

# 연성회로기판 미세 가공홀 검사 자동화를 위한 적응적 공명 이론의 적용

## Application of Adaptive Resonance Theory on Micro via-hole Inspection System in Flexible Printed Circuit Board

\*김현진<sup>1</sup>, 김현기<sup>1</sup>, 최병덕<sup>1</sup>, #김광열<sup>1</sup>, 박홍진<sup>2</sup>, 서정<sup>3</sup>

\*H. J. Kim<sup>1</sup>, H. K. Kim<sup>1</sup>, B. D. Choi<sup>1</sup>, #K. R. Kim([drkkim@skku.edu](mailto:drkkim@skku.edu))<sup>1</sup>, H. J. Park<sup>2</sup>, J. Suh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교, <sup>2</sup>(주)엘티에스, <sup>3</sup>한국기계연구원

Key words : Adaptive Resonance System, Flexible Printed Circuit Board, Micro via-hole

### 1. 서론

모바일 기기나 태블릿 PC, PDA 등이 널리 보급되고 소형화 되어 연성회로기판(FPCB)의 수요 역시 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 그리고 이러한 FPCB 공정들이 초고밀도, 초소형화 됨에 따라 좀더 미세한 드릴링이 가능한 레이저를 이용한 공정에 초점이 맞춰지고 있다. 산업부문에서는 아직도 가공된 FPCB의 미세 홀 검사를 현미경을 이용하여 사람이 직접 눈으로 보고 확인하는 경우가 많이 있다. 이 경우 눈으로 직접 확인하기 과정에서 잘못 가공된 홀을 검출하는 데 있어서는 검출률이 높지만 같은 작업을 반복하게 되면서 집중력이 떨어지고 비용과 시간이 많이 소모되는 일이 존재한다. 그래서 본 논문에서는 미세 가공 홀 검사를 자동화하기 위하여 적응적 공명 이론(Adaptive Resonance Theory)를 적용하였다. 본 연구에서는 이러한 적응적 공명 이론을 이용하여 홀 이미지를 자동 분류하게 하여 잘못 가공된 홀을 찾아내는 실험을 진행하였다.

### 2. 적응적 공명 이론

적응적 공명이론은 들어오는 이진 입력 값이나 아날로그 입력 값들을 인식하여 자가 학습 하고 이들을 카테고리화 하여 분류하는 알고리즘이다. Adaptive Resonance Theory 1 (ART1) 은 이진 입력 값을 교집합 오퍼레이터( $\cap$ )를 이용하여 비교 후 카테고리화

하는 알고리즘이고 Adaptive Resonance Theory 2 (ART2) 는 아날로그 입력 값을 비교하여 분류하는 알고리즘이다. 이미지를 분류하기 위해서는 아날로그 입력 값을 분류할 수 있는 ART2 를 사용하는 것이 적절하다. 하지만 ART2 는 알고리즘 자체의 복잡도가 높고 시간이 많이 소모되기 때문에 ART1 의 변형인 Fuzzy ART 알고리즘을 사용하여 실험하였다. Fuzzy ART 은 ART1 의 교집합 오퍼레이터를 MIN ( $\wedge$ )으로 교체한 알고리즘 이다. Fuzzy ART 의 알고리즘을 도식화하여 Fig1 에 나타냈다.

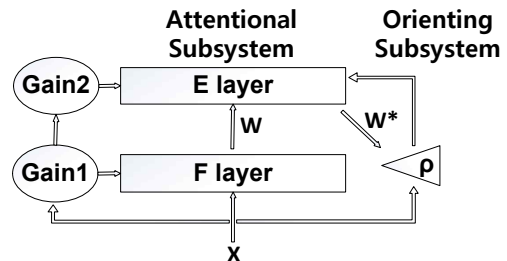


Fig1. Block diagram of Fuzzy Adaptive Resonance Theory

주의 서브시스템의 E 계층에서는 입력 패턴을 학습한 결과로 생성된 클러스터들이 기억되며, F 계층에서는 입력 패턴과 클러스터들의 비교를 통해 가장 유사한 클러스터를 선택하게 된다. 적응 서브시스템의 Reset 유닛에서는 경계 변수 테스트를 통하여 입력 패턴을 선택된 클러스터에 학습시킬지, 선택된 클러스터를 비활성화

할지를 결정하게 된다.

### 3. 자동 분류 실험

실험은 비전카메라를 통해 획득한 70 $\mu$ m의 비아홀 사진을 입력이미지로 사용 하였고 MATLAB을 이용하여 알고리즘을 작성하였다. FPCB1에는 편심 가공되어있는 비아홀과 정상홀로, FPCB2에는 정상 비아홀로 이루어져 있다. Fig. 2는 정상 가공된 홀과 편심 가공된 홀 이미지이다.

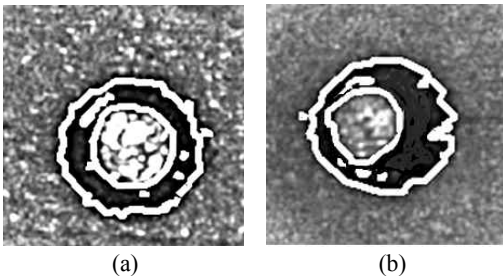


Fig. 2 (a) normal hole (b) eccentricity hole

각각에서 15개의 이미지를 획득하여 먼저 그레이 스케일 값을 조정하여 적절한 이미지를 찾았다. Fig. 2는 이 값에 따른 변화를 나타낸 것이다.

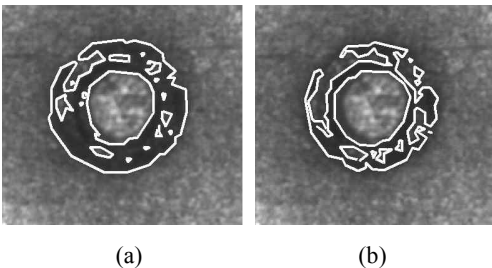


Fig. 3 Application of Edge Finding Algorithm using grayscale value (a) 62, (b) 55

그 후 각 이미지들이 정상 홀 이미지에서 어느 정도 벗어나 있는지를 측정하여 각각 몇 개의 카테고리로 분류되는지, 비정상적으로 가공된 홀을 분류해 낼 수 있는지에 대해 확인하였다. 값이 높을수록 평균이미지에 가깝고 낮을수록 평균에서 벗어나 있음을 의미한다. Fig. 4는 이것을 그래프로 나타낸 것이다. 외부원 대비 내부원이 반지름의 50%이상 벗어났을 경우와

원의 진원도가 90% 미만일 경우를 기준으로 하여 픽셀 일치율이 39% 미만인 경우에는 비정상 가공된 것으로 간주된다. 이번 실험에서는 FPCB1에 존재하는 편심 가공된 홀인 1,2,5,7,10,11번 샘플을 찾아내는 것을 볼 수 있다.

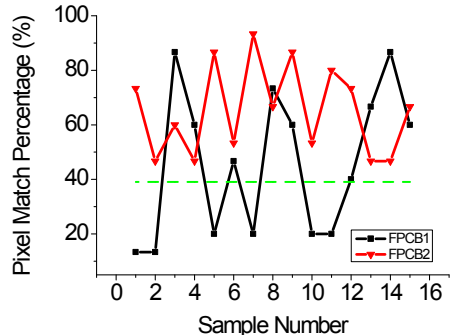


Fig. 4 Comparison between average image and each hole image

### 4. 결론

각각의 자동 분류 작업을 Fuzzy ART 알고리즘을 통하여 수행하였다. 비정상적으로 가공된 홀은 정상이미지와 일치하는 정도가 39% 미만인 것으로 나타났다. 이러한 일치하는 정도를 수치적으로 나타내어 비정상적으로 가공된 홀을 자동으로 찾아내는 방법을 통해 비아홀 검사 과정상에 있어서 효율을 높일 수 있다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 지원, 산업원천 기술개발사업에 의하여 수행된 과제임(S-2012-0909-000).

### 참고문헌

1. Carpenter, Gail A., and Stephen Grossberg. "Adaptive resonance theory." CAS/CNS Technical Report Series 008 (2010).
2. 기완욱, 최병덕, 김광열, 권석일, 서종현, 신성욱, 권대갑, 허원하, Advanced flexible PCB drilling using UV laser, 한국정밀공학회, 2010