OPC 드럼 표면 자동 시각 검사 시스템 구현

박병준*O, 한광수*, 최준수*, 신은석**
국민대학교 전산과학과 *, ㈜브이에스테크 **
romad38@cs.kookmin.ac.kr, (kshahn, jschoi)@kookmin.ac.kr, esshin@vstech.co.kr

Implementation of an Automated Visual Inspection System for the OPC Drum Surface

ByungJoon Park *O, KwangSoo Hahn*, JoonSoo Choi*, EunSeok Shin**
School of Computer Science Kookmin University *, VS-Tech Inc. **

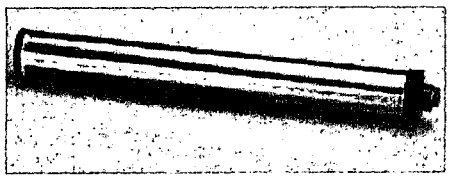
요 약

레이저 프린터의 드럼 자동시각 검사 시스템은 사람의 육안 검사를 자동화함으로써 정확하고 신속한 제품 검사가 가능하도록 한다. 또한 검사 결과를 데이터베이스화함으로써 지속적인 불량 발생 요인을 찾아 조치할 수 있어 불량률 감소와 제품 신뢰도 향상을 도모할 수 있다. 본 연구에서는 레이저 프린터 드럼의 표면에 발생하는 결함을 자동으로 검사하는 시각 검사 시스템을 구현하였고 이를 적용하여 신속하고 정확한 검사가 가능함을 보였다.

1. 서 론

OPC(Organized Photo Conductor) 드럼은 [그림 1]과 같은 녹색의 실린더 형태이고 레이저 프린터에서 용지에 토너를 정착하여 인쇄를 하는데 사용된다. 레이저 프린터에 드럼을 장착하기 전에 드럼 표면에 발생할 수 있는 미세한 긁힘 자국이나 이물질의 유무를 시각검사를 통하여 확인한다. 완제품의 신뢰도를 높이기 위하여 모든 부품에 대한 전수 검사가 요구되는 시점에 사람의 육안에 의한 미세 패턴에 대한 시각검사는 한계가 있어 기존의 육안 검사를 대신할 수 있는 컴퓨터를 이용한 자동 시각 검사 시스템을 필요로 하게 되었다[1].

본 연구에서는 OPC 드럼 표면에 발생할 수 있는 미세 결함 패턴을 컴퓨터 비젼 기술을 이용하여 자동으로 검출하는 자동 시각 검사 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템 시험 결과 정확한 검사를 통한 제품 신뢰도 향상과 검사 시간 단축에 따른 생산성의 증대에 기여할 수 있음을 보였다.



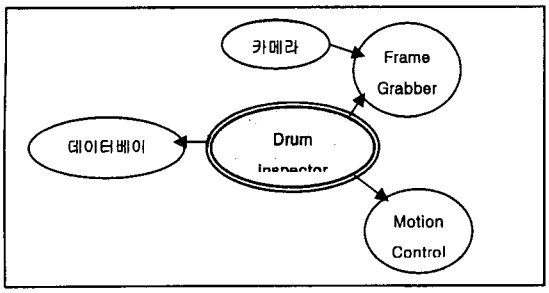
[그림 1] OPC 드럼

2. 시스템 구성

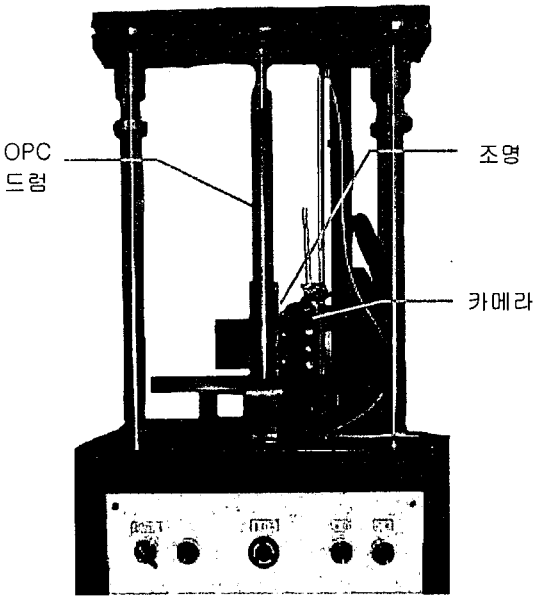
OPC 드럼 자동 시각 검사 시스템은 [그림 2]와 같이 전체적인 검사 작업 및 주변 장치를 관리하는 검사 시스템과 검사 결과를 저장하고 검색하는 데이터베이스 시스템, 영상 입력 시스템, 그리고 장비의 상태를 파악하고 드럼의 회전과 카메라의 움직임을 제어하는 모션 제어 시스템으로 구성된다. 영상 입력 시스템은 4K 라인 스캔 카메라와 프레임 그래버, 고휘도 형광등을 사용하는 조명으로 구성되어 회전하는 드럼을 카메라가 좌우로 움직이며 영상을 스캔한다. 시스템의 전체적인 외관은 [그림 3]과 같다.

검사 시스템은 학습 과정과 검사 과정으로 구분된다. 학습 과정에서는 검사에 필요한 정보를 입력하며 검사 과정에서는 학습된 정보를 이용하여 제품의 결함 유무를 판정한다. 검사 결과는 데이터베이스에 저장되어 향후 결함 원인 분석 및 보고서 작성에 사용될 수 있다.

현 시스템은 드럼의 구경이 24mm에서 30mm 사이, 드럼의 길이가 240mm에서 360mm 사이의 다양한 제품들을 검사할 수 있도록 설계되었다. 4K 라인 스캔 카메라로 한번에 60mm 폭의 드럼 영역을 검사하고 현재 영역의 검사가 끝나면 검사 영역이 약간씩 중첩되도록 하여 카메라를 60mm 정도 이동하여 다음 영역을 검사한다. 영상의 가로 픽셀 크기는 15μm으로 50μm 이상의 결함은 대부분 검출이 가능하다. 결함은 특정 조명에서 정상적인 드럼 표면 배경보다 어둡거나 밝게 나타난다.



[그림 2] 시스템 구성도



[그림 3] OPC 드럼 자동 시각 검사 시스템 외관

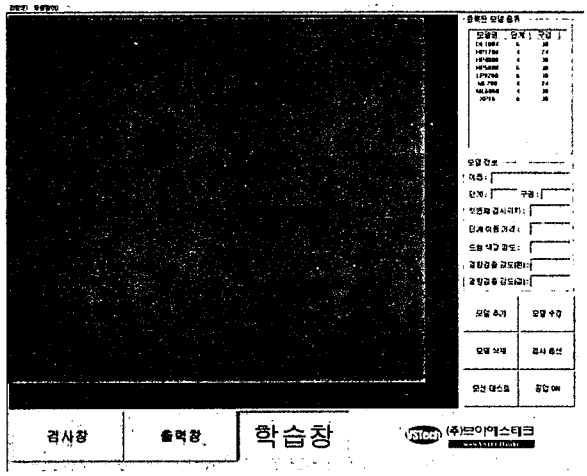
3. 학습 과정

학습 과정에서는 [그림 4]과 같은 학습창을 통해 새로운 모델을 학습 하거나, 이미 학습된 모델의 정보를 수정한다. 학습 시 입력하는 내용은 모델명, 드럼의 구경, 첫 번째 검사의 위치, 단계별 이동거리, 드럼의 명암 감도, 결함 검출 감도, 검사 옵션 등이다.

드럼 명암 감도는 드럼 표면의 배경 영상으로 감지할 명암 분포 정도를 결정하며 10단계로 조절이 가능하다. 단계가 낮을수록 평균 명암 값에서 큰 편차를 갖는 영역도 배경 영역으로 인식하고 단계가 높을수록 평균 명암 값에 근접한 영역만 배경으로 인식한다. 결함 검출 감도는 드럼 명암 감도와 유사하게 결함 영역의 검출 감도를 조절한다. 감도를 너무 낮게 설정하면 결함을 검출하지 못하는 경우가 발생하며 너무 높게 설정하면 정상적인 배경 영역까지 결함으로 판단할 수 있다.

검사 옵션은 결함으로 분류할 최소 크기의 영역에 대한 정보로 결함 영역에 포함될 픽셀 수와 결함 영역의 가로, 세로 크기 값을 설정하며 기본값으로 픽셀 수는 15, 가로와 세로 크기는 모두 0.1mm로 설정되어 있다.

모델 학습이 끝난 후 검사 구간이 모두 올바르게 포함되었는지 카메라 영상을 통하여 테스트 과정을 확인할 수 있다.



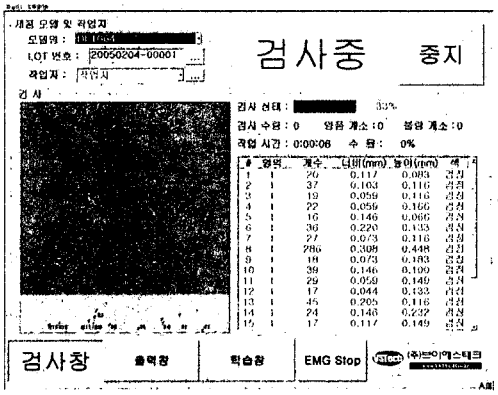
[그림 4] 학습창

4. 검사 과정

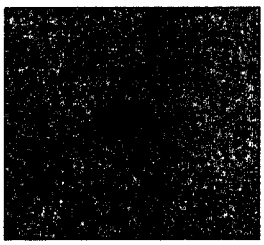
검사 과정에서는 현재 선택된 모델의 학습 정보에 따라 제품 검사를 수행하고 결과를 [그림 5]와 같은 검사창 화면에 출력하고 데이터베이스에 저장한다. 제품의 검사를 하기 전 검사창의 영상 영역은 전체가 회색으로 되어 있는데 검사를 진행 하면서 매 단계의 검사가 끝나면 해당 검사 위치가 회색 바탕에서 녹색으로 실시간으로 바뀌면서 발견된 결함의 위치를 표시한다. 전체 검사 영상에서 결함 부위를 더블 클릭하면 결함의 자세한 형태와 유형을 볼 수 있다.

드럼의 결함은 결함 영역의 픽셀 수와 가로, 세로의 크기를 이용하여 특정 규칙에 따라 결정하는데 결함 패턴의 색에 따라 [그림 6]와 같은 검정색 결함과 [그림 7]과 같은 백색 결함으로 구분한다.

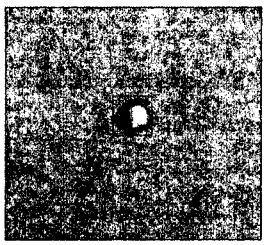
제품 검사를 마치게 되면 검사 결과는 자동으로 데이터베이스에 저장된다. 저장된 검사 결과는 특정 기간 또는 특정 모델에 따라 검사 결과를 화면에 표시하거나 보고서로 작성할 수 있다. 전체적인 검사 진행 순서는 [그림 8]과 같다.



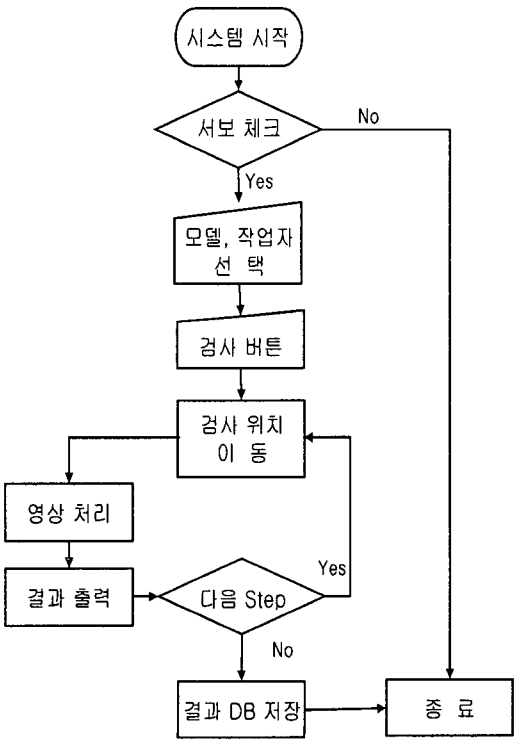
[그림 5] 검사창



[그림 6] 검정색 결함



[그림 7] 백색 결함



[그림 8] 검사 진행 순서

5. 실험 결과 및 분석

구현된 시스템은 실제 공정에서 만들어진 OPC 드럼의 양품과 불량품을 올바르게 판단해 내는지 알아보기 위해 각 모델별로 양품 30개, 불량품 30개를 임의로 추출하여 시험하였다. 검사 결과는 양품 29개 불량품 31개로 불량품의 결함은 모두 검출했다. 양품을 불량품으로 인식한 경우는 설정된 임계값에 거의 근접하는 경우이고 검출 감도를 조절함으로써 양품으로 판정을 할 수 있었다. 드럼 한 개를 검사 하는 시간은 15초 이내로 육안 검사에 비하여 빠른 속도로 정확한 검사가 가능함을 확인할 수 있었다.

6. 결론

OPC 드럼 자동 시각 검사 시스템은 산업체에서 원하는 수준의 검사 결과를 보이고 있다. 그러나 현재 구현된 시스템은 검사 과정에서 작업자가 드럼을 직접 하나씩 교체해야 함으로써 민감한 드럼의 표면에 불량이 발생하고 작업자는 반복적인 작업으로 인한 피로를 유발하는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 드럼을 자동으로 교체하여 검사를 하는 시스템에 대한 연구가 진행 중에 있으며, 구현 시 작업자가 초기의 설정만 하면 작업자가 없어도 자동으로 연속적인 검사를 할 수 있어 제품의 검사를 좀더 쉽고 빠르게 하며 불량율도 감소할 것이라 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] K. Hendengren, "Methodology for Automatic image-based inspection of industrial objects," in Advances in Machine Vision, Sanz J. ed, Springer-Verlag, 1988.

[2] J. Fu, "Illumination model and plate calibration method for vision-based coordinate measuring machines," PhD thesis, The university of North Carolina at Chapel Hill, 2000.

[3] K. W. Tobin, S. S. Gleason, F. Lakhani, and M. H. Bennett, "Automated Analysis for Rapid Defect Sourcing and Yield Learning," Future Fab International, Issue 4, Vol. 1, p. 313, Technology Publishing Ltd., London 1997.