

PCB의 효율적 조립 방법에 관한 연구  
A Study on efficient PCB assembly

문기주<sup>1</sup> · 정현철<sup>2</sup> · 허지희<sup>2</sup>

동아대학교 기계산업시스템공학부<sup>1</sup> / 동아대학교 산업시스템공학과<sup>2</sup>

Abstract

A surface mount machine operation policy to assemble printed circuit boards is being developed in this research. The policy includes how to assign electronic components to slots on a component rack, and how to determine placement sequences on printed circuit board. The suggested heuristic uses information about component types and closeness relationships in each component on the board to assemble. First, the size of components and closeness ratings are used to divide them into two different size groups. Then rack assignment and placement routes are developed using component type and quantity information for a small size group, and followed by a large size group. Simulation models are developed using Visual C++ for performance evaluation of the heuristic. Necessary statistical analyses are provided to show the effectiveness of the suggested heuristic.

1. 서론

오늘날 많은 산업분야에서 인쇄회로기판(printed circuit board : PCB)의 사용이 일반화되었으며 특히, 지난 50년에 걸쳐 꾸준한 성장을 이루었다. PCB 부품이 주로 사용되는 산업분야는 컴퓨터, 통신, 전자제품의 전체 소비의 70% 이상을 차지하고 있는 실정이다. 정확한 수치의 산정은 불가능하지만 대략, 1998년에 이루어진 연구결과에 따르면 매년 5% 정도의 성장을 거듭하고 있으며, 그 규모는 대략 3백5십억에 이른다고 한다. PCB 산업은 노동 집약적 활동을 시작으로 현재 고도의 자동화 시스템으로 발전하였으며, 매우 다양한 형태로 시스템들이 구성되어 있다(Crama, Klundert, 1999).

PCB 제조현장에서는 제품에 대한 다양한 수요와 기업의 경쟁적 우위를 확보하기 위하여 제품 형태가 소량이면서 부품의 수는 많은 경우와 제품 형태는 매우 다양한 반면에 각 형태별 장착되는 부품의 수는 소량인 경우를 모두 만족시키기 위해 설비의 유연성을 추구하고 있으며 이러한 시스템의 효율성을 극대화시키기 위해 매우 다각적인 노력을 기울이고 있는 실정이다. 이러한 PCB 시스템은 특히, 특별한 계획수립과 일정계획 모형에 근거한 의사결

정 지원시스템들이 매우 유용하게 적용된다. 이에 대한 연구는 지난 20년 이상 꾸준히 수행되어 왔으며, 본 연구에서는 이러한 연구들을 고찰하고 PCB 생산 운영을 위한 새로운 지침을 제공하고, PCB 생산의 효율성을 극대화시키고자 한다.

일반적으로 PCB에 대한 기존 연구들을 살펴보면 주로 다음과 같은 문제점들을 해결하는데 초점을 두고 있다(Crama, Flippo, 1997).

- 1) 보드 형태별 그룹화 문제
- 2) 부품 형태별 부품 장착 순서결정 문제
- 3) 부품 공급기를 위한 순서결정 문제

본 연구에서 대상으로 하고 있는 PCB 생산공정은 그림 1과 장치들로 구성되어 있다. 최초 빈 PCB가 시스템으로 유입되고 각 부품은 삽입공정 또는 접착물질을 통해 보드위에 놓여지는 공정을 거치게 된다. 이러한 공정을 SMT(surface mounting device)공정이라 하며 매우 빠른 속도로 운영되고 부품 삽입과정 대부분을 차지하고 있는 공정으로 알려져 있다. 부품배치공정은 전체 공정에서 가장 많은 시간을 소비하므로 생산비용의 대부분을 차지하고 있으며, PCB 공정의 가동률을 극대화시키기 위해서는 표면 탑재방식의 PCB 조립공정을 위한 매우 효율적인 운영방안에 대한 연구가 매우 시급한 실정이다. SMT 공정에서는 그 특성상 매우 다양한 부품을 한꺼번에 장착하게 되므로 여러 가지 문제점들이 발생하게 된다. 특히 장착되는 부품의 크기가 매우 다양한 경우 일반적으로 크기가 작은 것에서부터 큰 것의 순서로 장착되게 되는 데 만일 부품이 큰 것을 먼저 장착하는 경우 크기가 작은 부품을 원활히 장착하지 못하는 문제가 발생하기도 한다(문기주외, 2001, 2002). 이러한 문제를 해결하기 위해 부품을 형태별로 그룹화하여 크기순으로 부품들을 할당하는 비교적 단순한 방법을 적용하고 있다. 그리고 그룹 테크날리지와 같은 방법을 적용하여 유사한 부품군을 형성하고 이들을 그룹화하는 방법을 연구하였다(Smed J, Johnsson M, 1999). 하지만 부품 종류가 매우 다양하고 각 부품당 할당되어지는 부품수가 많은 경우에는 그룹을 형성시키고 각 그룹별로 최적 삽입경로를 할당하여 다시 랙에 대한 부품 할당을 고려해야 하는 매우 복잡한 운영상의 문제점을 가지게 된다. 본 연구에서는 다양한 형태의 보드를 생산하는 현장을

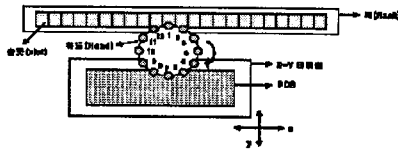


그림 1. 여러개의 헤드(multi-head)를 가지는  
부품자동삽입기

위해 보다 효율적인 부품 그룹 알고리즘을 연구하여 제시하고 기존의 문제점들을 해결하고자 한다.

## 2. PCB 모형의 개요

일반적인 PCB 생산 시스템은 랙, 헤드, X-Y 테이블로 구성되어 있으며, 랙은 X축 방향 이동, 헤드는 원형 이동과 Y축 이동, X-Y 테이블은 X축과 Y축을 동시에 이동 가능하다. 그림 1은 여러개의 헤드를 가지는 부품자동삽입기의 일반적인 형태를 보여주고 있으며, 각 장치들의 특성은 다음과 같다 (Klomp C, Klundert J, 2000).

- ① 헤드 : 12개의 헤드가 있으며 원형 테이블 형태로 구성. 부품은 오른쪽으로 회전 이동하며, 삽입공정을 위해 대기하게 된다. 헤드는 랙에서 부품을 하나 집고 회전운동을 통해 보드 위의 한 지점에 부품을 삽입하게 된다. 원형테이블은 한번에 30°씩 이동하게 되며, 회전 속도는 0.15(초)가 소요된다.
- ② 랙 : 랙은 각각의 고유 슬롯마다에 100개의 서로 다른 부품을 포함. 헤드가 슬롯으로부터 원하는 부품을 집을 수 있도록 x축 방향으로 0.15 초/1슬롯의 속도로 이동
- ③ X-Y 테이블 : PCB을 고정하는 테이블, x축, y축 방향으로 동시에 독립적으로 이동가능 (20mm/(0.15초당))

## 3. 부품 크기를 고려한 그룹형성 알고리즘

### 1) 부품 형태별 근접도 평가

랙의 칸에 부품을 할당하기 위해 우선 각 부품종류별로 X-Y 테이블의 이동거리를 고려하여 한단위에 또는 두단위 거리내에 위치하고 있는 부품형태별 부품수량을 기준으로 근접도를 평가한다. 이는 칸에 부품을 할당하는데 있어 기존의 PCB 상에 배치되는 부품종류의 수량과 더불어 각 부품종류들간의 인접한 정도를 동시에 고려할 수 있으며, 서로 근접한 위치에 있는 부품들을 하나의 그룹으로 형성해 줌으로써 최적의 배치순서를 결정하는데 결정적인 요인으로 작용하게 될 것이다.

## 2) 부품의 크기에 따른 양분화 방법

실제의 경우에는 부품의 배치시 헤드가 부품에 충돌하거나 미끄러짐 현상 등이 발생하므로 이를 방지하기 위하여 부품의 크기를 기준으로 하여 그룹화를 형성한다. 본 연구에서는 부품종류의 크기에 대한 제약조건을 고려하여 효율적인 그룹화를 위하여 그룹을 크게 3가지의 종류(대, 중, 소)로 분할한다. 먼저 소그룹의 부품들은 크기가 가장 작은 부품종류이고, 대그룹의 부품들은 크기가 비교적 큰 부품에 해당되며 각각 독립적으로 할당되어야 하는 부품들이다. 그리고 중그룹은 소그룹이나 대그룹 중 어느 그룹에도 포함될 수 있는 중간크기의 부품 그룹으로 근접도 평가 결과를 고려하여 근접도가 가장 높은 부품이 포함된 그룹에 할당되어진다. 결과적으로 초기의 3종류의 부품크기에서 근접도 평가결과를 고려한 후 두 개의 그룹(소그룹과 대그룹)으로 나뉘어지게 된다. 이후 각 그룹별로 부품 할당이 독립적으로 이루어지게 된다.

## 3) 랙에 대한 부품할당

모든 부품들이 양분화되어지면 각 그룹별로 부품을 보드에 배치해야 한다. 즉 랙의 각 슬롯에 실제로 장착될 부품을 할당해야 하는데, 부품 할당과정은 앞에서 실시한 근접도 평가결과를 기초로 이루어지게 된다. 즉 부품들간의 근접도 평가 결과를 기준으로 근접도가 높은 부품들이 서로 이웃하게 배치되도록 한다는 것이 기본 취지이며, 이는 X-Y 테이블에서의 단위이동거리와 함께 랙의 단위이동거리를 동시에 최소화하기 위한 방법론으로 적용되어지게 된다. 그리고 한 그룹내에는 매우 다양한 부품종류들이 함께 존재하며, 이들의 장착순서를 결정짓기 위해 각 부품종류별 부품개수를 고려하는 것으로 한다. 먼저 장착되어질 그룹을 결정하고 난 후 이들 그룹내의 모든 부품종류들을 확인한 후 각 부품개수를 기준으로 내림차순으로 정렬하고 부품개수가 비교적 많은 부품과 그렇지 못한 부품을 작은 그룹으로 형성하는 방법을 적용한다.

## 4. 수치실험 및 결과분석

모든 과정이 완료되면 슬롯 1에부터 부품을 보드에 장착이 이루어지게 된다. 먼저 슬롯 1의 부품을 보드의 일정한 위치에 장착시키고 나면 시스템은 다음에 가장 근접한 위치에 있는 부품을 검색하여 차례대로 모든 부품들을 보드에 배치시키게 된다. 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해 랙에 부품을 임의적으로 할당하여 그 결과치들과 알고리즘의 적용한 결과치를 비교·입증하였다. 먼저 모든 부품들을 랙에 임의적으로 할당하는데 매우 많은 경우들이 존재하므로, 이는 랜덤하게 수행되도록 프로그램화하였다. 먼저 본 연구에서 제시하고 있는 휴리스틱을 적용한 결과치와 모든 부품을 그룹별로 할당했을때의 단위이동거리 그리고 랙에 부품이 할당될 수 있는 모든 경우에서 랜덤하게 1000번의 실험결과치를 표 1에 함께 나타내었다. 이 때 각각의 실험별로 부품의 크기, 위치정보, 보드의 크기 등은 동일한 조건으로 설정하였으며, 부품의 개수는 모두 50개, 부품종류는 10, 부품 크기는 4종류로 설정하였다. 그리고 위와 동일한 조건에서의 제안된 휴

한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회  
2003년 5월 16일-17일 한동대학교(포항)

표 1. 임의 부품배정, 그룹별, 제안 휴리스틱에서  
의 단위이동거리 비교

	1회	2회	3회	4회	5회
평균(Mean)	81.72	81.15	86.92	85.72	86.94
표준편차(STD)	5.85	5.69	5.68	5.79	5.72
제안휴리스틱의 단위 이동 거리①	61	58	63	60	67
그룹별 단위이동거리②	58	61	63	80	72
① / ②	1.052	0.951	1.000	0.750	0.931

리스틱을 적용했을 때의 단위이동거리와 부품크기  
별 최단거리법을 적용했을때의 단위이동거리 비교  
하였다.

## 5. 결론

전체 PCB 제조공정상에서 랙에 부품을 배정하고  
실제로 보드에 부품을 배치하는 과정이 동시에 최  
적화되어야 하므로 매우 어렵고 복잡한 문제이다.  
특히 보드에 배치되어야 하는 부품의 종류와 부품  
개수가 다양해지면 그 정확한 해를 구하는 것을 불  
가능하게 된다. 본 연구에서는 부품 크기를 고려해  
야 하는 PCB 제조공정에서의 보다 효율적인 부품  
그룹화를 휴리스틱 방법과 부품 배치순서결정을 위  
한 새로운 규칙을 제시하고 그 효율성을 입증하였  
다.

## 참고문헌

- 문기주, (2001), 효율적인 PCB 조립을 위한 부품 랙 배정  
및 삽입순서 결정 방법의 개발, 산업경영시스템학회  
지, 24(66),
- 문기주, (2002), 그룹화에 의한 효율적 부품자삽순서의 결  
정에 관한 연구, 대한설비관리학회지, 7(1),
- Crama Y, Klundert J, Spieksma F(1999), Production  
planning models for printed circuit board assembly,  
23,
- Park S.S and Sohn J.H(1996), Efficient operation of a  
surface mounting machine with a multihead turret,  
International Journal of Production Research, 35(4),  
1131-1143.
- Klomp C, Klundert J, Spieksma F.C.R, Voogt S(2000),  
The feeder rack assignment problem in PCB  
assembly, Internation Journal of Production  
Economics, 64, 399-407.
- Smed J, Johnsson M, Puraned M(1999), Job grouping  
in surface mounted component printing, Robotics  
and Computer-Integrated Manufacturing, 15, 39-49.