

## 라인스캔 카메라 형 광학검사기들 위한 경로계획 방법

\*재호병, 김환용, 박태형  
충북대학교 대학원 제어계측공학과 및 CBITRC

### A Path Planning Method for Automatic Optical Inspection Machines with Line Scan Camera

\*Ho-Byeong Chae, Hwan Yong Kim, Tae Hyoung Park  
Dept. of Control and Instrumentation Eng., CBITRC, ChungBuk Natiaol University

**Abstract** - We propose a path planning method to decrease a inspection lead time of line scan camera in SMT(surface mount technology) in-line system. The inspection window area of printed circuit board should be minimized to consider the FOV(field of view) of line scan camera so that line scan inspector is going to find a optimal solution of path planning. We propose one of the hierarchical clustering algorithm for a given board. Comparative simulation results are presented to verify the usefulness of proposed method.

#### 1. 서 론

최근 휴대폰, 컴퓨터, PDA의 수요증가로 인하여, 인쇄회로기판(PCB: Printed Circuit Board)에 부품을 자동으로 조립하는 표면실장기술(SMT: Surface Mount Technology)의 중요성이 증대되고 있다. SMT 인라인 시스템은 표면실장부품(SMD: surface mount device)을 인쇄회로기판에 조립하는 전자조립 시스템으로서, 표면실장 전자부품의 소형화, 고밀도화 등 부품제작 기술의 발전과 조립라인 자동화 추세로 인해 현재 대부분의 전자제품 조립라인에서 채택되고 있다. [1]

SMT 인라인 시스템에는 여러 가지 검사기가 사용되며, 부착된 검사 카메라의 종류에 따라 영역 스캔 시스템(Area Scan System), 라인 스캔 시스템(Line Scan System)으로 구분할 수 있다. 영역 스캔 시스템은 인쇄회로기판은 고정되어 있고, 구동 로봇에 의해 원하는 위치로 카메라를 이동시키고, 정지된 상태에서 영상을 획득하는 방식을 가지는 반면, 라인스캔 카메라 시스템은 카메라를 정지시키지 않고 계속 이동하면서 스캔하여 영상을 획득하는 방식이다.

또한 비전시스템을 이용하는 영역스캔 검사기 시스템은 영상획득이 간단하다는 장점을 가지나. 방대한 데이터의 영상이나, 정밀도 한계의 의한 검사영역의 제한, 흐름정지등의 문제점을 가진다. 따라서 흐름공정을 중요하게 고려하는 SMT시스템에서 검사정밀도, 검사시간의 제한으로 인하여 본 논문에서 사용된 라인 스캔 카메라 시스템의 등장이 불가피하게 되었다.

따라서 본 논문은 라인 스캔 카메라형 검사기를 대상으로, 검사시간의 단축을 위한 경로 생성방법을 제안하고, 상용화된 검사기를 대상으로 한 시뮬레이션 결과를 제시하여 제안 방법의 성능을 검증하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 라인스캔 검사기의 경로계획문제

그림1은 라인 스캔 카메라형 SMT 검사기의 평면을 보여준다. 라인 스캔 시스템 라인 카메라를 영상 획득 장치로 사용하는 컴퓨터 비전 시스템이며, 라인카메라는 CCD소자가 선형으로 배열된 형태를 가지고 있으며, 한번에 1차원 영상 데이터를 얻을 수 있다. 이러한 시스템의 특성은 고정밀도, 저 잡음, 빠른 영상 획득 속도, 조도의 균일성 유지 등의 장점을 가진다. [2]

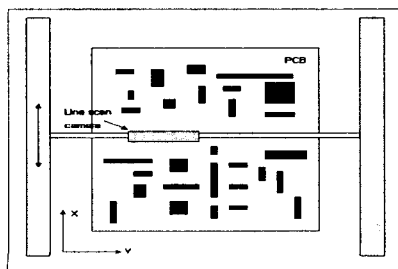


그림 1. 라인스캔 카메라 형 SMT 검사기의 단면도

검사 형태는 XY 겐트리에 부착된 카메라가 인쇄회로 기판 위를

이동하며 영상을 획득하고, 이를 처리하여 검사를 수행한다. 이 때 카메라의 이동 경로에 따라 전체 작업시간이 달라지며, 따라서 카메라 이동 경로를 최적화하여 작업시간을 단축시키는 기능이 필요하다. 영역 스캔 카메라형 시스템의 경로계획문제[3]는 주어진 인쇄회로기판에 대하여 카메라를 이동시켜 일정한 시간 정지하여 획득한 영상, 즉 일정한 크기의 영역 FOV(Field of View)를 생성시키고, 생성된 FOV의 순서를 결정하는 문제이다.

이와 달리 라인 스캔 카메라형 검사기의 경로계획 문제는 카메라의 스캔 영역을 정하는 문제이다. 인쇄회로기판에서 카메라가 스캔하게 될 최소한의 필요한 스캔 영역을 결정하여야 한다.

검사기의 전체 검사시간은 전체 영상획득시간과 카메라의 전체 이동시간의 합으로 (1)과 같이 표현된다. 여기서 영상이동시간이 영상 획득시간보다 현저히 작다고 가정한다.

$$T_{inspection} = T_{acquisition} + T_{move} \quad (1)$$

라인 스캔 카메라형 검사기의 총 검사시간을 줄이기 위해서는 카메라의 스캔 영역을 최소화하고, 이동시간을 감소시킴으로서 해결할 수 있다.

그림 2는 라인 스캔 카메라형 검사기의 경로계획을 보여준다. 그림의 (a)는 기판의 전체 영역을 스캔하여 영상을 획득하는 경우의 카메라의 이동경로(화살표)와 스캔 영역(회색면)을 보여준다. 그림의 (b)는 필요한 영역만을 카메라가 스캔하도록 경로를 최적화 시킨 경우의 카메라 이동경로와 스캔 영역을 보여준다. 최적화된 경우 스캔면적이 감소되고, 카메라 이동시간이 줄어들어 전체 검사시간이 단축될 수 있다.

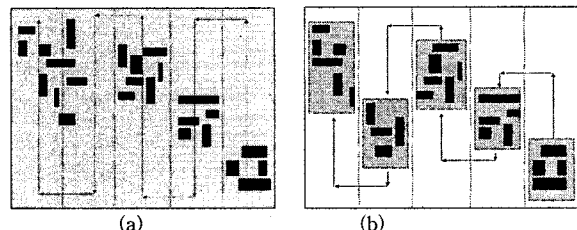


그림2. 라인 스캔 카메라형 검사기의 경로계획

##### 2.2. 라인스캔 검사기의 경로계획 방법

###### 2.2.1. 전체영역 스캔방법

그림 3은 현재 상용화되고 있는 라인 스캔 검사기의 검사형태인 전체영역 스캔 방법이며, 검사기의 카메라가 인쇄 회로기판 전체를 카메라의 폭만큼 일정한 크기로 분할한 후, S자 형태로 이동하면서 한 번에 기판의 전체 영상을 획득하여 검사가 완료되는 형태를 가진다. 이 방법으로 검사할 경우, 카메라의 스캔속도가 이동속도보다 현저히 작은 라인 스캔 검사기에서 불필요한 부분까지 검사함으로써 전체 검사시간이 길어진다는 문제점을 가진다.

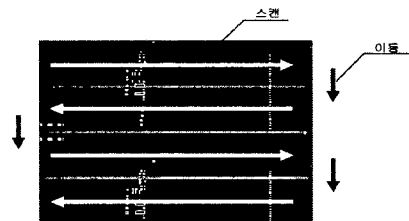


그림 3. 전체영역 스캔 방법

### 2.2.2 일부영역 스캔방법

그림 3은 전체영역 스캔방식의 문제점을 해결하고자한 대안의 방법으로 각각의 카메라의 폭만큼 분할된 스캔라인에서 부품사이의 일정 길이 이상의 공간이 있을 경우 이러한 영역을 스캔하고자 하는 영역에서 제거한 후 검사하는 형태로 즉, 가까이 있는 패드들 사이의 필요한 부품 데이터만을 스캔영역으로 생성하여 검사하는 형태를 가진다.

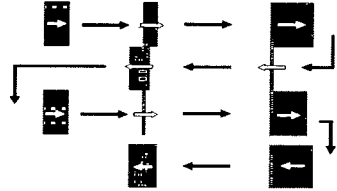


그림3. 일부영역 스캔 방법

### 2.2.3 계층적 단일연결방식을 이용한 스캔방법

검사기 문제를 보다 쉽게 해결하기 위해 계층적 방법이 사용되고 있다.[4] 이는 유사도 문제에서도 문제의 복잡도를 줄이기 위해 사용된다.

단일연결(Single Linkage) 알고리즘[5]은 전형적인 클러스터링의 하나로서, 초기에 많은 클러스터를 생성시키고, 두 클러스터 간의 거리를 각 클러스터에 포함되는 데이터 사이의 가장 가까운 거리로 정의하고, 주변의 윈도우 중에 거리가 가장 가까운 데이터를 클러스터와 병합한다.

두 클러스터  $C_i$  와  $C_j$  가 있을 때, 클러스터 사이의 거리는 다음과 같이 정의한다.

$$D_{SL}(C_i, C_j) = \min_{a \in C_i, b \in C_j} d(a, b) \quad (2)$$

여기서  $d(a, b)$ 는 데이터  $a, b$ 사이의 유클리드 거리를 의미한다. 다음은 라인스캔 검사기의 클러스터링을 위한 알고리즘이다.

- S1. 각 윈도우를 클러스터로서 생성한다.
- S2. 각 클러스터에 대한 최단거리를 갖는 거리행렬  $D$ 를 구한다.
- S3. 가장 거리가 가까운 이웃의 클러스터를 찾아 이를 병합하여 하나의 클러스터를 형성한다. 이때 카메라의 폭과 데이터사이의 일정한 폭을 초과하지 않는 경우를 고려하여 병합한다.
- S4. 더 이상 병합이 이루어지지 않을 때까지 S2,3 를 반복한다.

그림4는 단일연결 알고리즘으로 형성된 스캔할 검사영역과 다음의 검사영역으로 카메라가 이동하는 과정을 보여준다. 아래와 같이 검사영역의 패드사이의 유사도를 높일 수 있으며, 카메라의 이동경로가 고정된 방법으로 이동하는 것이 아니라, 임의적으로 변동하여 이동한다. 따라서 불필요한 검사영역과 검사이동 경로를 줄이고자 한다.

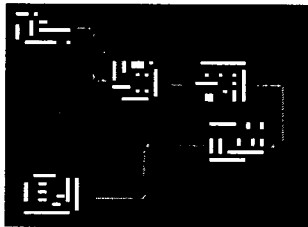


그림4. 단일연결 스캔 방법

### 3. 실험결과

그림 5는 본 논문에서 제시한 라인 스캔 카메라형 검사기를 시뮬레이션 수행하는데 사용한 물이다. 인쇄회로기판에 대한 정보를 가지고 있는 Pad 파일로부터 작업 데이터를 읽어와 동일한 기판에 대해 각각의 경로계획방법을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 카메라 폭은 15.36(mm)이고, 검사시 카메라의 이동 속도는 180(mm/sec), 가감속도는 0.09(sec)이며, 이동시 카메라의 이동 속도는 800(mm/sec), 가감속도는 0.40(sec), 스캔시나 이동시 실제로 정지했다가 다시 움직일 때까지의 시간을 설정하기 위해 딜레이시간은 0.5(sec)로 설정하였으며, 최대 기판 크기는 308(mm) X 228(mm), 스캔 방향은 수평으로 하여 시작점을 UL(Upper Left)로 하였다.

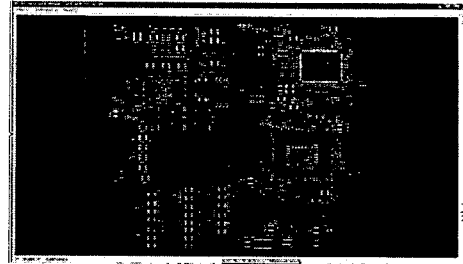


그림 5. 라인스캔 검사기 시뮬레이터

본 논문에서 제시한 3가지의 경로계획법은 Visual C++을 사용하여 프로그래밍 되었으며, MS-Windows XP/IBM-PC Pentium 4 3.2GHz 상에서 구현되었다. 10개의 입력기판 Pad 데이터를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 다음의 표1은 각각의 경로계획법 검사시간과 개선율을 보여준다. 검사시간은 카메라의 이동시간과 스캔시간의 합으로 계산하였다. 시뮬레이션 결과, 경로계획 성능에 영향을 주는 요인은 보드의 크기, 패드의 수, 패드의 분포 등이 있는데, 이중에 패드 분포에 따라 결과 값이 현저히 큰 차이가 남을 보여준다. 최대58%에서 최소 0%의 개선율을 보였으며, 일부스캔 및 단일연결방법은 각각 14.2%, 17.8%, 18.6%의 성능 개선 효과가 있음을 확인하였다.

표1. 경로계획방법별 검사시간 및 개선율

기판 번호	패드 수	보드크기 (가로X 세로mm)	전체 스캔		일부영역 스캔1		일부영역 스캔2		단일연결 스캔	
			시간 (sec)	개선율 (%)	시간 (sec)	개선율 (%)	시간 (sec)	개선율 (%)	시간 (sec)	개선율 (%)
1	250	124 X 80	10	7.6	24	7.6	24	7.6	24	
2	304	172 X 55	8.1	3.6	55.5	3.6	55.5	3.4	58	
3	409	102 X 81	10.4	10.2	1.9	10.1	2.8	9.9	5	
4	500	161 X 73	4.0	4.0	0.0	3.7	7.5	3.7	7.5	
5	540	222 X 141	21.9	21.2	3.2	20.9	4.5	20.8	5	
6	600	289 X 148	27.1	26.9	0.7	23.6	1.3	23.8	12.1	
			평균 개선율		14.2		17.8		18.6	

### 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 인쇄회로기판 조립라인에서 그 중요성이 증대되고 있는 라인 스캔 카메라형 SMT 검사기를 대상으로, 검사시간을 최소화하기 위한 경로계획 방법을 제안하였다. 검사 영역을 생성하기 위한 전체 검사영역, 일부 검사영역, 계층적 단일연결방식의 방법을 제시하였고, 전체영역을 스캔함으로써 생기는 문제를 정의하고, 이를 해결하기 위한 검사에 필요한 영역을 생성하기 위한 일부영역 스캔 방법을 구현하였으며, 또한 각각의 패드사의 유사도가 높도록 영역을 생성하는 클러스터링 알고리즘을 이용하여 이를 해결하고자 하였다. 시뮬레이션 결과, 전체영역스캔에 비해 일부영역스캔의 방법, 계층적 단일연결스캔 방법이 더 좋은 해를 생성시킴을 확인하였다.

#### [참고 문헌]

- [1] 박태형. "전자조립용 CAM 시스템의 기술도향", 전자공학회지, 제26권 제3호, pp.48-61, 1999.
- [2] 장동식, 김용덕. "실시간 자동 검사를 위한 라인스캔 컴퓨터 비전 시스템의 연구"산업공학 제 9 권 1호, pp73-92 1996.3)
- [3] 김화중, 박태형 "SMT 검사기의 경로계획을 위한 클러스터링 알고리즘", 한국퍼지 및 지능시스템 학회, vol.13, no.4, pp480-485, 2003.
- [4] A. K.Jain, M. N Murty, P.J. Flynn, "Data clustering: a review", ACM Computing Surveys, vol. 31, no. 3, pp.264-323, 1999.
- [5] E.Dahlhaus, "Fast parallel algorithm for the single link heuristics of hierarchical clustering", Parallel and Distributed Processing, IEEE Symposium on vol. 1, no.4, pp184-187, 1992.
- [6] www.sakicorp.co.kr