

360 도 카메라를 활용한 보행 시 차량 접근 알림 시스템

윤소연*, 김은지*, 이원영*

*이화여자대학교 컴퓨터공학과

soyeoncom@ewhain.net, kimeunji33@ewhain.net, luv0225@ewhain.net

Approaching Vehicles Alert System Based on the 360 Degree Camera

Soyeon-Yoon *, Eun-ji Kim*, Won-young Lee*

*Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

해당 연구는 Insta evo 360° 카메라로 촬영한 Equirectangular 형태의 영상을 활용하여 보행자에게 위험한 차량을 구분한 후 실시간적으로 차량 접근 알림을 주는 시스템에 관한 연구이다. 360° 영상 속 위험 차량 탐지와 추적을 위해 파노라마와 일반도로 이미지 데이터 세트로 전이학습 된 You Look Only Once v5 (YOLOv5), 객체 추적 알고리즘 Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric (DeepSORT), 그리고 실험을 통해 개발한 비 위험 차량 필터링 알고리즘을 활용한다. Insta evo 360° 카메라를 머리 위에 얹어 촬영한 영상을 개발한 최종 시스템에 적용한 결과, 약 90% 정확도로 영상에서 비 위험 차량과 위험 차량을 구분할 수 있고, 위험 차량의 경우 차량의 방향을 시각적으로 알려줄 수 있다. 본 연구를 바탕으로 보행자 시야각 외부의 위험 차량에 대한 경고 알림을 주어 보행자 교통사고 발생 가능성을 줄이고, 전방위를 볼 수 있는 360° 카메라의 활용 분야가 보행 안전 시스템뿐만 아니라 더 다양해질 것으로 기대한다.

1. 서론

1.1 연구배경

최근 디지털 기기 보급의 증가로 주의 분산 보행자가 급증했다. [1] 삼성교통문화안전 연구소의 2014년부터 2016년까지의 보행 중 주의 분산 실태 분석 결과에 따르면 보행자 교통사고 원인의 61%가 스마트폰과 관련된 보행자의 주의 분산이며, 실제 보행 중 디지털 기기 사용은 보행자의 시야 폭, 전방 주시율, 보행 속도를 감소시켜 보행 사고의 위험에 노출시킨다. 노이즈 캔슬링 이어폰 등 일상 속 디지털 기기 사용이 그 어느 때보다 잦은 오늘날 주의 분산 보행자의 안전을 보장할 시스템의 필요성을 발견했다.

1.2 연구목적

주의 분산 보행자의 안전을 보장하기 위해 두 가지 아이디어를 고안했다. 보행자의 주변 위험요소를 사고 발생 전 “미리” 알려주는 것이다. 주행 차량과 같은 위험요소를 경고함으로써 보행자 교통 사고를 감소를 기대할 수 있다.

또한 360 도 카메라를 활용하여 최대 120 도인 인간

의 시야각 한계를 극복하고 전방위 위험 요소를 파악한다. 그러나 모든 주행 차량의 정보를 제공하는 것은 보행자에게 혼란을 유발할 수 있다. 따라서 보행자에게 위험이 되는 차량, 즉, 보행자에게 접근하는 차량만 선택적으로 경고한다.

따라서 본 연구는 보행자가 360 도 카메라를 착용하여 주위 환경을 실시간으로 촬영하면, Object Detection, Tracking, car filtering 알고리즘을 통해 일정 거리 내에서 보행자에게 접근하는 자동차를 감지하고, 차량의 방향과 함께 위험을 경고하는 시스템을 개발한다.

2. 활용 데이터셋 및 모델 학습 결과

모델 훈련을 위한 데이터 세트는 실제 도로 상황을 촬영한 Streetview 와 StreetLearn 에서 일부 활용한 것이며, 최종 데이터 세트는 train 1975 장과 validation 430 장으로 이루어졌다.



(그림 1) Streetview 도로 데이터셋.



(그림 2) StreetLearn 360 파노라마 데이터셋.

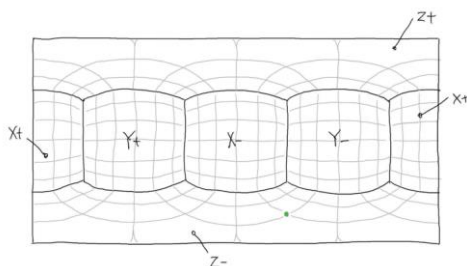
Object detection 모델로는 실시간 물체 탐지에 적합한 [2] You Look Only Once(YOLO) 중 탐지 속도와 성능이 가장 많이 개선된 버전 5 를 사용하였고, 전이 학습(transfer learning)을 이용하여 모델을 훈련했다.

360 도 영상 특성상 특정 위치에서 물체가 왜곡되어 표현되는데, 이는 테스트 영상과 가장 비슷한 이미지를 훈련 데이터 세트로 사용함으로써 모델 탐지 정밀도(Precision)와 재현율(Recall)을 높일 수 있었다. 또한 차량 가림 현상과 어두운 밤 영상에서도 object detection 이 잘 될 수 있도록 훈련 데이터 세트에 가림 현상이 있는 차량과 grayscale 이 적용된 이미지를 추가했다. 그 결과, validation 이미지 데이터에 대한 모델의 정밀도와 재현율은 각각 약 88%, 87%였고, 가림 현상과 왜곡에 대해서도 차량을 잘 탐지할 수 있었다.

3. 영상 전처리

영상 전처리는 z 존 제거, 예외처리, 그리고 처리하는 프레임 수 줄이기가 있다. 첫 번째, z 존 제거는 equirectangular 파노라마 이미지를 (그림 3)과 같은 좌표로 나타낼 때, 하늘과 땅, 즉, 자동차가 존재하지 않는 부분을 제거하는 것이다. 두 번째, 예외처리는 0 도와 360 도 축이 파노라마 이미지의 양 끝에 배치될 때, 해당 축 근처에 나타나는 차량이 잘린 형태로 나타나 물체 탐지과정에서 두 개의 차량으로 인식하는 것을 방지할 수 있다. 세 번째, 프레임 수 줄이기는 detector 가 처리하는 프레임 수를 줄이는 것이다.

3.1 영상 처리 속도 향상



(그림 3) Equirectangular 파노라마 이미지에서 3 차원 영역이 2차원으로 표현되는 방식.

해당 연구에서 사용하는 테스트 영상의 각 이미지 프레임에는 차량이 절대 존재할 수 없는 “Z 존” 이 있다. Z 존을 (그림 3)의 상단과 하단 영역으로 정의할 때, 위는 하늘이고 아래는 사람의 머리이기 때문에 차량이 존재할 수 없다. 따라서 detector 에 이미지 프레임을 넘기기 전 이곳을 제거하였다.

또한 본 연구에서는 detector 가 처리하는 이미지 프레임을 10 프레임당 한 번으로 제한하고 있다. 이것은 자동차 필터링 알고리즘 적용 시 보행자 접근 차량의 크기 변화율과 주차된 차량의 크기 변화를 구분을 위해 경험적으로 정한 빈도수며, 영상 처리 속도 또한 높일 수 있다.

위 두 처리 방법을 적용하기 전과 후로 나누어 시스템의 8 초 영상 처리 시간을 비교한 결과, 적용 후 영상 처리 속도가 적용 전보다 약 90% 향상되었다. 이는 해당 시스템의 실시간적 영상 처리가 가능함을 보여준다.

3.2 이미지 좌우 이어 붙이기

본 연구는 360 도 3 차원 영상을 2 차원으로 변환하는 등장 방형 도법 (Equirectangular Projection)을 활용하고 있다. 이것은 구 형태의 3 차원 데이터를 2 차원 평면상에 투영하는 기법이며, 이때 0 도와 360 도 각각은 평면 이미지의 맨 왼쪽과 오른쪽에 배치된다. 따라서 0 도 또는 360 도 축에 존재하는 차량은 일부가 잘린 형태로 양 끝에 나타나고, Object Detection 시 같은 차량을 두 개의 다른 차량으로 인식하는 예외상황이 발생한다.

위 문제를 해결하기 위해 640x1280 이미지에서 x 값 0 픽셀부터 64 픽셀 영역을 복사하여 이미지의 오른쪽 끝에 이어 붙였다. 이때 중복 탐지를 방지하기 위해 기존의 0 에서 64 픽셀 이미지 영역은 탐지 제한 영역으로 지정했다.

4. 위험 차량 구분

360 도 equirectangular 파노라마 형태의 영상은 가로와 세로 2:1 비율을 가지며, 0 도에서 360 까지 전방위가 연속적으로 표현된다. 이때 촬영 카메라를 머리 위에 없으면 중심점은 머리의 정수리가 되고, 착용자에게 다가오는 물체는 항상 정면으로 나타난다.

카메라를 착용한 보행자에게 다가오는 차량은 항상 정면 형태로 표현된다는 사실을 기반으로 위험 차량 필터링 알고리즘을 개발했고, 이때 프레임마다 같은 차량에 대해서는 고유한 ID 를 부여할 수 있도록 [3] Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric (DeepSORT) 알고리즘을 도입했다.

4.1 위험거리보다 먼 차량 필터링

위험 거리에 대한 임계값을 설정하여 이보다 멀리 있는 차량은 우선으로 제외했다. 이는 작은 물체에 대한 YOLO 모델의 낮은 정밀도 문제와 다량의 차량 정보 제공 시 야기되는 보행자의 불편함을 해결할 수 있다. 실험을 통해 경고 알람을 시작할 바운딩 박스 크기 임계 값을 1000 으로 설정하였고, 탐지된 물체의 바운딩 박스 크기가 1,000 보다 작을 경우 위험 차량 리스트에서 제외했다.

4.2 측면 형태 차량 필터링

차량이 equirectangular 파노라마에서 측면으로 나타

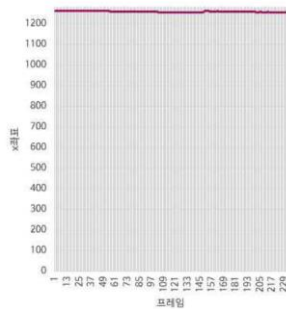
나는 것은 보행자를 지나치는 차량을 의미한다. 정면으로 다가오는 차량의 경우 바운딩 박스의 모양이 정사각형에 가깝게 그려지지만, 지나치는 차량의 경우 바운딩 박스의 가로가 세로 보다 더 길게 표현된다. 실험을 통해 확인한 결과, 보행자를 지나치는 차량 대부분은 가로/세로 비율이 1.5 보다 컸고, 가로/세로 비율 임계값을 1.5 로 설정하여 이보다 값이 클 경우 측면의 차량으로 판단하여 위험 차량 리스트에서 제외했다.

4.3 주차된 차량 필터링

주차된 차량을 제외하는 것은 필터링 알고리즘의 가장 핵심적이면서 까다로운 단계이다. 보행자가 걷고 있을 때와 멈춰 있을 때 두 가지 상황으로 나누어 주차된 차량과 움직이는 차량의 차이점을 도출했다.

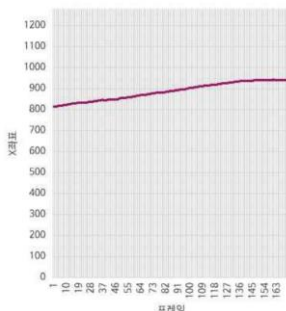
4.3.1 보행자가 걷고 있을 때

보행자에게 일직선으로 다가오는 차량은 보행 중일 때 x 값을 일정하게 유지하면 이동한다. 일직선으로 멀어지는 차량 또한 마찬가지다.



(그림 4) 다가오는 차량의 바운딩 박스의 중점좌표 x 값.

그러나 주차된 차량의 바운딩 박스 중점좌표 x 값은 보행자가 이동하면서 영상 배경의 사물들과 함께 크게 변화한다.

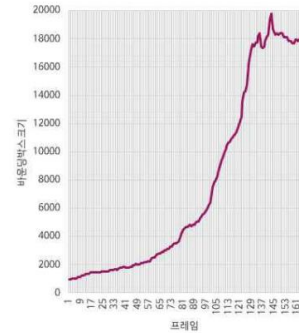


(그림 5) 주차된 차량의 바운딩박스 중점좌표의 x 값.

주차된 차량의 x 좌표 변화폭은 일정하게 다가오는 차량의 변화폭에 비해 큰 값을 가진다. 실험을 통해 확인한 결과, 바운딩 박스의 중점좌표 x 값이 +5 이상으로 바뀐 경우 주차된 차량으로 판단하여 위험 차량 리스트에서 제외했다.

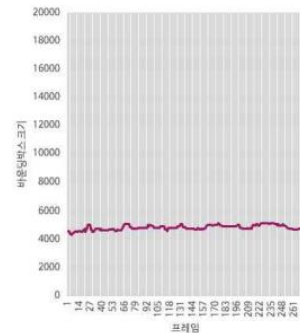
4.3.2 보행자가 멈춰 있을 때

다가오는 차량은 보행자가 멈춰 있을 때 차량의 속도에 비례하여 바운딩 박스의 크기가 일정하게 증가하고, 멀어지는 차량은 바운딩 박스의 크기가 일정하게 감소한다.



(그림 6) 다가오는 차량의 바운딩 박스 크기.

그러나 주차된 차량의 바운딩 박스 크기는 큰 변화 값을 가지지 않는다.



(그림 7) 주차된 차량의 바운딩 박스 크기.

바운딩 박스의 크기 변화율은 다음과 같이 계산했다.

$$\Delta \text{ bounding_box} = (\text{bounding_box}(t) - \text{bounding_box}(t-1)) / \text{bounding_box}(t-1)$$

실험을 통해 확인한 결과, 다가오는 차량의 경우, 보행자에게 다가오는 속도에 비례하여 바운딩 박스의 크기가 일정하게 증가했고, 멀어지는 차량은 크기가 일정하게 줄어들었다. 그러나, 주차된 차량은 크기가 아주 작은 폭으로 변화했다. 이것은 프레임마다 새로운 바운딩 박스를 그리기 때문인데, 경험적으로 설정한 임계값 +0.055 보다 작으면 주차된 차량으로 판단하여 위험 차량 리스트에서 제외했다.

4.4 멀어지는 차량 필터링

이전 모든 필터링 단계를 적용한 후 남은 차량은 다가오는 차량과 멀어지는 차량이다. 멀어지는 차량은 바운딩 박스의 크기 변화율이 음수 값이므로 음수 값의 변화율을 보이는 차량을 다 제거하면 최종적으로 보행자에게 다가오는 위험 차량 정보들을 얻을 수 있다.

4.5 필터링 알고리즘 적용 결과

주차장과 좁은 골목길에서 보행 시 위험 차량과 비 위험 차량을 정확히 구분할 수 있다.

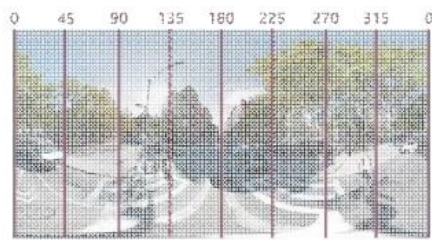


(그림 8) 주차장에서 위험 차량 추적.



(그림 9) 골목길에서 위험 차량 추적.

5. 위험 차량 경고 알림



(그림 10) 360 도 파노라마 영상에서의 각도.

그림과 같이 equirectangular 형태의 이미지는 그 특성상 0 도에서 360 도까지의 구간이 연속적으로 표현되는데, 바운딩 박스의 중점좌표 x 값을 활용하면 360 도 환경에서 보행자에게 다가오는 차량의 각도를 계산할 수 있다.

보행자에게 위험 경고 알림을 전달할 수 있는 인터페이스를 (그림 11)과 같이 구성했고, 보행자를 기준으로 어느 방향에서 차량이 오는지를 직관적으로 빠르게 판단할 수 있다.



(그림 11) 360 도 경고 알림 인터 페이스.

6. 시스템 테스트

6.1 시스템 테스트 환경

최종 시스템 테스트를 위한 영상은 인도와 차량 도로가 구분되어 있지 않은 골목길과, 차량이 많은 공간인 주차장에서 촬영한 것이다. 이때 카메라는 웨어러블 형태를 위해 머리띠에 고정하였고, 실험자는 직선 방향으로 보행했다.

6.2 테스트 결과

새롭게 훈련된 YOLO v5 detector 의 성능이 반영된 detection 결과에 필터링 알고리즘을 적용한 결과, 약 90% 정확도를 보였고, 정확도는 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Accuracy} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN})$$

(TP: 예측결과 T로 나왔는데, 실제 위험한 차량,
TN: 예측결과 F로 나왔는데 실제 비위험 차량,
FP: 예측결과 T로 나왔는데, 실제 비위험 차량,
FN: 영상에서 F라고 나왔는데, 실제 위험한 차량)

영상 속 차량이 최초로 위험 거리 임계 값을 넘게 되면, 보행자를 지나쳐 가는 차량이라도 일시적으로 정면으로 다가오는 차량으로 나타나게 되고, 이 과정에서 FP, 즉, 실제 비 위험 차량인데 위험 차량으로 인식하는 오류가 발생한다. 또, 보행자를 향해 정면으로 다가오는 차량 중 보닛의 가로/세로 비율 임계 값을 넘는 경우가 발생하는데, 이 과정에서 FN, 즉, 실제 위험 차량인데 비 위험 차량으로 인식하는 오류가 발생한다.

7. 결론

180 도 fisheye 영상을 Equirectangular 형태로 실시간으로 변환해주는 카메라가 없어 최종 시스템의 실시간 시연이 불가능했으며, 이를 해결하기 위해 라즈베리 파이의 180 도 카메라 모듈을 사용할 시 영상 변환 작업이 오래 소요되었다. 따라서 기술이 충분히 발달할 경우 실시간으로 사용할 수 있다는 점을 전제로 하고, Insta Evo 360 카메라로 촬영한 영상을 시스템 평가에 사용했다.

또한 실용성 및 실시간 경고 알림을 위해서는 머리 위에 카메라를 착용하는 형태가 아닌 보행 시 편안한 웨어러블 시스템을 고려해야 한다.

본 연구를 바탕으로 보행자 시야각 외부의 위험 차량에 대한 경고 알림을 주어 보행자의 교통사고 발생 가능성을 줄이고, 전방위를 볼 수 있는 360 도 카메라의 활용 분야가 보행 안전 시스템뿐만 아니라 더 다양해지기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 삼성교통안전문화연구소, “교통사고 예방의 달인 시리즈”, pp. 11~13, 2018.
- [2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 779-788.
- [3] N. Wojke, A. Bewley and D. Paulus, "Simple online and realtime tracking with a deep association metric," 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Beijing, China, 2017, pp. 3645-3649.