

자동부품검사를 위한 웨이블릿 변환 기반 영상정합

Wavelet Transform Based Image Template Matching for Automatic Component Inspection

조한진, 박태형*
(Han-Jin Cho and Tae-Hyoung Park)

Abstract : We propose a template matching method for component inspection of SMD assembly system. To discriminate wrong assembled components, the input image of component is matched with its standard image by template matching algorithm. For a fast inspection system, the calculation time of matching algorithm should be reduced. Since the standard images of all components located in a PCB are stored in computer, it is desirable to reduce the memory size of standard image. We apply the discrete wavelet transformation to reduce the image size as well as the calculation time. Only 7% memory of the BMP image is used to discriminate goodness or badness of components assembly. Comparative results are presented to verify the usefulness of the proposed method.

Keywords : automatic inspection, SMD assembly, template matching, wavelet transformation

1. I. 서론

영상 인식 시스템이란 영상 처리기술을 바탕으로 광범위한 영상정보를 실시간으로 분석하고 이를 정량적인 정보로 수집할 수 있는 시스템을 말한다. 즉, 영상이라는 무형적인 데이터로부터 컴퓨터나 인간이 처리 가능한 형태로 바꾸어 주는 기능을 하는 것이 영상 인식 시스템이다.

본 논문에서는 2차원 영상을 이용하여 영상 인식 시스템에 사용하는 영상정합 방법을 구현한다. 영상정합은 크게 공간 영역에서의 영상정합과 주파수 영역에서의 영상정합으로 나눌 수 있다. 공간영역에서의 영상정합은 도메인의 변화를 주지 않고 현재의 픽셀 값의 비교를 통한 유사도를 확인하는 방법이다. 주파수 영역에서의 영상정합은 원본 영상을 주파수 분석이 가능한 영역으로 변환하여 이미지 간 유사도를 판별하는 방법이다.

영상정합의 연산 시간과 템플릿 영상의 저장 용량을 줄이기 위해 공간 및 주파수영역에서의 여러 연구들이 진행되고 있다. 빠른 연산 시간을 구현하기 위하여 영상의 분해능을 변화시키며 영상의 유사도를 판별하는 방법[1-3]이 제안되었다. 분해능을 변화시켜가며 후보영역을 점점 좁혀가는 방법으로 유사도를 판별하므로 연산시간을 단축하는 장점이 있다. 또한 Kimmo Fredriksson 등에 의해 제안되었던 히스토그램을 이용한 영상정합 방법[4]이 있다. 히스토그램을 이용하여 영상정합을 수행하게 되면 회전된 영상에 대해 검출이 가능하다는 장점을 가지게 된다. 박용섭과 김희을 등은 Vector Summation의 방법[5]을 제안하였다. 이 방법은 영상의 벡터적 유사도를 판단해 정합을 수행하는 방법이다. 벡터의 합을 이용하여 영상의 유사도를 판단하게 되면 영상의 기하학적 변화에 유동적으로 대응할 수 있다는

장점이 있다.

S. D. Wei 등은 공간 영역의 영상정합이 아닌 주파수 영역에서의 영상정합방법을 제안하였다. 왜곡의 축적에 기인한 WHT (Walsh-Hadamard Transform)를 이용하여 영상정합[6]을 수행하는 방법이다. WH 변환은 변환된 대표 값들이 영상을 판단하는데 있어 점차 비중이 낮은 계수들로 출력이 된다. 이때 비중이 높은 값을 비교하여 유사도가 높으면 자세한 정합을 수행하는 방법으로 영상의 영상정합 방법의 연산시간을 줄인다.

또한 템플릿 영상의 저장 용량을 줄이기 위한 여러 연구가 진행되었다. 영상의 저장 용량을 줄이기 위해서는 영상의 용량을 줄이는 압축 기술을 바탕으로 영상정합을 적용하여야 한다. 기존에 제안되었던 JPEG 압축[7]영상에서의 영상정합방법은 Siemens 연구소와 Shneier M.에 의해 제안되었다. JPEG는 DCT (Discrete Cosine Transform)를 기반으로 영상을 압축하기 때문에 이미지의 부분을 대표하는 DCT 계수의 비교와 분석을 통하여 영상정합 방법을 구현하였다. K. H. Chung는 압축된 형태인 CFA 이미지에 대한 영상정합 방법[8]을 제안하였다. 또한 de Lima Filho E. B. 등은 다중 스케일에 의한 압축방법[9]을 제안하였고 제안한

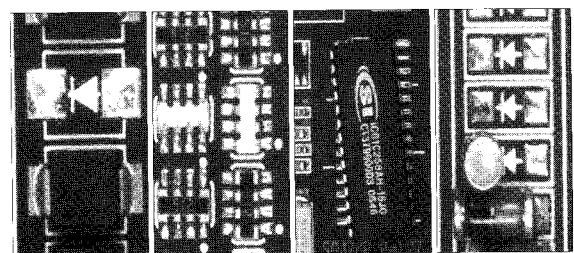


그림 1. 부품 조립 불량예.

Fig. 1. Examples of component assembly error.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 8. 1., 채택확정 : 2008. 10. 23.

조한진, 박태형 : 충북대학교 제어계측공학과

(socool911@paran.com/taehpark@cnu.ac.kr)

압축 방법에 대한 영상정합 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 Stpphan Mallat과 Mayer에 의해 제안된 DWT (Discrete Wavelet Transform)[10,12] 방법을 이용하여 영상정합을 수행한다. 웨이블릿 변환은 새로운 정지영상의 압축기법인 JPEG2000에서 사용하는 이미지 변환방법이다. 따라서 웨이블릿 변환을 이용한 영상정합은 JPEG2000의 형태로 압축된 영역에서의 영상정합이 가능하다. 웨이블릿 변환은 기존의 압축방법에 비해 영상 압축 성능이 뛰어나고 공간영역에서의 정보를 잃지 않고 유지할 수 있다는 장점이 있다. 웨이블릿 변환은 다해상도 분석이 가능한 방법이 제시되면서 광범위한 영상정합 방법에 응용되고 있다.

이와같은 영상 인식 시스템이 실용적으로 적용되는 분야는 공장자동화 분야이다. 공장에서 부품결합의 자동 검출이나 마크의 인식, 반도체 웨이퍼의 검사나 조립을 위한 위치정합 등의 목적으로 이용되고 있다. 이러한 분야의 영상처리를 머신 비전[11]이라고 한다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 SMD (Surface Mount Device) 영상 검사시스템에 적용하는 것을 목적으로 한다.

SMD 검사 시스템은 실제 공장설비에 사용되는 장비이기 때문에 생산성 증가를 위해 영상정합 알고리즘의 연산 시간은 단축되어야 한다. 또한 하나의 PCB에 100개 내지 1000개가 넘는 부품이 있기 때문에 표준 영상을 저장하기 위해 매우 많은 저장 공간을 필요로 한다. 따라서 검사 시스템을 향상시키기 위해 가능한 영상의 저장 용량을 줄여야 한다. 본 논문에서는 연산 시간을 단축함과 동시에 이미지의 저장 용량을 줄일 수 있는 웨이블릿 영상정합 알고리즘을 제안한다.

II. 기존의 영상정합 방법

본 논문에서 제시한 영상정합 방법의 효율을 비교하기 위하여 전역정합 방법과, 분해능 변화 정합 방법 그리고 히스토그램 정합 방법과의 성능비교를 하였다. 비교 방법과의 시간 및 검사 정확도 검출을 통해 본 논문에서 제시한 알고리즘의 개선을 확인한다.

1. 전역정합 방법

전역정합 방법 (Full Matching Algorithm)은 입력 영상과 표준영상간의 픽셀 대 픽셀 정합을 한 픽셀씩 모두 수행하여 각 픽셀 값의 차이를 판단하는 방법이다. 전역정합 방법은 보통 각 픽셀에 평균 절대치 오차 방법 (MAD : Mean Absolute Difference)[12]과 평균 제곱 오차 방법 (MSE : Mean Square Difference)[12]등을 이용하여 전체적인 정합을 수행한다. 다음 수식은 MAD와 MSE의 영상 정합 방법에서 사용하는 식이다.

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

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

단, 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 T와 검사할 영상의 겹쳐진 영상부분

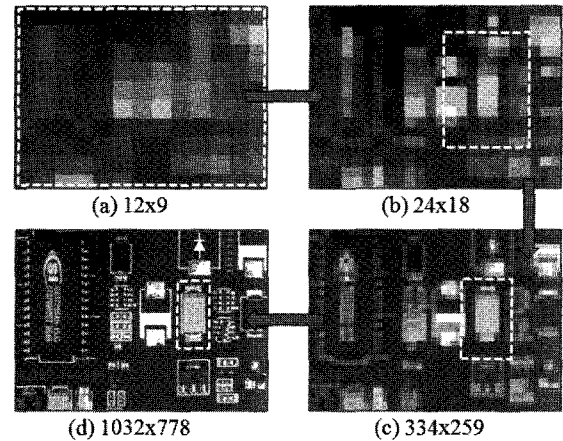


그림 2. 분해능 변화를 통한 검사과정.

Fig. 2. Process of Coarse-to-fine Method.

I를 서로 겹쳐 놓고 대응되는 픽셀의 밝기 값을 서로 빼서 차이 값을 더하는 방법으로 두 영상의 유사도를 판별한다. 평균 제곱 오차 방법은 제곱 합의 평균을 구해 정확도를 높이는 방법으로 사용한다.

2. 분해능 변화 정합 방법

분해능 변화 정합 방법(Coarse-to-fine Matching Algorithm)은 분해능의 변화시켜가며 영상정합을 수행하는 방법[2,10]이다. 낮은 분해능에서 결정되는 검출 임계값을 이용하여 낮은 분해능부터 높은 분해능으로 분해능을 변화시키며 정합영역을 좁혀나가는 방법이다.

그림 2는 (a)부터 시계방향으로 해상도가 높아지는 과정을 보여준다. 해상도가 낮은 (a)는 전체 영역에 대한 영상정합을 수행하지만 해상도가 낮기 때문에 정합 과정을 생략하는 픽셀수가 많이 존재한다. 각 영상의 흰 점선으로 표시한 부분은 검사가 수행되는 영역을 나타낸다. 해상도가 높아지면서 낮은 해상도에서 정합률이 낮은 부분에 대한 정합은 수행하지 않도록 하는 방법을 이용하므로 검사 영역이 점차 줄어드는 것을 알 수 있다. 즉, 낮은 해상도에서는 검사 간격을 크게 주고, 높은 해상도에서는 좁은 검사 영역에서 세밀한 검사를 하는 분해능 변화 방법의 과정을 나타낸다.

3. 히스토그램 정합 방법

히스토그램(histogram)이란 데이터 분포의 특징이 한눈에 보이도록 기둥 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 비교하는 방법이 히스토그램 정합 방법이다. 검사 영역의 히스토그램을 추출하여 표준영상과의 유사도를 판별하여 두 영상의 정합을 확인한다. 이 방법은 영상의 회전 등에 대한 둔감성은 있지만 밝기 값에 매우 민감하다는 단점이 있다.

그림 3은 히스토그램의 유사도를 알아보는 과정을 설명한 그림이다. 템플릿 영상과 원본 영상에서 추출된 히스토그램의 분포 유사도를 비교하면 두 영상의 유사도를 비교할 수 있다.

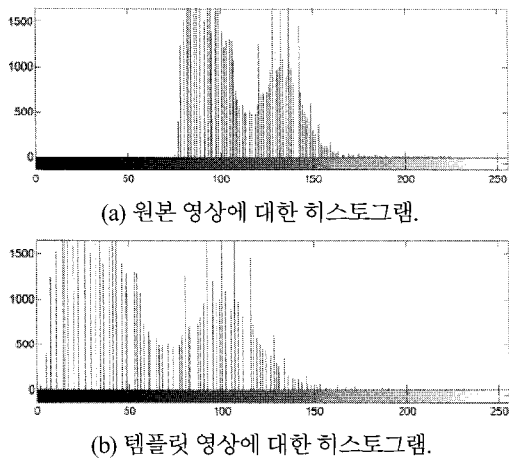


그림 3. 히스토그램 정합.
Fig. 3. Histogram matching.

III. 웨이블릿 변환

본 논문에서는 SMD 검사 시스템에서 새로운 영상정합 방법을 적용한다. 제안된 방법은 입력 영상과 표준영상을 모두 압축하여 압축된 영역에서 영상을 비교한다. 압축된 영상의 용량은 원본영상에 비해 매우 절약되기 때문에 제안 방법은 매우 작은 저장 공간과 빠른 연산시간을 얻을 수 있게 된다.

본 논문에서 제시한 방법은 압축된 영상을 위해 웨이블릿 변환 (Wavelet Transform)[14,15]기술을 이용한다. 웨이블릿 변환은 픽셀간 차이와 평균을 이용해 영상을 분리하고, 각 단계마다 1/4씩 원본 영상의 크기가 줄어들게 된다. 기본적인 개념은 연산을 거치면서 피라미드의 형태로 영상을 1/4~1/16의 크기로 분리하는 것이다.

DWT는 웨이블릿 연산에서의 상대적으로 많은 계산량을 줄이기 위해 효율적인계산과 데이터의 정확성을 고려하여 가능한 스케일과 위치의 부분집합을 선택해 연산하는 방법이다. 이때 2의 자승의 형태로 구성된 영상이 효과적이고 정확하기 때문에 본 논문에서는 2의 자승형태의 영상을 이용해 빠른 웨이블릿 변환을 제안한다.

DWT는 한번의 웨이블릿 변환에서 총 2단계를 거쳐 변환을 수행한다. 그림4는 웨이블릿 변환의 각 단계를 보여준다. 첫 번째 단계는 수평방향으로의 다운 샘플링과정을 거치고 두 번째 단계는 수직방향으로 다운 샘플링을 수행하게 된다. 다운 샘플링 과정을 한번 거칠 때 마다 하나의 영상은 하나의 픽셀 평균 영상과 또 하나의 픽셀 차분 영상으로 나뉘는 과정을 수행한다. 따라서 두 번의 다운 샘플링을 거치므로 한번의 웨이블릿 변환을 거치면 총 4가지 형태의 영상 요소로 분리되게 된다. 다음 식은 웨이블릿 변환에 사용되는 평균 영상과 차분 영상을 만들어 내는 수식이다.

$$f_{n-1,i} = \frac{f_{n,2i} + f_{n,2i+1}}{2} \tag{3}$$

$$d_{n-1,i} = \frac{f_{n,2i} - f_{n,2i+1}}{2} \tag{4}$$

단, n 은 다해상도 분해를 위한 피라미드 레벨을 나타낸다. DWT는 원본 영상과 짝이 되는 평균신호 $f_{n-1,i}$ 와 차분신호 $d_{n-1,i}$ 로 분해할 수 있다. 변환된 신호 열의 시작 부분의 요소들에 더 적은 정보들이 포함되게 되는데 이와 같은 특성 때문에 DWT는 기존 데이터의 양을 감소시킬 수 있다.

첫 번째 변환 신호인 $f_{n-1,i}$ 는 원본 영상으로부터의 평균값을 가지기 때문에 원래 신호의 성긴 근사(coarser approximation)이다. 두 번째 변환 신호인 $d_{n-1,i}$ 는 $f_{n-1,i}$ 의 성긴근사에 대한 근사 오차(approximation error)이다. 첫번째 단계에서 분해되어 변환된 데이터의 수는 원본 영상의 데이터 수와 같지만 원본영상의 전체적인 신호들보다 작은 값들이 된다. 그리고 대부분의 신호들이 처음 절반의신호에 몰려있고, 나머지 절반, 즉, 근사 오차 값은 성긴 근사 값을 보완하는 값으로 분리된다. 따라서 $d_{n-1,i}$ 는 상대적으로 적은 비트를 사용하여 표현이 가능하기 때문에 작은 저장 공간에 저장이 가능하고 입력 영상에 대해 압축효과가 나타난다.

IV. 웨이블릿 변환을 이용한 영상정합

본 논문에서 제시한 DWT를 이용한 영상정합 방법은 우선 검사에 사용되는 표준 영상들은 압축이 되어있는 상태로 존재하고, 실제 검사가 필요한 입력영상은 압축되지 않은 상태로 입력되기 때문에 압축의 과정이 필요하게 된다.

또한 빠른 영상정합을 위해 검사 영역을 분리하는 과정이 필요하다. 마지막으로 영상정합을 수행하는 영역이 정해지면 추출된 관심영역에서의 정합 과정을 거쳐 최종적인 검사를 수행하게 된다. 그림 5는 제안된 영상정합 방법의 흐름을 보여준다. 그림 5에 나타난 영상정합은 아래에 나타난 4단계의 흐름으로 구성된다.

Step 1: 입력영상의 이산 웨이블릿 변환

검사에 필요한 영상이 입력되면 DWT를 이용해 웨이블릿 영역으로 변환시킨다. 이는 메모리에 저장되어 있는 표준영상이 DWT를 이용해 압축된 형태로 저장되어있기 때문이다. 본 논문에서는 2차 웨이블릿 변환을 수행한 영상의

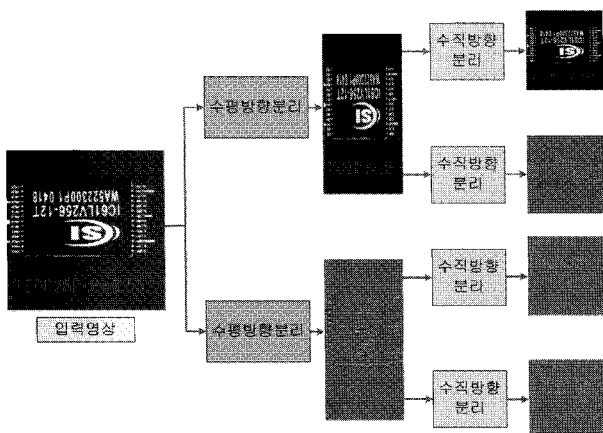


그림 4. 웨이블릿 변환의 단계.
Fig. 4. Stages of wavelet transformation.

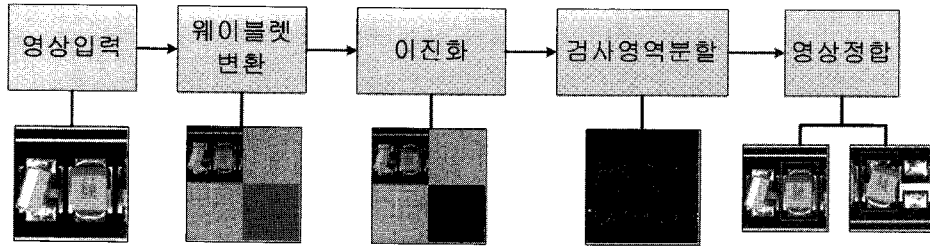


그림 5. 영상정합 방법의 흐름도.
Fig. 5. Flow of template matching method.

영상정합을 수행하기 때문에 입력영상에 대해서도 2차 웨이블릿 변환을 수행한다. 그림 6은 입력영상에 대해 DWT를 수행한 결과를 출력한 그림이다. 그림 6의 (a) 영상이 웨이블릿 변환에 의한 평균값으로 구성된 저주파 영역의 영상이고, (b)는 수평방향, (c)는 수직방향, (d)수직·수평방향의 고주파 분리 성분들이다.

Step 2: 이진화

입력영상을 2차 웨이블릿 변환을 수행하면 원본영상의 오른쪽에는 수평방향의 차분 신호가 남게 되고 원본영상의 아래쪽에는 수직방향의 차분 신호가 남게 된다. 또한 원본영상의 대각선 방향에는 수직·수평방향의 차분 신호가 남게 되는데 본 논문에서는 이 부분의 요소들을 이용해 빠른 영상정합 방법을 구현한다. 원본 영상의 대각선 방향 성분을 이용해 이진화를 수행하고 이 부분을 영상정합에 이용한다.

$$Rearr = \frac{Curr_{val} - Min_{val}}{Max_{val} - Min_{val}} \times 255 \quad (5)$$

$$Enable = \begin{cases} 1 & \left(\begin{array}{l} Rearr > threshold_{(+)} \\ Rearr < threshold_{(-)} \end{array} \right) \\ 0 & (other) \end{cases} \quad (6)$$

식 (5)는 양수와 음수의 값으로 분포된 고주파영역의 요소들을 0-255사이의 분포로 재 분포 시키는 수식이다. Max_{val} 와 Min_{val} 는 분포 값 중 가장 큰 값과 가장 작은 값을 나타내고 $Curr_{val}$ 은 변환할 현재의 값을 나타낸다.

식 (6)은 실제 이진화를 하는 수식으로 $threshold_{(+)}$ 와 $threshold_{(-)}$ 를 정하여 매우 큰 수로 변환되는 값과 매우

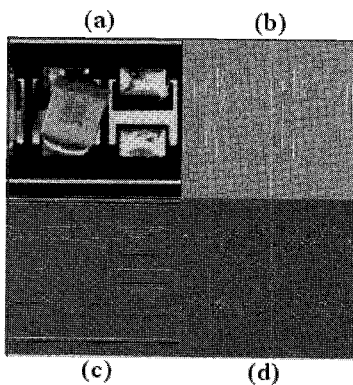


그림 6. 원본 영상의 웨이블릿 변환.
Fig. 6. Wavelet Transform of Original Image.

작은 수로 변환되는 값을 구분해 낸다.

Step 3: 검사 영역의 분할

앞 단계에서 이진화 과정을 거쳐 실제 필요한 부분을 구분해 내게 된다. 이는 원본영상의 대각 부분에 생성되는 영상의 특성상 수직·수평 방향의 차분 신호들이 모여 있는 부분이다. 이 부분에 나타난 차분성분을 분석하면 검사 부품이 존재하여 검사가 필요한 부분인지 아닌지에 대한 판단이 가능해지게 된다. 본 논문에서는 이 부분에 나타난 차분성분의 크기를 구분해 검사의 필요성을 판단하고 필요 없는 부분의 검사를 생략하는 방법으로 연산시간을 단축하는 방법을 이용한다.

Step 4: 영상정합

분할 과정을 통해 검사 영역을 분할하고 최종적으로 검사 영역에 대한 영상정합을 수행하여 부품의 불량 유무에 대해 판별한다. 이때의 검사 방법은 전역정합과 같은 픽셀 대 픽셀 정합의 방법으로 영상정합을 수행한다. 전역정합과 같은 방법으로 영상정합 알고리즘을 수행하지만 DWT의 대각성분을 통해 관심영역을 추출하였기 때문에 기존의 방법에 비해 빠른 영상정합을 수행할 수 있다. 식 (7)은 영상정합을 위한 영상의 유사도를 판별하는 식이다.

$$R = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j)b(i, j)}{\sqrt{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j)^2 \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N b(i, j)^2}} \quad (7)$$

단, $a(i, j)$ 는 입력영상에서 밝기 값의 평균 m 을 빼버린 밝기 값을 나타내며, $b(i, j)$ 는 비교영상인 템플릿 영상에서 평균 밝기 t 를 뺀 밝기 값을 나타낸다. 식 (7)을 통해 출력되는 결과 값 R 을 비교하여 정합 여부를 판단한다.

VI. 실험 결과

실험은 SMD 검사를 위해 6가지의 불량 유형에 각 유형당 5가지의 테스트 영상을 이용해 실험하였다. 각 영상은 8비트의 그레이 레벨을 가지고 있는 영상을 사용하였고, 총 30장의 테스트 영상을 5번씩 템플릿 영역에 변화를 주며 실험하여 총 150번의 실험을 수행하였다. 실험은 데스크탑 Pentium 4 CPU 3.06GHz, RAM 2GB, Visual C++ 6.0의 환경에서 구축하였다.

성능 평가를 위해 전역정합과의 정확도 비교를 수행하였다. 객관적인 판단을 위해 정확도는 눈으로 봤을 때 불량인 부품에 대해 테스트에서 정한 임계값으로 검출이 불가능한 경우 잘못된 검출로 판단하여 적용 방법의 정확도

표 1. 템플릿 이미지의 용량(KB).

Table 1. Size of template image (KB).

영상크기 (pixel)	128x128	256x256	512x512	압축률 (%)
전역	48	192	768	0
분해능변화	48	192	768	0
히스토그램	4.1	16.4	65.3	91.5
웨이블렛	3.4	13.7	54.5	92.9

표 2. 연산 시간(ms).

Table 2. Calculation time (ms).

영상크기 (pixel)	128x128	256x256	512x512	비율 (%)
전역	224	897	3573	100
분해능변화	4	14	58	1.7
히스토그램	18	69	289	7.9
웨이블렛	8	44	183	4.5

를 측정하였다. 실제 검사 시스템에서 사용하는 임계값은 불량 판별에 더욱 신중을 기하기 위하여 테스트에서 설정한 값보다 높게 설정하여 불량 유무를 판별한다.

전체적으로 전역정합은 픽셀 대 픽셀 정합을 수행하여 검사하기 때문에 검사 정확도 면에서는 좋은 결과를 얻을 수 있다. 하지만 검사 시간이 매우 많이 걸리고 저장 용량이 매우 크다는 단점이 있기 때문에 실제 검사 장비에 사용하기 어려운 방법이다.

분해능 변화 방법은 검사 시간에 있어서 비교 방법들 중에는 최대의 절약효과를 확인할 수 있었다. 하지만 검사 정확도에서는 검사 장비에 사용하기 어려운 정확성을 보였으며 전역정합 방법과 같이 저장 공간이 많이 필요하다는 단점이 있었다.

히스토그램 정합 방법은 히스토그램을 이용하기 때문에 단순히 영상정합의 검출 알고리즘으로는 회전에 대한 검출이 가능하다는 장점이 존재한다. 하지만 검사에 사용되는 알고리즘은 검출도 중요하지만 부품의 이상 유무를 판단하여야 하기 때문에 검사시스템에 사용하기엔 어려움이 있었다. 또한 표 2에 나타난 검사 저장 공간은 검사에 실제 사용되는 히스토그램의 저장 공간을 나타낸 것이다. 하지만 히스토그램을 추출하기 위한 이미지는 존재하여야 하기 때문에 실제 저장 공간은 전역정합법과 같은 저장 공간이 필요하게 된다.

표 3. 검사 정확도(%).

Table 3. Inspection accuracy (%).

검사방법	불량유형	모로섬	미삽	역삽	오삽	이탈	회전
전역		95.1	98.4	89.5	95.1	82.5	85.3
분해능증가		66.5	84.1	89.5	91.2	65.1	84.5
히스토그램		51.2	88.2	91.2	88.1	69.2	89.4
웨이블렛		88.3	96.7	87.2	89.6	77.2	83.5

표 1은 컴퓨터에 저장되어 각 방법에 사용되는 표준 이미지의 파일크기를 나타낸다. 검사에는 BMP 표준 영상의 7%만 필요로 하게 된다. 이와 같은 결과로 제안된 방법은 검사 시스템에서의 메모리 용량을 줄일 수 있다.

표 2와 표 3은 각각의 평균 연산 시간과 검사 정확도를 나타낸다. 제안된 방법은 전역정합 방법에 비해 빠른 연산 시간을 보였으며, 분해능 변화 방법과 히스토그램 정합 방법에 비해 높은 정확도를 보였다. 전체적으로 전역정합 방법이 정확성에서는 앞섰다. 하지만 제안된 방법이 전역정합 방법과 비교해 비슷한 수준의 정확성을 보였으며 연산 속도와 메모리 저장 용량에서 뛰어난 성능 개선을 보였다.

VII. 결론

본 논문은 SMD 검사를 위한 새로운 자동 광학 검사 방법을 제안하였다. 기존의 검사 방법은 검사 이미지의 메모리 저장용량을 많이 필요로 하고, 연산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 기존 방법들의 단점을 개선한 연산시간의 단축과 메모리 저장 용량을 줄일 수 있는 영상정합 알고리즘을 제안하였다.

연산 시간을 줄이고 메모리 저장 용량을 절약하기 위한 방법으로 웨이블렛 변환을 제안하였고, 2차원 영상에 적용하기 위하여 DWT를 이용하여 영상을 변환하였다. DWT는 영상의 메모리 저장 용량을 줄이는 효과가 뛰어나며, 또한 복원을 할 경우에도 손실이 일어나지 않는 복원 방법이다.

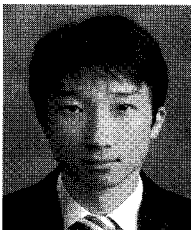
본 논문에서 제시한 방법의 성능을 평가하기 위하여 기존에 연구 되었던 영상정합 방법들과의 비교를 통해 성능을 검증하였다. 제시한 방법을 사용한 경우 기존의 방법에 비해 속도와 메모리 저장 용량에서의 성능개선을 확인할 수 있었다. 제시한 방법은 검사장비에 사용되는 장비이므로 검사 정확도가 매우 중요하다. 제시한 방법은 전역으로 탐색하는 정합 방법에 비해 약 7%의 저장 공간으로 검사 정확도가 떨어지지 않고 비슷한 수준에 도달할 수 있었고 95.5%의 연산 시간 단축 결과를 얻을 수 있었다.

SMD 검사 장비에 사용되는 영상정합 방법은 저장되어야 하는 템플릿 이미지의 수가 많다. 따라서 템플릿 이미지의 수를 줄이거나 템플릿 이미지의 저장 용량을 압축하여 사용하는 시스템이 증가하고 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 압축된 형태의 이미지에 대한 영상정합 알고리즘을 수행한다. 제안된 영상정합 알고리즘을 적용하면 이미지의 압축된 형태에서의 영상정합이 가능해진다. 본 논문에서 제시한 영상정합 알고리즘을 SMD 검사 시스템에 적용한다면 기존에 사용되던 빠른 템플릿 매칭 알고리즘에 비해 더욱

빠르고 정확한 시스템의 구현이 가능하리라 생각된다.

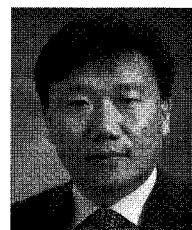
참고문헌

- [1] I. A. El. Rube, M. Ahmed, and M. Kamel, "Coarse-to-fine Multiscale Affine Invariant Shape Matching and Classification," *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition*, vol 2, pp. 163-166, 2004.
- [2] S. Sista, C. A. Bouman, and J. P. Allebach, "Fast image search using a multiscale stochastic model," *International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. 225-228, 1995.
- [3] T. Kawanishi, T. Kurozumi, K. Kashino, and S. Takagi, "A fast template matching algorithm with adaptive skipping using inner-subtemplates," *17th International Conference on Pattern Recognition*, vol. 3, pp. 654-657, 2004.
- [4] K. Fredriksson and E. Ukkonen, "Faster Template Matching without FFT," *2001 International Conference on Image Processing*, vol 1, pp. 678-681, 2001.
- [5] 박용섭, 김희율, "Fast Template Matching Using Vector Summation of Sub-image Projection," *대한전자공학회 논문집*, vol 9, no. 1, pp. 565-568, 1996.
- [6] S. D. Wei, S. W. Liu, and S. H. Lai, "Fast Template Matching by Applying Winner-Update on Walsh-Hadamard Domain," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol 1, pp. 1029-1032, 2007.
- [7] M. Shneier and M. Abdel-Mottaleb, "Exploiting the JPEG Compression Scheme for Image Retrieval," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 8, pp. 849-853, 1996.
- [8] K. H. Chung and Y. H. Chan, "A Lossless Compression Scheme for Bayer Color Filter Array Image," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 17, no. 2, pp. 134-144, 2008.
- [9] E. B. de Lima Filho, E. A. B. de Silva, M. B. de Carvalho, and F. S. Pinage, "Universal Image Compression Using Multiscale Recurrent Patterns With Adaptive Probability Model," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol 17, no. 4, pp. 512-527, 2008.
- [10] F. Tang and H. Tao, "Fast Multi-scale Template Matching Using Binary Features," *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, vol. 8, pp. 36-41, 2007.
- [11] M. Ejiri, "Machine Vision Technology," *IEEE Intelligent Robots and System*, vol. 1, pp. 29-40, 1990.
- [12] D. H. Kang and J. E. Ha, *Digital Image Processing Using by Visual C++*, Scitech Media, 5th Edition, pp. 276-312, 2003.
- [13] A. Noore, R. Singh, and M. Vatsa, "Robust Memory-efficient data level information fusion of multi-modal biometric images," *Information Fusion*, vol 8, no.4, pp. 337-346, 2007.
- [14] J. S. Cho, H. S. Kang, H. S. Kim, and S. D. Kim, *Multimedia Signal Processing Fundamentals and Practice*, Scitech Media, 1st Edition, pp. 156-179, 2006.
- [15] W. J. Hwang, C. M. Chang, and Y. C. Zeng, "Fast block-matching algorithm for video coding," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 33, no. 10, pp. 833-835, 1997.



조한진

2007년 충북대 전기전자컴퓨터공학부 졸업. 2007년~현재 동 대학원 제어계측 공학과(석사과정). 관심분야는 영상 처리, 광학검사시스템, 네트워크 프로 그래밍 등.



박태형

1988년 서울대 제어계측공학과 졸업. 1992년 동 대학원 제어계측공학과(석사). 1994년 동 대학원 제어계측공학과(박사). 1994년~1997년 삼성 테크윈(주) 정밀기기연구소 선임연구원. 1997년~현재 충북대 전기전자컴퓨터공학부 교수. 2000년~2001년 Univ. of Toronto 방문교수. 관심분야는 로봇틱스 및 자동화, 전자조립 및 검사 시스템 등.