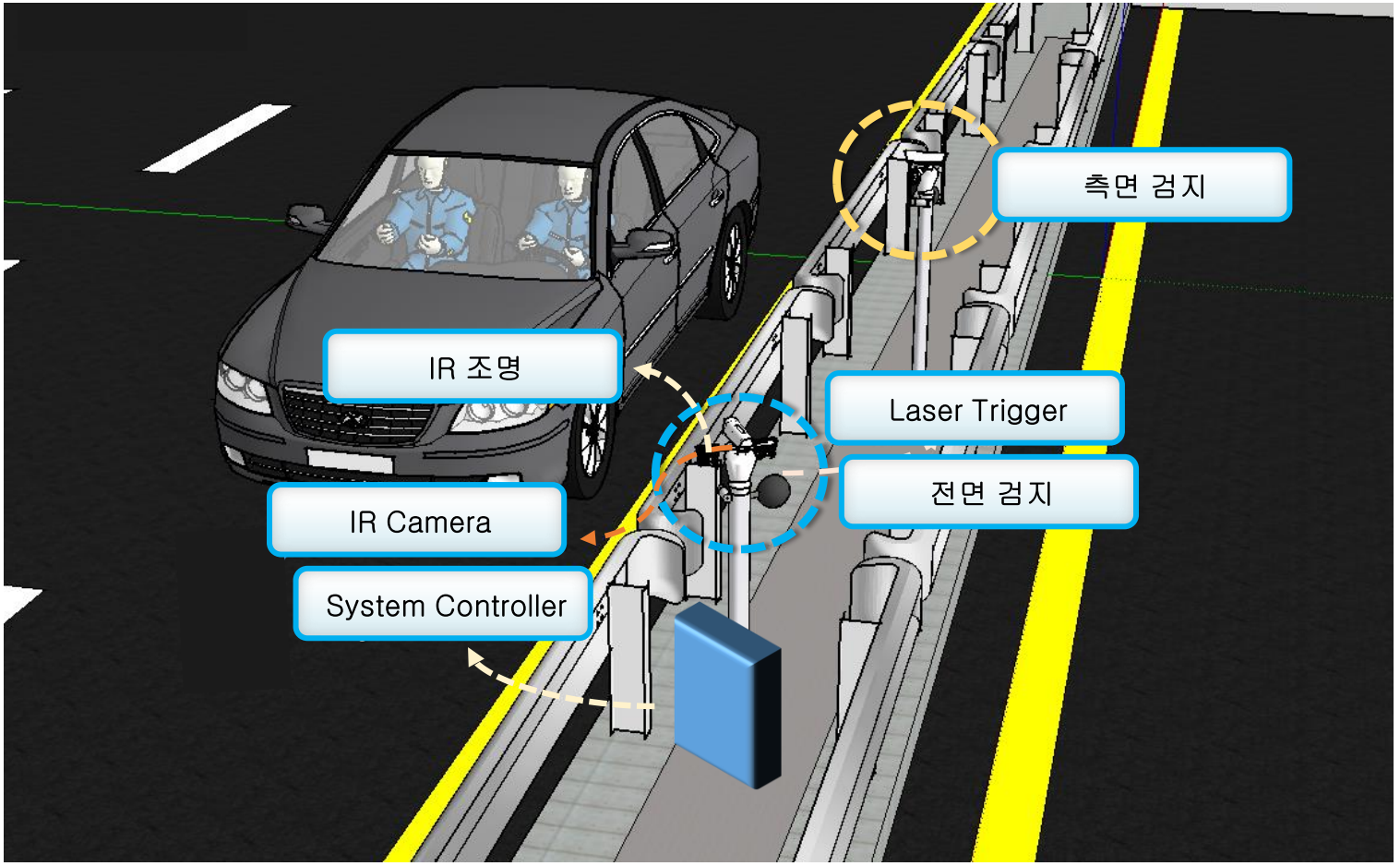
✓(대상분야) 국토교통 전분야, 연구자 간 국제협력기반 구축을 위해 정보교류활동(국제공동세미나(워크숍)) 지원

✓(참여자격) 최소 1개 이상의 외국기관 참여 필수(주관연구기관은 국내기관)

- 연구 주제 : 차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진기술 검토 세미나
- 연구 기간 : 2016년 3월 31일 ~ 11월 30일(8개월)
- 주관연구기관 : ㈜지앤티솔루션 / 강상철 대표이사 / 과제 총괄 및 국내 세미나 개최
- 공동연구기관 : New Jersey Institute of Technology / 이조영 박사 / 미국 기술 현황 검토 및 세미나 개최
- 연구비 : 33백만원 이내(국제공동 세미나 개최에 소요되는 직접비)

1. 과제 개요

KVOD란?



버스전용차로 운영(단속)

- 경부고속도로 일부 구간 운영 "한남대교 남단 ~ 오산IC(평일), 신탄진IC(주말)"
- 버스 정시성 및 신속성 확보, 도로 인프라 효율성 증대



<교통 경찰>



<단속 카메라>

- 버스전용차로 부정 이용 차량 증가
- 경찰 단속 시 교통사고 위험 노출, 교통정체 유발, 상시단속 어려움

2. 탑승인원 검지 국내외 현황

남산 터널 혼잡통행료 징수

- 도심부 진입 차량에 대해 혼잡 통행료 부과하는 교통 정책 운영중
- 도심의 혼잡 완화 및 원활한 교통 흐름을 위해



<남산 톨게이트>



혼잡통행료를 징수하는 남산 1호 터널 앞. 지난 31일 오후 차량이 줄지어 서 있다.

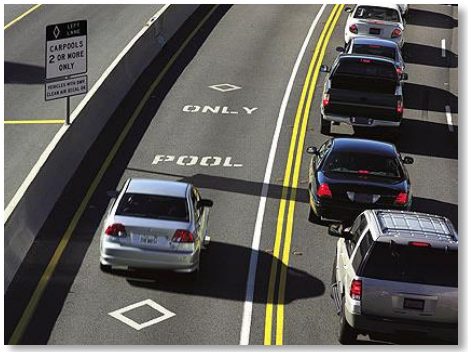
<정체 발생 모습>

- 요금징수원이 직접 재차인원 확인하여 차량 통과 시 대기시간 발생
- 운영 비용(인건비) 가중

2. 탑승인원 검지 국내외 현황(계속)

해외 운영 실태

- 미국, 1970년대 초에 HOV(High Occupancy Vehicle) 차로 운영 시작
- 재차인원이 적은 차량은 요금(High Occupancy Toll) 부과하고 이용 가능



<HOV 차로 운영>





<부정 이용차량 단속>

- 91번 도로의 경우 1차로에 대해 단속 인원이 육안으로 단속 실시하고 있음
- 약 60%의 정확도를 보이고 있으며, 숙련된 단속원이 필요함(결과 신뢰성 저하)

주행중인 차량의 재차인원을
자동으로 검지하는 기술은 현재 없음

국내 기술 개발의 현황

- 재차인원 자동 검지에 대한 기술 전무

해외 기술동향

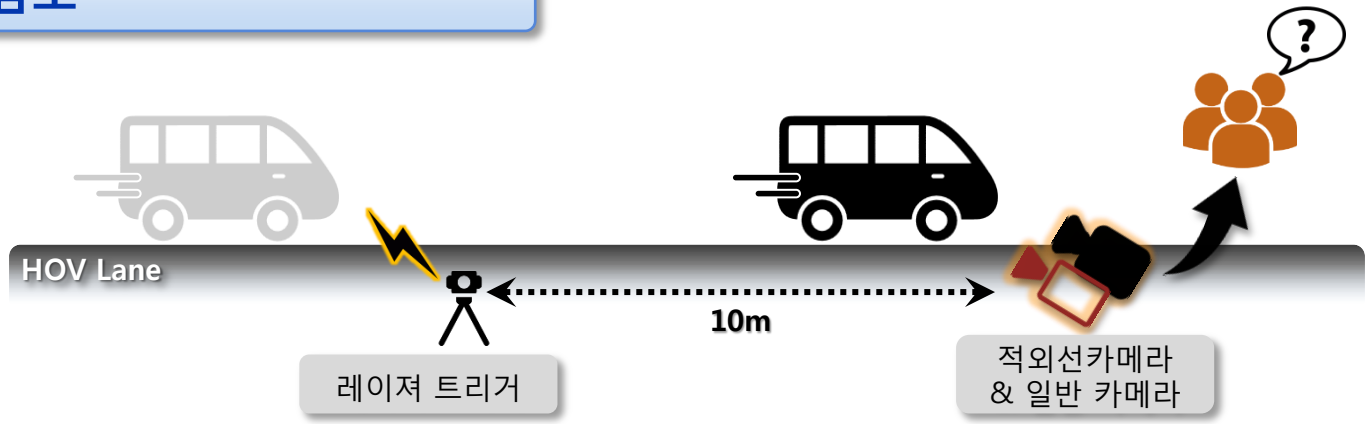
- 카메라 및 최신 렌즈 기술을 활용한 연구가 진행중이나, 해외 상용화 사례 없음
- 캘리포니아 교통부에서 시범사업 추진 중
- VODC 및 Xerox 사가 관련 분야에 대한 연구를 진행중에 있음

Ⅱ. 관련 기술 검토



1. VOD corp.
2. Xerox
3. 91 Express Lane

시스템 개념도



실제 설치 장비







영상분석 예시 - Caltrans District 12 (Orange County), 2013.08





Passenger face obscured – hand raised



Hooded passenger



Reclining passenger



Passenger's face covered with hair



Infant in rear seat counted



Rear seat passenger easily counted



Infant partially covered in rear seat



Partially visible rear seat occupant

세부 기능

VEHICLEOCCUPANCY
DETECTION CORPORATION

http://www.vehicleoccupancydetection.com

- Discriminates human skin inside a vehicle, behind automotive glass.....탑승자 피부 판별
- Will not recognize Animals/Dummies/Photos as false positives .....동물/인형/사진 판별
- Works on all skin types from all countries .....모든 피부타입
- Is not limited by ambient temperature or by internal vehicle temperature.....차량 내/외부 온도 구애 없음
- Works with any amount of hair, including zero [i.e., bald], cosmetics, glasses, etc.....대머리, 화장, 안경 구애 없음
- Works on all vehicle window types.....모든 차량
- Works in all types of weather.....모든 날씨
- Provides information in real time [within milliseconds].....실시간
- Works 24 hours a day without need for any external lighting.....보조 조명 필요 없음
- Works at ranges up to 150 feet.....45m
- Works at vehicle speeds up to 90 mph.....145km/h
- Works through metallic and tinted windshields.....차량 틴팅 구애 없음

기술 문의 (California PATH, Berkeley, 2016.01.)

- 정확성 96% (2014년 6월, CALTRANS technoiogy trial, district 12)
- 상용 카메라 사용, 카메라 비용 4만달러, 전체 시스템 8만달러
- 레이저 트리거와 차량 충돌 사고 발생 : 약 1년동안 4~5번
- 번호판인식 기술은 미포함 : 기존 상용기술 추가 구성 가능
- 영상분석 통한 재차인원 산출 알고리즘은 기밀사항
- 테스트베드 설치 비용은 약 10만달러 예상

영상분석 영향 요소

영상검지 대상	• HOV Lane 이용 승합차량 • 혼잡비용 징수구간 : 승용, 승합(대형)
환경 요인	• 낮, 밤 • 우천시, 기타 장애물
카메라 위치/개수	• 차량 전고에 따른 카메라 / 1개, 보조 카메라 / 1개 • 상, 하 / 총2개
Default Data	• 검지장비 • 적외영상 Camera • 레이저 검지 • 가시영상 Camera • PIR 센서 • 스테레오 검지
Raw Data	• 영상처리 • 색변환 • 픽셀변화 • 잡음제거 필터링 • 영역변환
Filtered Data	• 검지 알고리즘 • Motion Dtection • Moving Pixel • 패턴인식(ANN) • 칼만필터링 • Path detection
기타 요소	• 차량 틴팅 • Camera & Object Moving | Camera Static | Object

Xerox 社 제품의 사양

제품 사양 및 범위	
VOD 사양	섭씨 -40~70 도 (작동온도), 섭씨 -20~80 도 (보관온도) 20-80퍼센트 (작동습도), 208/240 VAC (47~63 Hz) (공급전압 10-160km/hr (검지시 대상 속도) 암호화되어 로컬메모리에 저장 ,로컬메모리에서 유무선 통신망으로 전송

제품 사양 및 범위	
1열 , 2열	99퍼센트 , 96퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 99퍼센트, 2열: 91퍼센트

관련 주소 특허	
특허번호: US8611608B2, 특허취득: 2011년	Front seat vehicle occupancy detection via seat pattern recognition
특허번호: US8824742B2 특허취득: 2012년	Occupancy detection for managed lane enforcement based on localization and classification of windshield images
특허번호: US20130141574A1 특허취득: 2013년	Vehicle occupancy detection via signle band infrared imaging
특허번호: US20150363655A1 특허취득: 2015년	Smart redaction in near infrared vehicle windshield images





관련 최근 논문	
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.
Comparison of Face Detection and Image Claasification for Detecting Front Seat Passengers in Vehicles	Yusuf Artan, et. al, IEEE Winter Conference on Application of Computer Vision (WACV), 2014.
Passenger Compartment Violation Detection in HOV/HOT Lanes	Yusuf Artan, et. al., 2016 IEEE Transporations on Intelligent Transportation Systems, Vol 17, No 2, 2016.
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.

기술 문의 (91 Express Lanes, Anaheim)

- 91 Express Lane 약 10mile
- 유료차로(편도2) 운영, 방향별/시간별/요일별 요금 차등 부가
- 일반 CCTV 39개 운영, 요금소 2개 운영(편도 1개소)
- HOV 단속 1개소 운영, 위반율 약 6%
- 중앙분리대(median) 사이 간이 건물에서 육안 단속
- 위반차량 발견시, 무전으로 단속원 출동 지시



<공간적 범위>



<유료차로 운영 및 ETC>

91 Express Lanes **Toll Schedule** Effective July 1, 2015 — **Eastbound** SR-55 to Riverside Co. Line

	Sun	M	Tu	W	Th	F	Sat
Midnight	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
1:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
2:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
3:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
4:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
5:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
6:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
7:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
8:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
9:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
10:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
11:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
Noon	$3.45	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.55	$3.45
1:00 pm	$3.45	$3.30	$3.30	$3.30	$3.55	$5.55	$3.45
2:00 pm	$3.45	$4.70	$4.70	$4.70	$4.85	$3.20	$3.45
3:00 pm	$2.95	$5.05	$3.80	$4.05	$4.75	$10.15	$3.45
4:00 pm	$2.95	$4.85	$6.15	$7.40	$9.80	$9.95	$3.45
5:00 pm	$2.95	$4.85	$5.55	$6.90	$9.05	$6.40	$3.45
6:00 pm	$2.95	$5.05	$3.60	$3.60	$4.40	$5.95	$2.95
7:00 pm	$2.95	$3.55	$3.55	$3.55	$5.15	$5.60	$2.30
8:00 pm	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$5.15	$2.30
9:00 pm	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$2.30

<이용요금>

(https://www.91expresslanes.com/index.asp)

HOV 단속 현장 (91 Express Lanes, Anaheim)





<ETC_Eastbound>

<단속시설>



<ETC_Westbound>

현장 및 단속시설 확인(91 Express Lanes, Anaheim)



<ETC_Westbound Express Lane>



<단속시설 내부>

Ⅲ. 기술개발의 목표 및 활용방안



1. 기술개발의 최종 목표
2. 기술개발의 내용
3. 기술개발 결과의 활용 방안

1. 기술개발의 최종 목표

최종 목표

- 승차인원검지 : 날씨 및 주야간에 관계없이, **in-vehicle Object**의 인프라 데이터 융합을 통한 객체 검지 개발

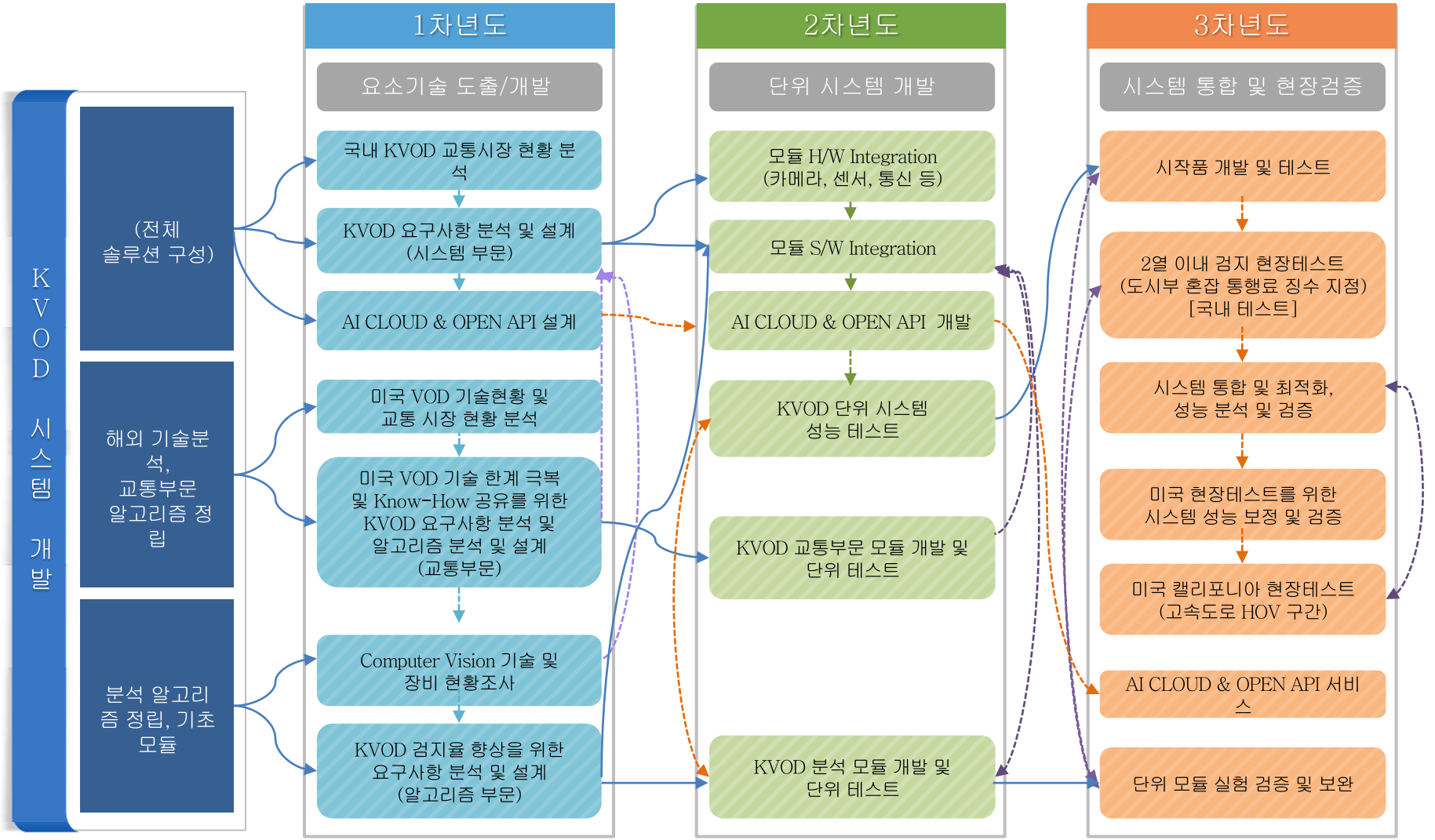
- 사람의 시야에 확보된 영상을 자동 검지하는 것으로, 차량 내 **2열 2인** 이상을 검지
- 목표: **1열 검지율 99%** 이상, **2열 2인 검지율 90%** 이상 확보

- 차량의 주행속도에 영향이 없는 영상확보 기술
- 목표: 최고 주행속도 **160km/h(100mile/h)** 이내

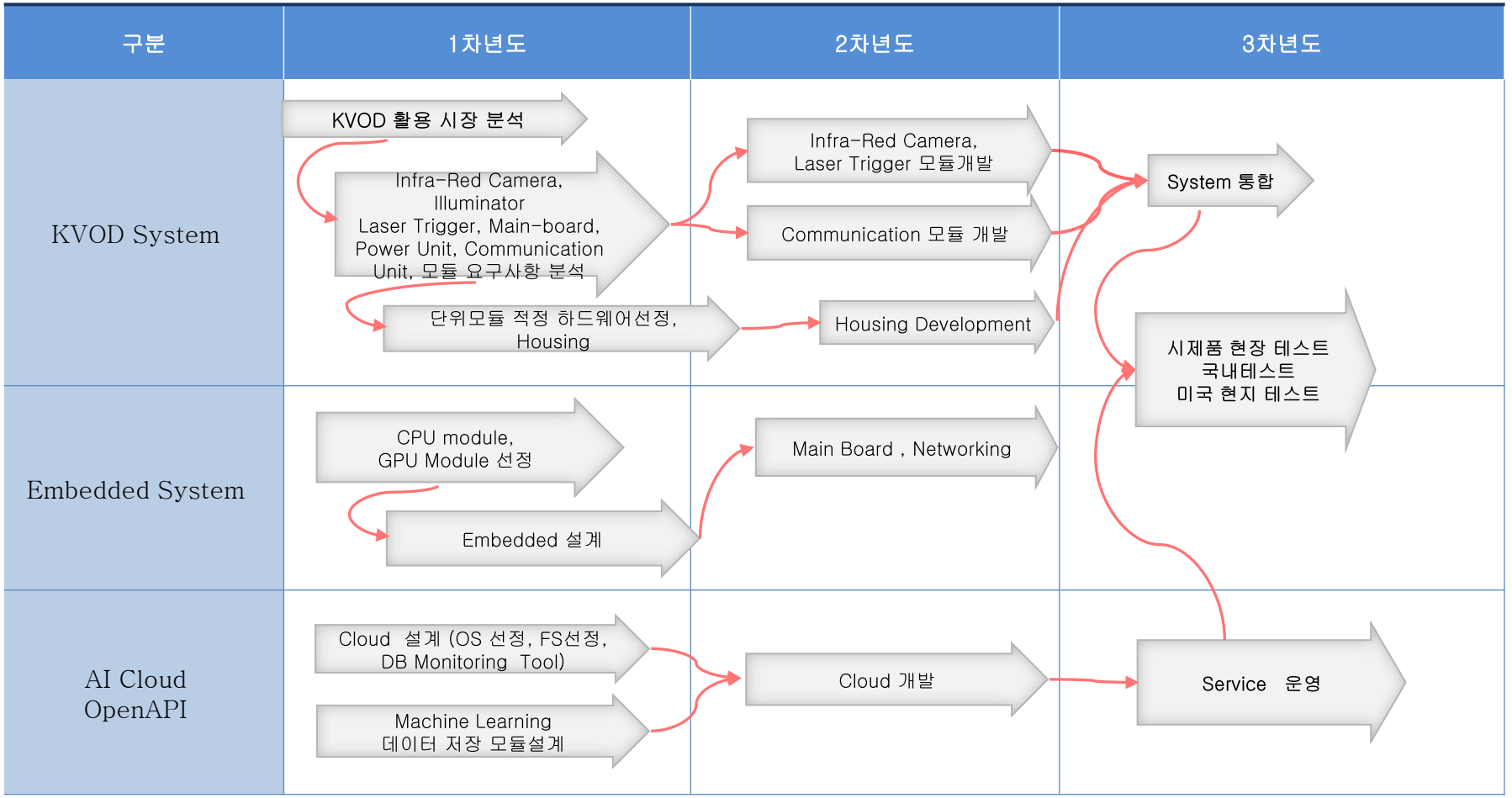
- *버스전용차로 단속 대상이 아닌 15인승 이상 차량은 재차인원 검지 대상에서 제외*

최종 결과물 KVOD System

- 영상 기반 in-vehicle 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW) – 승차인원검지
- 영상 기반 차량 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW) – 차량검지 (차종)
- In-vehicle 검지와 측위 기술에 의해 추출된 데이터와 차량 검지 및 측위 된 데이터를 융합하여 객체의 검지율을 향상 시키는 알고리즘 (SW) – 트리거
- 영상 검지 및 검지영상 분석 Embedded
- Camera and Illuminator Control Trigger
- 통신 및 연계 Embedded System
- 학습데이터 저장 및 OpenAPI 제공 및 서비스 다면화를 위한 Open Source Cloud System


KVOD 시스템 개발
(전체 솔루션 구성)
해외 기술분석, 교통부문 알고리즘 정립
분석 알고리즘 정립, 기초 모듈
1차년도
요소기술 도출/개발
국내 KVOD 교통시장 현황 분석
KVOD 요구사항 분석 및 설계 (시스템 부문)
AI CLOUD & OPEN API 설계
미국 VOD 기술현황 및 교통 시장 현황 분석
미국 VOD 기술 한계 극복 및 Know-How 공유를 위한 KVOD 요구사항 분석 및 알고리즘 분석 및 설계 (교통부문)
Computer Vision 기술 및 장비 현황조사
KVOD 검지율 향상을 위한 요구사항 분석 및 설계 (알고리즘 부문)
2차년도
단위 시스템 개발
모듈 H/W Integration (카메라, 센서, 통신 등)
모듈 S/W Integration
AI CLOUD & OPEN API 개발
KVOD 단위 시스템 성능 테스트
KVOD 교통부문 모듈 개발 및 단위 테스트
KVOD 분석 모듈 개발 및 단위 테스트
3차년도
시스템 통합 및 현장검증
시작품 개발 및 테스트
2열 이내 검지 현장테스트 (도시부 혼잡 통행료 징수 지점) [국내 테스트]
시스템 통합 및 최적화, 성능 분석 및 검증
미국 현장테스트를 위한 시스템 성능 보정 및 검증
미국 캘리포니아 현장테스트 (고속도로 HOV 구간)
AI CLOUD & OPEN API 서비스
단위 모듈 실험 검증 및 보완

탑승인원 검지 시스템의 솔루션 구성

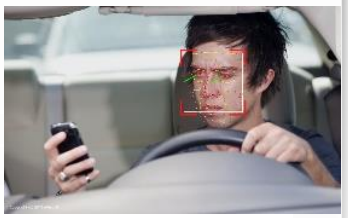


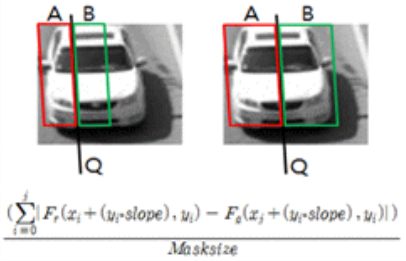
분석 알고리즘 정립

- 영상분석 알고리즘

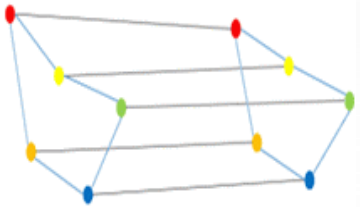
Algorithm 개발 과정

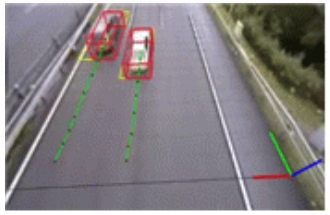
- 영상취득 시스템 구성 (카메라, 트리거, 조명)
- 트리거 작동 시점의 반영
- 촬영에 사용되는 빛의 파장이 다른 이종 카메라 사이의 융합
- 촬영 시점이 다른 이종 카메라 사이의 융합
- 특징 추출 및 분류
- CNN의 설계/학습 및 테스트
- Cloud 저장 및 API 활용

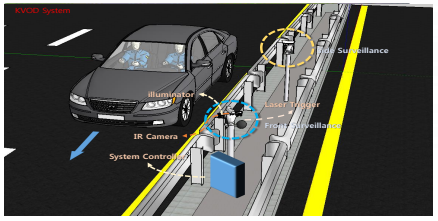




$$\frac{\left(\sum_{i=0}^{j}\left|F_r(x_i+(y_i\text{-}slope),y_i)-F_s(x_j+(y_i\text{-}slope),y_i)\right|\right)}{Masksize}$$

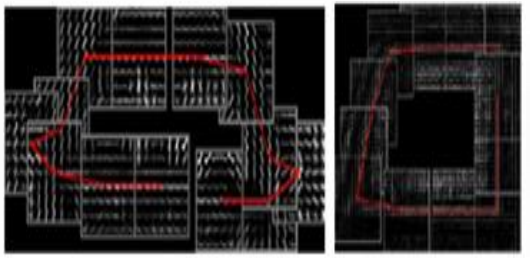


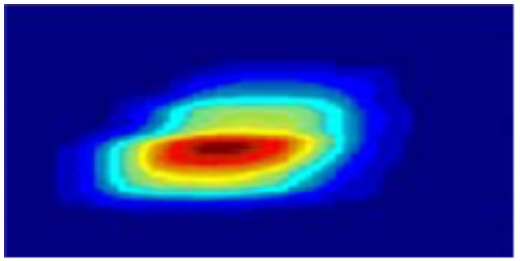




데이터 추출 및 학습알고리즘

- 유리영역 추출을 과정으로 데이터 처리속도 향상
- 확률지도 생성을 통해 배경에 존재하는 방해요인 최소화
- 스테레오매칭(이종영상: 시간 , 위치, 영상) 을 통한 검지율 향상
- Convolution Neural Network 을 활용하여 차량 유리영역 영상의 거시적 패턴을 빠르게 파악





3. 기술개발 결과의 활용 방안

차량위주에서 사람위주로 요금제도의 변화 기여

- 기존의 교통정책 및 시스템의 조정변수는 시스템위주, 차량위주, 인프라위주의 사람을 조정변수에 넣을 수 없었는데, 이는 사람을 정책 변수 와 시스템의 변수로 넣을 수 있는 기술이 없음으로 인함
- 차량내 탑승인원 검지 기술을 기반으로 하여 사람을 정책변수와 시스템변수에 넣을 수 있음
- 현재의 차량위주의 연구개발환경에 위상을 같이하는 인프라 지원을 통해 자율주행 환경 등의 미래 교통환경 대응
- 자동 주차단속(재차 여부 확인), 주차요금 다변화, 고속도로 다인승 주행차로 단속, 혼잡통행로 자동징수, 도심 고속도로의 다인 탑승 차량 통행우선권 부여, 다양한 사람위주의 교통 정책 및 서비스
- ICT의 새로운 응용 서비스 개발을 통한 정체된 ICT 산업의 새로운 먹거리 사업 창출

자율주행의 인프라 연계 서비스 활성화에 기여 및 신시장 창출

기반 기술의 확대 적용

- 보행환경 동선 시뮬레이션, 횡단보도 신호 체계 개선, 지하철 및 버스 재차 인원의 파악으로 차내 혼잡도 평가 및 이와 관련한 다양한 정책 입안과 시험환경 구축
- 구축된 테스트베드는 국내외 교통정책 및 교통환경의 영향을 시뮬레이션 하여 수요자 중심의 정책 환경 구성

국제환경에 대응하는 시스템 조정 및 사업화

- 본 연구에서 기획하는 탑승인원 검지 시스템은 향후 파트너인 Lordway Engineering 사와 공동연구를 통해 미국 시장진출의 교두보 확보
- 고부가가치 교통 서비스 인프라 개발 및 사업화

세계 최고 수준의 기술개발을 통한 국제표준화 선도

- 본 연구에서 제안하는 컴퓨터 비전 기술을 활용한 차량 내 승차인원 검지기술은 인공지능기반의 기술로써 본 사의 세계최고의 교통 인프라와의 정보 교환 기술과(m-ITS 기반기술) 함께 활용
- 본 연구에서 국제 표준화 선도를 통한 고부가가치 창출

<첨부 1> 국제 세미나 개최 예정

세미나의 목적

- 문헌조사만으로는 수집 불가능한 국내외 정보 취득(국내 기술개발의 성공 가능성 및 상용화 가능성)
- 미국에서 시범설치 중인 VOD 검토 및 관계자 미팅

국제 세미나 개요

- 일　자 : 2016년 8월 중
- 장　소 : 미국 New Jersey Institute of Technology 세미나실
- 참석자 : 미국 내 교통 관련 전문가 (교통공학 및 전자공학 분야 교수, 공기업 및 연구기관 실무자, 현지 지자체 공무원 등)
- 주요 내용 :
  - ✓ 미국 현지의 탑승인원 검지 시스템 운영 현황 파악
  - ✓ 단속 기능 외에 교통수요분야 및 재차인원 검지 등 다양한 활용 가능성 검토
  - ✓ 정확도 향상을 위한 영상 촬영 장치 및 기법에 대한 전문가 자문
  - ✓ 한국형 시스템 개발을 위한 전문 연구진 구성에 대한 전문가 자문
  - ✓ 미국 시장 진출을 위한 고려 사항 검토

감사합니다.

차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 기술 검토



2016. 6. 17.

신영호 책임연구원

믿음과 신뢰의 기업
(주)지앤티솔루션

Contents



1 탑승인원 검지기술의 개요

2 탑승인원 검지기술의 필요성 및 목표

3 활용 방안 및 기대효과

4 사업화 전략

1 탑승인원 검지기술의 개요



1-1. 탑승인원 검지기술의 개요

1-2. 탑승인원 검지기술의 국내/외 현황

1-1. 탑승인원 검지기술의 개요

국내

- 한국형 탑승인원 검지 시스템 개발
- 검지율 향상을 위한 알고리즘 개발
- 축적된 학습자료의 다면적 활용을 위한 Cloud System 구축 및 OpenAPI 제공

차량 내 탑승인원 자동검지 시스템

미국

- 미국 VOD시스템 Know-How 공유
- 교통안전 및 검지 율 향상 알고리즘 개발
- 성공적인 사업화를 위한 현지 기관 연계
- 기 구성된 네트워크를 통해 서비스 확산에 기여

진보된 객체 인식 (ACV & AI Cloud)

- 사람의 시야에 확보된 영상을 자동검지 (2열 2인 이상을 검지, 95% 이상 검지율 확보)
- 차종의 구분 (승용, 승합, 버스, 트럭) 및 최대 주행속도 160km 이내에서의 검지성능 확보

표준화

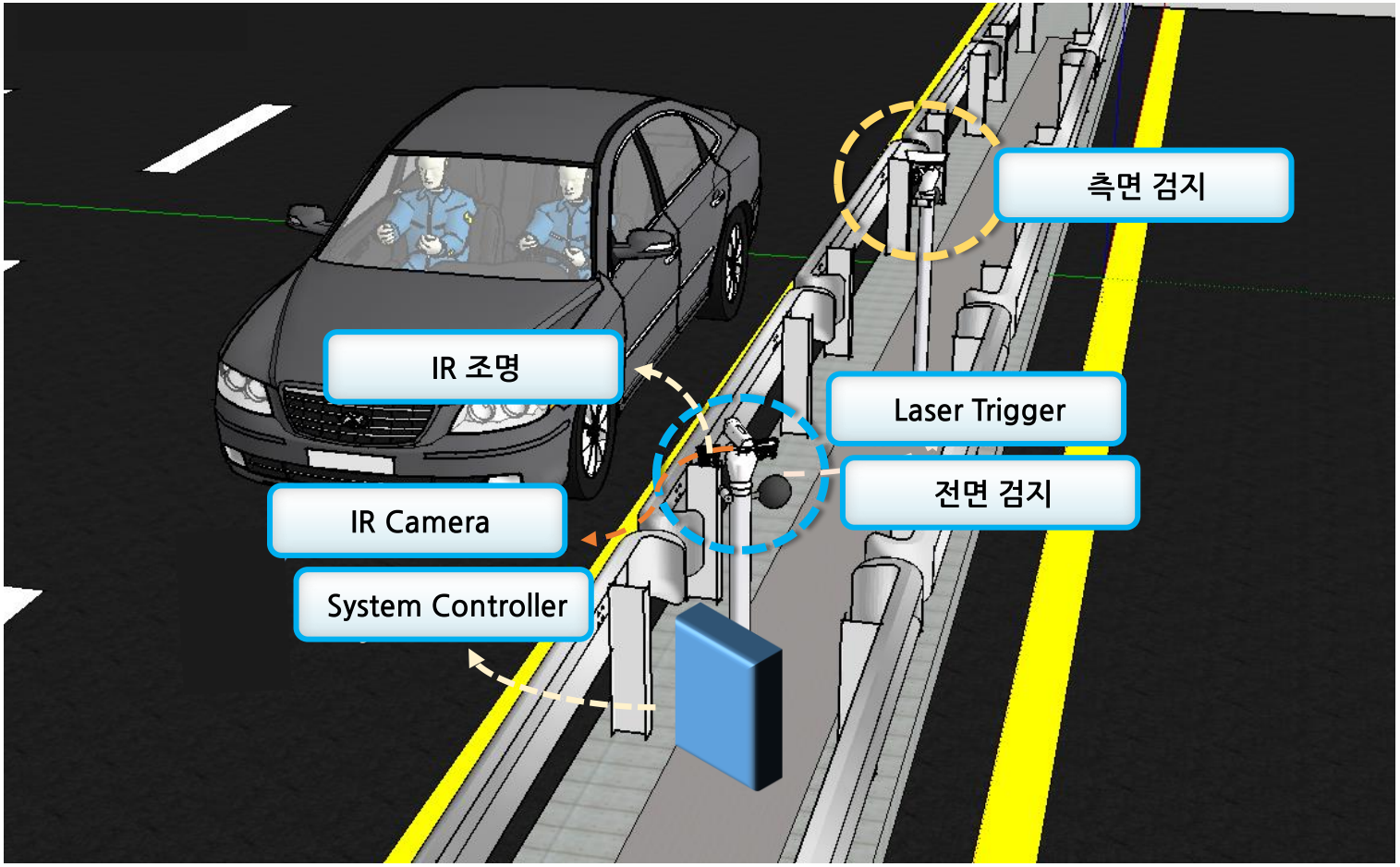
- 한국 지능형 교통체계 협회 표준화 제안
- 미국시장 진출을 위한 표준안 공유

검증

- 우리나라 교통환경 내 검증
- 미국 교통환경 내 검증

1-1. 탑승인원 검지기술의 개요(계속)

탑승인원 검지 시스템



1-1. 탑승인원 검지기술의 개요(계속)

요소 기술	주요 내용
Advanced Computer Vision 및 AI 기술 기반의 영상분석 및 객체 추출 기술	▪ 객체검지 정확도 향상을 위한 Stereo Camera, Laser(Lidar, Radar) 센서 기반 in-vehicle object(사람) 및 차종 검지 기술 개발 ▪ CNN 을 활용한 In-vehicle object 와 차량 검지/측위 정보의 융합 의 정확도 향상 기술 개발 ▪ 유리영역 추출 등 알고리즘 효율화를 위한 설계
Embedded System	▪ 예측 속도 향상을 위한 병렬처리 기반의 가속 알고리즘 개발 및 임베디드 시스템 구현 ▪ Multi-Core CPU, GPU 상의 하드웨어 성능을 최대화 하기 위한 OpenCL, Open VX 라이브러리 사용 ▪ 인공지능 기반의 객체인식 모듈의 Embedded System으로의 적용 ▪ 자동차에 특화된 정확한 특징점 축출 방법과 클러스터링 방법 개발
교통공학기반 Trigger 조정 및 운영기술	▪ IR 카메라의 차량 내 사각지대를 최소화 ▪ 차량종류(class: C), 차량속도(velocity: V), 주행궤적(vehicle trajectory: T) 등의 교통특성을 분석경제속도 결정 및 제공 기술 개발 ▪ 최적 위치(a), 차량검지기의 최적 위치 (b), 차량검지기와 승차인원검지기의 최적 간격(c)을 계산 ▪ IR 카메라의 높이위치(h)와 수직각도(α). 수평각도(β)를 조정
Cloud System	▪ 머신러닝 데이터의 저장, 서비스 다면화를 위한 Open Source API 제공 (B2B, B2G 서비스용) ▪ 초기의 하드웨어 비용부담 최소화 및 향후 확장성 고려한 OS 및 파일시스템 채용 ▪ MQTT Broker를 활용하여 머신러닝 데이터의 수집 및 제공 ▪ 개발 기간의 최소화를 위한 Open source Architecture 적극 활용
실증연구 수행을 통한 검증 및 보완	▪ 개발기술을 우리나라 교통환경에서 현장 테스트 실시, 성능분석 및 최적화 ▪ 개발기술을 미국 교통환경에서 현장 테스트 실시, 성능분석 및 최적화

1-2. 탑승인원 검지기술의 국내/외 현황

Xerox사 제품 현재 현황

제품 사양 및 범위	
VOD 사양	섭씨 -40~70 도 (작동온도), 섭씨 -20~80 도 (보관온도) 20-80퍼센트 (작동습도), 208/240 VAC (47~63 Hz) (공급전압 10-160km/hr (검지시 대상 속도) 암호화되어 로컬메모리에 저장 ,로컬메모리에서 유무선 통신망으로 전송

제품 사양 및 범위	
1열 , 2열	99퍼센트 , 96퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 99퍼센트, 2열: 91퍼센트

관련 주소 특허	
특허번호: US8611608B2, 특허취득: 2011년	Front seat vehicle occupancy detection via seat pattern recognition
특허번호: US8824742B2 특허취득: 2012년	Occupancy detection for managed lane enforcement based on localization and classification of windshield images
특허번호: US20130141574A1 특허취득: 2013년	Vehicle occupancy detection via signle band infrared imaging
특허번호: US20150363655A1 특허취득: 2015년	Smart redaction in near infrared vehicle windshield images





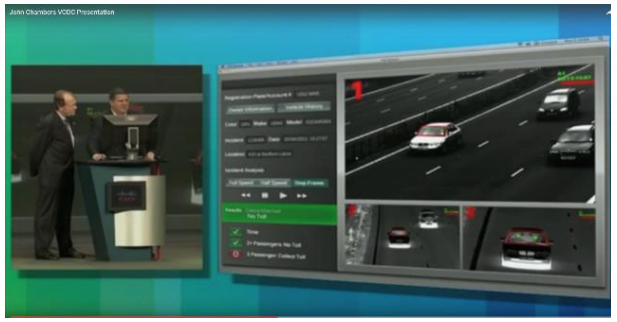
관련 최근 논문	
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.
Comparison of Face Detection and Image Classification for Detecting Front Seat Passengers in Vehicles	Yusuf Artan, et. al, IEEE Winter Conference on Application of Computer Vision (WACV), 2014.
Passenger Compartment Violation Detection in HOV/HOT Lanes	Yusuf Artan, et. al., 2016 IEEE Transporations on Intelligent Transportation Systems, Vol 17, No 2, 2016.
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.

1-2. 탑승인원 검지기술의 국내/외 현황(계속)

VODC사 제품 현재 현황

VODC

- 검지율 95% 이상
- 미국 교통시장 현황에 맞추어 Multiple, Single 로 만 검지
- 4,000 여개 소에 설치협의 중
- P-30 for Toll Booth applications : 30mph 의 속도 차량의 승차인원을 검지 하는 것으로 도시부에서 활용
- P-90 for Highway applications : 90mph의 차량을 검지하는 것으로 고속도로에서 활용
- P-90 multilane free flow : 다차로에서 적용







Passenger face obscured - hand raised



Hooded passenger



Reclining passenger



Passenger's face covered with hair



Infant in rear seat counted



Rear seat passenger easily counted



partially covered in rear seat

Infant



Partially visible rear seat occupant

2 기술개발의 필요성 및 요구사항



2-1. 탑승인원 검지 시스템의 필요성

2-2. 탑승인원 검지 시스템의 목표

2-1. 탑승인원 검지 시스템의 필요성

차량내 탑승인원 자동검지 기술개발의 핵심

기술개발 중요성

기술개발 노력

기술개발 필요성

범위 · 대상 확대

- 차량중심의 서비스 정책에서 사람중심의 서비스 정책으로 확대
- 차량 지능화에 대응하는 인프라 측면의 지능화

해외시장 선도

- 미국을 시작으로 전세계시장으로 마켓 확대
- 교통 인프라 지능화 측면의 강소기업으로 성장 기회마련

서비스 다면화

- 모든 고속도로 확대 운영
- 모든 주차장에서의 활용
- 도심 전용차로에 확대 적용
- 모든 유료터널 및 교량에서의 적용
- 각종 보안 및 방범 시스템에 연계
- 교통수요예측 통행기본자료로 활용
- 모든 대중교통수단에 적용(서비스개선)
- 교통정보 수집, 가공, 제공
- 교통류 상황 알림 서비스, ETCs와 연계

ITS AI Cloud

- 차량 내 객체인식 학습을 위한 AI 저장소
- 차량 등 도로강의 이벤트에 대한 학습데이터 저장소

Open API

- B2B, B2G를 중심으로 B2C까지 확대

2-2. 탑승인원 검지 시스템의 목표

기능 및 성능

- 승차인원검지 : 날씨 및 주야간에 관계없이, in-vehicle Object의 인프라 데이터 융합을 통한 객체 검지 개발

- 사람의 시야에 확보된 영상을 자동 검지하는 것으로, 차량 내 2열 2인 이상을 검지
- 목표: 2열 2인 이상을 95% 이상 검지율 확보

- 차량의 주행속도에 영향이 없는 영상확보 기술
- 목표: 최고 주행속도 160km/h(100mile/h) 이내

- 효과적인 검지를 위하여 차종(승용차, 승합차, 버스, 트럭 등)을 구분하여 검지
- 목표: 95% 이상의 검지율 확보

차량내 탑승인원 검지 시스템

- 영상 기반 in-vehicle 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW)
  - 승차인원검지
- 영상 기반 차량 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW)
  - 차량검지 (차종)
- In-vehicle 검지와 측위 기술에 의해 추출된 데이터와 차량 검지 및 측위 된 데이터를 융합하여 객체의 검지율을 향상 시키는 알고리즘 (SW) - 트리거
- 영상 검지 및 검지영상 분석 Embedded System (Sub SYS)
- Camera and Illuminator Control Trigger (Sub SYS)
- 통신 및 연계 Embedded System (Sub-SYS)
- 학습데이터 저장 및 OpenAPI 제공 및 서비스 다면화를 위한 Open Source Cloud (SYS)

3 활용방안 및 기대효과



3-1. 활용방안

3-2. 기대효과

3-1. 활용 방안

차량위주에서 사람위주로 요금제도의 변화 기여

- 기존의 교통정책 및 시스템의 조정변수는 시스템위주, 차량위주, 인프라위주의 사람을 조정변수에 넣을 수 없었는데, 이는 사람을 정책 변수 와 시스템의 변수로 넣을 수 있는 기술이 없음으로 인함
- 탑승인원 검지 기술을 기반으로 하여 사람을 정책변수와 시스템변수에 넣을 수 있음

자율주행의 인프라 연계 서비스 활성화에 기여 및 신시장 창출

- 현재의 차량위주의 연구개발환경에 위상을 같이하는 인프라 지원을 통해 자율주행 환경 등의 미래 교통환경 대응
- 자동 주차단속(재차 여부 확인), 주차요금 다변화, 고속도로 다인승 전용차로 단속, 혼잡통행로 자동징수, 도심 고속도로의 다인 탑승 차량 통행우선권 부여, 다양한 사람위주의 교통 정책 및 서비스
- ICT의 새로운 응용 서비스 개발을 통한 정체된 ICT 산업의 새로운 먹거리 사업 창출

기반 기술의 확대 적용

- 보행환경 동선 시뮬레이션, 횡단보도 신호 체계 개선, 지하철 및 버스 재차 인원의 파악으로 차내 혼잡도 평가 및 이와 관련한 다양한 정책 입안과 시험환경 구축
- 구축된 테스트베드는 국내외 교통정책 및 교통환경의 영향을 시뮬레이션 하여 수요자 중심의 정책환경 구성

세계 최고 수준의 기술개발을 통한 국제표준화 선도

- 본 연구에서 제안하는 차량 내 탑승인원 검지기술은 인공지능기반의 기술로써 국내에서 현재까지 시도되지 않은 기술임
- 본 연구에서 국제 표준화 선도를 통한 고부가가치 IPR 선점

3-2. 기대효과

- 국내에서는 관련 기술에 관한 연구가 진행되고 있지 않은 상황이며, 미국의 Xerox社에 의해서 주도적으로 개발되고 있는 실정. 본 과제를 통해 국내 시장에서 기술적 우위 확보를 통한 경쟁력 제고
- 적외선 (또는 열화상) 카메라를 포함하는 다수의 이종 카메라 간 결합을 통해 취득한 영상의 해석/인식/추적 기술의 확보는 교통영역뿐만 아니라 감시(surveillance) 기능을 필요로 하는 보안, 국방 영역에서도 직접적이고 적극적으로 활용



- 사회 경제적 비용 감소 : 전용차로 단속 및 교통 혼잡료 징수 적용, 단속 인력 안전, 통과속도 증가
- 요금정책의 변화 : 차량위주의 요금정책을 사람위주로 바꿀 수 있으며, 다양한 서비스 가능
- 기술 보유 및 주도 : 개발을 선도하는 Xerox,VODC 에 대등
- 해외 시장 개척이 가능 : 국내 시장에서의 기술적 우위를 통한 시장 선도 및 해외 시장 개척이 가능

- 미래 교통환경에 대한 인력수요는 2015년 7.4천명에서 2020년에 1만2천명으로 증대될 전망 (한국산업기술진흥원)
- 기존 교통환경, 혼합류 환경, 완전자율주행차량 환경에서 적용 및 자율 주행차 등 미래 교통환경의 적극적 대응

4 사업화 계획



4-1. 사업화 계획

4-1. 사업화 계획

SWOT 분석

구분 (SWOT)		강점 (S)	약점 (W)
		▪ 차량위주에서 사람위주로 법제 및 정책 변화 유도 가능 (기술이 제도를 변화시킴) ▪ 승차인원검지율 95% 이상 (160Km/h, 2열이상) ▪ 한국의 교통현황에 최적화된 시스템 ▪ AI Cloud 및 Open API를 통한 지속적 검지율 향상 ▪ Open API를 통한 서비스 다면화 (주차, 대중교통)	▪ 법제화 되지않음 ▪ 차종변화에 따른 지속적 학습데이터 요구 ▪ 생산을 위한 추가 자금 확보 ▪ 선팅차량
기회 (O)	• ITS 인프라의 지능화 선도 • 신규 및 운영시장의 확대 • AI Cloud & Open API 구축 • B2B, B2G 를 포함한 B2C 시장 진출 • R&D 과제를 통한 지속적 연구 • 해외 시장 진출기회 • 자율주행차량 시장 점유율 확대 • 사회적 비용의 절감 • 보안 및 안전 분야에 적용 기회	**SO 전략방향(사업강화전략)**	**WO 전략방향(사업보강전략)**
		▪ 직접 사용처인 혼잡통행료 구간, 불법 다인승 차량의 단속에 사용 ▪ 전국 고속도로망으로 확대 적용 ▪ 도시부 버스 전용차로에 확대 적용 ▪ 한 미 공동연구를 통한 미국환경 적용 및 시장 진출 ▪ 차량의 지능화와 더불어 인프라의 지능화 선도 ▪ 원천기술의 확보 및 지속적 성능개량 ▪ 지속적인 고정시장 확보 (경찰 보안 단속 카메라, 교통정보 수집 가공 제공)	▪ 4인 이상 탑승차량 무료주차 법제화 추진 ▪ 고성능 Illuminator 사용으로 썬팅차량 내 검지 ▪ 법제도 보완으로 과도한 선팅 금지 ▪ R&D 기회의 적극활용 & 기술개발을 통한 문제점 해결 ▪ Cloud 및 OpenAPI를 통한 공공 및 민간 데이터 지속적 확보 ▪ 수익창출로 추가기능 개발 비용한계 극복(향후)
위협 (T)	• 미국 경쟁사의 경쟁	**ST 전략방향(경쟁대응전략)**	**WT 전략방향(내부혁신전략)**
		▪ 연구개발을 통한 제품의 경쟁력 확보 ▪ 세계 전시회 참여 (TRB 학회 활용, ASCE 활용, ITS 세계대회) ▪ SNS 홍보 (YouTube, facebook, Twitter …)	▪ 해당분야 기술력 세계 1위 위상 확보 중장기 계획수립 (강소기업으로 성장) ▪ 마케팅 능력 강화 ▪ 수요자 중심의 R&D 계획 수립

4-1. 사업화 계획(계속)

예상 수익 (21조 1,977억)

- 사회적 비용의 절감 : 연간 10조원 이상 절감 (단속인원의 안전사고 예방, 통행속도 증가, 미세먼지감소)
- 혼잡통행료 징수구간 : 2억 X 20 개소 = 20억
- 전국 고속도로 톨게이트 : 2억 X 240 개소 X 4(부스) = 1,920억
- 전국 고속도로 다인 승차로 : (4139km /30 km) X 2억 = 275억
- 전국 공영주차장 : 4467개소 X 2억 = 8,934억
- 전국 민간 주차장 : ? 개소 X 2억 = ? 억
- 방범용 CCTV : (500만개소 X 0.01) X 2억 = 10조
- 도로 CCTV : 403개소 X 2억 = 806 억
- 연구기관
- 공공기관
- 교통정보 수집 가공 제공

4-1. 사업화 계획(계속)

다인승 전용차로(HOV) 및 익스프레스 차로(HOT) 현황

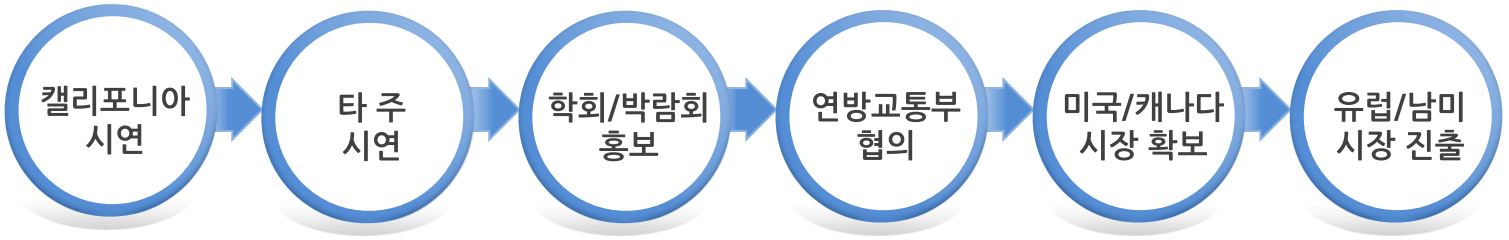
- **캘리포니아 주**: 88개 노선의 HOV 구간에서 3,400 지점, HOT 구간에서 600 지점에서 승차인원 검지가 요구되며, 현재 일부 지점에서는 육안으로 검지하여 단속하는 수동적 방식을 제한적으로 적용하고 있음. HOV 위반시 범칙금이 최하 30만원 임에도 불구하고, 미흡한 단속방식으로 인하여 위반율이 높음.
- **워싱톤 D.C.** : 495번 고속도로는 총연장 360킬로미터 구간의 HOV 차로를 운영.
- **미네소타(83개 노선), 워싱톤(41개 노선), 텍사스(35개 노선), 버지니아 (21개 노선)** 주에서 총연장 1,600킬로미터 이상의 구간에서 HOV 차로를 운영하고 있음.
- **캐나다의 경우 밴쿠버, 토론토, 퀘벡, 몬트리얼 , 캘거리** 등 대도시권역에 총 400 킬로미터 구간에 HOV 차로를 운영하고 있으며, 지속적으로 증가하는 추세임.



4-1. 사업화 계획(계속)

미국 승차인원 검지시스템의 시연 및 홍보

- 미국에서 HOV/HOT 구간의 연장이 가장 길어 수요가 가장 높은 캘리포니아 주에서 승차인원 검지시스템의 시연을 통하여 성능은 평가 받을 예정.
- 캘리포니아 로스앤젤레스 인근 91번 고속도로의 다인승 전용 구간의 답사 및 책임자와의 회의를 통하여 구체적인 시연의 가능성 타진 완료.
- 육안 단속 지점에서 단속요원과 함께 승차인원 검지시스템을 시연하고, 미디어를 통하여 시연 결과를 홍보하게 됨.
- 캘리포니아 주의 성공적인 시연을 포트폴리오로 HOV/HOT 차로를 운영하는 주의 책임자들을 초청하여 시연하고, 해당 주의 HOV/HOT 차로 운영구간에서 시연을 함.
- 교통기술자들이 많이 참석하는 학회 및 박람회(Institute of Transportation Engineers, Transportation Research Board, American Society for Civil Engineers 등)에 참여하여 시스템을 전시 및 시연함.
- 미국의 교통분야 특성상 한 주에서 시스템이 성공적으로 도입되면, 다른 50여개 주에서도 관심을 가지고 시스템을 도입하는 시너지 현상을 적극적 활용.
- “Going Green” 그린고속도로시스템을 목표로 변화하고 있는 미국 도로시스템 진출에 용이. 연방 교통부 HOV/HOT 책임자와의 협의를 통해 온실가스 저감 전략으로 전국적 홍보를 시행.



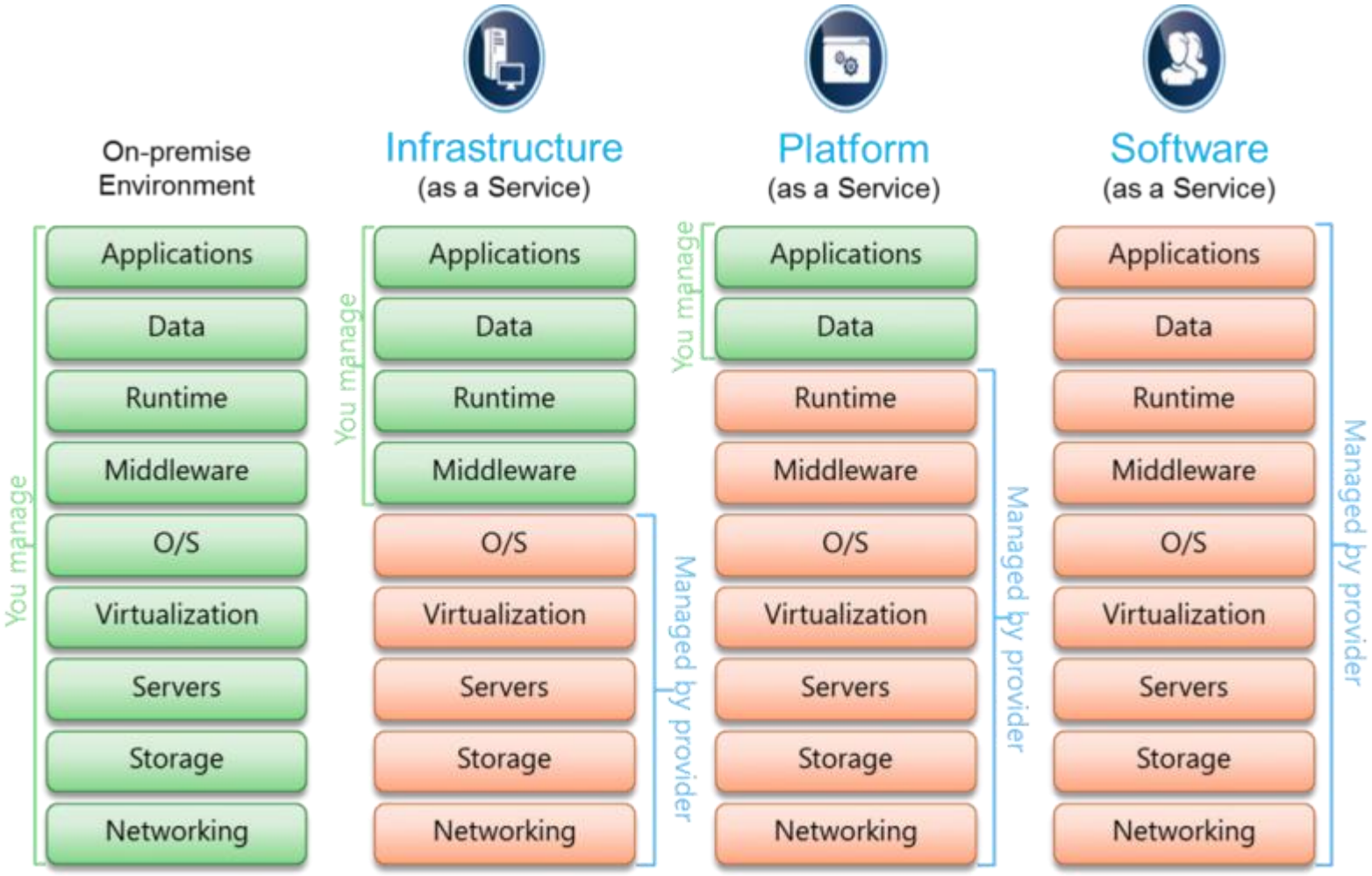
5 참고 자료



약어설명(교통분야제외)

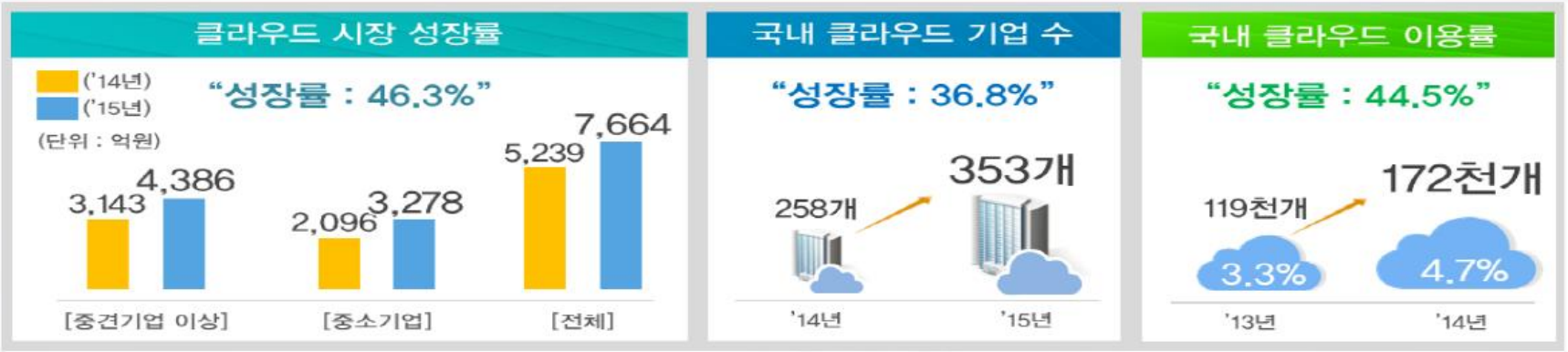
- 차량내 승차인원 검지 : Vehicle Occupancy Detection 으로 VOD의 약어로 표현하며, 본 연구에서는 우리나라에서 개발된 의미를 부여하여 “우리나라의 승차인원 검지시스템” **KVOD** (Korea(n) Vehicle Occupancy Detection System) 으로 명명하였음
- Computer Vision기술은 인공지능(Artificial Intelligence)의 한 분야로서, 어떤 영상에서 장면이나 특징 (scene or features) 들을 "이해(Understanding)" 하는 컴퓨터를 프로그램하는 것이 목적
    - 영상에서 물체의 detection, segmentation, location, recognition (예를들면 인간의 얼굴인식 (Face Recognition))
    - 결과의 평가 (예를들면 segmentation, registration)
    - 같은 장면이나 물체에 대한 다른 관점 (view) 의 등록 (registration)
    - 연속 영상에서 물체를 추적
    - 어떤 장면을 3차원 모델로 mapping ; 그 모델은 영상화된 장면을 돌아다니는 로봇에 의해 사용
    - 인간의 자세와 팔다리 움직임을 3차원으로 추정 (estimation)
    - 콘텐츠에 따라 디지탈영상을 탐색 (content-based image retrieval)
- 인공지능(Artificial Intelligence)이란 인간이 지닌 지적 능력의 일부 또는 전체를 인공적으로 구현한 것. 일반적으로는 범용 컴퓨터를 통해 소프트웨어적으로 구현하는 것으로 크게 자아를 지닌 '강인공지능(Strong AI)'과, 자아는 없으며 주어진 조건 하에서 지시를 따르는 '약인공지능(Weak AI)'으로 구분되며 현재 회자되는 알파고(Alphago)는 약 인공지능에 속함
- Software in loop(SIL), Processor in loop(PIL), Hardware in loop(HIL)
- SIFT : Scale Invariant Feature Transformation
- SURF : Speeded Up Robustness Feature
- HOG : Histograms of Oriented Gradients
- CNN : Convolution Neural Network
- DPM(Deformable Part-based Model) : 영상에서 검출하려는 객체를 정의 시 객체가 여러 부분들로 이루어진 집합체이며, 집합체를 구성하는 부분과 부분 사이의 기하학적 관계는 변형이 가능하다고 가정하는 방법
- ACM(Active Contour Model) : 영상에서 검출하려는 객체의 외곽선의 변형이 존재한다고 가정하며, 객체의 외곽선을 결정 외곽선에 의존하는 에너지 함수를 최소화 하는 방향으로 객체의 외곽선을 결정하는 방법
- Stereo Matching : 설치 위치가 다른 두 카메라로 취득한 영상 사이의 유사도 측정을 통한 영상 대응점을 매칭(image correspondence matching)하는 방법으로, 영상의 3차원 정보의 재건 등에 사용
- LSS(Local Self Similarity) : 영상과 영상간의 유사도를 측정 시 사용되는 방법으로, 유사도 측정을 원하는 영상의 특정 영역(local patch)의 패턴과의 유사도 비교를 통해 영상 전체의 유사도를 결정하는 방법
- RTOS : Real Time Operating System, 임베디드 하드웨어를 구동시키기 위한 운영체제
- Deep Learning : Multilayer Artificial Neural Network Learning

Cloud Service Category



Cloud Service Market

전년대비 46.3% 성장하여 '15년 7,664억원 성장



※ 출처 : 시장 및 기업규모('15년 클라우드산업실태조사, NIPA), 이용률('15년 정보화통계집, NIA)

▪ 중견기업 이상이 매출 비중이 아직 높지만, 중소기업의 성장률이 높아짐

<'15년 국내 기업규모별 매출액 비중>

구분	매출액 (비율)	전년대비 성장률
중견기업 이상	4,385억원 (57.2%)	39.5%
중소기업	3,278억원 (42.8%)	56.4%

▪ 국내 클라우드* 기업은 SaaS(31.1%), IaaS(24.2%)에 집중

* 인력 : '13년 3,830명 →'14년 5,772명

▪ 국내 클라우드 기업은 외산 제품 및 서비스를 더 선호(52.5%)

<'15년 국내 기업의 외산 선호도>

중견기업 이상	76.3%
중소기업	51.8%

▪ 대기업 이상(20.9%)의 클라우드 이용률이 높음

<'14년 규모별 클라우드 이용률>

구분	이용률
1~4명	3.4%
5~9명	8.3%
10~49명	12.2%
50~249명	15.6%
250명 이상	20.9%

Cloud Service Market

국내 국내 기업의 선제적 투자 확대 및 글로벌 진출 강화

✓ 국내기업의 시장 수요 대비 선제적 투자 확대

<'15년 주요기업의 투자 현황>

구분	투자액
KT	500억
더존비즈온	120억
이노그리드	60억
KINX	20억

✓ 글로벌 기업으로 성장하기 위한 SaaS 기업의 해외시장 공략 강화

영림원소프트랩 (ERP) Software in Life (협업)

"글로벌 플랫폼·인프라를 활용한 진출"

kt (CDC) "IaaS 기업의 글로벌 시장 진출"

※ 미국 LA CDC 구축, ('16.3)

현재 클라우드 시대



※ 국내 기업 시장 진입 가능

세계 글로벌 기업의 적극적인 국내 투자

✓ 국내 기업에 대한 투자 및 활용

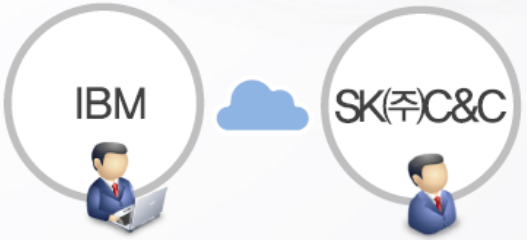
Microsoft

(LG CNS CDC 투자, '15.11)

amazon web services

(KT CDC 서울 리전, '16.1)
(부산 클라우드 센터 설립, '16.3)

✓ 국내기업과 협력 : 공동 사업화

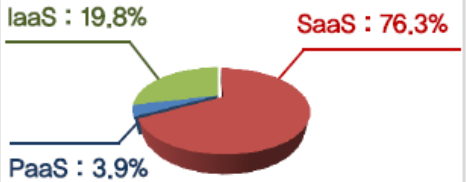


(판교 클라우드 센터 구축, '15.12)

Cloud Service Market Trend

SaaS 생태계 형성과 데이터 저장 등을 위한 IaaS 동반 성장 — 세계

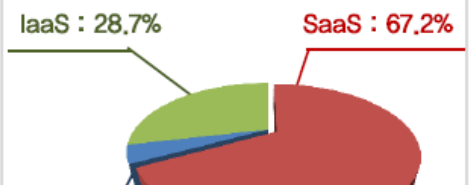
'14년(95.3조)



'14년 분야별 1위 현황

SaaS : 세일즈포스닷컴(4.7조) PaaS : MS(0.8조)
IaaS : 아마존(5.1조)

'18년(180.6조)



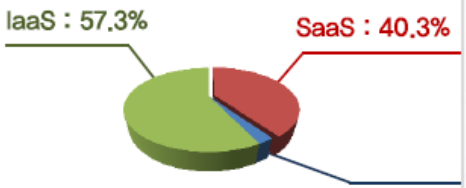
'18년 생태계

SaaS	• 기존 강자와 다양한 중소/창업기업 출현(국내기업의 해외 시장진출 기회)
PaaS	• MS 등 기존 강자의 시장 주도
IaaS	• 아마존 등 기존 강자의 시장확대

※ 출처 : 시장전망(Gartner '15.3월), 분야별 1위 현황(SaaS/PaaS : IDC '15.8월, IaaS : 시너지리서치그룹 '15.2월)

IaaS, PaaS, SaaS 기업이 공존하는 생태계로 발전 — 국내

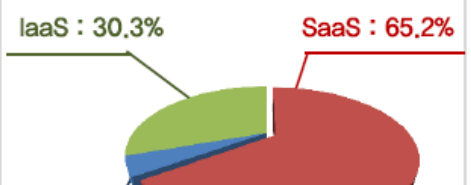
'14년(0.5조)



'14년 분야별 현황

SaaS : 중소SW기업 중심 PaaS : 글로벌 기업 진입
IaaS : 대기업 주도

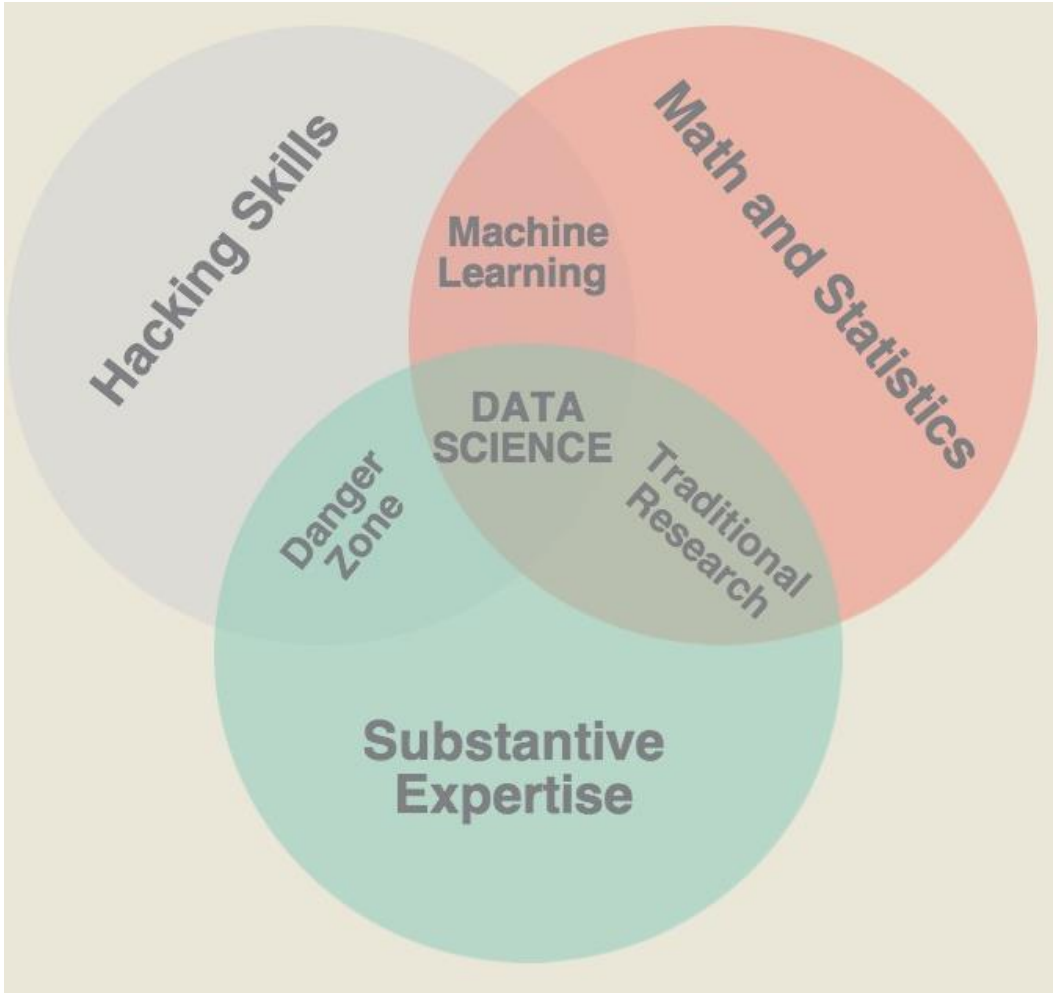
'18년(2조)



'18년 생태계

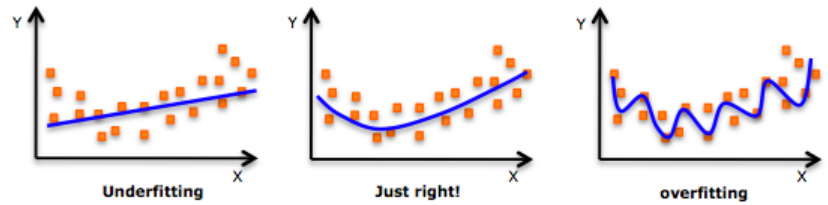
SaaS	• 창의적인 아이디어에 기반한 SaaS 신형 기업 다수 출현
PaaS	• MS 등 기존 글로벌 기업과 Open PaaS 기반 기업과 경쟁
IaaS	• 국내 기업과 아마존 등 글로벌 기업간 경쟁(국내 SaaS와 협업 생태계 구축)

Data Science

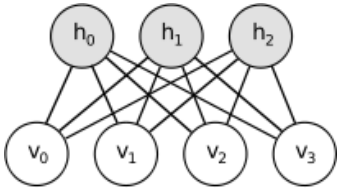


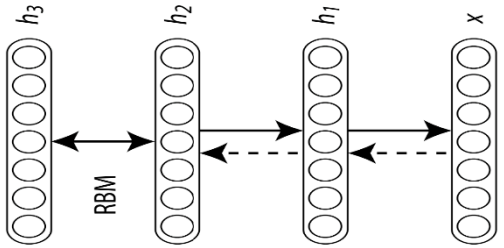
ANN

- Deep Learning (다층 레이어 구조)에서의 Overfitting Problem- (Black_box)

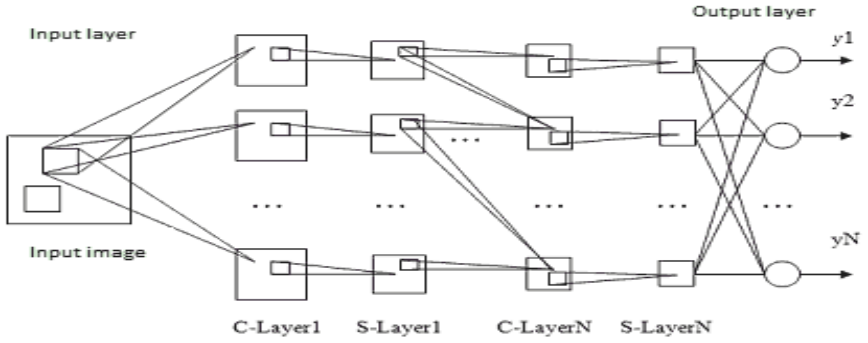


- Deep Belief Network (DBN) : 비 감독학습, Restricted Boltzmann Machine (RBM)을 확장





- Convolution Neural Network : 감독학습, CNN은 sparse weight, tied weight, equivalant representation이라는 세 가지 아이디어를 기반으로 모델의 complexity는 최소화하면서 vision에 최적화되어 있는 형태의 모델



Discussion

- 인프라 또는 차량중심에서 통행자 중심으로의 환경변화
- 개인 컴퓨팅에서 분산 클라우드 시스템으로의 환경변화
- Human Intelligence 에서 Artificial Intelligence 으로의 환경변화
- 교통수단의 지능화와 교통인프라의 지능화

Vehicle Occupancy (Passenger) Detection

Joyoung Lee, New Jersey Institute of Technology

Seoul, June 17, 2016

CALIFORNIA PATH

Discussion Topics

- **Occupancy Detection for Managed Lanes – A Perspective**
- **Technology and Implementation Options**
- **A Review of Recent Studies & Evaluations**
- **Looking Ahead**

CALIFORNIA PATH

Why Bother?

- More lane-miles of HOV/HOT
- Connected networks with multiple entry and exit points
- Often fully utilized real estate, with little space left for police cruisers
- Manual enforcement challenging; Needs for enforcement



CALIFORNIA PATH

Let's Issue Them Tickets (Automated or Not)

- **Main differences between Commonly Seen Enforcement versus Vehicle Occupancy Enforcement**
  - **Conventional (automated) enforcement focused on safety applications, such as red light running and speed enforcement**
  - **HOV/HOT enforcement focused on vehicle qualification to maximize mobility and reduce toll evasion**
- **Commonality between the two:**
  - **Enforcement typically present a deterrence effect, even if not absolutely accurate or omnipresent**
  - **Technology (e.g. triggering & image processing) often usable for either type of systems**

CALIFORNIA PATH

Can Machines Do It for Us, or Should Humans Stay Involved?

Exemplar Implementation Options:

- **Manual enforcement with technology assist**
  - **Transponders + Readers**
  - **License plate recognition**
  - **Some involvement of registration and self declaration**
- **Fully automated enforcement technology**
  - **External detection**
  - **In-vehicle detection + communication**

CALIFORNIA PATH

5

Gadgets and Tools

1. **Outside of vehicles**
   - **Image processing (object recognition)**
   - **Roadside equipment (communication & computing & displays)**
2. **Inside vehicles**
   - **Transponders (tolling & communication)**
   - **Onboard equipment (occupant detection, communication, positioning – GPS, etc.)**






Selective Paths Taken Recently

- **Georgia Toll Authority**
  - Gantry Controlled Access
  - "Invisible Barrier"

- **SANDAG FHWA VPP based project for Violation Enforcement**
  - RFP in 2009 for testing on I-15 ML
  - Field Tests in Summer 2010

- **Georgia Technology Research Institute**
  - Continuation of research one decade ago
  - Field tests in coming months

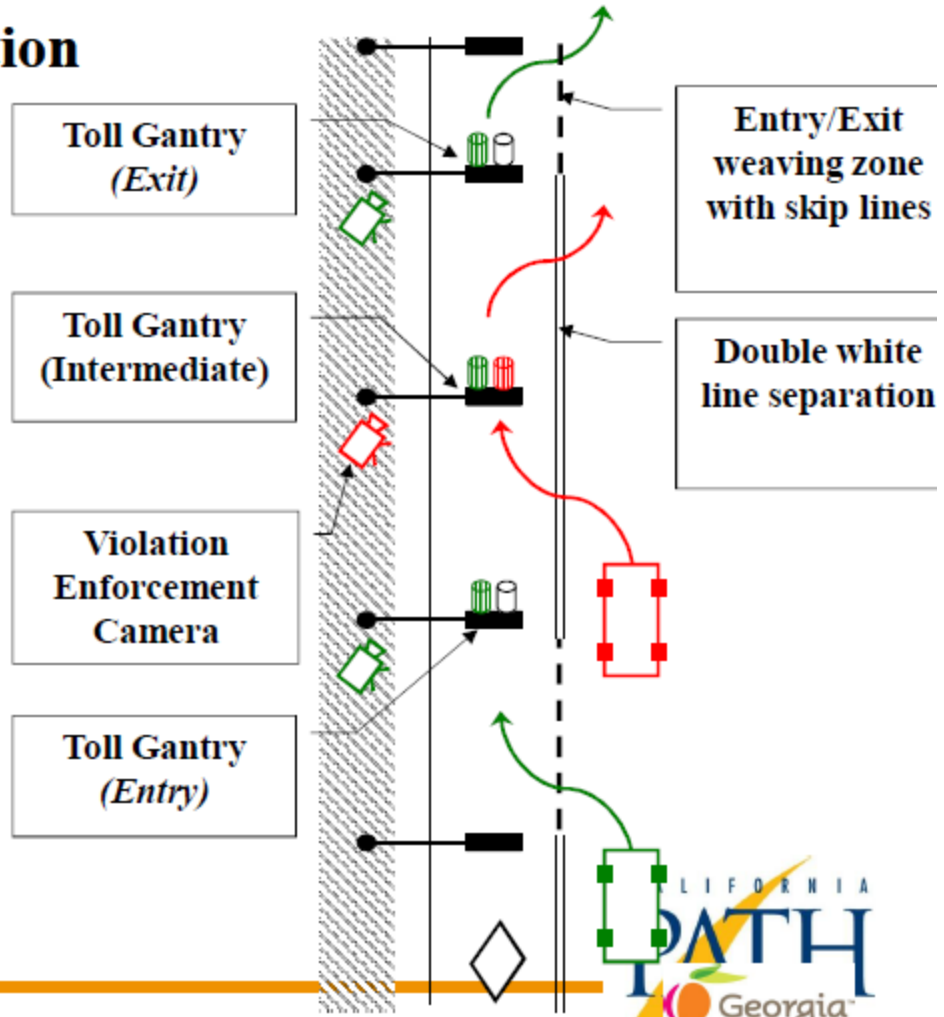
CALIFORNIA PATH

Gantry Controlled Access (GCA)

- courtesy of Patrick Vu, Georgia SRTA

"Invisible Barrier" solution

- Tolling system identifies vehicles passing toll gantry sites by reading transponder reads or capturing license plate images
- ½ mile toll gantry spacing deters dodging in and out the HOT lane
- Trip progression monitoring detects entry/exit violations
- Automatic issuance of toll violation notices based on missed number of gantries
- Indirectly enforces double white line weaving with issuance of mailed toll citations



Vehicle Occupancy Enforcement
- courtesy of Patrick Vu, Georgia SRTA

- Qualifying carpoolers self-declare HOV status by telephone, smart phones, or online account. Other possible ways include kiosks and texting.
- Tolling Back Office transmits list of "Toll-Exempt" vehicles to a mobile Automatic License Plate Recognition (ALPR) system onboard police cars
- The ALPR reads license plate of passing vehicles and notify officers to check occupancy of only "Toll Exempt" vehicles
- Policing efforts reduced to only checking 1 out of every 4 vehicles in the HOT lane
- Police can use ALPR to check for stolen vehicles, arrest warrants, and Amber alerts
- Instead of portable transponder readers, ALPR approach will work with a possible future video tolling option







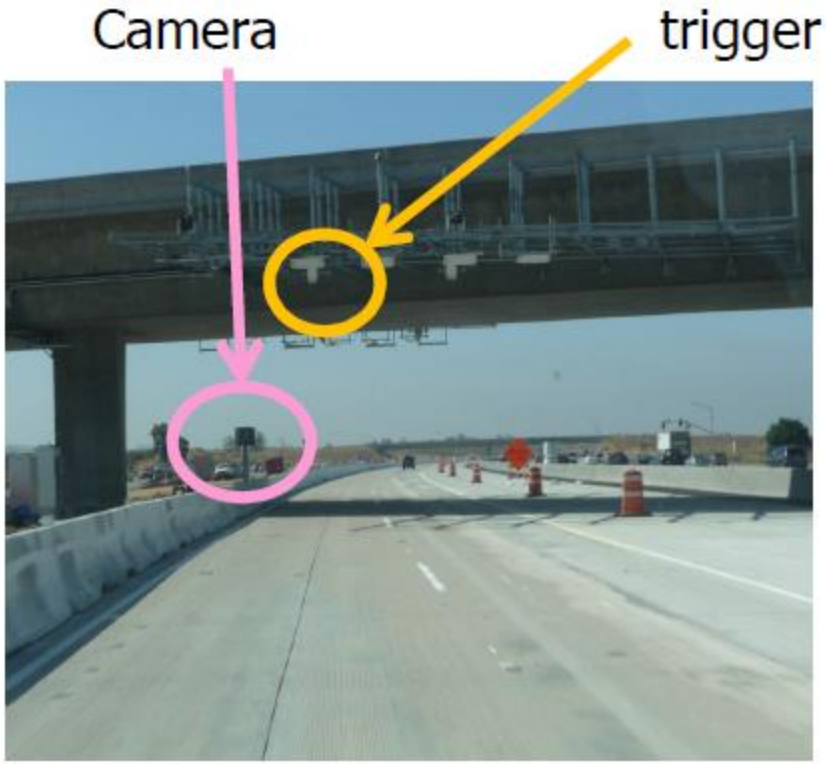
SANDAG Occupancy Camera Test Summer 2010

- Test took place over the weekend of July 30,2010
- Test Team: Delcan, SANDAG, HNTB, PATH/CCIT, SMG, Caltrans and CHP and many volunteers
- UCB (PATH/CCIT), under Caltrans sponsorship, participated as independent evaluator



CALIFORNIA PATH

I-15 Miramar Way Test Site





SANDAG

CALIFORNIA PATH

11

We Kicked Tires Pretty Hard …

- **Controlled tests in protected site with no other traffic, 552 controlled test points/runs with various combinations of possible scenarios**
  - **Number of occupants**
  - **Seating positions**
  - **Occupant types (adult, teen, child, dummy)**
  - **Speed (10 to 80 mph)**
  - **Vehicle types (car, pickup, van, SUV, mini)**
  - **Daytime and night-time**
- **48 Semi-Controlled Runs**
  - **Pre-determined test cases in regular traffic**
- **Multiple days data available from uncontrolled testing**

CALIFORNIA PATH

And We Learned That …

- **Overall, there is no discernible patterns to evaluate the statistical significant effect of individual variables (speed, vehicle type, occupant type, etc.) due to the low level of performance.**

- **Occlusion is an obvious factor for technology types that are based on image processing, as can be seen in the relatively low pass rate for second-row occupants on driver side versus middle and passenger-side occupants.**

CALIFORNIA PATH

SANDAG April 2012 Forum

- **SANDAG and Caltrans hosted an industrial forum in April 2012 to explore the latest developments in occupancy detection**
  - **More vendors have products in different stages**
  - **Five potential vendors offer systems based on image processing**
  - **Two industrial participants offer systems based on ride-sharing and vehicle identification concepts**

- **SANDAG/Caltrans intends to issue an RFP later in the year to determine, and proceed with a new round of field tests if feasible.**

CALIFORNIA PATH

Will We Ever Get There?

- External detection methods have limitations in accuracy, but high enough accuracy, coupled with deterrence effects, may be sufficient.
- Despite the availability of in-vehicle sensing and the proposal of "connected vehicles concept", near-term deployment is unlikely.
- Cost-effectiveness from the perspective of system-wide implementation is very challenging.

CALIFORNIA PATH

Light at the End of Tunnel?

- **Image processing (and thus object recognition) will continue to improve, and likely overcome current shortcomings.**

- **The combinations of transponders, registration, self-declaration, license plate recognition, and other things will see more implementation, and provide valuable lessons for future projects.**

- **There will be considerable growth in personal mobility applications that come with the ubiquitous mobile devices. How can this connectivity phenomenon play into the enhancement of enforcement systems?**

CALIFORNIA PATH

Finally …

- **The primary objective is to effectively enforce occupancy requirements without creating major barriers to, or better yet facilitating and encouraging, HOV participation when occupancy is a discriminator (until all vehicles are tolled equally).**

- **Automated occupancy enforcement is a tool "nice to have." We are getting closer, but not quite there yet.**

- **As shown in some cases, such as Georgia SRTA, a semi-automated process can help alleviate the burden of enforcement.**

CALIFORNIA PATH

Vehicle Occupancy Detection System

- History & Field Test -

Juneyoung Park, Ph.D.

Research Assistant Professor
Department of Civil, Environmental & Construction Engineering

Safety Program Deputy Director
Center for Advanced Transportation Systems Simulation
University of Central Florida, USA



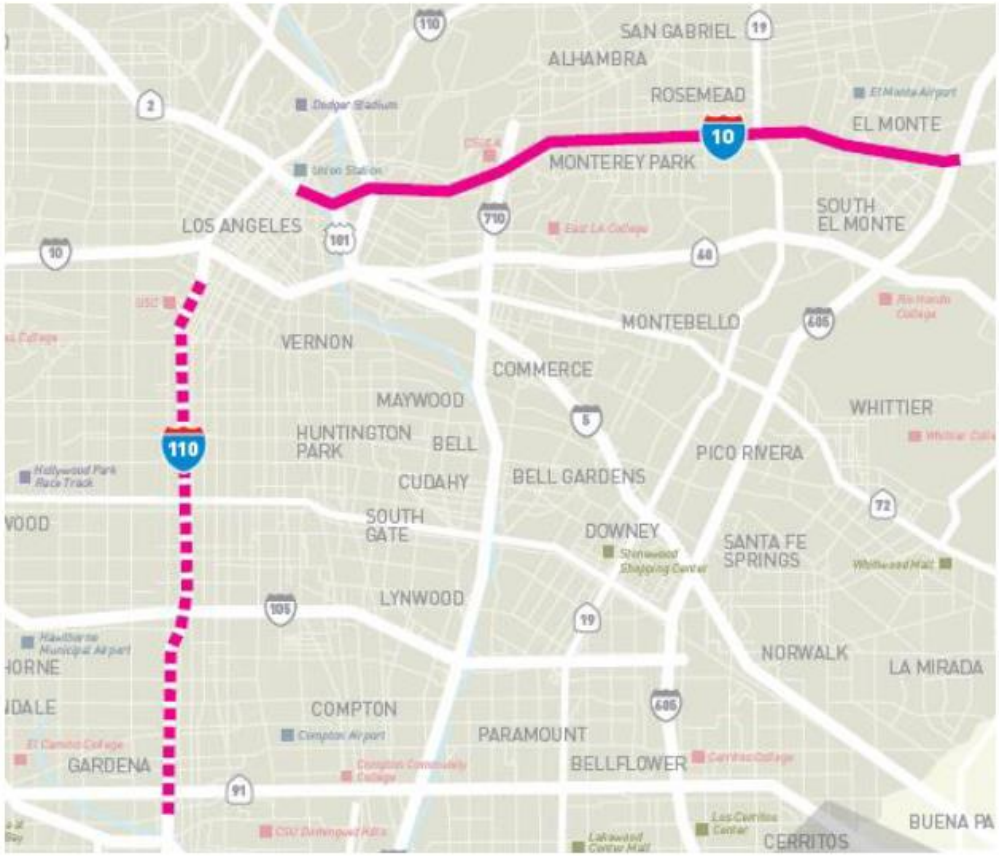
Presentation Outline



- Background/Business Rules
- Issue – I-110 Northbound AM Peak
  - Trips
  - Violations/Citations
  - HOV Only
- Self Declaration
  - Manual Observation
  - Automated Observation
- Summary
- Next Steps

Background

- Converted 47 center line miles of HOV Lanes to HOT
- Two of the most congested corridors in LA County
- I-110 ExpressLanes opened 11/10/12
- I-10 ExpressLanes opened 2/23/13
- I-110 Geometric Issues
  - Single Lane (3 Miles)
  - Dual Lane (8 Miles)
  - Merge back into GP Lanes
  - Ramp to Adams Blvd



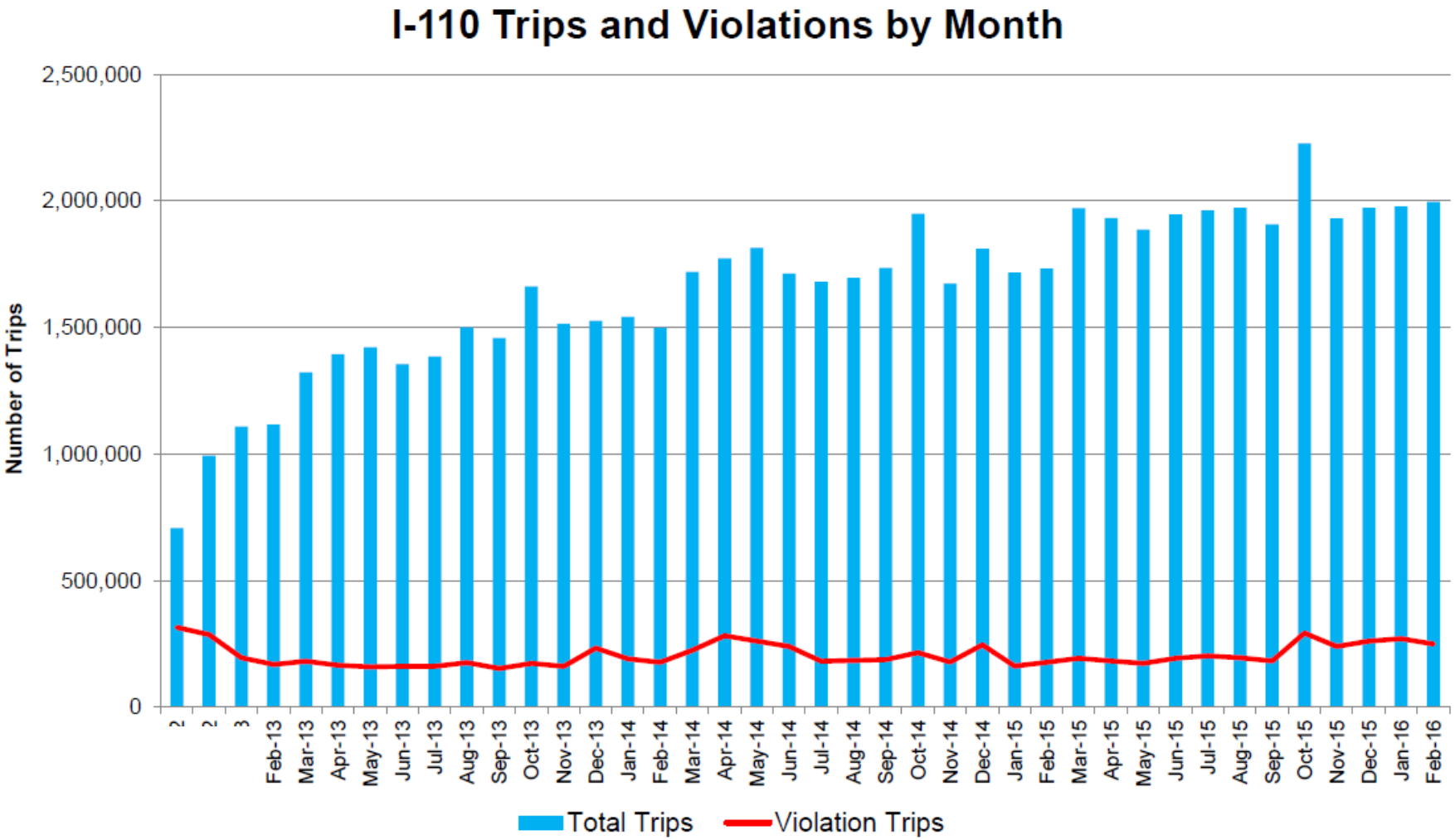
Business Rules

- All vehicles (except buses, motorcycles, & emergency responders) required to have a FasTrak®
- FasTrak Flex® for carpools
- 24/7 tolling operation
- Dynamically priced - $0.10 to $1.40 per mile
- I-10 - HOV 3+ Toll-free peak hours; HOV 2 off-peak
- I-110 - HOV 2+ Toll-free at all times
- SOV Pay Toll at all times
- Transponder can be used in multiple vehicles

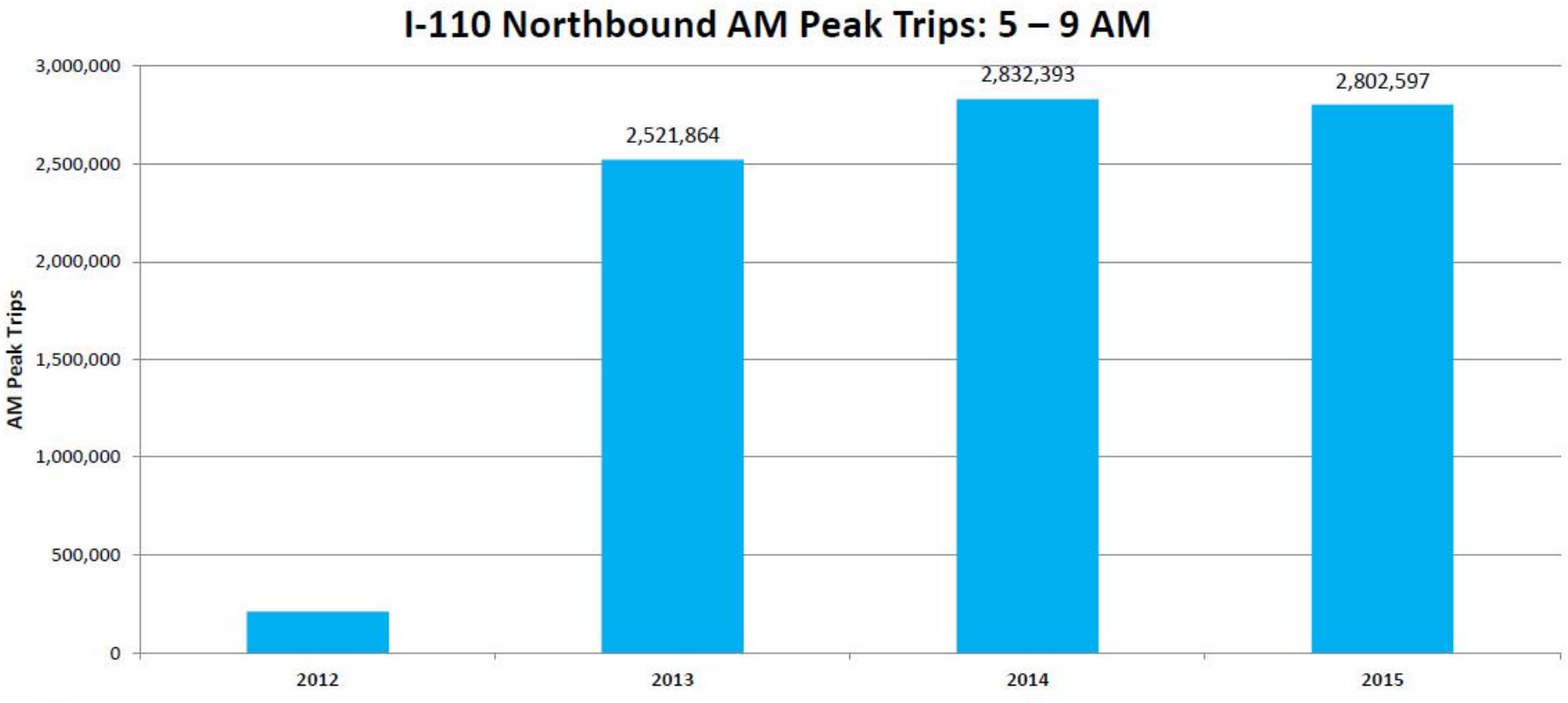


FASTRAK flex®

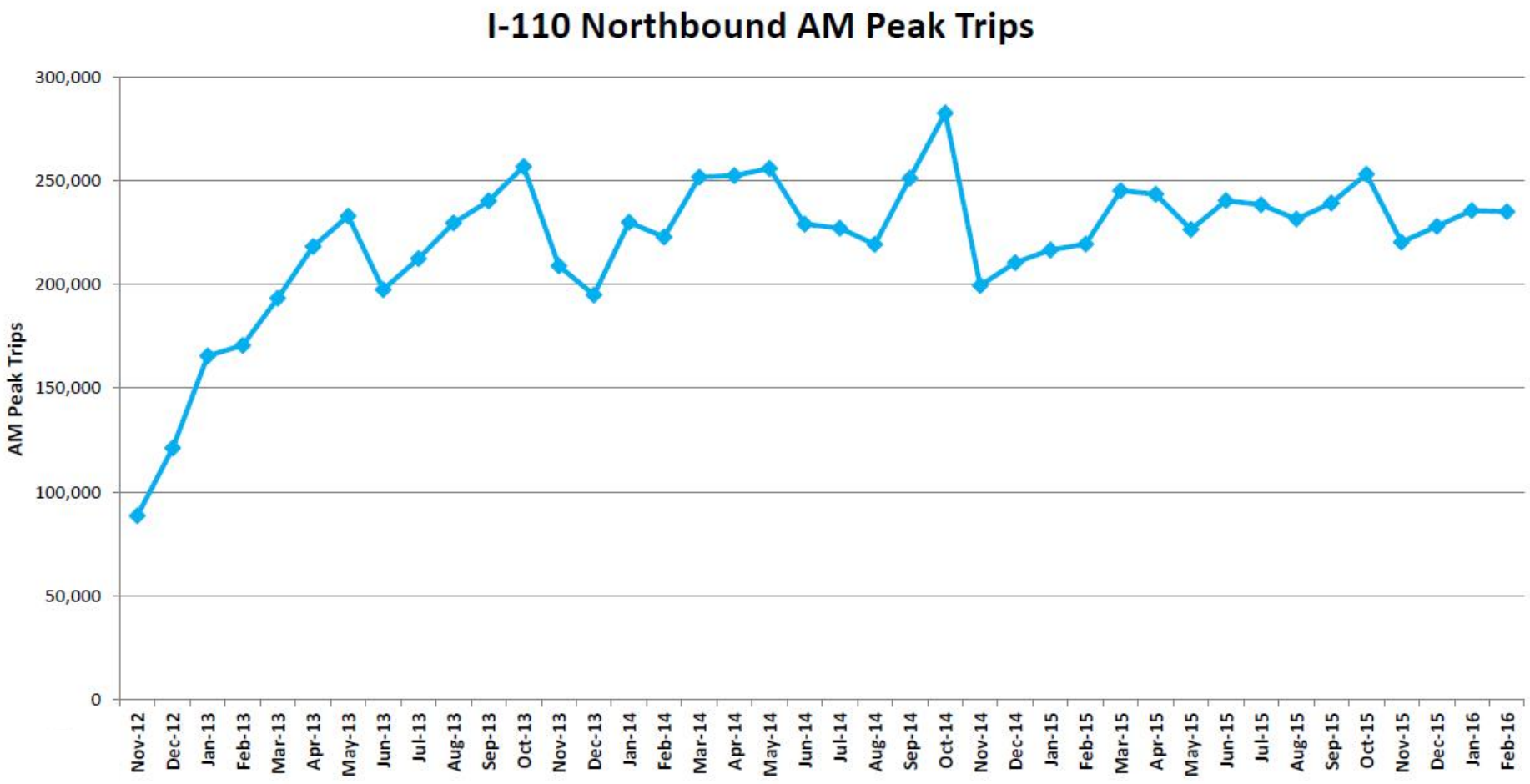
Monthly Trips and Violations



Annual AM Peak Trips



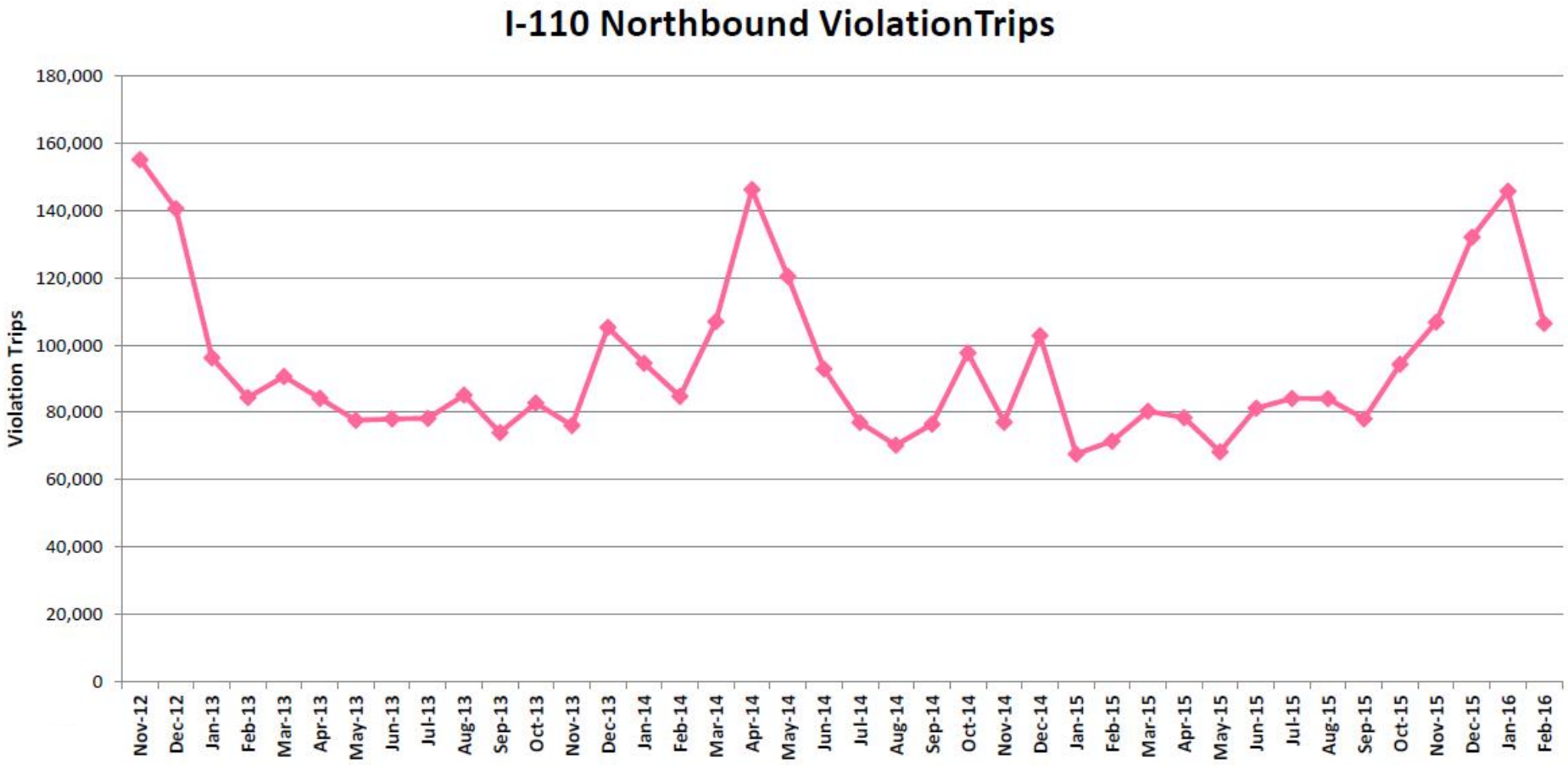
Monthly AM Peak Trips



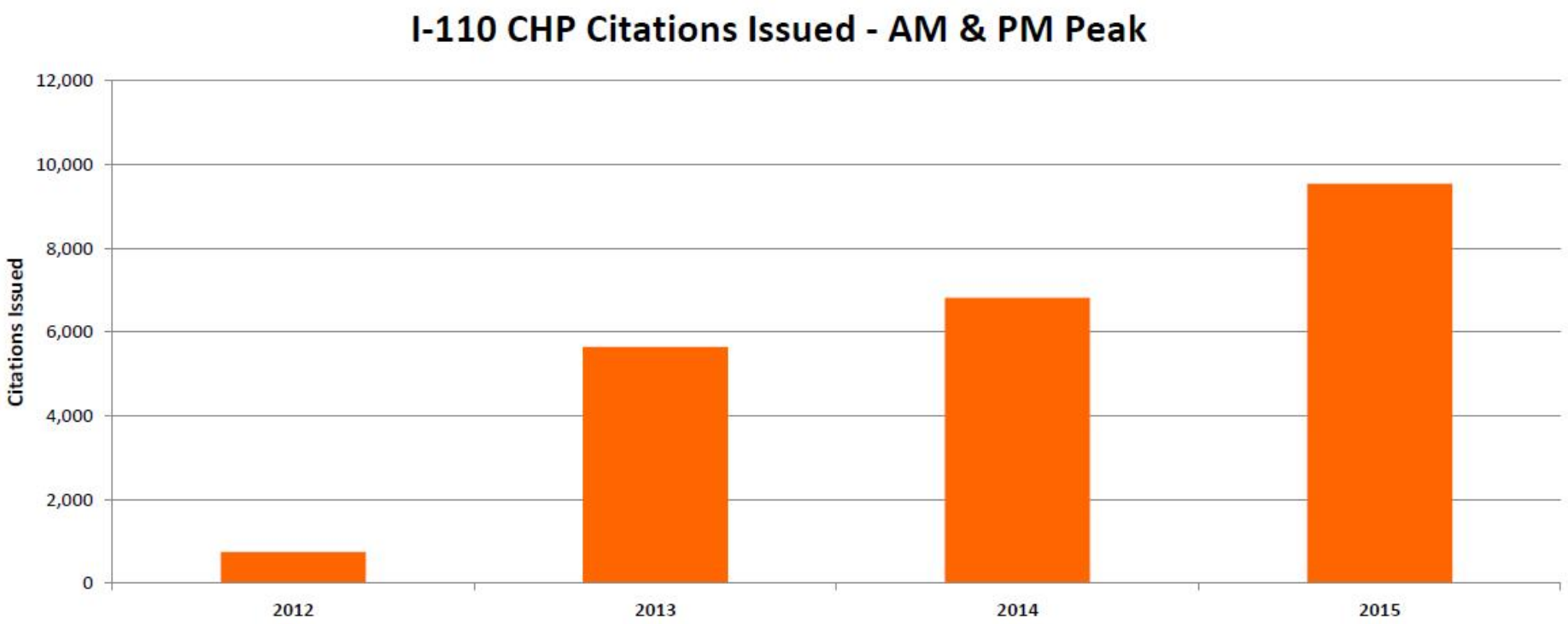
Annual Violation Trips



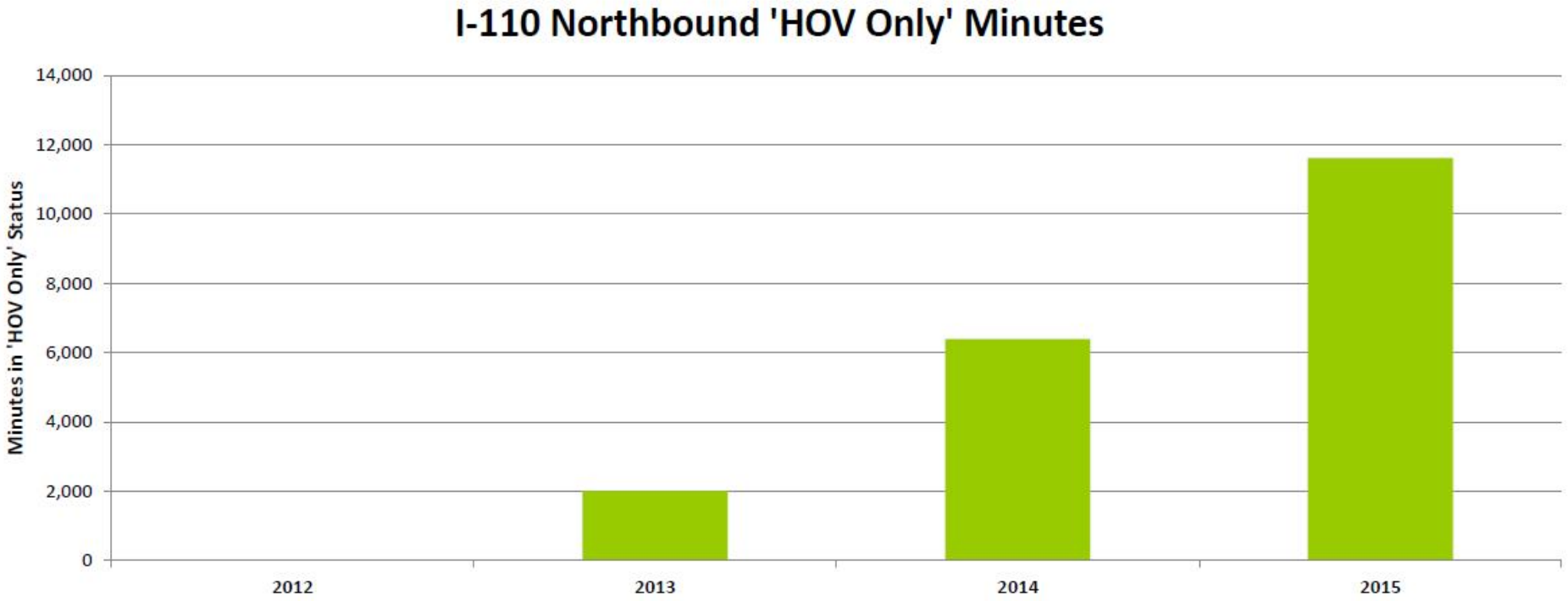
Monthly Violation Trips



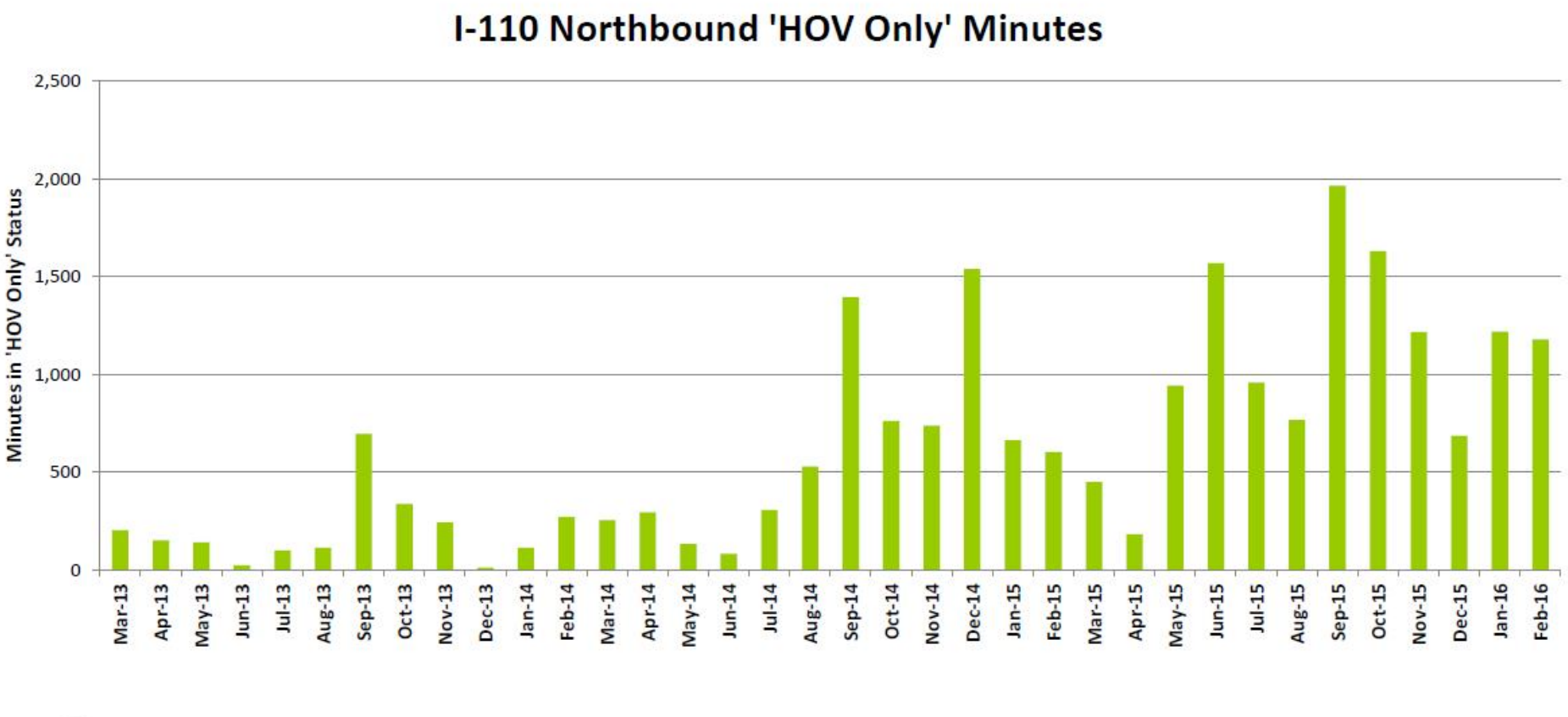
Annual Citations Issued



Minutes in HOV Only Status by Year



Minutes in HOV Only Status by Month



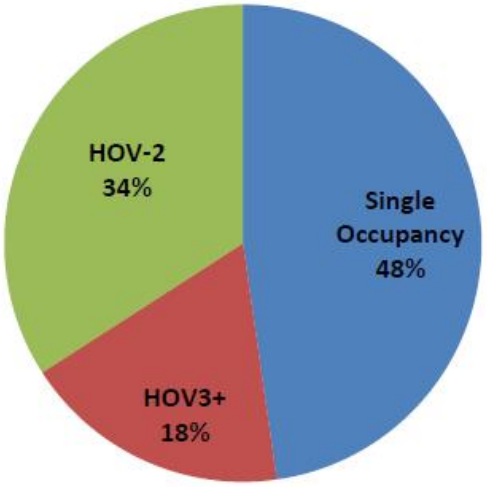
Manual Occupancy Counts (Segment 4) (7 am – 10 am)

Methodology

- Situated to see occupants and Beacon lights
- AM of July 14, 2015
- 2, 2-person teams:
  - Team 1 - verbally state occupancy, other records
  - Team 2 – verbally state enforcement beacon, other records
- Performed in blocks of 30 vehicles
- Able to observe 61.3% of all vehicles
- Did one lane at a time (since in a 2 lane segment)
- Totals were compared and switch setting error rate determined
- Lane transaction data obtained and compared to enforcement beacon data to validate field observations

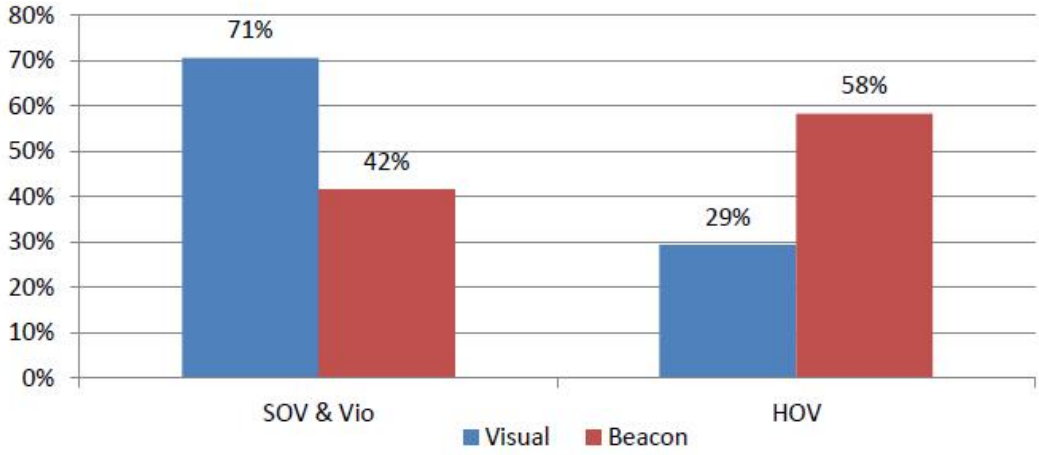
Manual Occupancy Counts (Segment 4) (7 am – 10 am)

I-110 Northbound Vehicle Occupancy - Toll System



All Vehicle Trips -March 2015 thru February 2016

Visual Occupancy Compared to Switch Setting as a % of Transactions



Demo for Automated Occupancy Counts



Objective

1) Establish approach to matching Xerox Vehicle Passenger Detection System (XVPDS) and Metro ExpressLanes toll transactions

2) Determine accuracy of XVPDS versus Manual Review

3) Determine Violation Rate for lane under evaluation

Test Approach and Process



1. Installation of Equipment
2. Training Data Collection
   - 24 hours of data from September 3-4
3. Model Creation
   - Development of XVPDS Model by Manual Scoring from Training Data
   - September 7-17: 17,000 Vehicles
4. Develop Process For Matching XVPDS Data to Tag Setting Data
   - September 15- October 5
   - Confirmation of Approach: October 5 - 20
5. Data Analysis for October 8: ~14,000 Vehicles
   - Manual Image Review To Establish Accuracy: Oct 28- Nov 8
   - Tag Setting Comparison to XVPDS Output: October 29

Equipment Installation

Front Camera and Illuminator



Rear Camera and Illuminator
plus Laser Trigger

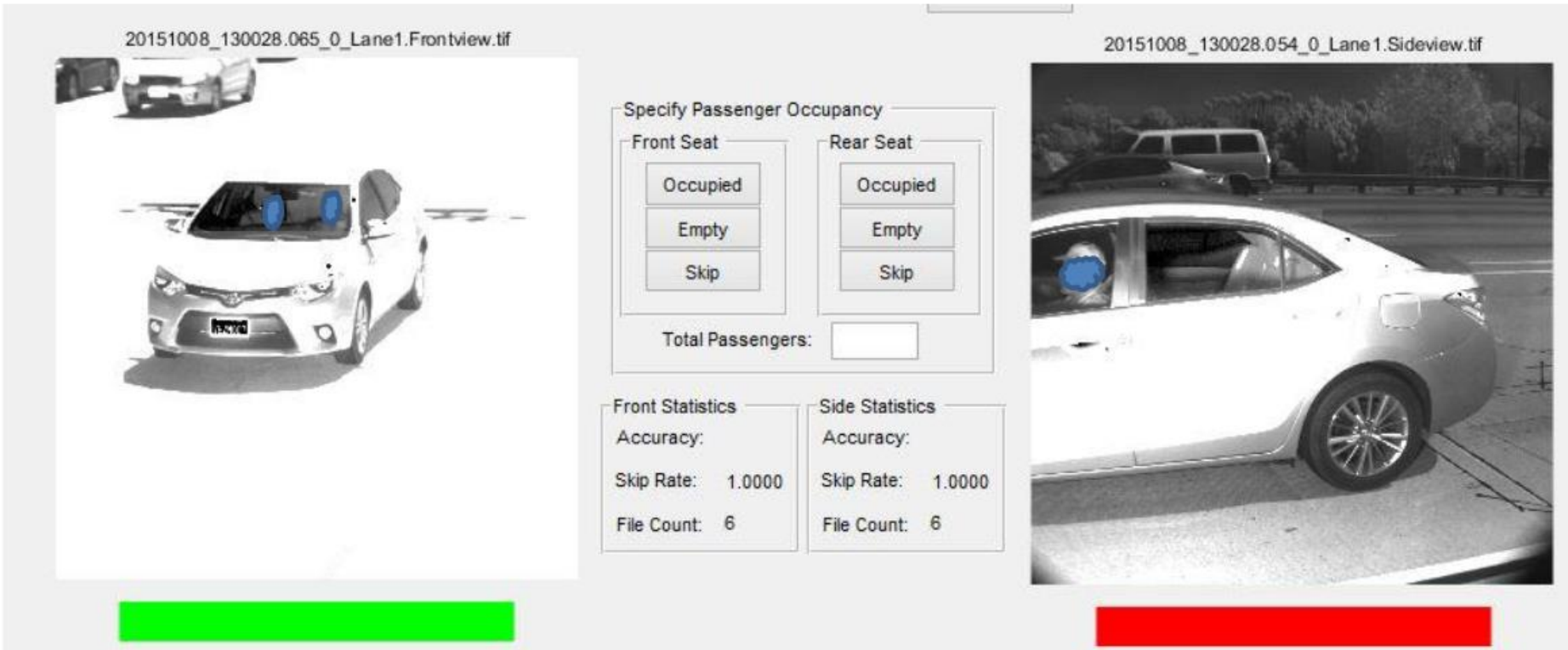


Front and Side Images (1)



Front Unoccupied, Rear Unoccupied - XVPDS Correct

Front and Side Images (2)



Front Occupied, Rear Unoccupied – XVPDS Correct

Xerox VPDS Model



- 24 hour period to establish XVPDS Model
  - Captures varying light conditions, varying traffic conditions,
- Images captured
  - ~14,093 Front Images
  - ~14,093 Rear Images
- Images were scored for Occupancy by Manual Image Review
  - Front Seat: Occupied or Not Occupied
  - Rear Seat: Occupied or Not Occupied
  - Data is then combined to determine: Single Occupant Vehicle or High Occupancy Vehicle
  - This process creates the XVPDS Model and the system is trained or “learns” what is an Occupied Vehicle and what is Not.

Preliminary Analysis – Phase I Demo

- October 8 Data Analyzed 14,093 vehicles over 24 hours
- Compare tag declarations against XVPDS output based on time stamp

		Total=	14093
SOV Mode or HOT Mode	**Occupancy Declared By User**		
Occupancy as Declared by XVPDS		**SOV**	**HOV2/3**
	SOV	32.3%	12.7%
	HOV2/3	**21.8%**	33.1%

Summary



- Manual Occupancy violator rates - 29% (71% SOV; 29% HOV)
- XVPDS – 21.8% Violation Rate (54% SOV; 45% HOV)
- Accuracy (i.e. when XVPDS declares the vehicle is an SOV and the vehicle is an SOV) was 94.1%
- When augmented with Manual Image Review, could be improved to 99.9% accuracy
- Pilot installation where XVPDS was not directly tied to the Toll Collection System
- Matching was based on XVPDS and Toll System time stamps

Next Steps



- Xerox currently testing the occlusion rate in 2nd lane (Phase II of Demo)
- Once rate is determined Metro will make a decision whether to move forward or not
- If decide to move forward, a Concept of Operations will be prepared
- Present to Metro Board for approval
- Begin installation on I-110 and I-10

2016년 국토교통기술촉진연구사업 중 글로벌기술협력분야

Foreign Advanced Technology review seminar for the development of Future Technology for Collecting Number of Person in Vehicle

Aug. 26th, 2016



GnT Solution Inc.

New Jersey Institute of Technology

KAIA Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

Ⅰ 개 요

Ⅱ 관련 기술 검토

Ⅲ 기술개발의 목표 및 활용방안

Ⅰ. 개 요



1 과제 개요

2 탑승인원 검지 국내외 현황

3 기술개발의 필요성

1. 과제 개요

국토교통과학기술진흥원 국토교통기술촉진연구사업

- 지원의 목적 : 신시장 개척을 위한 정보조사 및 교류 등 협력체계 구축 지원
- 지원기술분야

✓ (공모방식) Bottom-up 방식으로 연구과제 공모

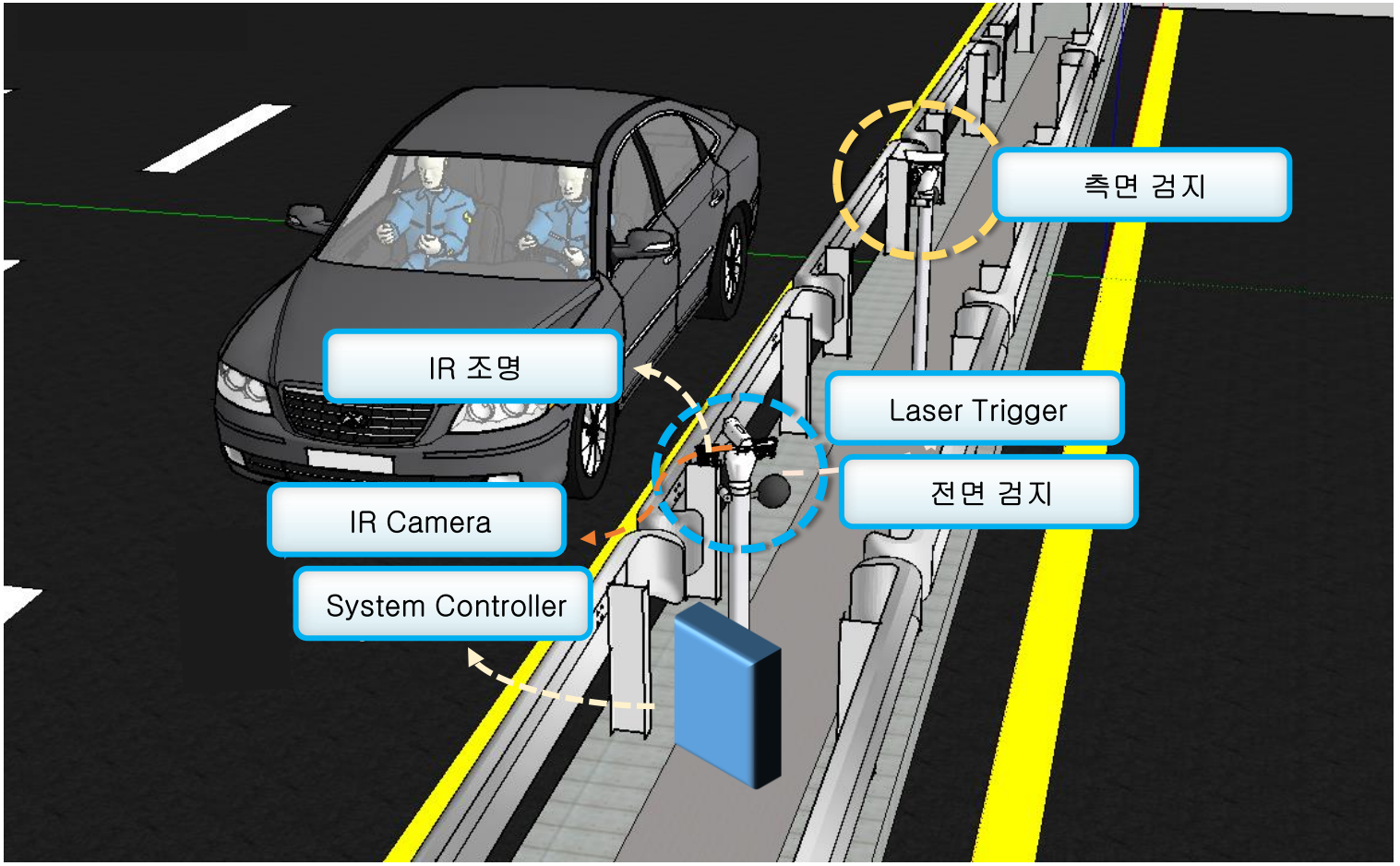
✓(대상분야) 국토교통 전분야, 연구자 간 국제협력기반 구축을 위해 정보교류활동(국제공동세미나(워크숍)) 지원

✓(참여자격) 최소 1개 이상의 외국기관 참여 필수(주관연구기관은 국내기관)

- 연구 주제 : 차량내 탑승인원 수를 수집하는 미래형 기술 개발을 위한 해외 선진기술 검토 세미나
- 연구 기간 : 2016년 3월 31일 ~ 11월 30일(8개월)
- 주관연구기관 : ㈜지앤티솔루션 / 강상철 대표이사 / 과제 총괄 및 국내 세미나 개최
- 공동연구기관 : New Jersey Institute of Technology / 이조영 박사 / 미국 기술 현황 검토 및 세미나 개최
- 연구비 : 33백만원 이내(국제공동 세미나 개최에 소요되는 직접비)

1. 과제 개요

KVOD란?



버스전용차로 운영(단속)

- 경부고속도로 일부 구간 운영 "한남대교 남단 ~ 오산IC(평일), 신탄진IC(주말)"
- 버스 정시성 및 신속성 확보, 도로 인프라 효율성 증대



<교통 경찰>



<단속 카메라>

- 버스전용차로 부정 이용 차량 증가
- 경찰 단속 시 교통사고 위험 노출, 교통정체 유발, 상시단속 어려움

2. 탑승인원 검지 국내외 현황

남산 터널 혼잡통행료 징수

- 도심부 진입 차량에 대해 혼잡 통행료 부과하는 교통 정책 운영중
- 도심의 혼잡 완화 및 원활한 교통 흐름을 위해



<남산 톨게이트>



혼잡통행료를 징수하는 남산 1호 터널 앞. 지난 31일 오후 차량이 줄지어 서 있다.

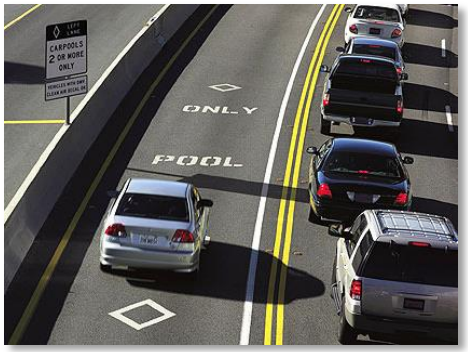
<정체 발생 모습>

- 요금징수원이 직접 재차인원 확인하여 차량 통과 시 대기시간 발생
- 운영 비용(인건비) 가중

2. 탑승인원 검지 국내외 현황(계속)

해외 운영 실태

- 미국, 1970년대 초에 HOV(High Occupancy Vehicle) 차로 운영 시작
- 재차인원이 적은 차량은 요금(High Occupancy Toll) 부과하고 이용 가능



<HOV 차로 운영>





<부정 이용차량 단속>

- 91번 도로의 경우 1차로에 대해 단속 인원이 육안으로 단속 실시하고 있음
- 약 60%의 정확도를 보이고 있으며, 숙련된 단속원이 필요함(결과 신뢰성 저하)

주행중인 차량의 재차인원을
자동으로 검지하는 기술은 현재 없음

국내 기술 개발의 현황

- 재차인원 자동 검지에 대한 기술 전무

해외 기술동향

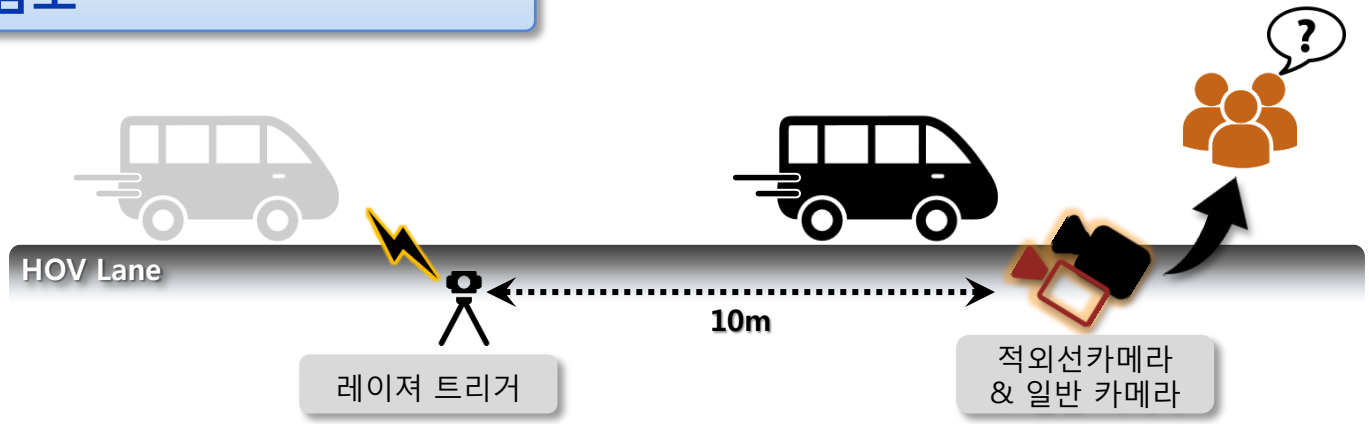
- 카메라 및 최신 렌즈 기술을 활용한 연구가 진행중이나, 해외 상용화 사례 없음
- 캘리포니아 교통부에서 시범사업 추진 중
- VODC 및 Xerox 사가 관련 분야에 대한 연구를 진행중에 있음

Ⅱ. 관련 기술 검토



1. VOD corp.
2. Xerox
3. 91 Express Lane

시스템 개념도



실제 설치 장비







영상분석 예시 - Caltrans District 12 (Orange County), 2013.08





Passenger face obscured – hand raised



Hooded passenger



Reclining passenger



Passenger's face covered with hair



Infant in rear seat counted



Rear seat passenger easily counted



Infant partially covered in rear seat



Partially visible rear seat occupant

세부 기능

VEHICLEOCCUPANCY
DETECTION CORPORATION

http://www.vehicleoccupancydetection.com

- Discriminates human skin inside a vehicle, behind automotive glass.....탑승자 피부 판별
- Will not recognize Animals/Dummies/Photos as false positives .....동물/인형/사진 판별
- Works on all skin types from all countries .....모든 피부타입
- Is not limited by ambient temperature or by internal vehicle temperature.....차량 내/외부 온도 구애 없음
- Works with any amount of hair, including zero [i.e., bald], cosmetics, glasses, etc.....대머리, 화장, 안경 구애 없음
- Works on all vehicle window types.....모든 차량
- Works in all types of weather.....모든 날씨
- Provides information in real time [within milliseconds].....실시간
- Works 24 hours a day without need for any external lighting.....보조 조명 필요 없음
- Works at ranges up to 150 feet.....45m
- Works at vehicle speeds up to 90 mph.....145km/h
- Works through metallic and tinted windshields.....차량 틴팅 구애 없음

기술 문의 (California PATH, Berkeley, 2016.01.)

- 정확성 96% (2014년 6월, CALTRANS technoiogy trial, district 12)
- 상용 카메라 사용, 카메라 비용 4만달러, 전체 시스템 8만달러
- 레이저 트리거와 차량 충돌 사고 발생 : 약 1년동안 4~5번
- 번호판인식 기술은 미포함 : 기존 상용기술 추가 구성 가능
- 영상분석 통한 재차인원 산출 알고리즘은 기밀사항
- 테스트베드 설치 비용은 약 10만달러 예상

영상분석 영향 요소

영상검지 대상	• HOV Lane 이용 승합차량 • 혼잡비용 징수구간 : 승용, 승합(대형)
환경 요인	• 낮, 밤 • 우천시, 기타 장애물
카메라 위치/개수	• 차량 전고에 따른 카메라 / 1개, 보조 카메라 / 1개 • 상, 하 / 총2개
Default Data	• 검지장비 • 적외영상 Camera • 레이저 검지 • 가시영상 Camera • PIR 센서 • 스테레오 검지
Raw Data	• 영상처리 • 색변환 • 픽셀변화 • 잡음제거 필터링 • 영역변환
Filtered Data	• 검지 알고리즘 • Motion Dtection • Moving Pixel • 패턴인식(ANN) • 칼만필터링 • Path detection
기타 요소	• 차량 틴팅 • Camera & Object Moving | Camera Static | Object

Xerox 社 제품의 사양

제품 사양 및 범위	
VOD 사양	섭씨 -40~70 도 (작동온도), 섭씨 -20~80 도 (보관온도) 20-80퍼센트 (작동습도), 208/240 VAC (47~63 Hz) (공급전압 10-160km/hr (검지시 대상 속도) 암호화되어 로컬메모리에 저장 ,로컬메모리에서 유무선 통신망으로 전송

제품 사양 및 범위	
1열 , 2열	99퍼센트 , 96퍼센트
검지 범위	1열: 99퍼센트, 2열: 90퍼센트
사람 인지율	1열: 99퍼센트, 2열: 91퍼센트

관련 주소 특허	
특허번호: US8611608B2, 특허취득: 2011년	Front seat vehicle occupancy detection via seat pattern recognition
특허번호: US8824742B2 특허취득: 2012년	Occupancy detection for managed lane enforcement based on localization and classification of windshield images
특허번호: US20130141574A1 특허취득: 2013년	Vehicle occupancy detection via signle band infrared imaging
특허번호: US20150363655A1 특허취득: 2015년	Smart redaction in near infrared vehicle windshield images





관련 최근 논문	
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.
Comparison of Face Detection and Image Claasification for Detecting Front Seat Passengers in Vehicles	Yusuf Artan, et. al, IEEE Winter Conference on Application of Computer Vision (WACV), 2014.
Passenger Compartment Violation Detection in HOV/HOT Lanes	Yusuf Artan, et. al., 2016 IEEE Transporations on Intelligent Transportation Systems, Vol 17, No 2, 2016.
A Machine Learning Approach to Vehicle Occupancy Detection	Beilei Xu, et. al, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014.

기술 문의 (91 Express Lanes, Anaheim)

- 91 Express Lane 약 10mile
- 유료차로(편도2) 운영, 방향별/시간별/요일별 요금 차등 부가
- 일반 CCTV 39개 운영, 요금소 2개 운영(편도 1개소)
- HOV 단속 1개소 운영, 위반율 약 6%
- 중앙분리대(median) 사이 간이 건물에서 육안 단속
- 위반차량 발견시, 무전으로 단속원 출동 지시



<공간적 범위>



<유료차로 운영 및 ETC>

91 Express Lanes **Toll Schedule** Effective July 1, 2015 — **Eastbound** SR-55 to Riverside Co. Line

	Sun	M	Tu	W	Th	F	Sat
Midnight	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
1:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
2:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
3:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
4:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
5:00 am	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50	$1.50
6:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
7:00 am	$1.50	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$1.50
8:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
9:00 am	$1.85	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30
10:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
11:00 am	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.95
Noon	$3.45	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.55	$3.45
1:00 pm	$3.45	$3.30	$3.30	$3.30	$3.55	$5.55	$3.45
2:00 pm	$3.45	$4.70	$4.70	$4.70	$4.85	$3.20	$3.45
3:00 pm	$2.95	$5.05	$3.80	$4.05	$4.75	$10.15	$3.45
4:00 pm	$2.95	$4.85	$6.15	$7.40	$9.80	$9.95	$3.45
5:00 pm	$2.95	$4.85	$5.55	$6.90	$9.05	$6.40	$3.45
6:00 pm	$2.95	$5.05	$3.60	$3.60	$4.40	$5.95	$2.95
7:00 pm	$2.95	$3.55	$3.55	$3.55	$5.15	$5.60	$2.30
8:00 pm	$2.95	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$5.15	$2.30
9:00 pm	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$2.30	$3.30	$2.30

<이용요금>

(https://www.91expresslanes.com/index.asp)

HOV 단속 현장 (91 Express Lanes, Anaheim)





<ETC_Eastbound>

<단속시설>



<ETC_Westbound>

현장 및 단속시설 확인(91 Express Lanes, Anaheim)



<ETC_Westbound Express Lane>



<단속시설 내부>

Ⅲ. 기술개발의 목표 및 활용방안



1. 기술개발의 최종 목표
2. 기술개발의 내용
3. 기술개발 결과의 활용 방안

1. 기술개발의 최종 목표

최종 목표

- 승차인원검지 : 날씨 및 주야간에 관계없이, **in-vehicle Object**의 인프라 데이터 융합을 통한 객체 검지 개발

- 사람의 시야에 확보된 영상을 자동 검지하는 것으로, 차량 내 **2열 2인** 이상을 검지
- 목표: **1열 검지율 99%** 이상, **2열 2인 검지율 90%** 이상 확보

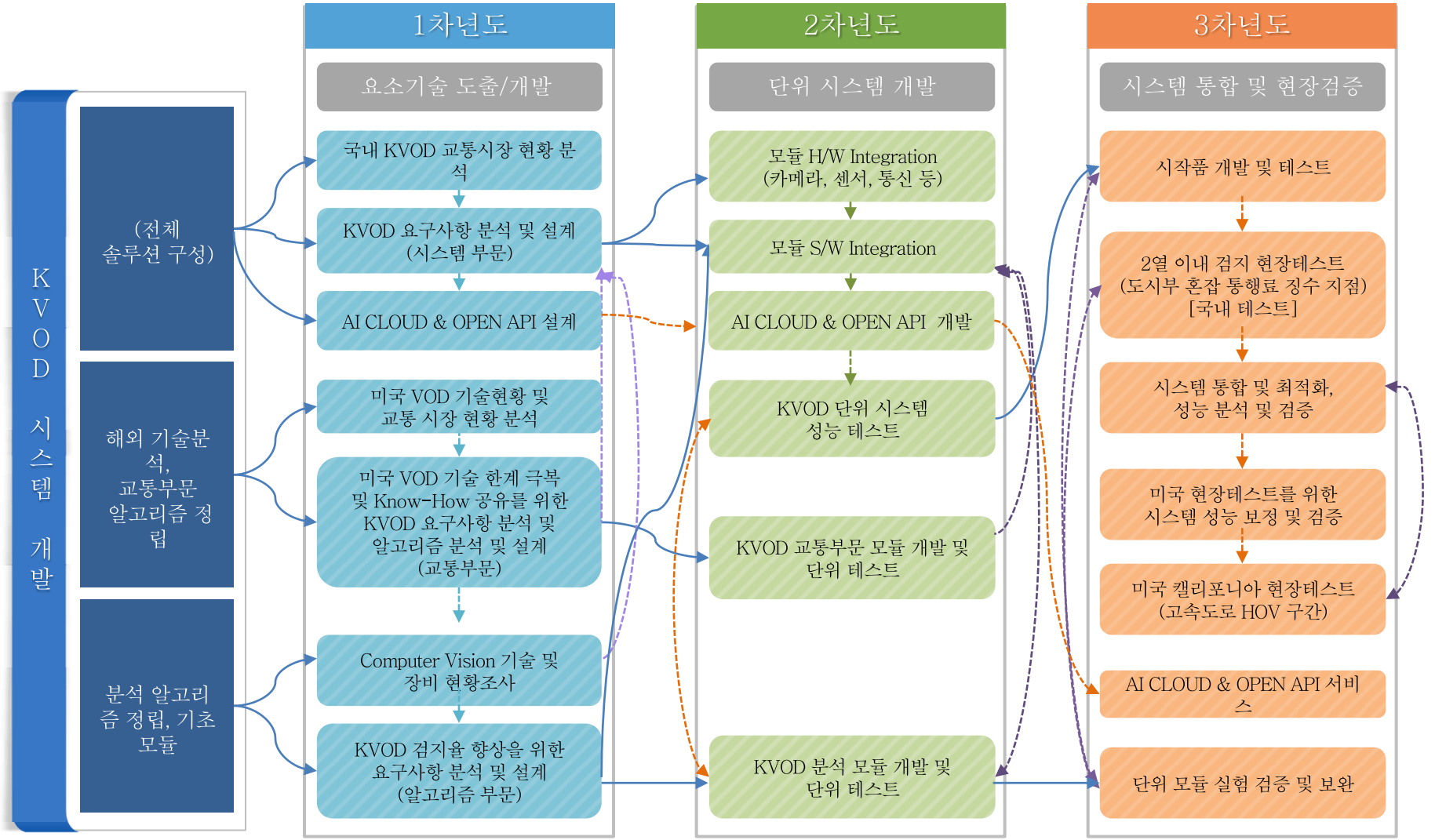
- 차량의 주행속도에 영향이 없는 영상확보 기술
- 목표: 최고 주행속도 **160km/h(100mile/h)** 이내

- *버스전용차로 단속 대상이 아닌 15인승 이상 차량은 재차인원 검지 대상에서 제외*

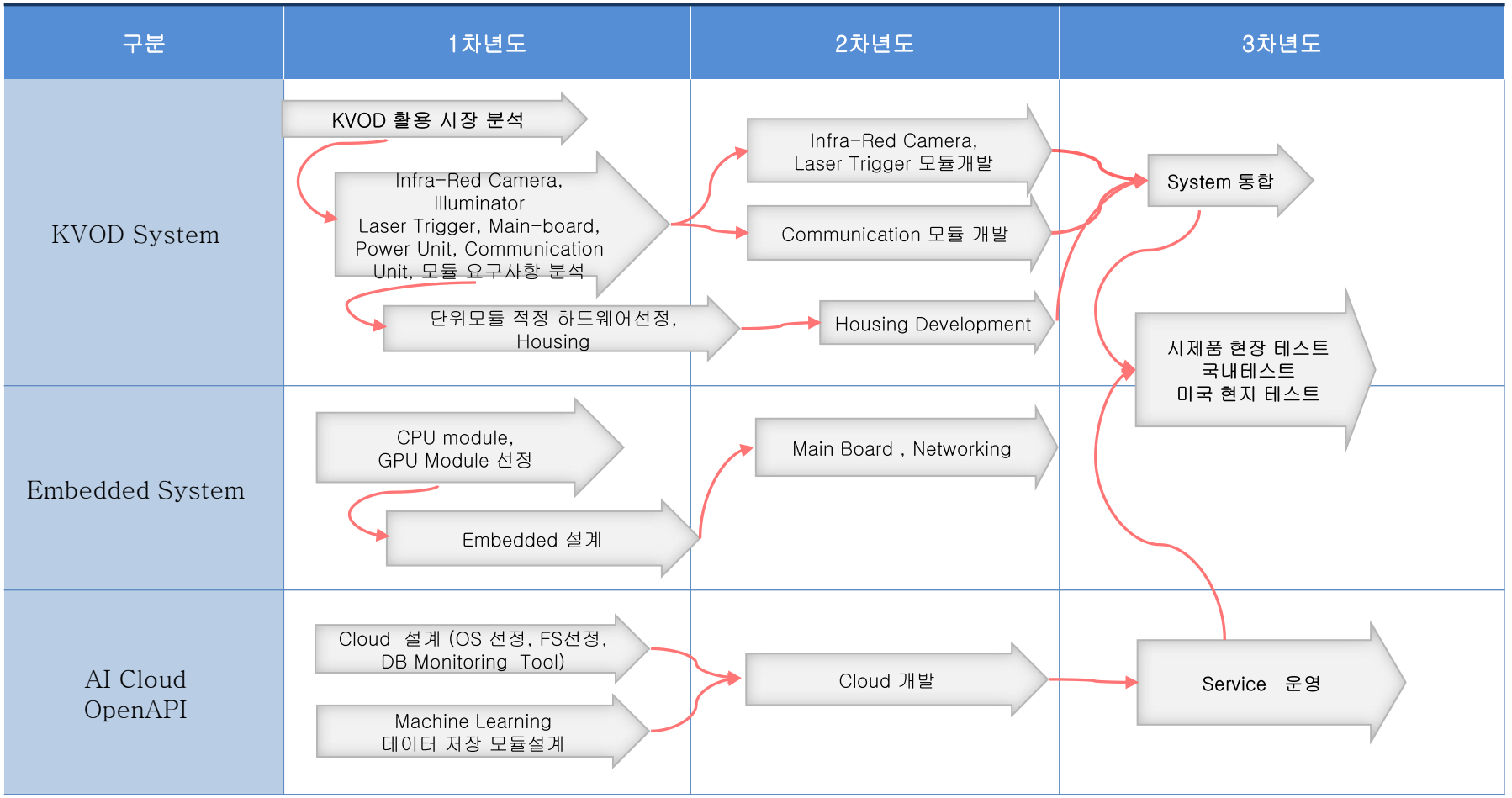
최종 결과물 KVOD System

- 영상 기반 in-vehicle 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW) – 승차인원검지
- 영상 기반 차량 객체 검지 및 측위 알고리즘 (SW) – 차량검지 (차종)
- In-vehicle 검지와 측위 기술에 의해 추출된 데이터와 차량 검지 및 측위 된 데이터를 융합하여 객체의 검지율을 향상 시키는 알고리즘 (SW) – 트리거
- 영상 검지 및 검지영상 분석 Embedded
- Camera and Illuminator Control Trigger
- 통신 및 연계 Embedded System
- 학습데이터 저장 및 OpenAPI 제공 및 서비스 다면화를 위한 Open Source Cloud System

2. 기술개발의 내용

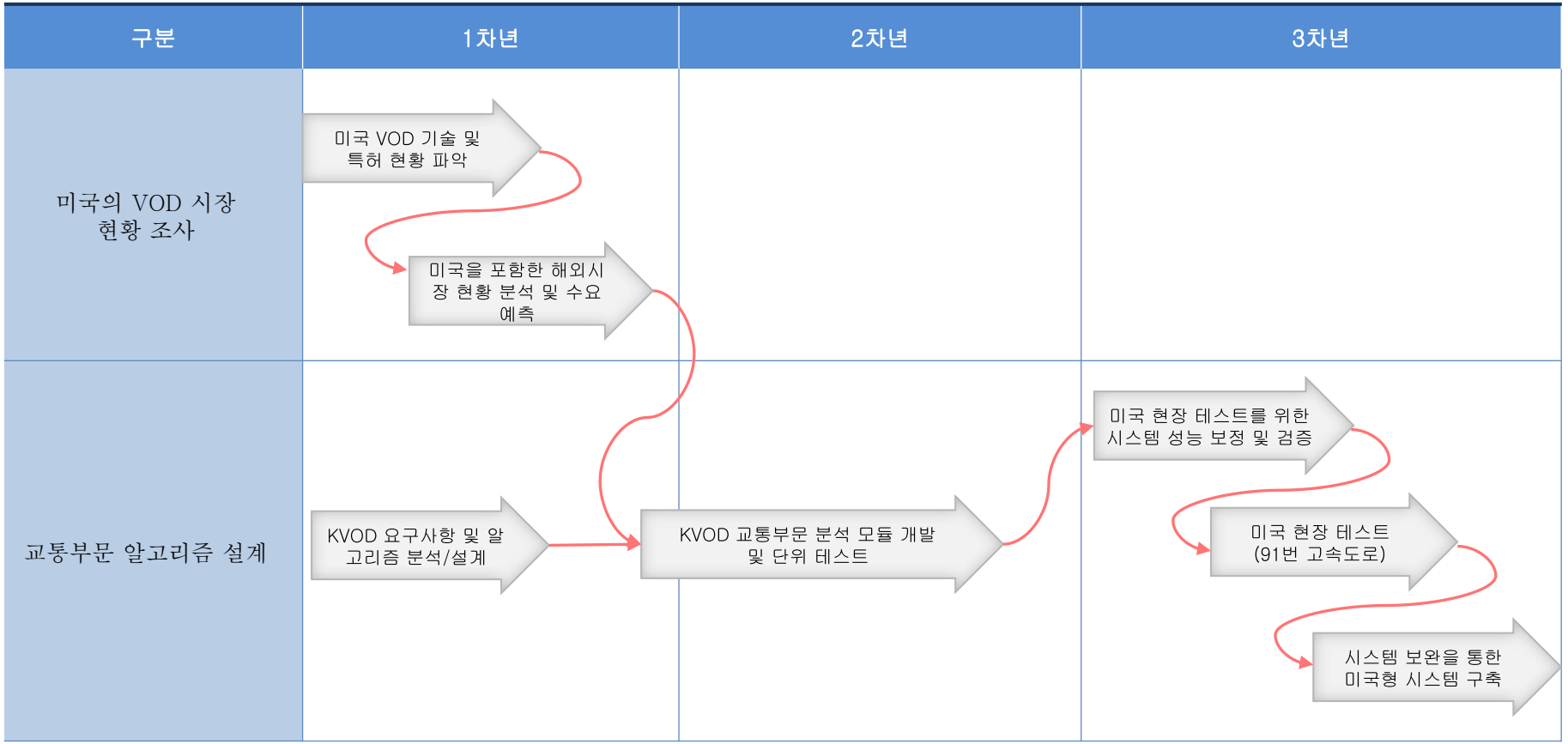

KVOD 시스템 개발
(전체 솔루션 구성)
해외 기술분석, 교통부문 알고리즘 정립
분석 알고리즘 정립, 기초 모듈
1차년도
요소기술 도출/개발
국내 KVOD 교통시장 현황 분석
KVOD 요구사항 분석 및 설계 (시스템 부문)
AI CLOUD & OPEN API 설계
미국 VOD 기술현황 및 교통 시장 현황 분석
미국 VOD 기술 한계 극복 및 Know-How 공유를 위한 KVOD 요구사항 분석 및 알고리즘 분석 및 설계 (교통부문)
Computer Vision 기술 및 장비 현황조사
KVOD 검지율 향상을 위한 요구사항 분석 및 설계 (알고리즘 부문)
2차년도
단위 시스템 개발
모듈 H/W Integration (카메라, 센서, 통신 등)
모듈 S/W Integration
AI CLOUD & OPEN API 개발
KVOD 단위 시스템 성능 테스트
KVOD 교통부문 모듈 개발 및 단위 테스트
KVOD 분석 모듈 개발 및 단위 테스트
3차년도
시스템 통합 및 현장검증
시작품 개발 및 테스트
2열 이내 검지 현장테스트 (도시부 혼잡 통행료 징수 지점) [국내 테스트]
시스템 통합 및 최적화, 성능 분석 및 검증
미국 현장테스트를 위한 시스템 성능 보정 및 검증
미국 캘리포니아 현장테스트 (고속도로 HOV 구간)
AI CLOUD & OPEN API 서비스
단위 모듈 실험 검증 및 보완

KVOD System의 솔루션 구성



분석 알고리즘 정립

- 미국 VOD 기술현황 조사 및 교통부문 알고리즘 설계

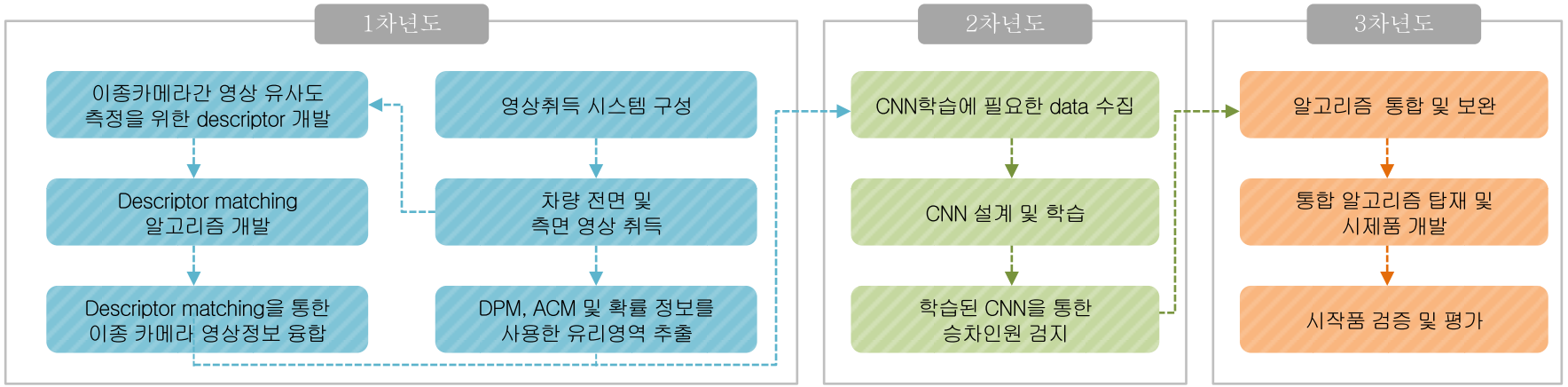


분석 알고리즘 정립

- 영상분석 알고리즘

구분	1차년도	2차년도	3차년도
KVOD 개발에 필요한 CV 기술/장비 현황조사 및 알고리즘 설계	요구사항 분석 및 설계 유리영역 추출 알고리즘 구현 및 최적화 이종 카메라간 융합 알고리즘 개발	승차인원 검지 알고리즘 구현 및 최적화	승차 인원 검지 알고리즘 실제 상황 검증 및 개선 승차 인원 검지 알고리즘 실제 상황 검증 및 개선

- 영상분석 알고리즘 개발 시나리오

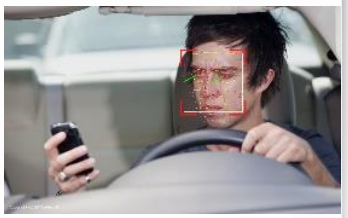


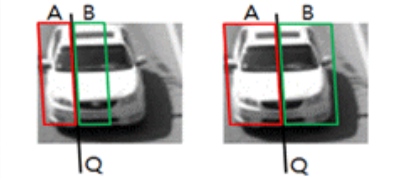
분석 알고리즘 정립

- 영상분석 알고리즘(계속)

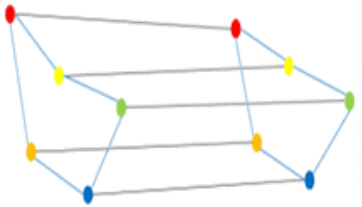
Algorithm 개발 과정

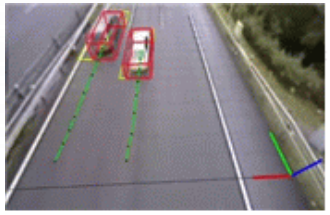
- 영상취득 시스템 구성 (카메라, 트리거, 조명)
- 트리거 작동 시점의 반영
- 촬영에 사용되는 빛의 파장이 다른 이종 카메라 사이의 융합
- 촬영 시점이 다른 이종 카메라 사이의 융합
- 특징 추출 및 분류
- CNN의 설계/학습 및 테스트
- Cloud 저장 및 API 활용

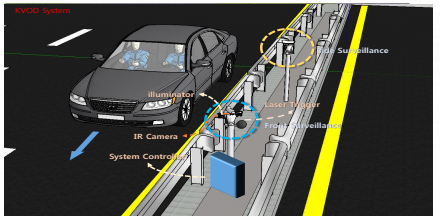




$$\frac{(\sum_{i=0}^{j}|F_r(x_i+(y_i\text{-}slope),y_i)-F_s(x_j+(y_i\text{-}slope),y_i)|)}{Maskstze}$$

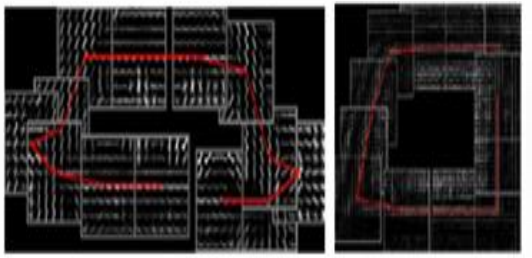


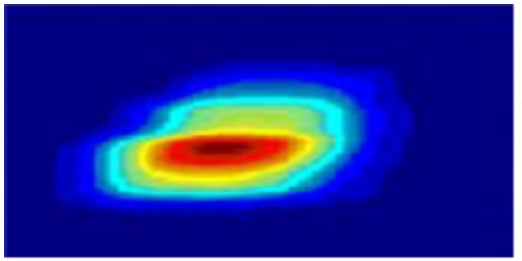




데이터 추출 및 학습알고리즘

- 유리영역 추출을 과정으로 데이터 처리속도 향상
- 확률지도 생성을 통해 배경에 존재하는 방해요인 최소화
- 스테레오매칭(이종영상: 시간 , 위치, 영상) 을 통한 검지율 향상
- Convolution Neural Network 을 활용하여 차량 유리영역 영상의 거시적 패턴을 빠르게 파악





3. 기술개발 결과의 활용 방안

차량위주에서 사람위주로 요금제도의 변화 기여

- 기존의 교통정책 및 시스템의 조정변수는 시스템위주, 차량위주, 인프라위주의 사람을 조정변수에 넣을 수 없었는데, 이는 사람을 정책 변수 와 시스템의 변수로 넣을 수 있는 기술이 없음으로 인함
- KVOD 기술을 기반으로 하여 사람을 정책변수와 시스템변수에 넣을 수 있음
- 현재의 차량위주의 연구개발환경에 위상을 같이하는 인프라 지원을 통해 자율주행 환경 등의 미래 교통환경 대응

자율주행의 인프라 연계 서비스 활성화에 기여 및 신시장 창출

- 자동 주차단속(재차 여부 확인), 주차요금 다변화, 고속도로 다인승 주행차로 단속, 혼잡통행로 자동징수, 도심 고속도로의 다인 탑승 차량 통행우선권 부여, 다양한 사람위주의 교통 정책 및 서비스
- ICT의 새로운 응용 서비스 개발을 통한 정체된 ICT 산업의 새로운 먹거리 사업 창출

기반 기술의 확대 적용

- 보행환경 동선 시뮬레이션, 횡단보도 신호 체계 개선, 지하철 및 버스 재차 인원의 파악으로 차내 혼잡도 평가 및 이와 관련한 다양한 정책 입안과 시험환경 구축
- 구축된 테스트베드는 국내외 교통정책 및 교통환경의 영향을 시뮬레이션 하여 수요자 중심의 정책 환경 구성

국제환경에 대응하는 시스템 조정 및 사업화

- 본 연구에서 개발되어진 KVOD시스템은 파트너인 Lordway Engineering 사와 공동연구를 통해 미국 시장진출의 교두보 확보
- 고부가가치 교통 서비스 인프라 개발 및 사업화

세계 최고 수준의 기술개발을 통한 국제표준화 선도

- 본 연구에서 제안하는 컴퓨터 비전 기술을 활용한 차량 내 승차인원 검지기술은 인공지능기반의 기술로써 본 사의 세계최고의 교통 인프라와의 정보 교환 기술과(m-ITS 기반기술) 함께 활용
- 본 연구에서 국제 표준화 선도를 통한 고부가가치 창출

<첨부 1> 국내 세미나 개최

세미나의 목적

- 문헌조사만으로는 수집 불가능한 국내외 정보 취득(국내 기술개발의 성공 가능성 및 상용화 가능성)
- 미국에서 시범설치 중인 VOD 검토 및 관계자 미팅



국내 세미나 개요

- 일　자 : 2016년 6월 17일(금)
- 장　소 : 서울 엘타워
- 참석자 : 국내외 교통 관련 전문가 (교통 관련 교수, 공기업 및 연구기관 실무자, 지자체 공무원 등) 및 학생 약 30명
- 주요 내용 :
  - ✓ 단속 기능 외에 교통수요분야 및 재차인원 검지 등 다양한 활용 가능
  - ✓ 정확도 향상을 위한 영상 촬영 장치 및 기법에 대한 연구 필요
  - ✓ 한국형 시스템 개발을 위한 전문 연구진 구성 필요

감사합니다.

State-of-the Practice of HOV/HOT Enforcement in the U.S

2016.8.26

Joyoung Lee, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering
New Jersey Institute of Technology

Outline

- Background
- Review of enforcement techniques and technologies
- State-of-the practice of HOV/HOT enforcement overview
- Concluding remarks with findings

Background

- High-occupancy vehicle (HOV) facilities in the U.S have proven to be effective in enhancing mobility in a cost-effective manner.





Background

- This success, along with the availability of electronic toll collection technology, has led the expansion of the HOV system and the implementation of high-occupancy toll (HOT) facilities.





Background

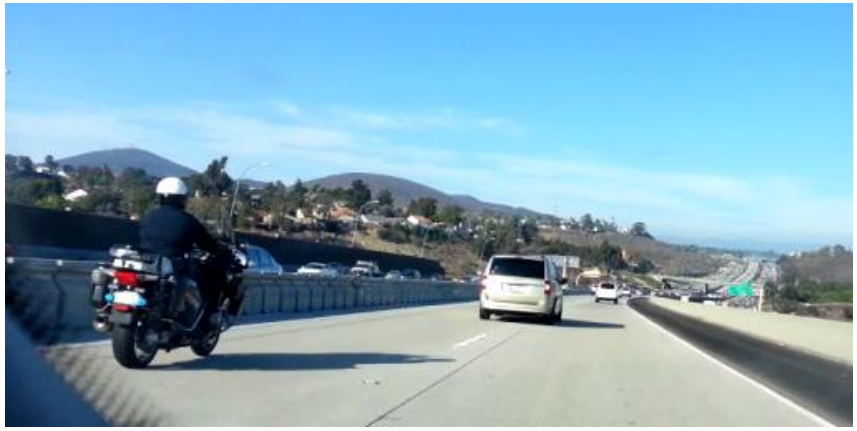
- Although these facilities hold promise to help address the growing demand for travel, a significant challenge lies in the ability to enforce occupancy requirements by minimizing impact on the operation of the facilities.

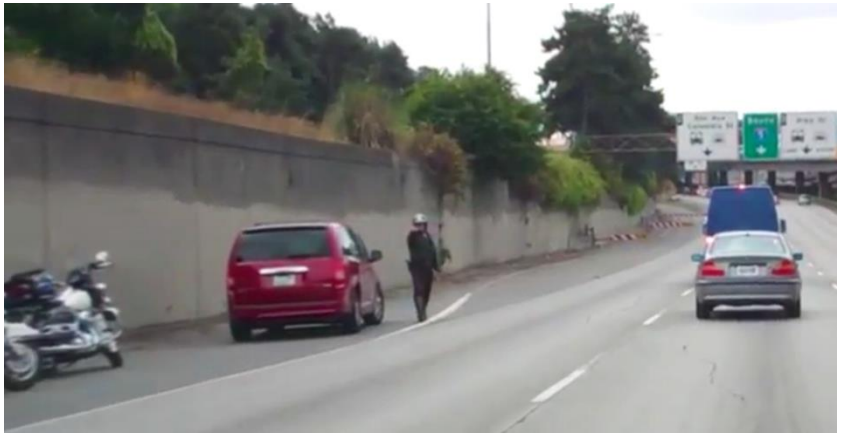




Enforcement techniques review

- Manual Enforcement
  - The most widely used enforcement technique for occupancy violation on HOV/HOT facilities.
  - The sequence for a typical manual enforcement operation: visually check → pursue an identified vehicle → issue citation.





Enforcement techniques review

- Enforcement with Assistance of Toll Transponders for transponder-based HOV/HOT facilities





Enforcement techniques review

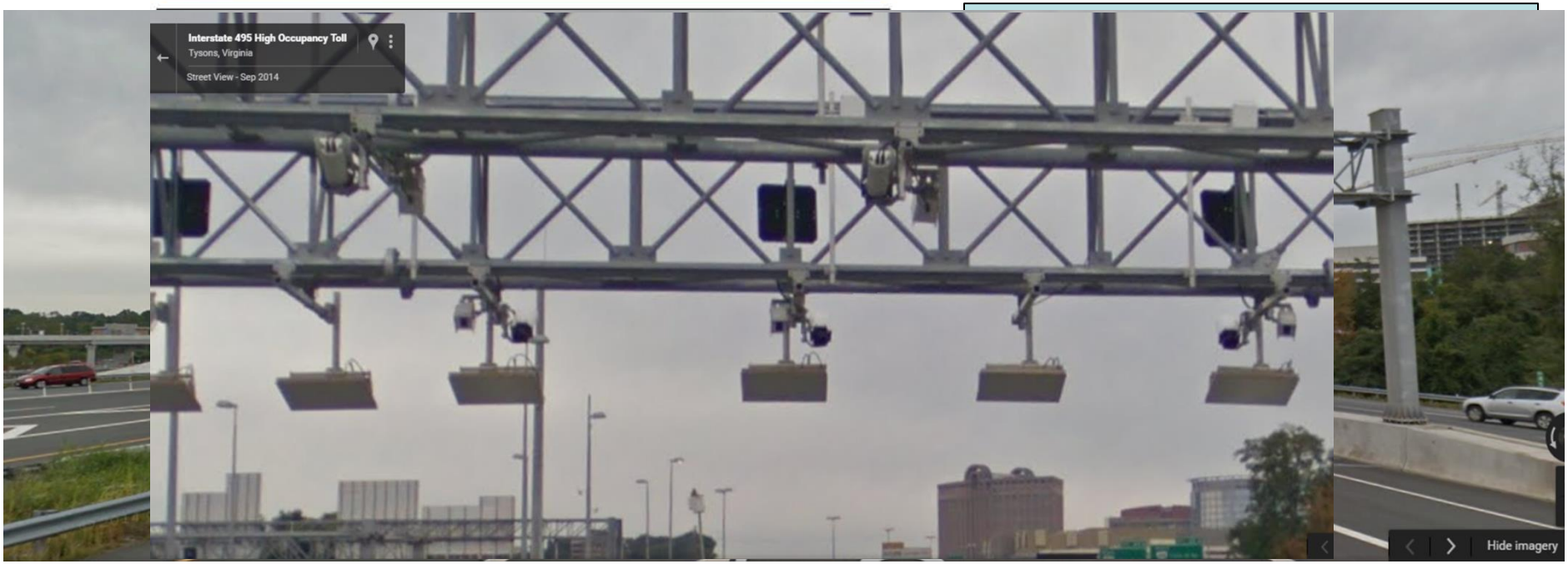
- Enforcement with Assistance of Toll Transponders
  - Toll Transponder





Enforcement techniques review

- Enforcement with Assistance of Toll Transponders : Sequence



Enforcement techniques review

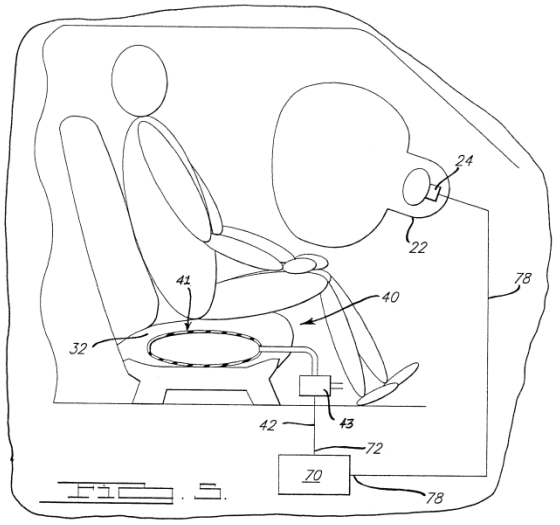
- Difficulty of determining vehicle occupancy:
  - Police officers frequently found that they stopped vehicles with sleeping adults or small children sitting below window level.
- Safety concerns and disrupting traffic:
  - On heavily traveled freeways during peak periods, officers found it extremely difficult to join the stream of traffic safely to pursue a potential violator.
  - Further, when the officer escorted the vehicle to a shoulder, the traffic flow on the facility was disrupted

Enforcement techniques review

- Difficulty in identifying vehicle occupancy:
  - Although the validity of the transponder can be determined automatically, verification of the vehicle occupancy that would allow non-payment of the toll (i.e., HOV) remains a manual process.
- Difficulty in matching a signal of a violator to a real violator:
  - When a vehicle passes a roadside transponder reader, quickly matching the vehicle to the signal, which indicates the validity of a transponder within that vehicle, is a challenge for police officers.

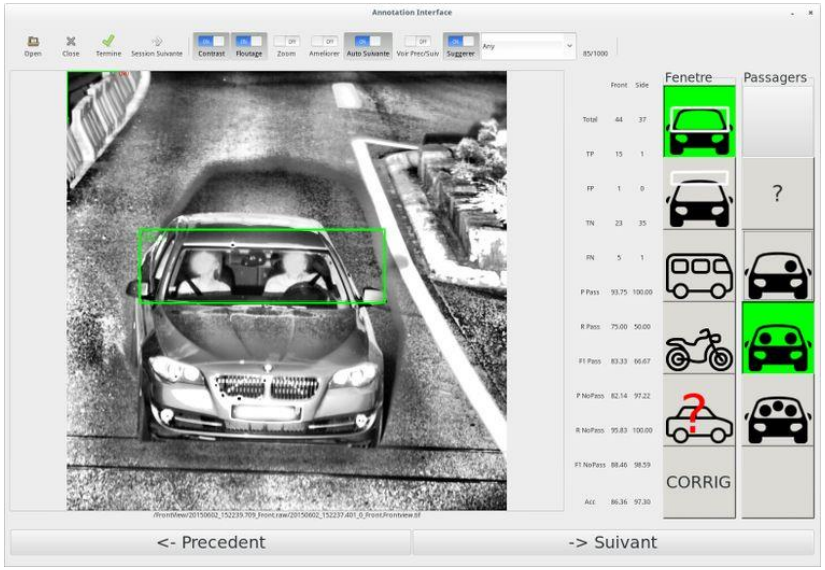
Enforcement technologies overview

- In-Vehicle Occupancy Detection Technologies
  - Seat Belt Monitoring Sensor
  - Weight Sensor
  - Optical Systems
  - Capacitive Sensors
  - *Ultrasonic sensors*
  - *Smart Cards and Readers*
- Require an in-vehicle sensor unit



Enforcement technologies overview

- Roadside Occupancy Detection Technologies
  - ***Video Systems***
  - *Infrared Systems*
  - *Passive Microwave Systems*





Enforcement technologies overview

- Roadside Occupancy Detection Technologies
  - *Video Systems*
  - ***Infrared Systems***
  - *Passive Microwave Systems*



State-of-the Practice in the U.S

- I-15 Express Lanes, Salt Lake City, Utah
  - Toll Transponder + Manual
  - State police visually monitor vehicles to identify SOVs; then, they look to see if the SOV is authorized to use the facility based on the decal affixed to the window





State-of-the Practice in the U.S

- I-394 MnPASS, Minneapolis, Minnesota



a

State-of-the Practice in the U.S

- I-25 Express Lanes, Denver, Colorado
  - Toll Transponder + Manual
  - At the toll collection zone, if any vehicle without a transponder passes through the toll/express lane, then the vehicle is declared as a “toll” violator.
  - If a violator passes through the HOV lane, then the police officer stops the vehicle and issues a citation



State-of-the Practice in the U.S

- SR-91 Express Lanes, Orange County, California
  - The first privately financed toll road in the United States
  - (Fully Automated) Toll Transponder + Manual
  - A vehicle w/o a transponder → license plate photo → ticket
  - Vehicle occupancy enforcement is performed by a police officer who assesses the number of occupants from an observation booth.





State-of-the Practice in the U.S

- SR-91 Express Lanes, Orange County, California
  - The first privately financed toll road in the United States
  - (Fully Automated) Toll Transponder + Manual
  - A vehicle w/o a transponder → license plate photo → ticket
  - Vehicle occupancy enforcement is performed by a police officer who assesses the number of occupants from an observation booth.





Concluding Remarks

- Reviewed both techniques and technologies for HOV/HOT enforcement
- Revealed significant challenge of enforcing occupancy restrictions in HOV/HOT facilities
  - Safety
  - Congestion
  - Difficulty of determining vehicle occupancy

Concluding Remarks

- All currently feasible approaches in the state-of-the practice still require a manual enforcement component
- Although the use of toll tag technology may help enforcement, it alone will not provide sufficient enforcement effectiveness.
- There exist numerous advanced enforcement technologies but they have not been fully deployed

Concluding Remarks

- Need to closely investigate the reasons for such a slow deployment for the U.S market
- Possible reasons might be:
  - Accuracy Issue (hard to achieve 100% accuracy)
  - Cost vs. Effectiveness
  - Low violation rate
- U.S DOT strategy to expand the coverage of managed lanes could be a crucial impetus for the deployment of automated enforcement technologies



Nothing Compares
NORTH CAROLINA

Xerox Vehicle Occupancy Detection System <Introduction and Field Test>

Seminar for Transportation Technology and Trends in U.S. and Korea

Changseok Baek, PE



Congestion Countermeasure: "Managed" Lanes

Traffic congestion sets US back by $87 billion/year in wasted fuel and time (2010)



Source: http://urban-review.com/atlanta-to-get-traffic-makeover-with-new-high-occupancy-toll-lane/

Enforcement has Proven Difficult:

- **HOV lane violation rate: up to 65%**
- **Manual HOV enforcement rate: <10%**

"Current enforcement practices limit potential support for more HOV/HOT projects." –McCormick Rankin Corp

Managed Lanes:
High Occupancy Vehicle lanes (HOV)
High Occupancy Tolling lanes (HOT)







HOT Lanes:

- HOV Lanes which Single Occupant Vehicles may use if they pay a toll.
- Toll is assessed with an RFID transponder.
- Use RFID transponders with Self-declaration switches
- <u>Voluntary</u> Compliance

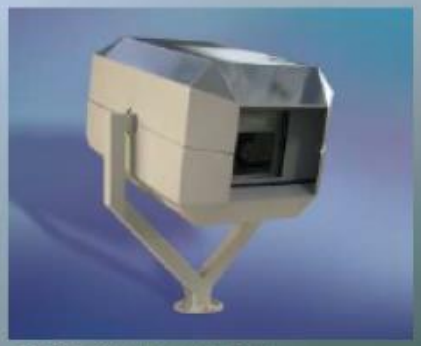
IBTTA History on the Subject

The Future of Tolling:
ORT and the Path to Interoperability

IBTTA
DRIVING CHANGE SINCE 1932

Roadside Systems Sensing Technologies

- Viable Technologies
  - Multiband Infrared Systems
  - Infrared Systems
- Non-viable Technologies
  - Photo and Video Systems
  - Passive Microwave
  - Ultrawideband (UWB) Radar



Vehicle Occupancy Limited

HOV / HOT Enforcement Goals

HOV Enforcement Goals

•Improve current manual enforcement accuracy

Increase from 10% → 60% to 70%

•Improves Safety for Law Enforcement

•Provide automated process for enforcement and notification

•Provide mobile enforcement capabilities

HOT Enforcement Goals

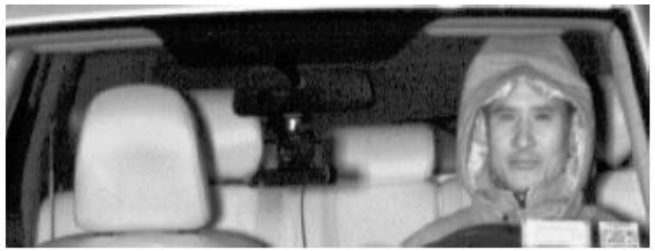
- Need higher accuracy for toll violation enforcement – >90% desired
- Automated Process of both Toll Violation and HOV Violation
- Provide automated process for enforcement and notification
- Provide mobile enforcement capabilities

Video-Based Detection Challenges

1. Lack of proper illumination
2. Tinted glass
3. Occlusion of Occupants
4. Pose Variation of Occupants
5. Vehicle speed, size, shape
6. Imaging Geometry varies
7. Window Composition
8. Weather condition (snow, fog, atmospheric distortion etc)
9. Use of dummies



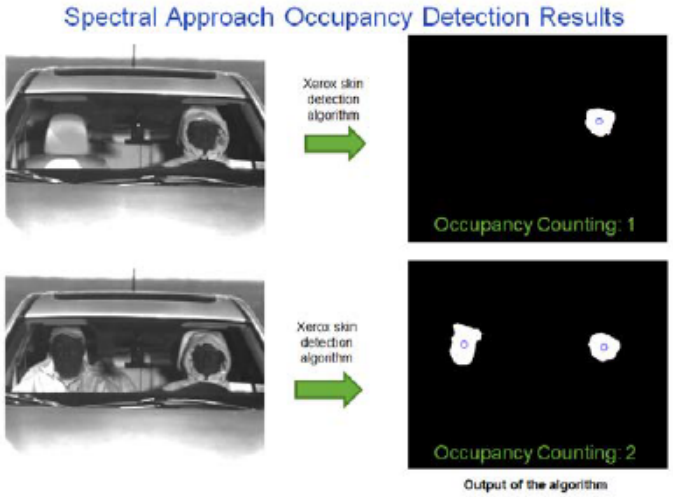








Xerox Occupancy Detection Strategy



- Can detect front and rear seat occupancy
- Dummy Detection Possible
- Robust to blurring due to motion
- More robust to weather related noises
- High cost/potential high accuracy

Biometric approach .

- Low cost/Acceptable accuracy
- Rear seat occupancy imageable and automatically detectable
- No distinction in Dummy and Human detection

Geometric approach

Sample Images & Face Detection Algorithm



Passenger Face Detected : Not a Candidate Violator

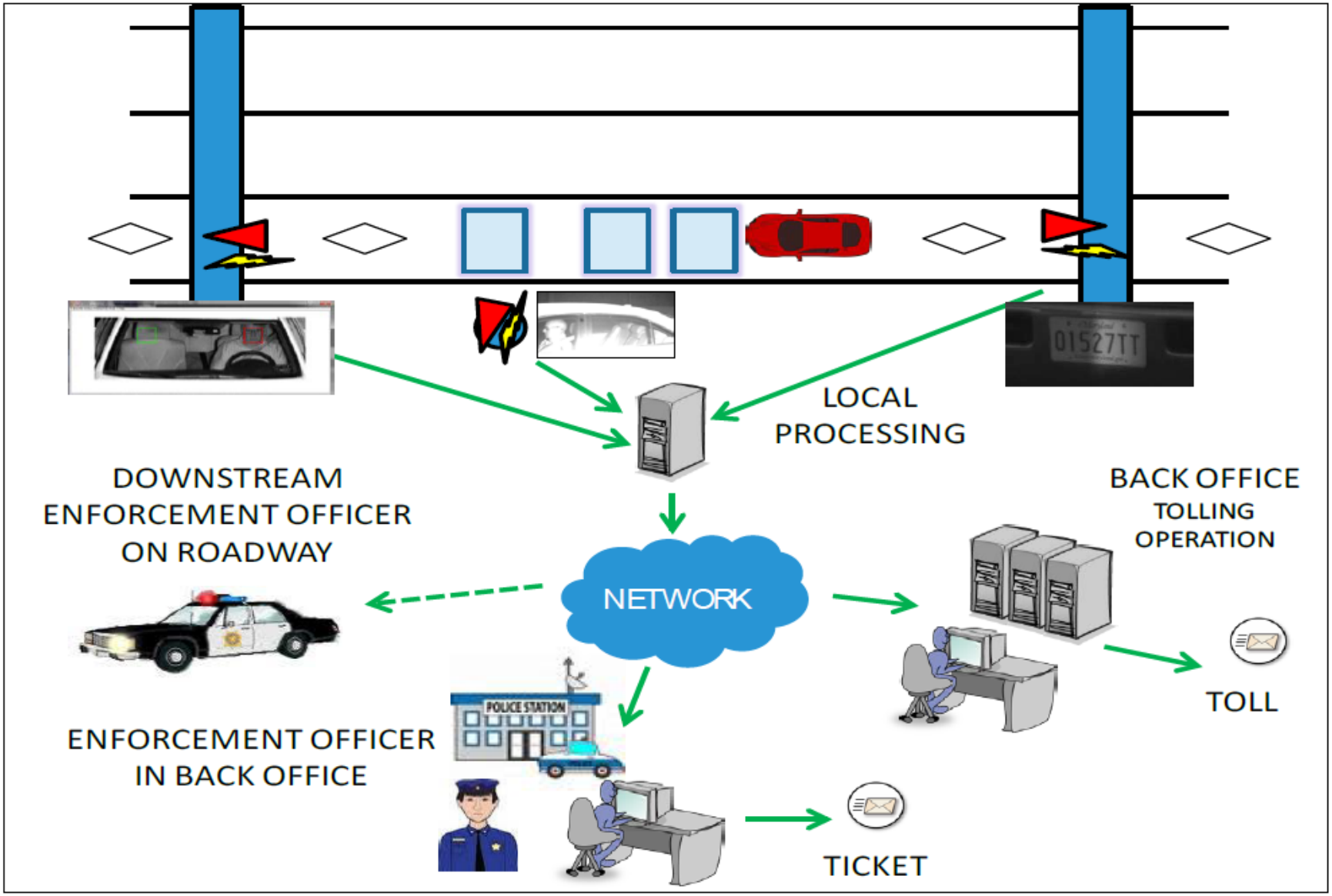


Passenger Face Not Detected
And Seat Detected : Candidate Violator

Capability/Performance Advances

Time

Leveraging Existing Tolling Infrastructure



Active Roadway Pilot Results: Vehicle Occupancy Testing

November 2012

Front Seat Detection Processing Steps

•Raw Captured Infrared Image



•Xerox Automatic Windshield Detection





•Xerox Automatic Image Enhancement
•Cropped Windshield Sub-Image



•Front Passenger Side Crop
•Xerox Automatic Passenger Detection

Sample Side View Image



Pilot Side View Detection Performance

Statistics:

- Detection Accuracy: 94.3%

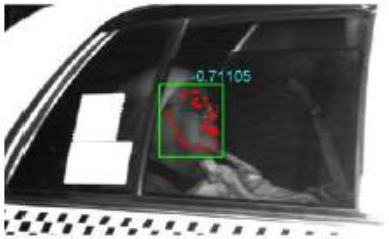
Correctly Detected Occupants :



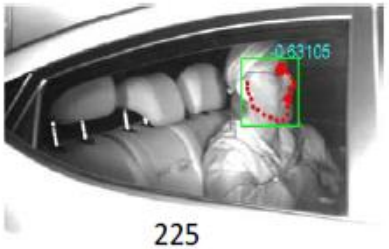
124



172



190



225

score decreases



482



482



482

Summary: Vehicle Occupancy Detection
Public Roadway Testing

City Road Intersection
November 12-27, 2012

2 Camera System: (1) Front Seat viewing Camera, (2) Rear Seat viewing Camera

Front Seat:
39,000 Images Captured, 24hrs/day
Image Quality for Human Review on >99% of Images
Automatic Front Seat Passenger Detection Accuracy: 97.6%

Rear Seat:
>3900 Image Captured, daytime only
Acceptable Image Quality for Human Review on >90% of Images
Automatic Rear Seat Passenger Detection Accuracy: 94.3% for >1300 Images

Driver Cell Phone Usage & Seat Belt Usage can also be Observed in Images







Current Status and Limitation of Vehicle Occupancy Detection System

Aug 26, 2016

Changmo Kim, Ph.D.
Advanced Transportation and Infrastructure
Research Center
University of California, Davis

Express Lane & HOV Violation Rate in U.S.

- Utah – 20 percent (Utah DOT, 2015)
- California – 15 percent (SANDAG, 2015)

HOV Enforcement in U.S.

- Operation Agency Officers and Police Patrols
- Visual (Eyeball) Observation (California, Utah, Texas, etc.)

HOV Enforcement in Korea

- Under-covered Patrol Cars and Aircrafts









(JTBC News Korea, http://news.jtbc.joins.com, Mar, 20, 2015)

HOV Enforcement in China



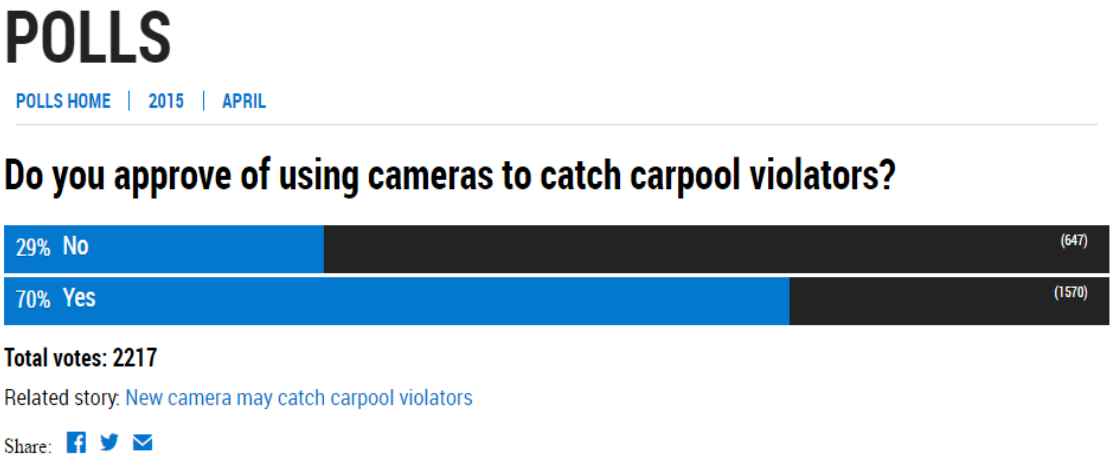






KBS NEWS (http://news.kbs.co.kr/) and China CCTV, Aug 17, 2016

Public Perception



POLLS

POLLS HOME | 2015 | APRIL

Do you approve of using cameras to catch carpool violators?

29% No (647)

70% Yes (1570)

Total votes: 2217

Related story: New camera may catch carpool violators

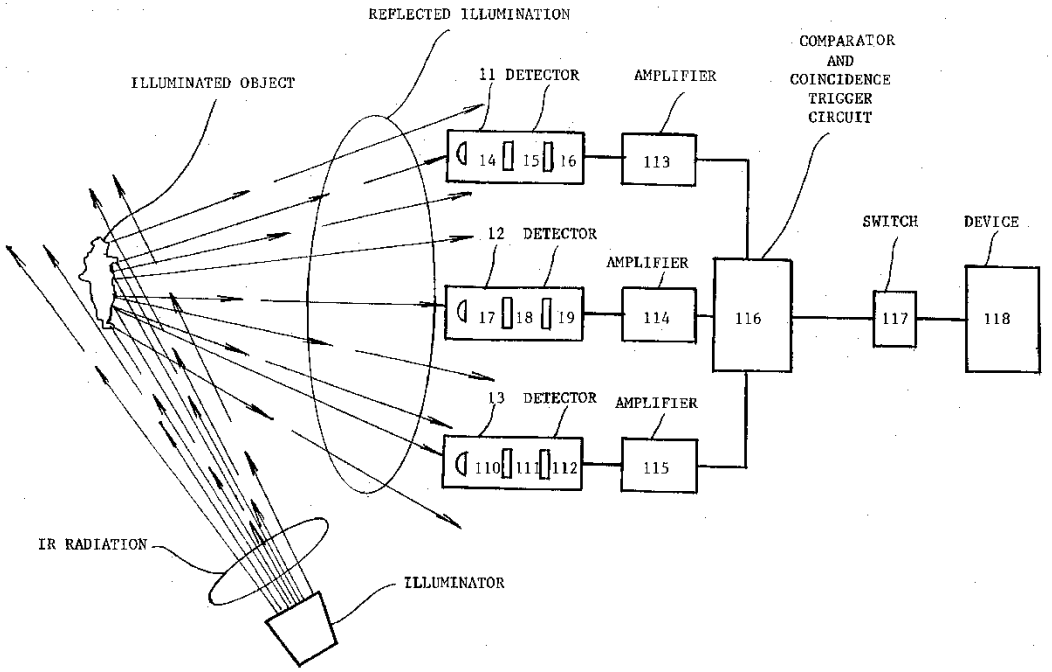
Share:

The San Diego Union-Tribune http://www.sandiegouniontribune.com/

Technology Trends (1)

Michael Hacskaylo, 1985

Automatic detection of a human body utilizes the near-infrared reflection bands of the skin of the human body as the identifying signature.



US Patent US4500784 A, 1985

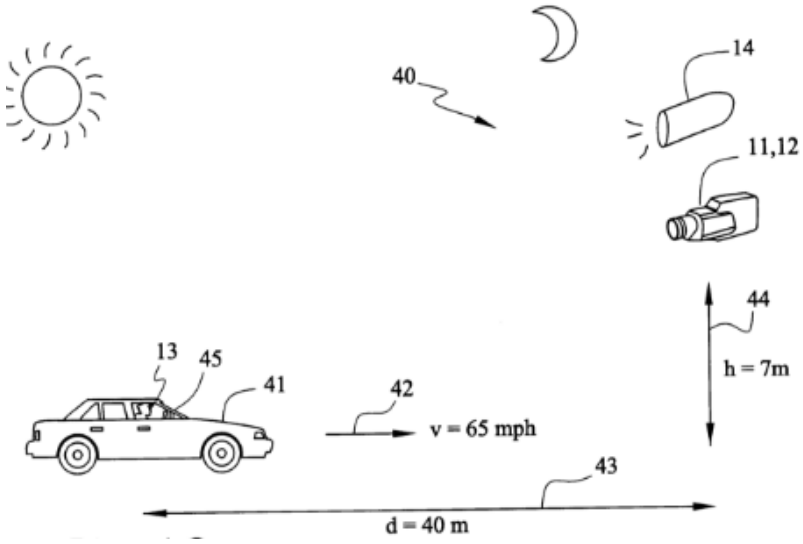
Technology Trends (2)

Passenger Detection for HOV Lanes

With many states introducing high occupancy vehicle (HOV) lanes on congested highways, there is much interest in counting the number of occupants within a vehicle, both for statistical reasons, and so a fee can be charged to singly occupied vehicles using the lane. Gathering statistics manually puts a huge strain on the resources of the transport authority. Visible cameras are fast and have high resolution, but do not work with tinted windows or at night, infrared cameras do not have these problems.

Feature of the Near Infrared Human Detection System

- Automatic occupant counting system for HOV lanes.
- Uses near-IR emitted due to body heat, constant in all humans under almost all conditions.
- The near-IR cameras work with tinted windows and at night.



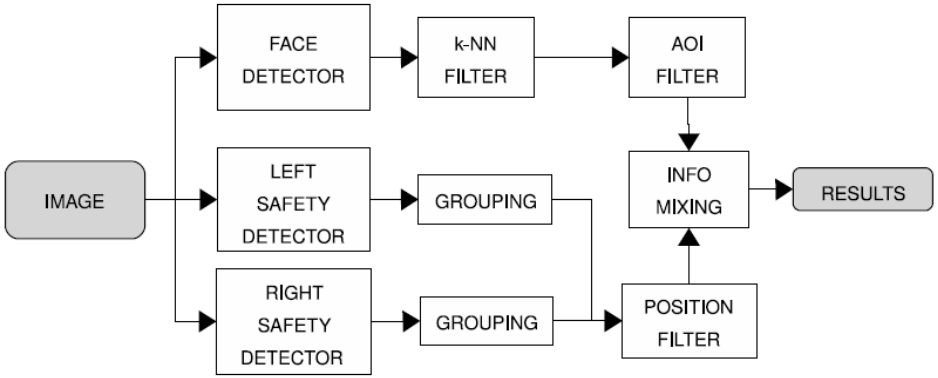
Honeywell International Inc., 1999

Technology Trends (3)

High Occupancy Vehicle Detection

Alberto J. Pérez-Jiménez, Jose Luis Guardiola, and Juan Carlos Pérez-Cortés

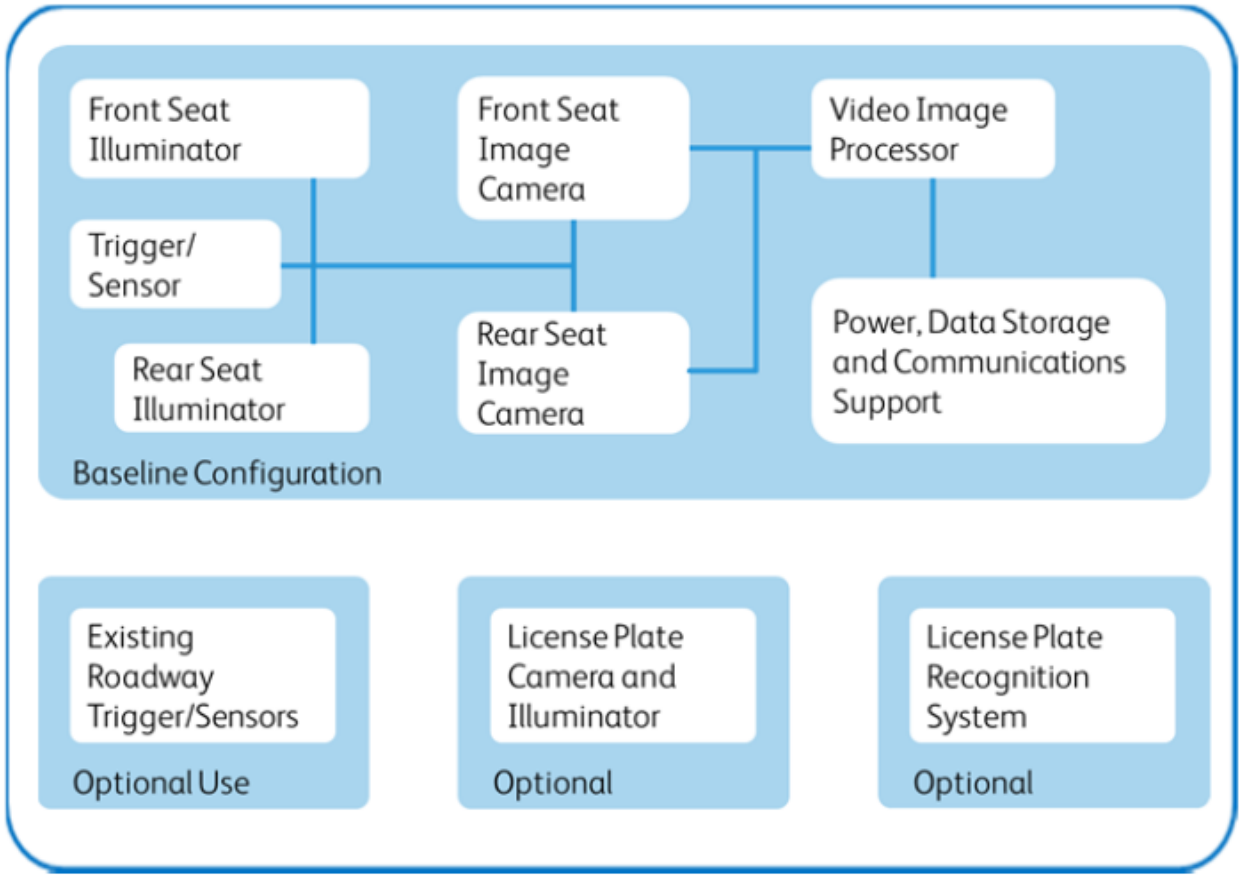
Instituto Tecnológico de Informática*
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain
aperez@disca.upv.es, joguagar@iti.upv.es, jcperez@disca.upv.es



- 89.60% for frontal passengers.
- Manually indicated area of interest
- (windshield).
- Used images in the visual range.

N. da Vitora Lobo et al. (Eds.): SSPR&SPR 2008, LNCS 5342, pp. 782–789, 2008.

Technology Trends (4)



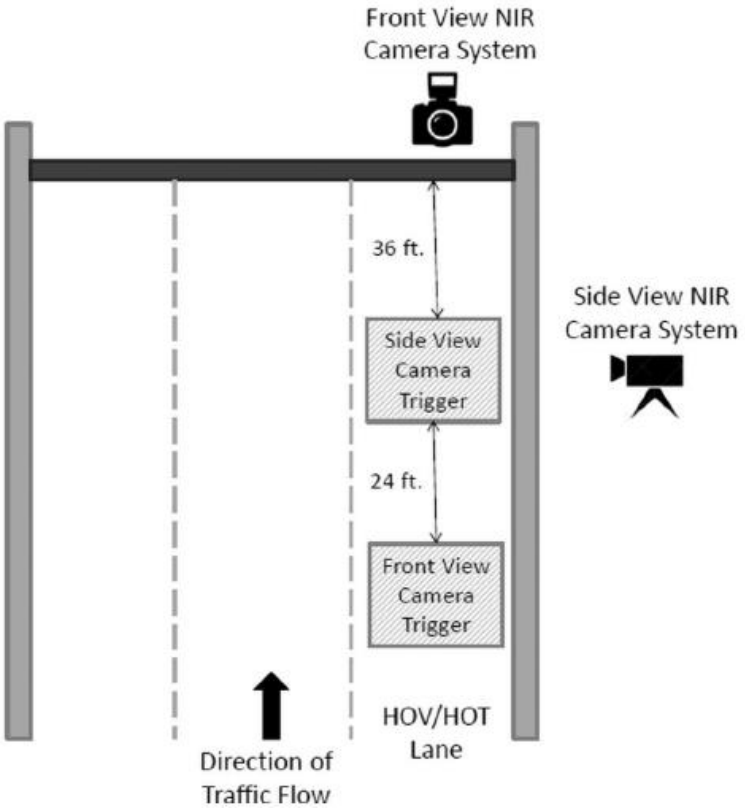
Xerox® Vehicle Passenger Detection System: Block Diagram

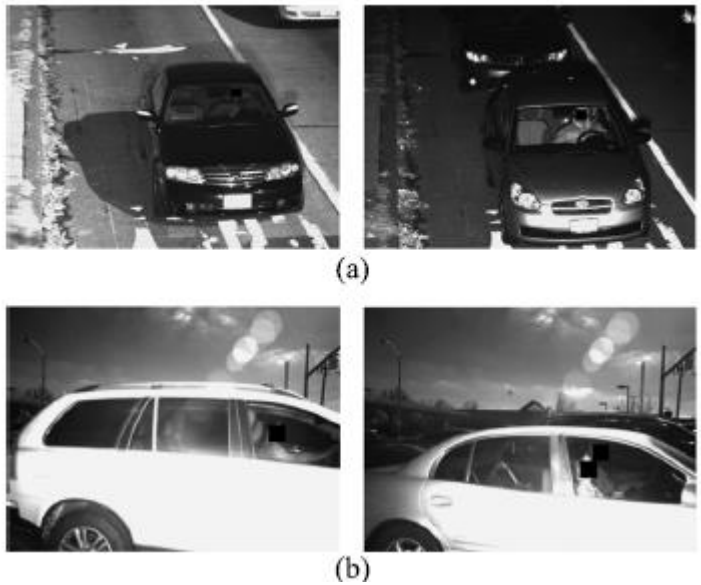
Technology Trends (5)

IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 17, NO. 2, FEBRUARY 2016 395

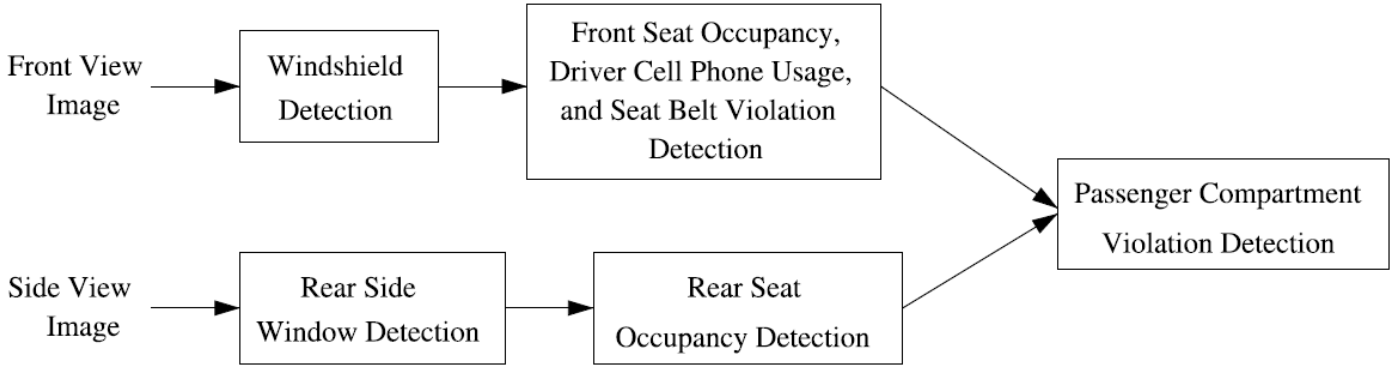
Passenger Compartment Violation Detection in HOV/HOT Lanes

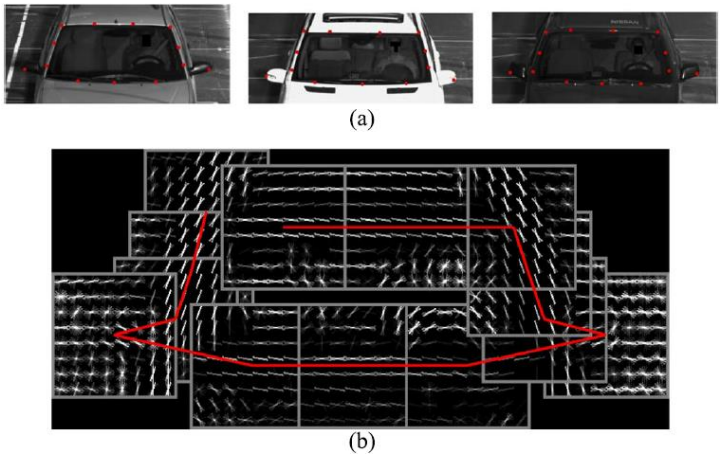
Yusuf Artan, *Member, IEEE*, Orhan Bulan, *Member, IEEE*, Robert P. Loce, *Senior Member, IEEE*, and Peter Paul, *Member, IEEE*

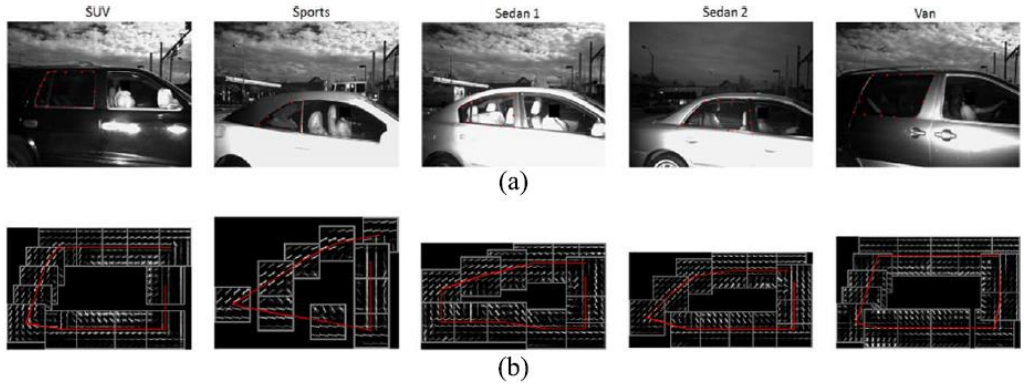




Technology Trends (6)







Technology Trends (7)

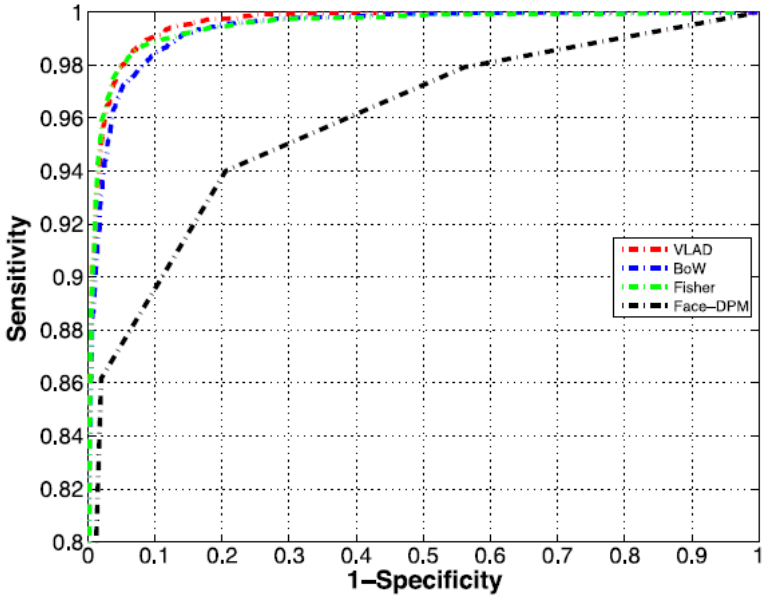


Fig. 11. Comparison of ROC graphs for FV, BoW and VLAD feature descriptors and DPM-based face detection for front seat occupancy detection.

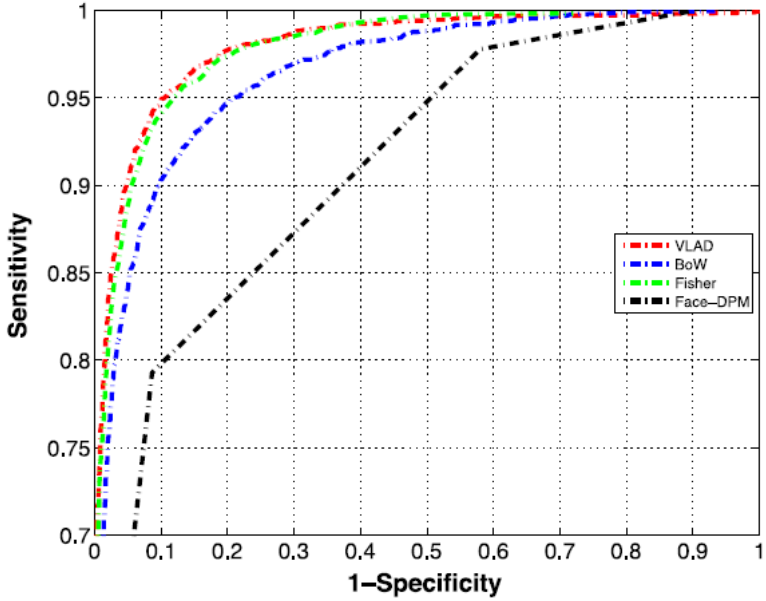


Fig. 12. Comparison of ROC graphs for FV, BoW and VLAD feature descriptors and DPM-based face detection for side window occupancy detection.

Technology Trends (8)
Fisher Vectors Approach

- FV becomes a standard for the aggregation part and is proposed to incorporate generative models into discriminative classifiers.

Let $\alpha_i(t)$ be the assignment of the descriptor x_t to the i^{th} gaussian:

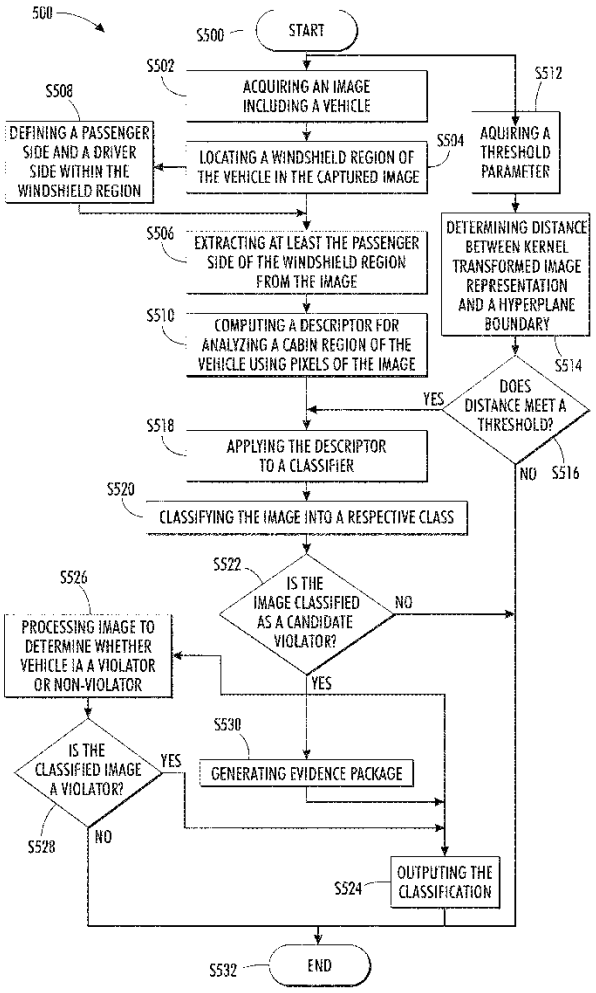
$$\alpha_i(t) = \frac{w_i p_i(x_t|\theta)}{\sum_{j=1}^{K} w_j p_j(x_t|\theta)} \tag{7}$$

Let g_i^X denotes the d-dimensional gradient with respect to the mean μ_i of Gaussian i. Assuming that the x_t's are generated independently by $p(X|\theta)$, we obtain Eq. (8) after mathematical derivations:

$$g_i^X = \frac{1}{T\sqrt{w_i}} \sum_{t=1}^{T} \alpha_t(i)\left(\frac{x_t - \mu_i}{\sigma_i}\right) \tag{8}$$

The final vector g_θ^X is the concatenation of the g_i^X vectors for $i = \{1..K\}$ and is $K \times d$ dimensional. Experiments have been performed for values ranging from $K = 32$ to $K = 512$.

Technology Trends (9)
Fisher Vectors Approach



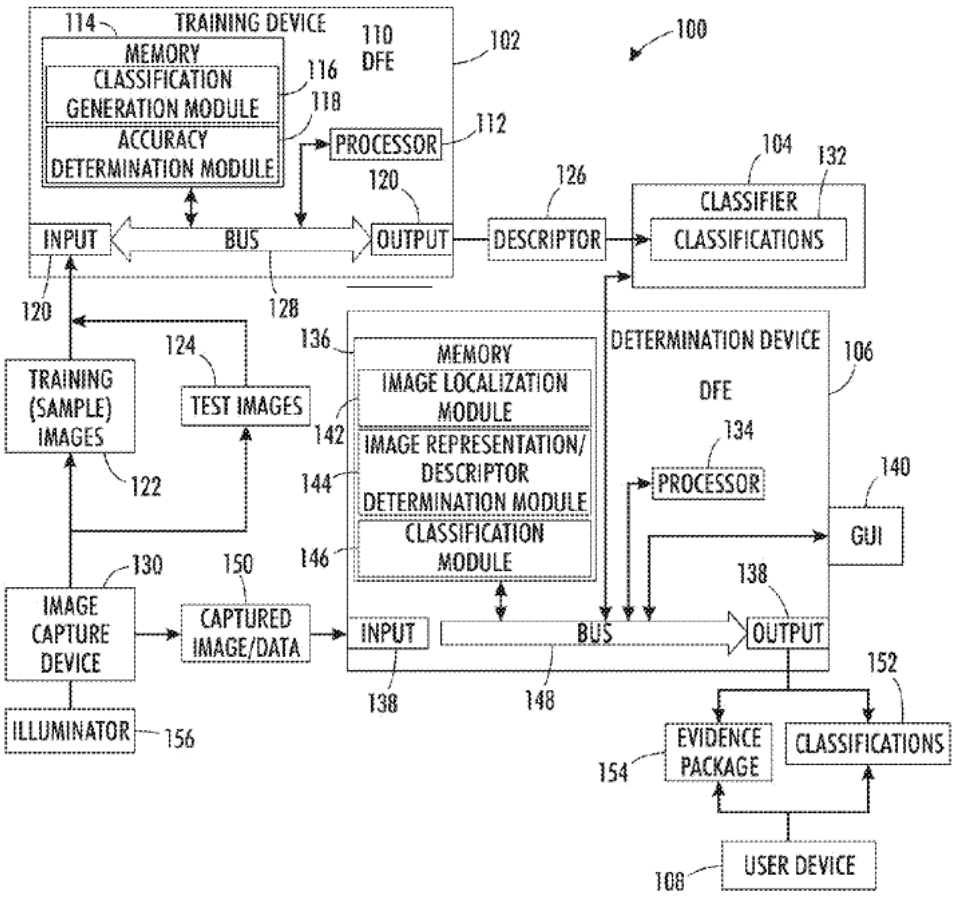


FIG. 4

I-15 Myramar in San Diego, 2015









CBS8.com http://www.cbs8.com/clip/11373755/new-camera-spies-carpool-cheaters-on-interstate-15

Limitation of the Current Technologies

- Focused on front seated passengers – not yet applicable for second seats and further seats
- Mass computation and high cost
- Official validation & assessment result for the latest test (2015) is not released
- Accuracy issue
- Data communication issue
- Privacy
- Public controversial
- Manufacturer’s claim vs. agency’s evaluation

Limitation of the Current Technologies

- UC Berkeley, 2012.

And We Learned That …

- **Overall, there is no discernible patterns to evaluate the statistical significant effect of individual variables (speed, vehicle type, occupant type, etc.) due to the low level of performance.**
- **Occlusion is an obvious factor for technology types that are based on image processing, as can be seen in the relatively low pass rate for second-row occupants on driver side versus middle and passenger-side occupants.**

CALIFORNIA PATH

Limitation of the Current Technologies

- UC Berkeley, 2012.

Will We Ever Get There?

- **External detection methods have limitations in accuracy, but high enough accuracy, coupled with deterrence effects, may be sufficient.**
- **Despite the availability of in-vehicle sensing and the proposal of "connected vehicles concept", near-term deployment is unlikely.**
- **Cost-effectiveness from the perspective of system-wide implementation is very challenging.**

CALIFORNIA PATH