

동적 세그먼트 기반 PCB 패턴의 적응 검사 알고리즘

문순환*, 김경범#

An Adaptive and Robust Inspection Algorithm of PCB Patterns Based on Movable Segments

Soon-Hwan Moon*, Gyung-Bum Kim#

ABSTRACT

Several methods for PCB pattern inspection have been tried to detect fine defects in pad contours, but their low detection accuracy results from pattern variations originating from etching, printing and handling processes. The adaptive inspection algorithm has been newly proposed to extract minute defects based on movable segments. With gerber master images of PCB, vertex extractions of a pad boundary are made and then a lot of segments are constructed in master data. The pad boundary is composed of segment units. The proposed method moves these segments to optimal directions of a pad boundary and so adaptively matches segments to pad contours of inspected images, irrespectively of various pattern variations. It makes a fast, accurate and reliable inspection of PCB patterns. Its performances are also evaluated with several images.

Key Words : Adaptive inspection(적응검사), Contour(윤곽선), Pattern inspection(패턴검사), Printed circuit board(PCB; 인쇄회로기판), Movable segment(동적세그먼트), Vertex(정점)

1. 서론

최근, 전자·정보통신기기의 고용량화 및 고기능화가 요구되고 있으며 이를 위해 생산성 및 정밀도의 향상을 이루기 위한 생산시스템이 요구되고 있다. 특히, 전자·정보통신기기의 기본 소자인 PCB의 품질은 제품 성능에 결정적인 영향을 미치게 된다. 또한, PCB의 패턴은 전자부품의 고밀도화, 집적화, 소형화에 따라 점점 미세해지고 복잡해지는 추세이다. PCB 패턴 인쇄 및

에칭(etching) 공정 등 PCB 제조 공정에서 다양한 결점의 형태들이 발생하고 있다. 이에 따라 PCB 패턴 검사를 자동으로 수행할 수 있는 시스템의 중요성이 더욱 증가되고 있다. 현재 사용되고 있는 자동검사 시스템은 저속 검사이고 큰 결점을 대상으로 하고 있다. 미세한 결점이 나타나는 경우에는 종종 그 결점을 인식하지 못하는 경우가 발생하고 있어 검사의 실시간 처리 및 정확도 향상이 절실히 요구되고 있는 실정이다.^{1,3}

기존의 PCB 검사는 크게 3 가지 방법^{1,4}으로 나

· 접수일: 2005년 9월 20일; 게재승인일: 2006년 2월 10일

* 주성대학 산업시스템경영과

교신저자: 충주대학교 항공·기계설계학과

E-mail kimeb@chungju.ac.kr Tel.(043)841-5378

는데, 참조 영상을 이용하는 영상비교(referential modeling)와 영상 특징을 이용하는 방법(non-referential modeling), 그리고 이 두 가지를 혼합한 방법(hybrid modeling)이다. 현재 사용되고 있는 참조 영상을 이용하는 방법은 결함이 없는 기준 영상(reference image)과 검사 영상을 직접 비교함으로써 기준 영상과 동일하지 않은 부분을 결함으로써 추출해내는 영상 뺄셈(image subtraction) 방법이 사용되고 있다. 이것은 원리가 간단하다는 장점이 있는 반면, 검사 수행 전에 결함이 없는 기준 영상을 얻기 위해 결함이 없는 골든보드(golden board)를 제작하여 그 영상을 획득을 해야 하는 번거로움이 있다. 이것은 PCB 모델이 자주 바뀌는 상황에서는 검사 시간을 더욱 증가시키게 된다. 또한, 검사 영상과 기준 영상 사이에서 발생된 결함인지, 아니면 잘못된 정렬(alignment)에 의한 결함인지를 파악할 수 있는 통계적인 분석 기법이 필요하다. 또한, 고정밀도 PCB 검사에 더욱 빈번히 발생하여 정확한 검사를 어렵게 하는 요인이 된다.

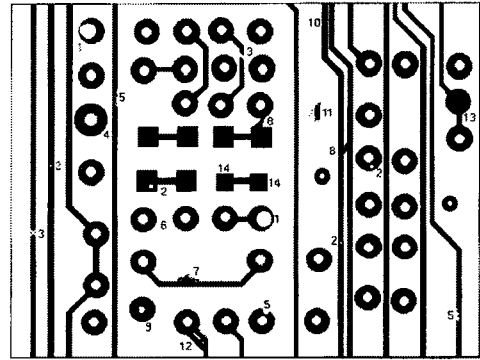
기준 영상을 이용하지 않는 방법에는 RLE(run length encoding)와 같은 인코딩(encoding technique)방법이 사용되고 있다. 인쇄회로기판의 제조공정 중 이송, 패턴 인쇄, 에칭 공정 등으로 인해 패턴의 축소, 회전, 이동이 발생하게 된다. 에칭 공정 등으로 인해 제품의 크기 비율 변화가 생기고, 그 변화량이 방향에 따라 다르게 나타난다. 이러한 RLE 방법을 사용하는 경우, 기하학적인 변화에 의해 검사를 하지 못하는 비검사 영역이 존재하여 검사의 신뢰성을 저하시키는 문제점이 따른다.

본 연구에서는 크기, 회전, 위치 등의 기하학적 변화와 무관하게 PCB 패턴을 검사할 수 있는 동적 세그먼트 기반 적응 검사 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 생성된 세그먼트를 패드 경계와 일치되게 하기 위해 원하는 방향으로 보정이 가능하도록 움직일 수 있다. 이것은 어떠한 방향으로 스케일 변화가 발생할지라도 적응적으로 검사 패드의 윤곽선에 정확하게 보정이 가능하므로 비검사 영역의 존재없이 정확한 검사를 원활하게 수행할 수 있는 것을 의미한다. 제안된 방법의 성능은 다양한 영상을 이용하여 검증하였다.

2. PCB 패턴 검사

2.1 결점의 종류

PCB 에 나타나는 패턴의 결점은 인쇄, 에칭 등의 제조 공정 중 발생되는데, 그 결점의 종류는 Fig. 1 과 같이 다양하다. 이 결점들은 편의상 패드의 경계상에 나타나는 결점, 내부 또는 외부에 나타나는 결점들로 구분할 수 있다. 패드의 윤곽선 주위에 나타나는 결점으로는 Open, Short, Nick, Protrusion, Missing conductor 이고, 그 외 결점은 패드 내부 또는 외부에 발생하는 결점들이다.



No.	Defect items	No.	Defect items
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

Fig. 1 Defects of PCB patterns

본 연구에서는 패드의 윤곽선 주위에 발생하는 결점에 대해서 신뢰성 있게 검사할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 제안된 방법은 Gerber 기준 영상으로부터 패드의 정점과 윤곽선 등의 정보를 이용하여 검사 영상에서 결점을 추출한다.

2.2 검사 방법

개략적인 검사 절차는 Fig. 2 와 같다. 우선, Gerber 파일로부터 기준 영상을 획득한 다음, PCB 를 선형카메라(line scan camera)를 이용하여 검사 영상을

획득한다. 기준 영상에서 기준 모델을 설정한 다음, 검사 영상에서 기준 영상에서 설정된 모델을 탐색함으로써 보정 데이터가 산출된다. 이 보정 데이터는 기하학적인 변화를 알 수 있는 중요한 요소이고 PCB 검사의 처리시간 및 신뢰성에 핵심적인 역할을 수행한다. PCB는 에칭 등과 같은 제조 공정으로 인해 동일한 제품이라 하더라도 제품마다 크기, 위치, 회전 등과 같은 기하학적인 요소들이 상이하게 나타나 제품 결점의 검사를 어렵게 한다. 따라서 정확한 보정 데이터를 산출하여 검사하고자 하는 영상에 적용함으로써 신뢰성 있는 검사를 수행할 수 있다.

2.3 모델 정합

검사를 수행하기 위해서는 산출된 보정 데이터를 이용하여 검사 영상을 보정해야 한다. 본 연구에서는 정규화상관(normalized correlation)을 사용하여 모델을 탐색하였다. 탐색 영상 크기 $M \times N$ 영역 안에 $J \times K$ 의 부영상 $\omega(x, y)$ 과 기준 영상 $f(x, y)$ 와의 정합을 찾는 정규화상관 수식은 식 (1)처럼 표현된다.

$$\gamma(s, t) = \frac{\sum_{x, y} [f(x, y) - \bar{f}(x, y)][\omega(x-s, y-t) - \bar{\omega}]}{\sqrt{\sum_{x, y} [f(x, y) - \bar{f}(x, y)]^2 \sum_{x, y} [\omega(x-s, y-t) - \bar{\omega}]^2}} \quad (1)$$

여기서, $s = 0, 1, 2, \dots, M-1$, $t = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 이고, $\bar{f}(x, y)$ 는 ω 의 현 위치와 일치되는 영역에서의 $f(x, y)$ 의 평균값, $\bar{\omega}$ 는 $\omega(x, y)$ 안에 있는 화소들의 평균값을 나타낸다. Fig. 3은 모델 정합 과정을 나타내고 있다. 추정 변위량(s, t)과 회전량(θ)은 식 (2)에서와 같이, 각각 탐색 영역과 최대회전 허용범위 안에서 정규화상관값이 최대가 되는 위치에서 산출된다. 실시간 검사를 수행하기 위해서는 보정 데이터 산출을 위한 모델 탐색 시간을 줄이는 것도 중요한 사항이다.

$$\text{Maximize } \gamma(s, t) \quad -M/2 \leq s \leq M/2, -N/2 \leq t \leq N/2 \quad (2)$$

본 연구에서는 보정 데이터 산출을 위해 등록된 모델을 검사영역에서 실시간으로 찾기 위해서 탐색 영역을 설정하여 탐색 영역내에서만 모델을 찾을 수 있도록 하여 탐색시간을 줄일 수 있도록 하였다. 또한, 모델 탐색 시간을 단축하기 위해 모델 영상이 계층적 구조(hierarchical architecture)를 갖도록 하는 방법을 사용하였다. 해상도에 따른 계층적 구조 방법은 계층마다 영상의 해상도를 줄이면서 영상의 크기를 줄여나가는 방식으로 계층구조의 맨 아래에는 원래의 해상도를 갖는 영상이 위치하며, 맨 위에는 작은 크기의 영상이 존재하게 되는 구조를 가진다. 따라서, 계층 구조의 상위 레벨에서 대략적인 정합을 수행하고, 최적 위치 근방에서 다음 단계의 계층 구조에 대해 인접한 위치 근방만을 탐색하여 모델을 검색함으로써 계산량을 크게 줄이고 실시간 모델 탐색이 가능하도록 하였다.

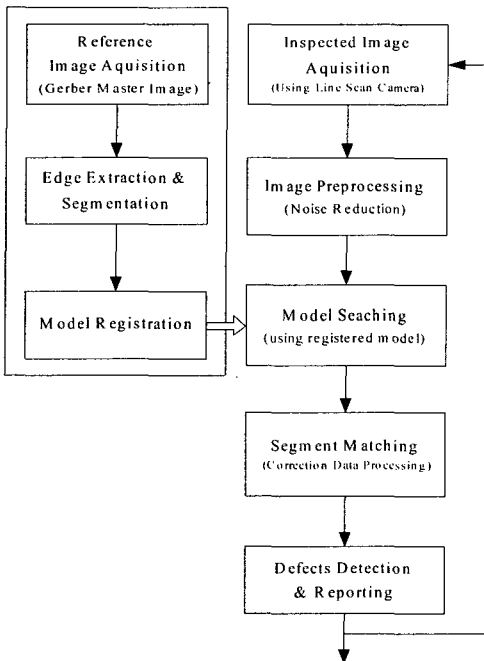


Fig. 2 Inspection procedures of PCB patterns

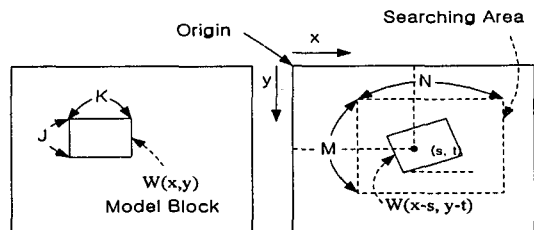


Fig. 3 Descriptions of model matching

3. 동적 세그먼트 기반 적응 검사

본 연구에서는 정확하고 신속한 검사를 위해 동적 세그먼트 기반 적응 검사 방식을 제시한다. 적응 검사 기법은 3 단계로 구성된다. 검사를 위해 기준 영상으로부터 정점들을 추출한다. 추출된 정점으로부터 세그먼트를 구성한 후 적응 탐색으로 검사 영상의 결점을 추출하게 된다. 세그먼트 단위로 결점을 탐색함으로써 PCB 패드의 형태를 유지한 채로 결점 탐색이 가능하다. 하나의 세그먼트는 두 개의 패드 정점으로 구성된다.

3.1 정점 선정법

PCB 패드의 윤곽 형태는 정점을 이용하면 유연하고 정확하게 표현될 수 있다. 많은 수의 정점 선정은 과도한 메모리를 사용하게 되고 검사 시간을 지연시키는 요인이 된다. 또한, 너무 적은 정점의 선정은 PCB 패드 형태를 제대로 반영하기 못하는 세그먼트를 구성하게 되어 검사의 신뢰성을 감소시키게 된다.

기존 연구의 정점 선정 방법은 크게 2 가지로 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 방법^{5,6}이 있다. 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 방법^{7,8}이 있다. 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 경

우에 빈번히 발생한다. 이에 따라, 오차 면적을 줄이면서 가장 적은 수의 정점을 선택할 수 있는 효율적인 방법이 필요하게 된다.

본 연구에서는 두 개의 단점을 보완하여 정점을 선정하는 방법을 적용하였다. 곡률이 큰 부분들이 정점으로 선정이 되고 이 선정된 정점을 기준으로 정점 사이마다 순차적 기법을 적용하여 정점을 추가 선정하는 방법을 사용하였다. 제안된 방법은 곡률이 큰 부분들이 정점으로 선택되지 않아 발생하는 오차 면적 문제를 해결할 수 있었다. 곡률은 호의 길이에 대한 접선각의 변화율로 정의되는데, 다음과 같이 표현된다. 우선, 윤곽선 $c(t)$ 는 식 (3)과 같이 매개 변수 방식으로 나타낼 수 있다.

$$c(t) = (x(t), y(t)), \quad t = 0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (3)$$

여기서, n 은 윤곽선에 존재하는 화소수이며 이 윤곽선 $c(t)$ 로부터 곡률 $k(t)$ 는 식 (4)와 같이 계산된다.

$$k(t) = \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{[x'^2(t) + y'^2(t)]^{3/2}} \quad (4)$$

식 (4)에서 미분은 유한차분법(finite difference equation)을 이용하여 식 (5)처럼 근사화하여 구현된다.

$$\begin{aligned} x'(t) &= x(t+1) - x(t) \\ x''(t) &= x(t+1) + x(t-1) - 2x(t) \\ y'(t) &= y(t+1) - y(t) \\ y''(t) &= y(t+1) + y(t-1) - 2y(t) \end{aligned} \quad (5)$$

3.2 적응 세그먼트 정합

세그먼트 정합은 기준 영상으로부터 등록된 정점 위치와 세그먼트 정보로부터 입력된 영상을 검사하여 결점을 정확히 추출하기 위한 과정이다.

제안된 적응 세그먼트 정합은 정확한 검사를 수행하기 위해 3 단계로 나누어 적용하였다. 우선, 세그먼트 정합은 모델 탐색 후 산출되는 보정데이터를 이용하여 일차적으로 보정하여 결점의 유무를 판단하는 단계이다. 다음 단계에서는 첫 번째 단계 세그먼트 정합으로 나타난 결점들이 제대로 검출된 것인

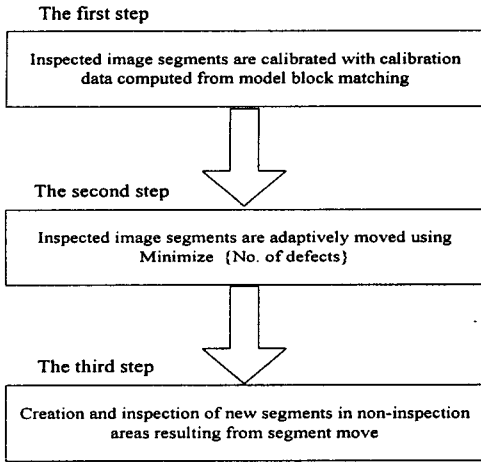


Fig. 4 Adaptive matching with movable segments

지를 결점이 최소가 되도록 세그먼트를 패턴의 윤곽선에 적응적으로 이동하여 보다 신뢰성 있는 검사를 수행하는 단계이다. 마지막으로, 세그먼트의 이동으로 발생된 비검사영역을 보간법에 의해 설정후 다시 검사한다. Fig. 4 는 적응 세그먼트 정합을 수행하는 절차이다.

1 단계 세그먼트 정합은 모델 정합으로부터 보정데이터 (o_x, o_y, θ) 를 산출하게 된다. 둘째로는 식 (6)을 이용하여 기준 영상의 세그먼트 및 정점의 위치를 보정한다. 다음으로 보정 후의 각 위치 정보에서 검사 영상을 비교함으로써 일차적으로 결점이 있는 세그먼트 정보들이 추출된다.

$$\begin{pmatrix} x_o \\ y_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n - c_x \\ y_n - c_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} o_x \\ o_y \end{pmatrix} \quad (6)$$

여기서, (x_o, y_o) 는 보정 후 에지의 위치, (x_n, y_n) 은 보정 전 에지의 위치, (c_x, c_y) 는 회전 중심 위치, θ 는 회전 각도, (o_x, o_y) 는 변위량을 나타낸다.

2 단계 세그먼트 정합은 1 단계에서 결점이 있는 세그먼트를 대상으로 수행된다. 이것은 식 (7)과 같이 최대 허용 범위 안에서 결점의 수가 최소가 될 때까지 세그먼트 주방향의 법선벡터 방향으로의 이동이 적응적으로 진행된다.

$$\text{Minimize } \eta_{ik}(\delta_x, \delta_y), \quad 0 \leq \delta_x, \delta_y \leq \rho \quad (7)$$

여기서, (δ_x, δ_y) 는 X, Y 영상축 방향 변위, ρ 는 세그먼트 주방향에 대한 법선벡터 방향의 최대 허용 범위, $\eta_{ik}(\delta_x, \delta_y)$ 는 체인 인덱스(chain index) i 에 대한 k 번째 세그먼트의 결점수를 나타낸다.

3 단계 세그먼트 매칭에서는 2 단계 세그먼트 매칭시 세그먼트 보정으로 발생된 비검사영역을 검사하기 위한 단계이다. 세그먼트 사이의 간격이 발생된 부분을 선형보간법(linear interpolation)을 통해 새로운 세그먼트로 재구성하고 해당 세그먼트를 검사하는 것이다.

4. 실험

본 연구에서는 실험 영상 획득을 위해 4K 해상도를 갖는 선형 카메라를 이용하였고, 획득된 영상 크기는 16M Byte 이다. Gerber 기준 영상으로부터 PCB 패드의 윤곽선 정보를 획득하고, 이 정보를 이용하여 취득되는 영상을 검사한다. 본 논문에서의 PCB 패턴 검사는 패드 상에 나타나는 결점 중 그 윤곽선 주위에 나타나는 결점만을 대상으로 수행되었다.

본 연구에서는 정점선택을 위해 식 (4)와 (5)를 이용하여 곡률이 큰 부분들을 먼저 정점으로 선택한 후, 구한 정점 사이의 정점 추출은 순차적 정점탐색 기법을 적용하였다. Fig. 5 는 획득된 PCB 영상에서 정점을 추출한 결과의 일부분을 보인 것이다.

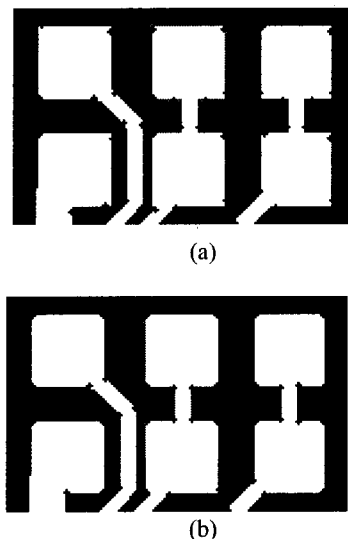


Fig. 5 Comparisons of vertex selections

Fig. 5(a)는 패드의 경계를 따라 점들을 직선에 맞춰가면서 발생하는 오차가 주어진 임계값보다 클때의 위치를 정점으로 선택하는 기존의 순차적 정점 선정법을 이용하여 정점을 선택한 예를 보인다. Fig. 5(b)는 본 연구에서 적용한 정점 선정법으로 정점들을 추출한 결과를 보인 것이다. Fig. 5(b)의 결과에서는 기존 정점 선정법에 비해 패드 사이의 연결되는 모서리 부분에서 보다 정확하게 정점이 선정되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 6 은 크기, 회전, 위치의 변화가 있는 PCB 패턴영상을 검사하는 중 적응 세그먼트 정합 과정을 보이기 위한 영상의 일부분을 보인 것이다. 영상 일부분(영역 A)을 확대하여 세그먼트 정합 과정을 보다 명확히 보이도록 하였다. 그 중 녹색으로 표시된 아래쪽 실선은 세그먼트 정합 전의 세그먼트 위치들을 보이고 있고, 파란색으로 보이는 위쪽 실선은 세그먼트 정합 후 적용된 세그먼트의 위치들을 보이고 있다. 이 실선들의 위치 차이가 세그먼트 매칭 전후의 변위량을 나타낸다. 세그먼트 매칭은 패드의 윤곽선으로 구성된 세그먼트들을 보정한 후 세그먼트의 주방향의 직각인 패드방향으로 수행하였다.

검사는 Gerber 기준 영상을 생성한 후 검사 영상을 획득하여 수행된다. 본 연구의 실험은 4 개의 PCB 모델(A, B, C, D)에 대해 행해졌다. 각각의 PCB 모델당 기준 영상의 수는 Gerber 데이터로부터 48 개가 생성되며, 검사 영상의 수 또한 2 대의 선형 카메라로부터 총 48 개가 취득되었다.

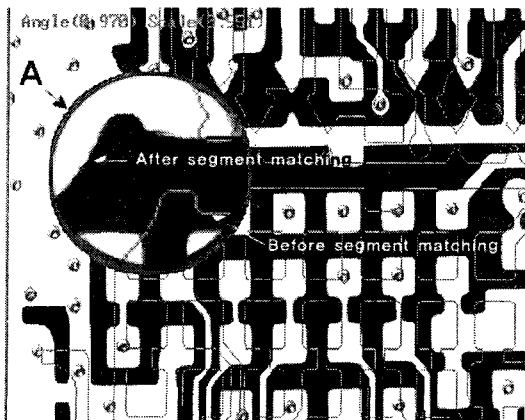
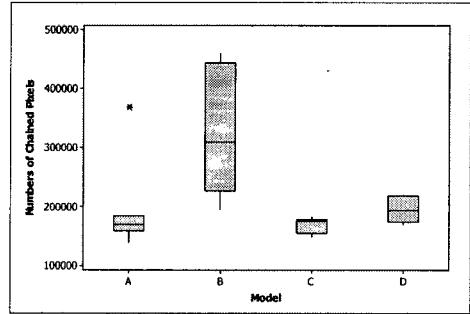
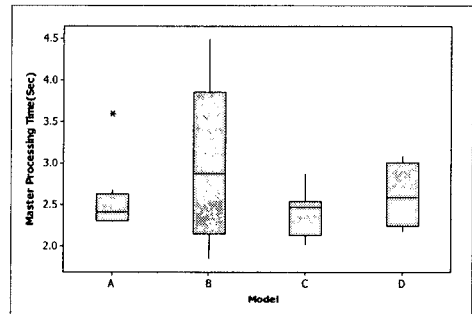


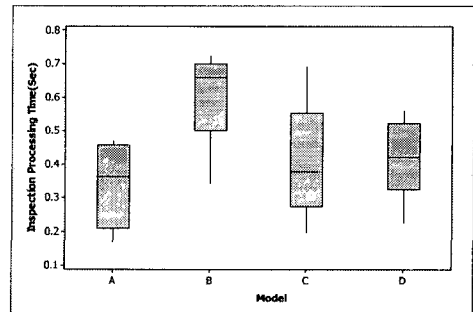
Fig. 6 Results of adaptive segment matching



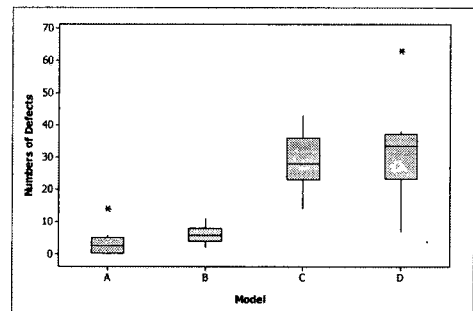
(a) Numbers of chained pixels



(b) Master processing time



(c) Inspection processing time



(d) Numbers of defects

Fig. 7 Algorithm evaluations on PCB Models

적용 세그먼트 정합 후, 각 모델에 대해 항목 별 결과 분포는 Fig. 7 에서 정량적으로 나타낸다. 검사 결과를 살펴보면 검사속도는 16MB 단위를 기준으로 Gerber 기준 영상 생성 및 처리시간은 1.5~4.5 sec, 검사시간은 0.15~ 0.75 sec 소요되었다. 검사시간은 검사할 영상 내부 패턴의 복잡도, 검사 영상의 선명도, 검사영상 안의 결점의 수, 검사 규격 등 여러 가지 변수에 의해 영향을 받는다. 여기서, 결점 추출 뿐만 아니라 과검출과 유출의 경우도 발생하여, 이들을 포함한 전체 검출율은 각 PCB 모델에 대해서 89.4, 92.5, 85.7, 91.5% 이다. 여기서, 과검출은 결점으로 판단하고 싶지 않은 부분이 결점으로 나타난 것이고, 유출은 결점으로 판단하고 싶은데 결점으로 추출하지 못하는 것이다. 과검출율과 유출율은 반 비례관계로 나타난다. 즉, 유출율을 낮추기 위해 보다 정밀한 검사를 수행하게 되면 과검출 발생율이 증가하게 된다. 이의 적절한 검사 변수의 설정이 요구된다. 검사 후 유출되는 부분의 유형은 결점의 폭이 주어진 검사 규격보다 작은 경우에 주로 발생되었고, 이는 검사 규격과 검사 깊이를 조절함으로써 해결이 가능하지만 과검출율이 증가하게 된다. 과검출은 크게 두 가지 유형으로 나타났다.

Fig. 8 은 Protrusion 과 Nick 의 과검출 현상을 나타낸 것이다. 이 구분을 위해 그림상에 Protrusion 은 'A', Nick 은 'B'로 표시하였다.

Gerber Reference Image	Inspected Image

Fig. 8 False detection types

그 중 Protrusion 과검출은 패드들이 너무 밀접하게 있는 경우에 발생하였다. 이것은 패드간의 간격 정보를 저장하여 이를 활용함으로써 처리가 가능하겠지만 검사 시간의 지연을 초래할 것으로 예상된다. 다른 한 가지 유형인 Nick 은 패드의 곡률이 큰 부분에서 발생하였다. 이것은 에칭 공정으로 인해 곡률이 큰 부분에 나타나는 경우로써 검사자의 주관적인 판단기준에 따라 Nick 결점으로 볼 수도 있고 과검출로 판단할 수도 있는 경우이다.

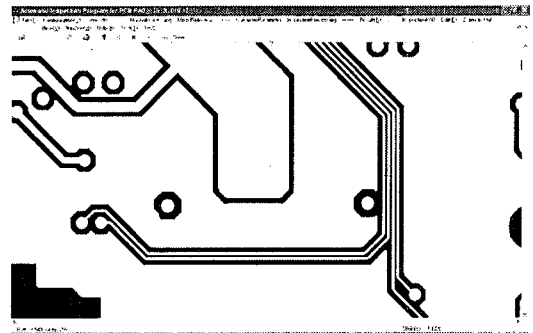
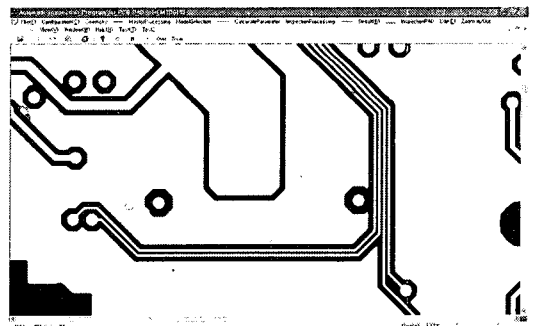
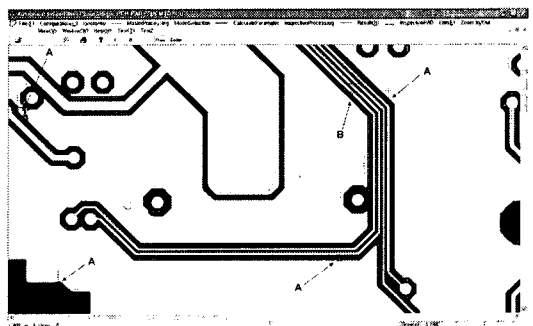


Fig. 9 A gerber reference image



(a) Before inspection



(b) After inspection

Fig. 10 Defect inspection images

No	X Pos.	Y Pos.	Width	Area	# of Defects
1	2212	56	6	6	24
2	387	2760	12	132	
3	355	2760	18	198	
4	1338	365	8	8	
5	1217	768	9	9	
6	1251	348	5	20	
7	1246	352	6	6	
8	2249	30	3	3	
9	3174	115	3	15	
10	2754	208	6	36	
11	2741	205	9	63	
12	1663	1555	9	9	
13	3103	650	3	12	

Fig. 11 Inspection results

따라서 검사자의 주관적인 해석으로 불량률의 유무를 판단하기에는 다소 애매한 부분이라고 판단된다.

Fig. 9 는 Gerber 기준 영상으로부터 PAD 의 윤곽선 추출과 정점들을 추출하여 세그먼트들을 생성한 영상의 일부분을 나타낸 것이다. Fig. 10(b)에서는 Fig. 9 의 Gerber 기준 영상으로부터 생성된 윤곽 정보와 비교하여 검사 영상을 처리한 결과를 나타낸 것이다. 검사 결과, Open, Protrusion, Nick 등의 결점이 검출되었고, 그 발생 위치의 윗 부분에 '+' 표시를 하여 결점 위치를 파악할 수 있도록 하였다. 그림에서 Protrusion 은 'A', Nick 은 'B' 로 표시하여 결점의 유형을 구분하도록 하였다.

Fig. 11 은 Fig. 10(b)의 전체 영상에서 발생된 결점의 위치 및 관련 정보를 보인 것이다. 여기서, 24 개의 결점은 영상의 전체 크기 16MB(해상도: 4K × 4K) 를 대상으로 산출된 것이고, Fig. 10(b)는 전체 영상 중에서 1280 × 80 의 해상도를 갖는 일부 화면만 보인 것이다. 본 연구에서는 RLE 와 같은 기존 방법으로 검출이 되지 않았던 패드 윤곽선에서의 결점을 동적 세그먼트 기반으로 기하학적 변화와 무관하게 정확하고 신뢰성 있게 추출하는 것을 실험을 통해 입증하였다.

5. 결론

본 연구에서는 PCB 패드의 윤곽선 주위에 나타나는 결점들을 대상으로 한 검사 방법을 제안하였다. 제안된 동적 세그먼트 기반 적응 검사 방법은 생성된 동적 세그먼트를 패턴 경계와

일치 또는 보정이 가능하도록 원하는 방향으로 적응적 이동을 수행하여 결점 검출을 수행하는 것이다. 이것은 PCB 제조 공정 중에 어떠한 방향으로 패턴의 위치, 크기, 회전 등과 같은 기하학적 변화가 발생할지라도 적응적으로 검사 패턴의 윤곽선에 동적 세그먼트 위치의 정확한 보정을 수행함으로써, 비검사 영역의 없고 정확하고 신뢰성 있는 검사를 수행한다. 따라서, 이 방법은 현재 AOI(automatic optical inspection) 장비에서 적용되고 있는 영역 기반 기법으로부터 발생하는 문제점들을 해결할 수 있다.

본 연구에서 제안된 방법의 효용성과 성능은 4 개의 PCB 모델에 대한 정량적 데이터를 통해 입증하였다.

참고문헌

1. Moganti, M. and Ercal, F., "Automatic PCB inspection algorithms: A survey," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 63, No. 2, pp.287-313, 1996.
2. Yu, C. M., "A study on J-lead solder joint inspection of PCB using vision system," Journal of KSPE, Vol. 15, No. 5, pp. 9-18, 1998.
3. Yasuhiko, H., "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.
4. Ibrahim, Z., Al-attas, S. A. R. and Aspar, Z., "Analysis of the wavelet-based image difference algorithm for PCB inspection," Annual Conference on SICE, pp. 2108-2113, 2002.
5. Thomas, B., Jacques-Andre, L., "A new method for representing and matching shapes of natural objects," The Journal of the Pattern Recognition Society, Vol. 36, pp. 1711-1723, 2003.
6. Adan, A. Y., "Fuzzy shape matching with boundary signatures," Pattern Recognition Letters, Vol. 23, pp. 1473-1482, 2002.
7. Gerken, P., "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, 1994.
8. Rafael, C. Gonzalez, Richard, E. Wood, "Digital image processing," Addison Wesley Longman, 1992.