

도로 표면 시멘틱 분할을 이용한 특수장비 차량 아웃트리거 최적화 방법

김병준¹, 박근호¹, 김선형¹, 임광진¹, 최강인¹, 정성환¹

¹한국전자기술연구원

jun0420@keti.re.kr, root@keti.re.kr, sh.kim@keti.re.kr, kjlim@keti.re.kr, ckj921@keti.re.kr, shjeong@keti.re.kr

A Method of Optimizing Outriggers for Special Equipment Vehicles Using Road Surface Semantic Segmentation

Byoungjun Kim¹, Keunho Park¹, Seonhyeong Kim¹, Kwangjin Lim¹,
Kang-in Choi¹, Sunghwan Jeong¹

¹Korea Electronics Technology Institute

요 약

산업 현장에서 인력으로 작업할 수 있는 물리적 한계를 극복하기 위해 특수 목적 차량 작업 시 차량의 넘어짐 방지와 차체 보호를 위해 아웃트리거를 착지시키는데 도로 상태에 따라 사용자가 직접 최적화를 수행하는데 어려움이 존재한다. 본 논문에서는 도로 표면 상태를 신속하게 판단하여 아웃트리거 수직 및 수평 전개 착지 시 시간 소모, 안전사고 발생을 낮추기 위해 시멘틱 분할을 이용한 도로 표면 상태를 분석하는 연구를 수행하였다. 13가지로 구분된 도로 표면 상황에 대하여 DeepLabV3+를 통해 실험한 결과 픽셀 성능0.7819, mIoU 0.7085 결과를 도출하였다.

본 논문에서는 특수 목적 차량의 아웃트리거의 수직 및 수평 전개 최적화하기 위해 시멘틱 분할을 통한 도로 표면 상태를 신속히 판단하여 사용자에게 제공하는 연구를 수행하였다.

1. 서론

산업 현장에서 인력으로 작업할 수 있는 물리적 한계를 극복하기 위해 특수 목적 차량을 이용한 작업이 이루어지고 있다[1]. 중장비, 설치물 작업 시 특수 목적 차량의 넘어짐 방지 및 차체 보호를 위해 아웃트리거를 수직 및 수평 전개하여 착지시키게 되는데, 도로의 상태(크랙, 구덩이, 과속방지턱, 비포장 도로, 물웅덩이)에 따라 사용자가 직접 최적화를 수행하기 때문에 어려움이 존재한다.

2. 시멘틱 분할을 이용한 도로 표면 상태 분석

본 논문에서는 다양한 환경에 강인하고 주변 환경 오류 완화를 위해 딥러닝 기법 중 시멘틱 분할(semantic segmentation)을 기반으로 도로의 표면 상태를 분석하여 아웃 트리거 수직 및 수평 전개하여 착지 시 시간 소모 감소, 안전사고 발생을 낮추는 연구를 수행하였다.

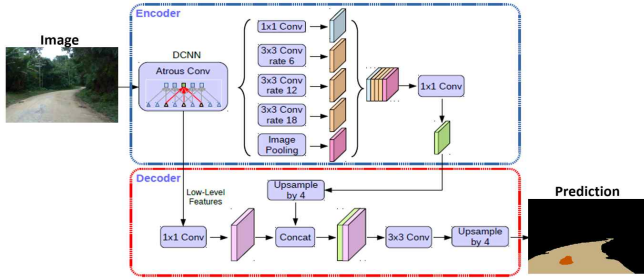
최근 영상 분석기반 딥러닝 모델(deep learning)은 Vision Transformer 등장으로 패러다임이 전환되었지만, 양질의 대량 데이터와 다수개의 GPU(Graphics processing unit)를 사용하기 때문에 실시간으로 도로 표면 상황을 분석하기 어려운 점이 존재하여, 본 논문에서는 시멘틱 분할 중 다중 크기 영역(multi-scale area)에 강건하게 분할하는 DeepLabV3+[2]을 이용하였다.

DeepLabV3+는 separable convolution과 atrous convolution을 결합한 atrous separable convolution



(그림 1) 특수 목적 차량을 이용한 도로 내 적재물 운반

구조를 가지는 딥러닝 모델로 객체 인식 및 분할에서의 공개 데이터 집합인 Pascal VOC 데이터 집합을 89%의 정확도로 분류한 모델이다[3].

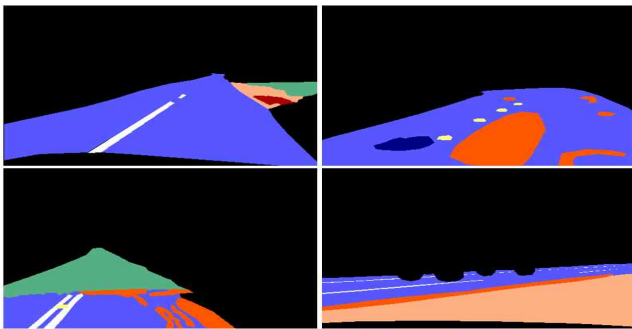


(그림 2) DeepLabV3+ 기반 도로 표면 상황분석 과정

도로 표면 상황을 분석하기 위해 본 논문에서는 공개 데이터 중 13가지 상태로 구성된 도로 표면 데이터[4]를 활용하였다. 활용된 데이터는 총 701장으로 표 1과 같이 배경을 포함한 범주(class)로 분류하여 레이블링을 수행하였다.

<표 1> 도로 표면 상황 레이블링 정보

Class	RGB	
background	0, 0, 0	
roadAsphalt	85, 85, 192	
roadPaved	85, 170, 127	
roadUnpaved	192, 170, 127	
roadMarking	192, 192, 192	
speedBump	192, 85, 192	
catsEye	192, 192, 127	
stormDrain	170, 0, 127	
manholeCover	0, 192, 192	
patches	0, 0, 127	
waterPuddle	170, 0, 0	
pothole	192, 0, 0	
craks	192, 85, 0	



(그림 3) 도로 표면 레이블링 수행 결과

레이블링된 데이터는 가로 352, 세로 288픽셀의 영상으로 제안 모델의 학습, 검증, 그리고 평가를 위해 학습 601장, 검증 50장, 그리고 평가 50장으로 구성하였다. 도로 표면 상황을 실시간 분석하여 제공하기 위해 백본 네트워크를 ResNet 50으로 구성하

고, 학습에 사용된 데이터 수 부족으로 ImageNet으로 사전에 학습한 가중치(weight)를 이용한 전이학습(transfer learning)과 각 epoch마다 학습 데이터의 순서를 변경하는 방법을 적용하였다.

학습에 사용된 매개변수는 mini-batch 크기는 4, weigh decay는 0.0004, momentum은 0.9로 지정하고 epochs는 1000, 초기 learning rate는 0.007로 진행 후 마지막에 0.000001로 선형 감소시켰다. 다중 크기 영역 및 다양한 환경에 강건하기 위해 0.9-1.2 배 크기 조절하여, 가로 및 세로 224 크기로 랜덤하게 잘라서 모델의 입력(input)과 목표(target)에 사용하였다.

제안 모델의 성능을 평가하기 위해 사용된 평가 지표는 픽셀 정확도(pixel accuracy)와 mIoU(mean Intersection over Union)로, 픽셀 정확도는 영상 내 모든 픽셀에 대한 레이블과 분류한 결과 간의 관계를 통해 정확도를 평가하며, mIoU는 레이블과 예측 결과의 영역의 교집합 면적 비율에 따른 정확도 평가로 두 평가 지표를 이용할 경우 시멘틱 분할 모델 성능의 신뢰성을 재고할 수 있다.

$$Pixel Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (1)$$

$$mIoU = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i + FP_i + FN_i} \quad (2)$$

픽셀 정확도와 mIoU 평가 지표를 통해 제안한 방법의 성능은 0.7819의 픽셀 정확도와 0.7085의 mIoU 성능이 도출되었다. 시각화 기반으로 레이블링과 판단 결과에 대해 비교 시 도로의 모양과 크기 판단은 잘 이루어지나, 표면 영역은 일부 오판단 부분이 존재하여 매개변수 최적화와 다양한 장소의 데이터 수집이 요구되는 것을 알 수 있다.



(그림 4) 평가 데이터 기반 레이블링과 판단 결과 비교

3. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 특수 목적 차량의 아웃트리거 착지에 대하여 딥러닝 시멘틱 분할 모델 중 하나인 DeepLabV3+를 이용하여 도로 표면 상황을 분석하는 연구를 수행하였다. 제안한 방법에 대하여 평가 데이터를 통해 픽셀 정확도는 0.7819, mIoU는 0.7085의 성능 도출된 것을 확인하였다. 향후 다양한 환경의 도로 표면 데이터 수집과 모델의 최적화 및 성능을 개선하여 특수 목적 차량에 적용연구를 진행할 예정이다.

ACKNOLOGEMENT

본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2021년도 지역중소기업 공동수요기술개발사업 (No.S3035733)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] 박근호 et al, “가우시안 혼합모델을 이용한 고소작업차 작업구역 침범 알림 발생”, 2021년 한국산학기술학회 추계 학술발표, 대한민국, 2021.
- [2] L-C. Chen, Y. Zhu, G. Papandreou, F. Schroff, and H. Adam, “Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation,” In ECCV, pp.801-818, 2018.
- [3] R. Sundberg, Statistical Modeling by Exponential Families, Cambridge University Press, 2019.
- oger S. Pressman “Software Engineering A Practitiners’ Approach” 3rd Ed. McGraw Hill
- [4] Rateke, Thiago, Karla Aparecida Justen, and Aldo Von Wangenheim. “Road surface classification with images captured from low-cost camera-road traversing knowledge (rtk) dataset.” Revista de Informática Teórica e Aplicada, vol. 26, no.3, pp.50-64, 2019.