

소리 분류 모델을 이용한 골목길에서의 차량-보행자 충돌 위험 방지 시스템

김지혁⁰, 박상근

경희대학교 소프트웨어융합학과

wlgur0202@khu.ac.kr, sk.park@khu.ac.kr

Vehicle-Pedestrian Collision Risk Prevention System in Alleys Using a Sound Classification Model

Jihyeok Kim⁰, Sangkeun Park

Department of Software Convergence, Kyung Hee University

요 약

최근 노이즈 캔슬링 기능을 갖춘 이어폰 및 헤드폰을 착용한 보행자와 차량 간의 충돌 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 특히 좁은 골목길에서는 시야가 차단된 상태에서 소음으로 인한 인지 저하로 인해 사고 위험이 커진다. 기존의 차량-보행자 충돌 방지를 위한 IT기술은 카메라나 센서 등을 활용한 방법이 있지만, 이러한 기술은 모든 지역에 적용되기 어렵고 설치 비용이 많이 든다는 한계가 있다. 본 연구에서는 별도의 센서 없이 스마트폰으로 주변 소리를 감지하고 경고음을 발생시키는 모바일 애플리케이션을 개발했다. 해당 앱은 차량 소리가 감지되면 보행자에게 차량이 가까이 접근하고 있다는 사실을 알리는 경고음을 발생해서 노이즈 캔슬링을 사용하는 보행자도 빠르게 이를 인지하여 사고를 예방할 수 있다. 사용자 스테디를 통해 제안된 방법의 실용성과 일상생활에서의 충돌 사고 예방 가능성을 확인했다.

1. 서 론*

노이즈 캔슬링(소음 차단) 기능을 지원하는 이어폰/헤드폰을 착용하고 노래를 들으며 이동 중인 보행자와 차량의 충돌 사고가 문제가 되고 있다[1]. 도로교통공단에서 진행한 실험에 따르면, 노이즈 캔슬링 기능을 사용할 때는 차량이 1m 내로 접근해도 보행자가 차량을 거의 인식하지 못했다[2]. 특히, 골목길에서는 건물과 같은 장애물 때문에 시야도 차단되어 더욱 사고에 노출되기 쉽다. 2019년 기준 보행 중 교통사고로 사망하는 사람의 약 44%가 좁은 골목길에서 발생한 사고로 인한 것이고, 매일 약 2명이 좁은 골목길에서 차 사고로 사망하고 있다[3].

매년 증가하는 차량-보행자의 충돌 사고를 줄이기 위해 IT기술을 활용한 다양한 연구가 수행되고 있다. 카메라, 센서 등을 활용해 차량과 보행자의 충돌을 예측하고[4, 5], Wi-Fi AP를 이용해 보행자의 위치를 운전자에게 전달하는 등 차량과 보행자의 사고를 예방하기 위한 다양한 시도가 있었다[6]. 하지만 모든 골목길에 차량-보행자 인식을 위한 센서가 설치되어 있지 않고, 설치하는데도 상당한 비용이 필요하다.

본 논문에서는 차량 소리를 분류하는 모델을 개발해 주변에 차량이 인식되었을 경우 보행자에게 경고음을 울려 사고를 예방하는 방법을 제안한다. 외부의 다양한 소음과 차량 소리를 분류하는 모델을 개발했으며, 해당 모델을 스마트폰 앱에 적용해 차량 소리가 인식되면 경고음이 울리도록 하였다. 해당 연구의 실용성을 확인하기 위해 사용자 스테디를 수행하고, 일상생활에서 충돌 사고 예방에 활용될 수 있음을 확인하였다.

* "본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 2024년도 SW중심대학사업의 결과로 수행되었음"(2023-0-00042)

2. 관련 연구

각종 센서를 활용해서 차량과 보행자의 충돌 사고를 예방하기 위한 다양한 연구들이 수행되었다. Jeong et al.[4]은 카메라에 찍히는 영상을 분석해서 골목길에 접근하는 차량을 인식하고, 비콘으로 보행자의 스마트폰에 차량 접근 신호를 보내는 시스템을 개발하였다. Wu et al.[5]는 도로변의 LiDAR 센서를 이용하여 차량과 보행자의 충돌 위험을 사전에 식별하는 방법을 제안했고, Kim et al.[6]은 Wi-Fi AP를 활용해 보행자의 위치 정보를 수집하고, 근처 운전자에게 보행자의 위치 정보를 공유하는 방법을 제안했다.

소리를 활용해 안전을 강화하는 연구도 진행되고 있다. Choi et al.[7]는 모든 소리를 차단하는 기존의 노이즈 캔슬링을 개선해 특정 소리만을 들을 수 있는 선택적 노이즈 캔슬링에 대한 연구를 수행하였다. 공사장과 같이 큰 소음이 발생하는 곳에서 근로자의 청각을 보호하면서도 말 소리, 사이렌 소리처럼 위험 상황을 인지할 수 있는 소리를 선택적으로 들을 수 있는 방법을 제안했다. Choi et al.[8]는 무인 보안 시스템 구축을 위해 비명, 사이렌, 경적 등 보안 관련 소리를 분류하는 모델을 개발하였다.

기존 연구는 교통사고 및 각종 안전사고를 방지하기 위해 다양한 센서를 활용했기 때문에 특정 센서가 갖춰지지 않은 상황에 적용하기 힘들다는 한계가 있다. 본 연구에서는 별도의 센서 없이 개인이 항상 소지하고 있는 스마트폰으로 사고 위험이 있는 소리를 감지해서 사용자에게 위험 신호를 전달하는 새로운 사고 방지 시스템을 제안한다.

3. 연구 방법

3.1 데이터 수집 및 전처리

일상생활에서 발생하는 소음 중 차량 소리만을 인식하는 소리 분류 모델을 개발하기 위해 차량 소리 데이터와 외부 소음 데이터가 필요하다. 차량 소리 데이터로, 파이썬 오픈소스 패키지 저장소 PyPi의 Car Sound Dataset¹에서 자동차(Car), 오토바이(Bike), 두 종류의 데이터를 각각 1,000개씩 수집해 학습에 활용했다. 외부 소음 데이터로는 Zenodo의 Isolated Urban Sound Database²에서 새(Bird) 25개, 바람(Wind) 15개, 비(Rain) 14개, 군중(Crowd) 15개, 말(Chatter) 25개, 발걸음(Walk) 12개, 여섯 종류를 수집했다. 수집된 Isolated Urban Sound Database의 파일을 모두 4초 단위의 소리 데이터로 분할하고, 종류별로 1,000개씩 랜덤하게 샘플링해서 학습에 활용했다.

¹ <https://pypi.org/project/car-sound-dataset/#description>

² <https://zenodo.org/records/1213793>

3.2 소리 분류 모델 개발

소리 분류 모델이 주파수 영역에서 소리의 특성을 더 잘 반영할 수 있도록, 모델의 입력 값으로 소리 데이터를 바로 사용하지 않고 멜-스펙트로그램으로 변환해 특징값을 활용했다. 멜-스펙트로그램은 소리 데이터의 시간 도메인을 주파수 도메인으로 변환한 후, 멜 스케일로 주파수 축을 변환한 스펙트로그램이다. 소리 데이터 자체를 바로 학습에 사용하지 않고 멜-스펙트로그램으로 변환하여 학습에 활용하면 소리의 중요한 특징을 추출해 처리하기 때문에 모델이 소리의 패턴을 인식하는 데 더 도움이 된다. 멜-스펙트로그램은 시간 축과 주파수 축을 가진 2차원 이미지이기 때문에 CNN과 같은 모델을 활용해 추출한 특징값을 학습할 수 있다. 소리 분류에 자주 사용되는 두 모델인 LSTM과 CNN을 활용해 각각 특징값을 학습시킨 후 성능을 비교했다.

표 1. LSTM, CNN 기반의 소리 분류 모델 성능 비교

	LSTM	CNN
Accuracy	93.3%	96.2%
Precision	93.5%	96.4%
Recall	93.3	96.2%
F1-score	93.3	96.2%

파이썬으로 수집한 소리 데이터로부터 멜-스펙트로그램의 특징값을 추출하였고, LSTM과 CNN 기반의 소리 분류 모델을 개발했다. 그 결과 LSTM 기반의 소리 분류 모델은 정확도가 약 93.3%, F1-score가 약 93.3%였고, CNN 기반의 소리 분류 모델은 정확도가 약 96.2%, F1-score가 약 96.2%로 CNN 기반의 소리 분류 모델이 더 좋은 성능을 보였다 [표 1]. 따라서 최종적으로 CNN 기반의 소리 분류 모델을 채택했다.

3.3 충돌 위험 방지 앱 개발



그림 1. 앱 초기 화면(좌), 차량 인식 화면(우)

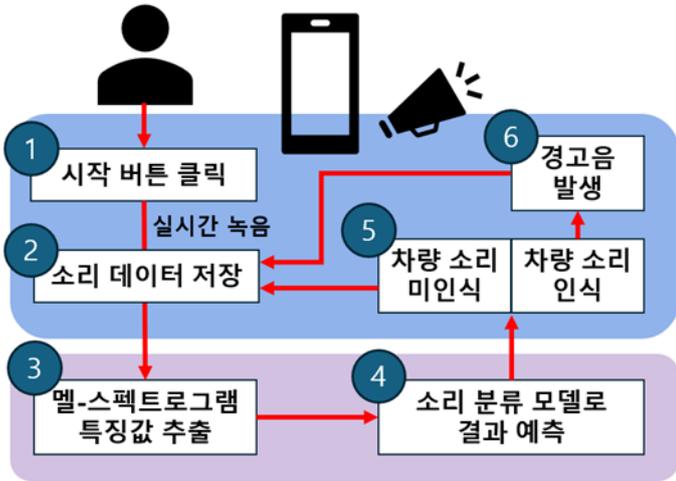


그림 2. 앱 동작 구조

CNN 기반 소리 분류 모델을 활용해 충돌 위험 방지 앱을 개발했다 [그림 1]. 해당 앱은 [그림 2]와 같이 작동한다. 사용자가 시작 버튼을 누르면 실시간으로 외부 소리를 녹음하기 시작한다. 실시간으로 4초마다 하나의 소리 데이터를 생성하고, 이 소리 데이터에서 멜-스펙트로그램 특징값을 추출한다. 이 특징값을 활용해 최근 4초의 소리가 차량 소리인지 일상 소음인지 분류한다.

모델의 분류 결과가 새(Bird), 바람(Wind), 비(Rain), 군중(Crowd), 말(Chatter), 발걸음(Walk) 중 하나로 분류될 경우, 주변에 차량이 없는 일상 소음인 것으로 인식하여 아무 경고음을 울리지 않는다. 자동차(Car) 또는 오토바이(Bike)로 분류될 경우 차량이 접근 중인 것으로 인식하여 즉시 사용자의 스마트폰으로 경고음을 울린다. 사용자가 노이즈 캔슬링 기능을 사용한 채로 이어폰/헤드폰으로 노래를 듣고 있더라도 차량이 접근 중이라는 경고음을 듣고 미리 대비하여 사고를 예방할 수 있다.

4. 사용자 스테디

2024년 9월, 평소에 이어폰/헤드폰을 사용하면서 노이즈 캔슬링 기능을 자주 사용하는 20대 참여자(남자 2: M1, M2), 여자: F1)를 모집했다. 최근 이어폰 및 헤드폰에서 노이즈 캔슬링 기능을 켜고 노래를 들으며 이동 중 차량과 충돌할 뻔한 경험에 대한 질문에, 참가자 전원이 경험이 있다고 응답했다. 참여자에게 본 연구진이 개발한 앱의 취지와 사용법을 설명하고, 일주일 동안 자유롭게 사용해달라고 요청했다. 참여자는 평소와 동일하게 이어폰/헤드폰을 사용하면서, 사고 위험이 있다고 생각될 때 해당 앱의 충돌 위험 방지 기능을 사용했다.

참여자 전원은 해당 앱의 효과에 대해서 긍정적인 반응을 보였다. 예를 들어, “경고음이 울려 잠깐 섰는데, 옆 골목에서 차가 지나갔다.” (M1), “노이즈 캔슬링 이어폰을 사용할 때 이런 기능이 있으면 도움이 될 것 같다.” (M2)라는 응답이 있었다. 또한, 기존의 충돌 방지 시스템을 소개했을 때 “그런 게 있는 줄 몰랐다.”(M1), “스마트폰만 있어도 쓸 수 있어서 더 편리하고 실용성 있는 것 같다” (F1)며 기존 시스템의 개선점에 대해 만족감을 보였다.

5. 결론

본 연구에서는 CNN 기반의 소리 분류 모델을 개발하고 이를 적용하여 충돌 사고를 방지할 수 있는 앱을 개발했으며, 사용자 스테디를 통해 해당 연구가 충돌 사고 예방에 효과적으로 활용될 수 있음을 확인했다. 본 연구에서는 외부 소음에 영향을 적게 받고자 여러 소음을 함께 학습했지만, 여전히 정확도를 더 개선할 여지가 존재한다. 향후 더 다양한 종류의 소음을 학습시키고 추가적인 모델 개선을 통해 잘못 인식하는 경우를 더 줄이면 기존보다 효과적으로 충돌 사고를 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 황준선, “차 다가와도 내 갈 길만...’노이즈캔슬링’에 사고 위험↑”, 뉴시스, 2024.03.02.
- [2] 송정훈, “[M피소드] 차가 와도, 사람이 불러도 ‘고요’..도로 위 ‘노이즈캔슬링’ 괜찮을까?”, mbc뉴스, 2023.12.02.
- [3] 김강래, “보행중 교통사고 사망, 44%가 좁은 골목길”, 매일경제, 2019.04.07.
- [4] Jeong et al., “YOLO 및 비콘 기반 골목길 차량 접근 알람 플랫폼”, 한국통신학회 동계종합학술발표회, 1215-1216, 2023
- [5] Wu et al., “An improved vehicle-pedestrian near-crash identification method with a roadside LiDAR sensor”, Journal of Safety Research 73, 211-224, 2020
- [6] Kim et al., “Wi-Fi 기반 스쿨존 및 골목길 내 어린이 확인 알람 시스템 개발”, 한국통신학회 하계종합학술발표회, 1530-1531, 2022
- [7] Choi et al., “선택적 노이즈 캔슬링을 위한 딥 러닝 기반의 환경 인지 기술”, 한국방송·미디어공학회 하계학술대회, 252-254, 2020
- [8] Choi et al., “MFCC와 HMM을 이용한 보안용 소리 탐지 시스템 개발”, 한국통신학회 추계종합학술발표회, 352-353, 2016