

자동차 부품 카시트 프레임 검사를 위한 머신비전 개발

넬슨 안드레이¹, 장봉춘^{1*}
¹안동대학교 기계공학과

Development of a machine vision system for automotive part car seat frame inspection

Nelson S. Andres¹ and Bongchoon Jang^{1*}

¹Department of Mechanical engineering, Andong National University

요 약 본 논문에서는 생산 현장에서 작업자가 육안으로 하고 있는 자동차 부품 카시트 프레임의 전수(全數) 검사를 위한 머신 비전 시스템의 개발에 관한 연구를 다룬다. 이러한 제안된 머신비전 검사시스템은 생산 현장에서 날로 증가하는 품질 향상에 대한 요구와 수요를 충족시키기 위해 설계되었다. 이 컴퓨터 기반의 검사시스템은 실시간으로 제품의 다양한 결함들에 대한 품질 검사를 할 수 있도록 설계되었다. 본 연구의 검사방법에 사용된 소프트웨어는 NI-LabVIEW가 사용하였으며, LabVIEW Vision 이미지 함수를 사용하여 검사 프로그램을 개발하였다. 개발된 검사 알고리즘은 생산 부품의 실시간 검사에 적용 될 수 있으며, 검사 영역과 설정 값을 비전 시스템 운용자가 설정할 수 있도록 프로그램이 만들어져 검증되었다. 제안된 검사시스템은 카시트 프레임 검사를 성공적으로 수행하였다.

Abstract This study presents the development of a machine vision inspection system(MVIS) purposely for car seat frames as an alternative for human inspection. The proposed MVIS is designed to meet the demands, features and specifications of car seat frame manufacturing companies in striving for increased throughput of better quality. This computer-based MVIS is designed to perform quality measures by detecting holes, nuts and welding spots on every car seat frame in real time. In this study, the NI Vision Builder software for Automatic Inspection was used as a solution in configuring the aimed quality measurements. The techniques for visual inspection are optimized through qualitative analysis and simulation of human tolerance on inspecting car seat frames. Furthermore, this study exemplifies the incorporation of the optimized vision inspection environment to the pre-inspection and post-inspection subsystems. The system built on this proposed MVIS for car seat frames has successfully found the possible detections.

Key Words : Car seat frame, Machine Vision Inspection System (MVIS), Vision Builder for Automatic Inspection, LabView Software, Image Acquisition, Mechatronics

1. 서론

자동차 산업에서 머신비전의 이용은 올바른 부품이 장착이 되는지, 장착이 잘 되고 있는지, 완료가 제대로 되었는지 등을 확인하기 위해 주로 사용된다. 자동차 카시트 프레임 제조업에서는 조립 공정에 앞서 품질제어부에서 올바른 양산품을 확인하기 위하여 머신비전시스템을 주로 사용하게 된다. 카시트 프레임의 경우에는 제품에 결함이 없는 지를 확인하기 위하여 많은 작업자들이 필요

하거나, 한 작업자가 많은 시간을 들여 검사작업을 필요로 하게 된다. 작업자의 육안 검사에 있어 작업자의 경험적, 물리적, 감정적 및 정신적인 상태에 따라 검사결과가 다소 틀려져 일관성이 없는 위험요인이 관찰되는 바 객관적이고 절대적인 판정의 안정을 도모하고자 머신비전의 개발이 필수적이라 하겠다.

따라서 오늘날에는 반도체[1], LCD 패널[2,3], 자동차 플라스틱 부품[4], 용접 자동화[5], 파이프[6] 등 다양한 분야에 자동화 검사 시스템을 적용해 나가고 있는 실정

*교신저자 : 장봉춘(bjang@andong.co.kr)

접수일 10년 09월 06일

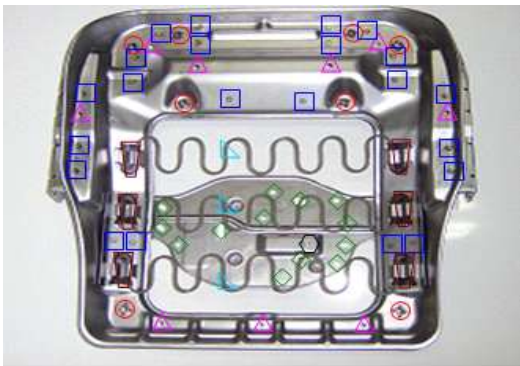
수정일 (1차 11년 03월 03일, 2차 11년 03월 18일)

게재확정일 11년 04월 07일

이다.

2. 검사부품의 불량유형

머신비전 시스템의 개발에 제품의 물적 및 재료의 특성을 고려하는 것은 중요하다. 카시트 프레임은 아연 도금 처리한 철판으로 만들어지며, 2.5 Kg 정도 무게와 그 크기는 가로 세로가 500 mm이고, 높이는 100 mm 정도이다. 기하학적인 형상이 그림 1에서 보는바와 같이 복잡하며, 8개의 너트 유무, 22곳의 용접유무, 9개의 구멍, 3개의 스프링 부착, 6개의 팩킹, 1개의 브라켓 핀, 13개의 브라켓 구멍을 포함하여 총 62곳의 요소들을 검사하여야 한다. 이러한 크기의 기하를 가진 카시트 프레임을 잡고 작업자가 검사하는 것은 검사 공정이 느리고, 작업자의 피로를 유발하여 검사의 안정성을 도모할 수 없다.



Inspection Markings
 ⑧ Nuts ②② Spots ⑨ Holes ③ Springs
 ⑥ Packing ① Bracket Pin ⑬ Bracket Holes

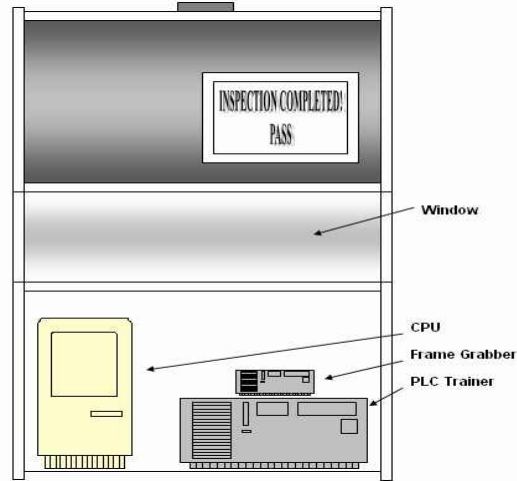
[그림 1] 카시트 프레임 검사 유형

3. 머신비전 시스템

3.1 설계의 고려

카시트 프레임을 연속으로 공급하기 어렵고, 설령 연속으로 공급하려면 벨트의 지그를 다 맞추어야 하고 검사시스템의 크기가 커져서 작업현장에 설치공간의 확보 등을 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 작업자가 고정지그위에 올리고, 스타트 버튼을 누르면 자동으로 불량량의 유무를 판별하여 컴퓨터 모니터 상에 양품/불량품의 최종 결정을 내리게 되고, 에어실린더로 지그와 함께 윈도를 열면 작업자가 불량 프레임을 따로 분류하여야

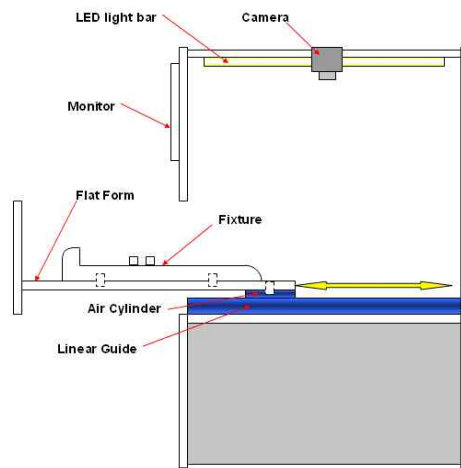
한다. 그러면 작업자가 프레임을 올리는데 1-2초, 검사 6초 이내, 분류하는 데 2초 이내로 하여 사이클 타임을 10초 이내로 잡을 수 있다. 일반적으로 육안검사를 한다면 80초 정도의 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 최소 공간 확보와 저비용 검사 시스템으로 반자동 검사 시스템을 선택하였다.



[그림 2] 제안된 머신비전시스템 장치 정면도

3.2 암실설계

비전 시스템은 외부로 들어오는 빛의 영향을 감소시키기 위해서 그림 3과 같은 암실이 필요하다. 아연 도금 처리한 철판은 빛을 반사하여 이미지의 왜곡을 가져올 수 있다. 이는 조명의 위치와 강도를 조정하여 적절한 이미지를 찾아서 해결할 수 있다.



[그림 3] 제안된 머신비전시스템 장치 측면도

3.3 시스템 구성

머신 비전의 이미지 획득을 위한 구성품은 카메라 (Toshiba Teli CS5260BD 칼라 CCD), LED 조명, 렌즈 (C-mount), 프레임 그레버(NI-1409), 검사용 소프트웨어 (NI LabView)를 사용하였다. 렌즈는 C-Mount용 접사링 (Close Ring)을 사용하여 작업거리(렌즈에서 대상부품까지의 길이)를 줄여 전체적인 시스템 크기를 줄였다. 외부 빛의 외란을 줄이기 위하여 검사 공간을 암실(暗室)로 구성하였다.

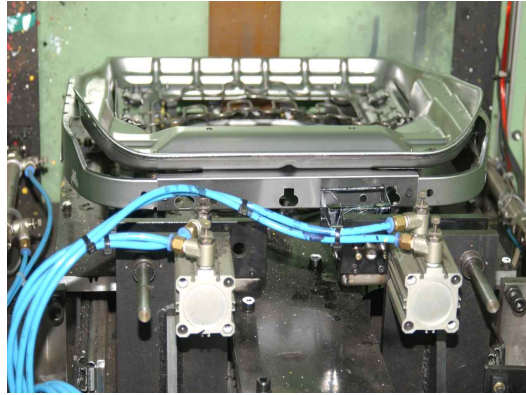
3.4 이미지 획득

검사 부품은 검사면(앞면)과 반대편(뒷면) 양면에 돌출 부위가 있다. 만약 검사 물체를 평면에 놓고 이미지를 찍는다면 돌출 부위 때문에 검사 대상물이 기울어져 획득된 이미지에 검사 부품의 그림자가 생기게 된다. 부품의 그림자 때문에 부품과 배경의 구분이 불분명해짐으로 이미지 프로세싱이 어려워진다. 따라서 검사 부품의 형상에 맞게 그림 3과 같이 암실을 제작하였다.

그림 3에는 링 타입의 백색 LED가 양쪽으로 설치되어 있다. 카메라와 같은 각도로 검사 대상물을 비추게 되면 슬라이더를 통하여 전반사 현상이 일어나 좋은 이미지를 얻을 수 없다. 그러므로 백색 LED는 슬라이더와는 평행하게 설치되지만 전반사를 피하기 위해서 검사 물체와는 임의각도를 설정한다.

적색 백라이트링(Back Lighting)은 검사 부품의 외형을 검사하기에 유용하며, 전면 조명으로 생기는 전반사 현상을 줄일 수 있다. 불량품의 대표적 사례인 부품의 부스럼(Burr)은 작고 원래 부품보다는 매우 얇아서 전면 조명 방식이나 후면 조명 방식의 조도가 너무 강하면 빛을 통과하여 양품과 같은 외형을 가지게 된다. 그러므로 적절한 조명 방식과 위치, 세기를 찾아내어 머신 비전 시스템의 신뢰성과 안정성을 향상 시킬 수 있는 시스템을 구성하였다.

먼저 작업자가 검사할 카시트 프레임을 고정지지대에 적절하게 위치하고 외부 스위치박스에 시작버튼을 누르면 검사공정의 시작을 위해 PLC에 시그널을 보내고, 에어실린더로 윈도우를 닫아 외부의 빛을 차단하게 된다. 윈도우가 닫히면, IMAQ 1409는 카메라로 카시트 프레임의 이미지를 획득하기 시작한다. 그림 4는 비전시스템 암실 내부의 고정 지지대와 카시트 프레임이 안착한 모습을 보여준다. 그림 5는 암실 윈도우를 닫고 이미지를 획득한 후의 모습이다.



[그림 4] 암실내 이미지 획득



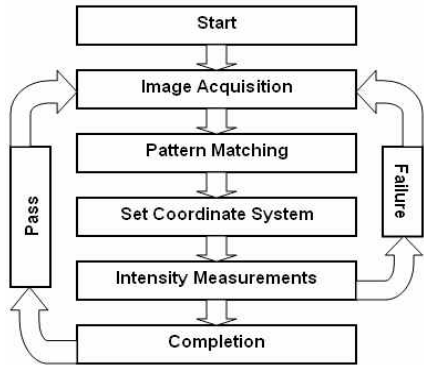
[그림 5] 이미지 템플레이트

4. 검사 알고리즘

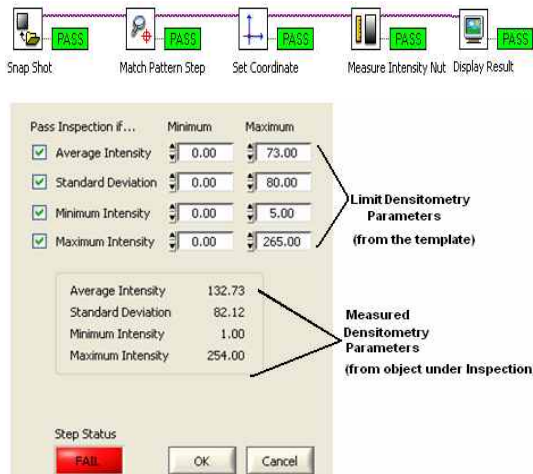
본 연구는 LabVIEW[8] 프로그램 내에서 필요한 아이 콘들을 이용하여 검사알고리즘을 구현하였다. 좌표시스템, 패턴매칭, 원형에지 찾기 등을 사용하였다. 그림 6의 검사 알고리즘을 이용하여 검사 프로그램은 NI Vision Assistants에서 제공하는 이미지 함수를 활용하여 이미지를 보정, 물체의 정위치 확인, 물체의 실제 크기 측정, 패턴 매칭 등의 검사 프로그램을 만들었다.

검사 프로그램을 실행하게 되면 소스이미지와 템플레이트(Template) 이미지를 지정된 위치에서 불러오게 되며 카메라가 초기 설정 값으로 초기화 된다. 물체 검출 신호가 발생하게 되면 카메라는 실시간 이미지를 받아들여 되며, 이미지 소스와 템플레이트를 패턴 매칭하여 이미지 소스의 좌표를 설정한다. 좌표를 설정 후 검사 영역은 기준 좌표에 중속한 위치 정보만 가지게 된다. 실시간 이미지는 좌표계 새로설정 옵션을 사용하여 이미지

소스의 검사 영역을 실시간 이미지 좌표로 변환되게 된다. 새로 설정된 검사 영역에 대하여 이진화 검사를 하게 된다. 검사 영역의 크기와 측정 영역의 크기 비율(%)은 각각의 영역에 설정된 설정 치와 비교하여 그림 7과 같이 사용자가 설정한 값의 크기에 따라서 검사 대상 부품의 각 부위에 대해 양·불을 판정하게 된다. 원의 중심 값은 기둥 부위의 흰이 나타날 경우 원의 중심 값은 설정 한계 값보다 크게 되어 불량으로 판정한다.



[그림 6] 검사 알고리즘 개요



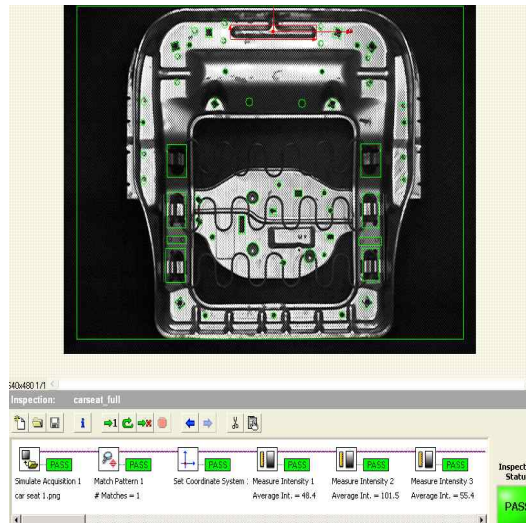
[그림 7] 강도 검사의 예

프런트 패널에는 검사영역과 설정 값을 조절할 수 있도록 하였다. 부스러기(Burr) 발생과 미성형 검사를 위한 검사영역(ROI) 8곳을 지정하여 이미지를 이진화한 후 그림 7과 같은 intensity 설정 값 기준에 따라 양불 판정을 얻는다. 검사영역의 검사 값이 설정 값 기준 내에 들지 않으면 검사영역을 표시하는 녹색 사각형은 적색 사각형으로 색깔이 바뀌게 되어 비전 시스템 사용자에게 불량영역을

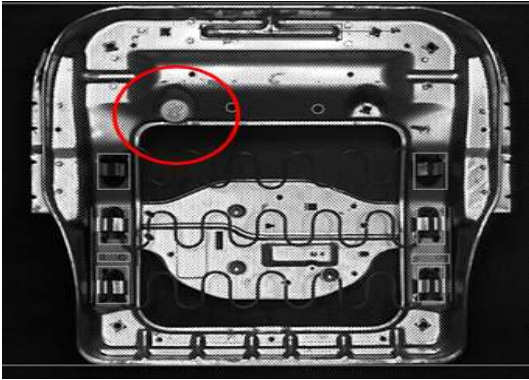
표시하도록 프로그램을 만들었다. 프로그램 내부에 경과 시간 타이머를 삽입하여 부품 검사에 걸리는 시간을 계산하도록 하였다. 프로그램 초기 실행 시 기준 이미지와 템플릿 이미지 저장 위치에서 불러온 후 검사가 시작되기 때문에 초기 실행 시에는 약 몇 초 정도의 시간이 걸리지만 비교적 짧은 시간에 검사가 이루어짐으로 머신 비전 시스템의 성능 저하를 일으키지는 않는다. 초기 실행 후에는 평균적으로 4 ~ 6초 내로 부품 검사가 완료된다.

5. 실험 결과

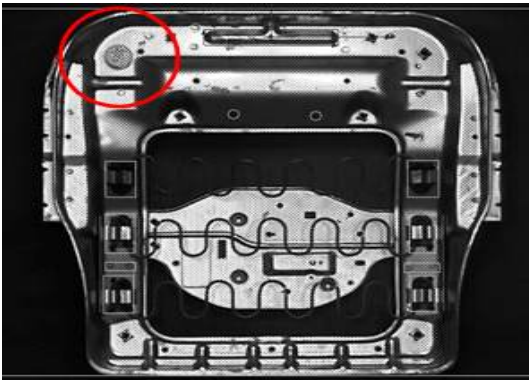
그림 8은 정상적인 부품을 투입하였을 때의 검사 결과이다. 검사 영역의 모든 부분의 측정값이 설정 값 범위 내에 있어서 검사 영역을 나타내는 사각형이 초록색으로 나타나고 있다. 그림 9,10,11은 각각 너트의 유무, 홀의 유무, 사각형 홀의 유무 등을 판별한 검사 결과이다. 검사 프로그램의 테스트를 위하여 각각의 부위에 테이핑을 하고 불량 여부를 검사하였고 그 중에서 샘플로 3개의 결과를 보여준다. 일반적인 작업자가 본 시스템을 이용할 경우 소프트웨어 검사시간은 6초미만이고 사이클 타임은 10초 미만으로 되었다. 따라서, 기존의 작업자가 육안으로 검사하던 80초대의 검수 시간을 8배 이상 단축하는 효과를 가져옴으로 기업의 생산성을 아주 높일 수 있다. 실제로는 불량 부위를 찾아내면 검사작업을 중단하기에 평균 검사시간은 5초 이내로 볼 때 검사 속도가 10배 정도로 향상되었다.



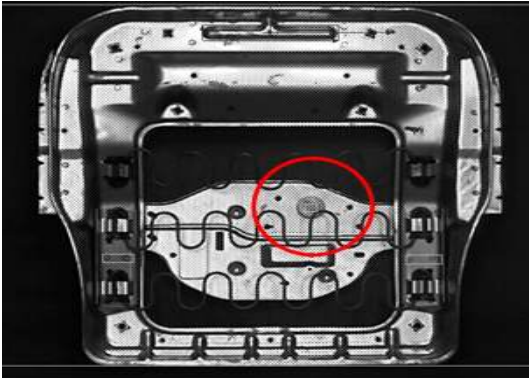
[그림 8] 양품 카시트 프레임 결과



[그림 9] 너트 불량 카시트 프레임 결과



[그림 10] 구멍 불량 카시트 프레임 결과



[그림 11] 사각홀 불량 카시트 프레임 결과

6. 결론

본 연구에서는 카시트 프레임의 검사를 위한 머신비전 시스템이 개발되었고, 반자동화 검사가 성공적으로 수행되었다.

이러한 전수 검사 방식은 작업자가 하는 전수 검사 방식과 비교해 볼 때 외부 환경적 영향을 덜 받고, 검사 기준을 정량적인 검사 수치로 정할 수 있어 전수검사에 대한 신뢰성을 증가시킬 수 있다. 본 연구에서는 양품 샘플을 표본으로 모든 불량품들을 선별할 수 있는 머신비전 시스템과 알고리즘을 개발하였다. 다만, 전반적으로 검사를 성공적으로 수행하였으나, 9개의 구멍에 대해서는 카메라의 사각이 발생하여, 이미지가 타원형으로 생기는 부분이 발생함을 알 수 있었다. 이는 설정 값의 범위를 넓게 하여 양호 불량률의 판정을 도모할 수 있으나, 정확한 검사를 통한 절대적 판정성 향상을 위하여 향후 연구가 필요하다 하겠다. 따라서 향후 4개의 카메라와 백라이트 조명을 이용하여 고정밀 검사시스템 개발이 필요하다 하겠다.

참고문헌

- [1] S. W. Kim and Y. S. Ghim, "Measurement and Test System for Large-scale Object," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 22, No. 5, pp. 21-27, May 2005.
- [2] J. Y. Song, H. Y. Park, H. J. Kim and Y. W. Jung, "Development of Defect Inspection System for PDP ITO Patterned Glass," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 7, No. 3, pp. 18-23, July 2006.
- [3] C. Oh, Y. Ryu, S. J. Shin, H. J. Yoo and B. U. Jun, "An Algorithm Development for Detecting Blister Defects of Display Glasses," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 7-14, April 2007.
- [4] 장봉춘, "자동차 플라스틱 부품 락킹레버 검사를 위한 알고리즘 연구", 산학기술학회 논문지, 제11권, 제5호, pp. 1558-1563, 5월, 2010.
- [5] 이정익, "실시간 검사 및 제어를 목적으로 한 용접성 평가", 산학기술학회 논문지, 제9권, 제9호, pp. 605-610, 9월, 2008.
- [6] H. S. Kim and B. R. Lee, "Real-Time Pipe Fault Detection System Using Computer Vision," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 7, No. 1, pp. 30-34, January 2006.
- [7] 장봉춘, "공학도를 위한 Pro-Engineer," Young, 2월, 2010.
- [8] 콕두영, "컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW" Ohm사, 2004.

넬슨 안드레이(Nelson S. Andres) [정회원]



- 2006년 6월 : 안동대 기계공학과 공학석사
- 2006년 7월 ~ 현재 : 기계공학과 강의교수, 필리핀

<관심분야>
머신비전, 메카트로닉스

장 봉 춘(BongChoon Jang) [정회원]



- 1996년 3월 : 오하이오주립대 기계공학과 공학석사
- 2000년 6월 : 캘리포니아주립대 기계공학과 공학박사
- 2000년 9월 ~ 2003년 2월 : 미국 General Motors Tech. Center, Team Leader
- 2003년 3월 ~ 현재 : 안동대학교 기계공학과 부교수

<관심분야>
머신비전, 메카트로닉스, 하이브리드차량, 차량동역학 및 제어