

CNN 기반 한국 번호판 인식

Korean License Plate Recognition Using CNN

Tang Quang Hieu*, 연 승 호*, 김 재 민*

Gil-Dong HongTang Quang Hieu*, Seungho Yeon*, Jaemin Kim*

Abstract

The Automatic Korean license plate recognition (AKLPR) is used in many fields. For many applications, high recognition rate and fast processing speed of ALPR are important. Recent advances in deep learning have improved the accuracy and speed of object detection and recognition, and CNN (Convolutional Neural Network) has been applied to ALPR. The ALPR is divided into the stage of detecting the LP region and the stage of detecting and recognizing the character in the LP region, and each step is implemented with separate CNN. In this paper, we propose a single stage CNN architecture to recognize license plate characters at high speed while keeping high recognition rate.

요 약

자동 한국 번호판 인식 (AKLPR)은 많은 분야에서 사용된다. 이러한 응용 분야에서 ALPR은 높은 인식률과 빠른 처리 속도가 중요하다. 최근 딥러닝의 발전으로 객체 감지 및 인식의 정확도와 속도가 향상 되고 있으며, 그 결과 딥러닝이 ALPR에 적용되고 있다. 특히 합성곱신경망(Convolutional Neural Network) 기반 객체 검출기가 ALPR에 적용되었다. 이러한 ALPR은 LP 영역을 검출하는 단계와 LP 영역의 문자를 검출 및 인식하는 단계로 구분되며, 각 단계는 별도의 CNN으로 구현된다. 본 논문에서는 단일 단계 CNN으로 ALPR을 구현하는 아키텍처를 제안한다. 제안하는 방법은 높은 인식률을 유지하면서 빠른 속도로 번호판 문자를 인식한다.

Key words : Korean license plate recognition, Deep Learning, CNNs, Detection, Recognition

1. 서론

자동 번호판 인식(ALPR)은 주차 제어, 주차 위치 확인, 도로 교통 관리 등과 같은 많은 분야에서 사용된다. 이러한 다양한 어플리케이션에서 ALPR은 높은 인식률과 빠른 처리 속도가 중요하다.

딥러닝에서 합성곱신경회로망(CNN)의 발전과 함께 물체들을 빠른 속도와 높은 정확도로 검출 및

인식을 하게 되었다. 이로 인하여 최근 들어 ALPR 과제를 해결하기 위해 CNN이 적용되고 있다.

객체 검출과 인식을 위한 CNN으로 다양한 방법들이 발표되고 있다. 우선 R-CNN이 발표되었으나 느린 처리 속도가 단점이다. 이러한 연산 처리 속도 문제를 해결하기 위한 방법으로 faster R-CNN, YOLO v1, SSD, YOLO v2, YOLO v3 등이 발표되었다. 또한 인식률의 향상을 위하여 다양한 CNN

* Dept. of E. E. Engineering, Hongik University

★ Corresponding author

E-mail : jmkim@hongik.ac.kr, Tel : +82-2-320-1634

※ Acknowledgment: This work was supported by project for 'New business R&D Voucher' between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2019. (S2719947)

Manuscript received Dec. 16, 2019; revised Dec. 20, 2019; accepted Dec. 26, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

구조가 발표되고 있으며, 최근 들어 ResNet, RetinaNet 등이 발표되었다([1]-[8]).

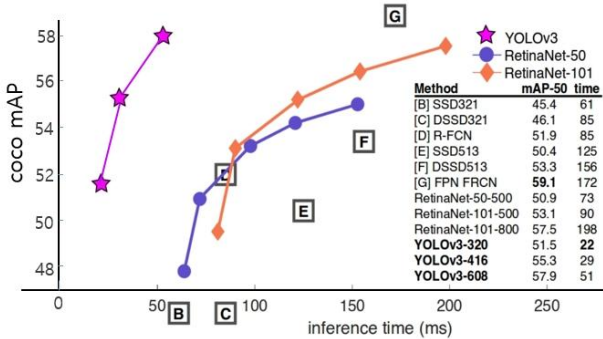


Fig. 1. Speed and accuracy tradeoff on the mAP at 0.5 IOU metric(Source: YOLO v3 paper).

그림 1. 검출기의 속도와 정확도의 트레이드오프

그림 1은 기존에 제안된 다양한 CNN 방법들의 연산량 대비 성능을 그래프로 나타낸 것으로 객체 검출 및 인식을 위한 CNN에서 YOLO v3는 다른 방법과 비교하여 높은 인식률을 유지하면서도 월등하게 적은 연산량을 가지고 있다([8]).

기존의 CNN을 이용한 ALPR은 첫 단계에서는 번호판을 포함하고 있는 차량 영상을 CNN을 적용하여 번호판 영역 검출한다. 다음 단계에서는 고해상도 입력 영상에서 번호판의 영역만을 선택한다. 선택한 번호판 영역 영상을 CNN을 적용하여 번호판 영역 안의 문자들을 검출하고 인식하고 있다([9]).

CNN기반 객체 검출 및 인식은 CNN을 이용한 특징을 추출하는 추출부(convolution layer)와 추출된 특징을 이용한 분류기(classifier)로 구성되며, 대부분의 연산 시간은 특징 추출부에서 소모되고 있다. ALPR를 두 단계로 나누어 CNN을 적용하는 대신, 하나의 공통 특징 추출부와 두 개의 분류기를 사용하여 동시에 번호판 추출과 문자 인식을 수행한다면 연산 시간을 대폭 줄일 수 있다. 본 논문은 하나의 CNN을 이용하여 번호판 검출과 문자인식을 동시에 수행하면서도 높은 인식률을 가지는 CNN 구조를 제안한다. 본 논문에서 하나의 CNN으로 높은 인식률을 달성하기 위하여 YOLO v3의 CNN 구조를 번호판 인식에 맞게 그 구조를 최적화 시켰다. 그림 2는 기존의 방법과 제안하는 방법의 차이를 보여주고 있다.

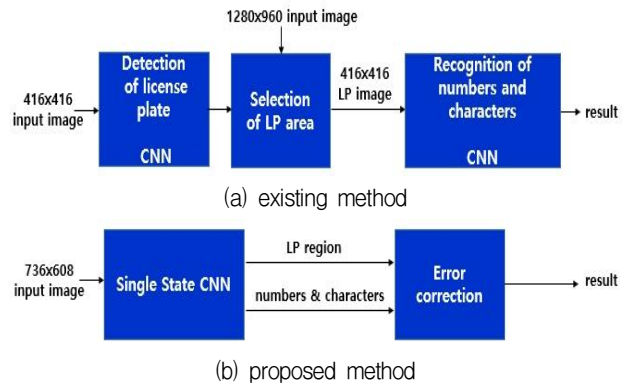


Fig. 2. Proposed method vs. existing method.

그림 2. 제안하는 방법과 기존 방법

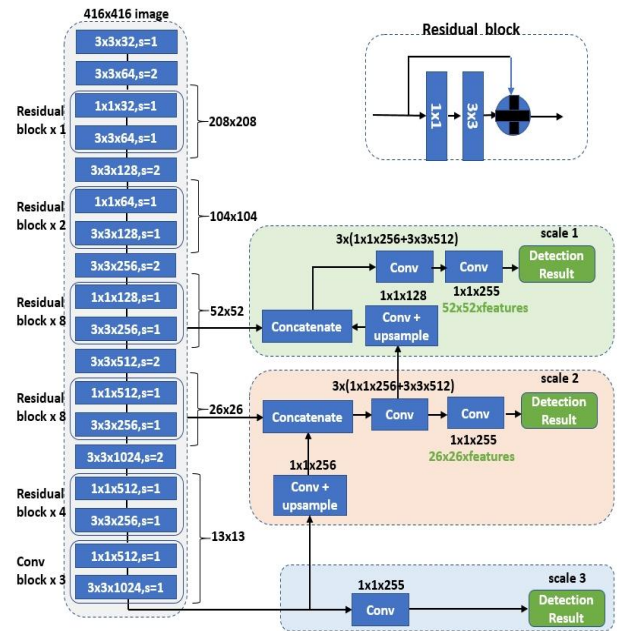


Fig. 3. YOLO v3 Architecture.

그림 3. YOLO v3 구조

II. 본론

그림 3은 YOLO v3의 구조를 보여주고 있다. 특징 추출을 위하여 입력 영상에 연속된 3x3과 1x1 합성곱(convolution) 필터와 바로가기 연결을 적용하여 피라미드 구조의 53개 계층을 형성 한다. 객체의 검출 및 인식은 3개의 다른 스케일의 분류기에서 수행된다. 고해상도인 스케일 1에서는 52x52개의 각 셀(cell) 당 3개의 영역 상자(bounding box)에서 작은 객체의 검출 및 인식을 수행한다. 중간 해상도인 스케일 2에서는 26x26개의 각 셀당 3개의 영역 상자에서 중간 크기의 객체를 검출 및 인식한다. 저해상도인 스케일 3에서는 13x13개의 각

셀당 3개의 영역 상자에서 큰 객체를 검출 및 인식을 하게 된다([8]).

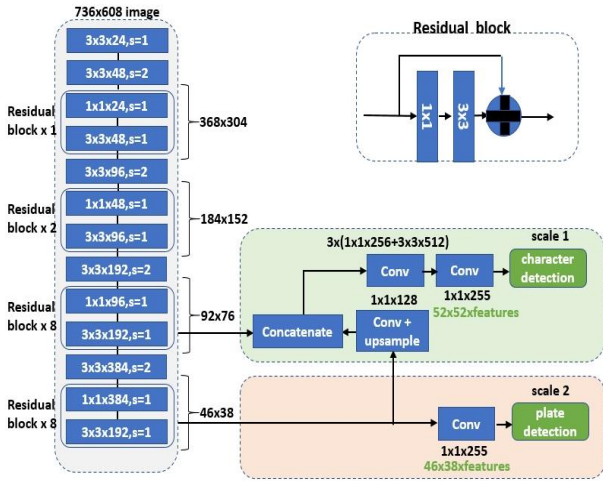


Fig. 4. Proposed Single stage CNN architecture for license plate recognition.

그림 4. 번호판 인식을 위하여 제안하는 단일 단계 합성곱 신경회로망

II.2. 검출 및 인식하는 번호판의 특징

2005년 개정 대한민국 차량 번호판은 그림 6과 같다. 번호판의 크기는 52cm × 11cm 이다. 각 숫자 및 문자는 5cm × 7.5cm 안에 포함된다. 인접한 두 숫자의 중심 간격은 5.4cm 이다.

번호판은 2개 숫자, 1개의 한글 문자, 4개의 숫자 순으로 구성 되어 있다. 한글 문자는 74 개의 한글 문자 중 하나이다. 각 한글 문자는 하나의 자음과 하나의 모음의 결합으로 구성된다. 한글 자음은 ‘ㄱ’, ‘ㄴ’, ‘ㄷ’, ‘ㄹ’, ‘ㅁ’, ‘ㅂ’, ‘ㅅ’, ‘ㅇ’, ‘ㅈ’, ‘ㅊ’, ‘ㅋ’, ‘ㄴ’, ‘ㄷ’, ‘ㄹ’, ‘ㅁ’, ‘ㅂ’, ‘ㅅ’, ‘ㅇ’, ‘ㅈ’, ‘ㅊ’ 10 개이며, ‘k’, ‘n’, ‘d’, ‘l’, ‘m’, ‘b’, ‘s’, ‘o’, ‘g’, ‘h’에 해당한다. 한글 모음은 ‘ㅏ’, ‘ㅑ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’, ‘ㅗ’, ‘ㅛ’, ‘ㅜ’, ‘ㅠ’ 4개이며, ‘a’, ‘eo’, ‘o’, ‘u’에 해당한다.

II.3. 제안하는 단일 단계 CNN 구조

하나의 CNN을 이용하여 번호판 검출과 문자인식을 동시에 수행하면서도 높은 인식률을 가지는, 제안하는 CNN 구조는 그림 4에서 보여주고 있다. 제안하는 구조는 YOLO v3에 비하여 다음과 같은 다른 구조를 가지고 있다.

(1) 숫자와 한글 문자의 인식을 위해서는 일정 이상의 해상도에서 특징을 추출하여야 한다. 때문에 입력 영상의 해상도를 416×416에서 736×608로 증가시킨다.

(2) 연산량과 메모리 용량을 줄이기 위하여, 특성 추출을 위하여 사용되는 CNN의 각 단계에서 사용되는 합성곱 필터의 개수를 YOLO v3의 3/4으로 줄인다. 이렇게 단순화하여 추출한 특징으로도 한글 문자와 숫자를 인식하는데는 문제가 없다.

(3) 번호판은 스케일 2의 46×38 개의 각 셀 상의 3개의 영역 상자에서 검출한다. 숫자와 한글 문자는 스케일 1의 46×38 개의 각 셀 상의 7개의 영역 상자에서 검출 및 인식한다. 제안하는 구조에서는 작은 크기의 숫자와 문자의 검출 및 인식률을 높이기 위하여 셀당 영역 박스의 개수를 7개로 증가시켰다. 반면에 넓은 영역을 차지하는 번호판의 검출 및 인식을 위하여 사용하는 셀당 영역 박스의 숫자를 2개로 줄였다.

(4) 다수의 검출된 경계 박스의 영역이 겹치는 경우 병합을 하게 되는데, YOLO에서는 동일 클래스의 검출된 객체들끼리 병합하지만, 제안하는 구조에서는 클래스에 관계없이 겹치는 경계 박스는 병합을 하였다. 클래스가 다른 경우에는 가장 높은 확률을 가지는 클래스를 가지게 된다.

II.4. 에러 보정

인식률 향상을 위하여 검출된 숫자 및 문자의 위치 및 클래스 확률을 이용하여 에러 보정을 수행한다.

가. 거짓 양성 검출: 한 문자의 중복 검출

하나의 글자를 동시에 중복하여 검출하는 두 영역 상자의 겹침이 50% 이하이면, 두 영역 상자를 모두 유지하게 된다. 이 경우, 번호판 영역에 문자 및 숫자가 7개 이상 있기 때문에 하나의 중복 경계 상자를 제거하여야 한다.

한글 문자의 왼쪽에서 숫자를 나타내는 3 개의 영역 상자가 검출되거나 한글 문자의 오른쪽에서 숫자를 나타내는 5개의 영역 상자가 검출되면 클래스 확률이 가장 작은 영역 상자를 제거한다.

나. 거짓 음성 검출: 한 문자의 검출 누락

검출된 영역 상자의 객체 신뢰도 값이 임계값보다 낮은 경우 영역 상자가 제거된다. 검출된 영역 상자의 숫자가 7보다 작고 인접한 두 개의 검출된 영역 상자 사이의 간격이 너무 큰 경우, 중심이 두 영역 상자의 사이에 있는 영역 상자를 검색하고 객체 신뢰도가 가장 높은 영역 상자를 추가로 선택한다.

다. 검출된 영역 상자의 크기 오류

경우에 따라 검출된 영역 상자의 크기가 실제 크기보다 너무 커서 오류로 취급되는 경우가 있다. 그러나 중심이 인접한 두 문자 사이에 있고 문자 수가 충분하지 않으면 경계 상자가 올바르게 감지된 것으로 간주한다. 검출된 영역 상자를 중심 위치에 따라 정렬하고 번호판 번호를 인식한다.



Fig. 5. Images in the data base.
그림 5. 데이터베이스에 있는 영상

II.5. 실험 결과

가. 실험 데이터 및 환경

실험에 사용한 번호판은 2005년 개정 대한민국 차량 번호판이다. 번호판 데이터 베이스는 몇 개월 동안 다양한 시간대와 다양한 기후에서 옥외 주차장 입구에서 LPR 장비 내에 설치된 카메라로 촬영한 영상이다. 영상은 차량의 정면 영상으로 번호판을 포함하고 있으며, 1280×960 해상도의 gray image 이다. 총 영상 수는 50,000개이다. 그림 5는 데이터 베이스에 있는 영상들을 보여주고 있다. 학습에 사용한 영상은 40,000개, 테스트에 사용한 영상은 10,000개이다. 학습 영상과 테스트 영상은 동일한 분포를 갖도록 무작위 추출하였다.

나. 에러 보정

그림 6의 (a)는 한글 문자 “주”가 이중으로 검출된 경우이다. “ju”로 검출된 영역 상자의 클래스 신뢰도는 88%이고, “gu”로 검출된 영역 상자의 클래스 신뢰도는 27% 이다. 따라서 “gu”는 제거하고 “ju”만 선택한다.

그림 6의 (b)는 숫자 “8”을 검출한 영역 상자가 과도하게 크지만 그 중심이 “우”와 “7”사이에 놓이기 때문에 숫자와 문자 배열을 바르게 할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 6. False detection and error correction.
그림 6. 오검출과 에러보정

다. 인식률

그림 7은 정상적으로 검출 및 인식된 번호판을 보여 주고 있다. 표 1은 제안한 단일 단계 CNN 아키텍처를 사용한 자동 한국 번호판 인식의 결과를 보여주고 있다. 약 99.9%의 인식률을 보여주고 있다.

제안하는 방법은 번호판 검출과 숫자와 문자 인식을 동시에 수행함에도 불구하고, Table 1에서 보여주는 것과 같이 매우 높은 인식률을 보여주고 있다.

라. 연산량

제안하는 단일 단계 CNN 아키텍처에서는 검출과 인식에 사용하는 특징을 추출하는데 하나의 CNN 만을 사용하였다. 하지만 99.9%의 높은 인식률을 달성하기 위해서는 높은 해상도의 입력 영상을 필요로 하고, YOLO v3와 같이 복잡한 CNN 구조가 필요하였다.

반면에 기존의 방법은 번호판 영역 검출을 위하여, 그리고 번호판 영역에서 숫자와 글자를 검출 및 인식을 위하여 각각 독립적인 CNN을 사용하지만, 상대적으로 낮은 해상도의 입력 영상을 이용하고, 특징 추출을 위한 CNN의 구조도 YOLO v2와 같이 상대적으로 단순한 CNN를 사용하고도 99.9%의 인식률을 달성하였다.

본 논문에서 제안하는 단일 단계 CNN 아키텍처

를 이용한 번호판 인식 방법은 기존 방법의 연산량의 약 67%만 필요로 하였다.

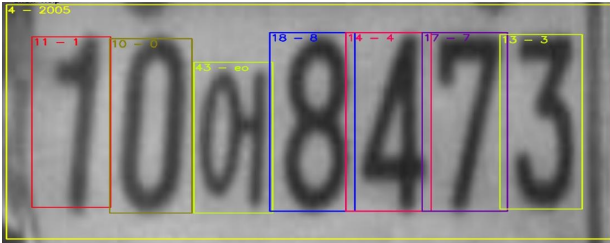


Fig. 7. Detection and recognition results.
그림 7. 검출 및 인식 결과

Table 1. AKLPR performance of the proposed method.

표 1. 제안하는 방법의 한국 번호판 인식 성능

object	Precision	Recall	mAP
LP	99.83%	100%	99.98%
Number	99.92	99.91	91.81
Character	99.88	99.81	99.52

III. 결론

본 논문에서는 높은 인식률을 유지하면서 번호판 문자를 적은 연산량으로 인식 할 수 있는 단일 단계 CNN 구조를 제안 하였다. 제안하는 방법은 하나의 CNN으로 번호판 영역 검출과 번호판 영역 내 문자 인식을 동시에 구현하기 때문에 적은 연산량으로 번호판과 문자를 검출 및 인식 할 수 있다. 또한 본 논문에서는 빠른 처리 속도와 높은 인식률을 동시에 구현하기 위하여 번호판 인식에 최적화된 CNN 구조를 제안하였다.

References

[1] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-time Object Detection with Region Proposal Networks," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.39, No.6, pp.1137-1149, 2017. DOI: 10.1109/TPAMI.2016.2577031

[2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only Look Once: Unified, Real-time Object Detection," *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.779-788, 2016. DOI: 10.1109/CVPR.2016.91

[3] W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C.Y. Fu, et al., "Ssd: Single Shot Multibox Detector," *Proceeding of European Conference on Computer Vision*, pp.21-37, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-46448-0_2

[4] J. Redmon and A. Farhadi, "Yolo9000: Better, Faster, Stronger," *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.6517-6525, 2017. DOI: 10.1109/CVPR.2017.690

[5] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition," *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.770-778, 2016. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90

[6] T. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He, and P. Dollar, "Focal Loss for Dense Object Detection," *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.2999-3007, 2017.

[7] Q. H. Tang, S. Yeon, and J. Kim, "Deep Learning based Object Detector for Vehicle Recognition on Images Acquired with Fisheye Lens Camera," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.22, No.2, pp.128-135, 2018. DOI: 10.9717/kmms.2019.22.2.128

[8] L. Rayson,, "YOLOv3(2018)", <https://pjreddie.com/publications/>

[9] L. Rayson, E. Severo, L. A. Oliveira, G. R. Goncalves, W. R. Schwartz, and D. Menotti, "A Robust Real-Time Automatic License Plate Recognition Based on the YOLO Detector," *2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, pp.1-10, 2018. DOI: 10.1109/IJCNN.2018.8489629

BIOGRAPHY

Tang Quang Hieu (Member)

2017 : BS degree in Electronics and Telecommunications Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology.
 2018~Present : MS degree(in progress), Hongik University.

Seungho Yeon (Member)

2011 : BS degree in Electronics and Electrical Engineering, Hongik University.
 2013 : MS degree in Electrical Information Control Engineering, Hongik University.
 2019 : PhD degree in Electrical Information Control Engineering, Hongik University.

2015~present : Researcher, Hongik University Research Institute of Science and Technology.

Jaemin Kim (Member)

1984 : BS degree in Electrical Engineering, Seoul National University.
 1986 : MS degree in Electrical Engineering, Seoul National University.
 1994: PhD degree in ECSE, Rensselaer Polytechnic Institute.

2001~present : Professor, Hongik University.