

고속도로 졸음쉼터 내 CCTV 기반 유효주차면 검출 기술 연구

한서우, 백장현, 하상정, 장수현*
한국전자기술연구원

khan5555@keti.re.kr, baek0307@keti.re.kr, sangjeong@keti.re.kr, *shjang@keti.re.kr

A Study on parking lot detection technology in rest areas on highway

Han Seo Woo, Baek Jang Hyun, Ha Sang Jeong, Jang Soo Hyun*
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요 약

본 논문은 고속도로 교통사고의 큰 비중을 차지하는 졸음운전을 예방하기 위해 설치한 졸음쉼터 내 안전사고를 줄이기 위한 서비스를 제공하기 위해 졸음쉼터 내 설치된 CCTV를 이용한 다양한 영상 분석을 진행하였다. 인공지능을 이용하여 차량과 사람을 검출하고 후처리를 통해 주차가능여부를 판별하며 해당 정보들을 바탕으로 졸음쉼터 혼잡도 파라미터를 정의 및 생산하였다. 현재 우리나라 고속도로 졸음쉼터는 다양한 주차면(평행, 대각, 직각 주차 등)이 있으며 본 논문은 다양한 주차면에도 강건한 유효주차면 판별 알고리즘을 제안하여 해당 알고리즘이 전국의 졸음쉼터에서 통용할 수 있는 방법을 고안하였다.

I. 서 론

고속도로에서 운전자가 시속 100km 로 약 3 초정도 졸음운전을 하면, 약 80m 를 무의식 상태로 주행하게 되고 이는 큰 사고를 야기한다. 한국도로공사의 고속도로 교통사고 통계자료에 따르면, 2009 년부터 2011 년까지 고속도로에서 발생하는 사망사고 중 졸음운전으로 인한 사고가 다른 사고들에 비해 약 20% 높은 수치를 보이며, 사망자수 또한 전체 사망자의 약 30% 높은 수치를 보인다. 한국도로공사는 고속도로에서 발생하는 졸음운전 사고 비율을 줄이기위해 2011 년부터 졸음쉼터를 계획하고 설치하였다 [1].

졸음쉼터란 졸음운전 예방 및 생리욕구 해소를 위해, 기존 휴게시설 간 간격이 먼 구간을 대상으로 설치하는 휴게시설의 한 종류이다. 2011 년에 졸음쉼터가 처음 설치된 이후, 2013 년도에 졸음운전사고 발생건수가 49.6% 감소했고, 사망자 수는 57% 감소했으며, 실제로 졸음쉼터가 고속도로 교통사고 감소에 효과가 있는 것으로 조사되었다 [2].

그러나 졸음쉼터 설치 초기에 졸음쉼터 설치기준을 명확히 마련하지 않고 기존 고속도로 유희부지를 활용하여 졸음쉼터 설치를 추진했기 때문에 충분한 가, 감속차로 길이를 확보하지 않고 설치 및 운영되고 있는 졸음쉼터가 많으며, 일부 졸음쉼터는 고속도로 내 급경사 구간과 곡선반경이 작은 구간에 설치되어 있어 진, 출입 시 안전상에 문제점이 많이 제기되었다. 또한, 졸음쉼터 내 안전시설도 충분히 확보되지 않은 상태로 운영되고 있어 안전시설 부족에 따른 문제점도 제기되었다 [3].

따라서 본 논문에서는 졸음쉼터 내 안전사고를 줄이기 위한 서비스를 제공하기 위해, CCTV 기반 영상 분석을

이용하여 사람, 차량, 주차면 검출 기술을 연구하고 유효주차면을 판단하는 알고리즘을 제안하며 최종적으로 졸음쉼터 혼잡도 파라미터를 정의 및 생산한다.

II. 본론

2.1 졸음쉼터 내 CCTV 기반 영상 분석 알고리즘

본 논문은 그림 1과 같은 방식으로 졸음쉼터 내 CCTV 영상을 분석하였다. 먼저 입력 영상 중 첫 프레임에서 전처리 작업으로 주차면 픽셀 값 정보를 획득한다. 그 후, 영상의 두 번째 프레임부터 순차적으로 프레임을 입력 받으면서, 차량과 사람을 YOLO v3 네트워크를 이용하여 검출하며, 전처리로 얻은 주차면 픽셀 정보와 순차적으로 입력 받은 프레임과의 SSIM 을 계산하여 유효주차면을 판별한다.

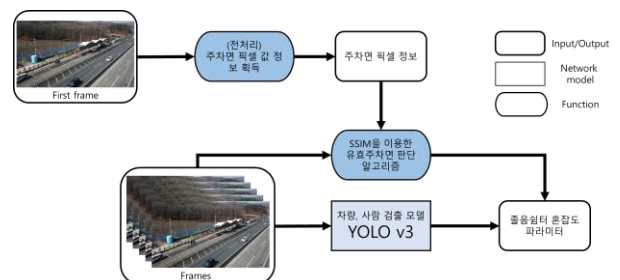


그림 1. 졸음쉼터 내 CCTV 기반 영상 분석 알고리즘 흐름도

2.2 SSIM 을 이용한 유효주차면 판단 알고리즘

Structural similarity(SSIM)은 이미지 품질 평가를 하기 위해 사용하는 방법으로 시각적 화질 차이 및 유사도를 평가하기 위해 고안되었으며, 이미지의 휘도(Luminance), 대비(Contrast), 구조(Structure)를 비교하고 SSIM 의 식은 아래와 같다.

$$SSIM(A,B) = l(A,B)c(A,B)s(A,B) \\ = \frac{(2\mu_A\mu_B + C_1)(2\sigma_{AB} + C_2)}{(\mu_A^2 + \mu_B^2 + C_1)(\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + C_2)}$$

SSIM 값이 1 에 가까울수록 A, B 이미지가 유사하다는 뜻이며, 0 에 가까울수록 A, B 이미지가 다르다는 뜻이다. 표 1 은 SSIM 값을 구하기 위해 사용한 이미지 A, B 의 예시이다. A 와 B₁ 이미지는 시각적으로 매우 유사함을 확인할 수 있으며, SSIM 값 또한 0.98 이 나왔다. 이와 대비되게 B₂ 이미지는 차량이 주차면 위에 있는 이미지이기 때문에 A 와 B₂ 이미지는 시각적으로 매우 다름을 확인할 수 있다. 따라서 SSIM 값이 0.25 로 낮게 나왔다.

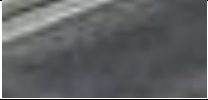


기준이미지(A)	B ₁ 이미지	B ₂ 이미지
		
SSIM 값	0.98	0.25

표 1. SSIM 입력 이미지 및 SSIM 값 예시

아래 그림 2 는 SSIM 을 이용하여 유효주차면 판별 알고리즘 결과 이미지이다. 이와 같이 전처리로 주차면이 비어 있는 경우의 주차면 픽셀 좌표를 얻어 입력으로 들어오는 프레임과 SSIM 값을 이용하면 유효주차면을 판별할 수 있다.



그림 2. 위: B₁ 이미지-주차 가능(파란색 사각형), 아래: B₂ 이미지-주차 불가능(빨간색 사각형)

III. 결론

본 논문에서 고속도로 졸음쉼터에서 발생하는 안전사고를 줄이기 위해 차량과 사람을 딥러닝 알고리즘을 통해 검출하며 후처리로 유효주차면을 판단하는 알고리즘을 제안하였다. 해당 후처리 유효주차면 판단 알고리즘은 SSIM 을 이용하며, 주차면의 모양에 상관없이 전국 졸음쉼터에서 통용할 수 있는 알고리즘이다. 인공지능 기반 유효주차면 판별 알고리즘은 주차면 검출에 실패할 수 있으며, 새로운 졸음쉼터에 적용할 때마다 새롭게 데이터셋을 제작하고 네트워크를 재학습해야 하지만, 본 논문에서 제안한 SSIM 을 이용한 후처리 유효주차면 알고리즘의 경우, 전처리로 주차면을 위치를 지정해주면 여러 졸음쉼터에서 쉽게 적용할 수 있다. 그러나, SSIM 은 조도에 따라 임계값을 다르게 설정해야 하는 단점이 있지만 이는 입력 영상의 히스토그램을 분석하여 조도의 변화가 다른 입력 영상과 큰 차이가 나지 않도록 설정해주면 된다. 본 논문의 알고리즘 성능을 향상시키기 위해 다양한 영상 조건(빛 밝기, 영상 수집 시간, 날씨 등)에서도 일관된 성능을 보일 수 있도록 추가 연구를 진행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국지능정보사회진흥원 국가인프라 지능정보화 사업인 “5G 와 지능형 인프라를 통한 고속도로 운영관리 시스템 실증” 과제의 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 한다정, 김웅철, 양재호. "고속도로 졸음쉼터 설계요소 정립 연구." 한국도로학회논문집 vol. 20, no. 2, pp. 1-8, 2018.
- [2] 최수민, 유재춘. "고속도로 졸음운전자의 쉼터에 관한 연구." 한국기초조형학회 학술발표논문집 vol. 21, no. 2, pp. 147-150, 2019.
- [3] 한다정, 지민경, 김웅철. "고속도로 졸음쉼터의 설치현황 및 교통사고 분석." 한국도로학회논문집 vol. 22, no. 4, pp. 41-49, 2020.