

음료 생산 공정에서의 이물 검출 연구

정용식*, 장주완**, 김지선**, 김경민**, 이 범**†
 이지솔루션*, 전남대학교 전기및반도체공학과**, † 교신저자

A study on the detection of foreign matter in the beverage production process

Yong-Sik Jeong*, Ju-Wan Jang**, Ji-Sun Kim**, Kyoung-Min Kim**, Buhm Lee**†
 Egsolution*, Chonnam National University**, † Corresponding Author

Abstract - 본 논문은 ZXING QR 인식을 통해 제품 생산 이력을 추적, 관리가 가능하도록 하였고, OpenCV의 Edge검출을 이용하여 수면위치 맵핑을 통해 용량을 판단, Blob 검출 라이브러리를 이용하여 음료의 이물을 검출 하도록 하여 제품의 품질을 추적, 관리할 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서 론

기존의 공정에서는 공정물품에 대해 양품과 불량품만을 구분하여 불량품에 대해 작업자가 직접 육안으로 가성불량품과 불량품을 구별[1] 하였으나, 이와 같은 수동 검사 방식은 작업자의 컨디션, 능력에 따라 검출률, 작업 속도가 일관적이지 않고 생산 이력 관리의 불편성 증대, 생산 품질관리의 비효율성 등으로 인해 전체 공정 생산 수율이 떨어지는 결과가 초래하였다. 이를 개선하기 위하여 본 연구에서는 이 모든 문제들을 해결하기 위해, 시료를 추적할 수 있는 QR 코드 인식개발, 충전된 음료의 양 측정이 가능한 이물을 검출 장비 개발을 제안하였다.

2. ZXING 라이브러리를 이용한 QR코드 인식기

고객이 사용하는 데이터베이스의 URL주소를 저장할 정도의 데이터량을 적용하기 위해서 QR코드 생성레벨은 버전 2 등급으로 선정하여 라벨 마킹기에서 인쇄하도록 하는 ZXING 인식 모듈을 적용하였다. ZXING은 구글에서 제공하는 1D/2D 바코드 이미지 처리 오픈 라이브러리로 횡단보도를 뜻하는 Zebra Crossing 의 약자[2]이며, ZXING 바코드 인식 안드로이드 어플을 1억명 이상이 다운로드(플레이스토어, 2022. 05. 기준)하여 사용할 정도로 인식성능이 검증되었기에 전세계 많은 유저들이 사용하고 있다. 하지만, ZXING 라이브러리 자체만 이용한다고 해서 QR코드를 바로 인식할 수 있는 것은 아니다. 이미지 전처리 단계에서 여러가지 특정 조건들을 모두 충족시켜줘야 비로소 인식이 가능해진다.

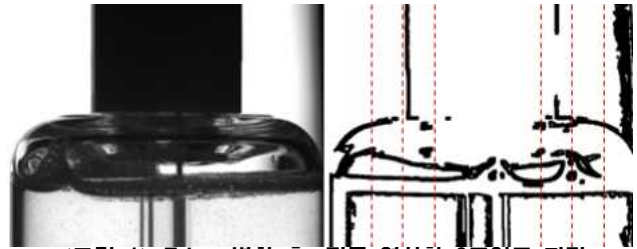
특히, 인식 정확성이 100%에 가까워야 하는 산업 현장이라면, QR코드 인식을 위해 조명을 통한 음영제거, 고정초점 카메라, 필요 없는 외부 Edge 제거 등 여러 환경 조건을 최적화 시켜줘야 하며, 컨베이어벨트가 70 BPM(Bottles per minute)의 속도로 음료병을 운반하면서 도트형태로 인쇄하게 된다. 이 과정에서 모터 및 벨트의 부딪힘등 물리적인 진동에 의해 QR코드 인쇄품질 또한 좋지 못하기 때문에 인식률을 높이기 위한 전처리를 통해 인식률을 높여주도록 하였다.

3. 음료의 용량 측정기 설계

음료의 용기는 외관상 동일한 크기, 무게를 가진 음료병으로 보이더라도 실제로는 플라스틱 사출작업을 거치면서 물리적으로 병의 무게가 $\pm 5g$ 의 오차가 발생한다. 따라서 무게를 정확하게 실측하려면 음료가 채워진 무게에서 빈병의 무게를 빼는 수식이 필요하였고 이는 컨베이어벨트가 회전하여 병이 지나가는 와중

에도 병의 실시간 위치 추적이 완벽하게 동작해야 비교 연산이 가능하다.

본 연구에서는 물리적으로 직접 무게를 측정하기보다 카메라의 시간적인 이미지 획득을 통해 병의 위치도 추적도 가능하면서 음료의 수위를 좀 더 쉽고 정확하게 측정할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 이물 측정시 각각 다른 수위마다 변화하는 ROI영역에 대응할 수 있도록 수위값을 제공할 수 있게 하였다. 음료의 수위를 측정하는 방법은 <그림 1>과 같이 에지 이진화를 통해 대략적인 수면위치를 파악할 수 있게 하였고, 스포이드와 병의 최좌측과 최우측사이 3포인트씩 총 6포인트의 X좌표 위치에서 가장 하단에 있는 픽셀의 위치값을 추출하여 평균을 내었다. 이때 최대값, 최소값 각각 1개씩 제거하여 실제로 4개 픽셀값만 평균값에 사용하였다.



<그림 1> Edge 변환 후, 평균 연산할 6포인트 지칭

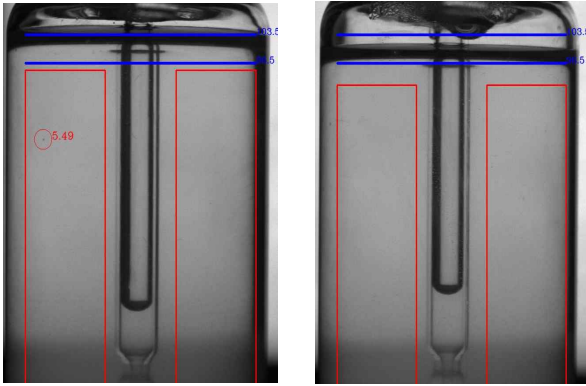
또한 표본 샘플 94mL 용량에서부터 104mL 용량까지 1mL 단위로 평균값을 맵핑하여 저장한 뒤, 새로운 시료가 입력됐을 때, 동일하게 에지 이진화 처리하고 수면 최하단 픽셀의 6포인트 평균값을 조건문에 의해 맵핑 값을 비교 연산하도록 하였다. 시험 결과 컨베이어 모터진동에 의해 심하게 출렁이고 큰 물방울에 의해 많은 외란이 있음에도 불구하고 평균 0.6mL의 오차로 줄일 수 있었다.

4. Blob Detection을 이용한 이물 검출기 설계

병내부 스포이드의 위치, 충전량 및 조명에 의한 명암의 미세 변화 등 일정하지 않은 패턴이 존재하였기 때문에, 본 연구에서는 획득한 원본 이미지에서 이물을 찾을 영역을 한정시키고 영역의 크기를 가변할 수 있도록 하였다. 우선 스포이드 영역은 매번 위치 값이 바뀌었기 때문에 이물 검출영역에서 제외하였고, 수면에 가까운 영역은 남아있는 버블이 이물로 오인식될 수 있었기 때문에 앞서 개발한 음료의 충전량 측정 알고리즘을 활용하여 <그림 2>와 같이 수위에 따라 ROI 영역 높이가 바뀌도록 하였다.

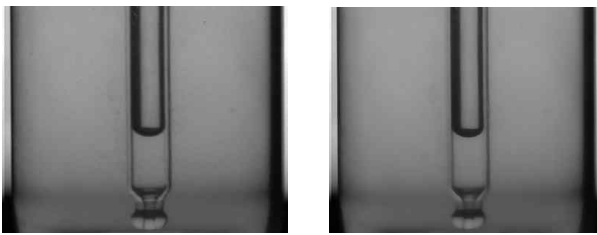
이렇게 변형시킨 ROI 영역의 위치 값을 참고하여 마스크를 만들고 원본 이미지에 ADD 연산 시켜 원하는 ROI 영역을 추출하고 전처리 작업을 진행 하였다.

이물을 검사하는 ROI 영역의 이미지에는 병의 표면에 쌓인 먼지나 기스, 음료에 생긴 버블, 조명에 의한 명암의 변화 등과 같은 정보로 인한 불필요한 픽셀이라고 판단되면 바로 제거해야



〈그림 2〉 수위 변화에 따른 ROI 영역 높이 변환

하며, 노이즈를 제거하는 필터로 Gaussian 필터의 일종인 Bilateral 필터를 사용하였으며, 〈그림 3〉과 같이 Edge를 보존하면서 Blur 얼룩 같은 픽셀 값들을 좀 더 평활화 해주었다.



〈그림 3〉 Bilateral 필터 적용전(좌측)과 적용후(우측)

OpenCV의 Blob Detection 함수 사용시 다양한 옵션이 존재하는데, 그중 filter By Area 옵션으로 Blob 면적 크기를 제한하는 기능을 통해 〈표 1〉과 같이 픽셀 5x5 에 해당하는 실제 넓이를 환산하였다.

〈표 1〉 Blob Area 값에 따른 이물 Size 환산

이물 Size (mm)	픽셀수 (Pixel)	측정값 (Blob Area)
0.05 x 0.05	1 x 1	2
0.10 x 0.10	2 x 2	3.16
0.15 x 0.15	3 x 3	4.47
0.25 x 0.25	4 x 4	5.46
0.33 x 0.33	5 x 5	6.32
0.40 x 0.41	6 x 6	7.61
0.50 x 0.50	7 x 7	8.94
0.59 x 0.59	8 x 8	9.89
0.68 x 0.68	9 x 9	10.77
0.78 x 0.78	10 x 10	12.08
0.89 x 0.89	11 x 11	13.41
1.00 x 1.00	12 x 12	14.36
1.07 x 1.07	13 x 13	15.48
1.14 x 1.14	14 x 14	16.60
1.21 x 1.21	15 x 15	17.72
2.00 x 2.00	25 x 25	
3.00 x 3.00	38 x 37	
4.00 x 4.00	53 x 52	
5.00 x 5.00	65 x 64	
51.00 x 116.00	601 x 1404	병의 크기

5. 적용 결과

음료가 94mL에서 103mL까지 각각 1mL씩 증가시켜 충전된 총 10개 시료를 컨베이어에 80 bpm 속도로 흘려 보내 실제 성능을 검증하였다.

우선 QR 코드는 250번부터 260번까지 인식이 잘되어 모두 양품 판정이 되었고, 음료의 수위는 96.5 보다 작으면 불량, 103.5 보다 크면 불량으로 처리 했는데 6개 시료만 양품 처리되었다. 이물의 크기는 Blob Area의 최소값 3보다 크면 모두 불량으로 처리 했으므로 2개 시료만 양품 처리 되었다. 〈그림 4〉과 같이 3가지 항목 모두 양품이어야만 양품 결과가 나오고 1개라도 불량이면 불량 처리가 되어야 한다.



〈그림 5〉 Blob Detection 결과

불량 시료는 100g 이상의 무게를 옮길 수 있는 압축공기를 통해 따로 분리되도록 하였고 양품 시료는 컨베이어동작 방향 그대로 이동하도록 하여 불량 9개, 양품 1개를 자동분리하였다.

SN_V 시리얼번호, Fi_R 최종결과, SN_R QR결과, Le_V 수위 측정값, Le_R 수위결과, FM_N 이물개수, FM_R 이물결과, In_T 최종처리시간을 〈표2〉와 같이 얻었다.

〈표 2〉 10개 시료 시험에 대한 최종 결과

SN_V	Fi_R	SN_R	Le_V	Le_R	FM_N	FM_R	In_T
21111900250	NG	GD	94	94 NG	1	1 NG	2021-11-19 11:01
21111900251	NG	GD	94	94 NG	1	1 NG	2021-11-19 11:01
21111900252	NG	GD	95.6	95.6 NG	10	10 NG	2021-11-19 11:01
21111900253	NG	GD	96.3	96.3 NG	0	0 GD	2021-11-19 11:01
21111900254	NG	GD	97.1	97.1 GD	1	1 NG	2021-11-19 11:02
21111900256	GD	GD	98.9	98.9 GD	0	0 GD	2021-11-19 11:02
21111900257	NG	GD	101.5	101.5 GD	3	3 NG	2021-11-19 11:02
21111900258	NG	GD	101.4	101.4 GD	10	10 NG	2021-11-19 11:02
21111900259	NG	GD	102.9	102.9 GD	7	7 NG	2021-11-19 11:02
21111900260	NG	GD	103.5	103.5 GD	2	2 NG	2021-11-19 11:02

6. 결 론

본 연구에서 개발한 QR인식기와 수위측정기는 정확하게 동작 하였지만 이물검출기는 실제 음료에 이물이 없음에도 불구하고 작은 먼지나 병의 기스까지 찾아 이물로 판단 할 정도로 4개의 시료에 대해서 과검출된 결과를 보였다. 따라서 알고리즘, 기구 설계 부분에서 크게 개선이 필요했다.

충진된 음료가 이동하는 중에도 크기가 큰 이물은 빠르게 가라앉았기 때문에 큰 이물확인용은 확인이 힘들었고, 병의 후면에 위치한 이물은 카메라 초점에 의해 보이지 않았다.

향후, 소프트웨어적으로는 음료의 이물인지 용기 외부의 결점 인지를 학습시켜 구분할 수 있는 딥러닝 알고리즘 적용이 필요해보였고, 기구적으로는 병을 회전시켜 이물이 가라앉지 않게 하거나 후면에도 카메라를 장착하여 다차원으로 이물을 확인하는 방법을 더 연구해야 할 것으로 보인다.

본 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 전남대학교 스마트플랜트신뢰성 핵심연구지원센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (2020R1A6C101B197-22)

〔참 고 문 헌〕

[1] Ga-Ae Ryu, Kwan-Hee Yoo, "Application of Manufacturing Process Data Classification Using Image Data based CNN"
 [2] <https://github.com/zxing/zxing>
 [3] Martin Ter Haak, "Machine learning for blob detection in high-resolution 3D microscopy images", Degree Project in Computer Science and Engineering, Stockholm, Sweden, 2018
 [4]이건익, 우영배, 민준식, 최철재, "캐니 에지 검출을 이용한 해상도의 특징점 추출", Journal of the KIECS. pp. 1281-1286, vol. 13, no. 6, Dec. 31 2018