

자동 시각 검사 시스템 - 현수애자의 미세균열 검출 -

Automatic Visual Inspection System - Detection of Insulator's Minute Crack -

이상용*, 김용철**

Rhee Sang Yong and Kim Yong Cheol

* 경남대학교 컴퓨터공학과

** 경남대학교 컴퓨터공학과

요약

자동화 설비 도입으로 생산성이 향상되었지만, 양품 뿐만 아니라 불량품 또한 대량 생산할 가능성이 있어서 전수검사가 필수적이 되고 있다. 검사자가 많은 양의 제품을 전수검사한다는 것은 무리가 따르기 때문에 자동 검사 시스템에 대한 연구가 다양하게 진행되어 왔다.

본 연구에서는 컴퓨터 비전을 이용한 자동 시각 검사 시스템으로서 현수애자의 미세균열 자동 검출 시스템을 개발하였다.

현수애자의 미세균열 자동 검사 시스템: 현수애자의 미세균열을 검출하기 위해, 현수애자를 턴 테이블 위에서 회전시키고, 프로그래시브 스캔 카메라로 애자의 영상을 획득하고, 이 영상을 전처리 하여 그림자, 노이즈 등을 제거하고, 특징을 이용하여 미세균열을 검출한다.

Abstract

Eventhough the productivity has been improved remarkably by introducing automatic facilities, the 100% inspection is necessary because the possibility to produce large amount of defective goods is also increased. Since it is extremely unreasonable that workers inspect very large amount of products as 100% inspection, there has been many researches for the automatic inspection system.

In this thesis, we develop an automatic detection system of suspension insulator's minutes cracks System.

The automatic detection system of suspension insulator's minute cracks : To detect the minute cracks of suspension insulators, images of the insulator are acquired with a progressive scan camera, rotating a suspension insulator on a turning table. And after the shadow and noises are eliminated by preprocessing techniques, we detect minute cracks using the features of them.

Key Words : 자동시각검사, 미세균열검출, 컴퓨터비전

1. 서론

검사 장비 중 머신비전은 사람이 육안으로 하는 외관검사 작업을 대신할 수 있는 자동화 시스템인데, 제품의 외관검사는 여러가지 비파괴 검사와 함께 품질보증의 측면에서 중요한 비중을 차지하고 있다. 따라서, 머신비전을 이용할 경우 품질변화 동향에 대한 실시간 관찰이 가능하며 복잡한 실시간 관련 계산을 빠르게 수행할 수 있다. 또한 측정, 판독, 판정 등의 시스템화에 의하여 생산성을 향상시킬 수 있으며, 정확한 최신 데이터로 신속한 경향 관리가 가능하게 함으로써 품질의 예방관리를 실현할 수 있다.

접수일자 : 2004년 5월 1일

완료일자 : 2004년 11월 1일

감사의 글 : 본 연구는 컨소시엄 프로젝트에

의해 지원 받았습니다

송신탑 혹은 전신주 등에 절연을 위해서 사용되는 현수애자의 미세균열 자동 검출은 현수애자의 골에 발생하는 육안으로 쉽게 식별되는 큰 균열에서부터 쉽게 식별하기 힘든 미세균열까지 탐지하는 시스템을 말한다. 미세균열은 현수애자의 특성인 절연성을 심각한 영향을 주며, 미세한 균열이 있는 현수애자를 장시간 사용하게 되면 균열이 점점 커져 결국에는 여러 조각으로 부서져 떨어지는 등 심각한 문제를 야기한다.

일반적으로 애자는 성형 공정, 건조 공정, 착유 공정, 소성 공정 등을 거치는데 대부분의 애자 공장에서는 건조 공정과 소성 공정 후에 각각 육안으로 전수 검사를 실시한다. 소성 공정을 거친 후의 애자의 미세 균열의 검사가 쉬운데, 이것은 미세 균열이 있는 부분에는 유약이 안쪽으로 흡수가 되어 다른 부분과 달리 광택이 나지 않기 때문이다. 그러나 애자의 미세 균열을 소성 공정 후에 검출하면, 이 애자는 분쇄하여 다시 애자를 만드는데 사용할 수 없기 때문에 폐기처분을 해야 한다. 만일, 착유 공정을 하기 전 즉 성형 공정과 건조 공정을 거치고 난 후에 미세 균열을 발견할 수 있다면, 이 애자는 분쇄하여 다

시 애자를 만드는데 사용이 가능하므로 원료비 등 많은 비용을 절약할 수 있다.

현업에서 현수애자의 외관검사는 작업자가 육안으로 검사를 하고 있다. 여러 가지 외관 검사 중에서 현수애자의 골 부분에 형성되는 미세균열은 눈이 피로해지기 시작한 오후 작업에서는 검출하지 못하는 경우가 종종 발생한다. 이러한 필요성 때문에 애자 검사의 자동화가 시도되었지만 소성 공정이 끝난 후에 검사하는 시스템이 대부분이다.

본 연구에서는 건조 공정 후 미세 균열을 검출하는 자동 검사 장치를 개발하는 것을 목적으로 한다.

2. 현수애자의 미세균열 검출 시스템

2.1 시스템 구성

본 연구에서 개발한 시스템은 그림 1과 같은 구조를 가지고 있다. 미세균열 자동검출 소프트웨어는 모션 컨트롤 보드(Motion Control Board)를 통하여 스텝핑모터(Stepping Motor)를 제어한다. 스텝핑 모터는 턴테이블 위의 애자를 회전시키면서, CCD 카메라로 획득된 애자의 영상을 프레임 그래버를 통해 전송 받는다. 미세균열이 가늘고 길게 형성된다는 특징을 이용하여 획득한 영상에서 미세균열을 탐지한다. 이때 조명은 미세균열 탐지를 위해 매우 중요한 역할을 한다.

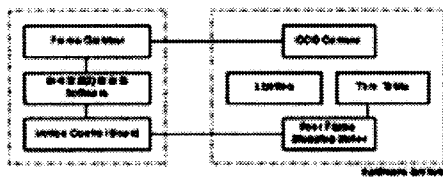


그림 1. 시스템 구성도

2.2 카메라와 조명계의 선택

본 연구에서는 현수애자를 빠른 속도로 회전시키면서 영상을 획득하여야 하기 때문에 SONY 사의 Model. XC-HR300 프로그레시브 스캔 카메라(progressive scan camera)를 선택했다. 애자의 골 하나를 하나의 카메라를 이용하여 검사하기 때문에 대상으로 하는 시야는 2.5×2.5cm이다. 일반적으로 목시에 의한 검출 정밀도는 명시거리 380mm에서 0.11mm이므로, 카메라의 대물 거리를 150~200mm로 하고, 측정정밀도를 0.05mm로 했다. 이런 조건을 고려하여 카메라 센서의 화소수는 1,024 비트, 또 렌즈의 초점거리는 35mm로 하였다.

조명은 할로겐 램프, 고휘도 LED 조명, 광 화이버를 이용한 링 조명 등을 검토하여 고휘도 LED 조명을 채용하였다. 할로겐 램프의 경우 고열이 발생하여 장기적으로 카메라 등 타 시스템에 영향을 줄 것을 우려하여 고려해서 제외하였고, 확산판을 부착한 두 개의 고휘도 LED 조명을 애자의 골 양쪽에서 비추어 골 부분이 밝기가 균일하게 유지되도록 하였다.

2.3 외관의 결점 검출 능력

앞 절에서 설명한 광학계와 조명계를 이용하여 미세 균열의 검출에 대한 실험을 했다. 애자의 표면에는 여러 가지 종류의 외관 결점이 발생한다. 표면의 요철, 변색 및 균열로 구분된다. 본 연구는 여러 가지 외관상의 결점 중에서 미세 균열을 검출하는 것이 목적이다. 건조 공정에

서 건조된 애자는 작업자에 의해서 콘베이어 벨트에 놓여서 유약을 바르는 공정으로 이송된다. 콘베이어 벨트에 올리면서 작업자들이 리브를 다듬으며 시각검사를 실시하는데 대부분의 표면 요철과 변색, 균열등은 쉽게 검출된다. 시각검사를 한 애자는 콘베이어를 이용하여 다음 공정으로 이송되는데, 이때에 쉽게 검출되기 어려운 미세 균열 검사를 실시한다.

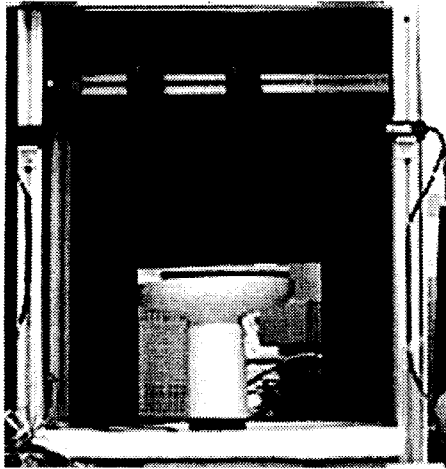
프로그레시브 스캔 카메라를 이용하여 얻은 영역 영상을 영상처리하여 노이즈를 제거하고 미세균열을 검출한다. 애자의 배면에는 리브가 있고, 미세균열은 리브 사이의 골에 대부분 발생하기 때문에 카메라의 초점은 골에 설정한다.

본 연구에서 사용한 카메라는 영역 카메라(area camera)이므로 한 장의 영상을 획득한 후 또 한 장의 영상을 획득하는 경우에 일정한 영역이 겹쳐지도록 획득해야 한다. 검사 시간 때문에 겹쳐지지 않도록 하는 경우에 생길 수 있는 최악의 상황은 다음과 같다. 즉, 한 영상의 가장자리에 미세균열이 일부 포착되고 다음 영상에 미세 균열이 나머지 일부가 포착되어 각 미세균열의 길이가 검사기준보다 적어서 합격되는 경우이다. 이러한 경우를 프로그래밍적으로 처리하는 것은 어렵지 않으나 늘 지나간 영상에서 발생한 정보를 가지고 가야 한다는 번거로움이 있다. 따라서 두 장의 연속된 영상에서 첫 영상과 다음 영상은 회사에서 제시한 검사기준을 고려하여 5mm정도는 겹쳐서 연속한 두 장의 영상을 획득하도록 하였다. 물론 모든 미세균열은 반드시 검출해야 하는데 미세균열은 특성상 폭이 0.1mm이면 길이도 매우 짧기 때문에 확대해야 한다. 이런 경우 카메라 한대로 애자의 골 하나의 영상을 획득할 수 없으므로 앞에서 설명한대로 0.05mm의 정밀도로 검사기준을 설정하였다. 일반 렌즈로서 검출이 불가능하기 때문에 검사기준을 설정하였다.

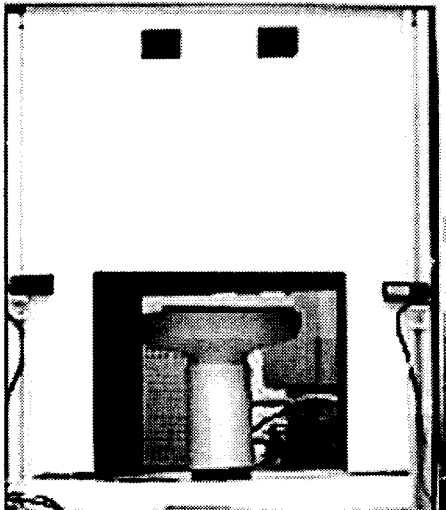
애자를 원주방향으로 회전시키면서 미세균열을 검출하게 되는데, 애자의 회전 속도가 1회전에 2초 이하 경우에는 미세균열의 영상을 선명하게 획득할 수 없기 때문에 미세 균열의 검출이 곤란하다는 것을 알 수 있었다. 이것은 회전 속도가 빠른 경우에는 셔터속도가 느려서는 영상이 흐르게 되고, 또 셔터 속도가 빠른 경우에는 노출시간이 짧아지기 때문이다.

3 시스템의 구현 및 실험

현수애자의 미세균열 자동 시각 검사 기계는 크게 두 부분으로 구성된다. 시각 검사 모듈과 검사 시스템에 애자를 장·탈착하는 애자 이송모듈이다. 이송모듈은 어렵지 않게 구현할 수 있는 기계적인 장치이므로, 본 연구는 이송모듈에 의해서 애자가 시각 검사 모듈에 장착되었다는 가정 하에 연구를 진행하였다. 장치는 그림 2과 같이 애자를 그 중심축에서 회전시키면서, 애자의 리브 사이에 있는 골을 두 대의 카메라를 사용해서 찍는다. 두 대의 카메라는 다른 카메라를 위해서 설치된 조명의 영향을 가능한 한 적게 받도록 하기 위하여 검사 시스템의 회전축을 중심으로 반대편에 설치한다. 각 카메라에서 출력된 아날로그 비디오 신호는 Metrox 사의 Model. Meteor-II MC 영상처리보드를 이용하여 처리한다.



(a)



(b)

그림 2. 시스템 사진 a)시스템 내부 b)정면사진

그림 3은 애자의 영상을 두 대의 카메라에서 각각 획득한 것이다. 두 대의 카메라가 애자의 중심에서 반대편에 설치되어 있기 때문에 반대로 휘어 보인다. 그림 3에서 보는 바와 같이 애자의 원주 방향을 따라서 검은 띠가 있다. 이것은 끈이 움푹 파여 있어서 생기는 현상으로 조명에서도 제거되지 않았다.

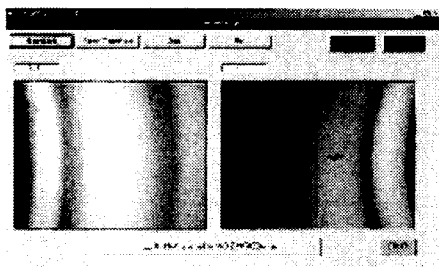
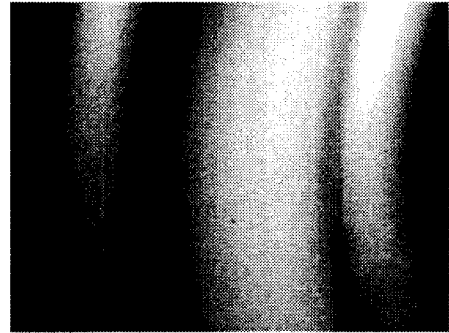


그림 3. 현수애자 미세균열 자동 검출 프로그램

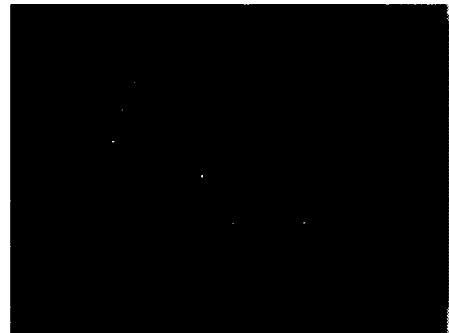
그러나 애자의 끈에 각이 있는 것이 아니기 때문에 검은 띠의 밝기값 역시 급격하게 바뀌는 것이 아니라 완만하게 바뀐다. 따라서 그림 1과 같이 미세 균열이 있는

영상을 경계선 추출 알고리즘을 사용하여 처리하면 그림 5와 같이 미세 균열의 경계선은 확연하게 드러나는 반면에 나머지 검은 띠는 모두 제거된다.

본 연구에서 개발한 시스템은 애자의 잡티 등도 허용이 가능한 외관 불량들도 검출하는데 이러한 불량들은 회사와 상의하여 임계값을 설정하였다.



(a)

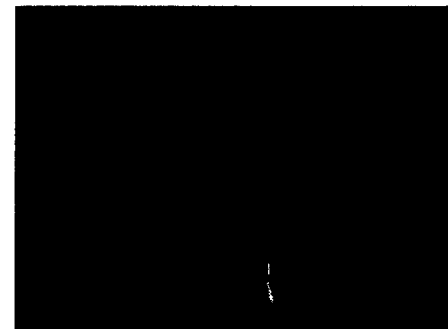


(b)

그림 4. 잡음 처리 과정 a)카메라 획득영상 b)처리결과 잡음영상



(a)



(b)

그림 5. 미세균열 탐지 a) 카메라 획득영상 b) 탐지영상

본 연구를 통하여 개발한 시스템은 애자 1 회전 시간 2초 동안에 25프레임을 획득하여 검사할 수 있었다. 애자의 영상을 획득하여 컴퓨터 화면에 출력하는 것도 시간이 소요되기 때문에 본 연구에서 미세균열을 발견한 경우에만 화면에 출력을 하도록 하였다. 물론 이 검사시간을 더 짧게 만들 수도 있으나 그러한 경우 카메라 등을 고가의 제품을 사용해야 하므로 경제성을 고려하여 사양을 결정하였다.

본 연구 결과 분당 30개를 검사하였으며, 길이 0.5mm, 두께 0.2 mm인 미세균열까지 검출할 수 있었다. 또한 애자를 성형하고 건조한 후에 미세균열을 검출하도록 시스템을 개발한 결과, 미세균열이 있는 애자를 분쇄하여 재활용할 수 있어서 애자 원료의 절감과 불량품을 계속해서 가공하는 공정상의 낭비를 제거하였다.

4. 결론

현수애자의 미세균열을 자동으로 검출하는 시스템을 개발한 결과 분당 30개를 검사할 수 있었으며, 미세균열의 길이 0.5mm, 두께 0.2 mm의 검출하였다. 또한 애자를 성형하고 건조한 후에 미세균열을 검출하도록 시스템을 개발한 결과, 미세균열이 있는 애자를 분쇄하여 재활용할 수 있어서 애자 원료의 절감과 불량품을 계속해서 가공하는 공정상의 낭비를 제거하였다.

참고 문헌

[1] DALSA Inc, DALSA DATABOOK, DALSA Inc, 1994.
 [2] 박창목, 왕지남, "컴퓨터 비전을 이용한 다양한 볼트 제품의 검사시스템 구현", Journal of the Korean Institute of Plant Engineering Vol 2.2, No.2, December, 1997.
 [3] 정원, 신현명, "영상처리가법에 의한 실시간 엔진 품질검사시스템", Journal of the Korean Institute of industrial Engineering Vol 24, No.3, September, 1998.
 [4] 오춘석, 이현민, "볼트 결함 판별을 위한 고속 정밀 검사 장치 개발", 정보처리학회논문지B 제10-B권 제3호 6, 2003.
 [5] 장동식, "자동검사 시스템을 위한 컴퓨터 비전의 연구", 산업공학학회지, 제4권, 제2회, 10, 1991.
 [6] 장동식, "실시간 자동검사를 위한 라인스캔 컴퓨터비전 시스템의 연구", 산업공학학회지, 제9권, 제1회, 3, 1996.
 [7] 최인걸, 미세 결점 인식을 위한 Line Scan 시스템 개발에 관한 연구, 1994.
 [8] 이규훈, 김용, 김희태, 엄기복, 원혜경, "초고속 Linescan 방식의 자동 결함 검출 시스템에 관한 연구", 산업기술논문집, 제12권, 제2호 2001.
 [9] 장동식, 이만희, 부창환, "Linescan Camera를 이용한 검사시스템에서의 새로운 영상처리 알고리즘," 제어자동화 시스템 공학회 논문지, 제3권, 제4호, pp406-414, 1997.

[10] Rakael C Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992
 [11] 최형일, 이근수, 이양원, "영상처리 이론과 실제", 홍릉출판사, 1997.
 [12] 오영환, "패턴 인식론, 문자·음성·화상", 정음사, 1991
 [13] J. R. Parker. "Algorithm for Image Processing and Computer Vision.", John Wiley & Sons. 1997.
 [14] S. E. Palmer, "Vision Science.", The MIT Press, 1999.
 [15] M. Sonka, V.Hlavac, R. Boyle, "Image Processing, Analysis, And machine Vision," PWS Publishing, 1998

저자 소개



김용철(Kim Yong Cheol)
 2002년 경남대 산업공학과 졸업
 2004년 경남대 메카트로닉스 졸업(석사)
 2004년~현재 경남대 컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 검사시스템, 신경망, 문자인식