

발간등록번호

11-1613000-002002-01

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()
국토교통기술촉진연구 사업 최종보고서

R&D /
16CTAP-C097344-02

교통신호정보를 반영한 영상처리기반 교차로 안전성 평가기술 개발

2017 . 7 . 10

주관연구기관 / 한양대학교 에리카산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

비매품/무료

93530



9 788972 185611
ISBN 978-89-7218-561-1

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘교통신호정보를 반영한 영상처리기반 교차로 안전성 평가기술 개발’ (연구개발
기간 : 2015. 6. 18. ~ 2017. 6. 17.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 7. 10

주관연구기관명 : 한양대학교 에리카산학협력단 (대표자) 좌 용 호 (인)

주관연구기관책임자:

서 원 호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	16CTAP-C0973 44-02	해당 단계 연구 기간	2015.06.18.~ 2017.06.17	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구 사업			
	세부사업명	-			
연구과제명	대과제명	교통신호정보를 반영한 영상처리기반 교차로 안전성 평가기술 개발			
	세부과제명	-			
연구책임자	서원호	총 연구기간 참여 연구원 수	총: 5 명 내부: 5 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 100,000 천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속 부서명	한양대학교 교통물류공학과			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
				보고서 면수	97

- 전체 교통사고의 절반을 차지하는 교차로사고의 대부분은 차량 및 보행자의 상충에서 발생하며, 교차로 기하구조 및 교통신호가 교차로 안전성의 중요한 요소임
- 기하구조와 교통사고가 상관관계가 있듯이, 교통신호와 안전도에 상관관계 존재하나, 기존 교차로 안전도평가는 사고원인규명에 있어서, 기하구조에 의존한 2차원 충돌도 (accident diagram) 분석이 대부분이었음
- 최근 영상검지기술을 통한 교통안전대체지표(surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술이 개발되고 있고, 교통신호와 교차로 안전성의 상관관계를 분석하는 연구가 필요함
- 예를 들어, 특정 녹색신호 초반 혹은 후반에 상충이 빈번한지 등을 영상검지를 통해 분석한다면, 교통신호와 관련한 상충관계를 분석할 수 있음
- 본 연구에서는 영상검지 기술을 기반으로 교통신호 현시와 차량 간 상충의 상관관계를 분석하는 방법론을 제시
- 향후, 본 연구에서 제시된 방법론을 바탕으로 안전성의 원인이 기하구조인지, 신호현시와 관련성이 많은지를 규명할 수 있을 것으로 판단됨

연구의
목적 및 내용

우리나라는 교통사고로 인해 막대한 사회적 비용을 지불하고 있음. 도로교통공단이 산정한 자료에 따르면, 2014년 한 해 동안 교통사고로 인해 지출하는 사회적 비용이 26조 5725억원에 이르는 것으로 분석됨. 이는 국가전체 예산의 7.5%에 해당하며, 사망자나 부상자 발생에 따른 인적 피해비용이 15조 6750억원(59%), 물적 피해비용이 9조 6381억원(36%), 경찰조사 등 사회기관 비용이 1조 2594억원(5%)에 해당함. 전체 교통사고의 절반을 차지하는 교차로사고의 대부분은 차량 및 보행자의 상충에서 발생하며, 교차로 기하구조 및 교통신호가 교차로 안전성의 중요한 요소임. 기하구조와 교통사고가 상관관계가 있듯이, 교통신호와 안전도에 상관관계 존재하나, 기존 교차로 안전도평가는 사고원인규명에 있어서, 기하구조에 의존한 2차원 충돌도(accident diagram) 분석이 대부분이었음. 최근 영상검지기술을 통한 교통안전대체지표(surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술이 개발되고 있고, 교통신호와 교차로 안전성의 상관관계를 분석하는 연구가 필요함. 예를 들어, 특정 녹색신호 초반 혹은 후반에 상충이 빈번한지 등을 영상검지를 통해 분석한다면, 교통신호와 관련한 상충관계를 분석할 수 있음. 본 연구에서는 영상검지 기술을 기반으로 교통신호 현시와 차량 간 상충의 상관관계를 분석하는 방법론을 제시함. 향후, 본 연구에서 제시된 방법론을 바탕으로 안전성의 원인이 기하구조인지, 신호현시와 관련성이 많은지를 규명할 수 있을 것으로 판단됨. 영상처리 기술을 기반으로 차량 및 보행자를 검지하고, 상충 등의 교통안전 대체지표 (surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술을 개발하였음. 영상자료에서 차량을 검지하고 궤적을 추적(tracking)한 후, 속도와 위치, 방향성을 기준으로 차량과 보행자의 상충을 분석하였음. 개발된 알고리즘을 실제 현장 영상자료에 적용하여 정확도를 검증하였음. 움직이는 물체가 있는 곳의 영역을 구별하는 방법 (Background Subtraction)을 사용하였고, 촬영된 영상자료를 실제 현장거리로 산정한 후 신호교차로 내에서의 상충의 빈도를 분석하였음. Visual studio 2013과 OpenCV 3.0을 활용한 프로그램을 개발하였음. 각 프레임별로 차량의 수, 차량 간 거리, 차량의 방향성을 이용하여 상충분석을 수행하였음. 차량의 방향성과 차량 간 거리 관련 상충판별 기준에 따라 상충 여부를 판단하였음. 신호현시 정보를 반영하기 위하여, 영상이 촬영된 시간의 교차로 방향별 신호 운영정보를 수집하였음. 이를 이용하여 각 프레임의 시간과 신호를 연동하는 작업을 진행하여 신호현시와 상충의 상관관계를 분석할 수 있는 자료를 도출하였음.

연구개발성과	국제저널 학술지 게재 논문 1. Wonho Suh, J. Anderson, A. Guin, M. Hunter. Evaluation of video detection system as a traffic data collection method. Scientia Iranica. 22(6), 2092-2102. 2015. 2. M. Park, J. Kim, Y. Lee, Jinwoo Park, Wonho Suh, Vision-based surveillance system for monitoring traffic conditions. Multimedia Tools & Applications. Published online. 2017. DOI 10.1007/s11042-017-4521-4 국제 학술회의 발표 1. Jinwoo Park, Wonho Suh. Image Processing Techniques for Vehicle and Pedestrian Safety Evaluation, 7th International Joint Student Seminar on Civil Infrastructures, Thailand, 2015. 2. Jinwoo Park, J. Kim, H. Kim, Y. Lee, Wonho Suh. Image Processing for Traffic Safety Evaluation, 5th International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation 2016, Taiwan, 2016. Software 영상 검지 기술을 기반으로 현장에서 찍은 영상자료로부터 차량 및 보행자의 위치를 검지하고, 궤적을 추적하는 프로그램을 Visual studio 2013과 OpenCV 3.0을 활용한 프로그램을 개발하였음.
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	본 연구의 최종목표는 영상처리 기술 기반으로 교통신호정보와 교통안전대체지표(surrogate safety measure)의 상관관계를 분석하고, 이를 통해 기하구조와 교통신호정보를 통합한 교차로 안전성 평가기술을 개발하는 것임. 최근 들어 컴퓨터 및 영상처리 기술의 발달과 더불어 Vision technology를 이용한 교통자료 수집이 용이해졌음. 영상처리 기법을 통해 교통안전대체지표를 획득하여 안전도가 낮은 지점을 파악하고, 선형적으로 안전대책을 수립하는 기술이 선진국을 중심으로 개발되고 있음. 이러한 연구는 발생하는 사고뿐 아니라, 충돌하지 않았지만 사고와 근접하게 일어난 자료까지 수집 가능하게 됨. 예를 들어, 사고는 발생하지 않았으나, 교차로에서 두 차량이 근접해서 지나치는 경우가 빈번하다는 것을 영상검지를 통해 확인 후, 이를 기준으로 실제로 다수의 사고가 발생하기 전에 개선책을 마련할 수 있음. 본 연구에서는 교차로사고의 주요소인 교통신호와 차량 상충을 종합적으로 분석하여, 안전도를 저해하는 특정 방향의 신호 문제 등을 판별하고, 기존 2차원적인 기하구조 기반의 분석방법을 개선하는 방법론을 제

	시하였음. 본 연구는 최근 널리 보급된 영상장치에서 수집되는 영상자료와 vision technology를 활용하여 차량의 상충정도를 파악하고, 교차로의 신호정보를 고려하여 안전성을 평가하는 방법론을 제시하였음. 향후 도로교통시설의 영상자료는 광범위하게 취득 가능해 질 것으로 예상되고, 이런 영상 자료를 효율적으로 활용할 수 있는 기술로서, 차량 및 보행자 안전도 향상을 통해 공공시설물 안전도 향상에 활용될 수 있을 것으로 판단됨. 특히 교통사고가능성이 많은 상충을 신호정보를 고려하여 유형별로 분석함으로서 양적 안전대책이 아닌 합리적이고 맞춤형 도로교통안전 기술과 정책으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨.				
핵심어 (5개 이내)	교통안전	교통사고	영상처리	교통신호	교통상충

< SUMMARY >

Purpose & Contents	With the advancement of recent image processing technologies numerous imaging applications have been developed to collect traffic information. In this study, image processing technology is applied to roadway safety to detect and measure the conflict between traffic. By using an image processing technique, traffic movements are detected and the distance between these two are calculated to detect conflicts between them. In this study, Machine Learning techniques are utilized to facilitate more accurate and efficient detection. It is assumed that the intersection is accident-prone if conflicts between traffic appear more frequently than other intersections. Based on the conflict data and signal information collected during field experiments, correlations between the two variables are investigated.					
Results	An image processing software has been developed to detect vehicles in an intersection. Also, movements of vehicles can be tracked using the software so that conflicts between vehicles can be calculated. In this research efforts, a method to identify correlations between traffic conflicts and signal information has been proposed.					
Expected Contribution	This approach is expected to identify accident-prone intersections without actually experiencing crashes; therefore, this would potentially reduce social costs associated with traffic accidents.					
Keywords	Traffic Safety	Traffic Accident	Image Processing	Traffic Signal	Traffic Conflict	

Contents

1. Outlines of the research project	9
2. State of the art in the technology development	26
3. Contents and results of the research	63
4. Achievements and contributions in related area	82
5. Application plan of the R&D results	84
6. Scientific and technological informations obtained in the research	85
7. Security Level for Research Products	86
8. Registered facility and apparatus for research on NTIS	87
9. Safety action at laboratory in the research process	88
10. Representative results of the research projects	89
11. Others	90
12. Reference	91

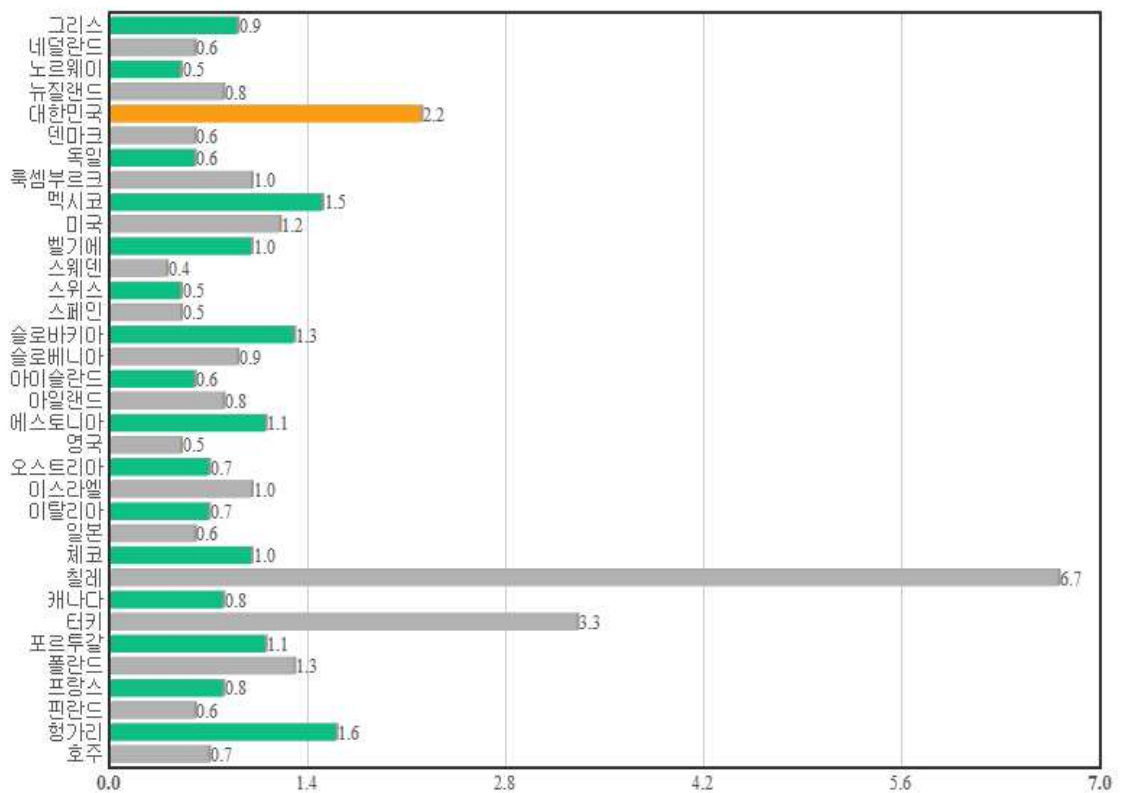
< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	9
2. 국내외 기술 개발 현황	26
3. 연구 수행 내용 및 성과	63
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	82
5. 연구개발성과의 활용 계획	84
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	85
7. 연구개발성과의 보안등급	86
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	87
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	88
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	89
11. 기타 사항	90
12. 참고 문헌	91

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 최근 세계적인 주요 관심사는 지속가능성 향상을 위한 안전성 및 친환경성 제고이다.
- 특히 기존의 사회기반시설을 보다 효율적이고 안전하게 이용할 수 있는 시스템에 많은 노력이 경주되고 있다.
- 경찰청 자료에 따르면 2015년 우리나라 교통사고 사망자 수는 4,621명으로, 최근 교통사고를 줄이기 위한 여러 가지 노력으로 2014년부터 사망자 5,000명 이하로 감소하였다. 그러나 OECD 회원국과 비교하면, 자동차 1만대 당 사망자 수는 2.2명 사망에 해당하여, OECD 회원국 중 칠레, 터키 다음으로 높은 수치를 나타내고 있다. [그림 1]



[그림 1] OECD국가 자동차 1만대당 교통사고 사망자수

- 이와 같이 교통사고로 인해 막대한 사회적 비용을 지불하고 있다. 도로교통 공단이 산정한 자료에 따르면, 2014년 한 해 동안 교통사고로 인해 지출하는

사회적 비용이 26조 5725억 원에 이르는 것으로 분석되었다. 이는 국가전체 예산의 7.5%에 해당하며, 사망자나 부상자 발생에 따른 인적 피해비용이 15조 6750억 원(59%), 물적 피해비용이 9조 6381억 원(36%), 경찰조사 등 사회기관 비용이 1조 2594억 원(5%)으로 분석된다. [표 1]

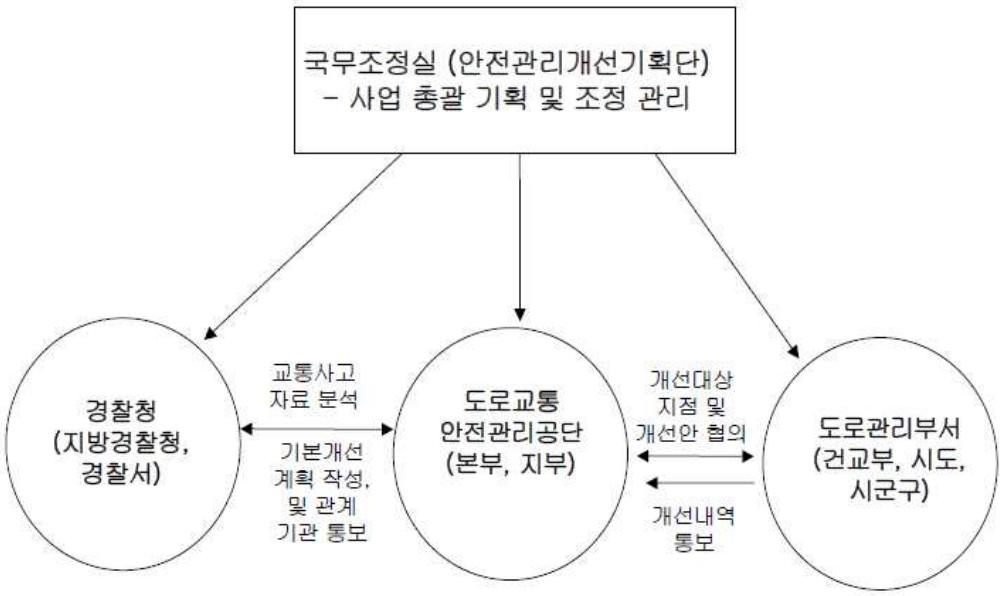
- 이러한 교통사고를 조금 더 감소시킨다면, 이는 국가적으로 막대한 사회적 비용을 줄일 수 있는 효과와 직결된다.

[표 1] 2014년 도로교통사고 사회적 비용

구 분	사회적 비용	2014년 예산 대비 비율
2014년 국가 예산	355조 8,000억 원	-
도로교통사고 사회적 비용 총계	26조 5,725억 원	7.5%
인적 피해비용	15조 6,750억 원	4.4%
물적 피해비용	9조 6,381억 원	2.7%
사회기관 비용	1조 2,594억 원	0.4%

- 현재 국내에서 시행 중인 “교통사고 잦은 지점 개선사업”은 국무총리실 주관 “교통사고 종합방지대책”에 의거 사업을 처음 시행하였다. 교통안전법 제14조의 교통안전기본계획에 기초하여 실시하여 오고 있다.
- 국토교통부, 경찰청, 행정자치부, 도로교통안전관리공단, 한국도로공사가 참여하여 추진하여 교통사고를 감소시키고자 하고 있다. [그림 2, 표 2]
- 이런 교통사고 잦은 지점의 선정방법으로는 ① 사고건수에 의한 방법, ② 사고율에 의한 방법, ③ 한계사고율 이용법, ④ 회귀분석 모형법, ⑤ 대물피해 환산법 등의 방법이 있다. 현재는 특별시 및 광역시에서는 사고 7건 이상, 광역시에서는 5건 이상 발생한 교차로, 횡단보도, 도로구간을 대상으로 지점을 선정하고 있는 상황이다.
- 현재의 교통사고 잦은 지점 개선사업은 몇 년간의 교통사고 자료가 구축된 후에 개선대책을 강구하는 후행적 방법이다. 즉, 몇 년의 사고 자료가 축적하기 전에, 현재 운행상태에서 사고위험지점을 판정할 수 있는 선행적 대책이 요구된다.
- 이처럼 안전성을 개선할 수 있는 선행적 대책을 마련한다면, 교통사고와 이

에 따른 사회적 비용을 줄이고, 보행자 안전성을 체계적으로 개선할 수 있을 것으로 판단된다.



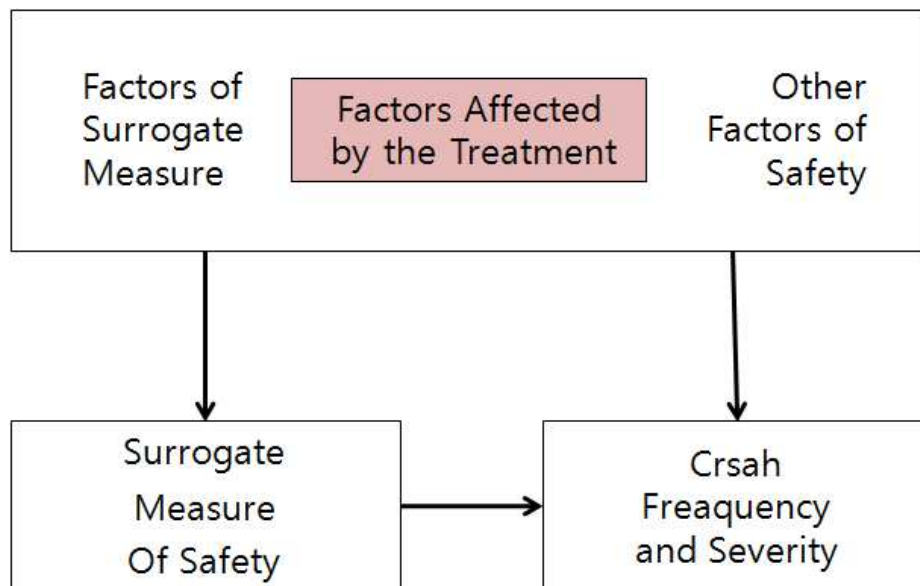
[그림 2] 교통사고 잦은 지점 개선사업 추진 체계

행 정 구 역 구 분		도로형태	
특별시 및 광역시	7건 이상	교차로	차량정지선 후방 30m 이내
일반시	5건 이상	횡단보도	차량정지선 전후방 30m 이내
기타	3건 이상	단일로	시가지 반경 100미터 이내 기타, 고속도로 반경 200미터 이내

[표 2] 교통사고 잦은 지점 선정기준

- 교통사고와 상관관계를 갖는 지표로서 안전대체지표(surrogate safety measure)가 연구되고 있다.
- [그림 3]은 교통사고와 상관관계를 갖는 지표를 통해 안전도평가를 하고, 교통사고를 방지하겠다는데 의의가 있다.
- 최근 들어 컴퓨터 및 영상처리 기술의 발달과 더불어 Vision technology를 이용한 교통자료 수집이 용이해졌다. 영상처리 기법을 통해 교통안전대체지표를 획득하고 안전도가 낮은 지점을 파악하여 선행적으로 안전대책을 수립하는 기술이 선진국을 중심으로 개발되고 있다.

- 영상처리 기법을 활용하여 교통안전대체지표(surrogate safety measure)를 획득하게 되면, 발생하는 사고뿐 아니라, 충돌하지 않았지만 사고와 근접하게 일어난 자료까지 수집 가능하게 된다.
- 예를 들어, 급커브 도로에서 차량이 이탈하는 사고는 현재까지 없었지만, 영상검지를 통해 도로에서 이탈 직전에 이르렀던 경우가 많다고 분석되면, 이를 기준으로 실제로 다수의 사고가 발생하기 전에 개선책을 마련할 수 있다.

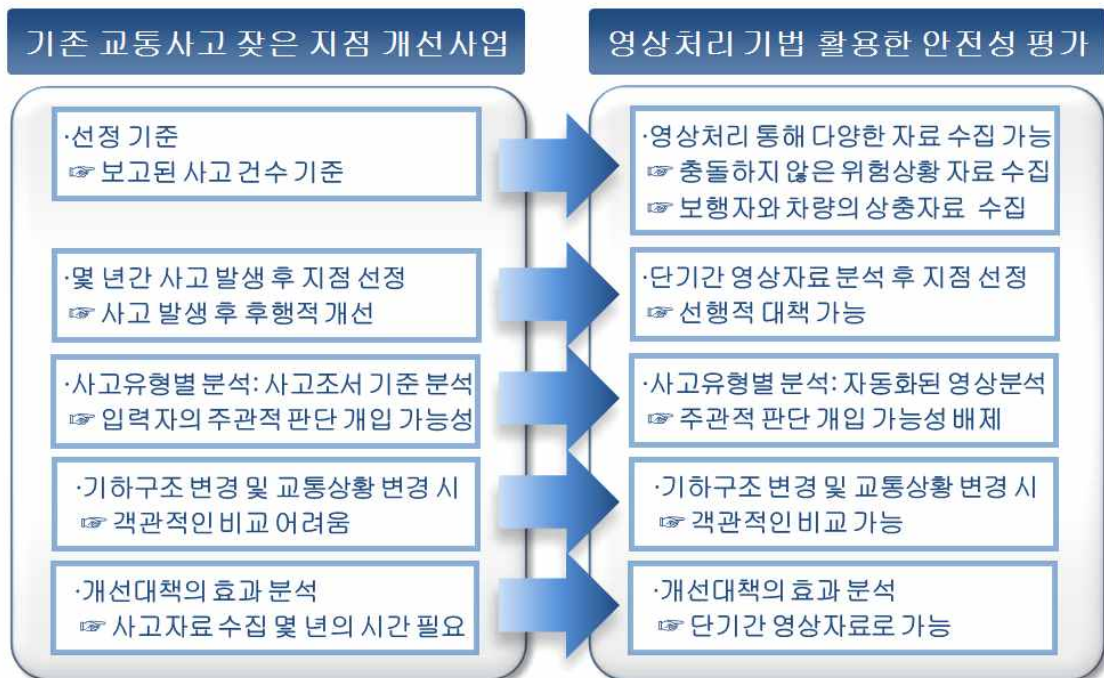


[그림 3] 교통사고와 교통안전대체지표의 관계

- 이는 보행자 사고에도 동일하게 적용된다. 예를 들어, 보행자 횡단 시 가까스로 사고를 피하는 빈도수가 많다면, 이를 통해 사고가 발생하기 전에 개선할 수 있다. 특히 보행자 사고의 경우 사고요인이 다양한데, 사고조서에서 반영하지 못하는 요인들을 영상처리 기법을 통해 규명할 수 있다.
- 또한, 사고조서에는 조서입력자의 주관적 판단이나 부정확한 정보가 포함될 가능성이 있으나, 영상처리 기법을 활용하면 이를 최소화할 수 있다.
- 기하구조 및 교통상황이 빈번하게 변경되는 경우, 장기간 동안의 사고 자료에서 어떤 도로교통 인자가 사고에 영향을 주었는지 정확히 파악하기 어려운 경우가 존재한다.
- 영상처리 기법을 활용하면 단기간 영상자료로 분석이 가능할 뿐 아니라, 각

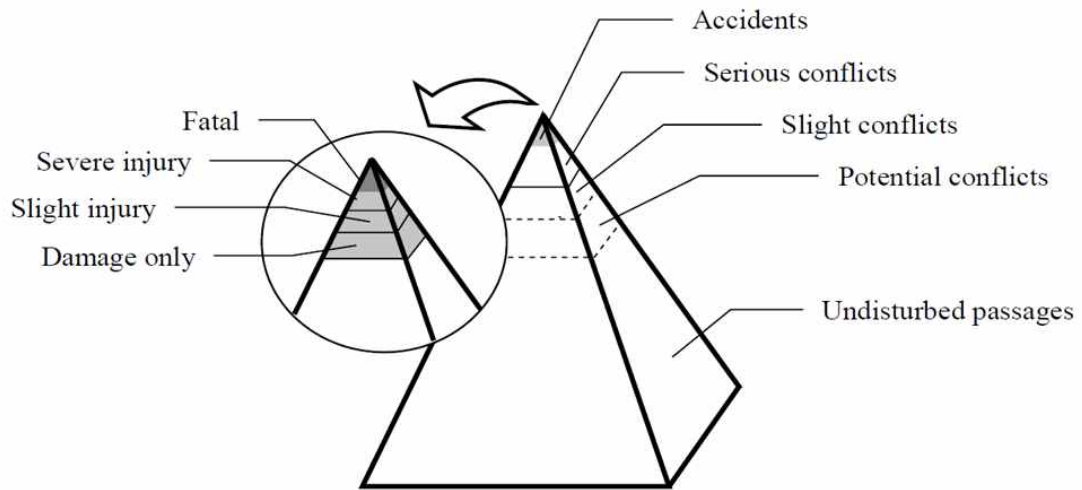
분석시점도 비교가 가능하다.

- 마지막으로, 개선대책 효과분석에 있어서, 기존의 방법은 사고건수의 비교를 위해 장기간의 사고 자료수집이 필요했던 반면, 영상처리기법을 활용하면 단기간의 영상자료를 통해 위험성 있다고 판단되는 사건들의 발생 빈도를 분석함으로써 비교가 가능해진다.
- 예를 들어 다음과 같이 영상처리기법을 통해 안전성 평가를 개선할 수 있다. [그림 4]



[그림 4] 영상검지 기술을 활용한 안전성 개선사항

- 구체적으로 설명하면, 교통사고는 그림 5에서 제시된 바와 같이 차량 간의 상충 (conflict) 및 차량과 보행자 간의 상충 회수와 밀접한 상관관계를 가진다고 알려져 있다.
- 즉 이런 상충이 빈번하게 일어나는 지점은 사고가 자주 일어날 가능성이 높다고 연구결과 보고되었으며, 이런 변수들을 교통안전대체지표(surrogate safety measure)라고 명명하고 있다.



[그림 5] 교통사고와 상관관계를 갖는 사건의 개념도 (C. Hyden, 1987)

- 차량들이 근접하게 비켜 지나간 경우, 차량과 보행자가 위험할 정도로 가까이 지나간 경우는 실제로 발생하는 사고보다 훨씬 더 빈번하게 일어나기 때문에, 오랜 기간 사고 자료를 축적하지 않더라도, 이러한 교통안전대체지표를 통해 사고발생가능성을 예측할 수 있다.
- 교통사고다발지역 개선사업의 경우에는 장기간의 기간 동안 사고가 빈번히 발생한 지점을 대상으로 실시한다. 이렇게 사고가 발생하고 나서 개선하는 것이 아니라, 단기간의 영상자료를 통해 사고발생가능성을 예측하고, 유형별 사고를 파악하여 문제점을 제시할 수 있다면, 교통사고 감소에 기여할 것으로 판단된다.
- 최근 영상처리 기술발전과 영상기기 가격하락으로 국내 도로환경에 많은 영상장치들이 설치되었다. 해외에서는 [그림 6] 및 [그림 7]의 예시와 같이 교통상충 다발지역을 분석하고 교통사고 감소를 위해 개선대책을 제시하는 기술을 개발 중이다.



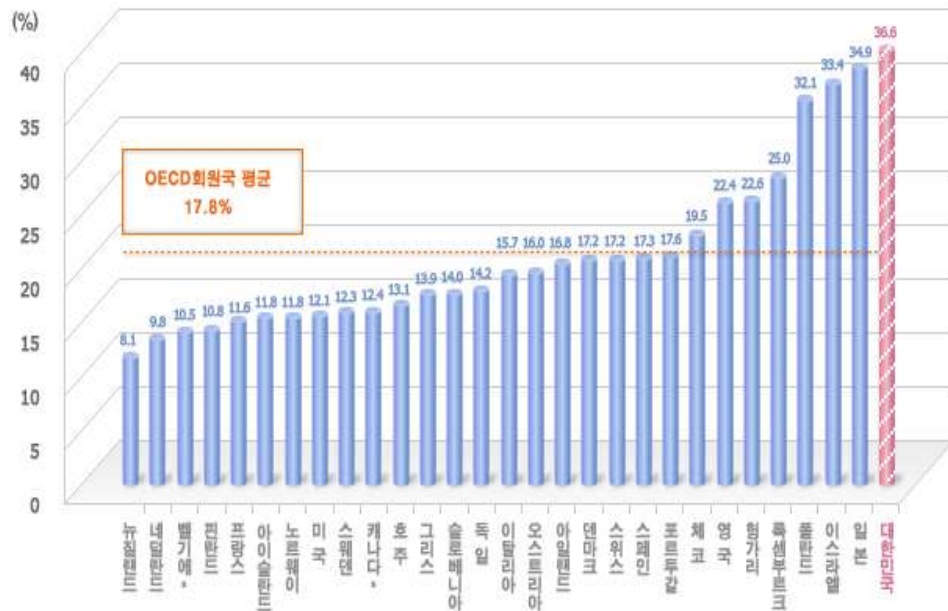
[그림 6] 영상처리를 통한 교통상충 분석 해외 연구 예시 (Tarek Sayed, 2012)

- 이와 같이 최근 들어 컴퓨터 및 영상처리 기술의 발달과 더불어 Vision technology를 이용한 영상처리 기법의 연구가 활발히 진행되고 있다. 교통 안전대체지표(surrogate safety measure)를 수집하여, 발생하는 사고뿐 아니라, 충돌하지 않았지만 사고와 근접하게 일어난 자료까지 수집 가능하다.



[그림 7] 영상처리를 통한 교통상충 시각화 해외 연구 예시 (Tarek Sayed, 2012)

- 이처럼 영상처리 기법의 장점이 있는데, 이러한 영상처리 자료를 어떻게 가공할지에 대한 연구가 필요한 상황이다. 예를 들어, 차량 간의 상충 관련하여 안전성에 영향을 미치는 다양한 변수에 대한 연구를 수행하여, 종합적인 평가가 필요하다고 판단된다.
- 전체 교통사고의 절반을 차지하는 교차로사고의 대부분은 차량 및 보행자의 상충에서 발생하며, 교차로 기하구조 및 교통신호가 교차로 안전성의 중요한 요소이다.
- 교통사고 중 보행자 사망사고 비율이 높아서 보행자 안전에 대한 개선이 절실히 필요하다. 보행 중 사망자 구성비가 36.5%로서 OECD 회원국 중 가장 높은 비율을 나타냈으며, 이 수치는 OECD 회원국 평균의 2배가 넘는 수치를 나타내고 있다. [그림 8]
- 기하구조와 교통사고가 상관관계가 있듯이, 교통신호와 안전도에 상관관계 존재하나, 기존 교차로 안전도평가는 사고원인규명에 있어서, 기하구조에 의존한 2차원 충돌도(accident diagram) 분석이 대부분이었다.
- 예를 들어, 기하구조가 적정하지만 특정 이동방향 녹색 및 황색신호가 짧아서 혹은 특정신호주기 신호위반차량으로 인해 사고가 빈번한 경우, 기존 분석으로는 원인을 판별하기는 한계가 존재한다.
- 최근 영상검지기술을 통한 교통안전대체지표(surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술이 개발되었지만, 교통신호와 교차로 안전성의 상관관계를 분석하는 연구는 미흡한 실정이다.



[그림 8] 보행 중 사망자 구성비

- 예를 들어, 특정 녹색신호 초반 혹은 후반에 상충이 빈번한지, 또한, 어느 방향의 신호위반 보행자 및 차량이 많은지 등을 영상검지를 통해 분석한다면, 기존방식의 기하구조개선과 별도로 교통신호 관련 안전개선책을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.
- 현재 영상저장 매체 보급률의 향상에 따라 교통신호정보와 교통안전대체지표의 상관관계를 분석할 수 있는 여건이 형성되었고, 교차로 안전성의 통합 분석을 통해 18초마다 1명꼴로 다치거나 사망하는 교통사고를 감소시킨다면, 이는 국가적으로 막대한 사회적 비용을 줄일 수 있는 효과와 직결될 것으로 판단된다.

2. 연구개발의 필요성

- 전술한 바와 같이 우리나라는 OECD 회원국가들 중 교통사고빈도, 사망사고율, 보행자 사망사고비율에 있어서 최하위권에 위치하고 있다. 교통사고를 감소시켜 사회적비용을 최소화하는 것이 당면과제이다.
- 최근 영상기기 가격하락 및 영상처리 기술발전으로 인해 국내 도로환경에 많은 영상장치들이 보급되어 있다. 이런 영상장치들은 현재 교통량 및 교통정보 수집 등 교통운영 분야에 주로 활용되고 있는데, 교통안전 자료로 활용될 수 있다.

- 교통사고를 줄이기 위한 기존의 대책들은 과거 교통사고가 빈번한 지점을 대상으로 수립되었다. 이런 후행적 개선책은 선행적 개선책으로 전환될 필요가 있다. 단기간의 영상자료를 통해 교통안전대체지표(surrogate safety measure)를 산출하여 사고발생 가능성을 예측하고, 유형별 사고를 파악하여 문제점을 제시한다면 교통사고 감소에 기여할 것으로 판단된다.
- 특히 보행자 관련 사고는 차량 간 사고와는 달리 유형과 사고원인이 다양하여, 과거 발생한 사고조사 기준으로 대책을 수립하기에는 한계가 있다. 영상처리를 통한 사고의 유형을 파악하게 되면, 교통사고조사에서는 파악하기 어려운 요인들을 규명할 수 있을 것이다. 이런 정보를 바탕으로 현장의 특성을 반영한 대책 수립이 가능하게 될 것으로 판단된다.
- 보행자 궤적 영상처리는 차량 영상처리보다 기술적으로 어려운 요인들이 존재한다(예를 들어, 차량처럼 정형화된 모양을 보이지 않으며, 다른 보행자 혹은 시설물과의 겹침 현상이 빈번하고, 차량보다 이동 방향성이 다양함) 이런 여러 가지 이유로 보행자 영상처리는 차량 영상처리보다 연구개발에 있어서 발전이 늦어온 것이 사실이다. 보행환경 개선과 보행자 사고를 절감하기 위해서는 개발되어야 할 분야로 생각된다.
- 궁극적으로 차량 뿐 아니라 보행자의 교통안전대체지표(surrogate safety measure)를 영상처리 기술을 통해 파악하고, 유형별 사고를 파악하여 개선책을 제시하는 것이 연구의 목적이다. 이를 통해 교통사고 감소에 기여할 것이고 궁극적으로 교통사고 사고비용을 줄이고, 보다 안전한 사회에 이바지할 것으로 판단된다.
- 최근 취득이 용이해진 영상자료를 기반하여 사고발생가능성이 높은 교통류 및 상황 조건에 대한 분석을 실시함으로써, 실제 다수의 사고가 발생하기 전에 문제점을 파악하고, 안전성을 평가하고 이에 대한 개선책을 제시할 수 있다.
- 일반적으로 교통사고는 발생확률이 낮아서, 해당 지점의 안전성 평가를 위하여 일반적으로 3년 이상 긴 기간의 사고 자료를 취득·분석한 후 위험도가 산출되는 한계점이 존재하는데, 이에 대한 개선책을 제시하고자 한다.
- 최근 연구는 아직 교통신호정보와 차량상충의 상관관계를 분석하는 연구로는 발전하지 못한 상태인데, 교차로사고의 주요소인 교통신호와 차량 및 보행자의 상충을 종합적으로 분석하여, 안전도를 저해하는 특정 방향의 신호 문제 등을 판별하고, 기존 2차원적인 기하구조 기반의 분석방법으로 도출되

지 않는 개선안을 제시할 수 있는 연구가 필요하다고 판단된다.

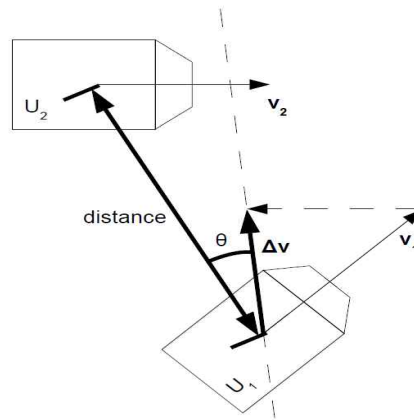
- 2014년 1월, 2015년 1월, 2016년 1월 미국 워싱턴디씨에서 열린 Transportation Research Board Annual Meeting 중 교차로에서 일어나는 상충의 영상처리에 관련한 연구에 대한 발표 및 논의가 있었다. University of British Columbia의 Tarek Sayed 교수와 Polytechnique Montreal 대학의 Nicolas Saunier 교수, 유럽에서는 독일의 Technical University Munich 대학의 연구진, 덴마크의 Aalborg 대학의 연구진, 스웨덴의 Lund 대학의 연구진들이 활발한 연구를 진행 중이다. 일반적인 영상검지를 통한 교통량 자료 획득, 통행시간에 대한 연구는 많은 기관에서 수행되었다.
- 국내외 교차로의 신호정보와 교차로에서 발생하는 상충간의 상관관계를 분석하는 연구는 아직 초기 단계인데, 하나 이상의 영상자료를 동기화 하는 문제가 해결되어야 하는 것으로 인식되고 있다.
- 이처럼, 영상처리를 통한 상충 분석을 하고 이를 통한 안전성 개선에 대한 필요성은 세계적으로 인식되고 있는 상황으로 국내 연구 개발이 필요하다.
- 지금까지 영상처리 연구가 정보통신분야와 협력적으로 진행되어 온 것과 같이, 앞으로 계속적으로 연계가 가능한 분야이다.
- 교통신호 정보와 교차로 교통의 상충 분석을 통해 객관적이고 효율적인 교차로 안전성 평가기법을 개발하고, 이를 통해 안전성을 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 연구개발 범위

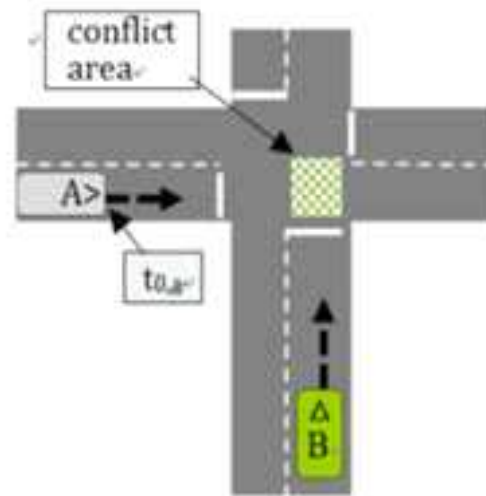
연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
영상처리기반 검지 기술	영상처리기반 차량 및 보행자 검지 기술 관련연구 분석 및 검지기술 개발	영상처리기반 교통정보 획득기법 차량 및 보행자 인식 기법 이동하는 물체추적 알고리즘
교통신호를 반영한 안전성 평가	영상처리 결과를 활용하여 교통신호에 따른 안전성 분석	교통신호와 상충상관관계 분석 개별 교차로에서 위험도 높은 교통신호주기 판별

[표 3] 연구 개발 범위

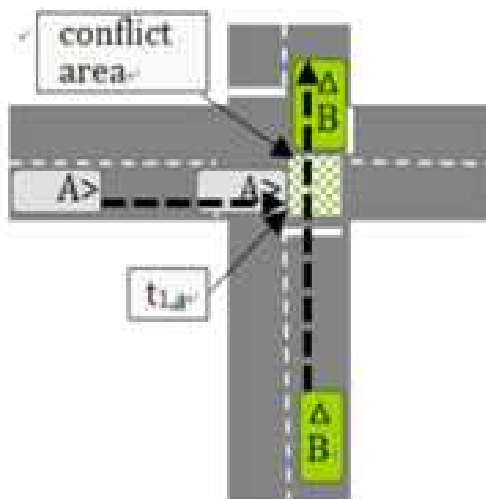
- 기존 연구에서 고려된 교통안전대체지표를 분석하면, 과거에는 컴퓨터 처리 능력 및 영상처리 기술이 발달하지 않았기 때문에 수작업을 통한 분석에 의존하여, 자료 취득이 노동집약적이고 효율이 높지 않았다.
- 예를 들어, [그림 9-12]에서 제시된 것처럼 영상처리를 통해 검지된 차량위치 및 속도 정보를 바탕으로 ① 진행방향이 다른 차량 사이의 물리적 거리, ② 진행방향과 속도를 고려한 충돌가능시간, ③ 개별 차량의 급감가속, ④ 개별 차량의 경로 급변경, ⑤ 상충되는 진행방향 차량과의 시간간격 등을 산출하여, 안전도를 산출할 수 있다.



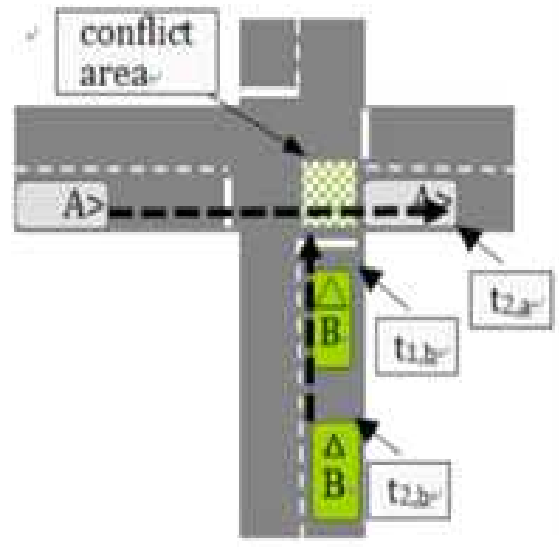
[그림 9] 교통안전대체지표 산출 예시
(Nicolars Saunier, 2012)



[그림 10] 교통안전대체지표
(surrogate safety measure) 산출 예시
(Nicolars Saunier, 2012)



[그림 11] 교통안전대체지표
(surrogate safety measure) 산출 예시
(Nicolars Saunier, 2012)



[그림 12] 교통안전대체지표
(surrogate safety measure) 산출 예시
(Nicolars Saunier, 2012)

- 최근 다른 연구에서 진행한 영상처리 기법을 통한 차량의 검지 뿐 아니라 궤적을 추적하는 등 연구를 조사한다. (그림 13-17)



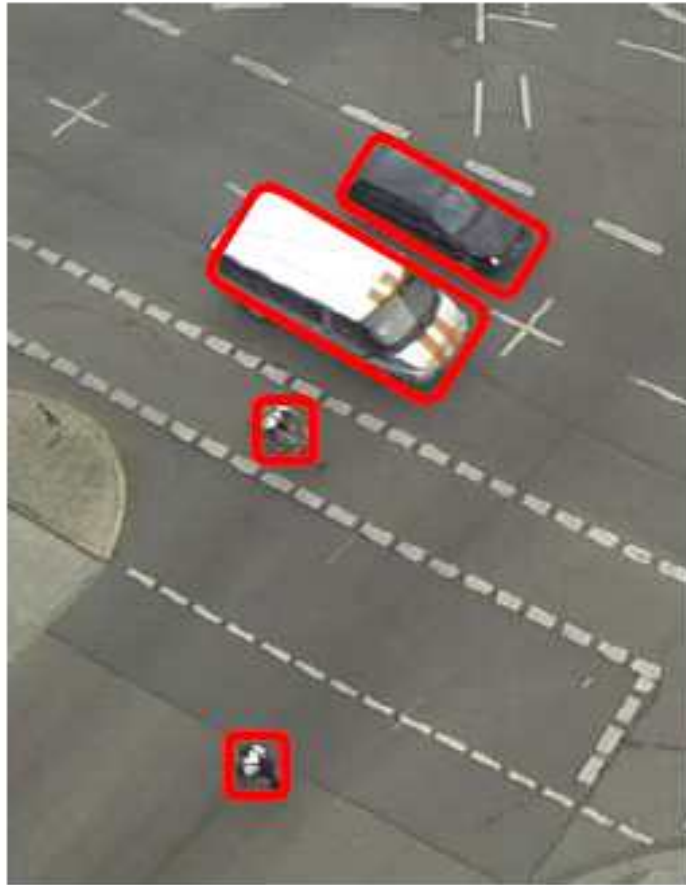
[그림 13] 영상처리를 통한 차량궤적 인식 (Tarek Sayed, 2008)



[그림 14] 영상처리를 통한 차량궤적 인식 (Tarek Sayed, 2008)



[그림 15] 영상처리를 통한 차량 및 보행자인식
(해외 연구 사례)
(Nicolars Saunier, 2007)



[그림 16] 영상처리를 통한 차량 및 보행자 인식 예시
(Tarek Sayed, 2006)



[그림 17] 영상처리를 통한 차량 궤적 추적 (Tarek Sayed, 2008)

- 본 연구에서는 최근 관련 연구를 고찰하고 이를 연구에 반영 및 개선하는 방향으로 연구를 진행하였다. 국내에서도 영상검지에 관련한 연구가 진행되었으나, 교통운영 측면에서 교통량 계측 등의 연구가 활발하였고, 안전 측면에서는 미시교통모형(microscopic traffic simulation)의 차량궤적 자료를 기준으로 교통안전대체지표 연구가 진행되었는데, 미시교통모형은 실험실 내의 결과치로서 여러 가지 다양한 기술(특히, 최근 차량 간 통신을 기반으로 한)을 분석할 수 있는 장점이 있는 반면, 현장의 사고 잦은 지점 등을 모형화하고 안전도 산정하는 데에는 한계점을 지님을 인식하고 현장 영상자료를 활용하는 방안을 연구하였다.
- 국내 연구에서 미시교통모형이 주로 사용된 이유는 현장에서 영상 처리된 자료를 획득하기가 어려운 것도 주요 이유 중의 하나로 판단된다.
- 교차로 자료에 영상처리기법을 적용하여 차량 검지에 성공하였고, 여러 방면으로 움직이는 차량검지를 하였으며, 상충과의 신호와의 상관관계 분석 방법론을 연구하였다.
- 최근 들어 컴퓨터 및 영상처리 기술의 발달과 더불어 Vision technology를 이용한 교통자료 수집이 용이해졌다.
- 영상처리 기법을 통해 교통안전대체지표(surrogate safety measure)를 획득하여 안전도가 낮은 지점을 파악하고, 선행적으로 안전대책을 수립하는 기술이 선진국을 중심으로 개발되고 있다.
- 이러한 연구는 발생하는 사고뿐 아니라, 충돌하지 않았지만 사고와 근접하게 일어난 자료까지 수집 가능하게 된다. 예를 들어, 사고는 발생하지 않았으나, 교차로에서 두 차량이 근접해서 지나치는 경우가 빈번하다는 것을 영상검지를 통해 확인 후, 이를 기준으로 실제로 다수의 사고가 발생하기 전에 개선책을 마련할 수 있다.
- 그러나 이러한 최근 연구는 아직 교통신호정보와 차량상충의 상관관계를 분석하는 연구로는 발전하지 못한 상태이다.
- 교차로사고의 주요소인 교통신호와 차량 및 보행자의 상충을 종합적으로 분석하여, 안전도를 저해하는 특정 방향의 신호 문제 등을 판별하고, 기존 2차원적인 기하구조 기반의 분석방법으로 도출되지 않는 개선안을 제시하는 방법론을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

제1절. 관련 문헌 고찰

- 김지영(2000)은 영상처리를 활용하여 버스전용차로 내에 진입한 일반 승용 차량을 검지하는 연구를 수행하였다. 차량의 전면에 부착된 차량 번호판을 영상인식 하여, 문자영역을 추출 이를 영상처리에 적용하여 차종을 구분하여 위반차량을 검출하였다.

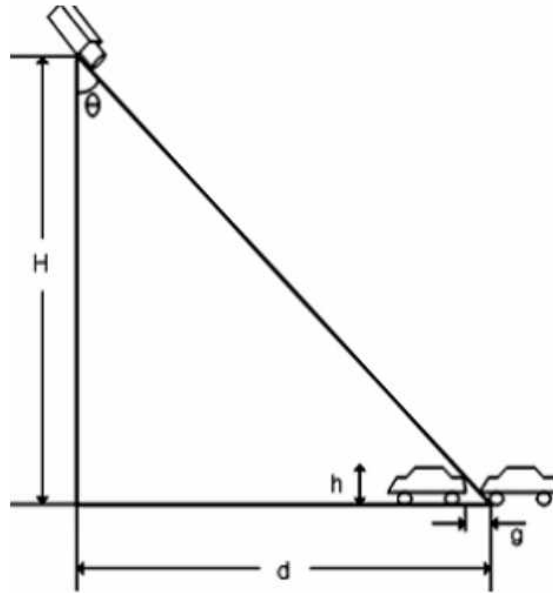


[그림 18] 차량 번호판 인식 예 (김지영, 2000)

- 백남철 외 3명(2005)는 차량속도별 영상검지기의 성능분석을 연구하였다. 통과차량의 속도저하에 의해 영상검지기 자료가 부정확한 이유가 차간거리가 감소함에 따라 두 차량을 구별하지 못함으로 인해 생기는 문제라고 제시하였으며, 이를 해결하기 위해 영상검지기의 최적 설치 높이가 17m~20m로 제안했다.



[그림 19] 저속에서 차량 교합
(백남철 외, 2005)

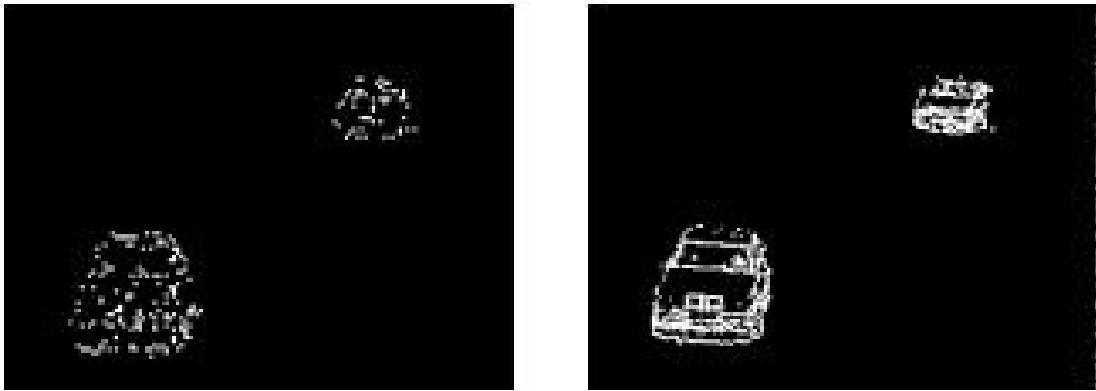


[그림 20] 영상검지기 설치 조건
(백남철 외, 2005)

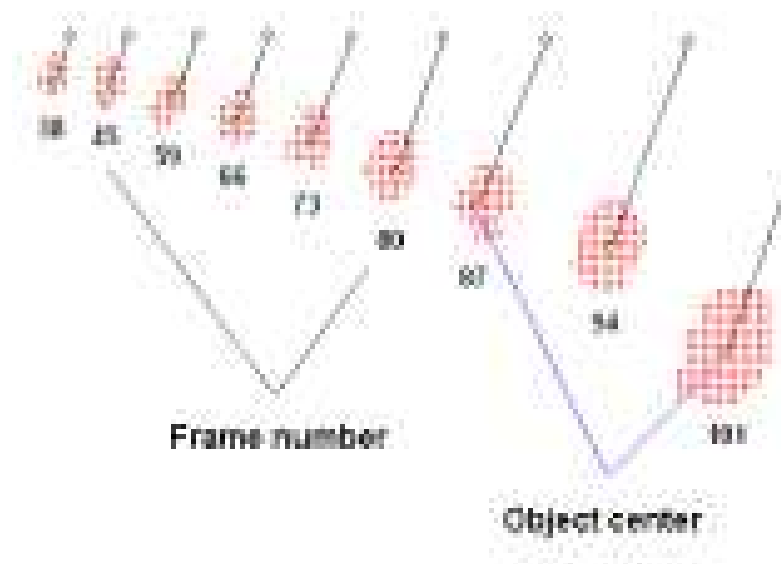
- E. Atkociunas 외 3명(2005)는 영상처리를 통하여 도로위의 차량을 검지하는 방법론에 대해 제시하였다. 원본 영상 내 차량의 검지를 위해 기존의 영상을 흑백으로 변환 한 뒤 움직이는 물체의 Edge의 추적을 통한 차량의 검지 방법을 제시하였다. 또한, 차량의 기본적인 크기와 모양을 활용하여 영상 내 원근감으로 인해 작게 표현되는 차량들의 검지 방법 또한 제시하였다. 이를 활용하여, 검지되는 차량의 크기 $N \times M$ 을 이용하여 물체의 크기가 변하는 시간에 따라 차량의 속도를 추적할 수 있는 방법을 제시하였다.



[그림 21] Masking 진행 단계(E. Atkociunas, 2005)



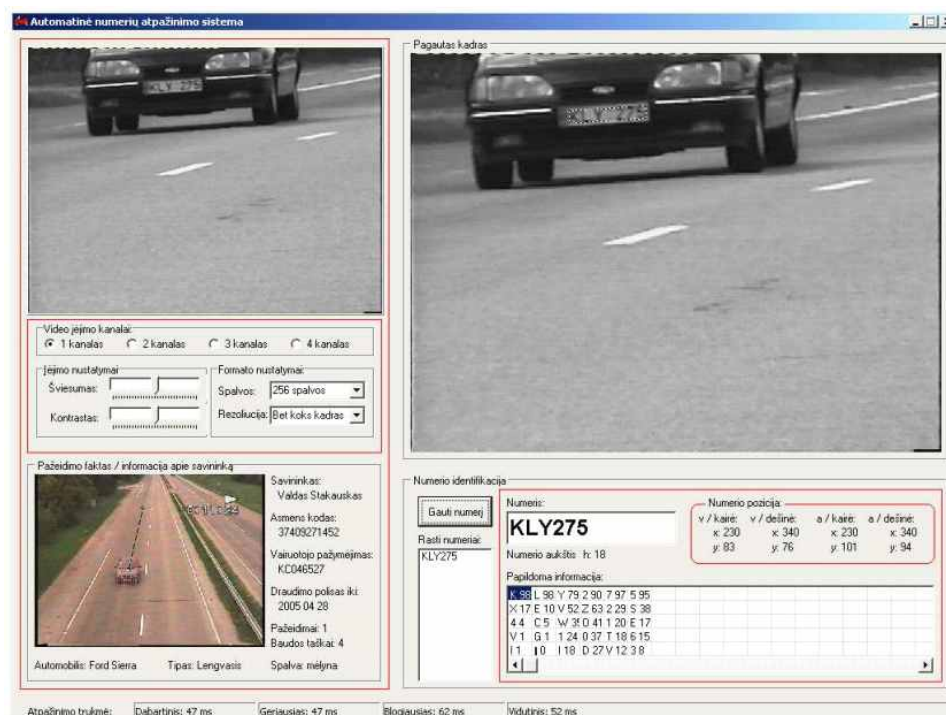
[그림 22] Edge 검출 단계 (E. Atkociunas, 2005)



[그림 23] 물체의 크기(면적)변화에 따른 차량 속도 산출 방법
(E. Atkociunas, 2005)



[그림 24] 물체의 크기(면적)변화에 따른 차량 속도 산출 방법
(E. Atkociunas, 2005)



[그림 25] 물체의 크기(면적)변화에 따른 차량 속도 산출 방법
(E. Atkociunas, 2005)

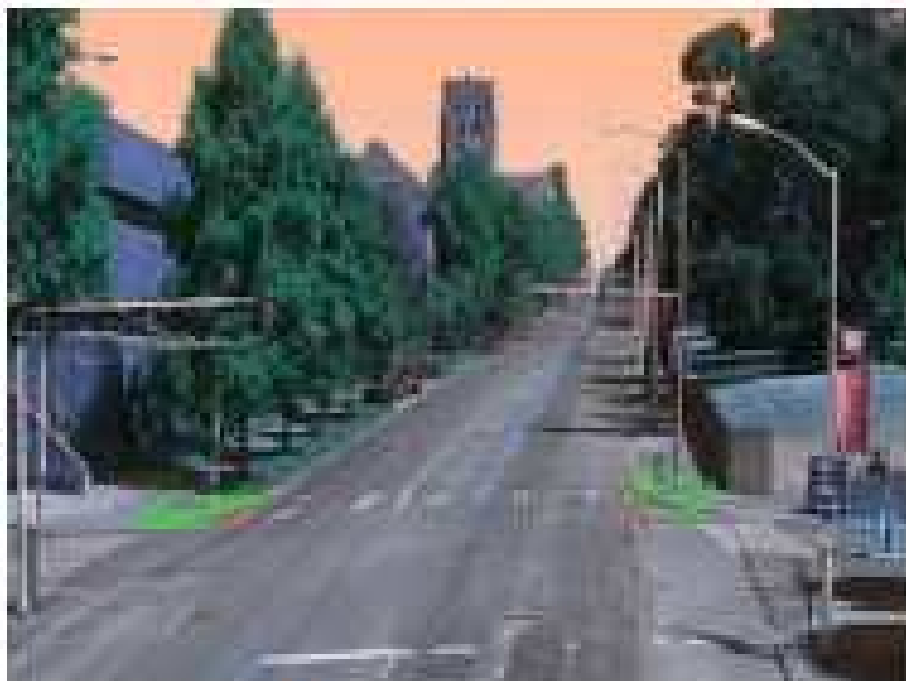
- Yegor Malinovskiy 외 2명(2008)는 영상처리를 이용하여 교차로 내 보행자를 추적하는 방법론에 대해 제시하였다. 이들은 Microsoft Visual C++을 이용하여 보행자를 검지하였으며 약 80%에 달하는 검지율을 달성했다.



[그림 26] 실험 환경 구출을 위한 가상 횡단보도 설치(Brooklyn AVE)
(Yegor Malinovskiy, 2008)



[그림 27] 실험 환경 구출을 위한 가상 횡단보도 설치(Brooklyn AVE)
(Yegor Malinovskiy, 2008)



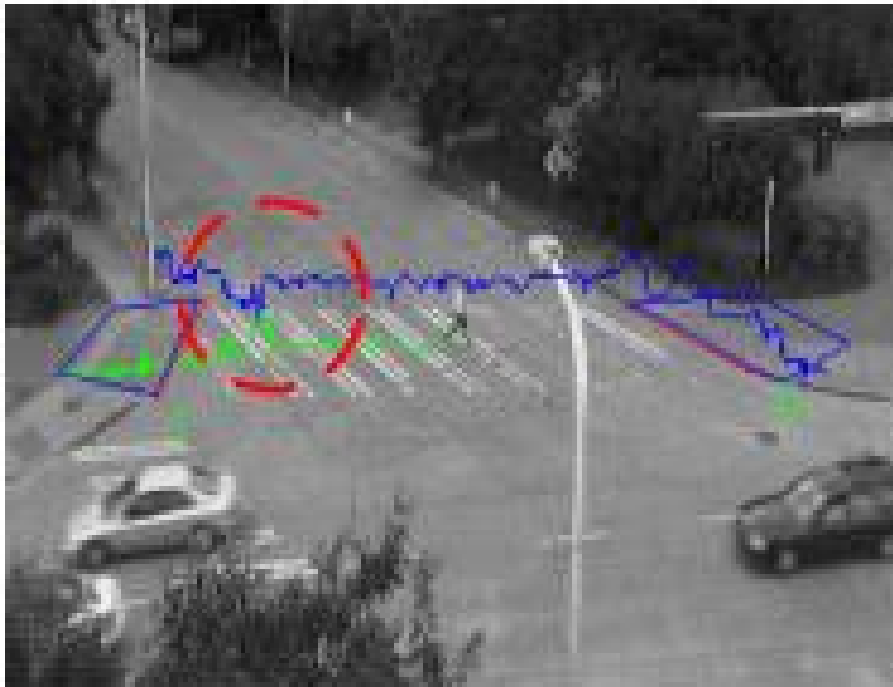
[그림 28] 실험 환경 구출을 위한 가상 횡단보도 설치(Brooklyn AVE)
(Yegor Malinovskiy, 2008)



[그림 29] 다양한 형태의 교합 예 (Yegor Malinovskiy, 2008)



[그림 30] 다양한 형태의 교합 예 (Yegor Malinovskiy, 2008)



[그림 31] 다양한 형태의 교합 예 (Yegor Malinovskiy, 2008)

- Hyden(1987)은 주행 시 발생하는 심각한 상충의 정점은 사고로 이어지고, 그 정점에는 사망과 중상 등 치명적인 사고가 위치한다는 연구 결과를 이끌어내며, 주행 중 발생하는 상충을 무방해 주행(Undisturbed Passages), 잠재적인 상충(Potential Conflicts), 가벼운 상충(Slight Conflict), 심각한 상충(Serious Conflict)의 4단계로 구분하는 연구를 수행하였다.



[그림 32] 운전자간 반응 피라미드(C. Hyden, 1987)

- 원동욱(2006)은 일반적으로 교차로의 안전도를 평가하기 위하여 개발하던 사고예측모형에 상충수를 독립변수로 고려한 연구를 수행하였다. 사고 이력 자료의 수집과 현장조사를 통하여 관련 기하구조를 수집하여 사고예측모형을 개발하는 기존의 일반적인 과정에 사고와 상충이 밀접한 관계를 가질 것이라는 판단 하에 교통상충기법에 의하여 조사된 상충수를 조사하고, 총교통량, 교차로면적, 횡단보도폭 등을 조사하여 각 변수들 간의 상관분석을 실시하였다. 이러한 변수들을 대상으로 중회귀분석을 실시하여 최종적으로 4지교차로에서의 사고위험도 예측 모형을 개발하였으며, 교통사고에 가장 밀접한 영향을 미치는 변수로 상충수가 선정되었다. 또한, 교통량 군집에 따른 상충수 변수의 적용효과를 평가하기 위하여 군집분석을 실시하여 사고위험도 예측모형을 구분하는 연구결과를 도출하였다.

조 건	변수 자료
교통 조건	교통량, 좌회전교통량, 우회전교통량, 교차로 부근의 버스정차활동, 교차로 부근의 노상주차활동
도로 조건	차로폭, 차로수, 보·차도 구분여부, 횡단보도 유무, 횡단보도 폭, 교차로 면적, 교차각, 교통섬유무, 좌·우회전 차로형태, 방향별 차로수 감소유무, 시거, 중앙분리시설 유무, U-turn 유무
교통 통제 조건	신호운영방식, 신호주기, 현시수, 현시 방식
기 타	지역(시가지, 비시가지), 주변토지이용(상업, 주거, 공업, 학교, 농경지, 기타)

[그림 33] 적용 변수 자료(원동욱, 2006)

- 김응철 외 3명(2007)은 교차로 내부에서의 좌회전 차량이 2차 포물선의 궤적을 따라 주행을 한다는 것을 가정으로 하여 대향 좌회전 상충에 관한 연구를 진행하였다.

현시 (phase)	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Cycle
						
시간(time)	31(4)	18(4)	35(4)	46(4)	40(4)	3분10초

[그림 34] 분석대상지역 현시운영상황(김응철, 2007)

$x_1 = 0.056(y - 18.24)^2 - 1.63$				$x_2 = 0.0636(y - 18.24)^2 - 4.63$			
$\overline{D1CP21}$:	7.14	$\overline{E1CP21}$:	42.95	$\overline{D1CP25}$:	7.93	$\overline{E1CP25}$:	42.08
$\overline{D1CP22}$:	13.07	$\overline{E2CP22}$:	37.83	$\overline{D1CP26}$:	14.48	$\overline{E2CP26}$:	36.27
$\overline{D1CP23}$:	18.17	$\overline{E3CP23}$:	33.72	$\overline{D1CP27}$:	20.03	$\overline{E3CP27}$:	31.60
$\overline{D1CP24}$:	22.49	$\overline{E4CP24}$:	30.61	$\overline{D1CP28}$:	24.67	$\overline{E4CP28}$:	28.07
$x_3 = 0.048(y - 18.24)^2 - 4.63$				$x_4 = 0.0537(y - 18.24)^2 - 4.63$			
$\overline{D2CP29}$:	13.18	$\overline{E1CP29}$:	37.71	$\overline{D2CP33}$:	14.41	$\overline{E1CP33}$:	36.31
$\overline{D2CP30}$:	18.49	$\overline{E2CP30}$:	33.32	$\overline{D2CP34}$:	20.17	$\overline{E2CP34}$:	31.40
$\overline{D2CP31}$:	23.13	$\overline{E3CP31}$:	30.00	$\overline{D2CP35}$:	25.13	$\overline{E3CP35}$:	27.45
$\overline{D2CP32}$:	27.14	$\overline{E4CP32}$:	27.14	$\overline{D2CP36}$:	29.36	$\overline{E4CP36}$:	24.48

[그림 35] Westbound 좌회전 차량의 예상주행궤적과 Conflict Point까지의 거리
(김응철, 2007)

$y_1 = 0.065(x - 20.47)^2 - 1.63$		$y_2 = 0.0734(x - 20.47)^2 - 4.63$		$y_3 = 0.0792(x - 20.47)^2 - 7.63$	
$\overline{ACP1}$: 7.73	$\overline{BCP1}$: 42.77	$\overline{ACP5}$: 8.67	$\overline{BCP5}$: 41.88	$\overline{ACP9}$: 9.16	$\overline{BCP9}$: 40.33
$\overline{ACP2}$: 14.08	$\overline{BCP2}$: 37.17	$\overline{ACP6}$: 15.66	$\overline{BCP6}$: 35.56	$\overline{ACP10}$: 16.62	$\overline{BCP10}$: 33.52
$\overline{ACP3}$: 19.41	$\overline{BCP3}$: 32.75	$\overline{ACP7}$: 21.49	$\overline{BCP7}$: 30.56	$\overline{ACP11}$: 22.79	$\overline{BCP11}$: 28.13
$\overline{ACP4}$: 23.85	$\overline{BCP4}$: 29.49	$\overline{ACP8}$: 26.24	$\overline{BCP8}$: 26.89	$\overline{ACP12}$: 27.76	$\overline{BCP12}$: 24.16

[그림 36] Westbound 좌회전 차량의 예상주행궤적과 Conflict Point까지의 거리
(김응철, 2007)

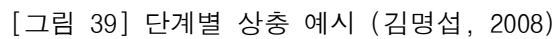
구분		상충심각도			소계	총계
		상	중	하		
Southbound left-turn		1	1	0	2	8
Westbound left-turn		0	1	5	6	

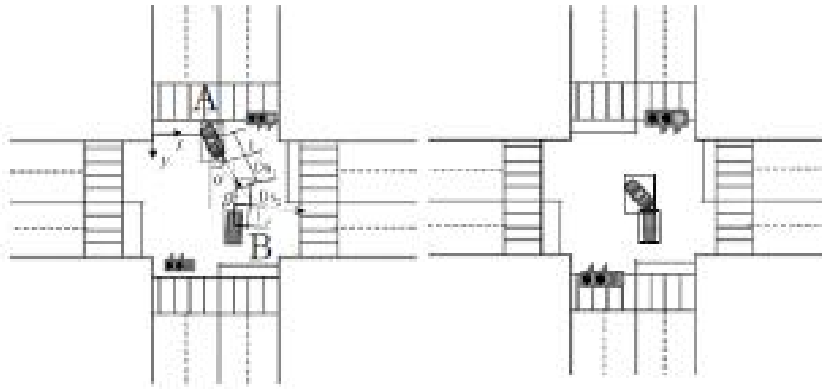
[그림 37] 영상분석을 통한 대향좌회전 상충판단 결과 (김응철, 2007)

- Glauz 외 1명(1985)는 사고와 상충과의 상관관계를 연구하였으며, 연구를 통하여 특정유형의 교통사고는 과거 사고자료에 의한 예측보다 교통상충에 의해 보다 정확하게 예측할 수 있으며, 사고예측을 위한 과거 교통사고자료가 부족할 경우 교통상충기법이 매우 유용한 대안으로 이용된다고 하였다.
- Parker 외 1명(1989)에 의하면, 상충조사는 조사원의 주관적인 판단이 중요한 부분을 차지하기 때문에 조사원을 교육시키는 것이 중요한 뿐 중의 하나이며, 따라서 교차로 교통상충조사 양식지를 제시하였다.
- 김명섭 외 3명(2008)은 신호교차로에서 발생할 수 있는 다양한 상충유형에 대한 기존연구를 영상처리를 통하여 자동으로 판단할 수 있는 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 대향좌회전, 교차교통 등에 관한 상충 판단기준을 정립하였고, 이를 각 단계별로 나누어 상충을 정의하였다. 각 frame내에서의 선행차량과 후행차량간의 이동거리와 속도를 반영하여 상충을 분석하였으며, 교차점의 형성여부를 이용하여 차량간의 상충을 분석하는 방법을 이용하였다.

C = Conflict SC = Secondary Conflict

[그림 38] 교차로 교통상충요사 양식지(Parker, 1989)





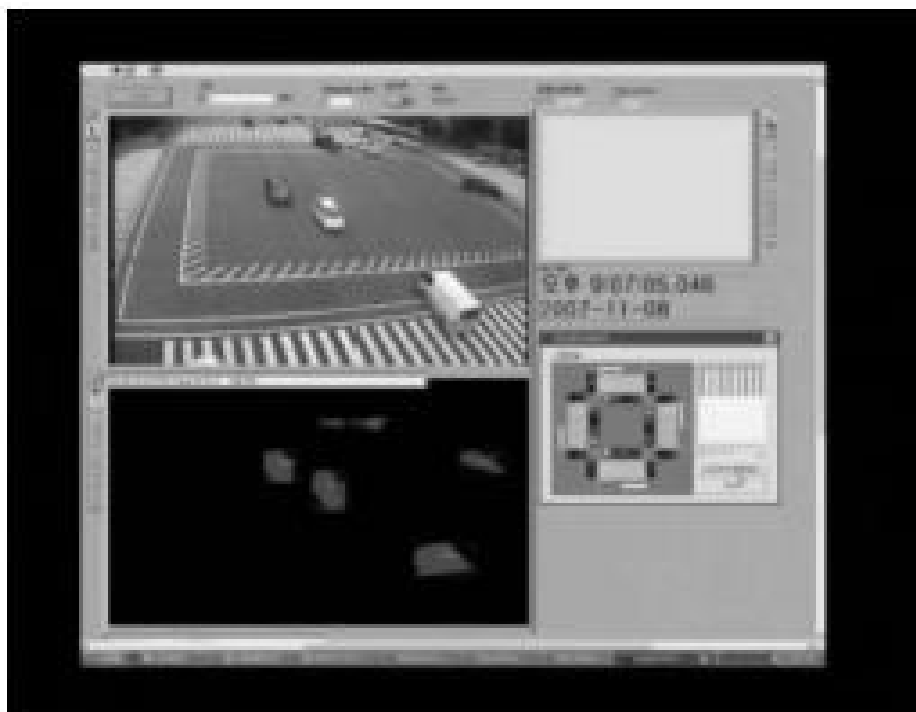
[그림 40] 단계별 상충 예시 (김명섭, 2008)



[그림 41] 교차로 촬영 영상 (김명섭, 2008)

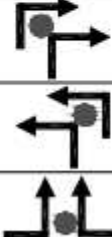


[그림 42] 교차로 촬영 영상 (김명섭, 2008)



[그림 43] 트래킹 화면 (김명섭, 2008)

- 한상욱 외 3명(2007)은 충주시 4지 신호교차로 143개 지점을 대상으로 사고의 유형에 따른 사고예측모형을도출하였으며, 종속변수인 사고심각도를 파산포 검정을 통하여 음이항 회귀모형을 적용하여 사고유형별 사고심각도 모델을 도출하였다.

구분	운전자 진행상태	유형	총사고 건수	비중(%)
유형1	정면충돌		60	5.9
유형2	후미추돌		308	30.3
유형3	나란히 접촉		17	1.6
유형4	측면직각		250	24.7
유형5	접촉사고		290	28.6
유형6	차로변경 접촉		77	7.5
유형7	기타	-	13	1.2
합계	-	-	1015	100

[그림 44] 종속변수의 유형 및 사고건수
(한상욱, 2007)

- Kara Maria Kockelman(2002)의 연구에서는 미국의 GES(General Estimates System)데이터를 이용하여 사고심각도에 영향을 미치는 요소를 분석하기 위해 사고 자료의 특성이 정규분포를 따른다는 가정 하에 순서형 프로빗 모형을 적용하였으며, 이 연구에서는 차량 단독사고, 차량 대 차량사고, 모든 사고형태에 대해 3가지 사고형태에 따라 분석을 실시하였다.
- 미연방도로국(FHWA)에서 개발된 도로안전성평가모델(IHSDM)의 사고예측모형에서는 사고 자료의 분포특성에 대한 검증이 없이 음이항 회귀모형을 적용하였으며, 교통량, 중차량 비율, 좌회전비율, 우회전 전용차로, 종단선형 구배, 교차각도, 도로 위험률 등이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

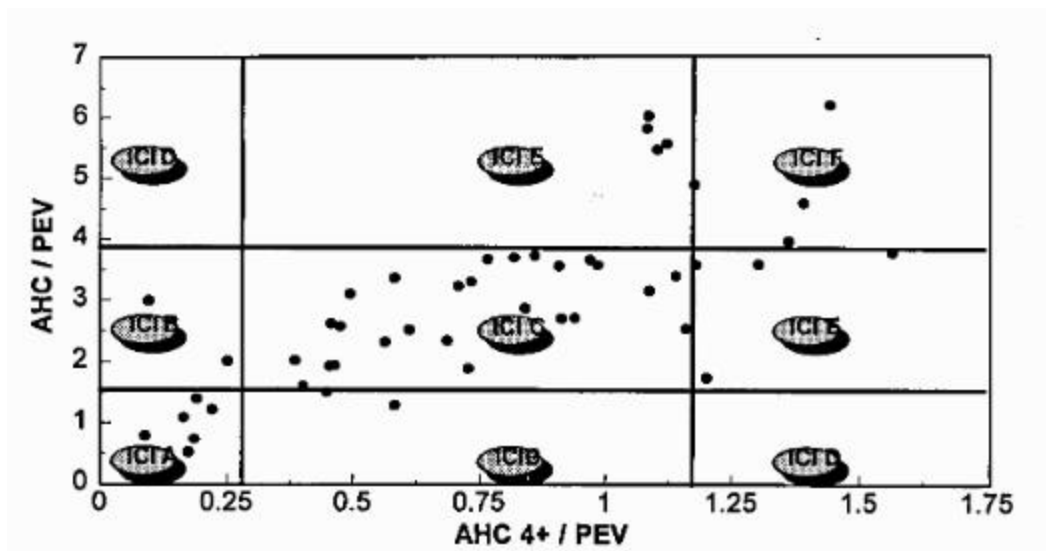
저자	내용
김지영 (2000)	영상처리부, 통신부, 결과처리부 3단계 세분화를 하여 연구를 진행하였으며, 정면처리영상과 측면처리영상에 관련하여 차량 번호 판 인식 방법을 제시함
백남철 (2005)	기준자료의 속도별 교통량, 속도, 점유율을 기반으로 차간거리별 영상검지기 설치 높이를 구분하여 속도별 최적의 영상검지 설치 높이를 제시함
E. Atkociunas (2005)	컴퓨터 비전을 활용한 차량 인식을 하여 차량의 크기를 인식하고 영상 내 차량의 크기변화에 따라 속도를 산출할 수 있는 방법론에 대해 제시함
Y. Malinovskiy (2008)	설치된 3개의 각각의 횡단보도 내에서의 검지되는 보행자의 횡단 시간과 대기시간을 분석하여 보행자 행태를 파악하고 이를 활용하여 신호시간등 개선책을 제시함
Christer Hyden (1987)	주행중 발생할 수 있는 상충을 4단계로 구분하고, 심각한 상충의 정점이 사고로 이어진다는 이론을 제시함. 또한, 심각한 상충의 정점에는 사망과 중상등의 부상정도가 있다고 세분화하였음
원동욱 (2006)	교통사고 조사원을 배치하여 상충을 분석하고, 교통상충과 교통사고의 상관관계를 분석하여, 독립변수 선정, 단순회귀모형의 개발하여 군집분석을 실시하였음. 이후, 집단별 사고예측모형을 개발하고 진단결과 R^2 값이 0.937로 높게 나타난다고 설명함
김응철 외 (2007)	좌회전 차량의 예상 주행궤적 곡선식을 $y_1 = k(x-a)^2 - b$ 의 식으로 제시하고, 상충예상지점의 좌표값과 거리로 상충의 심각도를 상, 중, 하 3단계로 구분함
Glaux 외 (1985)	교통량 및 상충과 사고의 관계를 통계적으로 분석을 하였으며, 심각도 및 예상사고발생률을 도출하는 방법을 통계학적인 기법으로 제시함
Parker 외 (1989)	교차로에서의 사고 발생 개연성을 상충에 있다는 전제하에 있지만 그 방법이나 판단이 조사자에 따라 달라진다는 문제점을 착안하여, 방향별 상충을 조사할 때 필요한 부분을 체크하고 이를 활용하여 교통상충을 정의 할 수 있는 새로운 양식을 제공함.
김명섭 외 (2008)	신호위반시 발생하는 상충과, 조사자의 주관이 배제된 영상처리를 활용한 방법으로 미소시간단위의 Microscopic한 분석을 하였기에 신뢰도가 향상된 상충과 사고발생 개연성에 대한 도출방안을 제시함
한상욱 외 (2007)	변수들간 상관관계, 다중공선성을 분석하고, 과산포 검정을 통해 충돌의 EPD0에 대해 검정을 통한 4지 신호교차로 교통사고 모형을 음이항 회귀모형을 개발함
K.M.Kockelman (2002)	순서형 프로빗 모형을 이용해 차량 단독사고, 차량 대 차량사고, 모든 사고형태에 대해 3가지 사고형태에 따라 분석을 실시함

[표 4] 영상인식 및 교통상충 연구 내용정리

- 본 절에서 검토한 문헌 고찰 결과를 바탕으로, 교차로 내 차량 및 보행자의 검지 분석방법을 본 연구에 적용하였다. 교차로에서 발생하는 상충의 유형을 합류상충, 분류상충, 교차상충으로 구분하고, 이 중 동일방향에서 발생하는 분류상충을 제외한, 합류상충과 교차상충을 대상으로 분석하였다. 특히, Malinovskiy의 연구 및 Atkociunas의 연구결과를 적용하여 교차로 내 상충이 발생하는 지점 및 영상검지를 통해 분석 할 대상을 규명하고 검지영역 설정에 활용하였는데, 본 연구에서는 상충발생지점은 교차로 내로 한정하고, 분석 대상은 차량과 차량의 상충을 분석하는 경우에는 영상검지 개체 인식 단위면적을 소형 승용차 크기로 파라미터 값을 설정하였고, 보행자와 차량의 상충을 분석하는 경우에는 보다 작은 영상검지 개체 인식 단위면적을 적용하여 분석하였다.

제2절. 영상처리를 적용한 교통관련 문헌 고찰

- Tarek Sayed 외 1명(1999)은 교차로에서 교통상충에 표준에 대해 연구하였다. 이 논문에서는 교차로에서 교통 안전성을 평가하기 위한 교통 충돌기법의 적용에 대해 설명하였다. 교차로에서의 충돌과 관련된 상대적 위험에 관한 표시를 제공하기 위하여 새로운 교차 충돌 지수(ICI)를 개발하여 제시하였다.



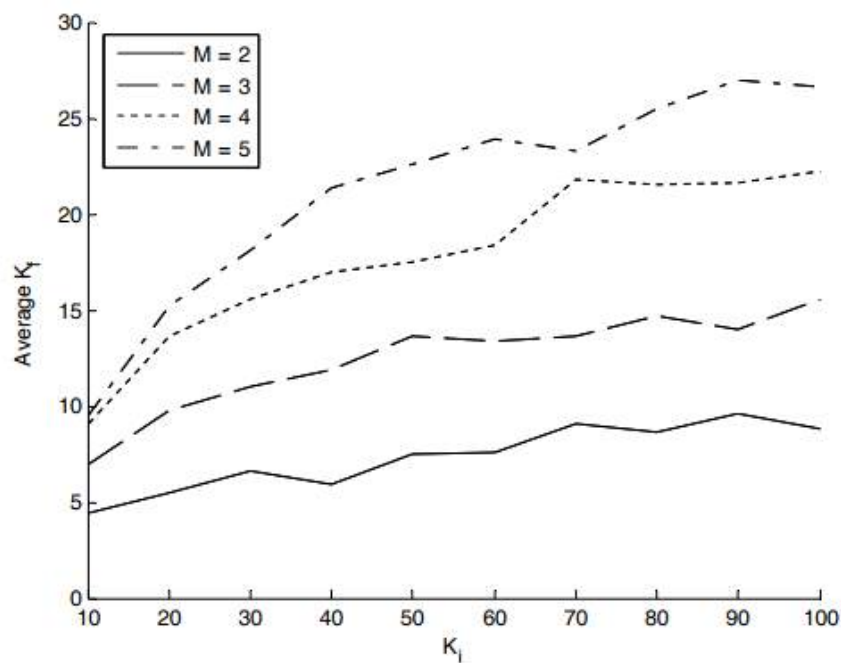
[그림 45] 교차 충돌 지수(ICI)의 예 (Tarek Sayed, 1999)

- Tarek Sayed 외 1명(2006)은 교차로에 있는 차량에 대한 특징을 추적하는 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 이전 대부분의 연구는 주로 고속도로의 차량 추적을 많이 수행한 반면 이 연구에서는 교차로로 진입하는 차량들의 특징을 추적하는 알고리즘을 연구하였다. 기존 연구는 차량의 교차로 진입 시점부터 진출시점까지의 모든 움직임을 추적하지 못하였지만, 이 연구에서는 그러한 단점을 보완하고 새로운 알고리즘을 연구하는데 집중하였다.



[그림 46] 교차로 내 검지 차량 궤적 (Tarek Sayed, 2006)

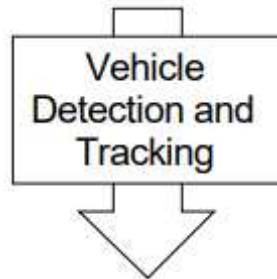
- Tarek Sayed 외 1명(2007)은 비디오 데이터를 이용한 도로 안전의 자동화에 관해 연구하였다. 상충데이터가 가공이 되면서 왜곡이 될 수 있다는 것에 착안해 비디오 센서를 사용하여 도로 안전을 자동으로 분석하는 방법을 개발하는 연구를 수행하였다. 특정한 차량추적 알고리즘과 차량 궤적의 클러스터링에 기반한 교통충돌 검출방법 등을 이용하며, Markov모델과 K-means를 사용하여 자동적으로 클러스터의 수를 찾아내게 되는 방법을 연구하였다.



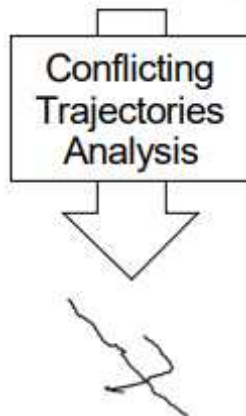
[그림 47] Markov모델과 K-means를 사용한 클러스터 수 도출 (Tarek Sayed, 2007)



Sequence of frames (images)



Reconstituted vehicle trajectories

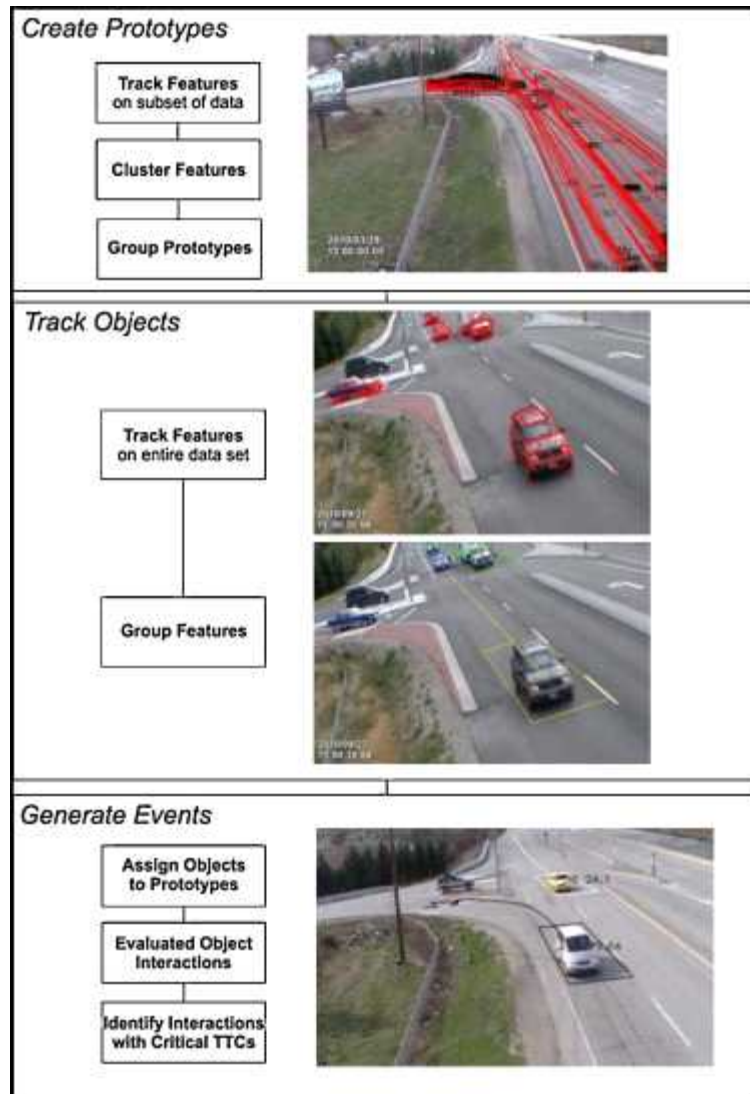


Detected traffic conflicts (or sequences containing them)

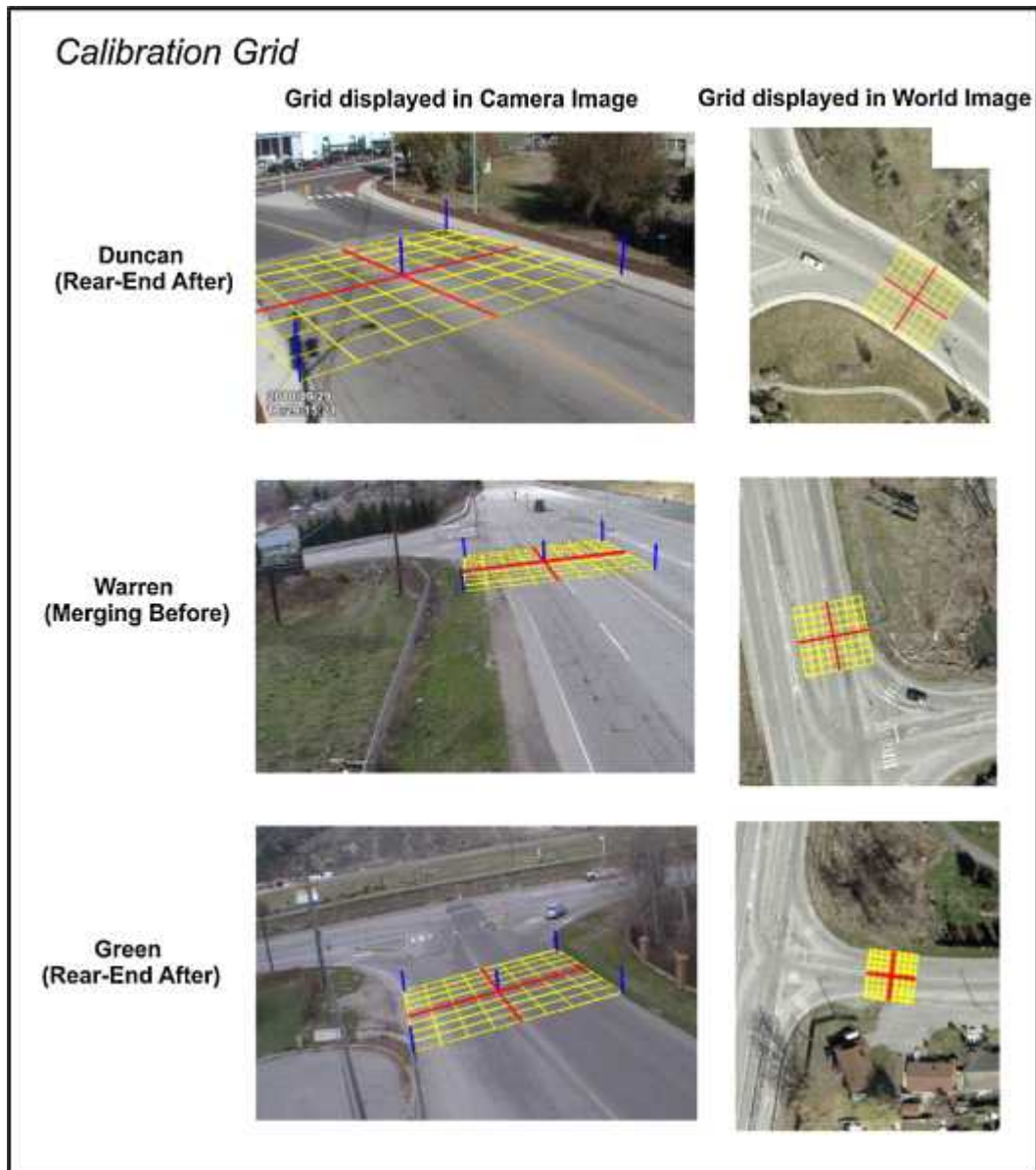


[그림 48] 상충 검지 수행 과정
(Tarek Sayed, 2007)

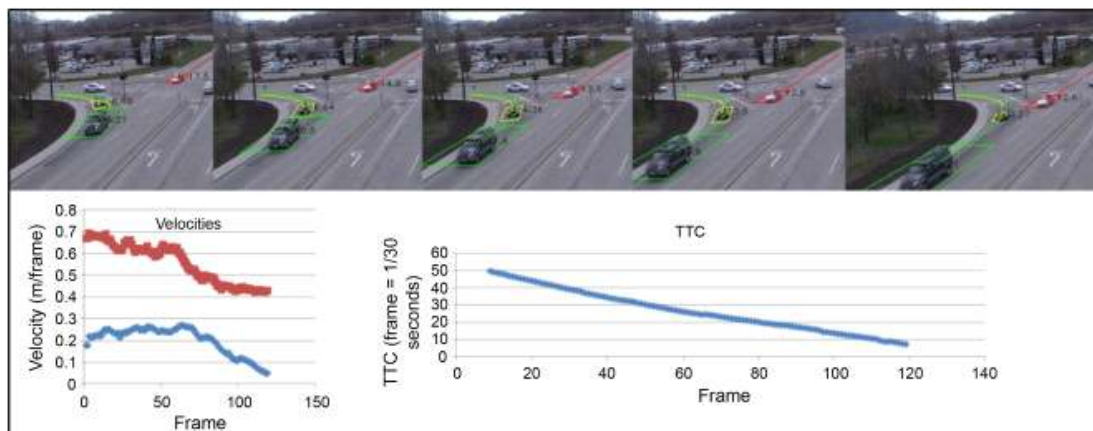
- Tarek Sayed 외 2명 (2012)은 자동 교통 상충분석을 이용한 우회전 스마트채널의 안전성 평가를 실시하였다. “스마트 채널” 이라고 우회전의 각도를 약 70° 감소시키는 새로운 도로 디자인으로, 이를 비디오 기반 자동화 상충 프로그램을 이용하여 분석하였다. TTC를 이용하여 상충 빈도의 수를 현황과 기존사례와 비교하여 대조하였으며, 상충 횟수 및 사고 심각도 분포가 줄어든다는 결론을 나타냈다.



[그림 49] 스마트 채널 차량 검지 과정(Tarek Sayed, 2012)

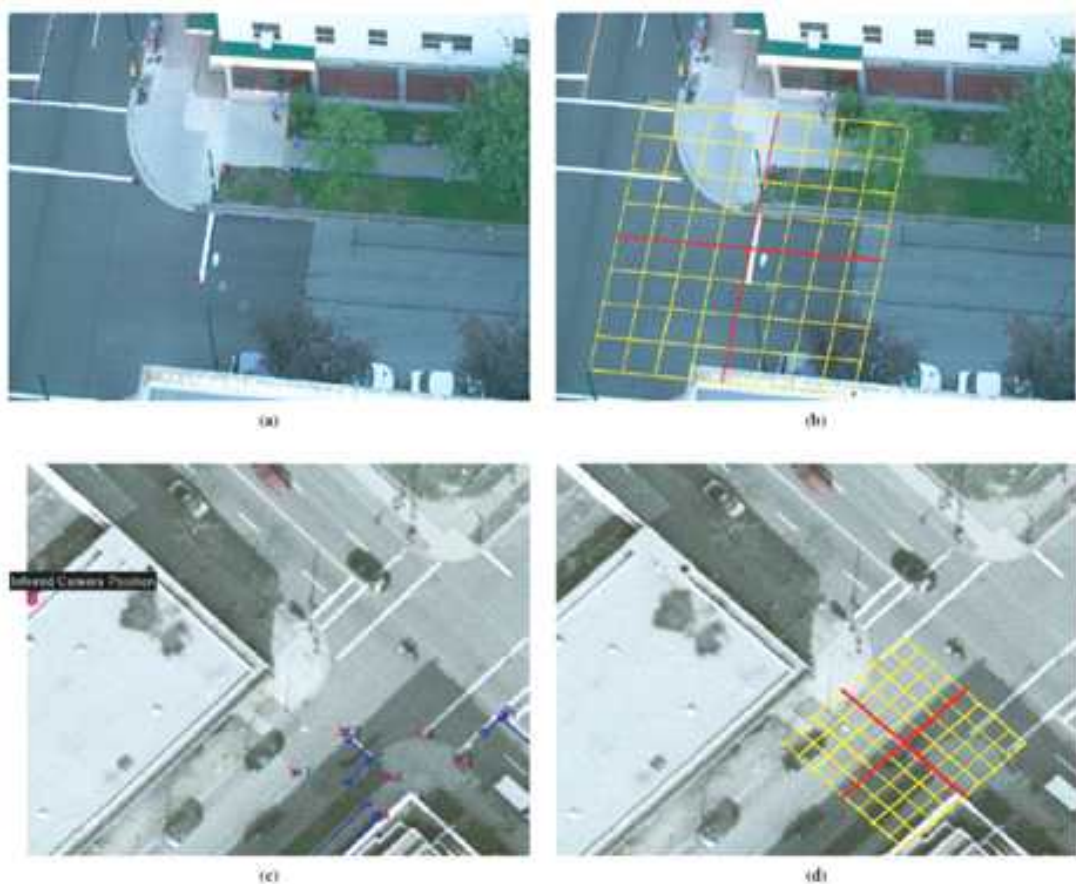


[그림 50] 검지 범위 설정(Calibration Grid 방식)(Tarek Sayed, 2012)

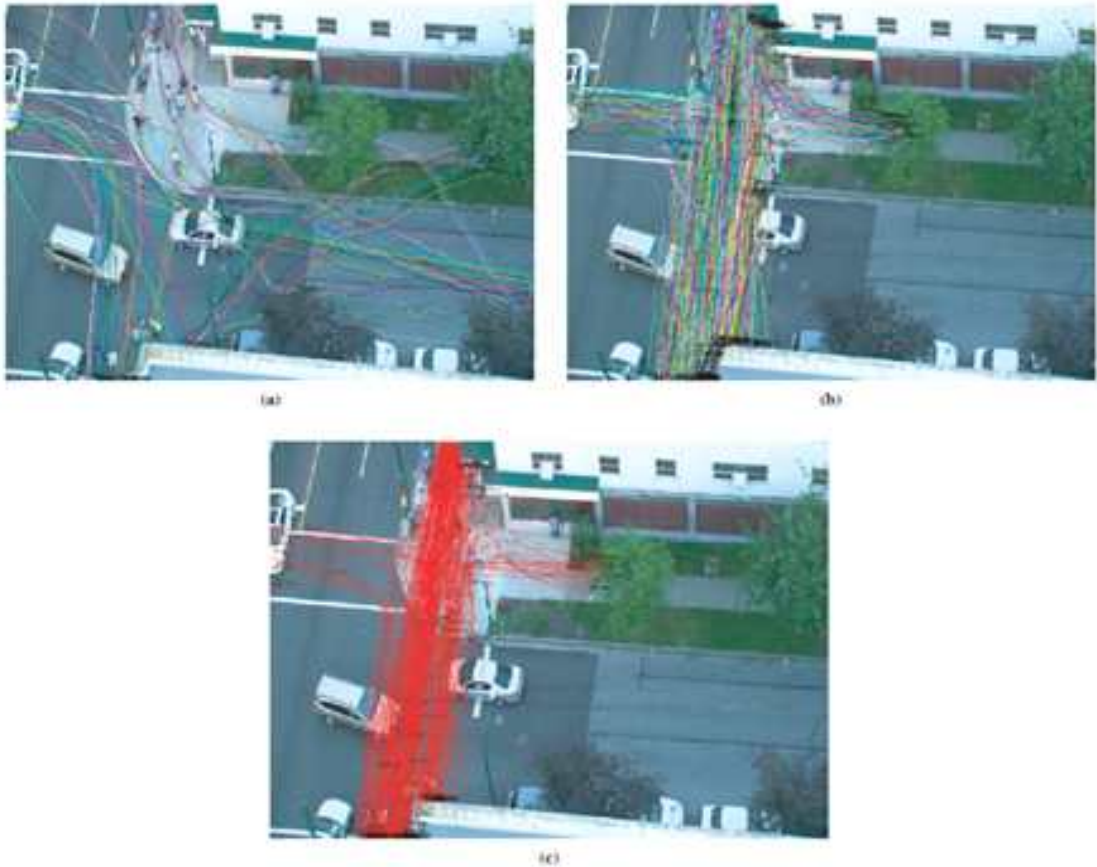


[그림 51] 결과값으로 도출한 차량의 TTC (Tarek Sayed, 2012)

- Tarek Sayed 외 3명(2012)은 도로상의 영상자료를 활용하여 보행자의 보행 행태에 관한 연구를 수행하였다. 주로 보행자의 횡단보도 위반에 관하여 분석하였으며, 횡단보도가 아닌 곳에서의 횡단, 보행자 신호가 켜지지 않은 상태의 횡단 등에 관해 분석하였다. 이를 분석하기 위하여 보행자 표준 트랙과 스크린라인을 활용하여 보행자의 위반을 검출하였으며, 보행자의 시·공간적 위반을 검출하였다.

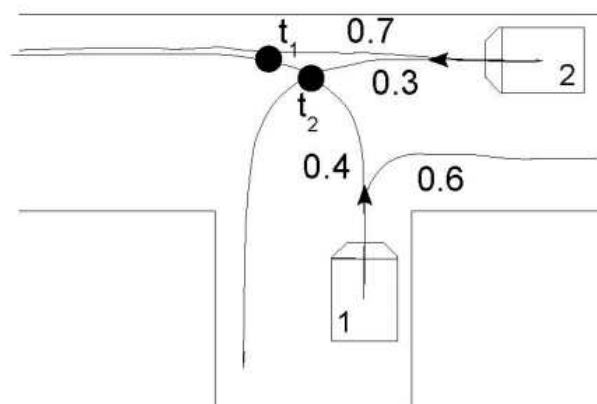


[그림 52] 검지 구역 Calibration (Tarek Sayed, 2012)

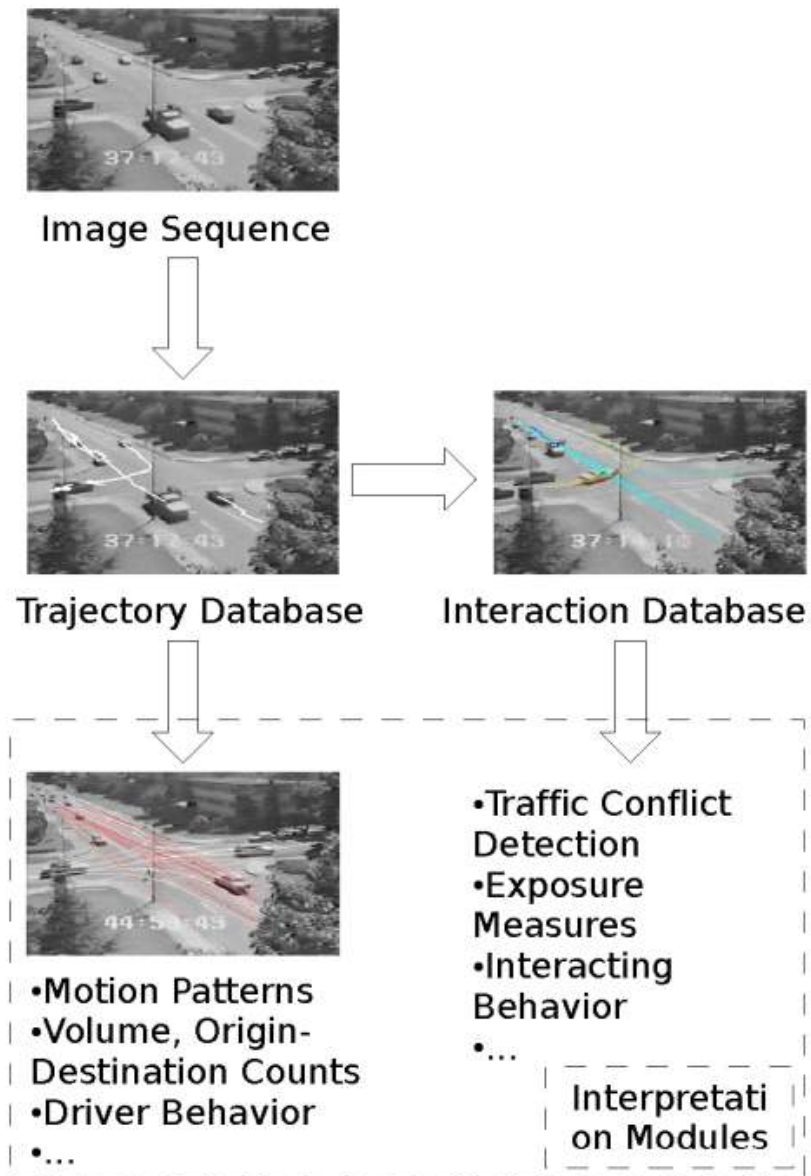


[그림 53] 규정 위반 여부에 따른 보행자 궤적 및 전체궤적 (Tarek Sayed, 2012)

- Nicolas Saunier 외 2명(2007)은 비전 기반의 자동화 도로 안전 분석을 위한 상충 예측을 연구하였다. 상호 작용하는 두 도로의 사용자들을 활용하여 충돌 확률을 계산하다. 충돌에 관여할 확률을 결정하기 위해 움직임 패턴을 이용하고, 프로토 타입 궤적을 모션 패턴으로 학습하기 위한 증분알고리즘을 제시하였다.

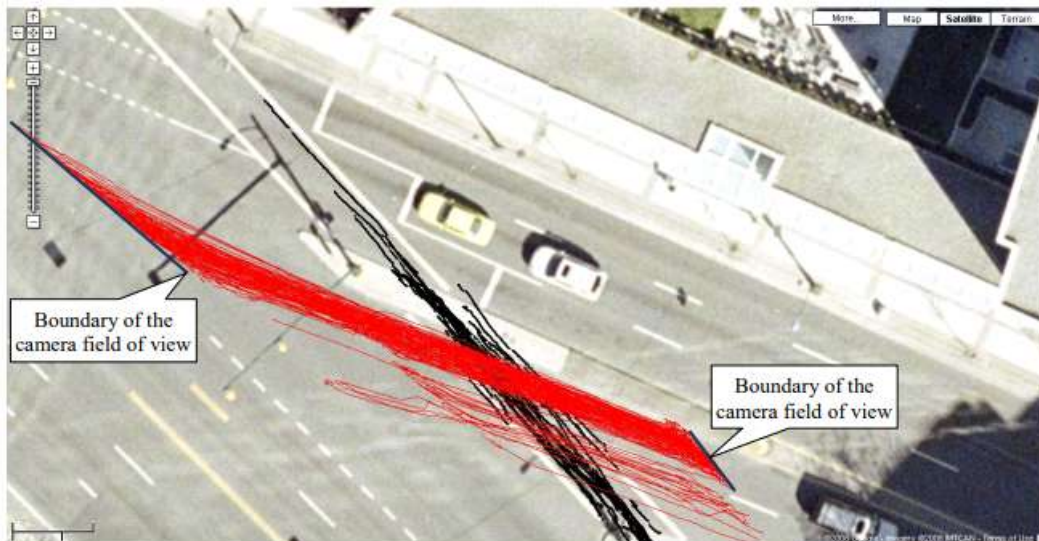


[그림 54] 교통상충 평가 지표 (Nicolas Saunier, 2007)



[그림 55] 검지 연구 흐름도 (Nicolas Saunier, 2007)

- Nicolas Saunier 외 3명(2009)은 도로에서의 차량과 보행자를 추적 감지하는 연구를 진행하였다. 20시간의 녹화를 거친 데이터(7000대의 차량, 2100명의 보행자)를 활용하여 도로 사용자를 추적 및 감지하여 자동으로 차량과 보행자로 분류하는 연구를 하였으며, 이 중 충돌로 이어질 수 있는 중요한 이벤트를 따로 구분하였다. 이를 여러 심각도로 구분하여 TTC를 활용한 충돌 가능성 계산방식을 제시하였다.

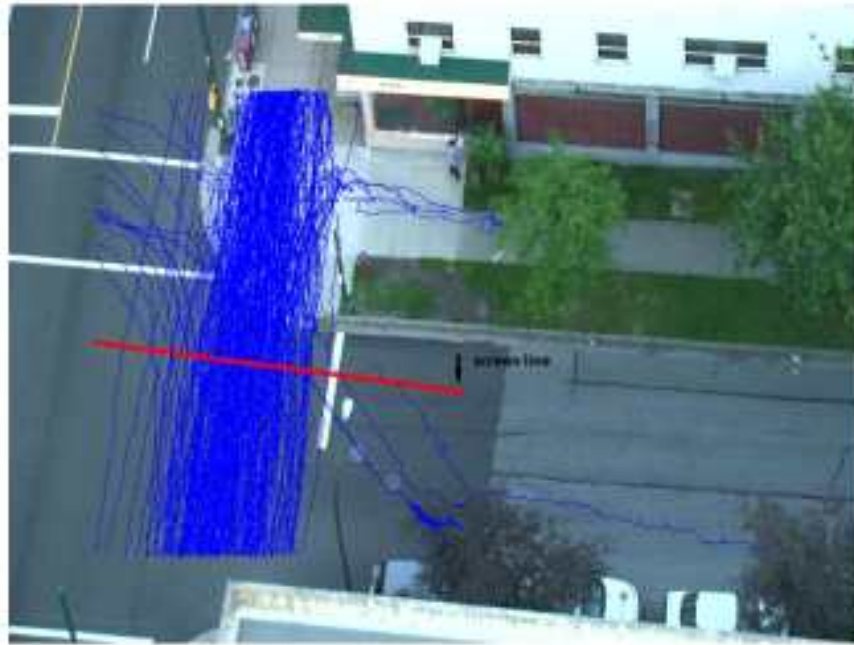


[그림 56] 카메라 시야 경계 부분 (Nicolas Saunier, 2009)

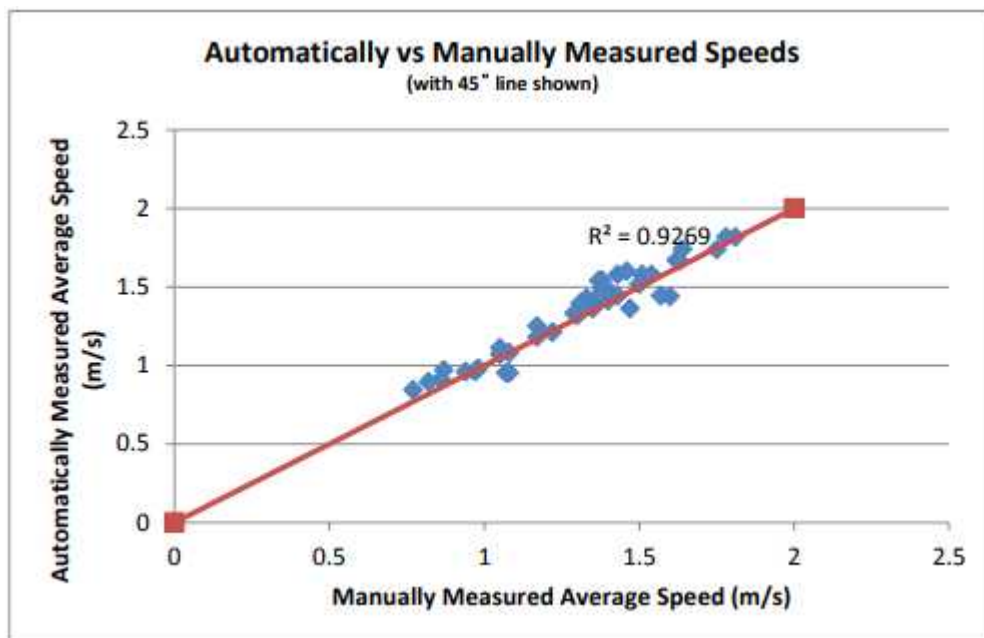


[그림 57] 차량 및 보행자 검지 궤적 (Nicolas Saunier, 2009)

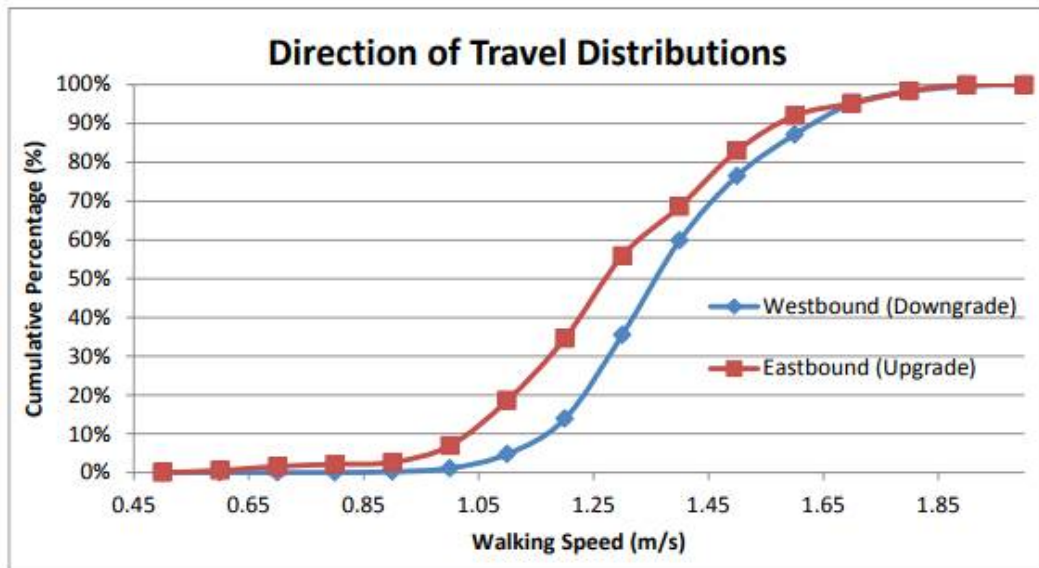
- Nicolas Saunier 외 6명(2012)은 컴퓨터 비전 기법을 이용한 보행자 데이터의 자동 수집에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 보행자 수 측정, 추적 및 보행속도 측정을 포함하여 여러 가지 응용 프로그램을 통해 보행자 데이터의 자동수집을 위해 컴퓨터 비전 기술을 사용하는 방법에 대해 설명하였다. 효율적인 보행자 추적 알고리즘인 MMTrack을 사용하였으며, 연구결과로는 R^2 값 0.9269를 나타내며 평균 5%의 오류를 나타내었다.



[그림 58] 수집된 보행자 데이터의 시각화 (Nicolas Saunier, 2012)

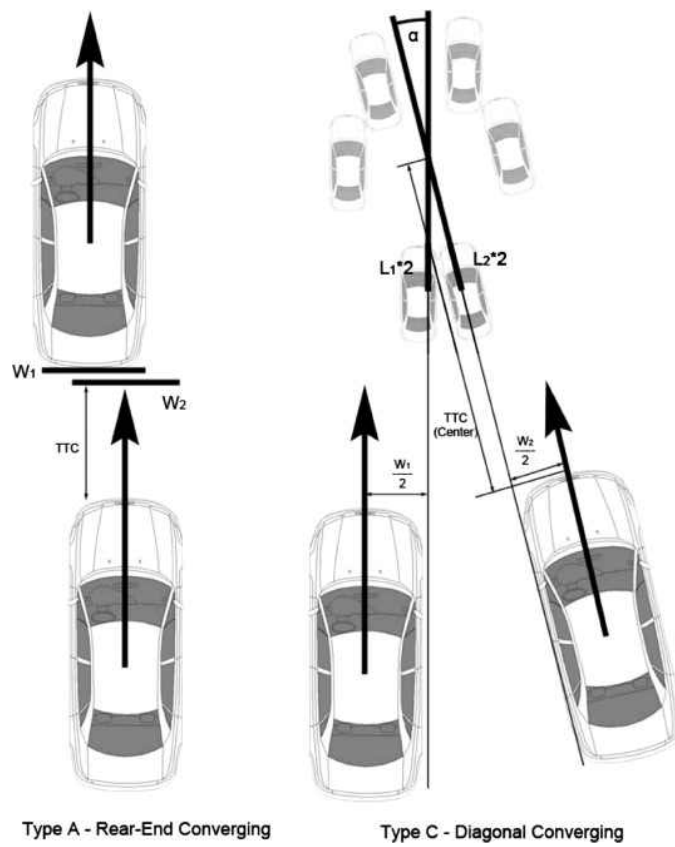


[그림 59] 자동 및 수동 속도 측정의 상관관계 (Nicolas Saunier, 2012)

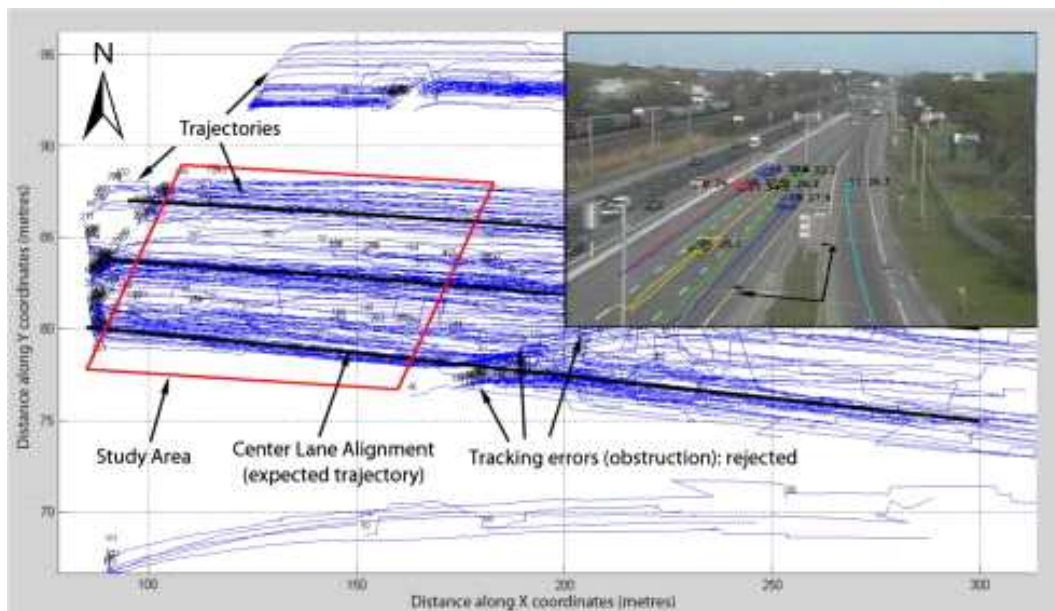


[그림 60] 이동방향의 분포 (Nicolas Saunier, 2012)

- Nicolas Saunier 외 2명(2012)은 고속도로 램프구간에서 기존의 데이터와 비디오를 활용하여 수집한 결과와의 안전도 비교, 분석에 관한 연구를 수행하였다. 이 분석에서는 비디오 데이터를 활용하여 자동화된 궤도 수집을 기반으로 분석이 진행되었으며, 모션 예측, 잠재적 충돌 감지 및 상호 작용 측정 분석을 활용하여 결과를 도출하였으며, 주로 후미추돌에 관한 연구를 수행하였다. 결과는 기존에 축적된 데이터와, 새롭게 생성된 데이터의 관계에서는 밀접한 상호작용관계를 나타냈다.
- Nicolas Saunier 외 2명(2015)은 비디오 데이터를 활용하여 보행자와 자전거 교통량이 많은 교차로에서 보행자, 차량, 자전거를 자동적으로 분류하는 연구를 사용하였다. 이 연구에서 사용된 중점적인 기술은 기계의 반복학습을 활용한 Machine Learning 기술이며, 추적한 정보의 객체 모양 및 속도정보 등을 활용하여, 88% 이상의 높은 분류 정확도를 나타냈다.



[그림 61] 차량 상충의 정의
(Nicolas Saunier, 2012)



[그림 62] 데이터 수집 및 분석 과정 (Nicolas Saunier, 2012)



Figure 2. Sample of extracted road user images used for training and testing

[그림 63] Machine Learning을 위한 이미지 인식 샘플 (Nicolas Saunier, 2015)

저자	내용
Tarek Sayed (1999)	교차로에서의 교통상충을 이용하여 교차로 안전도 평가지수를 정성적 방법에서 정량적으로 평가할 수 있는 교차충돌지수(IC1)를 제시함
Tarek Sayed (2006)	기존 연구에서는 고속도로 기반의 추적이 많고, 교차로 내 차량의 검지는 대부분 차량의 생성부터 소멸까지의 단계가 불명확한 점에 초점을 두고, 교차로 내부로 진입하는 차량의 특징을 추적하는 알고리즘을 제시함.
Tarek Sayed (2007)	영상 내 차량을 찾고, 이를 검지하여 추적하는 과정을 거쳐 궤적을 시각화 함. 이후 단계에서 각 차량의 궤적 간 교차점을 파악하여 상충 여부를 파악하는 방법을 제시함
Tarek Sayed (2012)	우회전 Bay에서의 상충 여부 파악을 비디오를 통해 자동적으로 파악을 하고, TTC를 이용한 상충빈도수를 파악해 우회전 스마트 채널의 안전성을 평가함

Tarek Sayed (2012)	검지구역 Calibration과 기존의 보행자 표준행태 데이터를 활용하여, 검지구간 내 시·공간적 보행자 행태 위반을 신호시간의 연동을 함께 이용하여 파악할 수 있는 방법을 제시함.
Nicolas Saunier (2007)	차량의 교차로 내 이동궤적과 교차로 데이터를 바탕으로 교통량, 이동 패턴, 상충 등을 이용하여 증분 알고리즘을 제시함
Nicolas Saunier (2009)	도로 사용자를 추적 및 감지하여 자동으로 차량과 보행자로 분류하고, 보행자와 차량의 충돌 가능성을 이동궤적에 기반한 TTC를 활용하여 도출함
Nicolas Saunier (2012)	보행자의 특성을 파악하기 위하여, 보행자의 이동 속도, 방향 및 패턴을 영상인식을 통한 데이터를 활용하여 보행자 특성의 자동 파악 방법을 제시함
Nicolas Saunier (2012)	고속도로 램프구간 합류부분의 시간별 충돌가능성을 도출하고 실제 데이터와 영상을 비교 분석함,
Nicolas Saunier (2015)	영상인식을 위한 차량, 보행자 및 자전거 등의 검지를 위해 Machine Learning 기술을 적용하여 검지하였으며, 이를 위해 다양한 샘플을 적용하여 검지에 성공함

[표 5] 영상인식을 통한 교통상충 관련 연구 내용 정리

- 본 절에서 검토한 문헌 고찰 결과를 바탕으로, 영상검지로 획득한 상충자료를 통해 교차로 안전성을 평가하는 연구방법을 본 연구에 적용하였다. Tarek Sayed 및 Nicolas Saunier의 연구방법론 및 연구결과를 참조하여 교통 신호와 상충의 상관관계를 비교분석하는 연구방법론을 설정하였는데, 전체의 연구 흐름도를 그림으로 표현하면, 다음 그림과 같다.



[그림 64] 전체 연구 흐름도

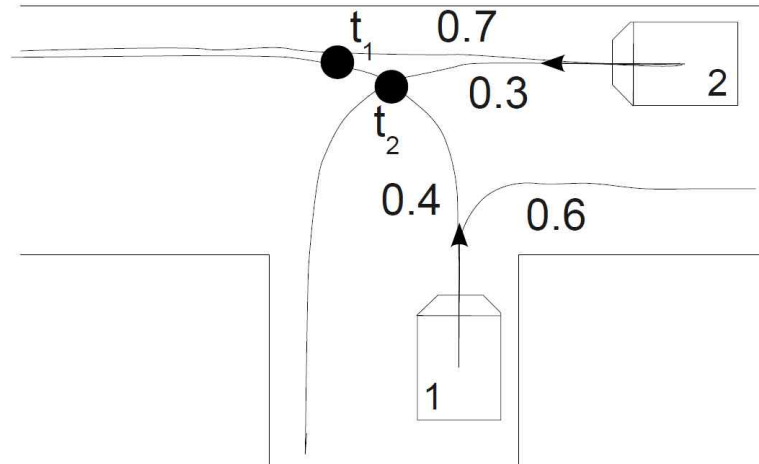
제3절. 국내외의 기술 개발 현황

- 최근 국내에서는 2006년부터 2011년까지 국가교통핵심기술사업의 일환으로 시행된 안전지향형 교통환경개선 기술개발 사업에서는 실시한 교통안전 감시시스템 기술을 개발하였다.
- 사고 및 상충으로 인한 교통 영향을 실시간으로 검지하여 도로 이용자에게 사고 영향 정보를 제공함으로써 2차 교통사고 발생을 예방함과 동시에 교통 사고 영향을 최소화하는 교통관리방안을 도출함으로써 안전지향형 교통관리 및 정보제공 시스템을 개발하는데 최종 목적이 있었다.
- 도로에서의 사고 및 돌발 상황을 자동 검지하고 신속하게 대응할 수 있는 교통안전 감시 통합 시스템 구현을 목표로 하였다.
- 사고검지 기술과 관련하여 기존 검지영역 설정만으로 교통정보를 수집하던 방식과 달리 개별차량 트래킹 기술을 개발하여 교통흐름을 파악하고, 사고 및 돌발 상황을 실시간으로 감지하는 시스템을 개발하여 교통류 패턴별 교통 상황을 분석하였다.
- 도로위의 모든 차량들은 차량추종 및 차로변경 등의 상호작용을 가지고, 끊임없이 상충을 발생시키며 주행하는데, 이런 상호작용으로 인한 상충과 교통사고와의 연관성을 입증하고, 개별차량의 주행궤적을 모니터링하고 차량 추종 이벤트와 차로변경 이벤트 진행 중의 차량 간 상호작용의 안전성을 평가하고 분석하였다.

- Pattern별 교통상황을 추정하여 예측된 사고 Impact Area 정보를 바탕으로 교통사고 상황에 대한 정보(통행시간, 대기행렬)를 운전자와 운영자에게 제공하여, 운전자의 통행시간을 최소화시킴으로써 전반적으로 전체적인 네트워크 효율을 높여 사회비용의 절감하였다.
- 지점교통정보만을 수집할 수 있는 기존 영상검지기의 기능상의 한계를 넘어 지점 및 구간교통정보수집이 가능한 안전지향형 Hybrid 영상검지기를 개발하였다.
- 개별차량 트래킹 기술을 개발하여 교통흐름을 파악하고, 실시간으로 사고 및 돌발 상황을 검지하는 시스템을 개발하여 전반적인 도로상황의 정보를 운전자에게 제공함으로써 사고위험을 미연에 방지할 수 있는 영상처리기술을 기반으로 하는 안전지향형 실시간 모니터링 및 대응시스템을 구축과 같은 연구를 수행하였다.
- 교차로 감시시스템 : 출원번호 10-2006-0072463(2006. 10. 27) - 교차로에 설치된 신호등의 신호를 제어하는 교통신호 제어기와 교차로상의 소정영역을 촬영하는 촬영 장치를 교통신호체계와 연동하여 촬영영역을 설정하여 촬영하도록 하고, 촬영된 영상을 교통신호 제어기의 신호와 합성하는 제어부 및 합성된 신호가 저장되는 메모리를 포함하는 것을 특징으로 하는 교차로 감시시스템이 개시된다. 개시된 교차로 감시시스템에 의하면, 교통신호에 연계하여 교차로의 교통상황을 촬영한 영상을 신호데이터와 합성하여 실시간으로 촬영 및 저장할 수 있다.
- 영상검지기 제어방법 : 출원번호 10-2001-0072463 (2001.11.20.) - 도로에 설치되어 교통정보를 검지하는 영상검지기의 카메라를 CCTV의 기능으로 사용가능하게 하기 위해 움직인 후 다시 교통정보를 검지할 때 차선의 위치변화를 이용하여 카메라의 팬각도와 틸트 각도를 보정하고 이에 따른 검지영역의 좌표를 갱신함으로써 정확한 교통정보를 검지할 수 있도록 하였다.
- 영상검지기를 이용한 교통정보시스템 및 그 방법 : 출원번호 10-2001-0055189 (2001.09.07.) - 도로상의 차선별 이동차량을 촬영하여 디지털 영상데이터를 실시간으로 송출하는 하나 이상의 영상입력기; 다수개의 교통신호기와 유선으로 연결되어 교통신호기를 제어하는 하나 이상의 교통제어기; 영상입력기 및 교통제어기와 유선으로 연결되어 있으며, 영상입력기로부터 입력된 디지털 영상 데이터를 압축하고 디지털 영상 데이터를 영상처리 하여 분석하며 분석된 영상 데이터에 의하여 이동차량의 수, 속도 및

차간거리를 포함하는 차선별 차량정보를 추출하여 압축된 디지털 영상 데이터 및 차선별 차량정보를 무선전송하고 교통신호기 제어신호를 무선전송 받아 교통제어기로 전달하는 하나 이상의 영상검지기; 다수의 영상검지기로부터 영상 데이터 및 차선별 차량정보를 무선전송 받고, 차선별 차량정보를 통합 분석하여 영상검지기가 설치된 지역들 간 연결구간을 포함하는 도로 전구간의 차선별 및 도로별 교통량, 이동차량의 평균속도 및 도로 점유율을 계산하고 통계 처리하여 교통상황정보를 생성하며, 영상 데이터 및 교통상황 정보를 클라이언트에게 제공하고, 교통상황정보에 상응하는 교통신호기 제어신호를 생성하여 영상검지기로 무선 전송하는 교통정보분석기를 포함한다.

- 본 특허에 의하면, 일정 프레임수의 영상데이터를 분석하여 이동차량의 수, 속도, 차간거리를 포함하는 차선별 차량정보, 교차로의 지역교통정보 및 도로 전구간의 교통상황정보 및 교통위반정보를 생성하고 교통상황정보에 의한 제어신호를 교통제어기로 무선 전송할 수 있다.
- 과거에도 교통안전대체지표를 파악하려는 연구는 시도되었다. 그러나 과거에는 컴퓨터 처리 능력 및 영상처리 기술이 발달하지 않았기 때문에 수작업을 통한 분석에 의존하였다. 수작업을 통한 영상처리는 노동집약적이고 비용이 많이 들어 효율이 높지 않았다.
- 기존에 연구되었던 교통안전대체지표로는 다음과 같은 지표가 개발되었다.
 - Braking/Deceleration Rate/Maneuvering: 감속, 감속률 및 핸들 조작 관련된 지표
 - Gap Time/Post Encroachment Time(PET)/Encroachment Time: 차량간격 및 시간차 관련 지표
 - Proportion of stopping distance: 정지거리와 현재 차량간격에 관련한 지표
 - Extended Time-To-Collision (TTC)/Time-Integrated TTC: 충돌까지의 시간 및 거리에 관련된 지표
- 수작업을 통해 얻어진 지표들과 현장 사고 자료와의 상관관계를 분석하는 것이 기존 대부분의 연구방식이었다. 영상처리 기술의 발달로 일부 자동화된 작업을 통해 지표들을 구하는 연구가 2000년대 중반부터 시도되었다.
- 예를 들어, [그림 65]에서 제시된 것처럼 영상처리를 통해 검지된 차량위치 및 속도 정보를 바탕으로 ① 진행방향이 다른 차량 사이의 물리적 거리, ② 진행방향과 속도를 고려한 충돌가능시간, ③ 개별 차량의 급감가속, ④ 개별 차량의 경로 급변경, ⑤ 상충되는 진행방향 차량과의 시간간격 등을 산출하여, 안전도를 산출하고 있다.

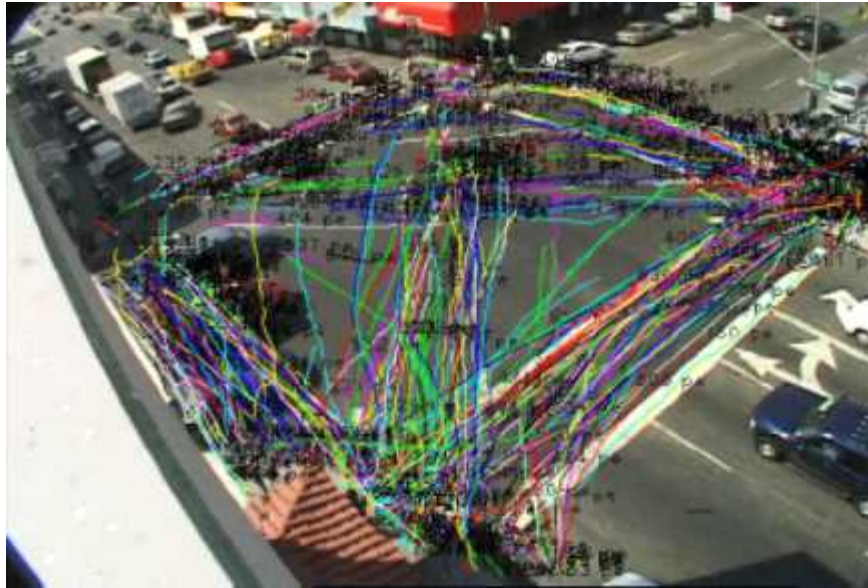


[그림 65] 영상처리를 통한 교통안전대체지표 산출

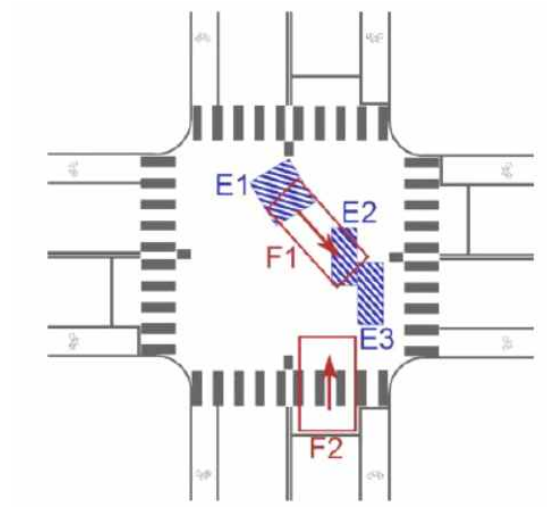
- 최근 영상처리 기법의 발달로 인해 과거의 수작업 과정에서 발전해서 일부 자동화된 방식으로 차량의 검지 뿐 아니라 궤적을 추적하는 등 다양한 연구가 시도되고 있다. [그림 66-70]



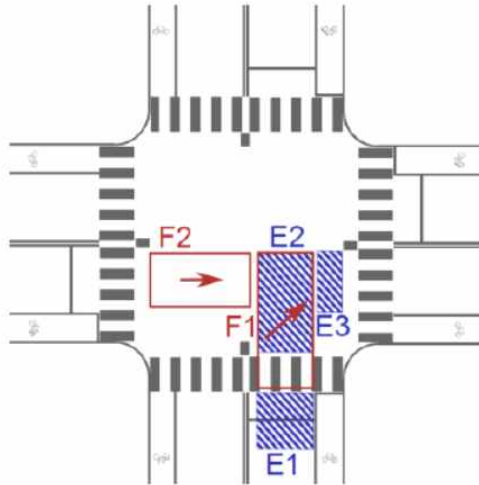
[그림 66] 영상처리를 통한 차량궤적 인식 (예시)



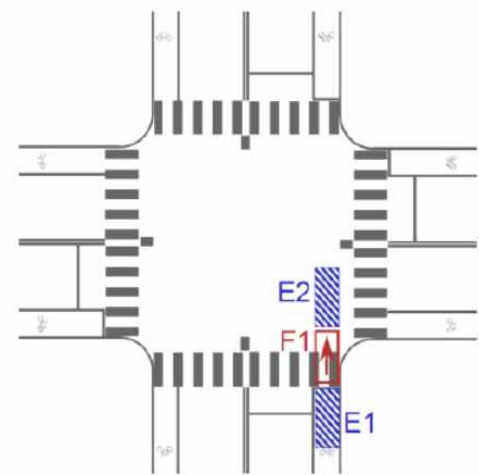
[그림 67] 영상처리를 통한 보행자궤적 인식 (예시)



[그림 68] 영상처리 중 차량 방향성 검정
(예시)



[그림 69] 영상처리 중 차량 방향성
검정(예시)



[그림 70] 영상처리 중 차량 방향성
검정(예시)

- 국내에서도 영상검지에 관련한 연구가 진행되었으나, 교통운영 측면에서 교통량 계측 등의 연구가 활발하였고, 안전 측면에서는 미시교통모형(microscopic traffic simulation)의 차량궤적 자료를 기준으로 교통안전대책지표 연구가 진행되었다.
- 미시교통모형은 실험실 내의 결과치로서 여러 가지 다양한 기술(특히, 최근 차량 간 통신을 기반으로 한)을 분석할 수 있는 장점이 있는 반면, 현장의 사고 잦은 지점 등을 모형화 하고 안전도 산정하는 데에는 한계점을 지니고 있으며, 미시교통모형이 사용된 이유는 현장에서 영상 처리된 자료를 획득하기가 어려운 것도 주요 이유 중의 하나로 판단된다.

- 영상처리 및 컴퓨터비전 기술은 도로교통에서도 활용될 수 있는 잠재력이 풍부한 기술로서 오랜 기간 활발한 연구들이 진행되어 왔다. 하지만, 차량을 검지하는 부분에 주력이 되어있고, 이를 활용하는 기술은 아직도 미비한 상태이다.
- 상충이나 사고를 파악하여 교차로 내에서의 위험성을 판단하는 기술은 안전성 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.
- 과거의 유사연구 개발 사업에서는 영상검지 기술을 활용한다는 측면에서 본 연구개발과 관련성이 있으나, 본 연구개발에서는 교차로 교통사고 및 상충과 교통신호 사이의 상관관계를 분석하는데 차별점이 있다.
- 본 연구에서는 차량 및 보행자 간의 상충 분석에 교차로 신호정보를 추가함으로써 기하구조에 의존한 2차원 충돌도(accident diagram) 기반의 기존 교차로 안전도 평가를 개선하고자 하였다.
- 예를 들어, 기하구조가 적절하지만 특정 이동방향 녹색 및 황색신호가 짧아서 혹은 특정신호주기 신호위반차량으로 인해 사고가 빈번한 경우, 기존 분석으로는 원인을 판별하기에 한계가 존재하는데 이를 개선하고자 하였다.
- 과거 유사연구로서 영상검지기술을 통한 교통안전대체지표(surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술에서 차별화된 교통신호와 교차로 안전성의 상관관계를 분석하였다.
- 특정 녹색신호 초반 혹은 후반에 상충이 빈번한지, 또한, 어느 방향의 신호위반 보행자 및 차량이 많은지 등을 영상검지를 통해 분석한다면, 기존방식의 기하구조개선과 별도로 교통신호 관련 안전개선책을 제시할 수 있으리라 기대된다.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

- 본 연구는 영상처리, 교차로 안전성 평가 및 상충분석을 위해 선행연구를 고찰하였고, 프로그램 제작을 위해 관련자료 수집을 하였으며, 분석방법론을 이용하여 교차로 안전성 평가를 수행하였다.
- 프로그램 제작은 영상처리 관련 선행연구의 분석 결과 Visual Studio 2013의 C++언어와 OpenCV 3.0을 응용하여 Background Subtraction을 이용한 방식으로 제작하였고, 교차로 안전성 평가를 위해 상충분석을 진행하였다.
- 이동속도 추출은 영상의 프레임 간 시간차와 차량의 이동거리를 적용하여 각 차량의 지점별 이동의 순간속도를 산출하였다.
- 이동방향 추출은 각 차량의 최초 검지위치와 최후 검지위치를 파악하여 4지 교차로 기준 약 12개의 방향성을 파악할 수 있는 알고리즘을 만들어 적용하였으며, 데이터 검증 중 Outlier는 모두 추출하여 제거하였다.
- 신호정보 반영은 실제 교차로의 현시를 파악하고, 이를 각 차량의 방향별로 적용을 하여, 차량이 대기하고 있는 시점과 신호가 바뀌는 시점을 각각 적용해 주기 위하여 각 차량별로 모든 방향의 현시를 적용하여 반영하였다.
- 위 과정을 거쳐 자체 제작 영상처리 프로그램을 활용하여 얻어진 원시 데이터를 가공 Excel VBA를 활용하여 신호교차로 내에서 발생한 신호정보와 속도, 차량-차량 사이의 거리정보가 반영된 상충결과 값을 도출하였다.
- 영상처리 기술을 기반으로 차량 및 보행자를 검지하고, 상충 등의 교통안전 대체지표 (surrogate safety measure) 분석을 통해 안전성을 평가하는 기술을 개발하였다.
- 영상자료에서 차량을 검지하고 궤적을 추적(tracking)한 후, 속도와 위치, 방향성을 기준으로 차량과 보행자의 상충을 분석하였다.
- PBAS(Pixel-Based Adaptive Segmenter) Background Subtraction와 Hofmann 함수를 활용하고 디버깅을 통해 개발된 알고리즘의 정확도와 효율성을 개선하였으며, 개발된 알고리즘을 실제 현장 영상자료에 적용하여 정확도를 검증하였다.
- 이 연구에서는 고정된 카메라를 사용하였다. 따라서 움직이는 물체에 해당하는 영역의 픽셀 값만이 변하고 그 외의 영역들은 비교적 일정한 픽셀 값을 유지한다.

- 이러한 사실에 근거하여 움직이는 물체가 있는 곳의 영역을 구별하는 방법 (Background Subtraction)을 사용하였다.
- 국내 교차로 자료에 영상처리기법을 적용하여 차량 검지에 성공하였다 [그림 71]. 여러 방향으로 움직이는 차량검지 및 궤적 추적이 가능하다.



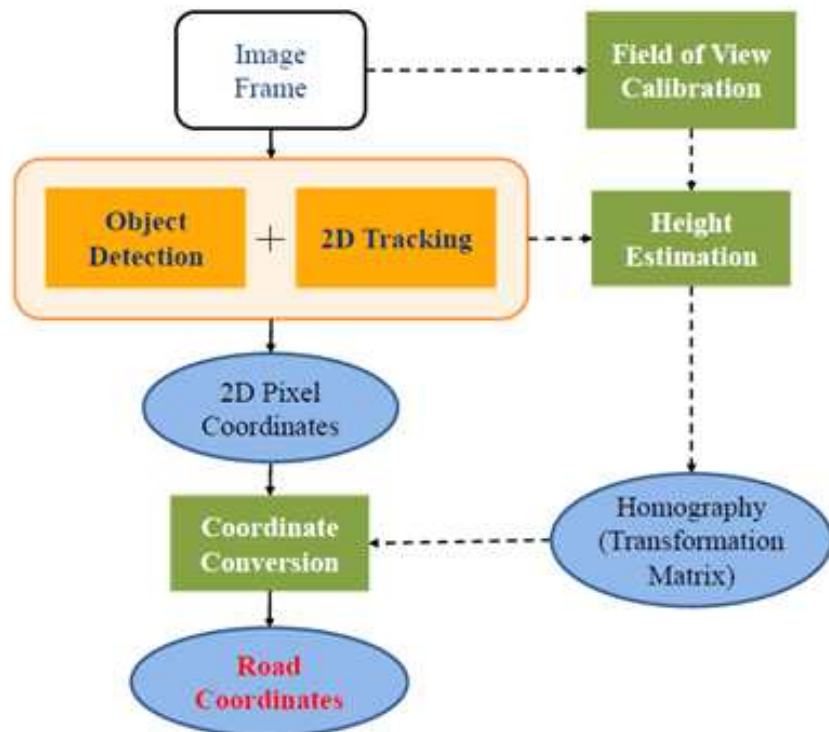
[그림 71] 국내 교차로 동영상을 활용한 영상검지

- 최근 영상처리 기술발전과 영상기기 가격하락으로 국내 도로환경에 많은 영상장치들이 설치되어 있으며, 이런 영상장치를 교통안전에 이용하는 기술이 필요하다고 판단된다.
- 현재에는 국내외 연구가 차량 간 상충에 관련된 지표들에 대한 연구에 집중되어 진행되고 있다. 이는 차량이 궤적을 추적하는데 보행자보다 용이하다는 이유와 함께, 기존 연구들이 보행자 자료 취득의 어려움으로 인해 차량 관련 지표들에 집중된 데 기인한 것으로 파악된다.

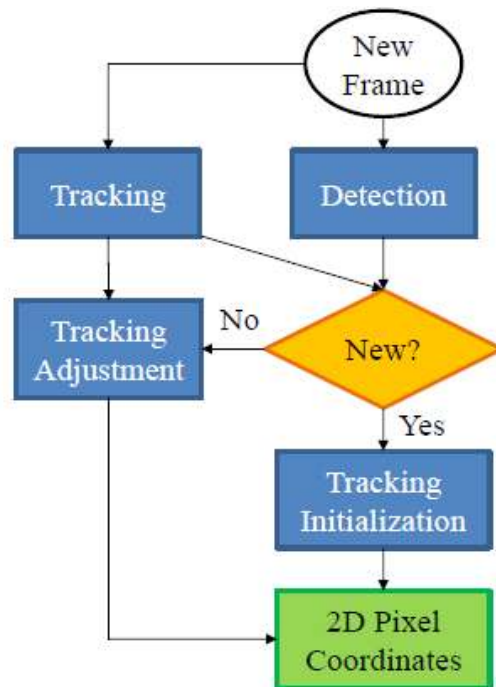
1. 개체검지

가. 영상검지

- 차량을 단일 카메라 영상 내에서 검지하고, 검지한 차량을 2차원 픽셀 좌표로 표현하여 저장한다.
- 상대적으로 움직이지 않는 배경 이미지 대비 차량의 움직임 좌표의 특성을 사용하여 차량을 탐지한다.
- 이 연구에서는 고정된 카메라를 사용하였다. 따라서 움직이는 물체에 해당하는 영역의 픽셀 값만이 크게 변하고 그 외의 영역들은 비교적 일정한 픽셀 값들은 유지한다. 이러한 사실에 근거하여 움직이는 물체가 있는 곳의 영역을 구하는 방법이 Background Subtraction이다.
- 다음 단계로, 움직이는 영역 내에서 차량의 형상을 나타내는 부분을 검지한다. 이를 기계학습 알고리즘을 이용하여 하나의 팹플릿으로 나타내었다. 두 번째 단계가 완료되면 영상으로부터 차량의 좌표를 검지한 결과를 얻게 된다. 이때 교차로 내부만을 감지할 수 있도록 조정하여 보행자가 검지되는 부분을 사전에 방지한다.



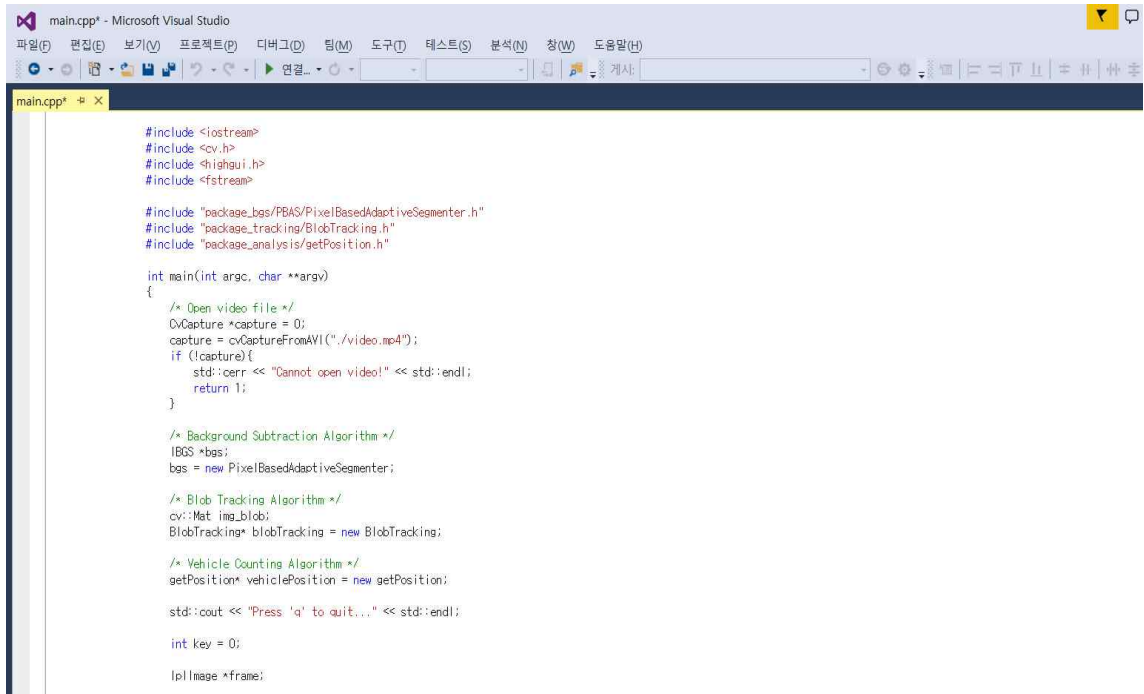
[그림 72] 영상검지 절차



[그림 73] 영상검지 궤적 절차

나. 차간거리 결정

- 촬영된 영상자료를 현장거리로 재설정 하여야 한다.
- 현장거리를 산정하기 위하여 영상에 포함된 교통시설물의 길이를 측정하여, 이를 기반으로 차간거리를 산정하였다.
- 영상검지를 통해 검지된 영상자료를 활용하여 신호교차로 내에서의 상충의 빈도를 분석하였다.
- Background Subtraction이론을 기반으로 Visual Studio를 활용한 프로그램을 개발하였다.
- 본 연구에서 개발한 자체제작 프로그램은 Visual studio 2013과 OpenCV 3.0을 활용하여 프로그램을 개발하였다.
- 프로그램 작동의 메인이 되는 Visual studio 2013을 기반으로 한 main.cpp 파일 [그림 74] 비롯한 Tracking.cpp, BolbTracking.cpp 파일 등으로 구성하여 자체 exe파일의 프로그램을 생성하였다.



```
#include <iostream>
#include <cv.h>
#include <shahgui.h>
#include <fstream>

#include "package_bgs/PBAS/PixelBasedAdaptiveSegmenter.h"
#include "package_tracking/BlobTracking.h"
#include "package_analysis/getPosition.h"

int main(int argc, char **argv)
{
    /* Open video file */
    CvCapture *capture = 0;
    capture = cvCaptureFromAVI("./video.mp4");
    if (!capture) {
        std::cerr << "Cannot open video!" << std::endl;
        return 1;
    }

    /* Background Subtraction Algorithm */
    IBGS *bgs;
    bgs = new PixelBasedAdaptiveSegmenter;

    /* Blob Tracking Algorithm */
    cv::Mat img_blob;
    BlobTracking* blobTracking = new BlobTracking;

    /* Vehicle Counting Algorithm */
    getPosition* vehiclePosition = new getPosition;

    std::cout << "Press 'q' to quit..." << std::endl;

    int key = 0;

    IplImage *frame;
```

[그림 74] 개발된 영상검지 프로그램 구축환경 예시

- 동일 영상 내 복수의 차량이 존재하고, 진행하는 방향이 서로 다를 때 두 차량사이의 거리가 일정거리 이하로 가까운 것을 상충으로 분석하였다.
- 프레임별로 분석을 실행하였고, 프레임 내의 속도가 반영된 차량 간 거리 차에 의한 상충분석을 수행하였다.
- 기존 데이터에서 생성된 프레임의 개수를 이용하여, 각 프레임별로 프레임 내의 차량의 수, 차량 간 거리, 차량의 이동을 파악하는 방향성을 이용하여 각 차량 간 거리를 측정하였다.
- 프레임 내에 존재하는 모든 차량 간의 거리가 [표 6] 과 같이 분석된다.

386 프레임	13	12	11	8
13	–	96.4436	212.97	305.2067
12	96.4436	–	같은방향	269.8297
11	212.97	같은방향	–	374.9926
8	305.2067	269.8297	374.9926	–
387 프레임	13	12	11	8
13	–	97.85691	220.0812	302.8697
12	97.85691	–	같은방향	270.5884
11	220.0812	같은방향	–	383.5949
8	302.8697	270.5884	383.5949	–
388 프레임	13	12	11	8
13	–	99.15218	231.2764	299.9439
12	99.15218	–	같은방향	272.5178
11	231.2764	같은방향	–	397.7913
8	299.9439	272.5178	397.7913	–
389 프레임	13	12	11	
13	–	99.10339	235.8749	
12	99.10339	–	같은방향	
11	235.8749	같은방향	–	
390 프레임	13	12	11	
13	–	100.1116	240.5281	
12	100.1116	–	같은방향	
11	240.5281	같은방향	–	

[표 6] 분석과정 예시

- 상충분석을 완료한 후, 차량의 방향성과 차량 간 거리 관련 상충판별 기준에 따라 상충 여부를 판단한다.
- 상충여부에 대한 판단을 완료한 후 Countif 함수를 이용해 총 상충건수를 찾아낸다.

Vehicle1	Vehicle2	최소거리	상충여부		상충기준거리	10
1	2	5.80	상충			
1	3	같은방향	–			
1	4	같은방향	–			
1	5	9.50	상충			
2	3	7.08	상충			

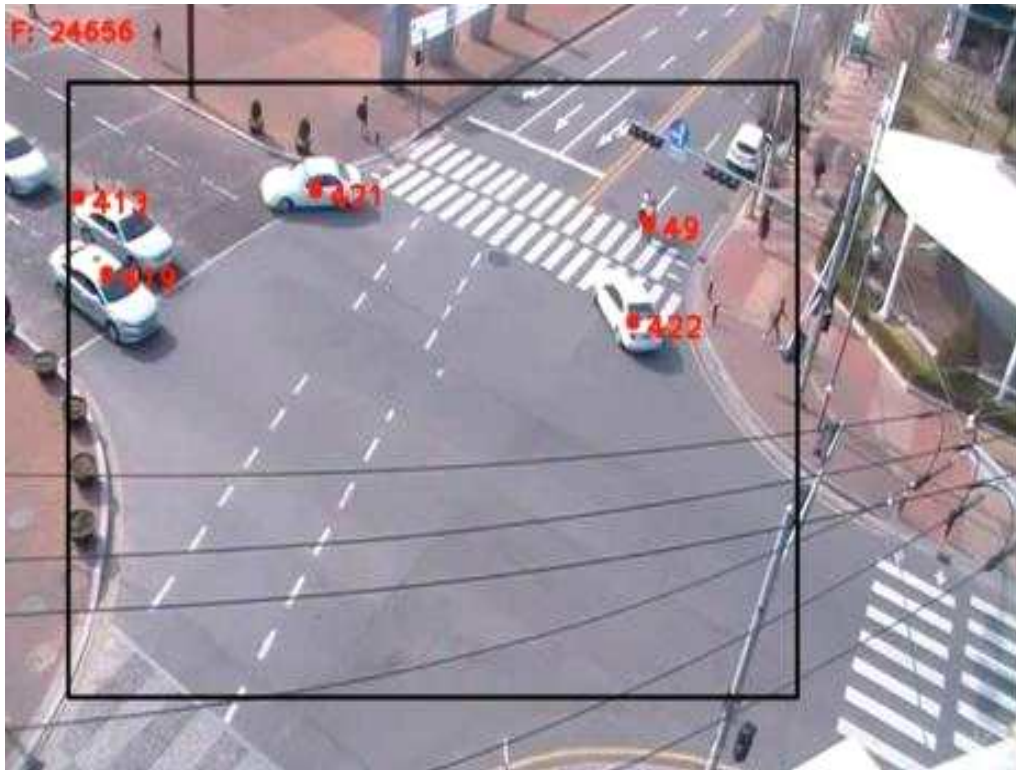
[표 7] 상충분석

다. 상층 분석 단계

- 차량의 검지를 위해 본 연구에서 자체적으로 제작한 프로그램을 사용하였다.
- 이 프로그램에서는 기존에 촬영한 원본 영상에 [그림 76] ROI(Region of Interest)를 적용하여 검지율을 향상시켰고, Background Subtraction 기법을 활용하여 움직이는 물체를 검지하였다.
- [그림 76]에서 볼 수 있듯이, 검지구간 내 움직이는 물체들은 각각의 고유 번호를 부여받게 되고, 검지구간을 벗어날 때 까지 그 이동경로를 모두 추적하게 된다. 이를 이용하여 차량의 위치를 추적한다.
- 영상검지를 활용하여 검지된 차량의 고유 ID와 위치를 기록한 데이터가 저장되고, 이를 활용하면 [그림 78] [그림 79]과 같이 이동궤적을 알 수 있다.
- 시간적 범위의 다양화를 위해, 같은 지점의 주야간 시간으로 나누어 영상을 촬영하여 분석을 진행하였다.



[그림 75] 실제 촬영한 원본 영상

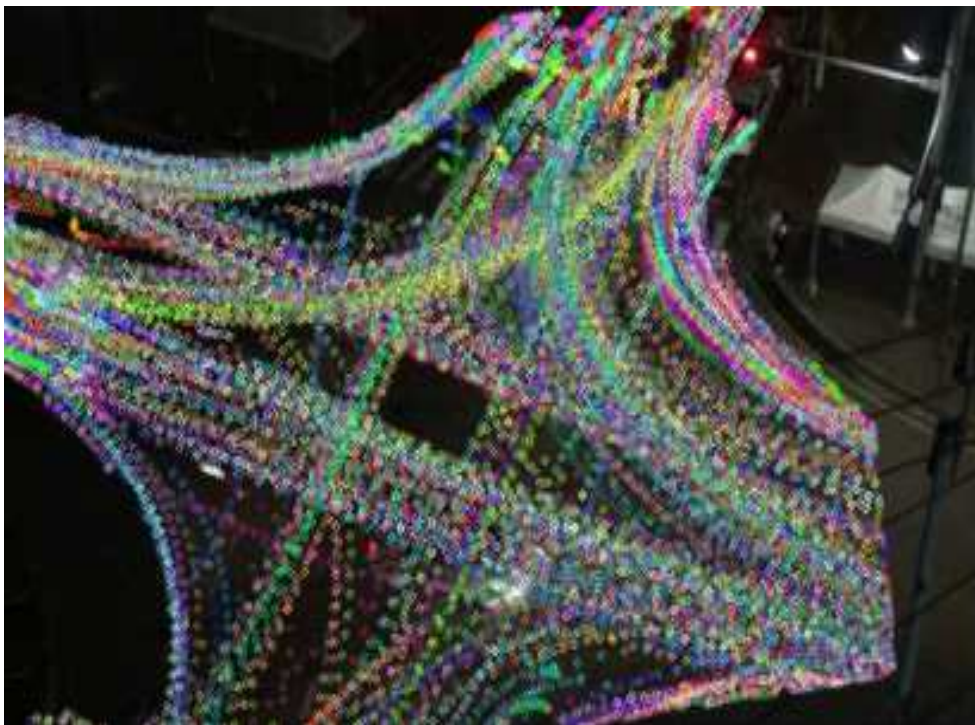


[그림 76] 차량 검지 영상

- [그림 77]에서 보는 바와 같이 차량의 궤적(직진, 좌회전, 우회전)뿐만 아니라, 보행자가 도로를 횡단하는 궤적(그림의 좌측 하단부에 보행자의 횡단이 많이 발생한 것으로 분석됨)도 검지되었다.



[그림 77] 검지된 차량의 주간 전체 이동경로 궤적



[그림 78] 검지된 차량의 야간 전체 이동경로 궤적

- 수집된 데이터를 Excel을 활용하여 가공한다 [표 8]. 데이터에는 프레임번호, 차량ID, 차량의 X위치 Y위치가 저장되어 있고, 프레임별로 기록된 동일한 차량의 위치정보를 바탕으로, 개별차량의 속도를 산정할 수 있다.[표 9]

frame	id	x	y
2	2	362.152	156.964
2	2	320.485	169.635
3	2	369.485	158.722
3	3	325.667	169.624
4	2	375.733	156.562
4	3	332.039	168.265
5	2	382.007	155.286
5	3	338.096	167.528
6	2	387.048	151.79
6	3	345.481	165.298
7	2	393.286	150.389
7	3	352.213	164.799
8	2	398.782	147.228
8	3	359.299	161.798
9	2	404.99	144.974
9	3	364.707	158.141

[표 8] Data 예시

시간	프레임	Vehicle #	프레임 내 차량	X	Y	점거리 (m)	점속도 (km/h)
0.2	3	2	2	369.49	158.72	3.65	14.10
0.3	3	3	2	325.67	169.62	12.18	39.26
0.3	4	2	2	375.73	156.56	0.48	11.26
0.4	4	3	2	332.04	168.27	0.47	33.28
0.4	5	2	2	382.01	155.29	0.47	5.46
0.5	5	3	2	338.10	167.53	0.44	40.83
0.5	6	2	2	387.05	151.79	0.45	7.01
0.6	6	3	2	345.48	165.30	0.56	42.22
0.6	7	2	2	393.29	150.39	0.46	6.77
0.7	7	3	2	352.21	164.80	0.49	25.24
0.7	8	2	2	398.78	147.23	0.46	1.39
0.8	8	3	2	359.30	161.80	0.56	24.74
0.8	9	2	2	404.99	144.97	0.48	6.92

[표 9] Data를 활용한 가공 작업

- 상충을 판단하기 위하여, 개별차량의 궤적을 기반으로 개별차량의 진행방향을 파악하였다[표 10], [표 11].

Vehicle #	프레임	merge 값	초기위치2
1	8076	18076	4
1	8077	18077	4
1	8078	18078	4
1	8079	18079	2
1	8080	18080	2
1	8081	18081	2
1	8082	18082	2
1	8083	18083	2
1	8084	18084	2

[표 10] 개별 차량의 진행방향을 검출하기 위한 단계

Vehicle #	첫 프레임	merge 값	첫 위치		Vehicle #	마지막 프레임	merge 값	마지막 위치
1	8076	18076	0		1	8109	18109	1
2	2	22	2		2	28	228	2
3	3	33	2		3	12277	312277	4
4	60	460	2		4	175	4175	1
5	62	562	4		5	98	598	2
6	210	6210	1		6	1377	61377	2
7	250	7250	2		7	282	7282	2
8	255	8255	2		8	354	8354	1
9	259	9259	1		9	520	9520	2
10	264	10264	4		10	299	10299	1
11	277	11277	2		11	3025	113025	1

[표 11] 차량의 방향성을 검출하기 위한 단계

- 방향성 분석을 위해 Microsoft Excel 의 배열수식, vlookup 함수 등을 이용하여 진행방향 도출 함수를 만들었다.
- 일련의 과정을 통하여 다음과 같이 개별 차량의 진행방향 분석 결과가 도출되었다[표 12].

Vehicle #	마지막 프레임	위치 합침	위치 합침 값	방향성		위치 합침	방향성
1	8109	01	12	7		12	7
2	28	22	21	10		13	8
3	12277	24	24	12		14	9
4	175	21	21	10		31	4
5	98	42	42	2		32	5
6	1377	12	12	7		34	6
7	282	22	21	10		21	10
8	354	21	21	10		23	11
9	520	12	12	7		24	12
10	299	41	41	1		41	1
11	3025	21	21	10		42	2
12	290	11	12	7		43	3

[표 12] 개별 차량의 진행 방향을 검출하기 위한 단계

- 도출된 각 차량의 진행방향 자료를 토대로, 방향별 교통량 계산을 하였고, 교통신호 현시 자료를 바탕으로 다음과 같은 현시별 진행방향별 교통량 자료가 분석되었다[표 13].

개별차량의 방향성		방향성에 따른 교통량		현시별 교통량 및 상충		
Vehicle #	방향성	방향성	Vehicle #	현시	방향성	교통량
1	12	1	22	1	-	0
2	1	2	40	2	7,8,9	152
3	12	3	1	3	1,2,3	63
4	10	4	3	4	10,11,12	174
5	2	5	11	5	4,5,6	35
6	7	6	21	요약		424
7	3	7	62			
8	10	8	17			
9	7	9	73			
10	1	10	118			
11	10	11	23			
12	3	12	33			
13	3	총합계	424			
14	12					
15	12					

[표 13] 차량의 진행방향 검출 및 교통량을 알기 위한 테이블

- 신호현시 정보를 반영하기 위하여, 영상이 촬영된 시간의 교차로 방향별 신호 운영정보를 수집하였다.
- [표 14]는 시간을 고려하여, 해당 차량의 진행방향에 해당하는 교통신호정보를 나타낸 것이다.

시간	프레임	방향성	현시	신호
35	350	5	3	R
35	350	12	3	G
35.1	351	5	3	R
35.1	351	12	3	G
35.2	352	5	3	R
35.2	352	12	3	G
35.3	353	5	3	R
35.3	353	12	3	G
35.4	354	5	3	R
35.4	354	12	3	G
35.5	355	5	3	R
35.5	355	12	3	G

[표 14] 신호 시간 검출을 위한 기초 단계

- 이를 이용하여 [표 14]와 같이 각 프레임의 시간에서의 방향별 시간별 교통신호정보를 나타내었다.
- [표 15]는 각 프레임에 따른 진행방향 당 교통신호를 R(적색), Y(황색), G(녹색)으로 나타는 것으로, 해당 교차로의 모든 방향별 교통류를 고려하였다.

실제 시간 (sec.)	프레임 (sec/ 10)	방향성												현시
		5현시			2현시			4현시			3현시			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	0	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.1	1	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.2	2	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.3	3	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.4	4	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.5	5	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.6	6	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.7	7	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.8	8	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2
0.9	9	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	2

[표 15] 방향별, 현시 적용 단계

- 신호대기 중인 차량과 그 주변을 통과하는 차량의 경우 두 차량이 상충하고 있다고 판단하기 어려우므로, 정지한 차량의 경우에는 상충 계산에서 제외하였다.
- [표 16] 상충 시 두 차량과 관련한 정보를 기재하였다. 두 차량의 ID 정보와, 속도, 차량 간 최소거리를 알 수 있다.

Vehicle 1	Vehicle 2	최소거리	상충여부	프레임	현시	속도1	속도2
6	28	8.60	상충	291	3	77.71	8.05
38	46	7.28	상충	422	3	2.99	8.08
38	48	3.16	상충	423	3	13.58	28.30
38	46	2.24	상충	424	3	13.58	28.32
38	48	3.16	상충	424	3	13.58	28.54
46	48	5.39	상충	424	3	13.00	8.56
38	46	2.24	상충	425	3	55.00	8.56
38	48	10.00	상충	426	3	58.50	18.78
50	51	5.10	상충	426	3	44.20	18.78
38	46	8.60	상충	427	3	22.95	8.78
38	48	10.00	상충	427	3	22.95	80.00
38	46	8.60	상충	428	3	22.00	63.92
46	48	8.06	상충	428	3	32.00	55.82
38	48	10.00	상충	429	3	38.00	36.38
46	48	8.06	상충	429	3	35.00	8.79
38	46	8.94	상충	430	3	38.00	83.51

[표 16] 상충 파악을 위한 분석 단계

- 위 과정을 거쳐서 도출된 결과는 [표 17]과 같으며, 각 방향별 교통류 사이의 상충건수를 나타내고 있다.

	12	13	14	21	23	24	31	32	34	41	42
12	-										
13	0	-									
14	0	0	-								
21	0	0	0	-							
23	0	1	0	0	-						
24	1	0	0	0	2	-					
31	2	0	0	1	0	0	-				
32	0	0	0	0	0	0	0	-			
34	0	0	0	0	0	4	0	4	-		
41	0	0	0	1	0	0	2	0	0	-	
42	0	0	0	0	0	4	0	6	0	0	-

[표 17] 이동방향별 상충 건수

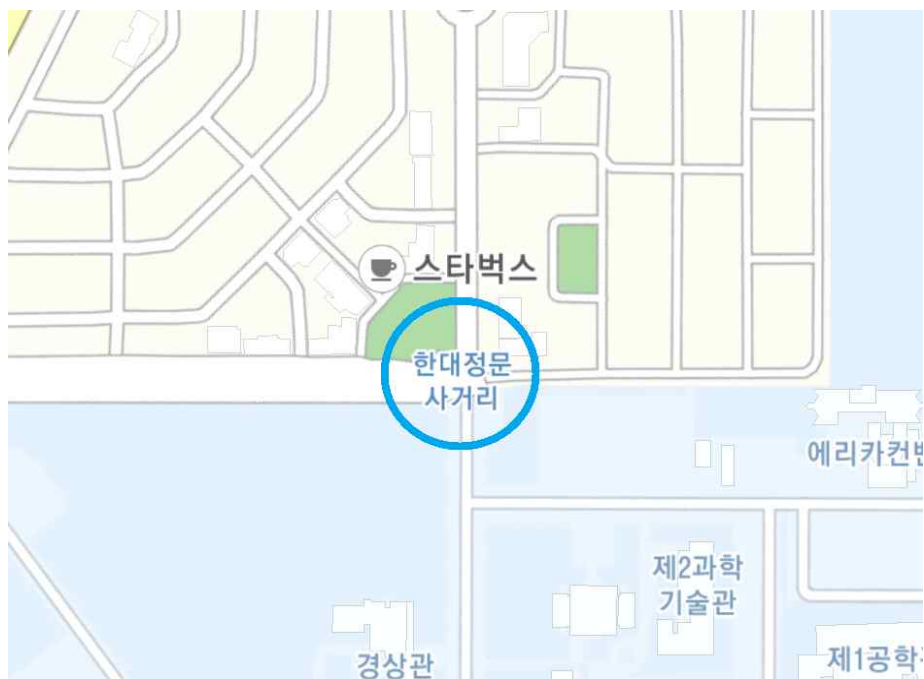
- 최종적으로 상충 분석 결과는 [표 18]과 같으며, 개별 차량ID와 차량 간 거리 및 프레임번호의 정보가 제시되어 있다.

merge	최소거리		Vehicle 1	Vehicle 2	merge	최소거리	상충여부	프레임
628	8.60		6	28	628	8.60	상충	291
3846	7.28		38	46	3846	7.28	상충	422
3848	3.16		38	48	3848	3.16	상충	423
3846	2.24		38	46	3846	2.24	상충	424
3848	3.16		38	48	3848	3.16	상충	424
4648	5.39		46	48	4648	5.39	상충	424
3846	2.24		38	46	3846	2.24	상충	425
3848	10.00		38	48	3848	10.00	상충	426
5051	5.10		50	51	5051	5.10	상충	426
3846	8.60		38	46	3846	8.60	상충	427
3848	10.00		38	48	3848	10.00	상충	427
3846	8.60		38	46	3846	8.60	상충	428
4648	8.06		46	48	4648	8.06	상충	428

[표 18] 최종 분석 결과

2. 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

- 연구의 방법론을 검증하기 위하여 실제 교차로에서 촬영한 영상을 바탕으로 상충에 대한 분석을 수행하였다.
- 영상을 촬영한 장소는 한양대학교 ERICA캠퍼스 정문 앞 교차로로서, 신호주기는 총 5현시로 구성되며, 총 1주기는 All-red 현시 25초를 포함하여 총 130초로 이루어져 있다.
- 촬영 영상의 비디오 데이터는 10fps로 구성되어 있다,
- 각 구간의 차로 수는 편도2차로(1구간 편도 1차로)로 구성이 되어 있으며, 평일 주간 교차로 내에 진입하는 차량을 분석하였다.
- 실험장소의 위치와 신호 현시구성은 [표 19] 및 [표 20]과 같다.



[그림 79] 실험장소의 지리적 정보

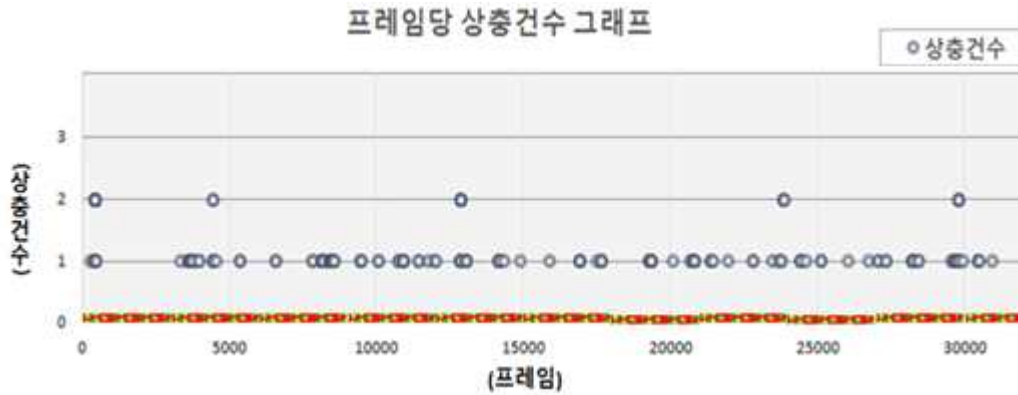
	1현시	2현시	3현시	4현시	5현시
방향	All Red				
R	25	-	-	-	-
G	-	25	30	30	10
Y	-	2	3	3	2
합계	25	27	33	33	12
주기	130				

[표 19] 실험장소의 신호 정보

구분		특성
분석구간 특성	위치	한양대학교 정문
	차로 수	편도 2차로(※1구간 편도1차로)
	교통류율	평균 1413 veh / hr
데이터 특성	차량 위치 자료	각 차량의 X,Y 위치 좌표
	프레임 자료	영상 내 프레임 자료
	차량번호 자료	차량에 부여되는 고유 ID

[표 20] 분석구간 공간적 정보

- 주간에는 13~17시, 야간에는 20~23시에 촬영을 하여 영상자료를 수집하였으며, 한양대학교 ERICA캠퍼스 정문 앞 건물 옥상(5층)에서 교차로 부분을 촬영하여 촬영 각도는 25° 로 계산되었다. 현장조사에 영향을 미치는 다른 요소로는 주간에는 그림자 유무, 야간에는 차량 전조등에 의한 영상검지 영역의 확대 등으로 파악되었다.
- 영상프레임 별로 발생한 상충의 수를 표시한 그래프는 [그림 80]과 같다. 시간을 x축으로 하여 전체 조사시간 중에서 발생한 상충을 시계열적으로 확인할 수 있다. 다만, 동일한 상충이 여러 프레임에 걸쳐서 상충으로 인식되는 경우도 있어서, 이에 대한 처리가 필요하다. 그림에서 보는 바와 같이, 프레임 당 상충이 없는 프레임이 상당히 많은 시간을 차지하고, 시간이 지남에 따라 상충이 발생하는데, 상충 발생 유형이 신호주기와 상관관계가 있는지를 파악하려면, 신호주기별로 나누고, 각 신호주기마다 발생하는 상충을 누적해서 분석하는 것이 필요하다.



[그림 80] 프레임별 상충건수 그래프

- 교차로에서 발생한 상충건수를 중복으로 인식된 상충을 제외하고, 신호주기에 따른 현시별로 중첩하여 나타낸 그래프는 [그림 81] 와 같다. 이 그래프를 통해 특정 현시에서 상충이 많이 발생할 경우 이를 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어, 130초 주기를 가지는 교차로에서 수집한 상충결과를 보면 (130초 주기=1300프레임) 녹색으로 표현된 2번째 현시에서 상충이 많이 발생하는 것으로 분석되었다.
- 이와 같이, 수집한 영상에서 분석한 상충횟수를 교통신호 현시 정보에 따라 구분하여 분석하면, 각 신호주기별 시간적 위치에 따라 상충 발생 추세를 파악할 수 있고, 이를 통해 교통신호와 상충에 상관관계가 있는 경우, 이를 파악하여 교차로 안전성 개선에 기여 할 수 있을 것으로 판단된다.
- 교통신호정보와 교통안전대체지표 상관관계 평가기술 분석 결과를 설명하면, [그림 81]에서 예시된 바와 같이, 상충회수를 신호현시별로 구분하여 분석할 수 있다. 이 분석결과를 통해 어느 특정현시의 교통안전성이 다른 현시와 비교하여 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. [그림 81]에서는 신호주기 중 2현시에서 상충이 다른 현시보다 많이 발생함을 확인할 수 있다. 또한 2현시에서도 초반이 아닌 현시의 중반 혹은 후반 부분에서 상충이 상대적으로 빈번히 발생할 수 있다. 이 분석 결과를 토대로, 2현시에 방향별 교통상황을 고려하여 안전성 개선대책을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 81] 주기 내 현시별 상충 현황 파악

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

- 본 연구의 최종목표는 영상처리 기술 기반으로 교통신호정보와 교통안전대체지표(surrogate safety measure)의 상관관계를 분석하고, 이를 통해 기하구조와 교통신호정보를 통합한 교차로 안전성 평가기술을 개발하는 것이다.
- 최근 들어 컴퓨터 및 영상처리 기술의 발달과 더불어 Vision technology를 이용한 교통자료 수집이 용이해졌다. 영상처리 기법을 통해 교통안전대체지표를 획득하여 안전도가 낮은 지점을 파악하고, 선행적으로 안전대책을 수립하는 기술이 선진국을 중심으로 개발되고 있다.
- 이러한 연구는 발생하는 사고뿐 아니라, 충돌하지 않았지만 사고와 근접하게 일어난 자료까지 수집 가능하게 된다. 예를 들어, 사고는 발생하지 않았으나, 교차로에서 두 차량이 근접해서 지나치는 경우가 빈번하다는 것을 영상검지를 통해 확인 후, 이를 기준으로 실제로 다수의 사고가 발생하기 전에 개선책을 마련할 수 있다.
- 본 연구에서는 교차로사고의 주요소인 교통신호와 차량 상충을 종합적으로 분석하여, 안전도를 저해하는 특정 방향의 신호 문제 등을 판별하고, 기존 2차원적인 기하구조 기반의 분석방법을 개선하는 방법론을 제시하였다.
- 우리나라는 매년 4천명 이상 교통사고로 사망하고, 사고의 절반이 교차로에서 발생하는 등, 교차로 교통사고로 많은 사회적 비용을 지불하고 있다. 기존의 기하구조 위주 안전도평가에 교통신호정보를 반영하는 기술을 개발하여, 최종적으로 절감할 수 있는 사회적 비용이 상당하리라 판단된다.

2. 관련 분야 기여도

- 우리나라는 매년 4천명 이상 교통사고로 사망하는 등, 교통사고로 많은 사회적 비용을 지불하고 있음
- 도로교통공단이 산정한 자료에 따르면, 2014년 한 해 동안 교통사고로 인해 지출하는 사회적 비용이 26조 5725억 원에 이르는 것으로 분석되었다. 이는 국가전체 예산의 7.5%에 해당하며, 사망자나 부상자 발생에 따른 인적 피해 비용이 15조 6750억 원(59%), 물적 피해비용이 9조 6381억 원(36%), 경찰조사 등 사회기관 비용이 1조 2594억 원(5%)으로 분석된다. 이러한 우리나라의 교통사고 관련 지표는 OECD 회원국의 최하위권에 해당한다.

- 이러한 교통사고를 조금 더 감소시킨다면, 이는 국가적으로 막대한 사회적 비용을 줄일 수 있는 효과와 직결된다. 유비쿼터스 등 첨단 신기술은 계속 발전하고 있으나 국내 교통안전 관련 기술은 이런 추세를 발맞추지 못하는 경향이 있다. 본 연구개발에서 제시한 방법론을 통하여 도로교통 안전성을 개선한다면, 교통사고에 따른 사회적 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

제5장. 연구개발성과의 활용 계획

- 기존의 사고개선대책은 장기간의 교통사고 자료가 축적된 후에야 대책을 강구하는 후행적 방법이다. 본 연구는 최근 널리 보급된 영상장치에서 수집되는 영상자료와 vision technology를 활용하여 차량의 상충정도를 파악하고, 교차로의 신호정보를 고려하여 안전성을 평가하는 방법론을 제시하였다.
- 향후 도로교통시설의 영상자료는 광범위하게 취득 가능해 질 것으로 예상되고, 이런 영상 자료를 효율적으로 활용할 수 있는 기술로서, 차량 및 보행자 안전도 향상을 통해 공공시설물 안전도 향상에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.
- 특히 교통사고가능성이 많은 상충을 신호정보를 고려하여 유형별로 분석함으로써 양적 안전대책이 아닌 합리적이고 맞춤형 도로교통 안전기술과 정책으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.
- 기존의 2차원적인 기하구조 위주 안전성 평가에 영상자료를 활용한 안전성 평가를 추가하는 방법론을 제시하여, 향후 현장 활용 및 안전성 개선에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

- 2016년 1월 및 2017년 1월 미국 워싱턴디씨에서 열린 Transportation Research Board Annual Meeting 중 교차로에서 일어나는 상충의 영상처리에 관련한 연구에 대한 발표 및 논의가 있었다. University of British Columbia의 Tarek Sayed 교수와 Polytechnique Montreal 대학의 Nicolas Saunier 교수, 유럽에서는 독일의 Technical University Munich 대학의 연구진, 덴마크의 Aalborg 대학의 연구진, 스웨덴의 Lund 대학의 연구진들이 활발한 연구를 진행 중이며, 위의 연구에 대한 자료를 수집하여 활용하였다.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

본 과제는 보안등급이 일반과제로 분류되어 있다. 보안상의 문제가 없는 것으로 판단된다.

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번 호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	국외	Evaluation of video detection system as a traffic data collection method	한양 대학교	주저자	SCIENTIA IRANICA	0.842	2015.12	60%	SCI(E)
2	국외	Vision-based surveillance system for monitoring traffic conditions	한양 대학교	교신 저자	Multimedi a Tools & Applicati ons	1.331	2017.3	60%	SCI(E)

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

1. 도로교통공단, 2013 도로교통 사고비용의 추계와 평가, 2014.
2. 도로교통공단, 2013 교통사고 통계, 2014.
3. 국토교통부, 안전지향형 교통환경개선 기술개발, 2011.
4. 도로교통공단, 교통사고 분석 자료집 신호위반 교통사고 특성분석(08-10년), 2012.
5. 도로교통공단, 교통사고 요인분석 보행자 교통사고 특성분석을 중심으로, 2011.
6. 김지완, 이재성, 차량 그림자 누적을 통한 검지 영역 자동 설정 및 교통량 측정 방법, 한국정보통신학회논문지. 2014.
7. 김명섭, 오주택, 김응철, 정동우, 개별차량 추적기법을 이용한 신호교차로 교통상충 판단기준 정립 및 적용, 대한교통학회지 제26권 4호, 2008.
8. 김응철, 박지형, 오주택, 노정현, 신호교차로 대향좌회전 상충심각도 구분에 관한 연구, 한국도로학회 논문집 제9권 4호, 2007.
9. 도로교통공단, 교통사고 잦은 곳 기본개선 계획 및 효과분석, 2011
10. 박종욱, 교차로교통사고 감소방안에 관한 연구, 홍익대학교 건축도시대학원 학위 청구논문, 2003.
11. 박형규, 교통상충기준 개발 및 적용에 관한 연구, 전남대학교 대학원 석사학위논문, 2002.
12. 심관보, 권기환, 윤정호, 교차로 교통사고 위험도평가지수의 개발에 관한 연구, 교통안전연구논집 제 17권, 1998.
13. 오주택, 민준영, 허병도, 황보희, 트래킹 기반 영상검지 통합 알고리즘 개발, 대한토목학회 논문지, Vol.29, 2009.
14. 오주택, 성낙문, 하오근, 국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발, 대한토목학회 논문집 제25권 제10호, 2005.
15. 원동욱, 임근호, 김홍상, 교통상충기법을 이용한 교차로 사고예측모형 개발, 제52회 학술발표회, 2006.
16. 이기영, 교통상충 및 사고분석에 의한 엇갈림구간의 안전도평가기준개발, 한양대학교대학원 박사학위논문, 2006.

17. 이철현, 설성욱, 김효성, 남기곤, 주재흠, 초기 차량 검출 및 거리 추정을 중심으로 한 차량 추적 알고리즘, 한국정보과학회 학술저널 제 31권 11호, 2004.
18. 황준연, 허건수, 조동일, 박장현, 스테레오 비전센서를이용한 다차량 감지 시스템 개발, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, Vol.III, 2006.
19. Madsen T., Automatic Detection Of Conflicts At Signalized Intersections, Workshop on the Comparison of Surrogate Measures of Safety Extracted from Video Data, TRB 93rd Annual Meeting, 2014.
20. Saunier, N., Understanding Collision Processes using Video Data, Workshop on the Comparison of Surrogate Measures of Safety Extracted from Video Data, TRB 93rd Annual Meeting, 2014.
21. Archer, J., Methods for the Assessment and Prediction of Traffic Safety at Urban Intersections and their Application in Micro-simulation Modelling . Academic thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2004.
22. Cunto, F., Assessing Safety Performance of Transportation Systems using Microscopic Simulation . Ph.D. thesis, University of Waterloo, 2008.
23. Gettman, D. and L. Head, Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models, Final Report . Federal Highway Administration, 2003.
24. Saunier, N. and T. Sayed, A Probabilistic Framework for Automated Analysis of Exposure to Road Collisions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , Vol. 2083, 2008.
25. Svensson, A. and C. Hydén, Estimating the severity of safety related behaviour. Accident Analysis & Prevention , Vol. 38, No. 2, 2006.
26. Elvik, R., A. Erke, and P. Christensen, Elementary units of exposure. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , Vol. 2103, 2009.
27. Tarko, A., G. A. Davis, N. Saunier, T. Sayed, and S. Washington, Surrogate Measures of Safety. White paper, ANB20(3) Subcommittee on Surrogate Measures of Safety, 2009.

28. Atev, S., H. Arumugam, O. Masoud, R. Janardan, and N. P. Papanikolopoulos, A vision-based approach to collision prediction at traffic intersections. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 6, No. 4, 2005.
29. Hu, W., X. Xiao, D. Xie, T. Tan, and S. Maybank, Traffic Accident Prediction using 3D Model Based Vehicle Tracking. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 53, No. 3, 2004.
30. Kamijo, S., Y. Matsushita, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi, Traffic Monitoring and Accident Detection at Intersections. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, No. 2, 2000, pp. 108-118.
31. Kim, Z., Real time object tracking based on dynamic feature grouping with background subtraction. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2008.
32. Messelodi, S. and C. M. Modena, A Computer Vision System for Traffic Accident Risk Measurement: A Case Study. *ITC*, 2005.
33. Macedo, J., C. Vangenot, W. Othman, N. Pelekis, E. Frentzos, B. Kuijpers, I. Ntoutsis, S. Spaccapietra, and Y. Theodoridis, Trajectory Data Models. In *Mobility, Data Mining and Privacy* (F. Giannotti and D. Pedreschi, eds.), Springer Berlin Heidelberg, 2008.
34. Saunier, N., T. Sayed, and C. Lim, Probabilistic Collision Prediction for Vision-Based Automated Road Safety Analysis. In *The 10th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, Seattle, 2007.
35. Ismail, K., T. Sayed, and N. Saunier, Camera Calibration for Urban Traffic Scenes: Practical Issues and a Robust Approach. In *Transportation Research Board Annual Meeting Compendium of Papers*, Washington, D.C., 2010.
36. Laureshyn, A. Superpixel based road user tracker, *Workshop on the Comparison of Surrogate Measures of Safety Extracted from Video Data*, TRB 93rd Annual Meeting, 2014.

37. Twaddle, H., Semi-Automated Analysis of the Trajectories of Bicycles and Motorized Vehicles at Busy Urban Intersections using Traffic Intelligence, Workshop on the Comparison of Surrogate Measures of Safety Extracted from Video Data, TRB 93rd Annual Meeting, 2014.
38. Avery, R. P., Zhang, G., Wang, Y., and Nihan, N. L. (2007). "Investigation into Shadow Removal from Traffic Images." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2000, 70-77.
39. Cabrera, R. R., Tuytelaars, T., and Van Gool, L. (2011). "Efficient multi-camera detection, tracking, and identification using a shared set of haar-features." IEEE, 65-71.
40. Crnojevic, V., Antic, B., and Culibrk, D. (2009). "Optimal wavelet differencing method for robust motion detection." IEEE, 645-648.
41. Enzweiler, M., and Gavrilu, D. M. (2009). "Monocular pedestrian detection: Survey and experiments." Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 31(12), 2179-2195.
42. Fang, W., Zhao, Y., Yuan, Y., and Liu, K. (2011). "Real-Time Multiple Vehicles Tracking with Occlusion Handling." Proc., Image and Graphics (ICIG), 2011 Sixth International Conference on, IEEE, 667-672.
43. Grant, C., Gillis, B., and Guensler, R. (2000). "Collection of vehicle activity data by video detection for use in transportation planning." Journal of Intelligent Transportation Systems, 5(4), 343-361.
44. Hsieh, J. W., Yu, S. H., Chen, Y. S., and Hu, W. F. (2006). "Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification." Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 7(2), 175-187.
45. Ismail, K., Sayed, T., and Saunier, N. (2010). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts: Context for before-and-after studies. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2198:52-64. presented at the 2010 Transportation Research Board Annual Meeting.
46. Kanhere, N. K., and Birchfield, S. T. (2010). "A taxonomy and analysis of camera calibration methods for traffic monitoring applications." Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 11(2), 441-452.

47. Kanhere, N. K., S. T. Birchfield, W. A. Sarasua, and T. C. Whitney. (2006) "Real-Time Detection and Tracking of Vehicle Base Fronts for Measuring Traffic Counts and Speeds on Highways." Transportation Research Record 1993.
48. Malinovskiy, Y., Wu, Y. J., and Wang, Y. (2009). "Video-Based Vehicle Detection and Tracking Using Spatiotemporal Maps." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2121, 81-89.
49. Maurin, B., O. Masoud, and N. P. Papanikolopoulos. (2005) "Tracking all traffic: computer vision algorithms for monitoring vehicles, individuals, and crowds." Robotics & Automation Magazine.
50. Mohamed, M. G. and Saunier, N. (2013). Motion prediction methods for surrogate safety analysis. In Transportation Research Board Annual Meeting Compendium of Papers. 13-4647.
51. Rodríguez, T., and García, N. (2010). "An adaptive, real-time, traffic monitoring system." Machine Vision and Applications, 21(4), 555-576.
52. Saunier, N., Sayed, T., and Ismail, K. (2010). Large scale automated analysis of vehicle interactions and collisions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2147:42-50. presented at the 2010 Transportation Research Board Annual Meeting.
53. Saunier, N., and T. Sayed. (2007) "Automatic road safety using video analysis." Transportation Research Record 2019.
54. Scharcanski, J., de Oliveira, A. B., Cavalcanti, P. G., and Yari, Y. (2011). "A Particle-Filtering Approach for Vehicular Tracking Adaptive to Occlusions." Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 60(2), 381-389.
55. Songchitruksa, P., and A. P. Tarko. (2004) "Using Imaging Technology To Evaluate Highway Safety.".
56. Vargas, M., Milla, J. M., Toral, S. L., and Barrero, F. (2010). "An enhanced background estimation algorithm for vehicle detection in urban traffic scenes." Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 59(8), 3694-3709.

57. Zhang, G., Avery, R. P., and Wang, Y. (2007). "Video-based vehicle detection and classification system for real-time traffic data collection using uncalibrated video cameras." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1993, 138-147.
58. 김지영 (2000). 영상처리에 의한 버스전용차로 위반차량의 검출방법, 응용과학연구, 제10권, 제1호, 서원대학교 응용과학연구소, pp.1~7.
59. Crister Hyden(1987), The Development of a Metood for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic Conflict Technique, Lund Institute of Technology, Dept. of Traffic Planning & Engineering.
60. W. D. Glauz, K. M. Bauer and D. J. Migletz(1985), Expected Traffic Conflict Rates and Their Use in Predicting Accidents, In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Record*, No. 1026, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.1~12.
61. Parker, M. R. and C. V. Zegeer(1989), Traffic Conflict Techniques for safety and operations : Engineer's guide, FHWA-IP-88-026.
62. 오주택, 민준영, 김승우, 허병도, 김명섭 (2008). Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지 시스템 개발, 대한교통학회지 제26권, 제2호, pp.177~ 186.
63. 장진환, 박창수, 백남철, 이미영(2005). 차량 속도별 영상검지기 성능분석, 대한교통학회지 제23권, 제5호, pp.105 ~ 112.
64. 박병호, 한상욱, 김태영, 김원호(2008). 사고유형에 따른 청주시 4지 신호교차로 교통사고모형, 대한교통학회지 제26권 제5호, pp.153~162.
65. Kara, M. K.(2001), "Driver Injury Severty: An Application of Ordered Probit Models", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.28, pp.313~321.
66. FHWA(2004), "Signalized Intersections : Informational Guide" .

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발 성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.