
머신비전검사를 위한 기하학적 특징 기반 지능 패턴 정합

Intelligent Pattern Matching Based on Geometric Features for Machine Vision Inspection

문순환*, 김경범**, 김태훈***
주성대학 산업시스템경영과*, 충주대학교 항공·기계설계학과**, 주성대학 컴퓨터프로그래밍과***

Soon-Hwan Moon(msh@jsc.ac.kr)*, Gyung-Bum Kim(kimgb@chungju.ac.kr)**,
Tae-Hoon Kim(thkim@jsc.ac.kr)***

요약

본 연구에서는 인쇄회로기판을 위한 자동 광학 검사시스템에서 핵심적인 기능인 보정데이터 산출을 위한 기하학적 특징 기반 방법을 제안하였다. 현재 적용되고 있는 자동 광학 검사 시스템에서는 보정데이터 산출을 위해 작업자가 직접 수작업으로 모델을 설정하고 있고, 검사영상에 기하학적인 변화가 있는 경우 비검사영역이 생기는 등 문제가 발생되고 있다. 이는 검사 작업의 신뢰성에 영향을 미치게 됨은 물론 검사 처리 시간을 지연시키는 요인이 된다.

제안된 방법은 주어진 PCB 영상으로부터 기하학적인 모양이 적합한 모델을 자동으로 선정할 수 있고, 기하학적인 모델 매칭 기법을 통해 신뢰성 있는 보정데이터를 산출할 수 있다. 제안된 방법의 사용으로 검사 시스템을 보다 편리하게 사용할 수 있고, 수작업에 의한 모델설정으로 발생하는 불필요한 시간을 절약할 수 있다. 또한, 기하학적인 변화량에 관계없이 보정데이터 산출이 가능하고, 잘못된 모델 선정 등 부정확한 보정데이터의 사용시 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.

■ 중심어 : | 자동 모델 설정 | 자동 광학 검사 | 기하학적 패턴 정합 |

Abstract

This paper presents an intelligent pattern matching method that can be used to acquire the reliable calibration data for automatic PCB pattern inspection. The inaccurate calibration data is often acquired by geometric pattern variations and selecting an inappropriate model manual. It makes low the confidence of inspection and also the inspection processing time has been delayed.

In this paper, the geometric features of PCB patterns are utilized to calculate the accurate calibration data. An appropriate model is selected automatically based on the geometric features, and then the calibration data to be invariant to the geometric variations(translation, rotation, scaling) is calculated. The method can save the inspection time unnecessary by eliminating the need for manual model selection. As the result, it makes a fast, accurate and reliable inspection of PCB patterns.

■ keyword : | Automatic Model Selection | Automatic Optical Inspection | Geometric Pattern Matching |

I. 서론

최근, 전자정보통신장비의 고용량화 및 고기능화가 요구됨에 따라 산업현장에는 시각센서를 활용하는 시스템들이 개발되고 있다. 이와 관련된 많은 연구들이 진행되고 있다[1-3]. 특히, 전자정보통신장비의 기본 소자인 인쇄회로기판(PCB printed circuit board)의 품질은 전자정보통신 제품의 성능에 결정적인 영향을 미치게 된다. PCB 패턴 검사는 일반적으로 자동광학검사시스템을 이용하여 수행되며, 여기서 검사의 신뢰성을 증대시키기 위해서는 정확한 보정데이터 생성이 필요하다. 이를 위해 기존 영상으로부터 모델을 설정하여 이를 검사영상에서 탐색함으로써 보정데이터를 계산할 수 있다. 현재, 자동광학검사시스템에서 보정데이터 생성을 위한 모델을 작업자가 직접 수동으로 모델을 설정하고 있다. 또한, 검사영상에 기하학적인 변화가 있는 경우 비검사영역이 생기는 문제가 발생되고 있다. 이것은 기하학적으로 적합하지 못한 모델을 설정하거나 기하학적 변화를 고려하지 못하는 패턴 정합 방식 때문에 발생된다. 따라서, 이 문제점은 검사 신뢰성에 영향을 미치게 됨은 물론 검사 처리 시간을 지연시키는 요인이 된다[4].

본 연구에서는 PCB 영상으로부터 기하학적 특징이 적합한 모델을 자동으로 선정할 수 있고 정확한 보정데이터를 산출할 수 있는 기하학적 특징 기반 지능 패턴 정합을 제안한다. 제안된 패턴 정합은 자동광학검사시스템을 보다 편리하게 사용할 수 있고, 수동에 의한 모델 설정으로 발생하는 불필요한 시간을 절약할 수 있다. 또한, 검사영상의 위치, 회전, 크기 변화 등과 같은 기하학적 변화에 관계없이 보정데이터산출이 가능할 뿐만 아니라, 잘못된 모델 선정 등 부정확한 보정데이터의 사용시 발생하는 심각한 문제점을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.

II. 지능 패턴 정합

본 연구에서는 자동 광학 검사 대상으로 인쇄회로기판의 패턴 검사를 대상으로 하였고, 인쇄회로기판의 패턴 상에 나타나는 결점은 인쇄, 에칭 등의 제조 공정 중 발

생되는데 그 결점의 종류는 다양하다. [표 1]은 인쇄회로기판에 나타나는 결점의 종류들을 나타낸다[4]. 그것들을 편의상 패턴의 경계상에 나타나는 결점, 내부 또는 외부에 나타나는 결점들로 구별할 수 있다.

표 1. PCB 패턴 결점 종류

1. Breakout	2. Pin Hole	3. Open Circuit
4. Underetch	5. Mousebite	6. Missing Conductor
7. Spur	8. Short	9. Wrong Size Hole
10. Conductors too close	11. Spurious Copper	12. Excessive Short
13. Missing Hole	14. Overetch	

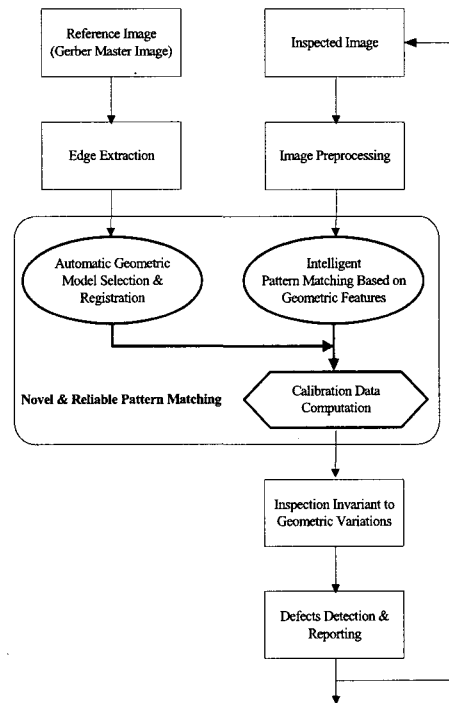


그림 1. 검사 절차

인쇄회로기판의 개략적인 검사 절차는 [그림 1]과 같다. 간단히 살펴보면, 먼저 Gerber 마스터 파일로부터 참조영상을 획득한다. 그 다음 인쇄회로기판을 검사할 라인스캔카메라(Line Scan Camera)로부터 검사할 영상을 획득한다. 참조 기준영상과 검사영상을 비교분석함으로써 검사를 수행하게 된다.

1. 보정 데이터 생성

PCB 제품은 에칭, 라인 이송 등으로 인해 동일한 제품이더라도 제품마다 크기, 위치, 회전 등의 요소들이 상이하게 나타나 제품의 결점 검출을 난해하게 한다. 따라서, 검사 신뢰성을 증대하기 위해 무엇보다 중요한 점은 정확한 보정데이터를 산출하여 검사하고자 하는 영상에 적용함으로써 정확한 검출 결과를 도출하는 것이다. 생성되는 보정데이터는 기준 영상 대비 검사영상의 변위량, 회전량, 크기 변화량이다. 정확한 보정데이터 산출을 위해 필수 선행조건은 기준 영상에서 올바른 모델을 설정하여 검사영상으로부터 해당 모델을 정확하게 정합하는 것이다. 기하학적 특징이 모델로서 적합하지 않은 모델을 설정하는 것은 보정데이터의 정확성에 민감하게 영향을 미치게 되어 검사 신뢰성을 감소시키게 된다.

제한된 지능 패턴 정합은 [그림 1]과 같은 검사 절차에서 핵심적인 역할을 수행한다. 우선, Gerber 파일로부터 기준 영상을 생성한 다음, 검사 영상을 획득한다. 기준 영상으로부터 자동적으로 모델 블록을 설정하여 검사 영상에서 설정 모델을 기하학적 특징을 기반으로 지능적인 정합을 수행함으로써 보정데이터를 산출하게 된다.

2. 자동 모델 설정

정확한 보정데이터를 생성하기 위해 선행해야 할 사항은 기하학적 특징기반 적합한 모델을 설정하는 것이다. 최적의 모델은 변위량, 회전량, 스케일량을 정확히 계산할 수 있는 기하학적 특징을 포함하고 있어야 한다. 기하학적으로 적합하지 않은 모델의 경우는 [그림 2]와 같다. [그림 2(a)]처럼 하나 또는 여러 개의 선이 병렬로 구성된 모델은 변위량을 계산하는데 적합하지 않다. [그림 2(b)]의 경우는 대칭적인 형태를 갖고 있기 때문에 원형, 정삼각형, 정사각형 등의 형태에서는 회전량을 계산하기 어렵게 된다. 즉, 원형의 경우 회전량에 관계없이 일정한 형태를 갖기 때문에 회전량을 계산할 수가 없게 된다.

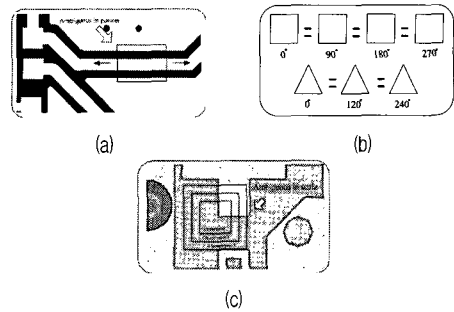


그림 2. 부적합한 모델 패턴

[그림 2(c)]와 같이 두 개의 직선으로 구성된 코너 영역이 모델로 설정되는 경우나 동일한 점을 통과하는 직선들로 이루어진 형상이 모델로 설정되는 경우는 스케일량을 계산하기 곤란하다.

기하학적 특징 기반 최적의 모델은 위에 서술한 내용을 고려하여 아래와 같은 조건을 만족하는 에지 인덱스를 갖는 모델을 선정하도록 하였다.

- 조건 1 : 윤곽선의 형태가 폐곡선일 것.
- 조건 2 : 윤곽선에서의 화소 수가 일정크기 범위내에 있을 것
- 조건 3 : 윤곽선에서의 두 점을 연결하는 축의 길이가 일정 범위내 있을 것.
- 조건 4 : 윤곽선에서의 편심률(eccentricity)이 일정한 값 이상일 것.

위에서 언급한 조건에 맞는 모델은 에지 윤곽선 추출뿐만 아니라 윤곽선 위치로부터 다음과 같은 특징량을 계산함으로써 선정될 수 있다.

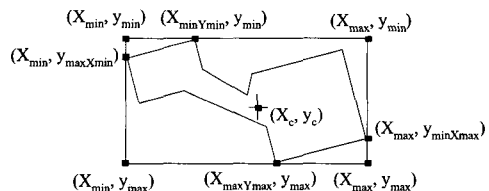


그림 3. 윤곽선 위치 특징

윤곽선 추출을 위해 일차 미분법(Gradient method)를 사용하였다. 일차 미분필터를 사용하면 밝기의 기울기 값을 구하여 급격히 변화하는 부분을 경계로 검출하는데 사용할 수 있다. 본 연구에서는 일차 미분필터 중에서 에지 윤곽선 추출을 위해 많이 사용되고 있는 방법 중 소벨 연산자(Sobel operator)를 사용하였다[5].

입력된 영상에 메디안 필터를 적용한 후 일차 미분을 한 경우, 경계 영역이 아닌 잡음의 영역에서 일차 미분값이 크게 나올 수 있다. 따라서 일차 미분값된 영상을 Otsu's method를 사용하여 임계값을 선정하고 임계값보다 낮은 화소는 경계영역에서 배제시킨다. 본 연구에서는 임계값을 자동으로 설정하는 방법 중에서 분산비를 최대로 하는 방법을 이용하여 임계값을 구하였다[6].

추출된 에지들은 서로 가까운 에지점을 서로 연결한 후 인덱스가 부여되고, 에지 인덱스에 관한 특징량이 계산된다. 에지 인덱스에서 구한 특징량을 이용하여 주어진 조건에 만족하는 에지 인덱스를 찾아 모델로 설정하여 검사를 수행한다. [그림 3]은 윤곽선에 대한 특징을 보인 것이다.

윤곽선에 대한 폐곡선 여부의 판단은 윤곽선에서의 임의의 점에서 윤곽선을 따라 가면 다시 채워치로 돌아올 수 있다는 성질을 이용한다. 윤곽선의 크기는 윤곽선에 존재하는 화소수(N)로 나타낸다. 윤곽선의 위치와 외형 특징은 상자(enclosing box)와 모멘트(moments)의 특성을 사용하여 아래의 식들을 통해 계산된다. 윤곽선 c_k 는 식 (1)와 같이 표현된다.

$$c_k = (x_k, y_k), k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x_{\min} &= \text{Min}_{0 \leq i \leq N-1} \{x_i\}, & y_{\min} &= \text{Min}_{0 \leq j \leq N-1} \{y_j\} \\ x_{\max} &= \text{Max}_{0 \leq i \leq N-1} \{x_i\}, & y_{\max} &= \text{Max}_{0 \leq j \leq N-1} \{y_j\} \\ (x_c, y_c) &= \left(\sum_{i=0}^{N-1} x_i / N, \sum_{j=0}^{N-1} y_j / N \right) \\ x_{\min} y_{\min} &= \text{Min}_{0 \leq i \leq N-1} \left[\text{Min}_{0 \leq j \leq N-1} (x_i, y_j) \right] \\ y_{\max} x_{\min} &= \text{Max}_{0 \leq j \leq N-1} \left[\text{Min}_{0 \leq i \leq N-1} (x_i, y_j) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{(\mu_{02} - \mu_{20})^2 + 4\mu_{11}}{m_{00}} \\ m_{pq} &= \sum_i \sum_j x_i^p y_j^q f(x_i, y_j) \\ \mu_{pq} &= \sum_i \sum_j (x_i - \bar{x})^p (y_j - \bar{y})^q f(x_i, y_j) \\ \bar{x} &= \frac{m_{10}}{m_{00}}, & \bar{y} &= \frac{m_{01}}{m_{00}} \end{aligned} \quad (3)$$

[그림 3]에서의 윤곽선 특징량은 식 (2)과 식 (3)를 통해 추출된다. 여기서, ε 는 편심률(eccentricity), $f(x_i, y_j)$ 는 윤곽선의 한 점 (x_i, y_j) 에서의 밝기값을 나타낸다.

3. 기하학적 특징 기반 지능 패턴 정합

기준에 많이 사용되고 있는 정규화상관(normalized gray-level correlation)을 이용한 패턴 정합은 위치와 회전량의 변화는 알 수 있지만 크기 변화가 있는 경우 그 정보를 파악할 수 없는 단점이 있다. 크기 변화를 고려할 경우, 추가적인 분석 기법들이 적용되어 검사하게 된다. 이것은 검사시간을 지연시키는 요인이 된다[7].

본 연구에서는 기하학적 특징을 이용한 지능 패턴 정합 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 변위, 회전, 크기 변화량에 관계없이 보정량을 계산할 수 있는 장점을 갖는다. 기하학적 특징 기반 지능 패턴 정합에 대한 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 기준 영상안에 주어진 윤곽선 모델과 검사 영상안의 탐색 영역에서의 윤곽선 모델을 정규화 한다. 정규화한 후의 윤곽선은 식 (4)처럼 표현한다.

$$\begin{aligned} c'_k &= (x'_k, y'_k) \\ x'_k &= (x_k - x_c) / \eta \\ y'_k &= (y_k - y_c) / \eta \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, c'_k 는 검사 영상 안에서 정규화된 후의 윤곽선

위치, (x_c, y_c) 는 윤곽선의 중심위치, η 은 윤곽선 중심으로부터 가장 먼 거리에 위치한 윤곽선 위치까지 거리를 나타낸다.

단계 2 : 윤곽선의 크기인 호길이를 구한다. 동일 형상에 대한 윤곽선 호의 길이의 합은 동일하다는 특성을 이용하여 주어진 정규화된 모델의 화소수와 검사 영상에서의 화소수를 비교한다. 그 차이가 일정값보다 큰 경우, 기하학적인 형태 차이가 있다 판단하고 정합 단계를 중지한다. 그 반대의 경우 경우는 호의 길이가 같다고 동일한 형태라는 관계는 항상 성립하지 않으므로 일차적으로 동일한 형상이라고 판단하고 다음 단계를 계속 수행한다.

단계 3 : 모델과 검사 영상으로부터 윤곽선의 정점(vertex)을 구하고, 결정된 정점들과의 각으로부터 회전 각도를 계산한다. 모델과 검사영역에서의 정점에 대한 각도의 차이를 계산하여 보정 각도로 사용한다. 기준 영상의 모델에서의 한 정점이 이루는 각도(θ)와 검사영상에서 대응되는 윤곽선상의 한 정점과의 이루는 각도(θ')의 차(δ_θ)로 계산된다.

$$\delta_\theta = \theta - \theta' \tag{5}$$

여기서 정점 선택을 위한 기존 연구 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로는 윤곽선 상에 거리가 가장 먼 두 점을 초기 정점으로 선정하여 하나의 선분으로 구성한 후, 주어진 판별 조건이 만족될 때까지 한 선분을 계속적으로 두 개의 부분으로 나누어 정점을 선정하는 방법이 있다[7][8]. 이것은 높은 곡률(curvature)을 갖는 부분을 정점으로 선택할 확률이 높고, 오차 영역이 작아질 수 있지만 많은 수의 정점이 선택될 확률이 크다. 두 번째로는 정점들을 연결한 근사 윤곽선이 허용오차 범위 이내가 될 때까지 오차가 큰 위치에 반복적으로 정점을 선택하는 순차적 정점 선정 방법이 있다[9-11]. 이것은 초기 정점으로부터 윤곽선을 탐색하면서 이전 정점과 현재의 윤곽선 화소를 이어주는 직선과 최대 거리를 주어진 최대 허용 오차의 크기와 비교한다. 만약, 계산된 최대 거리가 최대 허용 오차보다 크다면 바로 이전 화소를

주어진 형상의 정점으로 선정한다. 이 정점으로부터 다시 이 과정을 되풀이한다. 이 방법은 주어진 최대 허용 오차를 만족하면서 가장 적은 수의 정점을 선정할 수 있지만 원래의 윤곽선과 주어진 형태 사이의 오차 면적이 비교적 크다는 단점을 가지고 있다. 이 현상은 곡률이 큰 부분이 정점으로 선정되지 못하는 경우에 빈번히 발생한다. 이에 따라, 오차 면적을 줄이면서 가장 적은 수의 정점을 선택할 수 있는 효율적인 방법이 필요하게 된다.

본 연구에서는 두 방법의 단점을 보완하여 정점을 선정하는 방법을 적용하였다. 우선 곡률이 큰 부분들을 정점들로 선정하고 난 후 선정된 정점들을 기준으로 정점 사이마다 순차적 정점 탐색 기법을 적용하여 정점을 추가 선택하는 방법을 사용하였다. 이것은 곡률이 큰 부분들이 정점으로 선택되지 않아 발생하는 오차 면적이 크게 발생하는 문제점을 해결할 수 있다. [그림 3]은 획득된 PCB영상에서 정점을 추출한 결과의 비교 영상 일부분을 보인 것이다.

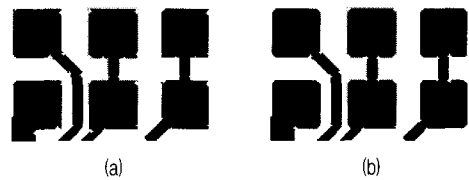


그림 3. 정점 선택 결과 비교

단계 4 : 검사 영상안의 탐색 영역에서 단계 3에서 구한 각도를 이용하여 식 (6)에 의해 회전 및 변위가 보정된 윤곽선 c_k^* 가 구해진다.

$$\begin{pmatrix} x_k^* \\ y_k^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Delta\theta & \sin \Delta\theta \\ -\sin \Delta\theta & \cos \Delta\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_k' \\ y_k' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{Tx} \\ \delta_{Ty} \end{pmatrix} \tag{6}$$

여기서, $(\delta_{Tx}, \delta_{Ty})$ 는 기준 영상에서의 모델 중심위치 (x_c, y_c) 와 검사 영상안의 윤곽선 중심위치 (x_c', y_c') 와의 변위량을 나타낸다.

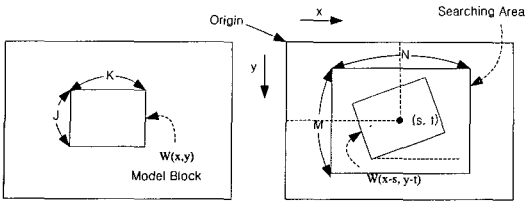


그림 4. 모델 블록 매칭

단계 5 : [그림 4]는 기준 영상 안에서 설정된 모델을 검사 영상에서 정합을 하는 과정을 보인다. 해당된 위치에서 검사 영상 안의 설정 모델에 대한 윤곽선의 외형위치와 기준 영상에서의 위치와의 최소제곱오차(MSE; mean squared error)의 평균합이 최소가 되는 모델이 선정되는 방법이다. 이는 식 (7)을 이용한다.

$$\text{Minimize } \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - x_i'')^2 + \sum_{j=0}^{N-1} (y_j - y_j'')^2}{N} \quad (7)$$

여기서, (x_i, y_i) 는 기준 영상에 대한 설정된 모델의 정규화된 윤곽선 위치이고, (x_i'', y_i'') 는 검사 영상안에서 정규화되고 보정된 윤곽선의 위치를 나타낸다.

보정데이터에서 변위량은 모델의 중심위치와 검사 영상에서 탐색한 윤곽선의 중심위치와의 차로부터 계산된다. 변환된 회전각도는 식 (6)에서 계산된다. 그리고 크기변화량은 주어진 모델의 윤곽선의 위치와 탐색한 윤곽선의 위치의 비율을 이용하여 계산된다.

III. 실험 및 결과

본 연구에서 실험은 핸드폰 PCB 관련 4개의 모델 영상을 통해 이루어졌고, 각 모델은 40개의 16MByte 크기의 영상으로 구성된다. 영상 획득을 위해 4K 해상도를 갖는 선형카메라를 이용하였고, 영상처리를 위해 Pentium IV 1.8GHz(1G RAM) 규격을 가진 컴퓨터를 사용하였다. 실험은 각각의 모델당 4개씩의 영상을 선정하여 행하였다. 16개의 PCB 샘플영상을 획득하여 샘플 영상 한 개에 대해 [표 2]와 같이 기하학적 변화가 생긴

32(4×4×2)개의 변환 영상을 생성하여 실험에 이용되었다. 주어진 실험변수 설정치는 실제 인쇄회로기판의 이송, 패턴 인쇄, 에칭 등의 제조공정 상에서 기하학적 변화량의 최대 예상치를 근거로 해서 결정하였다.

표 2. 실험 변수 설정

Images	Translation		Rotation	Scaling
	(δ_{TX})	(δ_{TY})	(Θ)	(λ)
Sample 1	-10	-10	-1.0	0.7
to	+10	+10	-0.5	0.9
Sample 16			+0.5	
			+1.0	

[그림 5]는 모델별 실험을 위해 선정된 샘플영상들의 복잡도를 나타낸다.

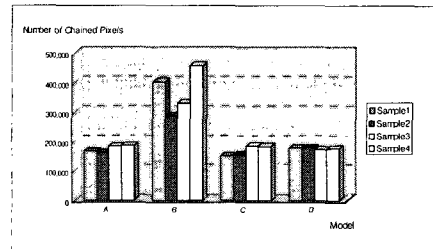


그림 5. 모델별 실험영상의 복잡도

[그림 6]은 기존에 많이 활용되고 있는 작업자가 모델을 직접 설정하는 경우(1)와 제안한 자동 모델 설정방법(2)의 처리시간 비교 결과를 보인다.

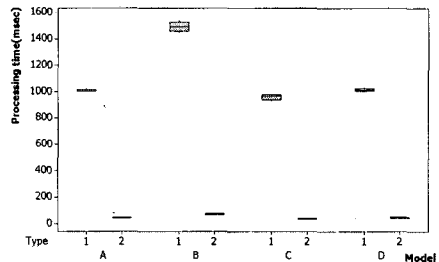


그림 6. 모델설정 유형에 따른 처리 시간

[그림 7]은 모델설정 유형에 따라 나타난 오차의 신뢰

도 비교 결과를 보인다. 작업자가 직접 모델을 설정하는 경우에는 처리시간과 신뢰도는 작업자의 숙련도에 따라 영향을 받는다.

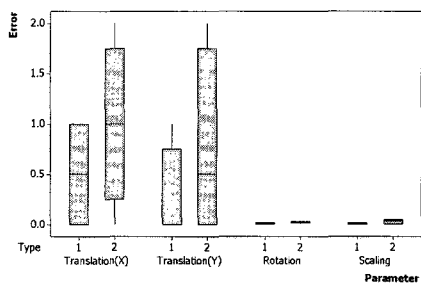


그림 7. 모델설정 유형에 따른 신뢰도

[그림 8]은 PCB의 기준 영상으로부터 추출된 패턴들의 윤곽선과 자동 설정된 모델의 한 예를 보인다. [그림 9]은 실험 변수 ($\delta_{Tx}, \delta_{Ty}, \theta, \lambda$)이 (5, 5, 1.0, 0.7)로 설정되어 기하학적 변화가 발생된 영상에서 설정된 모델영상을 탐색하여 보정데이터가 산출된 결과를 보인 것이다. 그 결과 계산된 실험 변수 ($\delta_{Tx}, \delta_{Ty}, \theta, \lambda$)는 (5, 5, 0.988, 0.702)이다. 변위 오차는 나타나지 않았지만 회전각도와 스케일링에 대한 약간의 오차가 발생하였다.

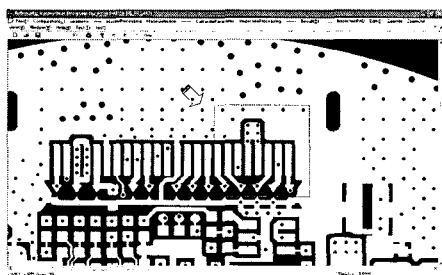


그림 8. 자동 모델 설정

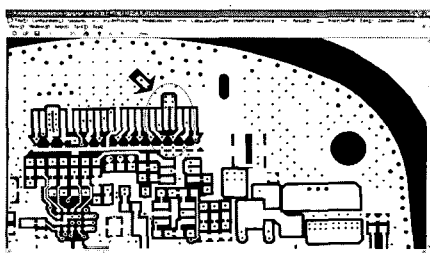


그림 9. 변화된 영상에서 모델 매칭

샘플 영상에서 모델의 자동 설정 시간은 평균 4~10 msec 정도였고, 모델 탐색을 포함한 보정데이터 산출 시간은 평균 처리 시간은 30~70 msec정도이다. 처리 시간은 영상 내부 패턴의 복잡도, 영상의 선명도 등 여러 가지 변수에 의해 영향을 받는다.

IV. 결론

본 연구에서는 인쇄회로기판의 패턴 검사 절차 중 핵심적인 필요 기능인 효율적인 보정데이터 산출 방법을 제안하였다. 인쇄회로기판의 이송, 패턴 인쇄, 에칭 등의 제조공정 상에서 쉬프트(shift)가 발생하고 에칭으로 인해 크기 변화가 발생하는데 그 크기변화가 방향마다 크기의 변화가 일정치 않게 발생된다. 또한 기존에 연구되고 현재 적용되고 있는 자동 광학 검사 시스템에서는 미세한 결점 추출이 어렵고, 작업자가 직접 수작업으로 모델을 설정하고 있고, 검사영상에 기하학적인 변화가 있는 경우 윤곽선 주위에 비검사영역이 생기는 등 신뢰성을 떨어뜨리는 문제가 발생되고 있다. 제안된 방법은 자동으로 모델을 설정함으로써 기존의 수작업에 의한 수동 모델 설정 방법보다 편리하게 검사 작업을 수행할 수 있다. 또한, 수작업에 의한 잘못된 모델 설정으로 인해 발생할 수 있는 잘못된 보정데이터 산출이나 모델의 재설정 등에 의한 검사처리시간 지연 등의 문제들을 없앨 수 있다. 자동으로 모델을 설정하여 보정 데이터를 산출함으로써 보다 정밀한 검사를 수행할 수 있었다. 그리고 기하학적 변화에 관계없이 정밀한 보정데이터를 산출할 수 있는 장점을 갖는다.

참고 문헌

- [1] H. Yasuhiko, et al, "A system for PCB automated inspection using fluorescent light," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.10, No.1, pp.69-77, 1988.
- [2] M. Moganti and F. Ercal, "Automatic PCB

Inspection System," IEEE Potentials, Vol.14, pp.6-10, 1995.

[3] E. Immanuel, B. Roberto, and B. Subhash, "A Vision and Robot based on-line Inspection Monitoring System for Electronic Manufacturing," Computer in Industry, Vol.57, pp.986-996, 2005.

[4] M. Moganti and F. Ercal, "Automatic PCB inspection algorithms: A Survey," Computer Vision and Image Understanding, Vol.63, No.2, Mar., pp.287-313, 1996.

[5] R. C. Gonzalez and R. E. Wood, "Digital image processing," Addison Wesley Longman, 1992.

[6] N. Otsu, "A threshold selection method from gray level histogram," IEEE Transaction on Syst., Man and Cyber, Vol.SMC-9, pp.62-66, 1979.

[7] P. Gerken, "Object-based analysis-synthesis coding of image sequences at very low bit rate," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, Vol.4, pp.228-236, June, 1994.

[8] N. Ansari and E. J. Delp, "On detecting dominant points," Pattern Recognition, Vol.24, pp.441-451, 1991.

[9] J. H. Chuang, "A potential-based approach for shape matching and recognition," Pattern Recognition, Vol.29, No.3, pp.463-470, 1996.

[10] J. H. Chuang, J. F. Shen, C. C. Lin, and H. K. Yang, "Shape matching and recognition using a physically based object model," Computers & Graphics, Vol.25, pp.211-222, 2001.

[11] T. Bernier and J. A. Landry, "A new method for representing and matching shapes of natural objects," The Journal of the Pattern Recognition Society, Vol.36, pp.1711-1723, 2003.

[12] R. C. Veltkamp, "Shape Matching: Similarity Measures and Algorithms," International Conference on Shape Modeling & Applications, pp.188-197, 2001.

저자 소개

문순환(Soon-Hwan Moon)

정회원



- 1989년 2월 : 울산대학교 산업공학과(공학사)
- 1992년 8월 : 고려대학교 대학원 산업공학과(공학석사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 대학원 산업공학과(공학박사)
- 1997년 3월~현재 : 주성대학 산

업시스템경영과 교수

<관심분야> : 광응용메카트로닉스, 머신비전, 지능시스템, 임베디드 시스템

김경범(Gyung-Bum Kim)

정회원



- 1989년 2월 : 한양대학교 기계설계학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한양대학교 대학원 기계설계학과(공학석사)
- 1991년 2월~2002년 8월 : (주)삼성전기 생산기술연구소 자동화팀

• 2001년 2월 : 한양대학교 대학원 기계설계학과(공학박사)

• 2002년 9월~현재 : 충주대학교 보건생명항공대학 항공·기계설계학과 교수

<관심분야> : 광응용메카트로닉스, 머신비전, 자동화시스템

김태훈(Tae-Hoon Kim)

종신회원



- 1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1990년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2005년 3월~현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 박사과정

• 1990년 6월~1997년 2월 : LG 반도체 선임연구원

• 1997년 3월~현재 : 주성대학 컴퓨터프로그래밍과 교수

<관심분야> : 유비쿼터스, 홈네트워크