

자동차 부품 누락 방지를 위한 자동 선별 시스템

신석우*, 이종훈², 박상흠³

¹한국생산기술연구원, ²(주)가진테크, ³공주대학교 기계자동차공학부

Development of a Inspection System for Automotive Part

Seok-Woo Shin^{1*}, Jong-Hun Lee², Sang-Heup Park³

¹Korea Institute of Industrial Technology

²GajinTech Co., Ltd.

³Department of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 자동차 부품 업체에서는 납기 준수, 생산 원가 절감, 품질 관리 향상 등의 고객의 필수적인 요구 사항을 만족하기 위하여 자동화를 추진하고 있다. 현재의 수작업을 통한 육안 검사 공정에서는 이러한 필수 요구 사항을 만족하기에는 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 품질 관리 개선을 위하여 도어 힌지 브라켓 부품에 대한 현재의 수작업 육안 검사 공정을 대체할 수 있는 자동 선별 시스템을 제안하고자 한다. 본 제안은 도어 힌지 브라켓 부품의 용접너트 누락 불량 발생을 방지하여 고객사의 검사 요구사항 등을 만족할 수 있도록 설계하였다. 검사 공정 알고리즘 및 유사 척도 매칭 알고리즘 프로그램을 자동 선별 시스템에 적용하여 정상 제품과 불량 제품을 구별할 수 있도록 하였다. 검사 공정 알고리즘 및 유사 척도 매칭 알고리즘의 검증 시험을 통하여 검출정확도 98%의 성공적인 검사 결과를 나타내었고 이를 생산 현장에 적용하여 불량 제품 감소에 따른 생산성 향상에 기여하였다.

Abstract Meeting the growing demand deadlines, reducing the production cost and upgrading the quality control measurements are the reasons why the automotive part manufacturers are venturing into automation. Attaining these objectives is impossible with human inspection for many reasons. Accordingly, the introduction of inspection system purposely for door hinge bracket inspection is presented in this study as an alternative for human inspection. This proposal is designed to meet the demands, features and specifications of door hinge bracket manufacturing companies in striving for increased throughput of better quality. To improve demerits of this manual operation, inspection system is introduced. As the inspection algorithm, template matching algorithm is applied to distinguish the articles of good quality and the poorly made articles. Through the verification test of the inspection process algorithm and the similarity metric matching algorithm, the detection accuracy was 98%, and it was applied to the production site to contribute to the improvement of the productivity due to the decrease of the defective product.

Keywords : Automotive, Inspection system, Automatic Inspection, Similarity measure, Mechatronics

1. 서론

1.1 개요

자동차 부품에서 새시를 제외한 부품간의 조립 공정에는 피어싱(Piercing)한 판재에 너트(Nut)를 프로젝션 용접(Projection welding)을 이용하여 접합하고 볼트

(Bolt)를 체결하는 조립공정이 자주 적용된다[1]. 이때 발생하는 불량 유형 중 50% 이상이 너트 누락이다. 누락 불량의 발생 유형은 크게 2가지로 나눌 수 있는데 첫 번째는 너트 피더기(Nut feeder)의 오작동에 의한 누락이다[2]. 이것은 생산성 측면에서의 효율 저하에 가장 큰 원인이 되며, 특히 누락불량 시 용접된 조립품 및 완성차

본 논문은 2016년도 중소기업청 제품공정개선기술개발사업 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Seok-Woo Shin (Korea Institute of Industrial Technology)

Tel: +82-41-589-8585 email: swshin@kitech.re.kr

Received July 25, 2017

Revised (1st August 28, 2017, 2nd September 5, 2017)

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

까지 다시 선별하거나 폐기해야 하기 때문에 전수검사를 실시하여야 한다.

하지만 프로젝션 용접을 이용하여 자동차 부품을 생산하고 있는 대부분의 협력업체의 경우 열악한 작업환경 및 기술적 한계 등의 복합적인 이유로 검사원의 육안 검사에 의존하여 품질관리가 어려우며 이를 해결할 수 있는 장비를 갖추고 있지 못한 것이 현실이다.

이에 화상판별센서를 이용하여 너트의 누락 불량품을 자동으로 선별할 수 있는 시스템을 개발하였다.

2. 본론

2.1 자동 선별 시스템

현재까지 Door hinge bracket의 너트 누락 검사공정은 검사원의 육안 검사로 수행되어 작업자의 숙련도에 따라 검사 속도의 차이 및 양부 판별의 오류가 크다는 문제점이 있다. Fig.1에 총 4개의 너트(M8)가 용접되어 있는 Door hinge bracket의 정상품을 나타내었다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 극복하고자 화상 판별센서를 이용하여 용접 너트 누락 불량 검사를 수행할 수 있는 자동 선별 시스템을 개발하였다.

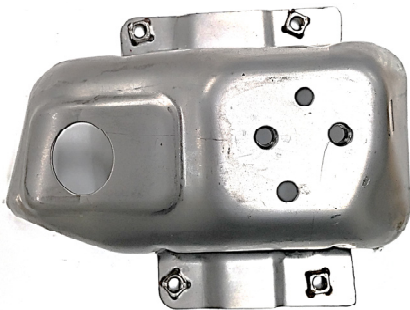


Fig. 1. Actual photo of door hinge bracket

Table 1은 자동 선별 시스템에 사용된 H/W 및 S/W를 나타내고 있다.

Door hinge bracket의 누락 불량을 검사하기 위하여 기준 패턴 형상 매칭율을 비전검사 알고리즘에 판별조건 변수로 조건화 시켜 디버깅을 수행하였다. S/W는 KEYENCE IV-Navigator를 이용하였으며 다양한 측정 포인트로의 구동을 위하여 화상판별센서를 Liner stage에 안착시켜 구동하였다.

Table 1. Specification of vision inspection system

S/W	KEYENCE IV-Navigator Ethernet(100BASE-TX)	
H/W	PC	CPU: Core I3-4170 RAM: 4G (DDR3) OS: Windows 7
	Camera	KEYENCE IV-G500CA

2.2 템플릿 정합 알고리즘

비전을 이용한 많은 어플리케이션에서 미리 정의된 하위영상(Sub-image)이 원시영상(Original image) 내 어느 위치에 있는지에 대하여 인식하는 것이 많이 사용되고 있다[3]. 이러한 미리 정의된 하위영상을 템플릿(Template)이라고 부르며, 템플릿 정합 기술은 템플릿 영상이 원시 영상 위에서 이동마스크로 작용하여 원시영상 내 모든 가능한 위치로의 이동을 수반하고, 이동된 위치에서 원영상과 템플릿 간 유사도를 평가한다. 만일 유사척도(Similarity measure)가 충분히 크다면, 물체가 그 위치에 있다고 가정할 수 있다[4].

2.2.1 템플릿의 선정

용접 후 너트의 유무를 판별하기 위해 합격품으로 판정된 Door hinge bracket의 너트 윤곽을 템플릿으로 선정하였다.

Fig. 2는 선정된 템플릿을 보여주고 있다.

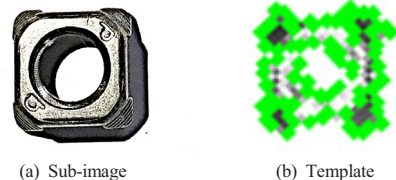


Fig. 2. Template matching using cross-correlation

2.2.2 유사척도

유사척도의 몇몇은 원영상과 템플릿 간 차이의 합에 의하여 기초되어 있고, 그 외에는 상호상관관계(Cross-correlation)에 기초되어 있다.

두 개의 영상, Template $t(i, j)$, Test image $g(i, j)$ 를 비교할 때 사용되는 일반적인 척도는 두 부분 간 표준 유클리디안 거리(Euclidean distance)에 기초한 기하학을 이용하고 다음과 같이 정의된다[5].

$$E(m, n) = \sqrt{\left\{ \sum_i \sum_j [g(i, j) - t(i - m, j - n)]^2 \right\}}$$

여기서 i, j 는 해당 영상의 x, y 좌표 값이다. 합은 모든 i, j 에 의해 계산되고 $(i-m, j-n)$ 템플릿 하위 영상의 유효좌표이다. 이 정의는 테스트 영상을 따라 위치 (m, n) 으로 이동하는 템플릿 $t(i, j)$ 가 이르는 정도를 나타내고, 그 점에서의 유사척도를 평가한다.

2.3 자동선별 시스템의 구성

2.3.1 시스템 개략도 및 작업순서

Fig.3은 Door hinge bracket의 용접 너트 누락 자동선별 시스템의 전체적인 제어흐름을 설명하는 개략도이다.

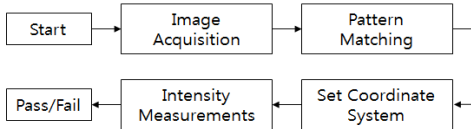


Fig. 3. Inspection algorithm

작업자가 용접 후 제품을 자동선별 시스템의 지그(Jig)에 안착시키면 근접센서가 이를 인식하여 화상판별 센서에 입력신호를 송출하고 이에 따른 이미지 저장이 이루어진다. 저장된 이미지의 윤곽판별 템플릿 정합과정이 이루어지고 판별 알고리즘의 작업프로그램에 의해 너트의 누락이 판별된다.



Fig. 4. Actual photo of vision inspection system

Fig.4에 화상판별센서를 이용한 자동 선별 시스템의 사진을 나타내었다. 검사 시스템은 액추에이터(Actuator)부, 비전 검사부, 제어부의 3부분으로 구성된다. 액추에이터부분은 검사 후 입력된 신호에 의해 계산된 행정거리만큼 이동하여 제품을 연속적으로 파렛트(Pallet)에 투하시키는 부분이고, 비전 검사부는 용접된 너트의 유무 확인을 결정하는 센서 역할을 한다.

2.3.2 액추에이터부

윤곽판별 템플릿 정합과정을 통해 검사가 완료된 제품은 입력된 신호에 의해 솔레노이드(Solenoid)에 신호가 입력되어 공압(Pneumatic)으로 작동되도록 설계하였으며, 합격된 제품은 해당 파렛트에 투하시키고 불량제품은 부저(Buzzer) 신호와 함께 액추에이터를 정지시켜 현장 작업자가 실시간으로 조치할 수 있도록 설계하였다.

Fig.5는 제작된 액추에이터를 보여주고 있다.

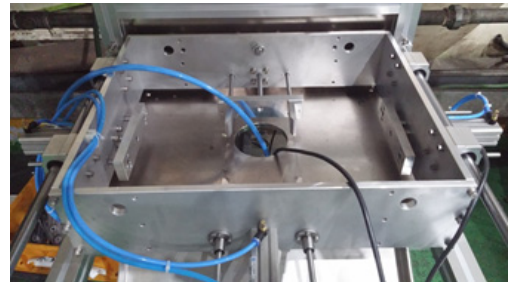


Fig. 5. Actual photo of actuator

2.3.3 화상판별센서

Fig.6은 너트가 용접된 Door hinge bracket의 영상 화면을 얻기 위하여 화상판별센서를 제품의 검사 영역 상부에 설치한 상태이다.



Fig. 6. Actual photo of vision part

주위의 밝기 변화에도 일정한 명암의 화상을 캡처할 수 있도록 화상판별센서 내부에 펄스형 (Pulse type) 백색 LED 조명을 설치하였고, 템플릿 정합(Template matching) 알고리즘을 적용하여 용접너트의 누락을 감지할 수 있도록 하였다.

2.3.4 작업프로그램

영상분석 프로그램은 KEYENCE사의 IV-Navigator를 이용하였다.

Fig.7은 주 제어패널로 Door hinge bracket을 검사한 화면을 캡처한 사진이다.

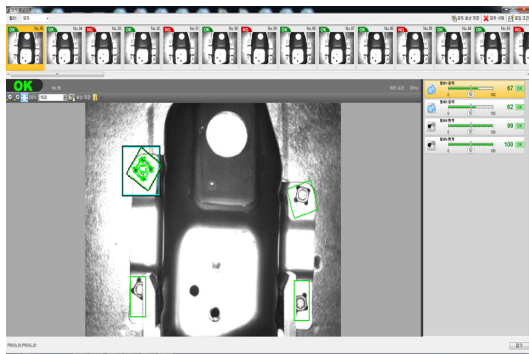


Fig. 7. Setting mode of program

검사화면은 기존의 비전검사시스템에서 널리 사용하고 있는 LCD 타입이 아닌 터치스크린을 적용하여 현장에서 실시간으로 피검사물의 템플릿 등록 및 수정, 검사영역 변경 등이 가능하도록 구현하였다. 또한 피검사물의 선정된 템플릿 영역 내에서만 검사 알고리즘을 실행하여 프로그램 실행 시 메모리의 절약을 도모하였고, 실시간으로 검사한 제품의 영상을 저장하고 작업자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 편의를 제공하였다.

2.4 실험결과

Fig.8은 Door hinge bracket의 너트 누락 불량유형을 보여주고 있으며, 윤곽판별을 통한 기준 패턴 매칭에 따라 S/W 상에서 정상품과 불량품 판별검사의 결과를 나타내었다.

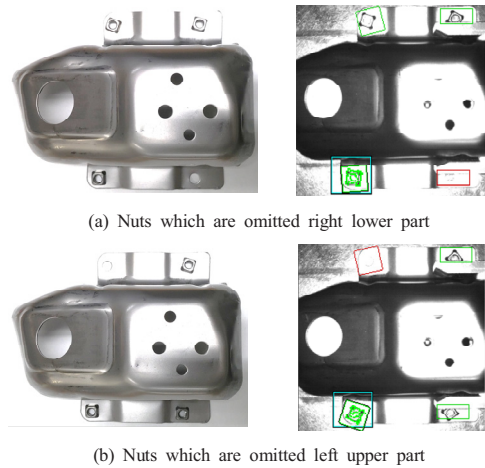


Fig. 8. Figure after image analysis

3. 결론

- 1) Door hinge bracket의 누락 불량을 찾아내기 위하여 템플릿 정합 알고리즘을 이용하여 피검사물의 너트 누락 불량 검출 및 자동 선별 시스템을 개발하였다.
- 2) 검사공정 알고리즘 및 유사척도 매칭 알고리즘의 검증시험을 통하여 검출정확도 98%의 검사결과를 얻었다.
- 3) 이를 통해 해당 제품의 너트 누락 검사공정 불량률을 25% 낮출 수 있었으며, 육안 검사에서 발생할 수 있는 오류를 줄여 품질관리 효율성을 높일 수 있었다.

후기

본 논문은 2016년도 중소기업청 제품공정개선 기술개발사업으로 이루어진 연구결과의 일부이며 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

References

- [1] Jinwoo Kim, Sungryong Lim, Chanwoo Park, "Development of expert system for the monitoring of nut resistance projection welding", Journal of KWJS,

pp74-78, 2002.

- [2] Dabin Moon, Min-Jung Kang, Cheolhee Kim, "Statistical Analysis of Korean Welding Industry (III)", Journal of KWJS, vol. 30, no. 5, pp403-406, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5781/KWJS.2012.30.5.403>
- [3] David Vernon, "Machine Vision, Automated Visual Inspection and Robot Vision," Prentice Hall, pp. 118-130, 1991.
- [4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing Second Edition," Prentice Hall, pp. 693-704, 2002.
- [5] Seong-Min Kim, Young-Choon Lee, and Seong-Cheol Lee, "Vision Based Automatic Inspection System for Nuts Welded on the Support Hinge," CASS2006 (ICASE), pp. 506-511, 2006.

박 상 흡(Sang-Heup Park)

[정회원]



- 2000년 2월 : 홍익대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 정교수

<관심분야>
용접공학, 특수용접

신 석 우(Seok-Woo Shin)

[정회원]

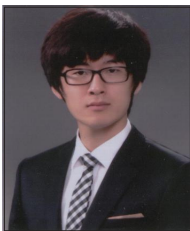


- 2012년 1월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 선임연구원

<관심분야>
용접공학, 특수용접

이 종 훈(Jong-Hun Lee)

[정회원]



- 2017년 7월 : 공주대학교 기계자동차공학부 (박사수료)
- 2016년 1월 ~ 현재 : (주)가진테크 기술연구소 선임연구원

<관심분야>
용접공학, CAE