

전자부품조립검사를 위한 영상 정합 방법 비교

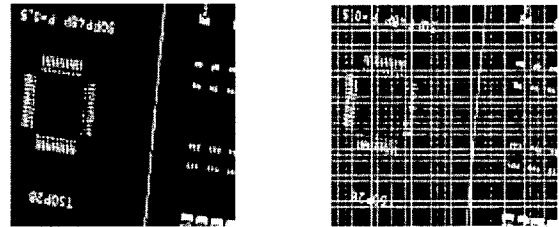
조한진, 박태형
충북대학교 제어계측공학과 및 CBITRC

Image Matching Techniques for Electronic Component Inspection

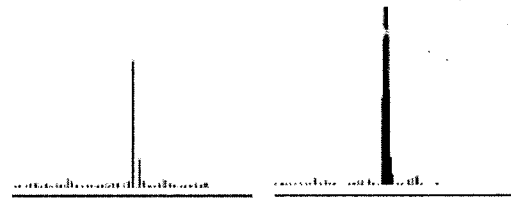
Han-Jin Cho, Tae-Hyoung Park
Dept. of Control and Instrumentation Eng., CBITRC, Chungbuk National University

Abstract - 본 논문은 표면실장기판을 위한 자동 광학 검사 시스템에서 사용되는 알고리즘을 종류 별로 비교 분석한다. 비교된 부품 검사 알고리즘은 공간영역에서의 템플릿 매칭 방법을 사용한다. 각 방법에는 장단점이 있으며 주된 비교항목은 검사 속도와 검사 정확도에 대한 비교 분석을 한다. 비교 및 분석을 통해 부품검사 알고리즘의 속도 및 정확도 향상의 방향을 제시한다. 실험 결과를 제시하여 비교된 알고리즘의 성능을 검증한다.

평균을 구해 정확도를 높이는 방법으로 사용한다.



(a)원본 영상 (b)격자 구조 분할
〈그림 1〉 격자 구조 세밀 검출법



(a) 격자 간격 검출 (b) 세밀한 검출
〈그림 2〉 격자 구조 세밀 검출법

1. 서론

공학적 전자제품이 소형화 및 집적화 되면서 부품을 부착하는 인쇄 회로 기판(PCB)이 발전하였다. 인쇄 회로 기판은 작업성이 뛰어나고, 내열성 및 내가공성, 내약품성이 강하며, 열에 강하므로 모든 전자제품의 핵심부품으로 사용된다. 따라서 인쇄 회로 기판에 사용되는 표면실장부품에 대한 자동 장착 기술과 더불어 완성된 PCB에 존재하는 부품들의 장착상태를 검사하는 알고리즘에 대한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다.

현재 사용되는 부품 검사 방법은 크게 템플릿 매칭을 이용한 방법과 특징 추출을 이용한 방법이 있다. 여기서 템플릿 매칭이란 픽셀 대 픽셀을 하나씩 비교하거나 영상의 유사도를 영상자체를 가지고 시행하는 방법이다. 또한 특징 추출이란 영상의 구분이 용이한 부분을 찾아 그 부분을 기하학적으로 분석하고 비교하여 두 영상의 유사함을 검사하는 방법이다. 일반적으로 템플릿 매칭은 속도가 빠르고 구현이 간단하다는 장점이 있지만 영상의 기하학적 변화에 민감하며 잡음에 약한 단점이 있다. 그와 상대적으로 특징 추출 방법의 구현은 템플릿 매칭에 비해 복잡하지만 영상의 기하학적 변화에 둔감하고 잡음에 강하다는 장점이 있다.

본 논문에서는 템플릿 매칭에 사용되는 여러 방법을 구현하고 각 방법들에 대한 연산시간 비교와 검사 정확도에 대한 비교를 한다. 본 논문에서 비교한 템플릿 매칭의 방법은 기존에 많이 사용된 방법인 평균 절대치 오차 방법(MAD : Mean Absolute Difference)을 비교 및 분석의 기준 알고리즘으로 구현하였다[3]. 또한 기존의 방법과 비교하기 위해 격자별로 분할하여 매칭을 시도하는 격자구조 세밀 검출법[4], 분해능을 높여가며 검사하는 분해능 증가 템플릿 매칭 방법[2], 마지막으로 히스토그램을 판별해 매칭을 시도하는 히스토그램 정합 방법[1]을 구현하였다.

2. 검사 방법

2.1 기존 방법

공간 영역에서 일반적으로 사용하는 템플릿매칭은 추가적인 데이터의 변환 없이 픽셀 대 픽셀로 템플릿의 유사도를 비교하므로 속도가 느린 단점이 있다. 또한 영상의 밝기가 변하거나 영상의 기하학적 변화가 있을 경우 매칭 정확도가 떨어지는 단점도 가지고 있다.

기존에 제시된 방법 중 평균 절대치 오차 방법(MAD : Mean Absolute Difference)과 평균 제곱 오차 방법(MSE : Mean Square Difference)은 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. 평균 제곱 오차 방법은 제곱 합의

2.2 제안 방법

제안한 방법은 템플릿 매칭의 과정을 기존의 방법인 평균 절대치 오차 방법보다 좀 더 빠르게 구현하거나, 기하학적 변화에 둔감한 방법을 구현하였다.

2.2.1 격자구조 세밀 검출법

격자구조 세밀 검출법은 격자 구조로 템플릿 매칭을 수행하여 검사 시간의 향상을 가져올 수 있는 방법이다. 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.

그림 1은 격자구조로 영상을 분할한 그림이다. 그림 1의 (a)는 원본영상이 되고 그림 1의 (b)는 격자 구조로 분할한 영상이 된다. 또한 그림 2는 격자구조 세밀 검출법을 구체적으로 보여주는 그림이다. 그림 2의 (a)는 오차범위를 두어 격자 구조로 매칭을 시도하는 그림이고, 오른쪽의 그림(b)는 오차범위 만큼의 범위를 다시 검사하여 최종적인 목표점을 찾아낸 그림이다. (b)에 보이는 굵은 붓우리가 세밀하게 검사하여 검출된 부분을 뜻한다. 즉, 그림 2의 (a)와 같이 모든 점을 매칭시키지 않고 오차 범위를 두어 격자 구조로 매칭을 시켜보고 그림 2의 (b)와 같이 가장 매칭률이 높은 부분을 찾는 방법이다. 이때 부품의 회전이나 극성 부품의 뒤바뀜 등의 불량을 검출할 수 있다. 이는 최저 매칭률을 설정해 놓고 매칭률을 비교하거나 매칭된 지점의 좌표 값이 오차 범위를 넘어가게 되면 잘못된 인식으로 구분해 불량을 검출해 낼 수 있다.

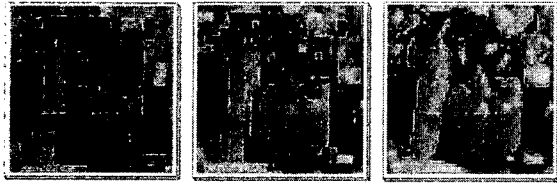
격자구조 세밀 검출법의 방법은 조도 변화에 대한 정규화 과정을 거치게 된다. 따라서 영상의 조도 변화에 둔감하다는 장점을 가지고 있다.

2.2.2 분해능 증가 방법

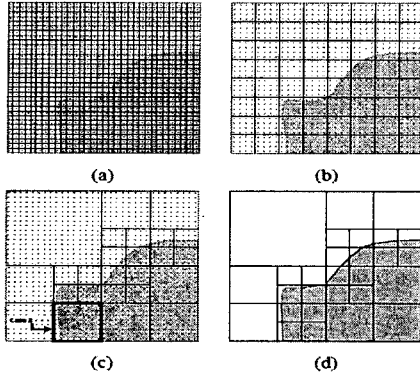
분해능 증가 방법은 분해능의 변화를 주어 템플릿 매칭시간을 단축하는 방법이다. 낮은 분해능에서 결정되는 검출 임계값을 이용하여 낮은 분해능부터 높은 분해능으로 변화시키며 매칭영역을 좁혀나가는 방법이다. 그림 3은 분해능 증가 방법의 영상을 변화시킨 그림이다. 왼쪽부터 오른쪽으로 영상의 분해능이 변화하는 과정을 보여주고 있다.

그림 4는 실제 분해능 증가 방법의 알고리즘을 구현한 그림이다. 그림을 분석해 보면 분해능이 높은 그림 4의 (a)부터 그림4의 (c)로

점차 분해능이 감소함을 알 수 있다. 그림 4의 (a)영상을 모두 분석



〈그림 3〉 분해능 변화 방법



〈그림 4〉 분해능 변화 방법 구현

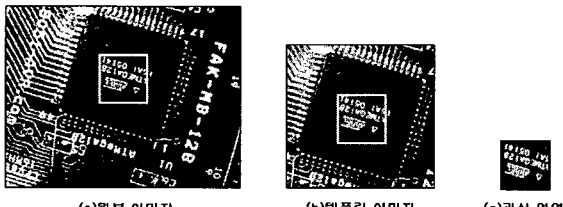
한다면 실제 알고리즘 구현에서 연산시간의 속도 저하를 가져온다. 따라서 필요한 부분만 세밀히 검출하는 과정은 검사 시스템의 성능을 향상시킨다. 그림 4의 (d)는 최종적으로 검사할 영역만 설정한 그림이다.

2.2.3 히스토그램 정합 방법

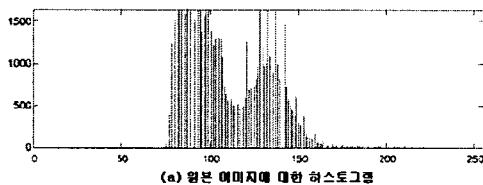
히스토그램이란 관측한 데이터 분포의 특징이 한눈에 보이도록 기동 모양으로 나타낸 것이다. 영상에서의 히스토그램이라 함은 영상의 각 픽셀의 밝기 값의 분포를 알아보기 쉽게 0~255사이의 영역으로 나타낸 그래프이다. 영상의 유사도를 히스토그램의 분포, 즉, 밝기 값의 분포를 비교하여 알아낸다. 이 방법은 영상의 회전에 대한 둔감성은 있지만 밝기 값에 매우 민감하다는 단점이 있다.

그림 5는 히스토그램 정합의 속도 개선을 위해 중심점의 주변영상을 비교해 임계값을 넘은 영상에 대해서는 검사를 생략하는 과정을 설명한다. 그림 5의 (c)와 같은 중앙의 관심영역을 비교하여 영상의 유사도가 일정 임계값을 초과하게 되면 히스토그램의 변환과정과 유사도 판별 과정을 생략하는 방법으로 속도를 개선한다.

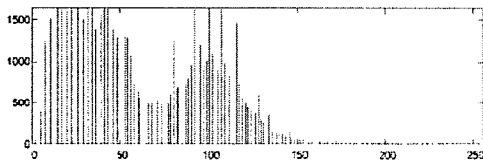
그림 6은 히스토그램의 유사도를 알아보는 과정을 설명한 그림이다. 히스토그램으로 변환한 영상의 히스토그램의 분포 유사도를 비교하여 템플릿 매칭을 수행한다. 그림 6의 (a)는 원본영상의 히스토그램을 나타내고 (b)는 템플릿 영상의 히스토그램을 나타낸다.



〈그림 5〉 중심점 주변 영상 검사



(a) 원본 이미지에 대한 히스토그램



(b) 템플릿 이미지에 대한 히스토그램

〈그림 6〉 히스토그램 매칭

3. 실험 결과 및 비교

본 논문은 비교한 알고리즘의 개선을 보이기 위해 이전에 사용되던 템플릿 매칭 방법과의 비교를 하였다. 픽셀 대 픽셀의 매칭을 비교하여 템플릿 매칭을 수행하는 평균 절대치 오차 방법을 이용하여 제안된 방법과 비교하였다.

3.1 검사시간 및 검사정확도 비교

〈표 1〉 검사시간 비교

	평균 시간(ms)
평균 절대치 오차 방법	897
격자구조 세밀 검출법	64
분해능 증가 방법	14
히스토그램 정합 방법	69

표 1은 공간영역에서의 방법에 대해 템플릿 매칭을 20회 수행했을 때 평균 수행시간을 알아본 결과이다. 일반적으로 사용하던 방법인 평균 절대치 오차 방법에 비해 제시된 방법들이 속도 면에서 많은 개선이 이루어진 것을 알 수 있다. 특히, 분해능 증가 방법은 속도에서 다른 방법에 비해 뛰어난 개선이 이루어진 것을 결과로 확인할 수 있었다.

〈표 2〉 검사정확도 비교

	조도 변화 (픽셀)	각도 변화 (픽셀)
평균 절대치 오차 방법	129.2	6.7
격자구조 세밀 검출법	0.3	6.9
분해능 증가 방법	125.4	8.3
히스토그램 정합 방법	132.8	4.0

표 2는 공간영역에서의 영상의 기하학적 변화에 따른 검출 영역의 정확도를 알아본 결과이다. 평균 절대치 오차 방법과 분해능 변화방법은 오차를 분석해 보면 검출이 유효하게 쓰일 수 없는 오차가 있음을 알 수 있었다. 그에 비해 격자구조 세밀 검출법은 조도 변화에 대해 매우 뛰어난 성능을 보이며 히스토그램 정합 방법은 각도 변화에 뛰어난 성능을 보임을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문은 인쇄회로기판의 불량 검사 시스템에서 사용하는 여러 알고리즘의 공간영역의 템플릿 매칭을 방법별 비교 및 분석 하였다. 이와 같은 비교와 분석을 통해 좀 더 나은 알고리즘의 방향을 제시하고자 하였다. 또한 각 방법의 장점은 기존의 방법과 비교하여 실험결과로 제시하였다.

격자구조 세밀 검출법은 속도에서 좋은 성능을 보였으며 조도 변화가 있는 영상에 대해 둔감한 장점을 보였다. 따라서 조도 변화가 많고 빠른 속도가 필요한 검사에 활용 가능한 방법이다. 분해능 증가는 실제적으로 조도 변화에 매우 민감했으며 속도 면에서는 가장 뛰어난 성능을 보였다. 따라서 분해능 변화 방법은 영상의 조도변화가 적은 환경에서 해상도가 높은 영상에 활용 가능한 방법이다. 그리고 히스토그램 정합 방법은 회전에 대한 영상 변화에 뛰어난 성능을 보였으며 속도 면에서도 좋은 결과를 보였다. 하지만 조도변화에는 가장 민감한 반응을 보였다. 따라서 영상이 불규칙한 각도로 검사되거나 복잡한 영상에서 활용 가능한 방법이다.

본 논문에서는 공간영역의 템플릿 매칭 방법의 속도를 개선할 수 있는 방법을 제시하였고, 또한 기하학적 변화에 매칭 정확도 저하를 해결할 수 있는 방법도 제시하였다. 본 논문에서 제시한 공간 영역에서의 여러 템플릿 매칭 방법의 단점을 좀 더 개선하고, 장점을 발전시킨다면 검사 속도와 정확도에서의 향상된 불량 검사 시스템의 방향을 제시할 수 있다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] Kimmo Fredriksson and Esko Ukkonen, "Faster Template Matching Without FFT", 2001 IEEE, Vol 1, pp678~681, 2001
- [2] Shou-Der Wei, Shao-Wei Liu, Shang-Hong Lai, "Fast Template Matching By Applying Winner-Update On Walsh-Hadamard Domain", ICASSP 2007, Vol 1, pp1029~1032, 2007
- [3] 강동중, 하종은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍미디어, 초판, pp276~312, 2005
- [4] Young-Sup Park and Whoi-Yul Kim, "Fast Template Matching Using Vector Summation of Sub-image Projection", 대한전자공학회 학술대회 논문집, 제9권, pp565~568, 1996
- [5] 신동원, 박경석, "머신비전을 이용한 크립슬더상에 장착된 SMD의 검사 시스템 개발에 관한 연구", 한국기계공학회지, 제2권, pp67~74, 2003