

CAD 데이터를 이용한 PCB 패턴 시각검사 시스템에 관한 연구

박병준[○], 한광수

국민대학교 전산학과

{romad38, kshahn}@kookmin.ac.kr,

A Research of PCB Pattern Visual Inspection System using CAD Data

, Byungjoon Park[○], Kwangsoo Hahn

School of Computer Science Kookmin University

요 약

영상 학습은 컴퓨터를 이용한 자동 시각 검사에서 매우 중요하고 어려운 단계이다. 전자산업과 같이 신제품 개발 주기가 짧고 다양한 제품들을 검사하여야 하는 분야에서 어렵고 복잡한 학습 과정은 큰 문제가 되고 있다. 본 연구에서는 CAD 파일을 이용하여 PCB 자동 시각 시스템의 학습 과정을 손쉽게 할 수 있는 방안을 제시하였다

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 [1].

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 [2]. 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 시급히 해결되어야 할 과제로 대두되었다 [3].

본 연구에서는 자동 시각 검사에서 학습의 어려움을 보완하고자 제품 설계 시 작성한 CAD 파일을 이용하여 참조 영상 생성 및 각 패턴의 특징을 추출하는 방법과 그에 따른 검사 결과를 보였다. 검사 대상은 핵심 전자 부품 중 하나인 PCB로 설정하였고 CAD 파일은 PCB 설계에 가장 많이 이용하는 RS-274X 형식을 사용한 Gerber 데이터를 사용하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서는 Gerber RS-274X 포맷의 CAD 데이터 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 데이터는 Gerber File Viewer를 이용하여 영상으로 변환하여 출력할 수 있다.

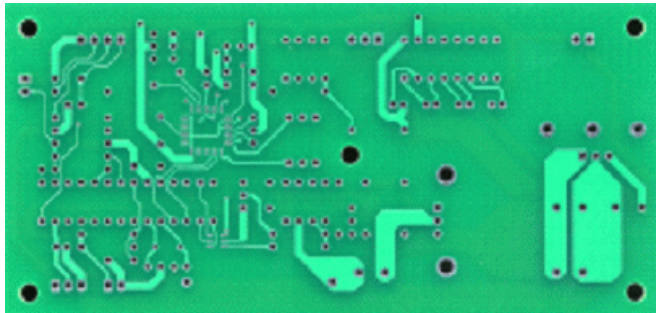
검사 대상으로는 간단한 PCB를 선택하여 PCB 제작 시 자주 발생하는 [그림 2]의 결함을 검출하도록 구현하였다. 영상 획득에는 고해상도 촬영에 효과적인 라인 스캔 카메라를 사용하였다. 또한 반사가 심한 PCB의 재질에 따른 적절한 조명장치를 필요로 한다 [4].

시스템 동작 과정은 [그림 3]과 같다. 학습 과정에서 CAD 파일 뷰어를 사용하여 참조 영상을 만든다. 참조 영상은 실제로 검사할 제품 영상과 똑 같은 크기와 해상도의 영상을 만들어 이진 영상 포맷으로 저장된다. 검사 과정에서는 PCB 영상을 입력하고 입력된 영상을 이진화하여 모폴로지 연산을 적용하여 노이즈를 제거한 후 저장된 참조 영상과의 차영상을 구하여 일정 범위 이상의 차이가 있는 부분을 결함 부위로 판별하게 된다.

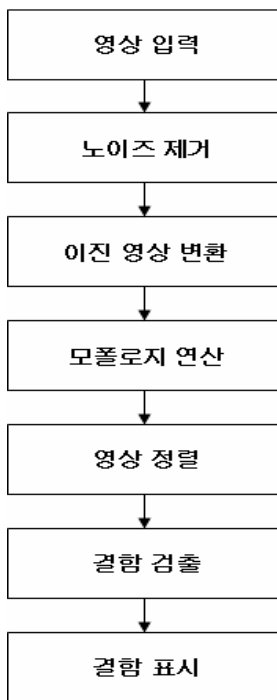
3. 시스템 구현 및 실험 결과

3.1 시스템 구현

본 연구에서 검사하고자 하는 PCB는 배선, 홀 및 패드 공정을 완료하고 실크 인쇄를 하지 않은 제품이며, 학습에 사용될 CAD 파일은 RS-274X 파일 형식을 사용한 Gerber 데이터이다. 검출하고자 하는 결함은 PCB 제작 과정에서 발생 가능한 대표적 결함인 도선 패턴의 오버 애칭, 언더 애칭, 쇼트, 오픈, 핀 홀 등 과 홀의 누락, 위치 및 크기 결함, 패드의 누락 및 크기 결함 등이다. 그림 3.1은 검사 대상이 되는 PCB의 예를 보여준다. 검사에 사용된 PCB는 실제 크기 약 120mm x 60mm의 단층 PCB이며, 입력된 영상의 전체 크기는 약 3000 x 1500 화소이다. [그림 1]은 검사 대상 PCB의 영상이고 [그림 2]는 시스템 진행 과정이다.



[그림 1] 검사 대상 PCB



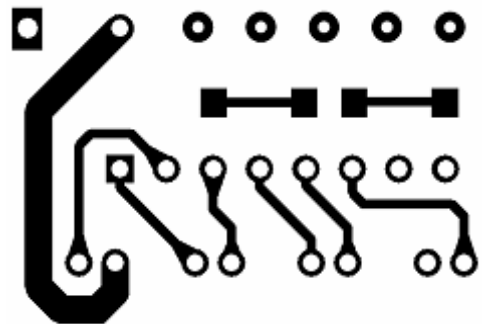
[그림 2] 시스템의 진행 과정

3.2 PCB 결함 유형

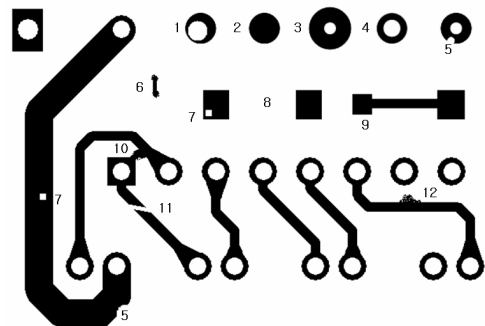
전자 제품의 핵심 구성 요소 중 하나인 PCB는 생산 과정에서 먼지나 낡은 필름, 과부식 등에 의해 결함이 발생할 수 있다. 또한 PCB 패턴은 구리로 구성되어 있어 쉽게 손상을 입을 수 있고 변색될 수 있다.

PCB의 결함은 크게 세 가지의 종류로 분류할 수 있다. 첫 째, PCB의 도선 영역에 발생하는 결함으로 도선의 패임, 일률적인 수축(over-etching), 단락, 내부상의 홈(pin hole) 등의 결함이 있다. 둘째, 절연체 영역에 발생하는 결함으로 도선 돌출, 도선의 일률적인 팽창(under-etching), 도선 사이의 쇼트 등의 결함이 있다. 셋 째, 홀과 패드에 해당하는 결함으로 홀이나 패드의 크기 및 위치에 따른 결함이 있다. 이외에는 긁힘(scratch), 이물질로 인해 발생하는 결함들이 있다.

[그림 3]은 결함이 없는 PCB의 영상이고 [그림 4]은 결함이 있는 PCB의 영상이다. [표 1]은 [그림 3] 영상에 대한 각 결함의 명칭이다 [5].



[그림 3] 결함 없는 PCB



[그림 4] 결함 있는 PCB

1	Breakout	7	Pin Hole
2	Missing Hole	8	Missing Conductor
3	Underetch	9	Overetch
4	Wrong Size Hole	10	Short
5	Mousebite	11	Open Circuit
6	Spurious copper	12	Spur

[표 1] 결함의 명칭

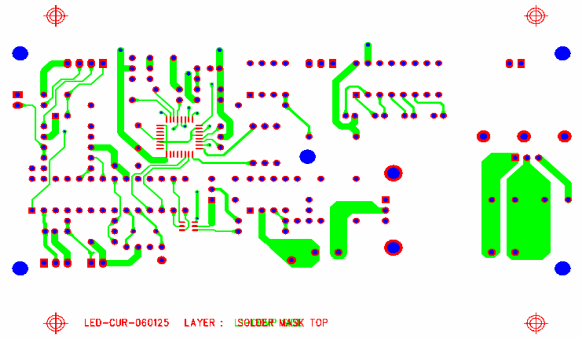
3.3 학습

본 논문은 기존 PCB 자동 시각 검사 시스템의 학습의 어려움을 보완하기 위한 것으로 시스템 구현에 있어 사용자에게 의한 학습을 간편하게 하는 것이 목적이다. 사용자는 Gerber 데이터와 검사 영상의 해상도 및 대략적인 정렬 좌표 입력으로 검사를 위한 시스템의 학습을 완료할 수 있도록 구현하였다. 사용자에게 의해 입력된 정보를 이용하여 검사에 필요한 참조 영상 생성 및 각 패턴의 특징을 추출하게 된다.

학습에 사용될 Gerber 데이터는 PCB의 패턴을 벡터 형식으로 저장하고 있으며, 참조 영상을 생성하기 위해 이 데이터를 추출하여 각 패턴의 특징을 쉽게 접근할 수 있도록 그에 맞는 자료 구조에 저장하여야 한다. Gerber 데이터는 아파쳐 정보, 데이터 형식에 관한 정보 그리고 좌표 데이터 정보를 포함하고 있다.

모든 데이터가 추출되면 MFC의 GDI 오브젝트를 이용하여 비트맵 영상을 생성한다. 검사를 위해 도선, 패드, 홀의 영상을 구별하여 생성하며 각각의 패턴을 조합한 영상을 만들 수 있도록 하였다. [그림 5]는 Gerber 데이터로 생성한 참조 영상으로 도선, 패드, 홀의 패턴이 모두 조합된 영상이다. 영상은 검사할 제품 영상과 동일한 해상도로 생성되며 사용자의 편의를 위하여 확대 및 축소가 가능한 비트맵 영상으로 변환을 하였다.

사용자는 Gerber 데이터에서 검사 영상의 해상도 및 정렬 좌표의 입력으로 검사를 위한 시스템의 학습을 완료할 수 있도록 구현하였다. 사용자에게 의해 입력된 정보는 검사에 필요한 참조 영상 생성 및 각 패턴의 특징을 추출한다[6].



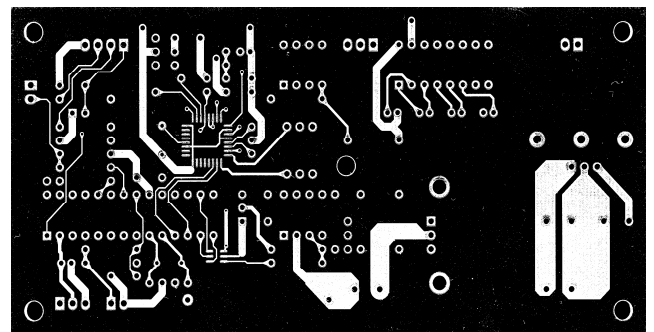
[그림 5] CAD 데이터로 생성한 참조 영상

3.4 전처리

결함 검출 검사를 위해 입력된 PCB 영상은 차감 방법에 이용될 수 있도록 적절한 전처리 과정을 거친다.

전처리는 노이즈 제거와 히스토그램 분석을 통한 이진 영상 변환과 영상 정렬 등의 작업이 있다. 그 후 PCB의 특성에 따라 도선, 홀, 패드로 나누어 각각의 결함을 검출한다 [7].

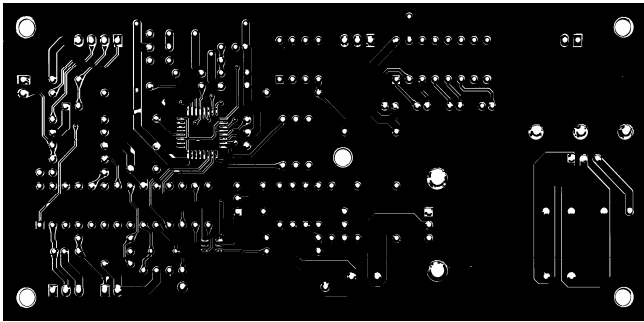
[그림 6]은 검사 대상 PCB 영상의 전처리 과정을 거친 후 모습이다.



[그림 6] 전처리 과정을 거친 검사 PCB 영상

3.5 검사

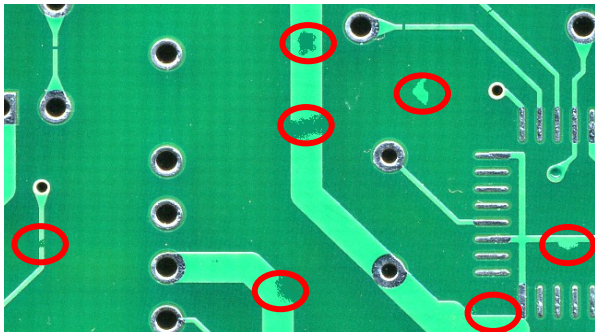
학습과정을 통해 참조 영상이 생성되고 검사할 영상이 전처리 과정을 거치면 영상 차감법을 이용하여 결함을 검출한다[2]. 차감법 적용을 위해 먼저 두 영상을 영상정렬 알고리즘을 사용하여 정확히 정렬시킨다. 그 후 두 영상간의 차영상을 구하면 결함이 발생된 부분은 임계치 보다 넓은 두께와 큰 면적을 갖게 된다. 결함이 없는 부분에도 가는 선 혹은 좁은 영역이 나타날 수 있는데 이는 회로 설계 패턴과 제작된 패턴과의 차이이거나 두 비교 영상간의 미세한 정렬 오차 때문에 발생된다. 이들을 제거하기 위해 다시 한번 모폴로지 연산을 적용하고 라벨링을 통해 개체를 분리시킨다. 분리된 개체의 두께와 넓이를 구한 후 그 값들이 허용 범위를 초과할 때 결함으로 판별한다.



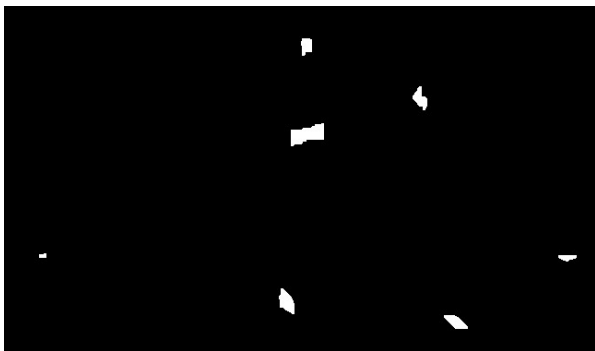
[그림 7] 정렬로 생성된 차영상

3.6 실험 결과

구현된 시스템으로 [표 1]의 결함들을 포함한 PCB를 검사하는 실험을 하였다. 결함은 PCB상에 인위적으로 결함 패턴을 만들어 실험 하였으며 결함을 포함한 PCB 영상은 [그림 6]과 같다. [그림 6]의 결함으로 인해 [그림 5]의 참조 영상과 다른 부분들이 있음을 확인할 수 있다. [그림 8]의 영상은 PCB의 결함 영상이고 [그림 9]의 영상은 PCB영상과 Gerber 데이터와의 차영상으로 생긴 영상으로 생성된 결함 영상이다. [그림 8] PCB영상의 원 내부에 결함들이 [그림 9]에 정확히 검출 되는 것을 확인할 수 있다.



[그림 8] 결함이 있는 PCB영상



[그림 9] PCB영상과 Gerber 데이터의 차영상으로 생성된 결함 영상

4. 결론

본 논문에서는 CAD 정보를 이용하여 PCB 검사에 필요한 참조 영상을 생성하고 검사할 수 있는 가능성을 보였다. 이러한 검사 방법으로 얻을 수 있는 이점으로는 첫째, 새로운 제품 검사 마다 사람이 직접 참조 영상을 찾아 등록하는 학습의 과정을 자동화 함으로서 비전문가도 시스템을 쉽게 운영할 수 있게 한다. 둘째는 참조 영상의 불확실함을 해소 함으로써 신뢰성 있는 검사 결과를 얻을 수 있다.

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.

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

참 고 문 헌

1. M. Moganti, and F. Ercal, "Automatic PCB inspection systems," Potentials, IEEE, Vol. 14, No. 3, pp.6-10, 1995.
2. 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.
3. 이우형, 최윤수, "Gerber CAD 데이터로부터 PCB 패턴 검색을 위한 참조 모델 생성에 관한 연구," Journal of the Industrial Technology Vol. 24, 1994.
4. 나현찬, 노병옥, 유영기, 조형석, "인쇄회로기판의 패턴 검사용 조명장치 설계," 대한기계학회논문집(A), 제21권 1호, pp. 1~11, 1997.
5. S. T. Barnard, "Automatic Visual Inspection of Printed Circuit Boards," Advanced Systems for Manufacturing: Conference on Production Research and Technology, pp. 423-429, 1986.
6. 홍순관, PCB 제조를 위한 CAM 기술, 흥릉출판사, Chap 4, 2003
7. .R.C. Gonzalez, and R.E. Woods, Digital Image Processing 2nd Edition, Addison Wesley, Chap 9, 2002.