

자동차 번호판 탐지

License Plate Detection

김연준 (ktblue25@naver.com)

환경에너지공간융합학과 21110209

초록

Automatic license plate recognition (ALPR)은 지능형 교통 시스템에 컴퓨터 기술을 적용하는 중요한 요소 중 하나이다. 그러나 효율적으로 번호판을 인식하기 위해서는 대부분의 경우 먼저 번호판의 위치를 감지해야 한다. 이러한 이유로 차량 영상에서 정확한 번호판의 위치를 파악하는 것은 ALPR 시스템의 가장 중요한 단계로 여겨지며, 이는 전체 시스템의 인식률과 속도에 큰 영향을 미친다. 또한 지능형 교통 시스템에 적용되기 위해서는 실시간 자료처리가 동반되어야 하기 때문에 end-to-end 방식의 빠른 탐지 기술이 필요하다. 이러한 요건을 충족시키는

1. 서론

대중 교통 시스템의 급속한 발전과 함께, 차량의 자동 식별은 지난 20 년 동안 많은 애플리케이션에서 중요한 역할을 했습니다 [1, 2]. 예를 들어, 식별 시스템은 공원 시설 관리, 도난 차량 감지, 교통량 제어, 과속 차량 발권 등에 활용할 수 있습니다. 가장 효과적이고 유용한 식별 방법 중 하나는 시각적 이미지 처리를 통한 License Plate Recognition (LPR)입니다. 최근에는 intelligent

transportation systems (ITS)에 대한 많은 연구가 보고되고 있습니다. ALPR(Automatic License Plate Recognition)은 ITS 기술의 한 형태로 차량을 인식하고 계산할 뿐만 아니라 번호판의 문자를 인식하여 각각의 고유한 것으로 구별합니다. 카메라는 차량 이미지를 캡처하고 컴퓨터는 캡처된 이미지를 처리하고 다양한 이미지 처리 및 광학 패턴 인식 기술을 적용하여 번호판 정보를 인식합니다. 번호판의 문자를 인식하기 전에 차량 번호판을 먼저 배경 차량 이미지에서 찾아야 합니다. 이

작업은 ALPR 시스템에서 가장 중요한 단계로 간주되며 전체 시스템의 전체 정확도와 처리 속도에 큰 영향을 미칩니다. 화질저하, 이미지 원근 왜곡 또는 차량 표면의 반사, 번호판과 배경 차체 사이의 색상 유사성 등의 문제가 있기 때문에 번호판을 정확하고 효율적으로 찾기 어려운 경우가 많습니다. 이미지의 질이 떨어지는 조건에서도 번호판을 효율적이고 정확하게 탐지하는 방법으로 다양한 방법론들이 발표되었고 앞으로

이 논문[3]은 복잡한 장면에서 차량 번호판을 실시간으로 정확하게 탐지하기 위한 목적으로 번호판 감지를 위한

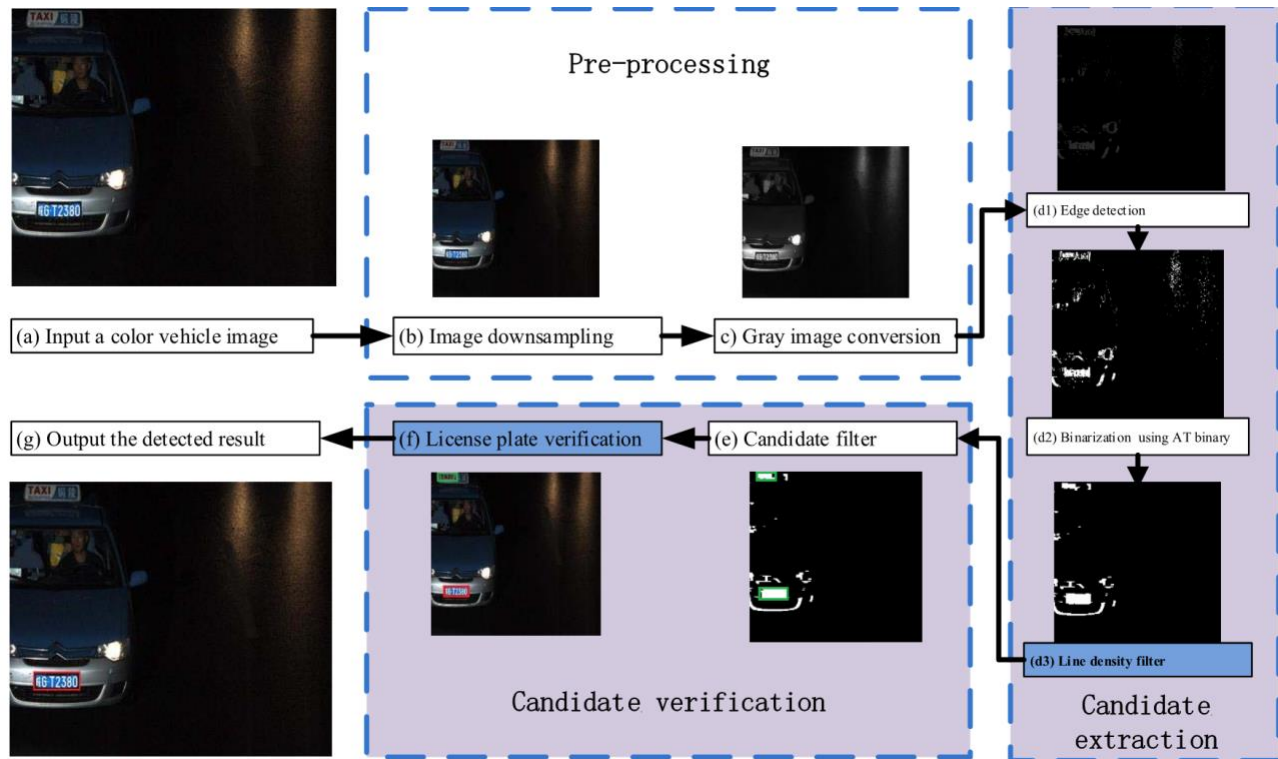
TABLE III
DETECTION RATIOS (AS PERCENTAGES) FOR THE VARIOUS METHODS ON THE PKU (G1-G5) AND CALTECH VEHICLE DATASETS

Method	G1	G2	G3	G4	G5	Caltech	Average
Zheng [7]	94.93	95.71	91.91	69.58	67.61	77.8	82.92
Zhao [6]	95.18	95.71	95.13	69.93	68.10	85.7	84.96
Zhou [26]	95.43	97.85	94.21	81.23	82.37	84.8	89.32
Li [4]	98.89	98.42	95.83	81.17	83.31	88.9	91.09
Our approach	98.76	98.42	97.72	96.23	97.32	91.27	96.62

(그림 2) 다른 방법들과 제안된 번호판 탐지 방법의 결과 비교

[출처] Y. Yuan, W. Zou, Y. Zhao, X. Wang, X. Hu, and N. Komodakis, "A robust and efficient approach to license plate detection," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 3, pp. 1102-1114, 2016

강력하고 효율적인 방법을 제시합니다. 간단하지만



(그림 1) 제안된 번호판 탐지 방법의 프레임워크

[출처] Y. Yuan, W. Zou, Y. Zhao, X. Wang, X. Hu, and N. Komodakis, "A robust and efficient approach to license plate detection," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 3, pp. 1102-1114, 2016

소개하고자 합니다.

2. A Robust and Efficient Approach to License Plate Detection

효과적인 이미지 다운스케일링 방법은 원본 이미지를 사용하는 것과 비교하여 탐지 능력의 감소없이 대체로 번호판 탐지를 가속화합니다. 또한 새로운 line density 필터를 이용하여 후보 영역을 선정함으로써 분석할 영역을 크게 줄입니다. 또한 선정된 후보 영역 중에서

실제 번호판을 식별하기 위해, color saliency features 을 사용한 linear support vector machines 기반의 계단식 번호판 분류기를 도입했습니다.

성능 평가를 위해 서로 다른 조건에서 다양한 장면에서 캡처한 3977 개의 이미지로 구성된 데이터 세트도 제시됩니다. 널리 사용되는 Caltech 번호판 데이터 세트와 새로 도입된 데이터 세트에 대한 광범위한 실험은 제안된 접근 방식이 탐지 정확도와 실행 시간 효율성 측면에서 최첨단 방법을 훨씬 능가했습니다. 1082×728 해상도의 이미지를 처리하기 위한 실행 시간을 672 분에서 42 분으로 줄이면서, 탐지 비율을 91.09%에서 96.62%로 높인 것으로 나타났습니다.

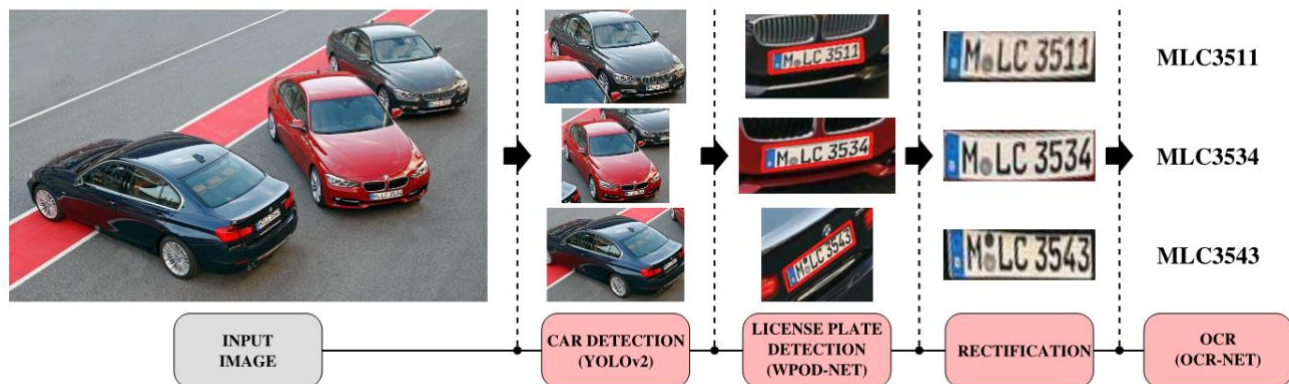
이 논문[4]은 번호판이 (그림 3)과 같이 비스듬한 각도로 인해 상당히 왜곡될 수 있는 상황에서도 제약 없는 캡처



(그림 5) WPOD-NET의 세부구조

[출처] S. M. Silva and C. R. Jung, "License plate detection and recognition in unconstrained scenarios," in *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, 2018, pp. 580-596.

시나리오에 초점을 맞춘 완전한 ALPR 시스템을 제안합니다.



(그림 4) 제안된 방법의 파이프라인

[출처] S. M. Silva and C. R. Jung, "License plate detection and recognition in unconstrained scenarios," in *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, 2018, pp. 580-596.

3. License Plate Detection and Recognition in Unconstrained Scenarios

이 연구의 주요 기여는 Optical Character Recognition (OCR) 방법에 제공되는 단일 이미지에서 여러 개의 왜곡된 번호판을 감지하고 수정할 수 있는 새로운 Convolutional Neural Network (CNN)을 도입한 것입니다. 제안된 접근 방식은 (그림 4)와 같이 차량 감지, LP 감지 및 OCR의 세 가지 주요 단계로 구성됩니다. 입력

이미지가 주어진다면 첫 번째 모듈은 장면에서 차량을 감지합니다. 각 탐지 영역 내에서 제안된 CNN 기반의 Warped Planar Object Detection Network (WPOD-NET)은 LP 를 검색하고 탐지당 하나의 affine 변환을 회귀하여 LP 영역을 정면도와 유사한 직사각형으로 수정할 수 있습니다. 이러한 수정된 탐지 결과는 최종 문자 인식을 위해 OCR 네트워크에 제공됩니다. WPOD-NET 은 YOLO, SSD 및 Spatial Transformer Networks (STN)[5]의 통찰력을 사용했습니다. YOLO 와 SSD 는 빠른 다중 객체 감지 및 인식을 한 번에 수행하지만 공간 변환을 고려하지 않고 모든 감지에 대해 직사각형 경계 상자만 생성합니다. 반대로 STN 은 직사각형이 아닌 영역을 감지하는 데 사용할 수 있지만 동시에 여러 변환을 처리할 수 없으며 전체 입력에 대해 단일 공간 변환만 수행합니다. (그림 5)는 WPOD-NET 의 세부구조를 보여줍니다.

추가 기여로 다양한 지역 및 수집 조건의 까다로운 LP 이미지 세트에 대한 수동 주석도 제시합니다. 본 논문의 연구 결과는 특정 시나리오에 대한 매개변수 조정 또는 미세 조정 없이 제안된 방법이 기존 데이터 세트의 최첨단 상용 시스템과 유사하게 수행하고 도전적인 데이터 세트에서 학문적 및 상업적 접근 방식을 모두 능가함을 나타냅니다.

4. Toward End-to-End Car License Plate Detection and Recognition with Deep Neural Networks

이 논문[6]은 단일 정방향에서 번호판의 위치를 파악하고 문자를 동시에 인식할 수 있는 통합된 심층 신경망을 제안합니다. 전체 네트워크는 종단 간 훈련이 가능합니다. 번호판 탐지와 인식을 두 개의 개별 작업으로 간주하고 단계별로 해결하는 기존 접근 방식과 달리 본 논문이 제시하는 방법은 단일 네트워크에서 이 두 작업을 공동으로 해결합니다. 이 논문의 주된 기여는 세가지로 정리할 수 있습니다.

- 1) 이미지에서 번호판을 감지하고 레이블을 한 번에 인식할 수 있는 단일 통합 심층 신경망을 제안합니다.

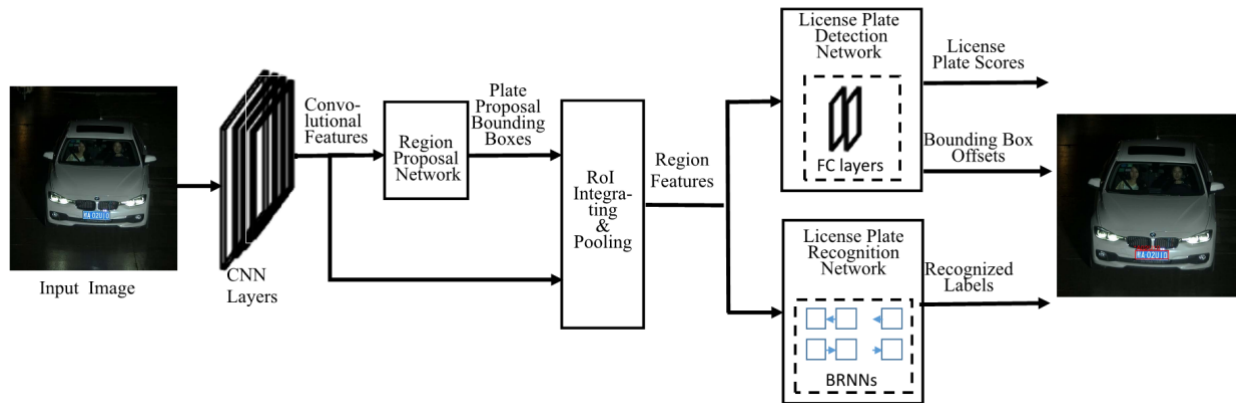


(그림 7) 모델에 의한 개방형 자동차 번호판 감지 및 인식에 대한 예시 결과

[출처] H. Li, P. Wang, and C. Shen, "Toward end-to-end car license plate detection and recognition with deep neural networks." *IEEE Transactions on*

전체 프레임워크는 판 색상이나 문자 공간 사용과 같은 휴리스틱 프로세스를 포함하지 않으며 문자 그룹화 또는 분리와 같은 중간 절차를 피합니다. 훈련에 필요한 이미지, 플레이트 위치 및 레이블만 있으면 종단 간 훈련이 가능합니다. 결과 시스템은 플레이트 감지와 문자 인식 모두에서 높은 정확도를 달성합니다.

- 2) 컨볼루션 기능은 감지와 인식 모두에서 공유되므로 특징을 추출하기 위한 다수의 컨볼루션 레이어, 자동차 분리된 모델을 사용하는 것에 비해 매개변수가 더 번호판에 대해 특별히 맞춤화된 지역 제안 네트워크, 적습니다. 또한, 탐지 및 인식 손실의 공동 최적화를 Region of Interest (RoI) 풀링 레이어, 번호판에 대한 다층



(그림 6) 제안된 모델의 전체적인 구조

[출처] H. Li, P. Wang, and C. Shen, "Toward end-to-end car license plate detection and recognition with deep neural networks," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 3, pp. 1126-1136, 2018.

통해 추출된 특징은 더 풍부한 정보를 갖게 됩니다. 퍼셉트론과 bounding box regression, 번호판 인식을

- 3) 플레이트 인식을 별도의 모델로 처리하는 대신 감지 위한 CTC 가 있는 RNN 으로 구성됩니다. 이 아키텍처를 파이프라인에 직접 통합하면 결과 시스템이 더 사용하면 하나의 네트워크와 입력 이미지에 대한 단일 효율적입니다. 프레임워크를 사용하면 입력 전방 평가를 통해 플레이트 감지 및 인식을 동시에 이미지에서 감지된 번호판을 잘라서 별도의 달성할 수 있습니다.

네트워크에서 인식할 필요가 없습니다.

(그림 6)에서 볼 수 있듯이 모델은 번호판에 대한 식별

5. Real-time license plate detection and recognition using deep convolutional neural networks



(그림 8) 주석이 달린 LP 영역(빨간색)을 기반으로 한 차량 정면/후방 경계 상자 추정(노란색 직사각형)의 예

[출처] S. M. Silva and C. R. Jung, "Real-time license plate detection and recognition using deep convolutional neural networks," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 71, p. 102773, 2020.

이 논문[7]은 계층적 CNN 을 기반으로 하는 종단 간 ALPR 방법을 제시합니다. 제안된 방법의 핵심 아이디어는 동일한 CNN 에서 두 개의 패스를 사용하여 차량과 번호판 영역을 식별한 다음 두 번째 CNN 을 사용하여 문자를 인식하는 것입니다. 인식 CNN 은 제한된 훈련 데이터 세트에 대처하기 위해 합성 및 증강 데이터의 사용을 대대적으로 탐색하며, 우리의 결과는 증강

프로세스가 인식률을 크게 증가시키는 것을 보여줍니다. 또한 비디오에서 OCR 출력을 더 잘 안정화하기 위한 새로운 시간적 일관성 기술을 제시합니다. 실시간 요구 사항을 충족하려면 매우 짧은 시간에 탐지 및 인식을 수행할 수 있는 심층 네트워크를 사용해야 합니다. 이를 위해 이 논문에서는 (비용이 많이 드는) 이미지 피라미드 및 슬라이딩 윈도우 없이 영역 제안을 사용하여 객체 감지/인식을 수행하는 문헌에 보고된 가장 빠른 네트워크 중 하나인 YOLO 기반 네트워크를 사용했습니다. 차량이 카메라에서 멀수록 LP가 이미지에 작게 나타납니다. 딥러닝 기술은 작은 물체를 감지하는 데 어려움을 겪습니다. 따라서 LP를 직접 찾는 것은 광범위한 시나리오를 대상으로 할 때 좋은 전략이 아닐 수 있습니다. 감지기를 훈련시키기 위한 데이터 셋에 차량 주석이 없는 상태에서 이 문제를 극복하기 위해 여기에선 자동차 Frontal/Rear-View (FRV)를 대략적으로 나타내는 LP 주변의 더 큰 영역에 대한 주석을 자동으로 생성했습니다. (그림 8)은 훈련 세트에 없는 이미지에서 추정된 FRV 경계 상자의 몇 가지 예를 보여주며, 이는 제안된 접근 방식을 사용하여 FRV를 대략적으로 추출할 수 있음을 나타냅니다.

제안된 접근 방식은 브라질 및 유럽 LP를 포함하는 데이터 세트에서 테스트되었습니다. 프레임 단위 방식으로 중단 간 실행되는 전체 ALPR 시스템을 고려하여 제안된 접근 방식은 SSIG에 대해 최상의 결과를 제공하고 UFPR 및 OpenALPR 데이터 세트 모두에 대해 두 번째로 최상의 결과를 제시했습니다. 비디오 시퀀스(SSIG 및 UFPR)를 제공하는 데이터 세트의



(그림 9) 감지 및 인식된 LP의 예. 이미지는 FRV/LPD-NET을 사용하여 감지된 LP이며 분할된 문자는 빨간색 사각형으로 표시됩니다.

[출처] S. M. Silva and C. R. Jung, "Real-time license plate detection and

경우 제안된 시간 일관성 방식이 결과를 크게 개선했습니다. (그림 9)는 제안된 모델로 탐지 및 인식된 번호판과 문자를 보여줍니다.

REFERENCES

- [1] C. Busch, R. Dömer, C. Freytag, and H. Ziegler, "Feature based recognition of traffic video streams for online route tracing," in *VTC'98. 48th IEEE Vehicular Technology Conference. Pathway to Global Wireless Revolution (Cat. No. 98CH36151)*, 1998, vol. 3: IEEE, pp. 1790-1794.

- [2] R. Zunino and S. Rovetta, "Vector quantization for license-plate location and image coding," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 47, no. 1, pp. 159-167, 2000.
- [3] Y. Yuan, W. Zou, Y. Zhao, X. Wang, X. Hu, and N. Komodakis, "A robust and efficient approach to license plate detection," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 3, pp. 1102-1114, 2016.
- [4] S. M. Silva and C. R. Jung, "License plate detection and recognition in unconstrained scenarios," in *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, 2018, pp. 580-596.
- [5] M. Jaderberg, K. Simonyan, and A. Zisserman, "Spatial transformer networks," *Advances in neural information processing systems*, vol. 28, pp. 2017-2025, 2015.
- [6] H. Li, P. Wang, and C. Shen, "Toward end-to-end car license plate detection and recognition with deep neural networks," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 3, pp. 1126-1136, 2018.
- [7] S. M. Silva and C. R. Jung, "Real-time license plate detection and recognition using deep convolutional neural networks," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 71, p. 102773, 2020.