

자율주행 환경에서의 딥러닝 기반 저조도 개선 모델 적용 방법

인해교, 문창주
건국대학교

inkyo245@konkuk.ac.kr, cjmoon@konkuk.ac.kr

Application of Deep Learning-Based Low-Light Enhancement Model in Autonomous Driving Environments

In Hae Gyo, Moon Chang Joo
Konkuk Univ.

요약

본 논문은 자율주행 시스템에서 발생할 수 있는 저조도 환경 문제를 해결하기 위해 딥러닝 기반 저조도 개선 기술의 적용 가능성을 연구하였다. EnlightenGAN 모델을 사용한 실험 결과, 시각적 조도 개선은 이루어졌으나 추론 속도는 실시간 적용에 한계를 보였다. 향후 연구에서는 모델 경량화와 적합한 데이터 세트 활용을 통해 실용성을 높일 필요가 있다.

I. 서론

자율주행 시스템에서 차량은 다양한 센서로부터 주변 환경에 대한 정보를 습득한다. 이러한 정보를 바탕으로 차체를 제어하여 안정적인 운행이 가능하도록 한다. 그 과정에서 잘못된 정보가 자율주행 시스템에 입력될 경우 큰 사고가 발생할 수 있다.

RGB 카메라는 고해상도의 정보를 습득할 수 있을 뿐만 아니라, 저렴하다는 장점으로 인해 높은 수요를 이끌어 내고 있다. 일례로 자율주행 기술을 선진적으로 개발하고 있는 미국의 Tesla 사는 카메라 센서를 중점적으로 사용하여 연구를 진행하고 있다.

하지만 카메라 센서의 특성 상 주변 환경의 빛 조건에 민감하게 영향을 받기 때문에, 이에 따른 성능 저하도 발생할 수 있다. 특히 RGB 카메라는 야간이나 광원이 없는 곳에서 물체를 식별하기 어렵다. 이러한 문제는 자율주행 차량이 주변 장애물에 대해 제대로 대응하지 못하는 위험과 직결된다. 또한, 차선이나 표지판과 같은 시각적인 지시를 인지하지 못하고 도로 규범을 위반할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 LIDAR 센서와 융합한 객체 탐지 모델이 사용되거나, 어두운 환경에서도 강인한 모델이 연구되고 있다. 하지만 LIDAR와 같은 센서는 고가의 장비이고, 어두운 환경에서 구축된 데이터 세트는 한정적이다.

최근에는 이미지 조도 개선 연구 분야에 딥러닝 기반 모델이 적용되면서 높은 수준의 성능을 보이고 있다. 이에 따라 다양한 연구가 진행되고 있으며, 자율주행 차량에 적용하기 위한 시도들도 이루어지고 있다.

이에 본 논문에서는 딥러닝 기반 저조도 향상 분야의 최근 동향을 살펴보고, 실제 주행 환경과 유사한 조건에서 실험을 진행하여 자율주행 시스템 적용을 위한 주요 과제들을 분석하고자 한다.

II. 본론

가. 딥러닝 방식의 저조도 이미지 개선

GPU와 같은 고성능 컴퓨팅 장비가 빠른 속도로 발전하며 인공지능 기술의 발전도 급격히 이루어졌다. 이에 저조도 이미지 개선 분야에도 딥러닝 모델이 적용되기 시작하였고, 기존의 전통적인 기법에 비해 높은 성능을 보였다.

저조도 이미지 개선 모델의 학습 방법은 지도학습, 비지도학습, 준지도학습, 강화학습, 제로 샷으로 나뉘어진다. 이 중 지도학습 방식은 가장 초기에 제안되고, 현재까지도 가장 많은 모델이 사용하였으며 다른 기법에 비해 우수한 성능을 보이고 있다. 하지만 지도학습을 위해서는 저조도 이미지와 동일한 장면을 일반 조도 환경에서 촬영한 이미지가 쌍으로 존재해야 한다. 현실 세계에서 완전히 동일한 장면에 대해 저조도-일반조도 이미지 쌍을 구하는 것은 어렵기 때문에 지도학습 방식은 데이터 세트 결핍 문제가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단일 이미지로 모델의 학습이 가능한 비지도 학습 방식이 등장하였다.

나. 자율주행과 저조도 이미지 개선

자율주행 차량은 주변 객체에 매우 빠르게 대응이 가능해야 한다. 따라서 센서 입력으로부터 객체를 인식하고 경로를 판단하는 과정과 제어까지의 모든 단계가 매우 짧은 주기로 반복되어야 한다. 이러한 프로세스에 요구되는 컴퓨팅 자원(연산 시간, 메모리 등)이 과다할 경우, 판단 주기가 길어져 갑작스러운 장애물이나 상황 변화에 빠르게 대처하지 못할 수 있다. 자율주행 전체 프로세스는 대개 수많은 하위 작업들을 포함하며, 저조도 영상 개선 작업도 그중 하나로 간주할 수 있다. 자율주행의 실시간성을 만족하기 위해서는 이러한 하위 작업들의 연산 시간이 매우 짧아야 하며, 기존의 작업에서 자원을 적게 사용할수록 추가적인 작업을 수행할 수 있다. 이는 저조도 이미지 개선 모델이 자율주행 시스템에 적용될 때, 연

산 시간의 단축과 자원 소모의 감소가 중요한 과제라는 점을 나타낸다. 특히 대부분의 지능형 모빌리티의 연산 작업은 고성능 컴퓨팅 하드웨어가 아닌 임베디드 환경에서 이루어지기 때문에 더욱 치명적이다.

다. 실험

본 논문에서는 기존에 연구된 딥러닝 기반 저조도 개선 모델을 자율주행 환경과 유사한 상황에 적용하고, 실용성을 평가하고자 한다. 실험에 사용할 모델은 최초로 비지도 학습 방식을 제안한 EnlightenGAN[1]로 선정하였다. EnlightenGAN은 생성자와 판별자로 나누어진 GAN 기반의 모델로, 생성자는 입력 이미지의 조도를 개선하는 방향으로 개선되고, 판별자는 입력 받은 이미지가 실제 이미지인지 생성자로부터 출력된 이미지인지 구분할 수 있도록 학습이 진행된다. 두 신경망이 경쟁하는 과정에서 생성자의 출력은 일반 조도의 현실 이미지와 유사하게 만들어진다. 추론 단계에서는 U-net 형태의 생성자 네트워크만을 사용하기 때문에 연산의 부담이 적다. 또한, 비지도 학습 방식을 사용하기 때문에 다양한 학습 데이터를 사용하여 여러 주행 환경에 대응할 수 있다.

본 실험에는 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 구축한 "고정밀데이터 수집차량 야간 도심도로 데이터"에 포함된 167장의 이미지와 각 이미지에 대응하는 객체 라벨 정보가 담긴 JSON 파일을 사용하였다. 컴퓨팅 하드웨어는 GPU가 탑재된 NVIDIA사의 Jetson AGX Xavier를 사용하여, 자율주행 시스템의 엣지 컴퓨팅 환경을 모사하였다. 실험 결과, 그림과 같이 원본 이미지의 조도가 개선된 모습을 확인할 수 있다.



[그림 1] 원본 저조도 이미지(상), 모델 출력 이미지(하)

테스트 이미지 167장에 대한 추론 시간은 평균 0.0882초로 측정되었다. 개선된 이미지에 대한 평가를 위해 Semantic Segmentation 모델을 사용하여, 개선 전

후 이미지에 대해 mIoU를 측정하였다. 또한, 원본 이미지와 출력 이미지에 대한 NIQE를 측정한 결과 표와 같이 나타났다.

	mIoU	NIQE
원본 이미지	0.1554	16.2052
결과 이미지	0.2325	18.5651

[표 1] 원본 저조도 이미지와 출력 이미지에 대한 평가

실험 결과 11 fps 수준의 추론 성능을 확인할 수 있었다. 향상된 이미지는 시각적으로 조도 개선이 이루어졌으나, NIQE 지표는 감소한 것을 확인할 수 있었다. 또한 Semantic Segmentation 모델의 성능이 원본 이미지 대비 향상된 것으로 보아, 조도 개선이 객체 탐지 성능을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서는 딥러닝 기반 저조도 개선 기술과 자율주행 환경에 적용 시 직면하는 주요 과제들을 분석하고, 실제 모델을 사용한 실험을 수행하였다. 결과적으로 추론 속도 측면에서는 실시간 자율주행 환경에 적용하기에 부족함을 보였다. 그러나 어두운 이미지의 조도 향상을 통해 야간 환경에서 객체 탐지 성능이 개선될 가능성을 시사하였다. 향후 연구에서는 모델의 경량화를 통해 자원 소비를 줄이고, 주행 환경에 적합한 데이터 세트를 학습에 활용함으로써 실질적인 적용 가능성을 증가시킬 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원·학·석사연계 ICT 핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2024-RS-2020-II201834)

이 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 구축된 "고정밀데이터 수집차량 야간 도심도로 데이터"를 활용하여 수행된 연구입니다. 본 연구에 활용된 데이터는 AI 허브(aihub.or.kr)에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

참 고 문 헌

- [1] Jiang, Yifan, et al. "Enlightengan: Deep light enhancement without paired supervision." IEEE transactions on image processing 30 (2021): 2340-2349.
- [2] Tang, Hao, et al. "Low-Illumination Image Enhancement Based on Deep Learning Techniques: A Brief Review." Photonics. Vol. 10. No. 2. MDPI, 2023.
- [3] 박재민 외, "분석 가능한 저조도 영상 화질개선 기술의 최신 연구 동향", 『전자공학회지』, 49 (9), p.23-31, 2022.