

SMT라인의 자동광학검사기를 위한 부품검사 알고리즘

조한진, 박태형

충북대 제어계측공학과 및 충북BIT연구중심대학육성사업단

Component Inspection Algorithm for Automatic Optical Inspection Machines in SMT Line

Han-Jin Cho, Tae-Hyoung Park

Dept. of Control and Instrumentation Eng., CBITRC, Chungbuk National University

Abstract - 본 논문에서는 표면실장기판을 위한 자동 광학 검사 시스템에서 사용되는 데이터 산출방법에 대한 알고리즘을 제안한다. 제안된 새로운 부품검사 알고리즘은 검사영역을 분할해 템플릿에서의 매칭률이 가장 높은 부분만을 세밀하게 재검사하는 방법을 사용하여 기존의 방법들보다 시간이 단축 될 뿐만 아니라 많은 양의 메모리를 필요로 하는 템플릿의 패턴들의 메모리 용량상의 문제점을 해결할 수 있다. 실험 결과를 제시하여 제안된 검사 알고리즘을 검증한다.

1. 서 론

공학적 시스템을 구성하는 전자제품의 소형화 추세에 의해 시스템을 구성하는 인쇄회로기판(PCB)의 집적도의 증가는 필수적이다. 따라서 현재 사용되고 있는 기술은 PCB의 기판위에 부품을 장착하는 방식의 표면실장부품(SMD)을 사용하는 SMT가 주를 이루고 있으며 이에 따라 인쇄회로기판에 부품을 자동으로 장착하는 기술과 더불어 완성된 PCB기판 상에 존재하는 부품들의 장착상태에 대한 불량 여부를 검출하는 새로운 알고리즘의 개발은 중요한 문제이다.

현재 까지 많이 사용되어 오던 사람의 육안을 통한 검사 방법은 PCB의 소형화·경량화로 인해 검사품질이나 성능 대한 단점들이 나타났다. 우선 육안검사는 사람의 눈으로 검사를 실시하기 때문에 눈의 피로가 가중되어 집중력이 저하 될 수 있고, 작업자에 따른 판단기준이 달라 불량을 양품으로 양품을 불량으로 판별하는 실수를 할 수 있다. 또한 신속한 검사가 불가능하여 전체적으로 품질과 성능의 저하를 가져올 수 있는 문제점이 있다.

부품의 장착검사는 크게 부품의 유무검사, 뒤틀림검사, 극성검사 등으로 구분된다. 부품의 장착검사 방법으로는 크게 템플릿 매칭을 이용한 방법과 특징점 추출을 이용한 방법이 있다. 여기서 템플릿 매칭을 이용한 방법은 템플릿과 검사할 영상의 픽셀의 밝기 값을 비교하는 MAD(Mean Absolute Difference), 밝기 값의 변화를 더욱 확실하게 얻을 수 있는 MSE(Mean Square Error) 그리고 영상 벡터의 유사도를 판별하는 NGC(Normalized Gray-level Correlation)방법 등이 있다[2]. 본 논문에서 제시한 방법은 NGC의 유사도 판별법에 대한 개선된 템플릿 매칭법을 제시한다. 본 논문에서는 템플릿의 빠른 매칭을 위한 격자 템플릿 매칭 방법을 제시하여 검사장비의 성능과 효율을 높이고자 한다.

2. 검사 방법

부품의 장착검사를 위해 제안된 방법에는 MAD, MSE, NGC 등의 방법이 있다. 본 논문에서는 제시한 방법은 NGC의 단점을 보완한 방법인 GNGC법을 제시하여 부품의 장착검사 알고리즘을 구현한다.

2.1 MAD, MSE 방법

이전에 제시된 방법 중 MAD와 MSE의 방법은 밝기 값의 차이를 비교하여 템플릿 매칭을 수행하는 방법이다.

$$MAD = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)| \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N [T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)]^2 \quad (2)$$

여기서 M, N 은 템플릿 영상의 크기가 되며 $T(x_i, y_j), I(x_i, y_j)$ 는 각각 템플릿 이미지와 검사 이미지의 픽셀의 밝기 값이 된다. 즉, 템플릿 영상 T 와 검사할 영상의 겹쳐진 영상부분 I 를 서로 겹쳐 놓고 대응되는 픽셀의 밝기 값을 서로 빼서 차이 값을 더하는 방법으로 두 영상의 유사도를 판별한다. MSE는 MAD의 제곱 값을 더해 정확도를 높이는 방법으로 사용한다. 두 가지 방법은 모두 겹쳐진 부분의 영상 밝기 값이 서로 비슷하다면 0에 가까운 값이 나오기 때문에 값을 비교하여 가장 매칭이 잘되는 부분을 찾는다.

2.2 NGC 방법

NGC은 검사 이미지와 표본 이미지간의 조도 차이가 생겼을 경우 영상 벡터의 상관계수를 고려하여 조도 차이에 따른 매칭 불능을 해결하는 방법이다.

$$\cos \theta = \frac{a \cdot b}{|a| \cdot |b|} = r \quad (3)$$

여기서, a, b 는 각각 기준영상벡터와 검사영상벡터 의미하며, r 은 두 벡터사이의 상관관계를 의미한다. 식(3)을 $R \times C$ 차의 영상에 적용하면 다음과 같다.

$$r = \frac{a \cdot b}{|a| \cdot |b|} = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j)b(i, j)}{\sqrt{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j)^2} \sqrt{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N b(i, j)^2}} \quad (4)$$

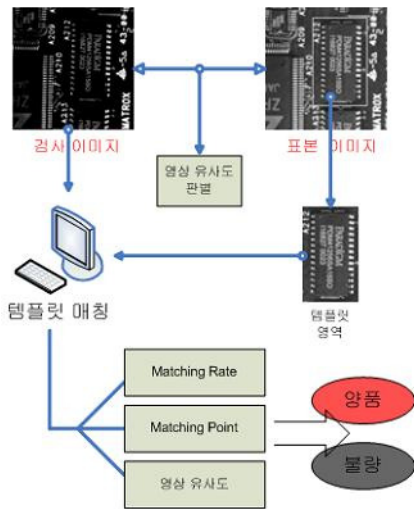
여기서 $a(i, j) = g(i, j) - \bar{m}$, $b(i, j) = t(i, j) - \bar{t}$ 을 의미하며 $g(i, j)$ 는 검사 영상이 되고 $t(i, j)$ 는 표본영상의 템플릿에 해당되며 \bar{m}, \bar{t} 는 각 영상의 평균값을 의미한다. 따라서 조도 차에 의한 밝기 값의 보상을 해주는 요소가 된다. 그리고 M, N 은 영상의 크기를 의미한다.

2.3 GNGC 방법

GNGC(Grid Normalized Gray-level Correlation) 본 논문에서 제시한 방법으로 격자 구조로 템플릿 매칭을 수행하여 검사 시간의 향상을 가져올 수 있는 방법이다. 그림 1은 격자 구조 템플릿 매칭법을 보여준다. 격자 템플릿 매칭법은 템플릿상의 데이터 연산을 줄이기 위해 격자의 형태로 이미지를 분할해 매칭시키고 매칭도가 가장 높은 구역에 대해서 오차 범위만큼의 자세한 매칭을 다시 시행하는 매칭 방법이다. 즉, 그림 1의 (a)와 같이 모든 점을 매칭시키지 않고 오차 범위를 두어 격자 구조로 매칭을 시켜보고 그림 1의 (b)와 같이 가장 매칭이 잘되는 부분을 찾는 방법이다. 이때 부품의 회전이나 극성 부품의 뒤바뀜 등의 불량을 검출할 수 있다. 이는 최저 매칭률을 설정해 놓고 매칭률을



(a) 넓은 범위 검출 (b) 세밀한 검출
〈그림 1〉 격자 구조 템플릿 매칭법



〈그림 3〉 템플릿 매칭 흐름도

비교하거나 매칭된 지점의 좌표 값이 오차 범위를 넘어가게 되면 잘못된 인식으로 구분해 불량을 검출해 낼 수 있다.

그림 3는 템플릿 매칭의 흐름도를 나타낸다. 검사 시스템에서 가장 중요하게 적용되는 알고리즘은 대부분 템플릿 매칭 부분에 적용되고 있다. 템플릿 매칭 과정은 검사 이미지를 획득하고 표본 이미지에서 검사영역인 템플릿영역을 선택하여 검사 이미지와의 템플릿 매칭 과정을 거친다. 템플릿 매칭의 결과로 매칭률, 매칭 점 그리고 영상 유사도 등의 데이터들을 찾아 낼 수 있는데 이 데이터들에 대하여 PCB의 불량을 검출해 내는 알고리즘이 적용된다.

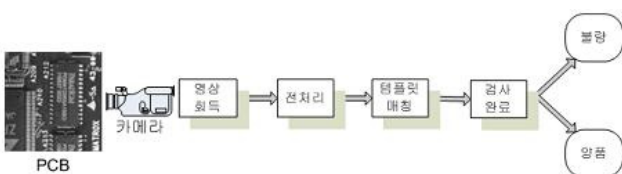
격자 템플릿 매칭의 장점은 빠른 연산시간이라 할 수 있다. 템플릿의 크기는 $M \times N$ 이고 검사할 영역의 크기는 $R \times C$, 걸침이 발생하는 횟수를 $(R - C) \times (C - N)$ 이라 가정하고 MAD, MSE, NGC, GNGC의 연산시간을 비교해 보면 다음과 같다. MAD와 MSE의 방법은 전체 템플릿의 크기를 검사해야하는 반복문과 검사할 영역의 크기만큼의 반복문이 수행되기 때문에 $O(n^4)$ 의 연산시간이 걸리고, NGC의 방법은 MAD와 같은 연산 시간에 평균값 연산을 위한 연산이 추가되어 $O(n^4) + O(n^2)$ 의 연산시간이 걸리게 된다. 이에 비해 GNGC의 방법은 격자의 크기만큼 연산 시간이 단축되어 $O\left(\frac{n^4}{d}\right) + O(n^2)$ 와 같은 연산시간을 볼 수 있다. 여기서 d는 격자의 단위 크기를 의미한다. NGC의 방법이 MAD의 방법보다 매칭률이 좋지만 연산시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 하지만 GNGC의 방법을 적용하면 NGC방법에 비해 연산시간이 단축된다. GNGC의 방법은 격자의 크기가 커지면 연산시간은 단축되고 정확도는 떨어지며, 작게 하면 연산 속도는 느려지지만 정확도는 좋아진다.

3. 실험 결과

본 논문에서 적용한 알고리즘에 대한 실험 결과에 의하면 검사 시간과 정확도에서도 이전에 제시되었던 방법들에 비해 성능 향상을 확인할 수 있다.

3.1 검사 시스템 구현

그림 4는 시스템을 표현한 흐름도이다. 카메라를 이용해 PCB의 영상을 획득하고 노이즈제거 및 영상의 템플릿영역 등을 설정 하는 전처리 과정을 거치고 템플릿에 대한 검사이미지의 매칭, 그리고 템플릿 매칭결과에 따른 PCB의 불량을 검출하는 흐름으로 이루어진다.



〈그림 4〉 시스템 흐름도

3.2 검사 시간 및 검사 정확도 분석

검사 시간의 성능향상을 위해 격자 템플릿 매칭법을 사용하였는데 이때 검사시간의 단축결과를 볼 수 있다. 일반적으로 밝기 값의 유사도를 측정하는 MAD의 방법에 대해 시간을 측정하고, 이미지간의 상관계수를 이용한 방법인 NGC방법에 대한 시간을 총20회 측정하여 격자 템플릿 매칭법과의 차이를 비교하였다.

〈표 1〉 검사시간 비교

	평균 시간(s)	시행횟수
MAD, MSE	0.97	20회
NGC	1.30	
GNGC(격자)	0.06	

실험 결과 연산의 평균시간을 비교해 보면 본 논문에서 제시한 방법이 MAD, MSE와는 소수점 셋째 자리까지 측정해본 결과 0.91초의 연산 시간을 단축하였으며, NGC와 비교하면 1.24초 단축할 수 있다.

〈표 2〉 검사정확도 비교

	동일 조도	변화 조도	시행횟수
MAD, MSE	95%	60%	20회
NGC	100%	95%	
GNGC(격자)	100%	90%	

검사의 정확도는 우선 MAD의 방법에 따라 검사를 수행하게 되면 영상의 조도변화에 민감하게 반응했다. 즉, 영상에 조도 변화가 생기면 정확한 매칭의 결과를 얻을 수가 없음을 알 수 있다. 실제로 조도의 변화가 128을 넘게 되면 MAD의 방법을 적용할 수가 없게 된다. 이 같은 MAD방법을 보완하기 위한 방법으로 NGC방법이 적용되었는데 이 방법은 연산시간이 너무 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 GNGC의 방법을 적용하면 검사정확도는 NGC의 방법과 동일하게 나왔으며 검사시간은 $\frac{1}{19}$ 로 감소되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 인쇄회로기판의 불량 검사 시스템에서 보다 빠르고 보다 정확한 매칭 알고리즘에 대한 방법을 제시하였다. 불량 검사는 템플릿 매칭법을 기본으로 연구였으며 기존에 사용되던 MAD와 같은 조도의 변화에 약한 방법, NGC와 같이 많은 연산시간을 필요로 하는 템플릿 매칭의 단점을 보완하기 위해 제안된 방법을 적용해 연산시간에 대한 단축을 가져 올 수 왔으며 연산시간대비 정확한 검출을 수행할 수 있었다.

또한 2.5절에서 언급한 격자 크기에 따른 시간단축과 정확도의 관계에서의 적정 격자 크기의 제한이 있었다. 하지만 실험결과 격자의 크기를 5pixel로 하였을 때 검출 정확도는 90%이상의 수준으로 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 신동원, 박경석, “머신비전을 이용한 크립솔더상에 장착된 SMD의 검사시스템 개발에 관한 연구”, 한국기계기공학회지, 제2권, pp67~74, 2003.
- [2] 강동중, 하중은, “Visual C++을 이용한 디지털 영상처리”, 사이텍미디어, 초판, pp276~312, 2005.
- [3] 문순환, 김경범, 김태훈, “머신비전검사를 위한 기하학적 특징 기반 지능 패턴 정합”, 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 2006.