

한국 밤시간대의 실시간 차선인식 기술 연구

고석현, 한지은, 임예원, 이성진

동서울대학교 전자공학과

kohjun3@gmail.com, sungjinlee@du.ac.kr

A Study on the Real-Time Lane Detection at Night in Korea

Seokhyun Koh, Jieun Han, Yewon Lim, Sungjin Lee

Department of Electronic Engineering, Dong Seoul University

요 약

최근 자율주행 기술에 대한 높은 관심으로 자율주행 기술은 운전 보조 기능을 넘어서 완전 자율주행 단계에 이르고 있다. 본 논문에서는 이런 과도기적 자율주행 기술 단계에서도 필수적인 영상인식 기술로 사용되는 차선인식 기술에 대해 다루었다. 특히, 한국의 도로 상황 환경에서 실시간 동작의 가능 성과 밤 시간대의 성능에 대해 연구하였다. 이를 위해 기존 외국 지형 낮 시간대의 훈련 데이터에 더하여 한국 지형 낮 시간대의 데이터와 한국 지형 밤 시간대 데이터 셋을 구축하여 추가 훈련을 시켰으며 NVIDIA 2080ti 단일 GPU에서 그 정확도 및 동작 지연 성능을 측정하였다. 이런 추가 데이터셋 구축 및 추가 훈련의 결과 Ultra Fast Lane Detection 모델을 기준으로 한국 지형 밤 시간대에 76.9 %의 정확도에서 92.4 %의 정확도 향상을 이룰 수 있었다. 또한, 동작 지연 성능은 약 10ms에서 14ms 사이로 다른 모델과의 연동동작을 위해서는 모델/기기 최적화를 위한 노력이 요구된다는 것을 알 수 있었다.

I. 서론

최근 딥러닝 기술의 발전으로 자율주행 기술은 운전 보조 기능 (ADAS: Advanced Driver Assistance System)을 넘어서 완전 자율주행 (FSD: Full Self Driving) 단계에 이르고 있다. 하지만, 완전 자율주행의 단계까지 수많은 기술들이 100%의 성능 안전성이 요구되고 있어 사실 이를 위해서는 아직 더 많은 단계가 남아있다고 볼 수 있다. 그럼에도 ADAS의 여러 요소 기술들은 우리의 자동차를 더욱 안전하고 편리하게 만들어 주고 있기 때문에 관련 요소 기술들은 더욱 관심을 받고 관련 기술 개발은 지속될 것으로 예상되고 있다.

본 논문에서는 이런 자율주행의 여러 요소 기술들 중 ADAS의 한 부분인 LKA (Lane Keeping Assist)의 핵심기술이면서 완전 자율주행 (Full Self Driving)에서도 요구되는 기술인 Lane Detection 기술에 초점을 맞추어 연구하였다. 특히 Lane Detection 기술은 Lidar로는 사실상 구현되기 힘들고 Camera에 전적으로 의존해야 하기 때문에 빛에 대한 영향, 즉 밤에 그 성능이 보장이 될 수 있을지에 대해 중점을 두어 연구하였다.

이를 위해 여러 밤 데이터 셋이 요구되지만 기존의 데이터 셋에는 이런 데이터가 부족하여 해당 데이터 셋을 직접 확보하는 방법으로 확충하여 실험하였다. 데이터 확보를 통해 추가 훈련 시킨 결과 기존 76.9%의 정확도에서 92.4%의 정확도로 약 15% 정확도 향상을 이룰 수 있었다.

II. Lane Detection Model

본 논문에서는 Lane Detection 모델 중 Fast Detection 성격에 있는 Ultra Fast Lane Detection 모델 [1]에 기반하여 성능 분석을 수행하였다. 해당 모델은 그림 1과 같이 각 등 간격의 row 들을 anchor로 하여 각 column에 lane 성분이 있는지를 Cross-Entropy Loss를 이용하여 check하는 방식으로 detection을 수행한다.

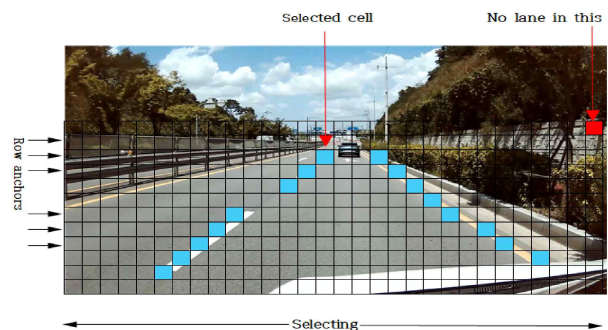


그림 1. Ultra Fast Lane Detection 모델의 동작 : 이미지 내에 여러 Row Anchor를 기준으로 각 Column에서 Lane 성분이 있는지를 Cross-Entropy 손실 함수를 이용하여 수치화하고 이를 학습

즉, 기존의 Segmentation 기반의 Lane Detection 들은 모든 Pixel들에 대해 Classification을 수행하는 반면 해당 모델은 Pixel들의 그룹이라 할 수 있는 Grid Cell 단위로 Classification을 수행하기에 여기서 가속화 성능이 나온다고 볼 수 있다.

III. 데이터 셋 구축

Lane Detection을 위한 기본 훈련 데이터 셋으로 TuSimple [2]를 사용하였다. 하지만 본 데이터 셋은 미국 지형의 낮 환경 도로 주행에서 만들어진 것이기에 한국 지형 밤 도로 환경에 적용하기에는 성능 열화가 발생할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 한국의 도로환경에서 밤 시간대의 주행 데이터 셋을 구축하였다. 또한 성능 비교를 위해 낮 시간대에서의 주행 데이터 셋 역시 구축하였다. 그림 2에서는 데이터 셋 구축을 위해 사용한 기

기들의 스펙을 나타내었다.



그림 2. 데이터 셋 구축을 위해 사용된 기기들

위 구축된 기기들 중 Lane Detection을 위해서 직접적으로 영향을 미치는 왼쪽 카메라 (운전자 기준)에서 수집되는 영상 이미지를 통해 데이터 셋을 구축하였다. 카메라는 FHD (1920x1080) 30 FPS 126° 화각을 지닌 WebCam을 사용하여 영상을 획득하였다. 경로는 동서울대학교를 중심으로 3가지 코스 즉, 교외 지형, 도심 지형, 고속도로 지형에 대해 낮 (12시30분~1시30분) 과 밤 (8시~9시) 시간대 각각에 대해 데이터를 획득하였다.

IV. 실험

실험을 위해 다음과 같은 Evaluation Set을 정하여 진행하였다.

- Basic Set : 기본 TuSimple 데이터 셋에서 훈련을 진행
- AugNight Set : 밤 데이터를 가공하기 위해 밝기 조절을 통해 Data Augmentation을 진행한 데이터를 통해 훈련을 진행
- RealDay Set : 실제 한국의 도로를 낮 시간대에 촬영하여 얻어진 데이터 셋에서 훈련을 진행
- RealNight Set : 실제 한국의 도로를 밤 시간대에 촬영하여 얻어진 데이터 셋에서 훈련을 진행
- RealDay and Night Set : 실제 한국의 도로 낮 시간대에 촬영하여 얻어진 데이터와 밤 시간대에 촬영하여 얻어진 데이터 셋을 합친 데이터셋에서 훈련을 진행

해당 데이터 셋에 대해 Epoch 50, Learning Rate 0.1, Batch Size 32 의 설정으로 훈련하여 얻어진 결과는 다음 Table 1과 같다.

Evaluation Set	밝기		속도 (ms)
	실제 낮	실제 밤	
Basic Set Acc (%)	88.7	76.9	10.7
AugNight Set Acc (%)	78.3	71.9	10.7
RealDay Set Acc(%)	92.6	83.7	14.2
RealNight Set Acc (%)	89.2	92.4	14.2
RealDay and NightSet Acc(%)	91.7	91.7	14.2

Table 1. 5 가지 Evaluation Set에 대해 낮, 밤의 환경에서 정확도 실험

우선 Basic Set 의 정확도를 보면 낮 시간대에는 88.7% 의 정확도를 얻지만 밤 시간대에서는 76.9% 의 정확도를 얻는다. 이를 통해 TuSimple처럼 외국 도로 낮 시간 환경에서 얻어지는 데이터는 국내 자율주행 시 낮 시간대에는 어느 정도의 성능을 얻을 수 있으나 밤 시간대 자율주행 시 정확도에 한계가 있을 수 있다 라는 교훈을 얻을 수 있겠다.

반면 데이터가 부족하여 수행한 Data Augmentation 기반 AugNight 와 같은 경우 낮 데이터에 대한 정확도가 78.3%로 떨어지는 것은 물론 밤 데이터에 대한 정확도가 71.9%로 더 떨어지는 것을 확인할 수 있으며 이를 통해 일률적으로 밝기를 낮추는 것은 밤 환경의 특징을 반영하지 못하며 오히려 낮 환경에 가깝다는 것을 알 수 있다. 이것은 자동차 전조등이나 가로등같은 주변 광원에 의한 효과를 반영하지 못한 것으로 그 이유를 찾을 수 있겠다. 다음 그림 3, 4, 5는 Basic Set과 AugNight Set, RealNight Set으로 훈련된 모델로 실제 한국 밤 영상에 대해 테스트 했을 때 차선 인식 정확도에 대한 시각화 자료이다.

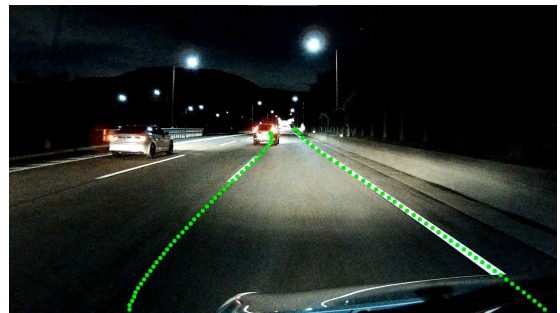


그림 3. Basic Set을 통해 훈련된 모델의 Lane Detection 결과

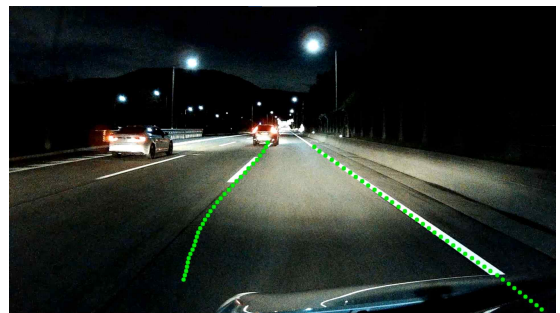


그림 4 AugNight Set을 통해 훈련된 모델의 Lane Detection 결과

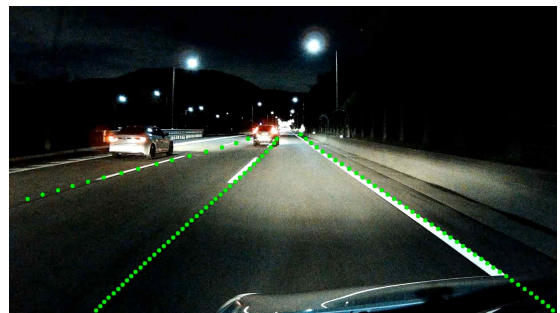


그림 5 RealNight Set을 통해 훈련된 모델의 Lane Detection 결과

마지막으로 RealDay Set을 통해 훈련된 기술의 정확도는 낮 시간대에 92.6 %, 밤 시간대에 83.7 % 정확도를 가지고 RealDay and NightSet을 통해 훈련된 기술의 정확도는 낮 시간대에 91.7%, 밤 시간대에 91.7%로 평균적으로 좋은 성능 향상을 이룰 수 있음을 알 수 있다. 이를 통해 자율주행 및 ADAS의 안정적 동작을 위해서는 낮 환경에서는 RealDay Set으로 훈련된 모델을 사용하고, 밤 환경에서는 RealNight Set으로 훈련된 모델을 사용하는 것이 가장 안정적인 성능을 확보할 수 있으며 메모리의 부족으로 해당 방법을 사용할 수 없다면 RealDay and NightSet으로 훈련한

모델을 사용하는 것이 가장 좋은 방법임을 알 수 있었다.
 이것을 통해 주행 시 겪을 수 있는 다양한 환경의 데이터 셋에 훈련을 하는 것이 안정적 성능을 확보 할 수 있는 방안임을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 자율주행 및 ADAS의 핵심 기술 중 하나인 Lane Detection 기술을 다루었다. 특히 실시간 동작에 탁월한 Ultra Fast Lane Detection 모델을 통해 실 주행을 하는 환경 데이터 (지형, 시간) 에서 훈련을 하는 것이 좀 더 안정적 성능을 확보할 수 있는 방안임을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기본연구사업(No. NRF-2019R1F1A1062878)

참 고 문 헌

- [1] Zequn Qin, Huanyu Wang, Xi Li, "Ultra Fast Structure-aware Deep Lane Detection"
- [2] CVPR 2017 Lane Detection Challenge, "https://github.com/TuSimple/tusimple-benchmark/tree/master/doc/lane_detection"