

# 스마트 팩토리: 영상처리 기반의 품질검수 자동화 시스템

임영주\*, 박수아\*, 안은주\*, 이수빈\*

\*경기대학교 전자공학과,

iyj0326@naver.com, paksua1031@naver.com, aej215@naver.com, dltnq1009@naver.com

## Quality Inspection Automation System Based on Smart Factory and Image Processing

Yeong-Ju Im\*, Su-Ah park\*, Eun-Ju An\*, Su-Bin Lee\*

\*Dept. of Electronic Engineering, Kyonggi University

### 요 약

본 논문에서는 자동화 시대에 맞춰 실시간 영상처리 기반의 모니터 품질검수 시스템을 구현하고자 한다. 작동하는 컨베이어벨트 위에 모니터가 놓이면 아두이노(Arduino)와 웹캠(Webcam), 각종 모터, 센서 등 다양한 부품으로 영상처리를 진행하여 불량 화소 기준에 따라 불량 여부를 판별한 후 자동으로 분류된다. 기존에 노동자가 직접 불량 화소를 판별하는 방식에서 모든 과정을 ICT 기술로 통합하여 최소 비용과 시간의 효과를 발현시키는 첨단 지능형 공장으로서의 변화를 주고자 한다.

### 1. 서론

출산율이 극심한 하향세를 이르며 사망자 수가 출생아 수를 앞지르는 지연감소가 지속됨에 ‘인구 절벽’에 대한 문제가 심각하다. 인구는 줄고 고령 인구는 계속 늘어나면 사회 활력이 떨어지는 것은 물론 노동인구가 감소하며 노동력 부족, 생산성과 성장률 추락, 재정 악화 등의 연쇄적 파장이 불가피해지면서 제조업에도 대안이 필요한 시점이다[1].

그 대안으로 최근 세계적으로 첨단 제조업을 국가 경쟁력의 근간으로 인식하고 산업용 사물인터넷(IoT) 기술을 기반으로 실시간 생산 데이터가 통합됨으로써 인공지능, 빅데이터, 5G, 로봇 같은 4차 산업의 기술로 무장한 스마트 팩토리(Smart Factory)가 떠오르고 있다. 제조업체들은 공장 내 IoT 환경을 구축함으로써 빅데이터, AI, 3D 프린팅 등 새로운 디지털 기술들을 활용할 수 있다[2].

스마트 팩토리는 현장 정보를 실시간으로 파악하여 생산현장에서 발생하는 현상, 문제들의 상관관계를 바로 알아낼 수 있다. 또한, 전 공정의 빅데이터를 모아서 분석 제어하는 통합정보시스템은 작업자가 공장의 현황을 한눈에 파악하는 것을 가능하게 한다. 축적된 데이터를 바탕으로 돌발 장애 해결, 공정 과정에서의 실수 최소화, 표준화된 제품의 신속하고 정확한 다량 생산 등 생산현장의 효율성을 최대

올려주는 효과 또한 기대할 수 있다.

따라서 본 과제에서는 모니터에 불량 화소인 스텍 픽셀(Stuck Pixel)이 감지되면 실시간으로 판별부터 분류까지 전 과정을 자동화하여 양품과 불량품으로 분류하는 모니터의 품질 검수 과정을 실시간 영상처리로 진행하며 수집된 데이터를 기반으로 분석하고 의사 결정하는 데이터 기반의 공장 운영 체계의 중심점이 될 모니터 품질 검수 자동화 시스템을 제안한다. 해당 시스템을 제안함으로써 생산성, 품질, 고객 만족도 등 전략 목표를 높일 수 있는 지능형 스마트 팩토리의 가속에 도움이 되고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 시스템 구성도

그림 1은 불량 화소 검출 여부를 통한 영상처리 기반의 품질 검수 자동화 시스템의 전체적인 과정을 도식화한 시스템 구성도이다. 실시간으로 영상을 처리하여 불량품을 판별하기 위해 속도처리가 빠르고 인식률이 높은 YoloV5 모델을 선정하여 파이썬(Python) 기반의 가상환경을 통해 스텍 픽셀에 대한 학습 모델을 생성했다[3].

먼저, DC 모터를 회전시켜 컨베이어벨트를 제동한다. 모터의 회전과 더불어 파이썬(Pycharm)을 통한 실시간 영상처리를 진행하여 디스플레이가 암막 커

튼 내 웹캠에 다다르면 불량 화소를 판별할 수 있도록 설계했다.

그 후 양품/불량품에 따른 값을 설정하여 아두이노와의 시리얼 통신을 통해 넘겨주고 그 값에 따라 LED 모듈과 서보모터를 제어한다. 관리자에게 시각적으로 전달하기 위해 판별 결과에 따른 LED의 색을 달리하였고 서보모터는 각도를 제어하여 양품/불량품 길로 나누며 분류가 이루어지도록 설계했다. 품질 검수를 마친 후 새로운 디스플레이가 들어올 경우, 초음파 센서의 거리감지를 이용하여 설정값이 초기화가 된다.

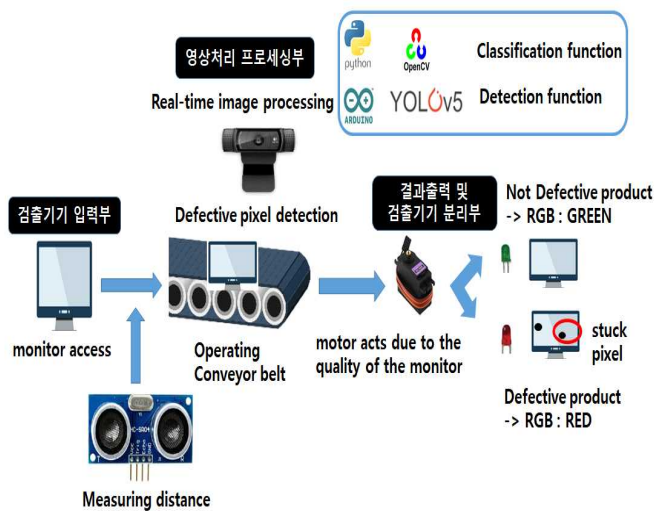


그림 1 시스템 구성도

## 2.2 시스템 기능

본 논문은 모니터에 불량 화소인 스틱 픽셀(Stuck Pixel)이 감지되면 실시간으로 판별부터 분류까지 전 과정을 자동화하여 양품과 불량품으로 분류하는 모니터의 품질 검수 과정을 진행한다. 우선, 영상처리 기반으로 스틱 픽셀 발생 여부를 판별하는 프로그램을 통해 실시간으로 PC에 전송된 디스플레이 화면의 불량 화소를 검출해 모니터의 불량품 여부를 판단한다. 디스플레이의 스틱 픽셀 발생 여부에 따른 값을 아두이노(Arduino)에 전송하여 하드웨어를 제어한다. 양품/불량품 길 구현 및 LED 모듈로 불량품 판정 여부를 빨간색/녹색으로 표시한다. 이때, 양품/불량품의 길 구현에 쓰이는 서보모터는 양품 길 설정이 초깃값이며, 제품이 불량품일 경우에 시리얼 통신으로 받은 값으로 불량품 길로 값이 바뀌게 된다. 한 디스플레이의 품질 검수 과정이 끝나고 새로운 디스플레이가 접근할 때마다 초음파 센서에 감지되면 기본 값인 양품 상태의 설정으로 되돌린 후 다시 알고리즘이 반복되도록 구성했다.

## 2.3 스틱 픽셀(Stuck Pixel) 검출 알고리즘

그림 2는 자동화 품질 검수를 위한 스틱 픽셀을 검출하는 알고리즘이다. 불량 화소를 검출하기 위하여 웹캠을 통해 디스플레이의 화면을 파이참(Pycharm)에 전송한다. 모니터의 이미지 파일을 초단위 마다 화면 내의 스틱 픽셀 알고리즘을 반복 실행한다. 이때, 모든 품질검수는 YoloV5 기반 detect.py 파일을 통해 작동되며, 초단위로 detect.py의 결과가 출력된다. 스틱 픽셀이 검출 되었다면 출력 값의 데이터 길이가 3개 이상이 된다. 출력되는 값을 따로 stuck\_num 변수로 저장하여, 아두이노 시리얼(Serial) 통신을 이용해 서보모터가 불량품 길로 설정할 수 있도록 값을 아두이노로 전송한다.

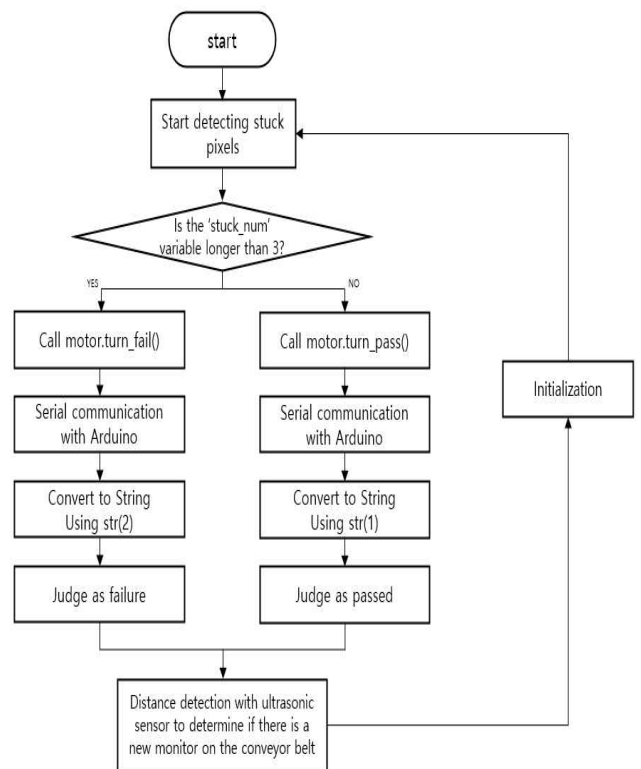


그림 2 스틱 픽셀(Stuck pixel) 검출 알고리즘

## 2.4 H/W 흐름도

그림 3은 스틱 픽셀(Stuck Pixel) 검출 여부에 따른 하드웨어의 전체적인 동작 흐름도이다. 먼저 DC 모터로 컨베이어벨트가 작동하면 디스플레이가 컨베이어벨트 위를 이동한다. 스틱 픽셀이 인식되면 LED 모듈의 색상을 빨간색으로 표시하고, 서보모터의 각도를 80도로 조정한다. 반대로 스틱 픽셀이 인식되지 않았다면 LED 모듈의 색상은 녹색으로, 서보모터의 각도는 120도로 유지한다. 초음파 센서를 통해 영상처리 구역에 들어온 것이 인식되면, LED와 서보모터의 값을 초깃값인 양품 값으로 초기화시

켜 영상처리 알고리즘을 반복한다.

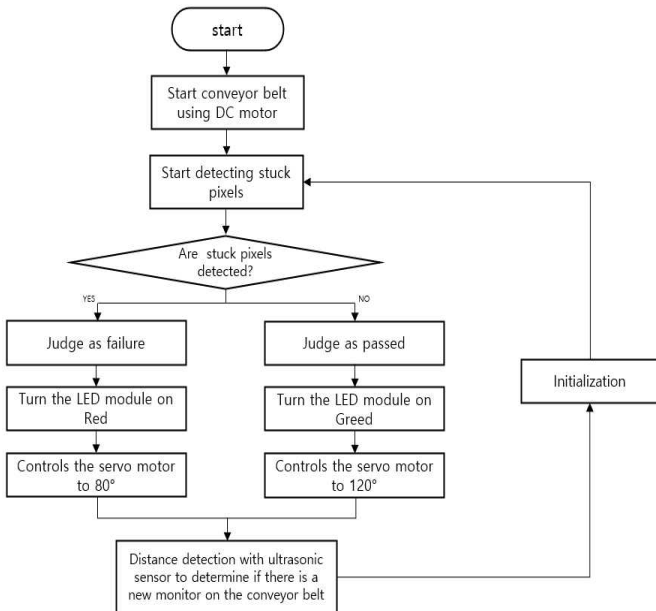


그림 3 H/W 흐름도

### 2.5 구현 결과

그림 4-1, 4-2, 4-3은 개발이 완료된 스마트 팩토리(Smart Factory) 내 모니터 품질검수 시스템의 전반적인 형태를 나타낸다.

그림 4-1과 4-2는 모니터 품질 검수 자동화 시스템의 전체적인 구성을 보여주기 위해 촬영한 사진으로, 모니터가 지나갈 암막커튼, 컨베이어벨트의 작동을 위한 DC모터와, 직접 제작한 지지대 및 양품/불량품 길 설치했다. 또한, 컨베이어벨트 내 모니터의 불량화소를 실시간으로 검출하기 위해 암막커튼 내 거치대와 웹캠을 설치하였다.



그림 4-1 모니터 품질검수 시스템



그림 4-2 암막커튼 내 웹캠 및 거치대

그림 4-3은 모니터 품질검수 시스템에 설치된

부분으로, 양품/불량품 판별 여부에 따라 색깔이 변하는 RGB LED, 길의 각도를 조절해주어 최종적으로 구별해주는 기능을 하는 서보모터를 설치했다.



4-3 RGB LED/서보모터 설치

### 3. 결론

본 논문은 제시한 품질 검수 자동화 시스템을 이용해 불량 화소 검출 자동화 시스템을 여러 공장에 도입하여 납품 과정 중 제품 품질 검수에서 시간, 인건비 등을 절감해 보다 편리하고 정확하게 고객에게 제공되는 제품의 질을 높일 수 있는 것에 주목했다. 이로써 고객의 제품 하수와 관련된 불만 문의도 감소하고, 교환 및 반품 건수가 줄어들기 때문에 고객 서비스 만족도도 높일 수 있다. 더 나아가 데드 픽셀(Dead pixel)등의 불량 검출 조건 추가, 제품의 종류 판별, 외관 깨짐(crack) 검사 등 자동화 시스템의 활용 분야는 무궁무진 할 것 이다. 결과적으로 이 시스템을 통해 폐기되는 제품의 수를 줄이며 비용의 절감으로 이어질 것을 기대할 수 있다.

### Acknowledgement

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 IC멘토링 프로젝트 결과물입니다.

### 참고문헌

[1] 2022년 3월 인구 동향(출생, 사망, 혼인, 이혼) / 전국 - 통계청 (2022, 사회통계국 인구동향과)  
 [2] 서창성, 정신진, 김석찬. 기업의 생산성 향상을 위한 스마트 팩토리 구축, 한국통신학회지(정보와통신), 35(6), 43-49, 2018.  
 [3] 장성진, 장종욱, 차량탑승인원 탐지를 위한 딥러닝 영상처리 기술, 연구.한국정보통신학회논문지, 25(8), 1026-103.2021.