

6축 다관절 로봇용 플라스틱 제품의 표면 검사기

윤재식* · 박종현** · 김진욱** · 김석태*

*부경대학교 · **이지비전

A Plastic Product Surface Inspector for 6 Axes Articulated Robot

Jae-sik Yun* · Jong-hyun Park** · Jin-wook Kim** · Seok-tae Kim*

*Pukyong National University · **EGvision, Inc.

E-mail : yffjys@gmail.com · pjh0999@gmail.com · zspark@nate.com · setakim@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 플라스틱 제품의 공정 과정에서 발생하는 미성형, 이물질, 찍힘 등의 제품 불량을 검사하기 위한 비전 검사 시스템을 개발한다. 본 시스템의 검사 알고리즘은 플라스틱 제품의 곡면 구조를 고려한 영상 2치화, 모폴로지 연산을 이용한 영상의 노이즈 제거 및 후보영역 구분을 위한 레이블링 기법, 최종 결함 유무 판단을 위한 영상 필터링 및 캘리브레이션(Calibration) 방법 등으로 구성된다. 또한 사용자를 고려한 GUI(Graphical User Interface) 기반의 고속 영상처리 알고리즘 개발을 통해 검사 효율 및 성능을 향상시킨다. 본 검사 시스템의 정확도, 검사 알고리즘 처리 시간 등의 평가를 통해 시스템의 유효성을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we develop a vision inspection system for inspecting flaws on plastic products such as insufficient moldings, spots, scratches. The inspection algorithm for this system consist of image binarization for curved structure of plastic products, image noise removal using morphology operation, labeling methods for candidate regions and image filtering and calibration method for flaw inspection. In order to improve its performance, we also develop fast image processing algorithm based on GUI. To verify the effectiveness of this system, we conducted evaluation for the system accuracy and the inspection algorithm processing time.

키워드

Machine Vision, Vision Inspection system, Image Processing

1. 서 론

국내 플라스틱 부품 생산 업체는 생산성 및 품질 향상을 위해 공장 자동화 설비에 많은 투자를 해왔다. 하지만 공정된 플라스틱 부품의 불량 유무는 여전히 작업자의 육안전수조사에 의지하기 때문에 많은 노동력을 필요로 한다.

국내에서 노동집약적인 제조분야는 더 이상 경쟁력을 유지하기 어려운 실정이며 이에 대한 해결책은 첨단 하이테크 제조업으로 전환하는 것이다. 제품 생산의 모든 과정을 자동화함으로써 제품의 품질 향상 및 경쟁력 확보가 가능하다[1].

본 논문에서는 머신비전(Machine Vision) 기술을 이용하여 공정된 플라스틱 제품의 결함(미성

형, 이물질, 찍힘 등)을 검사하기 위한 비전 검사 시스템을 개발한다. 6관절 로봇(6 Axes Articulated Robot)에 부착된 CCD 카메라 및 조명을 이용하여 비전 검사에 적합한 제품의 영상을 획득한다.

결함 검사를 위한 검사 알고리즘은 플라스틱 제품의 곡면 구조를 고려한 영상 2치화, 모폴로지 연산을 이용한 영상의 노이즈 제거 및 후보영역 구분을 위한 레이블링 기법, 최종 결함 유무 판단을 위한 영상 필터링 및 캘리브레이션(Calibration) 방법 등으로 구성된다. 본 검사 시스템의 정확도, 검사 알고리즘의 처리 시간 등의 평가를 통해 시스템의 유효성을 확인하였다.

II. 시스템 구성

본 검사 시스템은 머신비전 시스템의 기본 구성 장치인 영상입력장치, 조명장치, 영상처리장치와 6관절 로봇 및 수송 컨베이어로 구성된다. 시스템의 전체 구성을 그림 1에 나타내었다.

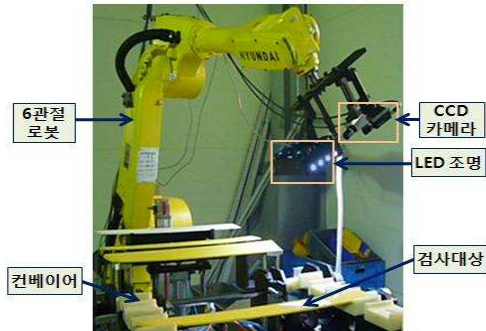


그림 1. 시스템 구성

II. 플라스틱 제품의 결함 검사 알고리즘

2.1 플라스틱 제품의 곡면 구조를 고려한 영상 2치화

곡면 구조의 플라스틱 제품 영상에서 모든 픽셀 값에 대해 동일한 임계값을 이용해 2치화하는 전역적 2치화(Global Binarization)의 경우 그 과정에서 결함 정보가 손실될 수 있다. 그림 2(a)는 제품의 곡면 영역에 결함(숫자 1, 2, 3)이 있는 실험영상이며, 결함으로 간주되는 숫자는 각각 다른 그레이 값을 가진다. 임계값이 127, 105, 85 일 때의 전역적 2치화 결과를 그림 2(b), (c), (d)에 나타내었다. 임계값이 85일 때 숫자 2에 해당하는 결함은 2치화된 영상에 유지되지만 숫자 3에 해당하는 결함은 2치화 과정에서 손실된다.

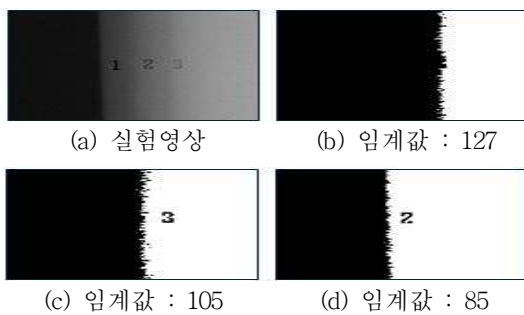


그림 2. 임계값에 따른 전역적 2치화 결과

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 시스템에서는 제품 영상을 다수의 영역으로 분할한 후, 해당 영역마다 다른 임계값을 적용하는 지역적 2치화(Local binarization) 방법을 사용하며 각 영역에

서 임계값을 결정하기 위해 통계적 평균 및 분산을 이용하였다. 그림 3(b)는 그림 3(a)를 가로, 세로 방향으로 일정한 크기의 영역으로 분할한 후, 지역적 2치화한 결과를 나타낸다. 2치화한 결과에 결함 정보가 그대로 유지되어 있는 것을 볼 수 있다.

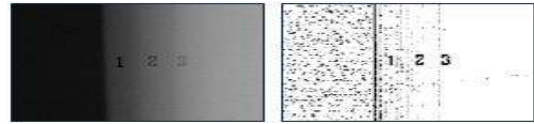


그림 3. 지역적 2치화 결과

2.2 모폴로지 기법을 이용한 영상 노이즈 제거 및 후보영역 구분을 위한 레이블링 기법

원 영상을 지역적 2치화한 경우 그림 4(a)처럼 영상에 노이즈가 발생하게 된다. 이러한 노이즈 또한 결함으로 인식될 수 있기 때문에 이를 제거하기 모폴로지 기법을 이용하였다[2]. 노이즈가 제거된 영상을 그림 4(b)에 나타내었다.



그림 4. 모폴로지 기법의 적용 결과

결함 후보영역, 최종 결함 영역을 레이블링 기법을 이용하여 주변영역과 구분하였으며 그림 5(a), (b)에서 레이블링한 결과를 볼 수 있다.

2.3 최종 결함 유무 판단을 위한 영상 필터링 및 캘리브레이션 방법

결함 후보영역에서 최종 결함 유무를 판단하기 위해 결함 후보영역과 동일한 크기의 인접한 영역들을 지정하고 해당영역에 대해 최소값, 최대값, 평균값 등의 필터를 적용하였다[3].

또한 캘리브레이션을 이용해 영상에 존재하는 결함의 크기를 제한함으로써 먼지와 같은 미세한 영역이 제품의 결함으로 판단되지 않도록 하였다. 결함이 검출된 결과를 그림 5(b)에 나타내었다.



그림 5. 결함 후보영역 및 결함 검출 결과

III. 시스템 동작 및 성능 평가

본 검사 시스템은 6관절 로봇에 부착된 CCD 카메라 및 조명장치를 이용하여 플라스틱 제품의 영상을 획득한 후, 이로부터 제품의 불량 유무를 검사한다. 시스템의 전체 동작 과정을 그림 6에 나타내었다.

CCD 카메라로 획득한 영상이 전체 시스템의 성능에 많은 영향을 미치기 때문에 유효한 영상을 얻기 위해 가정 먼저 조명과 카메라 설정 및 로봇의 동작을 테스트한다.

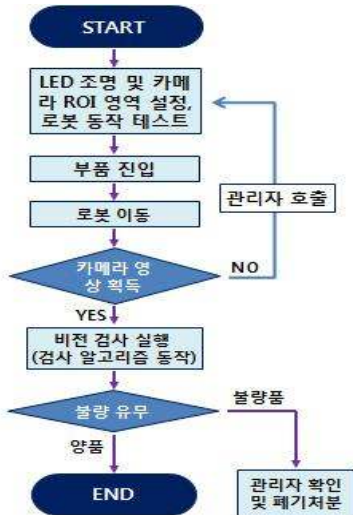


그림 6. 시스템 동작 순서도

제품의 영상에서 불량 유무를 검사하기 위한 검사 알고리즘은 사용자가 쉽게 이용할 수 있도록 그림 7과 같은 GUI 기반으로 구현하였다. 또한 사용자가 필요에 따라 검사 수준 및 검사 영역을 설정할 수 있도록 하였다.

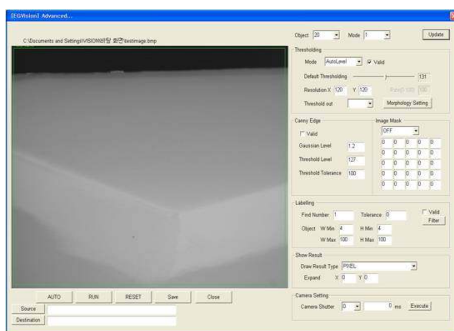


그림 7. GUI 기반의 실행화면

본 시스템의 검사 테스트 및 성능 평가를 위해 그림 8과 같은 자동차의 side protector를 검사 대상으로 하였다. 그림 9(b)는 결함이 있는 실제 제품에 대한 검사 결과의 일부 영역을 보여주고 있으며 제품의 결함이 검출된 것을 볼 수 있다.



그림 8. 검사 대상



그림 9. 제품 영상 및 결함 검출 결과

본 시스템의 성능을 평가하기 위해 1000개의 대상 제품에 대해 동일한 외부 조건에서 결함 검사를 수행한 결과 95.3% 정도의 정확도를 보였다. 이때 4.7%에 해당하는 검사 오류의 경우 대부분 플라스틱 표면에 존재하는 먼지를 제품의 불량으로 판정하는 경우였다.

CCD 카메라로 촬영한 영상은 1600x1200 크기의 그레이레벨 영상이며 한 제품의 영상은 25~30 프레임으로 구성된다. 한 프레임을 처리하는데 걸리는 시간은 대략 0.1s이며 한 제품에 대한 영상(25~30 프레임)을 처리하는데 2.5s~3.0s가 소요된다. 한 제품의 영상을 획득한 후 6관절 로봇 및 컨베이어가 이동하여 새로운 제품의 영상을 획득하는데 대략 10s가 소요되기 때문에 본 검사 알고리즘은 해당 시스템에 적합한 처리 시간을 가진다.

IV. 결 론

본 논문에서는 플라스틱 제품의 결함을 검사하기 위한 비전 검사 시스템을 제안하였다. 6축 다관절 로봇에 부착된 카메라 및 조명장치를 이용하여 비전 검사에 적합한 영상을 획득하고 검사 알고리즘을 바탕으로 결함 검사를 수행한다. 시스템 동작의 정확도, 검사 알고리즘의 처리 시간 등의 성능평가를 통해 본 시스템이 플라스틱 제품의 결함 검사에 있어서 유효함을 확인하였다.

향후, 본 검사 시스템의 검사 오류를 해결함으로써 시스템 동작의 정확도를 향상시키기 위한 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

- [1] 정만태, "한국산업의 발전비전 2020(유망 산업 시리즈) 지능형 유연생산시스템 분야의 2020 비전과 전략", 2007. 8.
- [2] 황선규, "영상처리 프로그래밍 by Visual C++", 한빛미디어, 2007.
- [3] 전준철, "Digital Image Processing", 정익사, 2009.