

갠트리 타입 SMD에서 동시 흡착에 의한 효율적 PCB 조립 방안의 시물레이션 연구

문기주^{1†} · 김광필¹

An Efficient PCB Assembly Method by Multiple Adsorption with Gantry Type SMD using Simulation

Gee-Ju Moon · Gwang-Pil Kim

ABSTRACT

An efficient PCB assembly method with Gantry type machine is developed and proposed in this paper to improve system productivity. Nozzle changes at Gantry type machine is the major reason causing lower system performance instead of header and slot movements on the other type machines. The problem is attacked by maximizing multiple adsorptions to reduce the number of necessary nozzle changes with Gantry type machine. It is designed to reduce the assembly time per PCB with multiple adsorptions based upon the positions of feeders and nozzles. A simulation model is constructed to show the effectiveness of the suggested heuristic and necessarily a comparison study is followed with different methods on selection of next assembly feeder and nozzle with various cases.

Key words : Printed circuit board, Simulation, Optimization, Multiple adsorption

요 약

본 연구에서는 갠트리타입 기종을 사용한 PCB 조립 생산시 생산시스템의 수행도 향상을 위한 방안을 개발하여 제시한다. 갠트리타입의 기종에서는 헤더나 슬롯의 이동보다는 노즐의 교체가 시스템의 수행도 향상에 주된 걸림돌이 되므로 동시흡착을 최대화할 수 있는 방안을 모색하였다. 본 연구에서 제시된 해법은 피더의 위치와 노즐의 위치를 감안하여 동시흡착을 수행하도록 함으로써 노즐 교체를 최소화하고, 기판당 조립시간의 감소도 이루어지도록 하였다. 제안 해법의 유효성을 입증하기 위해 시물레이션 모형을 구축하고 부품의 수를 변화시켜가면서 다음 작업대상피더와 교체노즐의 선정을 다양하게 하여 여러 운영방안들의 수행도와 비교 분석하였다. 시물레이션 결과, 동시흡착을 유도하는 노즐교체를 할 경우 전반적인 수행상태가 양호한 것으로 나타났다.

주요어 : 인쇄회로기판, 시물레이션, 최적화, 동시흡착

1. 서 론

전자와 전기분야의 기술 발전에 따라 인쇄회로기판

(printed circuit board : PCB)의 사용은 점점 확대되어 근래에는 소형 휴대전화에서 대형 가전제품의 대명사인 TV, 냉장고 등에 이르기 까지 사용되지 않는 곳이 없을 정도로 일반화되었다. PCB를 사용하는 전자제품들의 확대 보급으로 PCB의 수요는 폭발적으로 증대되었으며, 초기에는 작업자들이 수공으로 조립하던 노동집약적 조립 형태에서 현재에는 고속의 자동화된 조립시스템으로 발전하였으며, 다양한 형태의 기종들이 개발되어있다. PCB 부품 자동조립기의 조립작업 정확도의 개선으로 불량률은 현저히 낮아진 상태이지만 조립생산성 향상을 위해 부

* 이 논문은 2005학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제) 지원에 의하여 연구되었음.

2006년 10월 27일 접수, 2006년 12월 1일 채택

¹⁾ 동아대학교 산업경영공학과

주 저 자 : 문기주

교신저자 : 문기주

E-mail: gjmoon@dau.ac.kr

품군의 형성이나 피더의 순서, 사용 노즐의 결정 등과 같은 최적의 부품 조립순서를 구성하는 데는 여전히 어려움을 겪고 있다. 실제 조립현장에서는 솔루션형태로 제공되는 알고리즘을 이용하기보다 작업자의 경험에 의해 장착 순서를 사용해서 더 좋은 결과를 보이기도 한다.

본 연구에서는 동시흡착의 최대화와 노즐교체의 최소화를 통해서 PCB 조립작업의 생산성을 올릴 수 있는 방안을 개발하고자 한다. 동시흡착은 갠트리 크레인이 X축의 이동 없이 동시에 두 개의 부품을 흡착할 수 있도록 하는 것으로 동시흡착이 이루어지기 위해서는 헤드에 있는 노즐의 배치와 피더의 배치가 일치하여야 한다. 반면 노즐의 교체는 현재 헤드에 있는 노즐을 사용할 수 없는 부품을 이동시킬 때 발생한다. 노즐의 교체가 빈번하게 발생하게 되면 전체적인 PCB조립시간의 지연이 발생하여 시스템의 효율을 떨어뜨리게 된다. 지금까지의 연구들에서 다루어오던 일반적인 PCB 조립시스템의 형태^[1,7,8]와 달리 X축과 Y축으로 동시에 이동 가능한 두 개의 갠트리 크레인이 PCB 조립공정에 있는 시스템을 대상으로 한다. 두 개의 갠트리 크레인을 이용하면 전체적인 작업시간의 단축을 가져올 수 있어 지금까지의 최적화된 순서 결정을 통한 조립시간 단축연구의 효과를 증대시킬 수 있을 것이다. 또한 갠트리 크레인이 두 개이기 때문에 동시에 투입된 두 개의 PCB에 대해서도 조립작업이 가능하게 되어 시스템 조립 생산성도 크게 향상시킬 수 있게 된다.

2. 기존연구의 동향

PCB생산에 관련된 연구들 중 공정상의 생산성향상을 추구한 것들을 먼저 간략히 살펴보면 Johri^[4]는 PCB 조립라인에 대한 최적설계에 관한 연구를 하였으며, Ham, Kim과 Chung^[2]은 조립라인의 평균화를 연구하였고, Kung와 Changchit^[5]은 시스템 성능을 향상시키기 위한 방안으로 PCB 조립라인에 대한 시뮬레이션 모형을 개발하였다, 그리고 Pardhy와 Dwivedi^[9]는 객체지향의 패러다임(paradigm)을 기본으로 지식기반시스템을 활용한 PCAAD(printed circuit board assembly advisor)를 개발하였다. Johri^[3]는 납기와 작업준비시간을 고려하여 작업 순서를 결정하는 알고리즘을 개발하였다. Leipala와 Nevalainen^[6]는 하나의 헤드를 가지는 PCB 조립기로 피더 랙의 위치결정 순서를 고려하고 부품장착순서를 결정하였다. Park과 Sohn^[8]은 여러 개의 헤드를 가지는 기계로 확장하였으며, Leipala과 Nevalainen^[6]의 연구의 수식

적 모형과 거리측정 식을 알맞게 수정하였고, 부품의 장착순서를 개선한 해를 구성하였다. Yves, Olaf, Joris와 Frits^[10]는 부품 자동삽입기의 부품 공급장치(feeder rack)에 설치된 랙(rack)은 부품을 할당 받지 못하고 비어 있는 랙이 발생하게 되어 랙의 이동시 연속적인 이동거리가 가장 멀어지는 부품을 찾아 빈 공간의 랙에 부품을 다시 한번 중복 할당하는 방법을 사용하였다. 문과 정^[1]은 랙에 부품을 할당에 있어서 각 부품종류들 사이의 근접거리를 평가하고 랙에 부품종류들을 할당에 있어 부품종류의 수량과 각 부품종류간의 인접한 정도를 동시에 고려하여 부품들을 그룹으로 묶어 장착순서를 결정하는 방법을 제안하였다. 문^[1]은 휴대전화등에 사용되는 것과 같은 소형 PCB의 경우 여러 개의 동일한 것이 한개의 큰 기판에 인쇄되어 조립되는 경우 효율적인 조립방안을 연구개발하였다. 이상의 연구에서는 부품의 위치 좌표 및 부품 크기 등에 대한 정보를 랜덤하게 생성하거나 부품 그룹을 형성하여 조립하는 방법의 적용에 있어서 갠트리타입이 아닌 로타리식 헤더가 장착된 기종으로 갠트리 타입에서는 영향이 미미한 제약조건이 중점적으로 고려되어있다.

3. PCB 모형

3.1 PCB 모형의 개요

본 연구에서 고려하고 PCB 조립시스템은 기계의 양면에는 그림 1에서와 같이 부품을 공급할 수 있는 피더가 장착이 되어 있다. 하나의 피더에는 동일한 부품이 있으며, 피딩시스템을 이용해 다음 작업에 사용될 부품을 하나씩 공급 가능하다. 부품 공급이 가능한 피더가 양면에 있고 이를 이용하는 헤드도 두 개가 있어 앞쪽의 피더는 앞쪽의 헤드에서 작업이 가능하며, 뒤쪽 피더에 있는 부품들은 뒤쪽의 헤드가 작업을 하도록 해서 헤드간의 충돌을 피한다. 그리고 작업중의 충돌을 피하기 위해 PCB보드에서 작업할 영역을 설계 단계에서 구분하여 할당한다. 피더에 있는 부품은 헤드에 있는 노즐에 흡착된 상태에서 PCB에 장착된다. 부품별로 사용가능한 노즐은 서로 다르며, 헤드에는 6개의 노즐을 동시에 장착할 수 있고, 새로운 노즐을 필요로 할 때에는 노즐이 보관되어 있는 노즐 공급기에서 교체가 가능하다.

동시흡착은 하나의 노즐이 부품을 흡착할 때, 헤드의 이동없이 다른 피더에 있는 부품을 옆에 있는 노즐이 흡착할 수 있을 때 발생한다. 하지만 부품의 충돌 가능성을 없애기 위해서 바로 옆에 있는 인접한 노즐간 동시흡착은 피하고 일정거리 이상의 노즐간 동시흡착이 가능하도록

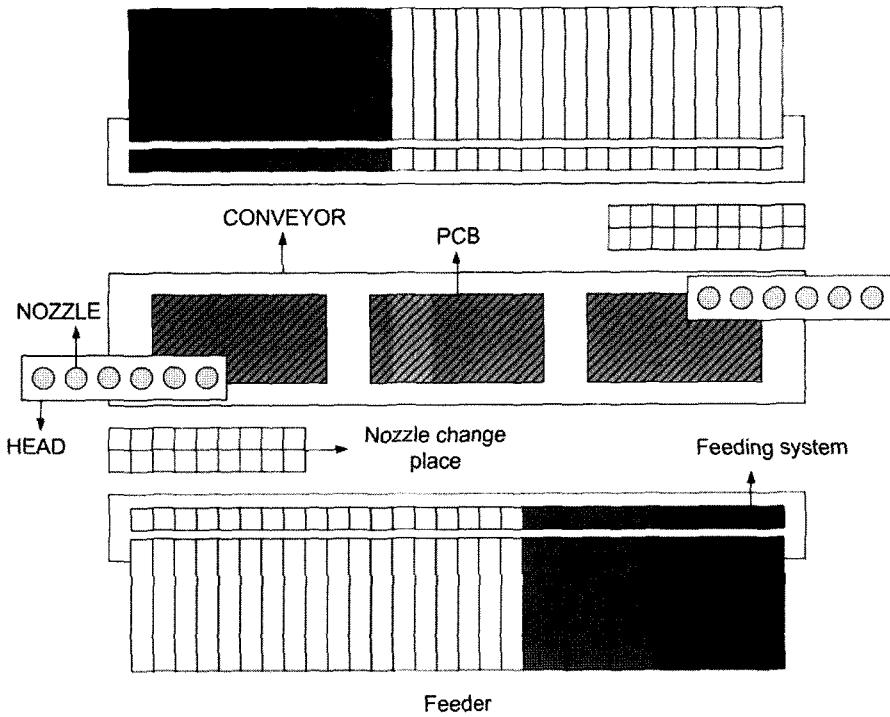


그림 7. 모형의 개요

하였다. 이렇게 동시흡착이 가능하기 위해서는 헤드에 장착된 노즐과 피더에 있는 부품이 이용 가능한 노즐이 동일하여야 한다. 하나의 부품을 장착할 경우에 피더와 PCB 사이의 이동이 두 번 발생하는 반면, 동시흡착에서는 여기에 PCB와 PCB 상의 장착지점간의 이동만을 추가해서 두 개의 부품을 장착시켜 전체 작업시간을 줄일 수 있게 된다.

3.2 노즐연관성에 의한 부품 그룹화

일반적인 작업현장에서는 사용의 편의성 때문에 PCB 당 장착수가 많은 부품을 피더의 중앙에 배치함으로써 거리를 최소화하고 있다. 본 연구에서는 먼저 피더의 순서를 결정함에 있어 노즐의 연관성을 고려한다. 하나의 노즐이 하나의 부품만을 흡착한다면 부품과 노즐간의 연관성이 발생하지 않겠지만 하나의 노즐이 여러 개의 부품을 흡착할 수 있다면 부품과 노즐간의 연관성이 생기게 된다. 이러한 연관성을 이용해서 부품들을 몇 개의 그룹에 편성한다.

- ① 그룹 1 : 부품 특성상 처음에 작업해야 할 부품 그룹
- ② 그룹 2 : 그룹 1과 같은 노즐을 사용하는 부품 그룹

- ③ 그룹 3 : 부품 특성상 마지막에 작업해야 할 부품 그룹
- ④ 그룹 4 : 그룹 3과 같은 노즐을 사용하는 부품 그룹
- ⑤ 그룹 5 : 그룹에 편성되지 않은 부품 그룹

일반적으로 크기가 큰 부품은 먼저 처리 하고, 다른 부품에 비해 높이가 높은 부품이나 좁은 지역에 많이 장착되는 부품은 나중에 처리를 해야 하기 때문에 적용시킬 수 있는 그룹편성이다. 이같은 그룹편성을 적용한다면 그룹 내에 있는 부품이 모두 장착되기 전에는 다음 그룹에 대한 작업을 할 수 없게 되어 전체적인 그룹간의 작업순서는 그룹1→그룹2→그룹5→그룹4→그룹3의 순서를 따르게 된다. 표 1은 사용노즐에 따른 그룹편성의 예이다.

동시흡착은 피더와 노즐의 순서와 밀접한 관련을 가진다. 그 중 피더의 순서는 작업초기에 한번 셋업이 되면 PCB 조립작업 도중에 변경하거나 PCB 형태별로 그 순서를 다르게 해서 작업하기가 어렵다. 이에 반해서 노즐의 순서는 모든 노즐을 헤드에 장착할 수 없다는 제약으로 인해 노즐을 교체해야 하므로 작업 중에 빈번하게 그 순서와 형태가 다르게 나타난다. 노즐 연관성을 이용해서 그룹을 편성하게 되면 같은 그룹에 속한 부품 장착의 경우에는 노즐의 교체를 최소화하여 전체 조립시간을 단축

표 1. 그룹편성의 예

부품번호	1) 초기 장착부품							2) 마지막 장착부품		
	1	2 ¹⁾	3	4	5	6	7 ²⁾	8	9 ²⁾	10
사용노즐	4	4	5	2	4	3	1	6	5	7
그룹	2	1	4	5	2	5	3	5	3	5

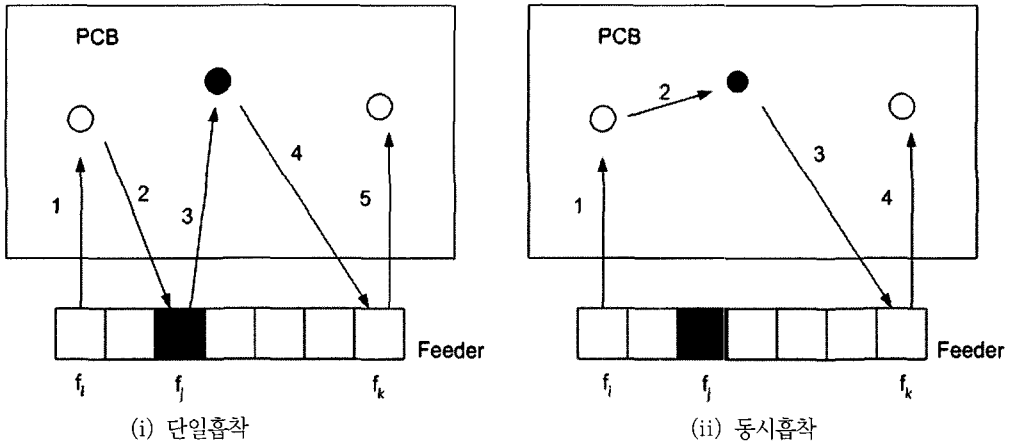


그림 2. 단일흡착과 동시흡착의 비교

할 수 있는 장점이 있다. 그리고 같은 그룹에 포함된 부품의 피더를 배치할 때는 같은 그룹의 피더들은 인근에 배치하여 그룹별 배치가 이루어지도록 하고 그룹 내에서 동시흡착을 빈번히 유발시키기 위해 배치순서를 결정하는 것이 타당할 것이다.

3.3 동시흡착을 위한 알고리즘

그림 2의 (i)은 헤드가 한 번 이동할 때 하나의 피더에서 부품을 흡착하는 단일흡착의 이동경로를 보여주고 있고, 그림 2의 (ii)에서는 앞쪽 두 개의 피더에서 부품을 동시에 흡착하였을 경우의 이동경로를 보여주고 있다. 동시흡착을 이용할 경우 (i)의 2번과 3번의 PCB와 피더와의 이동시간을 (ii)의 PCB간의 이동시간으로 대체할 수 있기 때문에 전체 작업시간을 줄일 수 있게 된다. 하지만 이러한 동시흡착이 가능하기 위해서는 동시흡착 작업 이전에 노즐의 배열순서가 두 개의 부품을 동시에 흡착할 수 있는 간격을 유지하고 있어야 한다. 그러나 전체작업에서 동시흡착의 비율을 높이기 위해서 이동경로를 작성하면서 노즐의 교체를 통해서 동시흡착을 할 경우에는 노즐교체에 작업시간을 소모하게 되어서 동시흡착의 효과를 반감시키게 될 것이다.

본 연구에서는 전체 작업에서 차지하는 동시흡착의 비

율을 높이기 위해 다음과 같은 해법을 개발하였다.

- ① 다음 작업을 위한 피더 f_i 를 피더 선정기준에 의해 선정
- ② 현재 노즐에 피더 f_i 를 위한 노즐 n_i 가 있는지 탐색 있으면 단계 ③으로 없으면 노즐 교체를 위한 단계 ⑤
- ③ 피더 f_i 옆에 현재 작업해야 할 부품을 가지고 있는 피더 f_j 가 있는지 탐색해서 있으면 단계④로 아니면 피더 f_i 를 단일흡착
- ④ 헤드의 이동없이 피더 f_j 를 흡착할 노즐 n_j 가 있으면 두 개의 피더에 대해 동시흡착하고 없으면 단계 ③을 반복
- ⑤ 피더 f_i 옆에 현재 작업해야 할 부품을 가지고 있는 피더 f_j 가 있는지 탐색해서 없으면 피더 f_i 를 흡착할 수 있는 노즐 n_i 로 노즐을 교체해서 단일흡착. 있으면 단계⑥으로
- ⑥ 피더 f_j 를 위한 노즐 n_j 가 현재 헤드에 있는지 탐색해서 없으면 피더 f_i 를 흡착할 수 있는 노즐 n_i 로 노즐을 교체해서 단일흡착. 있으면 단계 ⑦
- ⑦ 피더 f_i 와 f_j 사이의 피더 거리와 동일한 거리만큼

노즐 n_j 에서 떨어진 노즐위치에 n_i 를 교체하여 동시흡착한다.

동시흡착에 의해 PCB조립작업의 순서는 PCB 상의 장착위치와 동시흡착 이후에 하는 첫 번째 조립작업의 피더 위치 f_k 가 먼 곳에 대해서 먼저 조립을 하게 된다.

4. 시뮬레이션 모형의 구축 및 수행도 평가

동시흡착을 이용해서 효율적인 PCB 조립 운영방안을 제시하기 위해서 몇 가지 다른 방안들과의 비교 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 운영방안은 피더의 선정과 교체 노즐의 선정은 다음과 같다.

다음 작업을 위한 피더 선정은 피더가 가지고 있는 부품의 수량을 기준으로 하였다.

- ① 최소 부품 피더(mix feeder) : 최소 부품을 가지고 있는 피더를 선택.
- ② 최대 부품 피더(man feeder) : 최대 부품을 가지고 있는 피더를 선택.

그리고 선정된 피더에 맞는 노즐이 현재 헤더에 존재하지 않을 경우 어떤 노즐을 교체해야 할지를 노즐 선정

기준은 다음과 같다.

- ① 임의 노즐 교체(random nozzle) : 임의의 노즐을 교체
- ② 최대 노즐 교체(max nozzle) : 작업량이 최소인 노즐을 교체. 같을 경우 임의 선택
- ③ 최소 노즐 교체(min nozzle) : 작업량이 최대인 노즐을 교체. 같을 경우 임의 선택
- ④ 동시 흡착 노즐 교체(dual nozzle) : 동시 흡착이 가능한 노즐을 교체. 두 개 이상일 때 임의 선택

시뮬레이션을 위해서 세 개의 공정으로 형성된 라인을 시뮬레이션 소프트웨어인 Automod를 이용해서 구성하였다. 각 공정사이의 자동이송장치에 의해서 연결되어 있어 일정한 이동시간을 가지는 것으로 하였다. 각 공정에서 보드 당 처리해야 할 부품의 수는 100개에서 500개까지 달라지면서 난수를 이용해서 장착위치가 서로 다른 10개의 PCB 유형에 대한 조립결과를 실험하였다. 공정당 피더의 수는 30~50개, 노즐의 개수는 15개가 되도록 하였으며, 부품의 장착 위치는 보드내에서 두 개의 헤드가 충돌이 발생하지 않는 범위내에서 보드 유형별로 임의 발생하도록 하였다. 그 결과는 표 2부터 표 6까지 부품수별로

표 2. 부품수가 100개 시뮬레이션 결과

운영방안	노즐교체	동시흡착	평균시간(초)	완료시간
Max feeder Max nozzle	9242.98	1168.63	237.51	1:20:58:25
Max feeder Min nozzle	4958.55	692.55	210.07	1:16:21:56
Max feeder ran nozzle	6605.77	528.27	224.15	1:18:21:10
Max feeder dual nozzle	5452.13	1784.77	207.81	1:16:12:46
Min feeder Max nozzle	6179.55	1156.63	219.52	1:17:37:33
Min feeder Min nozzle	4472.27	478.98	209.03	1:16:52:52
Min feeder ran nozzle	6087.47	342.35	220.37	1:17:43:41
Min feeder dual nozzle	5135.58	1335.83	207.92	1:16:03:41

표 3. 부품수가 200개 시뮬레이션 결과

운영방안	노즐교체	동시흡착	평균시간(초)	완료시간
Max feeder Max nozzle	18968.3	2637.3	427.1	2:23:34:46
Max feeder Min nozzle	8479.1	2015.3	351.2	2:13:00:47
Max feeder ran nozzle	9962.3	1734.9	365.2	2:14:51:24
Max feeder dual nozzle	8664.4	4937.9	336.7	2:10:32:16
Min feeder Max nozzle	8146.9	2813.7	351.5	2:12:03:03
Min feeder Min nozzle	6129.5	1118.2	339.7	2:10:35:34
Min feeder ran nozzle	7902.6	929.0	357.4	2:12:43:52
Min feeder dual nozzle	6888.6	2721.1	336.9	2:10:12:37

표 4. 부품수가 300개 시뮬레이션 결과

운영방안	노즐교체	동시흡착	평균시간(초)	완료시간
Max feeder Max nozzle	28835.4	4839.1	608.6	4:01:20:56
Max feeder Min nozzle	11371.2	3452.4	483.9	3:09:06:36
Max feeder ran nozzle	11565.0	3433.7	488.7	3:07:52:51
Max feeder dual nozzle	9806.6	8776.4	448.9	3:02:52:51
Min feeder Max nozzle	8974.2	4783.5	466.4	3:04:11:05
Min feeder Min nozzle	6616.1	2296.5	462.0	3:03:26:24
Min feeder ran nozzle	9647.9	1346.9	473.4	3:05:02:15
Min feeder dual nozzle	7543.0	4349.3	453.8	3:02:44:22

표 5. 부품수가 400개 시뮬레이션 결과

운영방안	노즐교체	동시흡착	평균시간(초)	완료시간
Max feeder Max nozzle	39251.8	6367.9	793.6	5:04:11:50
Max feeder Min nozzle	15023.1	5338.9	618.5	4:05:46:52
Max feeder ran nozzle	12556.8	5248.7	604.8	4:00:37:41
Max feeder dual nozzle	10818.6	12328.2	559.0	3:18:34:47
Min feeder Max nozzle	9165.0	6250.3	581.4	3:20:33:09
Min feeder Min nozzle	7014.0	3051.3	580.7	3:20:39:53
Min feeder ran nozzle	8643.3	1970.9	594.3	3:22:06:45
Min feeder dual nozzle	7853.6	5821.1	569.1	3:19:29:21

표 6. 부품수가 500개 시뮬레이션 결과

운영방안	노즐교체	동시흡착	평균시간(초)	완료시간
Max feeder Max nozzle	49325.6	8467.6	978.7	6:06:20:40
Max feeder Min nozzle	16799.6	7331.5	743.7	4:23:39:34
Max feeder ran nozzle	13034.3	7291.7	723.1	4:14:49:44
Max feeder dual nozzle	11853.4	17371.3	664.4	4:08:38:37
Min feeder Max nozzle	9200.6	8280.9	695.9	4:12:15:56
Min feeder Min nozzle	7070.3	4589.2	698.6	4:13:21:21
Min feeder ran nozzle	8660.2	2672.8	716.6	4:15:29:10
Min feeder dual nozzle	7858.3	8651.9	680.3	4:11:22:34

요약하였다.

모두 1000개의 PCB를 완성하기까지 실험하여 10회 반복하여 그 결과를 비교하였으며, 노즐교체 회수, 동시흡착회수, 보드당 처리시간과 완료시간의 비교를 통해서 각 운영방안간의 수행도 차이를 그림 3에서 6까지 비교하였다.

피더와 노즐의 선정기준에 의해 실험가능한 8가지 운영방안에 대한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 노즐교체에 의한 비교는 각 운영방안이 1000개의 PCB를 생산하

기까지 얼마나 많은 노즐을 교체했는지 비교하기 위한 것이고, 동시흡착의 비교는 두 개의 부품을 동시에 흡착한 동시흡착 회수를 비교하였다. 평균시간은 하나의 PCB를 처리하는데 걸린 평균 시간을 비교하였고, 완료시간은 1000개의 PCB를 모두 생산하는데 걸린 시간을 비교해서 보이고 있다.

전체적으로 보았을 때 노즐 교체회수는 부품의 수와는 상관없이 최대 피더와 최대 노즐을 선택하는 운영방안이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 최소 피더와 최

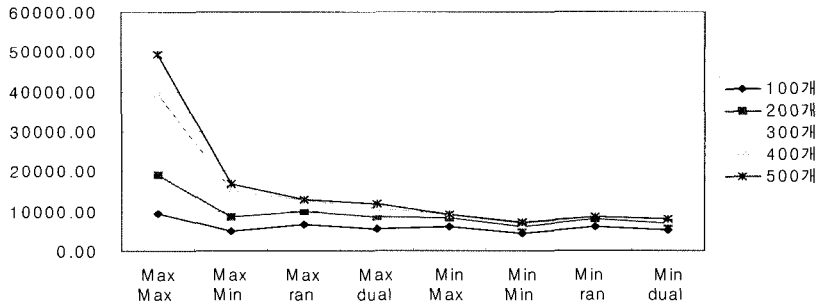


그림 3. 노즐교체 회수

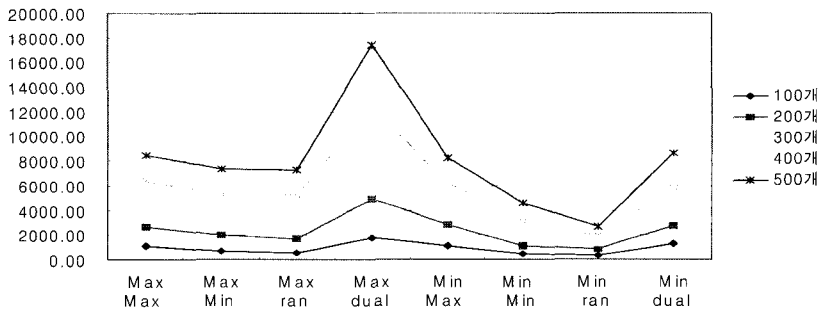


그림 4. 동시흡착 회수

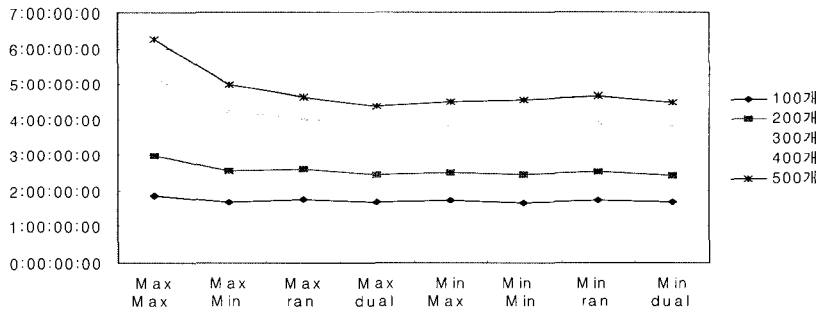


그림 5. 완료시간

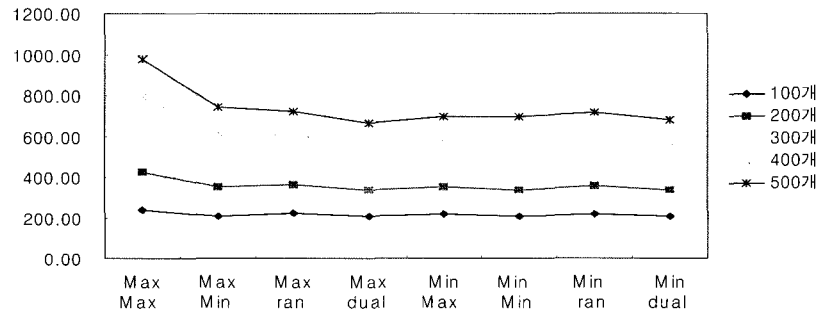


그림 6. 평균처리시간

소 노즐을 선택하는 운영방안의 노즐 교체 빈도가 가장 적었다. 동시흡착의 빈도는 최대 피더와 동시흡착 노즐선택의 경우가 가장 많았으며 최소 피더와 임의 노즐 선택이 가장 비효율적인 결과를 보였다.

PCB당 평균 처리 시간은 최대 피더와 동시흡착 노즐 선택의 운영방안이 가장 짧았고, 그 다음이 최소 피더와 동시흡착의 노즐선택이었다. 부품의 수가 적은 경우에는 두 운영방안간의 차이가 크지 않았으나 부품의 수가 많아질수록 그 차이가 많아지고 있다. 완료시간의 경우, 최대 피더와 최대 노즐이 가장 긴 완료시간을 가지고, 동시흡착 노즐의 선택하는 두 운영방안이 짧은 완료시간을 가지고 있다. 부품의 수가 적은 경우에는 최소피더와 동시흡착 노즐선택의 완료시간이 짧고 부품수가 많을수록 최대 피더와 동시흡착 노즐선택의 완료시간이 짧아짐을 알 수 있다.

부품의 수가 적은 경우에는 각 운영방안간의 실험값들의 차이가 많지 않으나 부품수가 증가할 수록 결과값들의 차이를 확인할 수 있다.

전체적으로 노즐을 교체해야 할 경우에 동시흡착을 유도하는 위치의 노즐을 교체하는 두 운영방안이 우수한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다. 이 두 운영방안 중 노즐 교체 회수와 동시흡착 회수가 최소 피더를 선택하는 운영방안이 적은 것으로 봐서 최소 피더를 선택했을 경우 교체된 노즐이 다음 작업에서 다시 사용되는 빈도가 줄어드는 효과가 있는 반면, 동시흡착의 기회도 같이 줄어드는 것으로 파악된다. 다음 작업 대상으로 최대 피더를 선택하는 경우에는 노즐의 교체가 빈번하게 일어나기는 하지만 대부분의 피더가 비슷하게 줄어드는 효과가 있어 동시흡착의 최대화 효과를 가지게 됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 갠트리타입의 기종을 사용하는 PCB 조립공정에서 동시흡착과 노즐교체를 고려한 생산성 방안을 개발하고 시뮬레이션 모형을 구축하여 그 수행도를 분석하였다. 먼저 노즐의 연관성을 이용해서 부품의 그룹을 나누고 부품그룹별로 피더의 위치를 조정함으로써 동시흡착의 기회를 제공하였다. 노즐교체작업시에 노즐별 작업량을 체크하는 운영방안을 사용하여 노즐교체 회수를 최소화하고, 동시흡착을 유도하는 노즐교체 위치를 선정

하여 PCB조립시스템의 성능을 향상시키는 운영방안을 제안하였다. PCB 조립작업에서 노즐의 교체는 불가피하게 발생하는 것으로 본 논문에서 제안된 동시흡착을 유도하는 노즐의 교체알고리즘을 이용하여 PCB 당 조립작업과 완료시간의 단축효과를 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

1. 문기주, 정현철 (2005) “동일부품 집단화현상을 이용한 PCB자동조립기 랙과 기판의 이동거리 최소화”, 산업공학, 18권, 3호, pp. 297-307.
2. Ham, H.S., Kim, Y.H, Chung, Y.K., (1994), “Job route selection Model for line balancing of Flexible PCB auto-insertion line”, Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 20, No. 4, pp. 5-21.
3. Johri, P.K., (1990), “A Heuristic Algorithm for Loading New Work on Circuit Pack Assembly Lines”, International Journal of Production Research, Vol. 28, No. 10, pp. 1871-1883.
4. Johri, P.K., (1991), “Engineering a Circuit Board Assembly Line for a Desired Capacity and Flowtime”, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 10, No. 6, pp. 492-500.
5. Kung, H.K. and Changchit, C., (1991), “A Just-in-time Simulation Model of A PCB Assembly Line”, Computer & Industrial Engineering, Vol. 20, No. 1, pp. 17-29.
6. Leipala, T. and Nevalainen, O., (1989), “Optimization of the movements of a component placement machine”, European Journal of Operational Research, Vol. 38, pp. 167-177.
7. Moon, G. J.(2005) “Development of an efficient procedure for multi-board assembly”, Journal of the Korean Institute of Plant Eng. Vol. 10, No. 2, pp. 19-30
8. Park, S.S. and Sohn, J.H., (1996), “Efficient Operation of a surface mounting machine with a multihead turret”, International Journal of Production Research, Vol. 25, pp. 1131-1143.
9. Padhy, S.K. and Dwivedi, S.N., (1992), “PCAAD - An Object-oriented Expert System for Assembly of Printed Circuit Boards”, Expert Systems, Vol. 9, No. 1, pp. 11-24.
10. Yves Crama, Joris can de Kundert, Frits C.R. Spieksma, (2002), “Production planning problems in printed circuit board assembly”, Discrete Applied Mathematics, Vol. 13, pp. 339-361.



문 기 주 (gmoon@dau.ac.kr)

1978년 동아대학교 공업경영학과 학사
1989년 미국 Iowa State University 산업공학 박사
1989년 한국전자통신연구원 선임연구원
1990년~현재 동아대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터시뮬레이션, 조합형 최적화, 물류계획



김 광 필 (piru@dau.ac.kr)

1993년 동아대학교 산업공학과 학사
1995년 동아대학교 산업경영공학과 석사
2000년 동아대학교 산업경영공학과 박사
2000년~2003년 동의과학대학 공업경영과 겸임교수
2005년~현재 동아대학교 산업경영공학과 초빙교수

관심분야 : 시뮬레이션, 공장자동화, AS/RS