

CAD 정보를 이용한 PCB 자동시각검사 시스템 구현

허세홍[○], 박병준, 한광수, 최준수

국민대학교 전산학과

(heung2ya, romad38, kshahn, jschoi)@kookmin.ac.kr,

Implementation of an Automated Visual Inspection System of PCB using CAD Information

Seheung Heo[○], Byungjoon Park, Kwangsoo Hahn, Joonsoo Choi
School of Computer Science Kookmin University

요 약

기존의 PCB 자동시각검사 시스템은 참조 비교 방법을 위한 참조 영상(골든 영상) 획득에 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 PCB 제작에 사용되는 CAD 파일을 이용하여 참조 영상을 생성함으로써 학습을 좀 더 쉽고 간편하게 할 수 있는 시스템을 구현 하였다.

1. 서 론

최근 전자기술의 발달과 함께 인쇄 회로 기판(Printed Circuit Board, PCB)들이 집적화되고 복잡해져서 기존의 사람 눈에 의존한 PCB 시각검사 방법이 점점 어려워지고 있다. 이에 따라 산업체에서는 컴퓨터 비전 기술을 이용한 자동시각검사로 대체해 가고 있다[3].

PCB 자동시각검사의 대표적인 방법으로는 참조 비교 방법이 있다. 이 방법은 참조할 PCB 영상과 검사할 PCB 영상을 화소 단위로 비교하는 영상 차감 방법과 영상에서 특징을 추출하여 비교하는 특징 정합 방법이 있다[4]. 영상 차감 방법을 사용한 기존의 자동검사 시스템은 결함이 없는 PCB를 촬영하여 골든 영상이라 불리는 참조 영상(Reference Image)으로 사용하였다. 그러나 참조 영상을 획득하는데 많은 시간이 소요되며, 무결성을 보장하기가 어려운 문제점이 있다. 새로운 제품의 출시가 잦은 요즘 이러한 학습의 어려움은 급급히 해결되어야 할 과제로 대두되었다.

본 연구에서는 이러한 영상 차감 방법의 최대 단점인 학습의 어려움을 보완하고자 제품 설계 시 작성한 CAD 파일을 이용하여 참조 영상을 얻는 방법과 그에 따른 검사 결과를 보였다. CAD 파일은 PCB 제조에서 가장 많이 쓰이는 RS-274X 포맷을 사용한 거버 파일을 이용하였다.

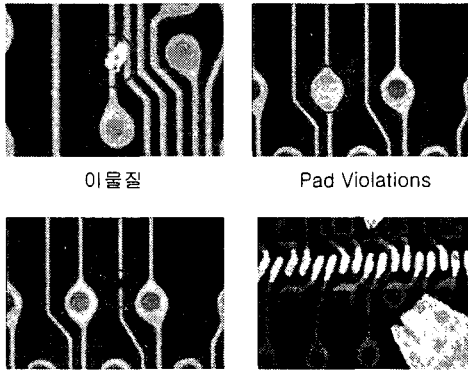
본 논문은 2장에서 시스템의 구성을 보여주고, 3장에서 시스템 구현 및 실험 결과를 설명하고, 마지막 4장에서 결론과 향후 연구 과제를 기술하였다.

2. 시스템 구성

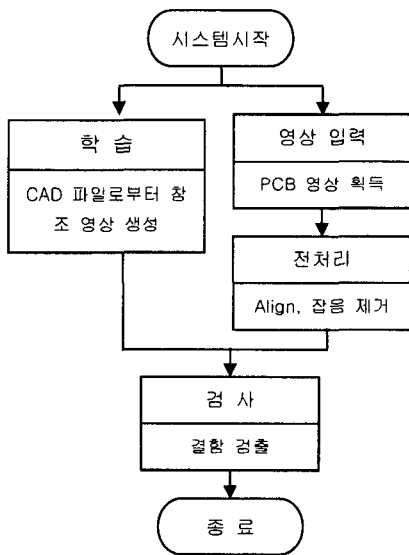
본 연구에서는 Gerber RS-274X 포맷의 CAD 파일을 사용하였다. Gerber 포맷은 Gerber Scientific Instrument (현 Gerber Systems)사에서 포토플로터를 위해 개발하였고 전자회로 아트워크용 포맷으로 확장되었다. Gerber 포맷은 RS-274D와 RS-274X 두 가지 형식이 있는데 RS-274D 포맷은 좌표 결정, 윤곽선 그리기, 수치제어장비 조정을 위한 호환 가능하고 가변성이 있는 포맷이고 RS-274X는 RS-274D 포맷을 확장하여 세밀한 수준의 그리기 명령과 제어 명령들을 추가하여 기존의 문제점들을 보완한 포맷이다. Gerber 파일은 Gerber File Viewer를 이용하여 영상으로 변환하여 출력할 수 있다.

검사 대상으로는 간단한 PCB를 선택하여 PCB 제작 시 자주 발생하는 [그림 1]과 같은 결함들을 검출하도록 구현하였다. PCB 영상 획득에는 PCB 전체 영상을 얻기 위해 고해상도(4000X3000)의 일반 디지털 카메라를 사용하였다.

시스템 동작 과정은 [그림 2]와 같다. 먼저 학습 과정에서 CAD 파일 뷰어를 사용하여 참조 영상을 만든다. 참조 영상은 실제로 검사할 제품 영상과 똑 같은 크기와 해상도로 만들어 이진 영상 포맷으로 저장된다. 검사 과정에서는 PCB 영상을 디지털 카메라를 통하여 입력하고 입력된 영상을 이진화하여 모폴로지 연산을 적용하여 노이즈를 제거한 후 저장된 참조 영상과의 차영상을 구하여 현격한 차이가 있는 부분을 결함 부위로 판별하게 된다.



이물질 Pad Violations
Open Under Mouse Bite
[그림 1] 검출 가능한 결함 유형



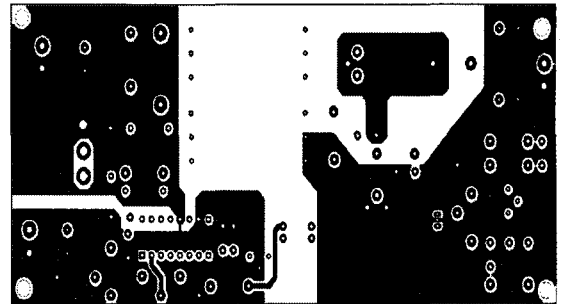
[그림 2] 시스템의 진행 과정

3. 시스템 구현 및 실험 결과

3.1 학습

거버 파일은 PCB의 패턴들을 벡터 형식으로 저장하고 있으므로, 영상 차감 방법의 참조 영상으로 사용하기 위해서는 먼저 이 벡터 데이터들을 비트맵 영상으로 변환하여야 하며, 변환 과정은 다음과 같다. 먼저 거버파일을 파싱하여 파일헤더와 좌표데이터를 추출한다. 좌표데이터의 수는 제한이 없고 순차적으로 처리 되므로 링크드 리스트를 이용하여 저장하였다.

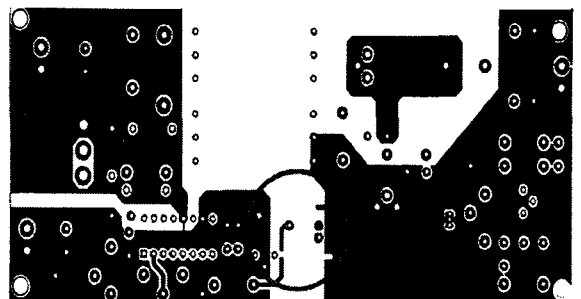
모든 데이터가 추출되면 MFC의 GDI 클래스를 이용하여 비트맵 영상으로 변환한다. [그림 3]은 거버 데이터로 생성한 영상이다. 이 영상은 카메라로 찍은 검사할 제품 영상과 동일한 해상도의 흑백영상이고 검사 시 검사대상 영상과 비교할 참조영상으로 사용된다. 사용자의 편의를 위하여 영상의 확대 및 축소가 가능하도록 하였다.



[그림 3] CAD 파일로 생성한 참조 영상

3.2 전처리

결함 검출 검사를 위해 입력된 PCB 영상은 차감 방법에 이용될 수 있도록 적절한 전처리 과정을 거친다. 먼저 PCB의 테두리 부분을 찾아 영상에서 불필요한 배경 영역을 제거한다. 그 후 Gray 영상으로 변환하고 히스토그램 분석을 통해 적절한 임계치를 찾아 이진영상으로 변환한다. 영상 획득과정에서 발생한 노이즈는 모폴로지 연산을 통해 제거한다[5]. 모폴로지 연산은 노이즈 영역을 제거하기 위한 침식작업과 훼손된 부분을 메워주기 위한 팽창작업을 적용한다. [그림 4]는 검사 대상 PCB 영상의 전처리 과정을 거친 후 모습이며 표시된 원은 검출되어야 할 결함이 있는 부분이다.



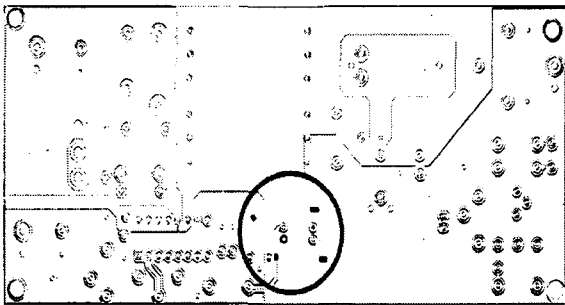
[그림 4] 전처리 과정을 거친 검사 PCB 영상

3.3 검사

학습과정을 통해 참조 영상이 생성되고 검사할 영상이 전처리 과정을 거치면 영상 차감법을 이용하여 결함을 검출한다[3]. 차감법 적용을 위해 먼저 두 영상을 영상정렬 알고리즘을 사용하여 정확히 정렬시킨다. 그 후 두 영상간의 차영상을 구하면 결함이 발생된 부분은 임계치 보다 넓은 두께와 큰 면적을 갖게 된다. 결함이 없는 부분에도 가는 선 혹은 좁은 영역이 나타날 수 있는데 이는 회로 설계 패턴과 제작된 패턴과의 차이이거나 두 비교 영상간의 미세한 정렬 오차 때문에 발생 된다. 이들을 제거하기 위해 다시 한번 모폴로지 연산을 적용하고 라벨링을 통해 개체를 분리시킨다. 분리된 개체의 두께와 넓이를 구한 후 그 값들이 허용 범위를 초과할 때 결함으로 판별한다.

3.4 실험 결과

구현된 시스템으로 [그림 1]의 대표적인 결함들을 포함한 PCB를 검사하는 실험을 하였다. 결함은 PCB상에 인위적으로 결함 패턴을 만들어 실험하였으며 결함을 포함한 PCB 영상은 [그림 4]와 같다. [그림 4]의 하단부 원 내부를 자세히 살펴 보면 결함으로 인해 [그림 3]의 참조 영상과 다른 부분들이 있음을 확인할 수 있다. [그림 5]는 결함 검사를 위해 거버파일로부터 생성된 참조 영상과 전처리 과정을 거친 검사 대상 영상과의 차영상이다. 영상 하단부 원 내부에 결함들이 정확히 검출 되는 것을 확인할 수 있다.



[그림 5] 차영상과 검출된 결함

4. 결론

본 연구에서는 영상 차감 방법을 이용한 PCB 자동 시각 검사 시스템의 참조 영상을 PCB 제작에 사용된

CAD 파일을 이용하여 생성하고 그 영상을 이용하여 제품을 검사할 수 있음을 보였다. 이는 새로운 제품 학습 모델을 등록하기 위해 결함이 없는 완전한 PCB를 찾아야 하는 어려움을 해소하여 비전문가도 새로운 모델을 쉽게 학습시킬 수 있게 한다.

현 시스템 구현에는 CAD 파일을 이용한 자동 시각 검사 시스템의 학습 지원 가능성만을 고려하였다. 실제 상황에 시스템이 적용되려면 결함의 크기에 따른 카메라 해상도 및 조명 장치, 그리고 경제성 있는 검사 속도 등의 요건들을 함께 고려하여야 할 것이다.

구현된 시스템은 이진영상만 처리한다. 그러나 학습 시 제품 외관의 색상 및 무늬를 매핑하여 칼라영상을 이용한 검사 시스템 구현도 가능할 것으로 보인다.

결함을 검출하는 방법에서 현재는 영상 차감법만을 이용 하였지만, 학습 모델을 생성함에 있어 단순히 영상만을 생성하는 것으로 끝나지 않고 거버데이터를 다양하게 이용할 수 있는 학습모델이 연구 된다면 좀더 정확한 검사 시스템으로 발전시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 이우형, 최윤수, "Gerber CAD 데이터로부터 PCB 패턴 검색을 위한 참조 모델 생성에 관한 연구," Journal of the Industrial Technology Vol. 24, 1994.
2. 홍순관, PCB 제조를 위한 CAM 기술, 홍릉출판사, Chap 4, 2003.
3. M. Moganti, and F. Ercal, "Automatic PCB inspection systems," Potentials, IEEE, Vol. 14, No. 3, pp.6-10, 1995.
4. M. Moganti, F. Erca1, C.H. Dagli, and Shou Tsunekawa, "Automatic PCB Inspection Algorithms:A Survey," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 63, No.2, Mar. 1996.
5. R.C. Gonzalez, and R.E. Woods, Digital Image Processing 2nd Edition, Addison Wesley, Chap 9, 2002.