

차량-보행자간의 상충위험도 측정 기술 연구

장정아* · 이현수**

Measuring Technologies of Traffic Conflict Risk between Vehicles and Pedestrians

Jeong-Ah Jang* · Hyeon-Soo Lee**

요 약

우리나라 2015년 차량과 보행자간의 교통사고는 전체 사고의 38.8%에 달한다. 본 연구는 차량과 보행자간의 상충상황에 대한 위험도를 측정할 수 있는 시스템의 설계방안을 제안한다. 1차적으로 차량과 보행자의 위치, 속도, 방향성을 검지하고 이를 간의 상충지점을 추정한다. 이후 상충지점까지의 횡단지점의 보행자의 도착과 그 지점에 접근하는 차량과의 시간 차이인 보행자안전간격(PSM, Pedestrian Safety Margin)을 추정하여 상충위험도를 정량화한다. 본 연구에서는 외부 모니터링 기반 평가모듈과 개인의 착용형 모듈을 통하여 각 데이터를 취득하고 이를 위한 하드웨어 및 소프트웨어 설계 내용을 제시하고 구현하였다. 향후 이러한 시스템은 도로의 위험도 개선시설 설계, 노인보호구역 지정 등의 의사결정에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

In Korea, traffic accidents between pedestrians and vehicles in 2015 account for 38.8% of all accidents. This study proposes a system design that measure the risk of conflict between a vehicle and a pedestrian. Firstly the system detect and estimate the position, speed, and directional data of the vehicle and the pedestrian. And then it estimate the conflict point between a vehicle and a pedestrian. The risk of conflict is quantified by estimating the pedestrian safety margin (PSM), which is the time difference between the arrival of the pedestrian at the crossing point to the point of conflict and the vehicle approaching the point. In this system each data is acquired through an external monitoring based evaluation module and an individual wearing module. In the future, such a system can be used for decision making such as the design of road hazard improvement facilities and the designation of the elderly protection area.

키 워드

Pedestrian, Pedestrian Behavior, Crossing Behavior, V2P(: Vehicle-to-Pedestrian) Interaction, Conflict Risk Level
보행자, 보행 형태, 횡단 형태, 차량-보행자간 인터랙션, 상충 위험도

1. 서 론

2015년 자동차 교통사고 사망자수는 4621명이고, 이중 보행자 교통사고는 1795명에 달하였다. 차대 사

람의 교통사고는 자동차 탑승자에 비해 보행자가 더 취약한 상황이기 때문에 사망 등의 심각한 교통사고로 발생할 확률이 높다. 차대 사람 사고 중에 교차로 교통사고 사망자수는 1407명에 달하고 횡단사고는 전

* 아주대학교 TOD기반 도시교통연구센터 (azang@ajou.ac.kr) · Received : Feb. 17, 2017, Revised : Apr. 13, 2017, Accepted : Apr. 24, 2017

** 교신저자 : (주)엘비씨소프트

· Corresponding Author : Hyeon Soo Lee, LBCsoft Corp.

· 접수일 : 2017. 02. 17

Email : hslee@lbcsoft.com

· 수정완료일 : 2017. 04. 13

· 게재확정일 : 2017. 04. 24

체사고의 42.6%에 달한다[1]. 이러한 차대 사람의 교통사고의 완화전략을 위한 방법으로 P2V(Pedestrian to Vehicle) 혹은 V2P(Vehicle to Pedestrian) 무선통신을 통한 경고 알람 및 회피 전략에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-6]. 이러한 연구들의 근간이 되는 것은 차량과 보행자의 행동특성(위치, 속도, 가속도, 방향성)을 실시간으로 파악하거나 혹은 추적하여 모델화 하는 것은 중요한 사항이다. 보행자와 차량과의 상충관계를 정의하는데 있어 각 객체의 위치, 속도, 방향성 지표를 1차적으로 수집하고 각 분석시각별로 TA(Time to Accident, 이하 TA)를 연산하고, 이를 이용하여 위험을 판단하는 것이 중요하다. 본 연구는 이러한 차량과 보행자와의 인터랙션을 측정 기술할 수 있는 시스템의 설계 방안을 제시한다.

II. 보행자-차량의 상충위험도

2.1 상충위험도

상충(Conflict)은 기존 연구에서 살펴보면 크게 두 가지 측면에서 정의되어 왔다. 첫째는 ICTCT(International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic safety; 이하 ICTCT)¹⁾에 의하면 잠재적인 교통상충은 동일시간대에 동일 위험공간에 존재하는 상태이다. 둘째는 GM에서는 초기에는 “둘 또는 그 이상의 도로 이용자 사이의 상호작용으로서 도로 이용자들이 사고에 임박한 상황을 피하기 위한 회피행동을 발생시키는 사건”이라고 정의[7]한 것이다. 또한 Christer Hyden(1987)은 주행 중 발생하는 상충을 무방해주행(Undisturbed Passages), 잠재적인 상충(Potential Conflicts), 가벼운 상충(Slight Conflict), 심각한 상충(Serious Conflict)의 4단계로 구분하였다[8]. 그리고 주행시 발생하는 심각한 상충의 정점은 사고로 이어지고 그 정점에는 사망과 중상 등 치명적인 사고가 위치하는 것으로 설명하였다.

2.2 상충위험도의 측정 요구사항

이러한 상충위험도를 측정하기 위해서는 상충이 되

는 객체(차대 차, 차대 보행자)를 정의하고 각 객체별 위치, 속도, 상대시간차, 상대거리를 측정하여야 한다. 일반적으로 상충위험도를 측정하기 위해서는 TA를 측정하며, 사고를 피하기 위하여 운전자가 어떠한 행동을 취하는 지점에서 잠재적인 상충지점까지의 거리와 행동을 위한 지점에서의 지점속도로 나눔으로써 산정한다. 본 연구에서는 TA값의 일환으로 보행자-차량과의 상충위험을 나타내는 안전여유값(safety margin)을 측정하는 것을 근간으로 한다. PSM(Pedestrian Safety Margin, 이하 PSM)은 횡단지점의 보행자의 도착과 그 지점에 접근하는 차량과의 시간차이(time interval)를 의미한다[9-10]. 따라서 일정 범위 내 차량, 보행자의 다음의 값이 측정이 되어야 한다.

◆ 차량부문

- 접근로 길이(m)/시간(초): 접근로 50m-60m전에 설치되어 있는 과속방지턱과 정지선까지의 길이 - 및 접근하는 차량의 통행시간계산

- 접근 속도(m/s): 접근로 길이/접근로 시간

- 차로별 교통량(대/시간): 총 차량대수

- 차종구분: 버스, 승용차, 트럭

- 평균차두시간(sec): 보행자별로 횡단을 위해 연석에서 접근할 때 지나가는 모든 차량의 차두간격의 평균

◆ 보행자 부문

- 성별 및 고령자유무: 비디오기반 육안으로 확인

- 횡단보도 접근시간(초): 화면 내 보행자가 나타나서 연석에서 정지할 때까지의 시간차이

- 횡단보도 대기시간(초): 연석에서 횡단을 시작하기 전까지 기다리는 정지시간

- 횡단보도 길이(m)/시간(초): 횡단보도 연석부터 연석까지의 시간

- 보폭 수: 횡 단보도 길이동안의 걸음 수

- 보폭길이(cm/steps): 횡단보도길이/보폭 수

- 횡단속도(m/s): 횡단보도길이/횡단시간

- 횡단보도 대기시간동안의 시선수: 보행자별 대기하는 동안 두리번거리는 시선의 방향수

- 횡단보도 횡단시의 시선수: 보행자별 횡단하는 동안 두리번거리는 시선의 방향수

◆ 차량-보행자 상충위험도: 상충예상지점

상충위험도의 분석을 위해서는 토지이용현황, 도로특

1) <http://www.ictct.org/>

성, 보행환경 및 시설물에 대한 정보의 데이터베이스화도 중요하다. 상기 항목들은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 토지이용 현황: 주변도로의 기능, 교통유발시설의 분포
- 도로특성: 지형, 지물 및 각 진입로에 대한 설계 속도, 도로 폭, 기하구조와 포장, 배수, 조명시설, 실제상황 등
- 보행환경: 상가 및 광고물, 장애물, 보도유무, 고령자 보행형태, 보행습관, 도로 횡단 습성 등
- 기존시설, 방호책, 신호기, 횡단보도(신호시간), 안전표지, 과속방지턱, 도로반사경, 미끄럼방지 시설 등

III. 상충위험도 측정 시스템 구성

3.1 하드웨어 구성

차량-보행자간 상충위험도 측정 시스템은 그림 1과 같은 교차로를 모니터링하는 카메라와 개별 보행자의 행동특성을 추적할 수 있는 개인착용형 장비로 구성이 될 수 있다. 전체 교차로를 모니터링하는 평가시스템은 차량의 위상, 보행자의 위상, 그리고 둘 간의 인터랙션을 감지할 수 있다. 모니터링 시스템은 기존의 교통검지기 장비, CCTV, 드론 등을 활용할 수 있다. 개인착용형 장비는 개별 보행자 단위의 특성을 추적할 수 있는 형태를 가진다.

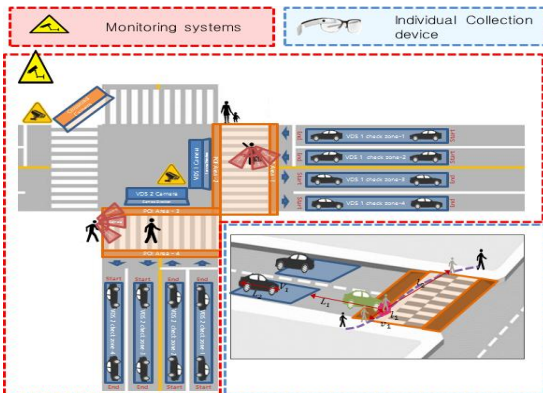


그림 1. 시스템 하드웨어 구성도
Fig. 1 System H/W configuration

개인착용형 장비는 개별 보행자의 특성(고령자, 비고령자, 어린이 등)을 자세히 추적 감지할 수 있도록 하는 부가적 장비로서 상충위험도 측정시 반드시 요구되는 장비는 아니다. 개인 착용형 장비는 구글글라스 등의 장비를 이용하면 그림 2와 같이 위치, 속도, 방향성, 시선 특성 등을 실시간으로 수집이 가능하다.



그림 2. 개인착용형 장비의 시선방향 추출
Fig. 2 Image data processing with heading data of wearable device

3.2 소프트웨어 구성

전술한 상충위험도 측정을 위한 소프트웨어는 그림 3과 같다. A. 모니터링 평가시스템은 사용자 입력, 집계, 출력이 가능한 웹기반 GUI(A.1), 개별 보행자의 정보를 수집 처리하는 부분(A.2), 카메라기반으로 차량 정보를 수집하는 부분(A.3), 그리고 차량과 보행자의 상충도를 판단하는 부분(A.4)로 구성하였다. B. 개인착용형 보행자 장비는 보행행동정보수집(B.1)과 heading정보수집(B.2)로 구성을 할 수 있다. 두 서브시스템 간의 인터페이스는 실시간이 아니라 분석단위시간 이후에 무선 혹은 유선의 통신을 통하여 두 데이터의 시각 동기화하는 형태로 구성이 되어 실제 운영된 지역에 대한 상충 위험도 평가가 가능한 시스템이다.

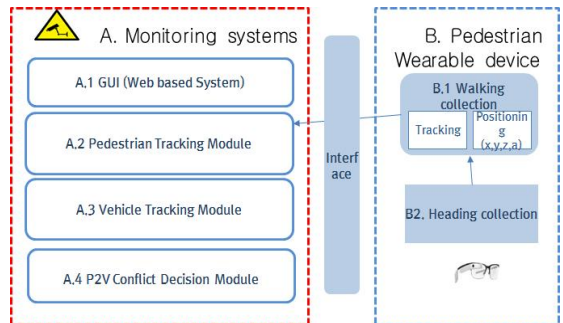


그림 3. 소프트웨어 구조도
Fig. 3 SW configuration

IV. 구현 및 적용

4.1 구현

상충위험도 측정 시스템에 대한 시스템 적용 결과는 그림 4와 그림 5와 같다. 그림 4는 외부모니터링 평가를 위해서 드론을 이용하여 교차로의 접근하는 차량, 보행자들을 영상으로 수집한 상황이고, 그림 5는 CCTV를 이용한 영상 수집의 적용 결과에 관한 것이다. 여기서, 개인 보행자의 보행행동 측정을 위하여 구글 글라스로 데이터를 수집하였다. 이 두 가지의 정보를 이용하여 보행자와 차량간의 상충위험도를 연산하여 측정연구시간(15분)동안의 보행자, 차량, 보행자와 차량과의 상충유형, PSM 을 측정하였다. 그림 6은 보행자-차량간의 상충유형에 따른 PSM의 결과 산출의 예를 나타낸 것이다. 가로축은 그림 7에서 정의한바와 같은 차량과 보행자의 상충유형에 대한 것이며, 세로축은 고령자와 비고령자의 PSM를 나타낸 것으로 비고령자가 고령자에 비해 PSM이 전반적으로 작다. 현재 시스템에 대한 신뢰도 검증은 별도로 수행 중에 있다.



그림 5. 모니터링 시스템의 적용 사례
Fig. 5 Implementation of monitoring system



그림 6. 보행자-차량간의 상충유형에 따른 PSM값 산출 사례
Fig. 6 The results of PSM of V2P conflict types

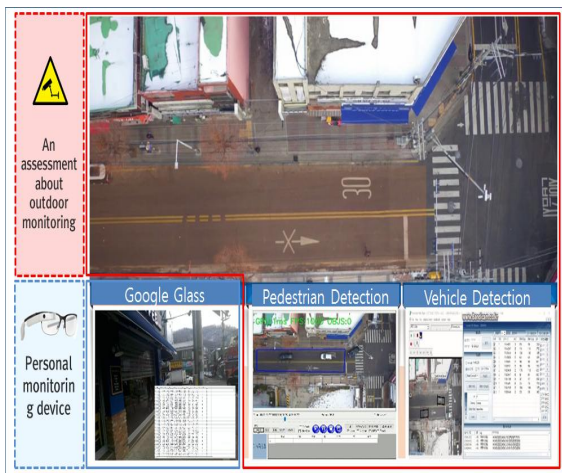


그림 4. 시스템 적용 개념
Fig. 4. Case study of system implementation

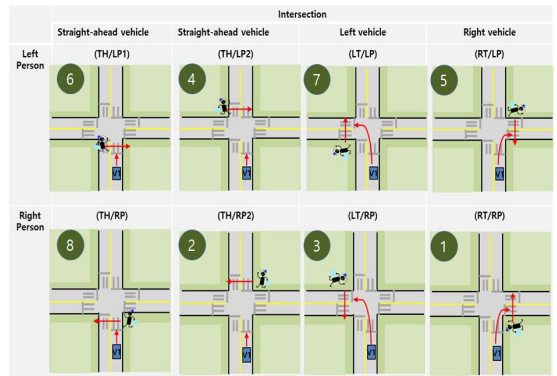


그림 7. 교차로 상충유형 분류
Fig. 7 Intersection traffic conflict type

4.2 시스템 활용방안

본 연구는 보행자와 차량의 접근상황에 대한 인터랙션을 확인하고 보행자와 차량의 위치, 속도, 방향성을 고려한 상충유형을 결정한 후 상충위험도를 분석할 수 있는 시스템에 대한 설계 방안을 제시하고 있다. 통상적으로 외국이나 우리나라에서는 보행행태 조사의 경우 조사원을 활용하여, 조사지의 기록방법, 조사내용 등을 이용한 수동화된 엔지니어링 방법이 일반적이다. 본 연구에서 제시한 형태의 시스템을 활용한 방법을 통하여 보행안전진단이나 행태 분석에 활용이 가능하다. 이러한 상충위험도 결과지표를 통하여 운전자나 보행자의 부주의 사고를 줄이기 위해 횡단 보도 제한속도 규제, 조명기준, 고원식 횡단보도, 지그재그 노면 설치, 중앙버스정류장 ‘보행자 무단횡단 금지’ 전광판 표시, 횡단보도 진입부 지그재그라인 설치, ‘천천히’ 및 ‘차조심’ 노면표시 설치, 내비게이션 사고 위험지점 안내, 보행자잔여시간표시기 설치 등에 정책 활용 가능하다

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 보행자-자동차간의 인터랙션을 확인하고 상충위험도 지표를 자동화하여 산출할 수 있는 시스템 설계에 관한 것이다. 이러한 시스템은 교차로(횡단보도) 교통 상충기법(TCT: Traffic Conflict Technical)을 통해 지정된 짧은 장소에서 짧은시간 동안 수시로 발생하는 상충을 관측하고 상충의 심각도에 따라 차량과 보행자간 상충지역에서의 상충위험도분석을 위해 연구 참여자, 자료조사원, 위험도 분석원이 데이터를 수집한다. 이를 통하여 상충위험도 지표로 PSM을 계산하여 위험상황을 정량적으로 연산할 수 있다. 고령자 횡단 보행위험행태 측정기술 및 분석 시스템의 서비스 대상은 1차 운영자가 보행자가 횡단 보행위험행태 데이터를 쉽게 접근하여 원활한 분석을 할 수 있는 기능을 제공함으로써 2차 보행자의 횡단 보도 횡단 시 안전을 확보될 수 있는 과학적인 서비스를 제공하여 보행자의 안전한 통행권 확보가 목적이다. 정책적으로는 차량-보행자간의 상충위험도 측정기술은 사고다발지점개선, 노인보호구역지정, 보행안전진단 및 행태분석에 활용할 수 있다.

향후 시스템의 정확도 및 정밀도와 관련된 성능지표의 검증이 필요하며 이를 통하여 지자체 및 의사결정자의 정책기반 시스템으로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 국토교통부에서 국토교통과학기술진흥원의 교통물류사업의 지원으로 수행되었음.(과제번호 16TLRP-B079209-03).

References

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The 8th Traffic Safety Basic Plan(2017-2021)," Announcement 2017-213, Feb. 2017.
- [2] W. Cho and J. Jang, "Safety message transmission technology for the elderly pedestrians at the conflict area: background and technology concept," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 3, 2015, pp. 413-418.
- [3] J. Jang and W. Cho, "Road safety message providing methodology for considering the elderly walking behavior," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2015, pp. 9-16.
- [4] J. Aang, B. Yoo, and H. Lee, "A real-time sensing system of elderly's crossing behavior at outdoor environments," *The 7th Int. Conf. on ICT Convergence*, Jeju, Korea, June 2016.
- [5] H. Timmermans, *Pedestrian behavior: models, data collection and applications*. Emerald Group Publishing, Nov. 2009.
- [6] G. Griffin, K. Nordback, T. Götschi, E. Stolz, and S. Kothuri, S., "Monitoring bicyclist and pedestrian travel and behavior: current research and practice," *Transportation Research E-Circular*, (E-C183), Mar. 2014.
- [7] S. Perkins and J. Harris, "Traffic conflict characteristics: Accident potential at intersections," *Highway Research Record*, no. 225, *Highway Research Board*, Dec. 1968.
- [8] C. Hyden, "The development of a method for traffic safety evaluation : The Swedich traffic

Conflicts Technique," *Bulletin Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund University, Issue number 70, 1987.*

- [9] R. Rastogi, S. Chandra, and V. Das, "Risk Analysis and Pedestrian Crossing Behaviour," *Traffic Engineering and Control*, no. 53, vol 10, pp. 383-386, Nov. 2012.
- [10] R. Lobjois, N. Benguigui, and V. Cavallo, "The effects of age and traffic density on street-crossing behavior," *Accident Analysis and Prevention*, no. 53, 2013, pp. 166-175. Apr. 2013.

저자 소개



장정아 (Jeong-Ah Jang)

2000년 아주대학교 환경도시공학부 졸업(공학사)

2002년 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과(공학석사)

2009년 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과(공학박사)

2004년 5월~2014년 3월 한국전자통신연구원 융합기술연구부분 연구원/선임연구원

2014년 4월~현재 아주대학교 TOD기반 도시교통연구센터 연구교수

※ 관심분야 : ITS, TOD(Transit Oriented Development), 교통정보융합기술, 자동차-IT



이현수(Hyeon-Soo Lee)

2015년 아주대학교 교통공학과 수료(공학박사)

2016년 ~ 현재 (주)엘비씨소프트 ICT연구팀 팀장

※ 관심분야 : ITS통신시스템, ICT, C-ITS