

패턴 매칭을 이용한 실시간 PCB 비전 검사

이영아, 박우석, 고성제
고려대학교 전자공학과
전화 : 02-3290-3789

Real-time PCB Vision Inspection Using Pattern Matching

Young-A Lee, Woo-Seok Park, and Sung-Jea Ko

Dept. of Electronics Engineering, Korea University, Seoul, Korea
E-mail : yahlee@dali.korea.ac.kr

Abstract

This paper presents a real-time PCB (Printed Circuit Board) vision inspection system. This system can detect the OPEN and SHORT of the PCB which of the line width is $150\mu\text{m}$. Our PCB inspection system is based on the referential method. Since the size of the captured PCB image is very large, the image is divided into 512×512 images to apply the accurate alignment efficiently. To correct the misalignment between the reference image and the inspection image, pattern matching is performed.

In order to implement the proposed algorithm in real-time, we use the SIMD instruction and the double buffering structures. Our experiential results show the effectiveness of the developed inspection algorithm.

I. 서론

최근에 생산되는 인쇄회로 기판 (PCB : Printed Circuit Board)은 패턴이 점점 미세해지고, 복잡해지고 있다. 따라서 PCB 품질 및 정밀도가 제품 성능에 막대한 영향을 미치고 있다. 그렇기 때문에 PCB는 부품의 조립과 납땜을 하기 전에 패턴인쇄와 에칭 과정에서 발생될 수 있는 결함 (defect)을 검사해야 한다.

현재 산업현장에서는 PCB 검사를 수작업으로 하고 있으며, 자동화된 시스템을 이용하는 경우에도 비 실시간

적인 시스템을 사용하고 있다. 그리고 크기가 큰 결점들을 대상으로 하고 있다. 기존의 PCB 비전검사 방법에는 참조영상을 이용하는 영상 비교 방법과 참조영상을 이용하지 않는 디자인 특징 비교 방법, 두 가지를 혼합한 방법이 있는데, 본 논문에서는 영상 비교 방법[1]을 이용한다.

본 논문은 점차 세션화 되어가는 패턴의 결함을 실시간으로 검출하기 위해서 해상도가 높은 라인 스캔 카메라를 사용하고, $150\mu\text{m}$ 이하 선폭의 PCB를 검사하는 시스템을 제안한다. 그리고 고속 처리를 위해서 CPU 기반의 대용량 데이터 처리 기법[3]을 사용했다.

본 시스템의 주요 알고리즘으로서 실시간 영상처리를 위해 PCB의 전체 영상을 블록단위로 나눠서 블록 매칭하는 방법[2]을 제안한다.

II. 실시간 검사 시스템

2.1 제안하는 PCB 검사 알고리즘

본 시스템에서는 우선 참조 영상을 획득하고, 검사할 영상을 획득한다. 그런 다음, PCB 기판이 이송 중에 혹은 인쇄과정 중에 패턴이 쉬프트 (Shift) 될 가능성이 있기 때문에 PCB 패턴을 정렬 (Alignment)한다.

검사할 영상을 참조영상과의 패턴 매칭을 통해서 정렬하고, 이진화와 모폴로지 영상처리를 한다. 그런 다음, 참조영상의 이진영상과 검사할 영상의 이진영상과의 차영상을 구해서 에러를 검출한다.

그림 1은 제안하는 전체적인 알고리즘의 구성을 나타낸 것이다.

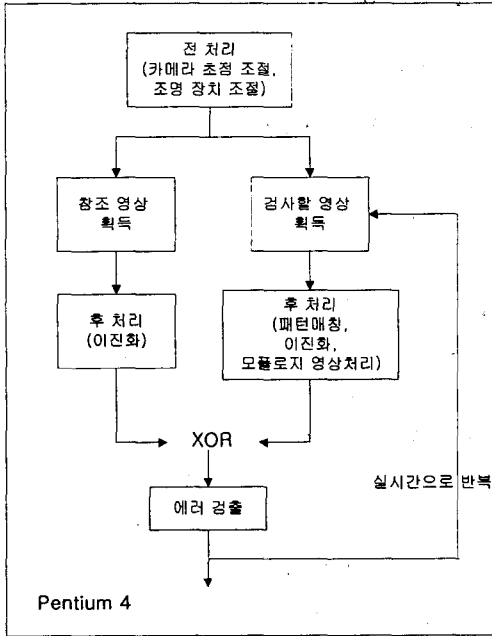


그림 1. 전체 알고리즘 구성도

2.2. 전 처리

라인 스캔 카메라와 조명장치의 위치를 조절하고, 조명장치의 광도를 조절해서 선명한 PCB의 영상을 획득할 수 있도록 하는 과정이다.

광도를 조절하기 위해서 그림 2에서와 같이 조명의 광도를 나타내주는 히스토그램을 구현했다.

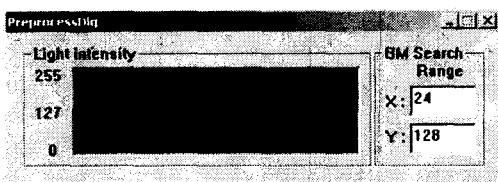
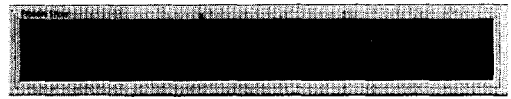


그림 2. 조명의 히스토그램

PCB 영상을 선명하고 정확하게 획득하기 위해서 카메라의 초점을 조정할 수 있는 기능을 구현하였다. 라인 스캔 카메라로 획득된 영상의 라인이 선명하게 되었을 때를 선택하는 방법을 이용한다. 그림 3은 초점을 조정할 때의 사용자 환경을 보여준다.



(a) 초점이 제대로 조절되지 않았을 경우



(b) 초점이 제대로 조절되었을 경우

그림 3. 카메라 초점 조절

2.3. 패턴 매칭 기법

본 시스템에서 사용한 결함 (Defect)을 찾는 방법은 참조영상과 검사할 영상과의 차영상을 이용하는 방법[1]이다. 즉, 획득한 검사할 PCB 영상이 참조영상과 위치가 다른 PCB 패턴의 결함을 제대로 찾을 수 없다. 그러므로 패턴 매칭을 이용해서 검사할 영상의 위치를 보정한다.

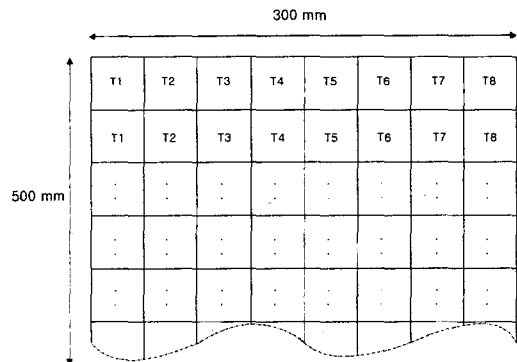


그림 4. 영상 영역 분할

본 논문에서 제안하는 패턴 매칭 방법은 보다 빠르고 정확하게 정렬하기 위해서 그림 4 에서와 같이 전체 영상을 30*8 개의 블록단위로 처리하는 방법이다. 각 블록마다 모델을 정해서 그 모델을 이용해서 패턴 매칭하였다. 각 블록에 대해서 전역탐색 블록 매칭 (Full Search Block Matching)을 적용해서 위치를 보정한다. 검사할 영상의 각 블록의 모델이 N×N 픽셀이라고 가정한다.

기준 모델의 좌표가 (x,y)일 때, 각 모델은 참조 영상의 블록과 같은 위치에 해당하는 지점에서 (N+2p)×(N+2p) 크기의 탐색 영역을 갖는다. 여기서 p는 탐색 구간에서 수직, 수평 방향으로의 최대 변위를 나타낸다. 다시 말하면, 참조영상의 블록에서 검사할 영상의 패턴과 가장 잘 매칭되는 패턴을 탐색 영역에서 찾는 것이다. 일반적인 블록 매칭 기준으로 여러 가지가 있지만 [2], MAD (Mean of Absolute Difference)을 일반적으로 널리 사용하며, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$MAD(u,v) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |R(i,j) - S(i+u,j+v)|, \quad -p \leq u, v < p \quad (\text{식-1})$$

여기서 R()과 S()는 참조영상과 검사할 영상의 픽셀값이며, (u,v)는 현재 블록이 이동한 변위이다. 탐색구간에서 각각의 위치를 체크한 후, MAD 가 최소가 되는 변위 (u,v)가 움직임 벡터가 된다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$V_{u,v} = \arg \min \sum_{u=-p}^{p-1} \sum_{v=-p}^{p-1} |MAD(u,v)| \quad (\text{식-2})$$

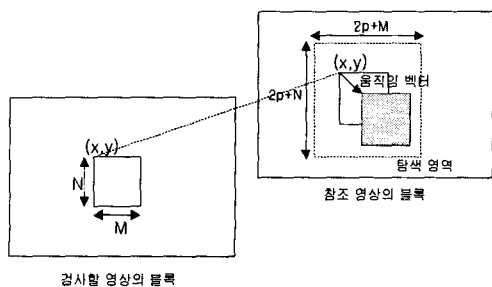


그림 5. 블록 매칭 기법

그림 5 는 블록 매칭을 이용한 움직임 예측을 나타내고 있다.

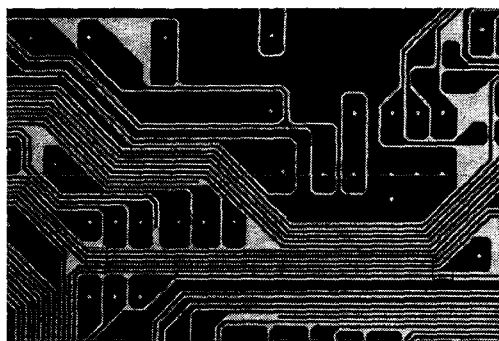


그림 6. 패턴 매칭 적용

그림 6 은 획득한 영상을 블록으로 나누고, 모델을 찾아서 이 모델을 이용해서 패턴 매칭을 하는 시스템의 모습이다.

2.4. 블록 이진화 기법

조명의 강도가 그림 2 에서와 같이 양끝으로 갈수록 작아지는 것을 볼 수 있다. 그렇기 때문에 획득한 PCB 영상을 이진화하는데, 영상 전체에 단일문턱치 (Threshold)을 이용하면 이진영상을 만족스럽게 얻을 수 없다. 본 시스템에서는 그림 4 에서처럼 영상 영역을 분할해서 각각의 블록의 명암값을 고려하여 문턱치를 설정하는 방법을 이용했다. 각 블록마다 특정한 문턱치를 적용해서 보다 만족스러운 이진영상을 얻어냈다. 그림 7 은 이진화 결과 영상을 나타낸다.



그림 7. 이진화 영상

2.5. 에러 검출

이진 영상과 패턴 매칭한 검사할 영상의 이진 영상의 차 영상을 구한다. 그림 1 의 전체 알고리즘 구성도의 XOR 에 해당하는 부분이다. 차 영상 중에서 에러를 검출하기 위해서 차 영상을 모폴로지 연산을 수행하고, 8 방향 체인 코드 (Chain Code)를 수행한다. 차 영상의 경계를 따라가면서 참조 이진 영상의 값이 0 에서 255 또는 255 에서 0 으로 바뀌는 교차점 (Cross Point)이 3 개 이상이면 에러 (OPEN, SHORT)라고 판단한다. [3]

Ⅲ. 실험 및 결과

2 대의 라인 스캔 카메라를 이용해서 PCB 기판의 영상을 획득했고[4], 라인 스캔 카메라의 선 단위로 영상을 획득하는 특성 때문에, PCB 기판을 등속도로 움직이기 위해서 Linear 모터를 이용했다. 그리고 빠른 속도를 위해서 펜티엄 4급 이상을 사용했다. 본 시스템은 실시간성을 보장하기 위해서 OPEN 과 SHORT 결함만을 검출하였다.

그림 8 에서 박스로 표현된 부분이 검출한 에러를 표시해 준 부분이다.



그림 8. 검출된 에러

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 PCB 기판이 이송 중에, 혹은 인쇄과정 중에 쉬프트 (shift)될 가능성이 있는 검사할 영상을 참조 영상과의 패턴 매칭을 통해서 정렬하였다. 정렬을 보다 빠르게 처리하기 위해서 전체 영상을 작은 블록으로 분할하고, 각 블록마다 작은 모델을 찾아서 패턴 매칭을 하였다. 그리고 보다 정확한 이진 영상을 구하기 위해서 블록 단위 이진화 하였다. 에러를 검출하기 위해서 모폴로지 연산과 체인 코드를 이용하였다. 본 논문에서 검출한 에러는 실시간 처리를 하기 위해서 OPEN 과 SHORT 로 제한하였다.

References

- [1] *Moganti, M.; Ercal, F.;* " Automatic PCB inspection systems," IEEE Potentials , Volume: 14 Issue: 3 , Aug/Sep 1995, Page(s): 6 -10
- [2] *Y. Q. Shi and X. Xia,* " A Threshoding Multiresolution Block Matching Algorithm," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no 2, pp.437-440, April 1997
- [3] *Nam-Hyeong Kim; Jae-Young Pyun; Kang-Sun Choi; Byeong-Doo Choi, Sung-Jea Ko,* " Real-time inspection system for printed circuit boards," Industrial Electronics, 2001. Proceedings. ISIE 2001. IEEE International Symposium on , Volume: 1, 2001Page(s): 166 -170 vol.1
- [4] *D.E.Friendman,* " Two-dimensional resampling of line scan image by one-dimensional processing," Photo Eng. Remote Sensing, Vol.47, 1459-1467, 1981