

VRU 안전 시스템의 충돌 감지 기법 연구 동향 분석

김수, 서준호, 김성현, *김동균

경북대학교

kimsu@knu.ac.kr, jhseo@knu.ac.kr, sunghyunkim@knu.ac.kr, dongkyun@knu.ac.kr

Collision Detection Technique in VRU Safety System

Kim Su, Seo Junho, Kim Sung Hyun, Kim Dong Kyun

Kyungpook National University

요약

개인형 이동 수단(Personal Mobility)의 보급 확대와 이용자의 증가에 따른 관련 사고가 최근 증가하고 있다. 이에 따라 VRU(Vulnerable Road Users)의 보호에 대한 중요성이 대두되고 있으며, VRU의 보호 및 사고 감소를 위한 안전 시스템에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행 중에 있다. VRU 안전 시스템의 충돌 감지 기법은 VRU의 위치, 속도, 이동 경로를 분석하고 경고 메시지를 제공한다. 본 논문에서는 최근 연구되고 있는 충돌 감지 기법 연구를 분석하고, 충돌 감지 기법의 향후 연구 방향을 제시한다.

I. 서론

최근 개인형 이동 수단의 보급이 확대됨에 따른 관련 사고가 증가하고 있으며 이에 따라 VRU를 보호할 필요성이 대두되고 있다[1]. VRU는 보행자, 자전거 이용자, 오토바이 및 기타 경량 이동 수단 사용자를 포함하며, 이들은 물리적 취약성으로 인해 도로에서 높은 위험에 노출되어 있다.

이러한 문제에 대응하기 위하여 C-ITS (Connected-Intelligent Transport Systems) 내 V2X (Vehicle-to-Everything) 기술이 연구되고 있다. V2X 중에서도 V2P (Vehicle-to-Pedestrian) 기술은 특히 VRU를 대상으로 한다. V2P 기술 중 VRU 안전 시스템에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. VRU 안전 시스템의 중요한 구성 요소 중 하나인 충돌 감지 기법은 차량과 VRU의 위치, 속도, 이동 경로를 분석하고, 차량 운전자 및 VRU에게 경고 메시지를 전달 함으로써 안전한 도로 환경을 조성하고 사고를 예방할 수 있다[2].

본 논문에서는 최근 연구에서 제안한 충돌 감지 기법을 검토 및 분석하고, 기존에 제안한 기법이 직면하고 있는 문제를 확인하여 향후 충돌 감지 기법 연구 방향을 제시한다.

II. 본론

최근 많은 연구를 통해 VRU와 차량의 충돌 감지를 위한 충돌 감지 기법이 제안되고 있다. 본 논문에서는 충돌 감지 기법의 충돌 감지 대상에 따라 구분하여 분석 및 리뷰하고자 한다. 클라우드에서 충돌을 감지하는 방법과 RSU(Roadside Unit)의 주변 정보 수집을 바탕으로 충돌을 감지하는 방법 및 차량이나 사용자의 기기에서 충돌 감지를 하는 방법이 있다.

먼저, [3]에서는 스마트폰 애플리케이션과 클라우드 서버를 이용하여 스마트폰 외에 추가 하드웨어 없이 클라우드 환경에서 데이터를 처리하는 충돌 감지 시스템을 제안하였다. 시스템의 자세한 동작 방법은 그림 1과 같다. 사용자의 위치 예측을 위해 현재 위치로부터 다음 10초 동안의 위치를 예측한 위치를 선으로 이은 직선 궤적을 클라우드로 전송한다. 클라우드 서버는 사용자로부터 전송받은 직선 궤적과 차량의 궤적을 분석한

다. 이 과정에서 제안된 기법은 실시간으로 충돌 가능성을 계산하며, 특정 임계값 이상의 충돌 위험이 감지되면 경고신호를 발생시킨다. 논문의 저자들은 다양한 시나리오를 이용한 현장 실사 테스트를 진행하였고, 사용자의 예측된 위치로 인한 잠재적인 충돌을 예측 및 경고신호를 발생하여 사용자가 차량과의 충돌에 대응할 수 있는 결과를 도출하였다. 향후 저자들은 단순한 직선 궤적이 아닌 VRU의 행동 중심적인 새로운 궤적을 적용하는 후속 연구를 진행할 예정이다.

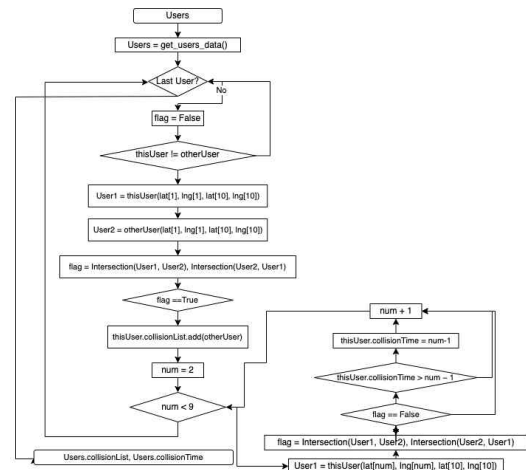


그림 1. 충돌 감지 알고리즘(Collision Detection Algorithm)

충돌 예측을 위한 VRU의 행동 예측이 어렵다는 문제를 해결하기 위해 다른 논문에서는 머신러닝을 이용한 VRU 안전 시스템을 제안하였다. 제안 기법은 차량과 동일한 통신 기술 설치가 용이한 오토바이를 VRU로 대체하여 머신 러닝 기반 사고 예측 솔루션을 연구 및 제안하였다[4].

제안한 사고 예측 솔루션은 교차로에서 차량이 회전할 경우 VRU인 오토바이와 충돌할 수 있는 시뮬레이션 시나리오를 VEINS(Vehicles in Network Simulation) 프레임워크 (SUMO(도시 모빌리티 시뮬레이션)와 OMNeT++를 결합한 프레임워크)를 사용하여 시뮬레이션하였다. 그림 2

에 도식화한 두 가지 시나리오의 시물레이션 데이터(스테이션 ID, 경도, 위도, 고도, 방향, 속도, 가속도, 차량 길이, 차량 폭, 차량 종류)를 VEINS 내의 RSU가 수집하고, 충돌을 예측한다. 충돌 예측을 위한 인공지능 모델로는 두 개의 드롭아웃 레이어가 있는 스택형 LSTM(Long Short-Term Memory) 모델을 선정하였다. 수집한 시물레이션 데이터를 기반으로 학습한 모델을 적용 한 결과, 시나리오 A에서 96%, 시나리오 B에서 95%의 충돌 사고 예측을 각 평균 4.53초 및 4.44초 이내에 예측하는 결과를 보였다. 이는 각각 41%와 43%의 적합 결정 비율(Correct Decision Percentage)을 나타낸다.

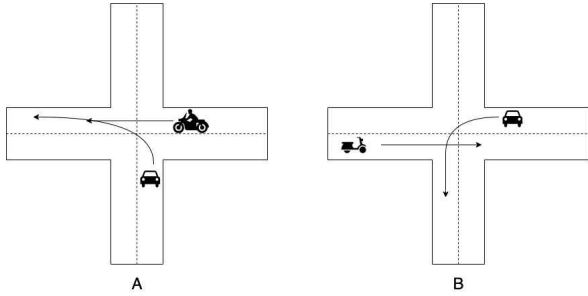


그림 2. 교차로에서 차량과 오토바이가 충돌하는 두 가지 시나리오

마지막으로 [5]에서는 스마트폰 애플리케이션과 차량에 부가적으로 설치한 장치 간 BLE(Bluetooth Low Energy) 통신을 이용하여 차량 운전자에게 경고하는 VRU 안전 시스템을 제안하였다. 스마트폰 애플리케이션에서 사용자의 위도, 경도, 진행 방향, 속도, 그리고 가속도를 PSM(Personal Safety Message) 형식으로 변환하여 BLE Advertisement 모드로 브로드캐스트 한다. 데이터를 차량에서 수신 후 칼만 필터를 적용하여 데이터를 정제, 노이즈 감소 후 그림 3과 같이 미리 학습된 LSTM 신경망을 사용하여 VRU의 진행 방향을 예측한다.

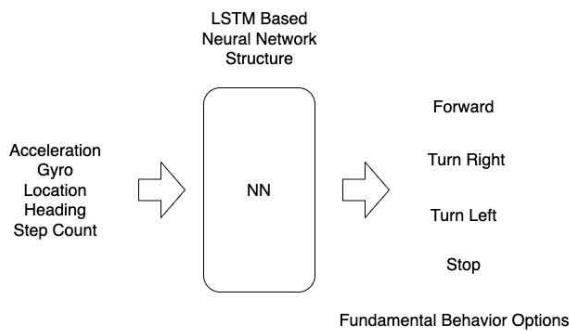


그림 3. 보행자 진행 방향 예측 방법

예측한 차량과 VRU의 거리에 따른 TTZ(Time-To-collision-Zone)를 계산하고 결과에 따라 안내, 경고, 긴급과 같은 3단계의 경고 메시지를 운전자에게 전송한다. 경고 메시지를 수신한 운전자는 차량을 제동하여 보행자와 충돌을 미연에 방지할 수 있다. 실제 데이터를 수집하여 모델을 학습시킨 이 연구는 실제 상황에 적용하여 추가적인 연구를 해 볼 필요성이 높다고 판단된다.

III. 결론

본 논문에서는 VRU 안전 시스템에서 사용되는 충돌 감지 기법에 대한 연구 및 제안 기법을 분석하였다. 스마트폰을 이용한 보행자의 현재 위치를 수집하고 직선 궤적을 계산하여, 차량과의 충돌 가능성을 예측하고 VRU에게 경고하는 시스템에서는 직선 궤적을 예측하였지만, 변칙적인 이동을 보이는 보행자의 움직임을 예측하기 위해 새로운 움직임 예측 패

턴에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

오토바이와 차량 간의 충돌 가능성이 있는 두 가지 시나리오에 대해 시물레이션하고, 결과 데이터를 기반으로 머신러닝을 적용하여 충돌을 예측하는 VRU 안전 예측 시스템은 RSU에서 차량과 오토바이의 정보를 받아 스택형 LSTM 모델을 사용하여 머신러닝 학습된 데이터를 이용해 충돌을 감지하였다. 하지만, 시물레이션을 통해 수집한 데이터만을 사용하여 제안하였기 때문에 실제 도로 환경에서 적용 가능 여부에 대한 추가적인 실측 테스트와 RSU가 충분히 보급되어 있는지에 대한 확인 또한 필요할 것으로 판단된다.

보행자 정보를 차량에서 수신 후 데이터를 LSTM 신경망을 통해 보행자의 진행 방향을 예측하고, 보행자와의 충돌 시간을 차량에서 계산하여 운전자에게 경고를 제공하는 시스템은 차량에서 데이터를 처리하는 별도의 기기가 차량마다 탑재되어야 한다는 비용 및 물리적 한계점이 있다.

이러한 문제들을 고려하여 추후 연구에서는 변칙적인 VRU의 움직임을 정확히 예측할 수 있는 알고리즘, 충돌감지 수행 주체에 따른 감지 시간과 비용의 차이, 사용자에게 적시에 경고를 전달하는 메시지 전송 프로토콜 등에 관한 추가적인 연구가 필요하다 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업업(IITP-2024-RS-2022-00156389)

참고 문헌

- [1] 고경주. "전동킥보드 사고 6년 만에 20배 늘었다...3년간 사망만 55명." www.hani.co.kr/arti/society/society_general/1134079.html.
- [2] 오철 기자. "한자연, UC버클리과 협력자율주행·VRU 안전도 향상 기술 협력." 전기신문, 18 Apr. 2024, www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=335789.
- [3] M. I. Sayed and A. Haque, "A Real-time Vehicle-Pedestrian Collision Avoidance System Exploiting Lightweight Smartphone App," 2023 IEEE 98th Vehicular Technology Conference (VTC2023-Fall), Hong Kong, Hong Kong, pp. 1-5, 2023, doi: 10.1109/VTC2023-Fall60731.2023.10333777.
- [4] Bruno Ribeiro, Maria Joao Nicolau, and Alexandre Santos. "Machine Learning for VRUs Accidents Prediction Using V2X Data Proceedings of the 38th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing." ACM Conferences, 2023, [dl.acm.org/doi/10.1145/3555776.3578263](https://doi.org/10.1145/3555776.3578263).
- [5] Sukru Yaren Gelbal, et al. "Vulnerable Road User Safety Using Mobile Phones with Vehicle-To-VRU Communication." *Electronics*, vol. 13, no. 2, 12 Jan. 2024, pp. 331-331, www.mdpi.com/2079-9292/13/2/331, <https://doi.org/10.3390/electronics13020331>.