

X-ray 이물검출기의 이물 검출 향상을 위한 딥러닝 방법

임병휘 · 정승수 · 유운섭*

한경대학교

Deep Learning Method for Improving Contamination Detection of X-ray Inspection System

Byung Hey Lim · Seung Su Jeong · Yun Seop Yu*

Hankyong National University

E-mail : 2019575205@hknu.ac.kr

요 약

식품은 기본적으로 영양성과 안전성을 반드시 갖추어야 한다. 최근에 식품의 안정성이 의심이 되는 안산의 한 유치원에서 식중독성 유증상자가 다수 발생하였다. 그래서 식품의 안전성은 더욱 요구되는 사항이다. 본 논문에서는 식품의 안전성을 확보하기 위한 이물검출기의 딥러닝모델을 통해 검출율을 향상시키는 방법을 제안한다. 제안방법으로는 CNN(convolution neural network), Faster R-CNN(region convolution neural network)의 네트워크를 통해 학습하고 정상과 이물제품의 영상을 테스트 한다. 딥러닝 모델을 통해 테스트한 결과 기존 이물검출기의 알고리즘에 Faster R-CNN을 병행한 방법이 다른 방법보다 검출율이 좋은 성능을 보였다.

ABSTRACT

Food basically must have nutrition and safety. Recently, a number of symptoms of food poisoning occurred in a kindergarten in Ansan, where food safety was suspected. Therefore, the safety of food is more demanding. In this paper, we propose a method to improve the detector to secure food safety. The proposed method is to learn through the network of convolution neural network (CNN) and Faster region-CNN (Faster R-CNN) and test the images of normal and foreign products. As a result of testing through a deep learning model, the method that used Faster R-CNN in parallel with the existing foreign body detector algorithm showed better detection rate than other methods.

키워드

X-ray inspection System, Image identification, Contamination recognition, Deep learning, Faster R-CNN

1. 서 론

사람이 섭취하는 식품의 위생관리가 강화되고 있다. 최근 안산의 한 유치원에서 복통을 동반한 유증상자가 다수 발생했다. 위생관리의 허점이 드러난 사건으로 재발방지하기 위해서 식품의 안전성 강화는 더욱 요구되는 상황이다. 식품의 안전성을 확보하기 위해서는 원료와 공정에서 발생

가능한 생물학적, 화학적, 물리적 위해요소를 분석하여 예방, 제거 또는 허용수준 이하로 관리하는 시스템인 HACCP인증제도를 적극적인 도입과 시스템 활용을 하여야한다[1]. 여기서 물리적인 위해요소를 제거하기 위해서 이물검출기를 도입하여 제조공정에서 생산되는 제품의 안전성을 확보할 수 있다. 이물검출기는 X-선 촬영방식으로 철, 스텐리스, 유리, 테프론 등과 같은 이물을 검출하는 포장공정의 검사장치이다. 포장된 제품이 이물검출기를 통과하여 영상을 분석하는 과정에서 정상

* corresponding author

제품과 이물이 혼입된 이물제품의 판별에 대해서 오류가 발생하는 문제가 발생된다. 이 문제를 해결하기 위해서 영상인식 딥러닝을 통한 정상과 이물영상의 오류판별을 향상시키는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 딥러닝을 통한 안전하게 사람이 먹을 수 있는 정상 제품의 이미지와 이물질이 혼입되어진 이물 제품의 이미지를 이용하여 학습시킨 후 이물 제품의 영상의 이물 인자를 정확히 찾아내는 딥러닝 알고리즘을 제안한다.

II. 이물검출기 및 딥러닝 이론

2.1 이물검출 시스템

이물검출기는 식품에 이물이 혼입되어 있는 물질을 X-선으로 검출하여 검출시에 이물이 혼입되어 있는 부분을 프로세스에서 외부로 이탈시켜 이물이 혼입되지 않도록 하는 이물선별 검사장치이다. 검사 원리는 컨베이어 벨트에 운송되는 제품을 X-선 발생장치에서 전기신호를 X-선으로 변환 후에 투과시켜 디텍터에 영상을 수집한다. 수집된 영상은 밀도값이 0~255까지 가지게 되는데 철, 스테인리스, 유리, 테프론 등과 같은 이물은 고밀도 값을 가지게 된다. 이물이 수집된 영상은 일정크기의 값 이상이 되면 외부로 배출시키는 원리를 갖고 있다. 밀도영역구분은 그림1 과 같이 표현 할 수 있다.



그림 1. 밀도차이를 이용한 이물 검출

이물검출기의 구성은 전기에너지를 X-선으로 변환시켜주는 장치인 X-선 발생장치와 여러 개의 실리콘 광다이오드 배열을 통해 영상을 수집하는 X-선 디텍터, 그리고 시스템 컴퓨터, 터치모니터, 제어 판넬, 이송컨베이어 장치로 구성되어 있다.

2.2 CNN(convolution neural network) 기법

하드웨어와 빅데이터의 발전으로 영상 분야에서 아주 좋은 성능을 발휘하고 있다. CNN은 딥러닝 모델로 기존신경망의 구조를 통해 오버피팅, 로컬의 최적해 수렴, 기울기 소실 등의 에러를 개선하기 위한 모델이다. 구조는 크게 입력이미지에서 컨볼루션레이어와 풀링레이어로 구성되며, 특징점을 개체 검출하는 픽처 익스트랙션 부분과

풀리넥티드되어 마지막에 분류 역할을 담당하는 분류부분으로 나뉜다. 기존의 객체 검출 및 트레이닝 방법과 다르게 CNN은 입력 이미지의 특징 포인트를 자동으로 향상된 객체 검출 능력이 좋으며 특징 추출과 트레이닝이 한 개의 구조에서 구성되는 점이 큰 장점이다[2].

2.3 Faster R-CNN(region-CNN) 기법

CNN 기반의 이미지 영상 객체 추출 방법들은 복잡한 트레이닝 형태와 모든 레이어에 대해 업데이트를 할수 없어 Faster R-CNN이라는 모델 네트워크를 사용한다. Faster R-CNN은 기존 CNN 기반 방식에서 많은 시간이 소요되는 문제를 개선하기 위해 RPN(region proposal network)이라는 특수한 망을 추가한 모델로 입력된 영상과 컨볼루션 네트워크를 이용하여 특징 지도를 만든다. Faster R-CNN은 특징 영역을 연산에 소모되는 비용을 절감할 수 있고 매우 좋은 검출 성능을 보여주며 연산처리 속도면에서 매우 빠른 장점을 갖고 있다. 그래서 이미지의 크기가 큰 영상이나 빠른 연산 처리가 필요한 이미지의 객체 특징점 추출 문제에서도 향상된 성능과 매우 빠른 연산 처리 속도로 실시 할 수 있다[3].

III. 연구 방법

3.1 기존 이물검출기 검출 방법

이물검출기에 포장 제품이 투입되어 제품에 X-선을 투과시켜 디텍터에 영상이 수집되어 컴퓨터에 영상이 전송된다. 전송된 영상은 분석과정을 거치게 되는데 밀도차에 의해 촬영된 영상의 빛의 값을 픽셀 크기별로 판단 후 고밀도 영역이 검출된 부분을 감지하여 그 크기를 분석해서 최종 정상제품과 이물제품을 선별하는 알고리즘을 갖고 있다. 여기서 정상제품을 이물이 혼입된 제품으로 혼동하는 부분은 빛의 밝기 값에 따라 고밀도 영역으로 판단된 검출영역의 오류분석 때문에 정상제품을 이물제품으로 착각하는 오류가 발생된다. 동작순서는 그림 2와 같다.

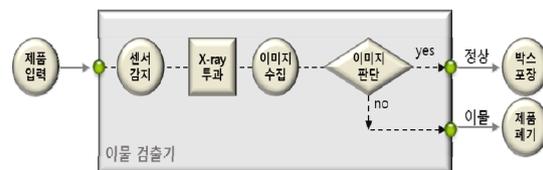


그림 2. 기존 이물검출기 작동순서

3.2 이물 검출 방법 제안

기존 이물검출기의 알고리즘에 대한 문제를 개

선하기 위해서 딥러닝 기법의 알고리즘 2가지를 제안한다. 첫 번째는 기존 이물검출기의 X-선 영상 판별하는 알고리즘을 대신해 딥러닝 모델 중 하나인 Faster R-CNN 기법을 단독으로 사용하는 알고리즘이고, 나머지 하나는 기존 이물검출기의 알고리즘에 Faster R-CNN 기법의 알고리즘을 추가하는 방법이다. 2가지를 서로 비교하여 효과적인 알고리즘을 선정한다.

첫 번째 제안으로 영상판별을 Faster R-CNN으로 대신한 단독 알고리즘은 그림 3과 같다.

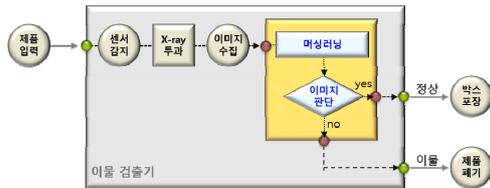


그림 3. Faster R-CNN기법 단독 알고리즘

두 번째 제안으로 기존의 영상판별 알고리즘에서 정상제품은 출고되고 이물제품으로 판별된 영상은 다시 Faster R-CNN기법으로 영상을 판별하는 딥러닝모델을 추가한다. 기존방법과 Faster R-CNN기법을 병행한 알고리즘은 그림 4와 같다.

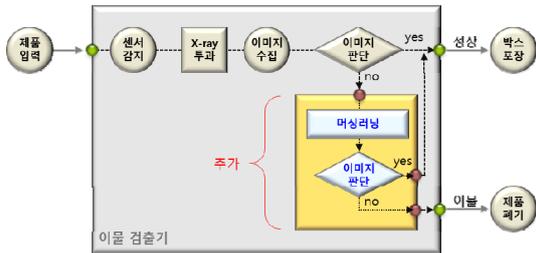
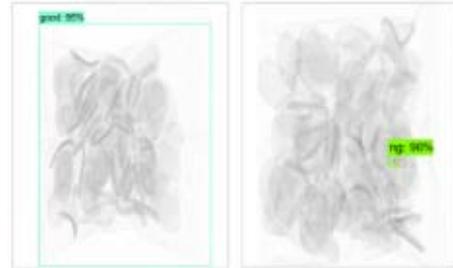


그림 4. 기존방법과 Faster R-CNN기법 병행

IV. 실험 및 결과

본 논문의 실험 환경은 Intel i7-8565U CPU, 8GB RAM, NVIDIA GTX 1650의 환경이며 운영체제는 윈도우10이며 통합개발환경은 파이썬(파이썬), 주피터 노트북을 사용하였다. 그리고 라이브러리는 Open CV활용하였고 테스트 이미지는 정상과 이물영상 각각 1,000개씩 사용하였다.

이물검출기의 디텍터에서 수집된 영상을 딥러닝 모델의 Faster R-CNN를 통해 테스트를 수행하였다. Faster R-CNN은 총 6단계에 걸쳐 진행하였는데 1단계는 영상 분할, 2단계는 영상라벨링, 3단계는 CSV파일 생성, 4단계는 레코드 파일 생성, 5단계는 트레이닝, 6단계는 테스트를 진행하였다. Faster R-CNN모델의 예측결과 영상은 그림 5와 같다.



(a)정상제품 (b)이물제품
그림 5. Faster R-CNN 예측결과 영상

첫 번째로 제안한 Faster R-CNN 단독으로 적용한 테스트 결과 검출율은 94.3%이고 오검출율은 0.9%를 보이며 기존 선별 시스템보다 검출율이 5.5% 다소 낮은 성능과 오검출율은 0.8% 높아지는 경향을 보였다.

두 번째로 제안한 기존 이물검출 알고리즘에 Faster R-CNN모델을 추가해 병행하여 테스트한 결과 검출율은 99.9%이고 오검출율은 0.9%의 성능을 보였다. 이는 기존 시스템보다 검출율은 0.1% 향상된 것으로 보였고 오검출율은 첫 번째 제안과 동일하게 0.8% 다소 높아지는 현상이 나타났다.

V. 결 론

본 논문에서는 식품 제조공정의 이물검출기 선별 기능에 대한 정상과 이물제품 영상의 오류 판독을 향상시키기 위한 알고리즘을 제안하였다. 기존 이물 검출기의 이물 판단 오류를 Faster R-CNN 기법을 통해 검출율을 향상시키기 위해 비교 실험했다. Faster R-CNN을 단독으로 한 경우와 병행해서 테스트한 결과 병행해서 실험한 경우가 이물 검출 성능이 더 좋게 보였다. 그리고 기존 이물검출기보다 선별 성능도 0.1%가 높은 경향을 보였다. 향후계획으로는 기존의 이물검출기보다 검출율은 좋아졌으나 오검출은 0.8% 높아지는 경향을 보여 추가개선이 필요하다.

References

- [1] S. Mortimore and W. Carol, *HACCP: A practical approach*. Springer Science & Business Media, New York: NY, 2013.
- [2] B.-J. Kim, D.-H. Kim, and J. Lee. "An Improved License Plate Recognition Technique in Outdoor Image," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 26, No. 5, pp. 423-431, 2016.
- [3] S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun. "Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks," arXiv preprint arXiv:1506.01497.