

# 의미론적 분할을 이용한 스마트 팩토리 제품 불량 검출 시스템

윤태준<sup>10</sup>, 강윤경<sup>1</sup>, 배민지<sup>1</sup>, 이소연<sup>2</sup>, 김대영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

<sup>2</sup>순천향대학교 소프트웨어융합학과

{20214004, dbsrud318, pigl, lsy8647, dyoung.kim}@sch.ac.kr

## Smart Factory Product Defect Detection System Using Semantic Segmentation

Tae Jun Yoon<sup>1</sup>, YunKyung Kang<sup>1</sup>, Minji Bae<sup>1</sup>, SoYeon Lee<sup>2</sup>, Dae-Young Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University

<sup>2</sup>Dept. of Software Convergence, Soonchunhyang University

### 요 약

최근 공장 자동화 기술이 발전하여 스마트 팩토리 시장이 증가되고 있다. 스마트 팩토리는 공장 내 설비와 기계에 IoT를 설치해 공정 데이터를 실시간으로 수집, 분석하여 스스로 제어할 수 있는 공장을 뜻한다. 스마트 팩토리에서 캔음료, 통조림 등 금속제 보존 용기나 자동차 패널과 같은 알루미늄 제품은 생산 중 찌그러짐, 스크래치와 같은 불량이 발생할 수 있다. 기존 품질관리는 많은 인력과 비용이 발생하지만, 최근 스마트 팩토리의 고도화된 기술들을 통해 최소한의 비용으로 제조공정의 품질관리를 효율적으로 운영할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 OpenCV의 색반전 전처리 기법과 Semantic Segmentation 기술을 활용하여 의미론적 분할을 이용한 스마트 팩토리 제품 불량 검출 시스템을 제안한다. 이를 통해 제품 품질에 대한 신뢰도 향상과 제품 불량 검출에 투입되는 인력을 절감하여 효율적인 제품 제조 및 품질관리 시스템을 기대할 수 있다.

### 1. 서 론

최근 공장 자동화 기술이 빠르게 발전하며 스마트 팩토리(Smart Factory) 시장이 증가되고 있는 추세이다. 스마트팩토리는 설계 및 개발, 제조 및 유통 등 생산과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 정보통신기술을 적용하여 생산성, 품질, 고객 만족도를 향상시키는 지능형 생산공장으로 공장 내 설비와 사물인터넷(IoT)을 설치하여 공정 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 분석해 스스로 제어할 수 있게 만든 미래의 공장이다[1]. 이러한 시스템을 통해 얻은 공정 데이터를 활용하여 제조 설비의 상태를 진단하거나 예측하는 인공지능 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다[2]. 이때, 이미지·영상 인식 관련 인공지능 기술이 적용되며, 예시로 FANUC는 로봇이 스스로 오류를 진단하고 구성할 수 있도록 딥러닝 기술이 적용된 자율로봇을 적용한 스마트 팩토리를 운영중이고[3] LG U+ 스마트 팩토리에서는 제품 사진 또는 영상을 분석하여 제품에 흠집, 얼룩 등 외관의 불량이 있는지 자동으로 검사하는 서비스 AI 비전 서비스를 제공하고 있다. 더불어 SKT는 인공지능 기술이 적용된 Machine Vision 시스템을 통해 공장에서 생산된 제품 외관에 생긴 불량을 자동으로 판정해주는 서비스를 제공하는 중이다. 이러한 서비스를 통해 기존 시스템에 대한 많은 인력에 따른 비용 발생 문제, 사람간 시간 편차와 반복 업무 수행에 따라 저하된 정확도 문제 등을 해결할 수 있으며, 최소한의 비용으로 제조공정의 품질관리를 효율적으로 운영할 수 있다[4]. 이에 본 논문에서는 OpenCV와 Semantic Segmentation 모델 중 하나인 BiSeNet 기술을 적용하여 딥러닝 기반 스마트 팩토리 제품 불량 검출 시스템을 제안한다. 실시간으로 제품을 촬영하기 위해 카메라를 설치하고 촬영되는 제품에서 스크래치 유무를 선명하게 파악하기 위해 OpenCV 색반전 전처리 기법을 적용한다. 이후, Semantic Segmentation을 적용하여 스크래치 및 찌그러짐 유무를 파악하는 시스템을 제안한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 Open Source Computer Vision (OpenCV)

OpenCV[5]는 Intel에서 개발한 공개 라이브러리로 윈도우, 리눅스, 안드로이드 운영체제에서 구동이 가능하며 실시간 이미지 프로세싱에 중점을 둔 라이브러리이다[6]. OpenCV는 차량 감지 및 트래킹, 의료 영상 처리, 이미지 전처리, 사람 포즈 추정 등 여러가지 분야에서 광범위하게 사용되며 그 중 이미지 전처리 분야에는 블러, 색반전, 그레이 스케일, 이미지 이진화, 배경 제거 등 다양한 기능 지원한다. 본 논문에서는 제품의 스크래치 유무를 선명하게 파악하기 위해 OpenCV의 색반전 전처리 기법을 적용한다.

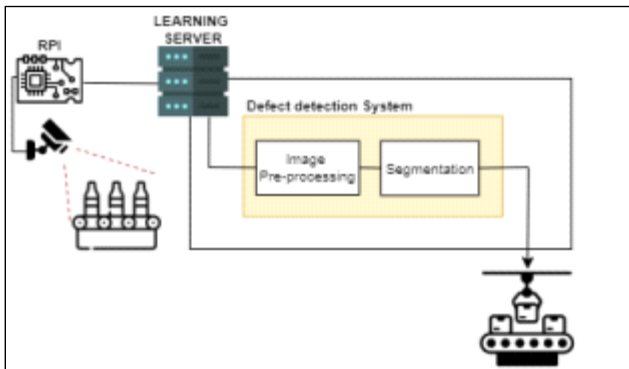
#### 2.2 Bilateral Segmentation Network (BiSeNet)

기존 시맨틱 분할 모델들은 inference 속도가 매우 느려 실제 어플리케이션에 적용하기 힘들다는 한계점을 갖는다. 특히 정확도 측면에서 큰 발전이 있었던 PSPNet(Pyramid Scene Parsing Network)에서는 다양한 수용영역을 처리하기 위해 특징점을 다양한 크기의 풀링(Pooling)을 이용하여[7] 약 80% mIOU 성능을 보이지만, 고해상도일수록 시간복잡도가 지수적으로 증가하여 FPS 성능이 0.78fps로 매우 늦은 문제가 존재한다. PSPNet의 한계를 극복하기 위해 BiSeNet은 일반적인 인코더의 경로 외에도 고해상도의 얇은 경로를 추가하여 풍부한 공간 세부 정보를 이용하는 이중 경로 백본 방식을 활용하였다[8]. BiSeNet은 원본 이미지의 공간 정보를 보존하도록 설계된 SpatialPath(SP) 및 경량 모델과 전역 평균 풀링을 활용하여 다양한 수용영역을 빠르게 얻는 ContextPath(CP)의 두 가지 경로를 통해 정확도와 속도 사이의 균형을 맞췄다. Base Model로 Xception39, Res18을 사용하여 약 70% mIOU 105.8fps, 약 75% mIOU 65.5fps로 기존 SOTA 모델들에 비해 높은 mIOU와 FPS를 얻었다.

### 3. 본 론

#### 3.1 제안하는 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 시스템 구조는 그림 1과 같다. 라즈베리파이에 연결된 카메라는 제품을 촬영하여 학습 서버(LEARNING SERVER)로 전달한다. 서버는 수신된 영상에 제품이 불량인지 판단 후 판단 결과에 따라 제품을 제거한다. 제품을 촬영하여 이미지화 한 후 라즈베리파이에서 학습 서버로 송신한다. 수신된 이미지는 서버에서 불량 검출 알고리즘을 통해 제품의 불량을 판단한다. 불량 검출 알고리즘은 수신된 이미지를 OpenCV를 이용하여 전처리한다. 이때 전처리 방법으로 색반전을 사용한다. 색반전은 ( $\text{invert} = 255 - \text{pixel}$ ) 식으로 이미지를 색반전시킬 수 있다. 전처리된 이미지는 Semantic Segmentation 기술을 통해 제품의 불량 상태를 굵힘과 찌그러짐 두 가지 상태로 판단한다. 판단된 결과를 통해 불량 제품은 제거하여 효율적으로 불량 제품 유무를 판단하고 제거할 수 있다.



(그림 1) 제안하는 불량 검출 시스템 구조

#### 3.2 제품 불량 검출 의사코드

```

01 : Function detect_defective_product()
02 : class[3] <- { normal, crash, scratch }
03 : frame <- recive_frame()
04 : frame <- preprocessing_frame(frame)
05 : product_state <- semantic_segmentation(pre_trained_model, frame)
06 : if ( product_state == class[1] || product_state == class[2] )
07 :     is_defect <- True
08 : else if ( product_state == class[0] )
09 :     is_defect <- False
10 : endif
  
```

(그림 2) 불량 검출 판단 의사코드

그림 2는 그림 1의 제안된 시스템 중 학습 서버에서 제품의 정상과 불량을 판단하는 과정을 의사코드로 작성한 것이다. 먼저 제품의 상태를 normal(정상), crash(찌그러짐), scratch(굵힘) 세 가지 상태로 설정한다(line02). 라즈베리파이에 연결된 카메라로부터 촬영된 프레임을 수신 받고 수신된 프레임에서 제품 불량 판별의 정확도를 높이고 연산량을 감소시키기 위해 OpenCV를 이용하여 이미지 전처리를 진행한다(line03~04). 전처리 된 이미지에 사전에 학습된 모델을 적용하여 제품의 상태를 판단한다(line05). 판단된 상태가 찌그러짐 또는 굵힘 상태이면 제품을 불량이라고 판단한다. 판단한 상태를 이용해 불량인 제품은 검출 과정에서 제거한다(line06~10).

### 4. 결 론

해마다 사물인터넷(IoT)를 활용한 스마트 팩토리(Smart Factory) 시장은 증가되고 있는 추세이며 이에 따라 공장 자동화 기술은 빠르게 발전하고 있다. 이에 인공지능을 적용하여 국내기업 뿐만 아니라 해외기업들에서도 스마트 팩토리 구축으로 위의 문제들을 해결하고 있다.

본 논문에서는 이미지·영상 처리 기반의 OpenCV와 Semantic Segmentation 모델 중 하나인 BiSeNet 기반의 제품 불량 검출 시스템을 제안한다. 카메라를 통해 제품을 촬영하고 불량 면적을 선명하게 검출하기 위해 OpenCV를 적용하여 전처리 한다. 이후 전처리된 이미지에 실시간 성능을 보이는 BiSeNet 모델을 적용하여 불량품을 검출한다. 이와 같이 본 논문에서 제안하는 시스템을 통해 기존 공장 시스템과 비교하여 사람 간 발생하는 시간 편차와 인력 및 비용을 절감할 수 있으며, 반복 업무 수행에 저하된 정확도 문제를 해결하여 공정과정 중 효율적인 품질관리가 될 것이라 기대한다.

\*본 연구는 2021년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2021-0-01399)

#### 참 고 문 헌

- [1] 김동현, 이재민, 김종덕, “스마트팩토리에서 다중장치기반 실시간 장비 모니터링 및 이력관리 시스템 설계 및 구현”, 한국정보통신학회논문지, 25(1), 124-133, 2021.
- [2] 김민희, 진교홍, “설비 이상탐지를 위한 딥러닝 알고리즘 개발”, 한국정보통신학회논문지, 26(2), 199-200, 2022.
- [3] 양희태, “인공지능 기반 스마트팩토리 활성화를 위한 정책 개선방안”, 한국통신학회논문지, 45(9), 1659-1665, 2020.
- [4] 조용주, “4차 산업혁명과 스마트팩토리”, (), 7-40, 2017.
- [5] OpenCV library, <https://opencv.org/>
- [6] 박원철, 박구락, “CNN기반의 온라인 수어통역 상담 시스템에 관한 연구”, 융합정보논문지, 11(5), 17-22, 2021.
- [7] 박상용, 허용석, “다중 경로 특징점 융합 기반의 의미론적 영상 분할 기법”, 한국통신학회 학술대회논문집, 89-91, 2019.
- [8] 김종식, 강대성, “삼중 경로 mDAPPM을 활용한 실시간 의미론적 분할 성능 향상 연구”, 19(7), 9-17, 2021.

- 
- \* 용지종류 : A4
  - \* 큰제목 9, 내용 8.5, 그림/표 8, 참고문헌내용 8
  - \* 용지여백 : 위·아래쪽 (12mm)  
                왼·오른쪽 (15mm)  
                머리말·꼬리말 (12mm)  
                줄간격 150%
  - \* 논문 작성은 A4용지 2페이지만 허용합니다.(페이지 초과 불가)
  - \* 페이지 작업 관계로 PDF파일로 투고가 불가 합니다.(한글원본파일로 투고)