

# YOLO 모델을 활용한 조임 상태가 불량한 볼트 검출

강신재, 한동석\*

경북대학교 대학원 전자전기공학부

[kangsj129@knu.ac.kr](mailto:kangsj129@knu.ac.kr), [\\*dshan@knu.ac.kr](mailto:*dshan@knu.ac.kr)

## Detecting Bolts with Poor Tightening Conditions Using the YOLO Model

Sin Jae Kang, Dong Seog Han\*

School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National Univ.

### 요약

볼트는 건축, 항공 우주 산업, 가전제품, 차량 제조, 발전소 등 다양한 분야에서 사용되는 핵심 재료이다. 너트와 함께 서로 짝을 이루며 물체의 움직임을 방지하고, 기계 부품 및 재료를 안전하게 유지하는 역할을 한다. 그러나 볼트와 너트의 느슨한 조임 상태는 곧 큰 사고로 이어질 수 있어 엄청난 인명피해와 재산 피해를 입힐 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 사전에 느슨하게 조여진 볼트의 불량 상태를 감지하고 진단하는 모니터링 작업이 필요하다. 해결 방법으로 기존의 영상 처리 방법을 활용할 수 있지만, 이 방법은 한계가 있고 복잡하다는 단점이 있다. 본 논문은 딥러닝 기법을 기반으로 한 YOLO 모델로 볼트를 하나의 객체로써 높은 정확도로 검출하는 방법을 사용했다. 또한 YOLO 모델의 백본을 수정하여 성능을 비교하고 최적의 백본 모델을 제안한다. 빠르고 정확한 불량 볼트 감지 기술을 제안하여 안전사고 감소에 기여하길 희망한다.

### I. 서론

볼트는 부품 간의 간격이나 압력을 조절하여 물체와 재료를 고정시키고, 부품에 가해지는 응력을 전달하여 구조물이나 기계 부품은 외력에 강건하게 만든다. 따라서 볼트의 결합과 조임 상태가 불량하다면 큰 사고로 이어질 수 있고, 돌이킬 수 없는 피해를 입게 된다. 피해를 최소화하기 위해 불량 상태의 볼트를 감지하고 모니터링 하는 것은 필수적이다. 이에 딥러닝 기법을 활용한다면 단순하고 빠르고 정확한 효율적인 사전 방지가 가능해진다.

기존의 영상 처리 방법을 통해서도 문제 해결에 도움을 줄 수 있다. 예를 들어 케니 에지 검출을 한 후 허프 변환을 사용하여 직선을 검출하거나, 외곽선 검출을 진행한 후 다각형을 검출하고 각도를 계산하여 볼트의 기울어진 정도를 감지할 수 있다. 비록 알고리즘 구현에 있어 단순하다는 장점이 있지만, 일반적으로 이미지는 배경이 존재하고, 전경에 기기나 벨브처럼 관심 영역의 외곽선 검출을 방해하는 요소가 있다면 해결 방법이 매우 복잡해진다. 단점이 존재한다.

본 논문은 최근 각광받고 있는 기술인 YOLO 모델을 활용하여 기울어진 볼트를 감지하고자 한다. 딥러닝을 기반으로 한 객체 탐지 기술을 사용함으로써 보다 단순하고 빠르고 정확하게 감지할 수 있게 되었다. 또한 백본을 수

정하고 성능을 비교함으로써 최적의 성능을 가진 모델을 제안하였다.

### II. 본론

#### 가. 기존의 영상처리방법 활용

기울어진 볼트를 검출하는 아이디어 중 하나는 볼트의 외곽선을 검출하는 것이다. 검출한 외곽선이 감싸는 객체에 한 다각형을 정의하고, 정상 상태와 불량 상태간의 다각형이 기울어진 정도를 비교하는 방법을 활용할 수 있다. 그러나 입력 이미지는 볼트만 있는 것이 아니라 결합된 부품 또는 기기, 그리고 배경이 존재한다. 배경과 검출하려는 객체를 제외한 다른 전경들도 외곽선 검출의 대상이 되기 때문에 이러한 상황에서는 객체의 외곽선을 정확하게 검출하는 것이 어려워진다(그림 1). 또한, 볼트가 보이는 각도에 따라 검출되는 외곽선의 모양이 달라지기 때문에 일반화된 성능을 유지하기 어렵다.

#### 나. 딥러닝 기반으로 한 객체탐지기술

데이터는 PnC Solution 에서 제공한 벨브 위 잘 조여진 볼트와 비스듬히 조여진 볼트가 있는 이미지 데이터를 사용했다. 데이터를 매우 다양한 각도에서 촬영했지만 그래도 데이터 셋이 충분하지 않아 전처리 과정을 거쳤다. 원본 이미지의 비율은 유지하면서 해상도는 640 x 480 으로 변경하여 메모리 효율을 높이고 훈련 시간을 줄였다.

또한, 이미지를 이동 및 플립하여 데이터 셋을 성공적으로 늘렸다.

본 논문은 1-stage detector 로서 CSPDarkNet53 백본을 기반으로 한 YOLOv5 모델을 활용하여 커스텀 데이터를 훈련했다(그림 2). 데이터 전처리 과정을 통해 데이터 셋을 확장했음에도 충분하지 않아 가중치가 작은 모델인 YOLOv5s 모델을 채택하였다.

아래 표 1 은 YOLOv5 의 백본을 변경한 각각의 모델의 성능을 비교한 결과이다. 저자는 두 가지 방법으로 YOLO 모델의 백본을 변경하여 학습을 시도하였다. 첫째, C3 모듈을 C3-Ghost 모듈로 변경하여 경량화된 모델을 학습하였다. 둘째로 SPPF 레이어 이전의 C3 레이어를 C3TR 레이어로 변경하여 데이터를 학습하였다. 학습 결과 계산량과 성능을 비교했을 때, C3-Ghost 모듈로 변경한 백본이 최적의 백본임을 확인하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 기울어진 불량 상태의 볼트를 검출하기 위해 기존의 영상 처리 기법 대신 딥러닝 기반의 객체 검출 모델을 활용하였다. 기존의 영상 처리 기법은 객체를 검출하는 데 복잡한 반면, 기존의 영상처리 방법의 단점을 보완한 YOLO 모델은 직접 커스텀한 학습 데이터를 학습하였을 때, 더 강건하고 좋은 성능을 제공한다.

그러나 본 연구는 데이터 셋이 충분하지 않아, 명확한 결과를 제공하지 못한다는 한계가 존재한다. 따라서 적절한 과인튜닝 기법으로 더욱 최적화된 백본을 찾아 적은 데이터 셋에 따른 대처가 가능하다면 더 일반적이고 좋은 성능의 모델로 향상될 여지가 존재한다. 모델의 성능을 더욱 향상시킨다면 본 연구의 객체 탐지 모델이 사전 작업에 기여하여 안전사고를 크게 줄일 수 있을 것이라 희망한다.

표 1. YOLOv5s 모델의 백본 비교 결과

	Model	layers	mAP50-95	# of parameters	GFLOPs
YOLOv5s	C3	157	0.819	7015519	15.8
	C3 Ghost	302	0.814	3678423	8.0
	Transformer	162	0.816	7016287	15.6

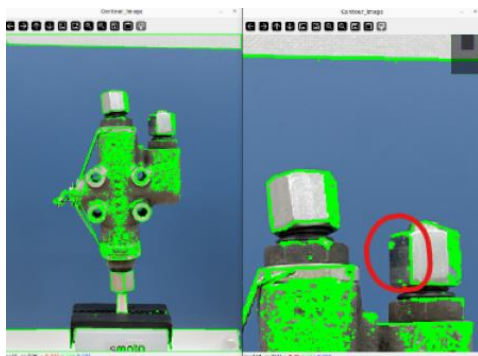


그림 1. 외곽선 검출(영상 처리 기법)을 활용



그림 2. 딥러닝 기법을 기반한 객체 탐지 모델 활용

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신 클러스터육성 (R&D, P0025274) 사업의 지원을 받아 수행한 연구결과임.

### 참 고 문 헌

- [1] Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection”, Apr 2020
- [2] Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition”, Dec. 2015
- [3] Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, “Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition”, pp. 2-3, Apr. 2015