

## 임베디드 플랫폼 기반 자율주행을 위한 다양한 YOLO 알고리즘 성능 분석

Performance Analysis of Various YOLO Algorithms for Autonomous driving on the Embedded System

---

저자 (Authors)	최지웅, 전다영, 김성래, 이승일, 이혁재, 김현 Jiwoong Choi, Dayoung Chun, Sungrae Kim, Seungil Lee, Hyuk-Jae Lee, Hyun Kim
출처 (Source)	<a href="#">대한전기학회 학술대회 논문집</a> , 2019.7, 84-85(2 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한전기학회</a> The Korean Institute of Electrical Engineers
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09305291">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09305291</a>
APA Style	최지웅, 전다영, 김성래, 이승일, 이혁재, 김현 (2019). 임베디드 플랫폼 기반 자율주행을 위한 다양한 YOLO 알고리즘 성능 분석. 대한전기학회 학술대회 논문집, 84-85
이용정보 (Accessed)	동국대학교 210.94.174.*** 2021/05/13 15:29 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 임베디드 플랫폼 기반 자율주행을 위한 다양한 YOLO 알고리즘 성능 분석

최지웅\*, 전다영\*, 김성래\*\*, 이승일\*\*, 이혁재\*, 김현\*\*

서울대학교 전기정보공학부\*, 서울과학기술대학교 전기정보공학과 전기정보기술연구소\*\*

### Performance Analysis of Various YOLO Algorithms for Autonomous driving on the Embedded System

Jiwoong Choi\*, Dayoung Chun\*, Sungrae Kim\*\*, Seungil Lee\*\*, Hyuk-Jae Lee\*, Hyun Kim\*\*

Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University\*

Department of Electrical and Information Engineering and Research Center for Electrical and Information Technology, Seoul National University of Science and Technology\*\*

**Abstract** - 최근 딥러닝의 발달은 카메라 기반의 자율주행 관련 연구들을 가속화시켰다. 특히, 딥러닝 기반 one-stage object detector는 자율주행에 필수적인 기술이 되어 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 one-stage object detection 알고리즘 중 가장 대표적인 You Only Look Once (YOLO) 알고리즘의 다양한 버전을 임베디드 플랫폼 상에서 동작시켜, 성능을 확인하고 비교 분석하여 결과를 제시한다.

#### 1. 서 론

자율주행자동차는 물체 인식 검출 결과에 대한 자동차 제어단의 빠른 대응과 latency 감소를 위하여 실시간 처리 속도가 필수적이다. 기존에 제시되었던 two-stage 기반 object detection 알고리즘은 높은 정확도를 보이지만 낮은 처리 속도로 인해 자율주행 application에서 사용하기에는 한계가 있다. 그렇기 때문에 최근에는 처리속도가 빠르면서도 효율성이 뛰어난 one-stage 기반 object detection 알고리즘이 자율주행 연구에서 활발히 사용되고 있다 [1]. 특히, one-stage detector 중 가장 대표적인 YOLO 알고리즘은 처리 속도가 뛰어나 자율주행 연구에 가장 많이 활용되고 있다 [2], [3]. 하지만, 지금까지 자율주행을 위한 임베디드 플랫폼 상에서 YOLO 알고리즘의 자율주행 데이터에 대한 성능 분석이 제대로 이루어지지 않았다. 본 논문은 자율주행을 위한 dataset을 활용하여 임베디드 플랫폼 상에서 다양한 버전의 YOLO 알고리즘들의 성능을 확인하고 비교 분석하여 결과를 제시한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 YOLO

YOLO는 two-stage 방식의 region proposal 대신 이미지를 grid로 나눠 처리함으로써 한번에 bounding box regression과 classification을 수행할 수 있어서 처리 속도가 매우 빠르다. YOLOv2는 YOLO의 낮은 정확도를 보완하기 위해 batch normalization과 anchor box, multi-scale training을 적용하였으며, 작은 크기의 convolution filter를 사용하여 빠른 처리속도를 유지하였다 [4]. YOLOv3는 3개의 scale에서 detection을 수행하여 다양한 크기의 물체를 검출할 수 있어 정확도를 대폭 향상시켰다 [5].

일반적으로 딥러닝 기반 object detection 알고리즘의 정확도 향상을 위해 깊은 네트워크 구조를 사용하는데, 이는 심각한 연산량 증가를 초래한다. 그 결과, 임베디드 플랫폼과 같은 한정된 resource의 플랫폼에서는 이러한 딥러닝 기반 알고리즘의 동작 속도가 매우 느리게 되어 실시간 동작을 지원하기가 어렵다. 이러한 문제를 보완하기 위해 YOLO 알고리즘의 경량화 버전인 YOLOv2-tiny와 YOLOv3-tiny가 제안되었다. 이러한 경량화 버전의 YOLO들은 일반 YOLO 알고리즘들보다 정확도의 손실을 감수해야 하지만, 처리 속도를 대폭 향상시킴으로써 자율주행 어플리케이션과 같은 임베디드 플랫폼이 사용되어야 하는 환경

에서도 YOLO 알고리즘의 활용이 가능하게 하였다.

##### 2.2 성능 비교

자율주행을 위한 임베디드 플랫폼 상에서 여러 YOLO 알고리즘의 성능 비교를 수행하기 위하여 최근 활발히 사용되고 있는 Nvidia사의 Jetson TX2를 임베디드 플랫폼으로 사용하여 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 dataset은 대표적인 자율주행 데이터인 KITTI [6]와 가장 최신 자율주행 데이터인 Berkeley deep drive (BDD) [7]이다.

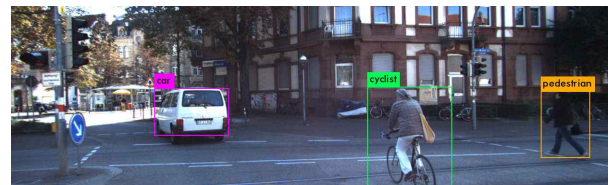
그림 1은 KITTI 데이터에서 YOLOv2, YOLOv2-tiny, YOLOv3, YOLOv3-tiny의 실제 검출 결과를 나타낸다. 결과를 살펴보면 가장 최신 버전인 YOLOv3의 검출 성능이 가장 우수하며, 각 알고리즘의 경량화 버전은 기존 알고리즘보다 검출 성능이 상대적으로 떨어지는 것을 확인할 수 있다.



(a) YOLOv2의 검출 결과



(b) YOLOv2-tiny의 검출 결과



(c) YOLOv3의 검출 결과



(d) YOLOv3-tiny의 검출 결과

<그림 1> 다양한 YOLO 알고리즘들의 검출 결과

표 1은 KITTI와 BDD 데이터에서 다양한 YOLO 알고리즘들의 수치적인 정확도(mean Average Precision, mAP)와 처리 속도 결과(frame per second, fps & Floating point Operations per Second, FLOPs)를 나타낸다. 가장 최신 버전인 YOLOv3가 KITTI와 BDD 데이터 모두에 대해 정확도가 가장 높지만, 연산량이 가장 크기 때문에 처리속도가 매우 낮다. 반면에 연산량이 가장 작은 YOLOv2-tiny는 10 fps 이상의 가장 높은 처리속도를 보이나 정확도가 가장 낮다. 임베디드 플랫폼에서 제공 가능한 연산 resource가 일반적인 컴퓨터보다 현저히 작기 때문에 처리속도가 빠른 경량화 알고리즘이라도 임베디드 플랫폼에서는 여전히 30 fps 이상의 실시간 처리가 어려움을 알 수 있다. 즉, 임베디드 플랫폼에서 딥러닝 기반 object detection 알고리즘의 실시간 처리를 하기 위해서는 더 많은 알고리즘 경량화가 필요하다고 결론 지을 수 있다.

**〈표 1〉 다양한 YOLO 알고리즘들의 성능 결과**

Algorithm	KITTI			BDD			Input resolution
	mAP (%)	fps	FLOPS (10 <sup>9</sup> )	mAP (%)	fps	FLOPS (10 <sup>9</sup> )	
YOLOv2	64.8	4.0	44.4	7.1	3.9	44.4	512□512
YOLOv2-tiny	46.3	10.6	8.1	3.8	10.4	8.1	512□512
YOLOv3	80.5	2.1	98.9	14.9	2.1	99.0	512□512
YOLOv3-tiny	64.1	9.9	8.2	5.9	9.6	8.3	512□512

### 3. 결 론

본 논문은 대표적인 one-stage detector인 YOLO 알고리즘의 다양한 버전에 대한 성능을 임베디드 플랫폼 상에서 비교하였다. 가장 최신 버전인 YOLOv3는 KITTI 데이터에 대해 평균 80.5 mAP, BDD 데이터에 대해 14.9 mAP로 가장 높은 정확도를 보이나 처리 속도가 2.1 fps로 매우 낮다. 연산량이 가장 작은 YOLOv2-tiny는 10 fps 이상의 가장 빠른 처리속도를 보이나 정확도가 YOLOv3 비해 매우 낮게 나타난다. 이러한 실험을 통하여 자율주행을 위한 30 fps 이상의 실시간 처리를 위해서는 YOLO 알고리즘의 더 많은 경량화가 필요하다는 것을 알 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호: 10082585)에 의해 수행되었습니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] A. Angelova, A. Krizhevsky, V. Vanhoucke, A. Ogale and D. Ferguson, "Real-Time Pedestrian Detection with Deep Network Cascades", in *Proc. of British Machine Vision Association*, 2015.
- [2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," in *Proc. IEEE Conf Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 779 - 788. June 2016.
- [3] A. Corovic, V. Ilic, S. Duric, M. Marijan and B. Pavkovic, "The Real-Time Detection of Traffic Participants Using YOLO Algorithm", in *Proc. Telecommunications Forum*, November 2018.
- [4] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLO9000: Better, faster, stronger", in *Proc. IEEE Conf Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 6517 - 6525. July 2017.
- [5] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement", *arXiv:1804.02767*, 2018.
- [6] A. Geiger, P. Lenz, and R. Urtasun, "Are we ready

for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite", in *Proc. IEEE Conf Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 3354-3361. June 2012.

[7] F. Yu, W. Xian, Y. Chen, F. Lui, M. Liao, V. Madhavan and T. Darrel, "BDD100K: A Diverse Driving Video Database with Scalable Annotation Tooling", *arXiv:1805.04687*, 2018.