

동적 네트워크를 이용한 표면실장기 운영 평가
(The Evaluation for the Operation Surface Mounters
using a Dynamic Network)

이 달 상*

Dal-Sang Lee*

*동의대학교 산업공학과

Abstract

The evaluation test for the operation of rotary type surface mounters which consist of the reel axis, the index table and the X-Y table, has been performed by comparing the new method with the old one in only fields. Because the problem seeking for the optimal operation of rotary type surface mounters, is NP complete, it is almost impossible to get the optimal solutions of large problems. This paper deals with a dynamic network modeling, which can reduce the effort, the cost, and the time used for the performance test of rotary type surface mounters.

1. 서 론

표면실장기(Surface Mounter)란 종래의 전자부품에 있는 리드(lead)선을 없애거나 극소화해서 극소형 전자부품을 인쇄회로기판상에 부착할 수 있게 만드는 기계를 말하며, 이러한 부품을 실장(mounting)하기 위한 공정상의 기술, 부품기술, 실장기기 및 조립기술을 총칭하여 표면실장기술(SMT:Surface Mounting Technology)이라 한다. 표면실장기술은 원래 부품의 고밀도 실장을 목적으로 개발된 것이었지만, 최근에는 전자부품의 유니트, 모듈화의 기술로도 응용되고 있으며 기술혁신이 빠르게 진전되고 있다. 전산기의 고속화, VTR의 경박단소화, 영상기기의 고화질화, 음향기기의 고음질화 등에 공헌하고 있는 것이 바로 자동실장기술인데, 전자제품의 고기능, 콤팩트화에 비해 가격은 오히려 내려가고 있는 이유의 하나가 표면실장기의 사용 때문이다. 따라서 현재 전자부품시장의 30%

정도를 차지하고 있는 SMD채택율은 더욱 증가하는 추세가 될 것이며, 선진국과 비교할 때 국내의 보급율은 아직 초기단계라고 볼 수 있다[이재원 et al.(1995)].

표면실장기술은 하드웨어의 측면과 소프트웨어의 측면으로 크게 나누어 생각할 수 있다. 하드웨어 측면에서 볼 때 표면실장기의 생산성 향상을 위해 고품질의 부품 생산 및 장비의 신뢰성에 관심을 두고 이를 발전시킬 수 있으며 이는 전자공학 및 기계, 제어 공학 등의 진보로 이룩될 수 있다. 표면실장기(surface mounter)의 생산성은 장비의 신뢰성 이외에도 운용 방법에 크게 의존한다. 고속, 대량 생산용인 로터리형 표면 실장기(rotary type surface mounter)를 운용하기 위하여 먼저 부품 카세트의 위치와 장착 순서가 결정되어야 한다. 작업자들은 이제까지 자신의 경험에 의존하여 이러한 운용 방법을 수립한 후 NC 파트 프로그램을 작성한다. 그런데 많은 장착점과 카세트의 위치에 대해서 효율적인 운용 방법을 수립하는 일이 작업자들에게는 매우 고된 일이 될 뿐만 아니라 작업자들의 능력에 따라 표면 실장기의 생산성이 달라질 수 있기 때문에 이의 효율적 운용을 위한 소프트웨어의 개발이 요청된다.[이영해, 김정(1995)]

기존의 연구로서 Leipala Nevalainen(1989)은 단일 헤드를 갖는 메니플레이터의 운영을 위한 부품 피더의 위치를 임의로 배정하고 초기의 장착순서를 결정한 후, 노드 교환 장법을 적용하여 최종 부품 피더의 위치와 장착순서를 결정하는 알고리즘을 제시하였다. Walas and Askin(1984)은 다수의 헤드를 가진 메니플레이터의 운영을 위한 알고리즘을 제시하였는데 알고리즘에 표면 실장기의 운영상에서 고려해야 할 인자들의 수가 제한적이었다.

이영해와 김정(1994)은 시스템 분석을 통해 표면 실장기 운용에 영향을 주는 모든 인자들과 변수들을 결정한 후 이를 매트릭스 형태로 표현하였다. 그리고 시스템의 동작 원리를 이용하여 변수를 통합시킴으로써 한 변수를 이용하여 시스템의 최적 운용을 위한 알고리즘을 개발하였다. 또한 로터리형 표면 실장기의 사용자들에 대한 편이성과 생산성의 향상을 고려한 운용 알고리즘 및 소프트웨어를 개발하였다.

이러한 효율적인 운용 알고리즘을 개발하기 위하여서는 표면실장기 상의 칩들의 동적 궤적을 파악해야 정확한 해를 구할 수 있게 된다. 그러나 이러한 칩들의 동적 궤적들은 상당히 복잡하여 파악하기가 쉽지 않다. 그러나 이를 위해 동적 네트워크(Dynamic Network)구조를 사용하면 표면 실장기상의 칩들의 동적 궤적을 쉽게 표현할 수 있고 이를 분석하면 좀 더 정확한 해를 구하는데 도움이 될 것이다. 이와 유사한 연구로서 Kroll(1989)은 유연생산시스템을 동적네트워크로 표현하여 일정계획문제에 대한 최적해를 구하는데 사용하고 계산적으로 가능함을 보였다.

본 연구에서는 동적 네트워크(Dynamic Network)구조를 사용하여 표면 실장기상의 칩들의 동적 궤적을 쉽게 표현할 수 있음을 보인다.

2. 표면실장기의 구성

표면 실장기의 종류는 다양하지만 본 연구에서는 이영해, 김정(1995)의 로터리형 표면 실장기를 고려 대상으로 하는데 이를 간략히 요약하면 다음과 같다.

로터리형 표면 실장기는 크게 릴 축(Reel Axis), 인덱스 테이블(Index Table) 그리고 XY테이블(X-Y Table)의 세부분으로 구성되어 있다. 릴 축은 PCB에 장착될 부품을 담고 있는 부품 카세트 배치 장치로써 장착 작업이 수행될 때 수평운동하며 부품을 인덱스 테이블의 헤드에 공급하는 역할을 수행한다. 부품의 크기가 다양하기 때문에 부품 카세트의 크기와 위치는 부품 조립시간에 영향을 주는 인자가 된다.

인덱스 테이블에는 18개의 헤드가 있다. 테이블이 회전하면서 헤드는 피킹 스테이션(Picking Station: ①)에서 부품을 피킹한 후, 요구되는 여러 스테이션을 방문한다. 헤드가 모든 스테이션을 방문하면서 각 부품에 요구되는 여러 작업들이 이루어지게 되고 Chip Mounting Station에서 부품은 PCB 위에 장착된다. 인덱스 테이블이 회전할 때의 회전 속도는 각 부품에 따라 다르게 지정될 수 있다. 그리고 각 부품의 포지셔닝(Positioning: ④,⑤,⑥)을 위해

사용되는 유니트(Unit)도 다를 수 있다. 또한 PCB 위에 장착되는 부품의 장착 각도는 각 부품마다 다를 수 있다. 따라서 표면 실장기의 운용을 위해 인덱스 테이블에서 고려해야 할 인자는 인덱스 테이블의 지정 회전 속도, 부품의 장착 각도, 그리고 포지셔닝 유니트이다.

PCB는 XY 테이블 위에 올려져서 이동한다. XY테이블은 X-축, Y-축으로 이동하면서 장착 작업을 돕는다. 즉 PCB의 지정된 장착점이 장착 스테이션(mounting Station: ⑩)에 오도록 XY테이블은 수평 및 수직 운동을 수행한다. XY테이블의 이동 거리는 부품 조립 시간에 영향을 주기 때문에 PCB위의 장착점간의 거리는 표면실장기의 운용전략을 수립할 시 고려해야 할 인자가 된다. 이상에서 살펴본 인자들을 정리하여 그림1과 표 1에 나타낸다.

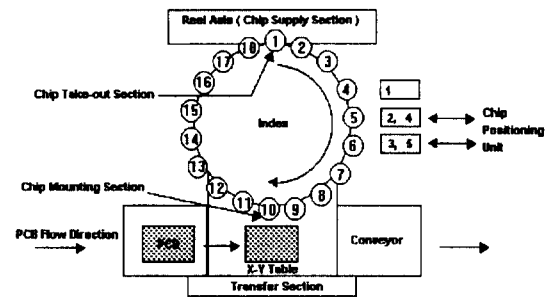


그림 1. 로터리형 표면실장기의 구조

표 1. 로터리형 표면실장기의 운영상의 구성인자

구분	인덱스테이블	X-Y테이블	릴 축
인자의 종류	인덱스테이블 속도	X-Y테이블 속도	부품 카세트의 크기
	Positioning Unit	X-Y테이블 이동거리	부품 카세트의 위치
	장착 각도		

로터리형 표면 실장기의 운용을 위해 고려해야 할 사항으로써 먼저 릴 축의 이동을 들 수 있다. 릴 축의 단위이동을 피치라고 하는데 릴 축이 이동의 기본 단위(8mm)를 이동할 때에는 단위시간(예를 들면 0.25초)이 소요된다. 지금까지 언급한 시스템을 이용하여 부품을 PCB위에 장착시키는 작업을 수행하는 순서를 네트워크로나타내면 그림 2와 같다.

부품의 포지셔닝을 위하여 사용되는 유니트는 (2)번 다음에 (4)번을, (3)번 다음에 (5)번을 바로 이어서 사용할 수 없으며 그 역으로도 마찬가지이다. (2)번 유니트를 사용한 후 (4)번 유니트를 사용하면 유니트의 변경을 위한 시간이 너무 많이 소요됨으로(약 1.5초 이상) (2)번을 유니트를 사용한 후에는 반드시 (4)번 이외의 다른 유니트를 사용해야 하는데 다른

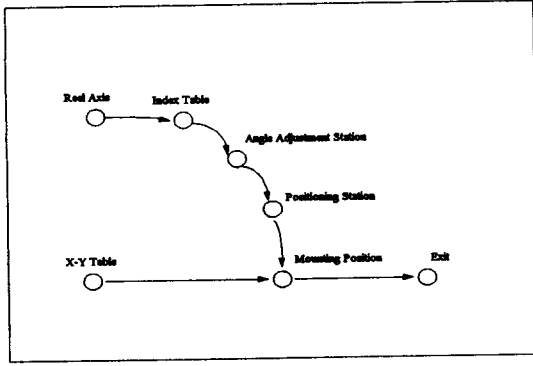


그림 2. RTSM운영에 대한 네트워크 모형

유니트를 1회 사용한 수 (4)번 유니트를 사용하게 되면 포지셔닝을 위하여 0.8초가 소요되며 2회 사용 후(4)번 유니트를 사용하면 0.25초가 소요된다. 이와같은 조건은 (3)번과 (5)번의 경우에도 동일하게 적용되며 그 역으로도 마찬가지이다. 많은 수의 부품을 PCB위에 조립해야 할 경우 최적 운영 알고리즘을 사용하여 부품 카세트의 위치와 장착순서를 결정하는 데에는 많은 시간이 요구되어 현장 적용을 위한 경험적 알고리즘의 개발이 요구된다[이영해, 김정(1995)]

3. 시스템 분석과 동적네트워크로의 표현

릴 축과 인덱스 테이블 그리고 X-Y 테이블은 각각 다른 모타에 의해 동작하므로 부품의 공급과 이동 및 장착 작업은 순차적으로 진행되지 않고 각각 다른 작업 스테이션에서 동시에 이루어진다. 그리고 장착해야 할 PCB 상의 모든 점들을 네트워크 상의 노드로 생각할 수 있다. 부품은 자신들에 지정된 정보에 따라 PCB 위에 장착된다. 그러나 PCB위의 노드들에 한 부품이 어떤 부품 다음에 장착되는나에 따라 장착 시간을 변화시키는 모든 인자들을 RTSM을 구성하는 주요부분인 릴 축과 인덱스 테이블 그리고 X-Y 테이블 각각에서 선정한다. 이를 동적 네트워크로 표현하면 다음 그림 3, 4와 같다. 그림 3은 로터리형 표면실장기 상의 동적네트워크가 일정한 형태일때, 즉 각 칩들이 로터리형 표면 실장기를 구성하는 릴 축(Reel Axis), 인덱스 테이블(Index Table) 그리고 XY테이블(X-Y Table)에서 소비되는 시간이 일정한 형태일 때를 나타내고 있으며, 그림 4는 각 구성 요소에서 소비되는 시간이 불규칙한 경우를 나타낸다. 문제가 되는 것은 그림 4의 칩의 실장시간이 불규칙한 경우인데, 이때 칩들의 총 실장시간의 하한은 $Max\{\sum PT_{ij}, \sum INTL_{ij}, \sum XY_{ij}\}$ 로 표시될 수 있고, 총 실장시간의 상한은

$\sum Max\{INTL_{ij}, XY_{ij}, PT_{ij}\}$ 로 나타낼 수 있으므로 총 실장시간의 상한을 운영 알고리즘의 기초자료로 사용할 경우 이영해, 김정(1995)의 연구결과와 일치된다.

다만, 릴축과 인덱스테이블, X-Y테이블의 속도가 매우 불규칙하게 변한다면 칩들의 총 실장시간은 위에서 구한 하한과 상한 값사이에 위치하게 될 것이다. 이때 릴축, 인덱스테이블, X-Y테이블 평균 속도를 각각 \overline{PT} , \overline{INTL} , \overline{XY} 라 한다면

$$T_{ij} = \overline{PT} + \{(PT_{ij} - \overline{PT}) + (INTL_{ij} - \overline{INTL}) + (XY_{ij} - \overline{XY})\}$$

위의 식을 사용하면 좀더 엄밀한 결과를 구할 수 있다.

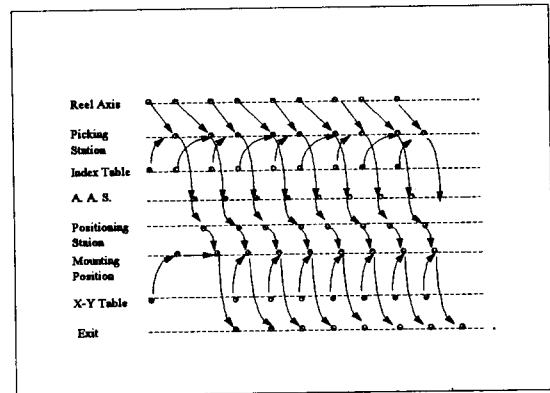


그림 3. RTSM에서 칩의 실장시간이 일정한 경우의 동적 네트워크 표현

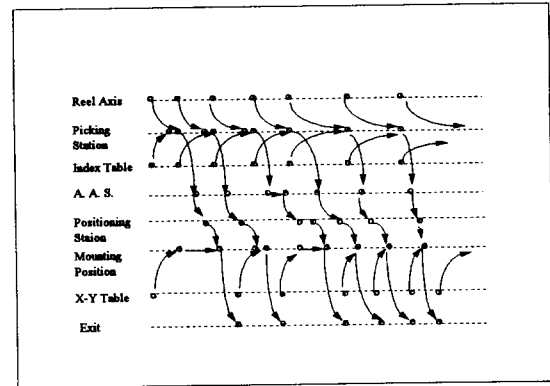


그림 4. RTSM에서 칩의 실장시간이 불규칙한 경우의 동적 네트워크 표현

여기서 PT_{ij} 는 노드 i에 장착할 부품 카세트의 크기가 p_i 이고 노드 j에 장착할 부품 카세트의 크기가 p_j 일때, 노드 i에 부품을 장착한 후 바로 이어서 노드 j에 부품을 장착할 때 릴 축의 이동 피치수를 시간으로 나타낸 것이다. $INTL_{ij}$ 는 한 부품이 노

드 i 에 장착되고 이어서 다른 부품이 노드 j 에 장착되기 위해, 인덱스 테이블에서 요구하는 작업 소요 시간을 나타낸다. XY_{ij} 는 X-Y 테이블이 노드 i 의 위치인 (x_i, y_i) 부터 노드 j 의 위치인 (x_j, y_j) 까지 PCB를 운반하기 위하여 필요한 시간을 나타낸다. T_{ij} 는 노드 i 에 부품을 장착시킨 후 바로 노드 j 에 부품을 장착시키기 위하여 요구되는 작업 시간을 의미한다.

\overline{PT} , \overline{INTL} , \overline{XY} 는 각각 PT_{ij} , $INTL_{ij}$, XY_{ij} 의 평균을 나타낸다.

그림 5, 6은 그림 3의 칩의 실장시간이 일정한 경우와 그림 4의 칩의 실장시간이 불규칙한 경우, 각각 XY테이블의 시간축에 대한 이동을 보여준다. 이것은 T_{ij} 가 단순히

$Max\{INTL_{ij}, XY_{ij}, PT_{ij}\}$ 로 나타낼 수 없음을 보여준다.

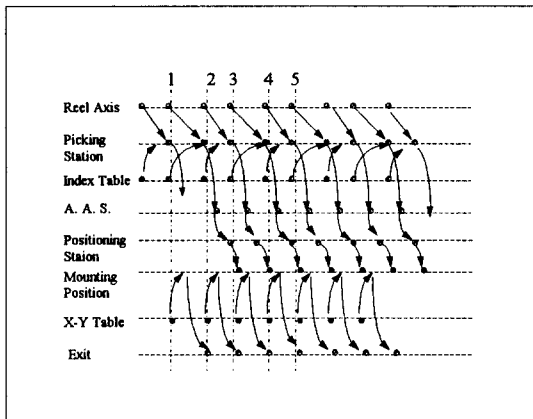


그림 5. 칩의 실장시간이 일정한 경우 X-Y 테이블의 시간축 이동

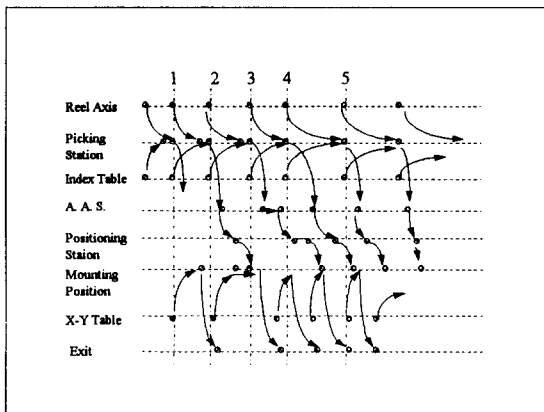


그림 6. 칩의 실장시간이 불규칙한 경우 X-Y 테이블의 시간축 이동

4. 결론

본 연구는 동적네트워크 구조를 이용하여 로터리형 표면실장기상의 칩들의 동적 제적을 표현할 수 있는 방법을 강구하였다. 이 방법을 이용하여 칩들의 동적 제적을 해석함으로써 표면 실장기의 효율적인 운영 알고리즘의 개발과 평가에 중요한 정보를 줄 수 있다.

향후 연구 과제로서는 이를 자동적으로 표현할 수 있는 연속형 시간 전개형 네트워크 발생기를 개발하여 시뮬레이터로 이용함으로써 실장기 운영 알고리즘의 개발과 분석·평가에 도움을 줄 수 있도록 하는 것이 필요하리라 본다.

참고 문헌

1. 김두근(1994), "CNC 컨트롤러의 개발 사양 결정 방법에 관한 연구", 산업공학, 7권, 1호, pp. P5-12.
2. 김 정, 이영해(1994), "로터리형 칩 마운터의 최적 운영", 로보틱스 및 자동화 연구회 Workshop 논문집, pp. 71-74.
3. 신정훈(1994), "국내 CNC의 취약기술", 산업공학, 7권, 1호, pp. 13-18.
4. 이영해, 김정(1994), "표면실장기의 최적운동을 위한 모델링 및 알고리즘 개발", 대한산업공학회지, 20, 3, pp. 79-92.
5. 이영해, 김 정, 김덕한, 경규형(1994), "칩 마운터의 고생산성을 위한 최적화에 관한 연구", 보고서, 한양대 생산공학 연구소.
6. 이영해, 김정, 경규형, 김덕한(1995), "로터리형 표면실장기 효율적 운용을 위한 알고리즘 및 소프트웨어 개발", 한국정밀공학회, pp. 106-113.
7. 이재원, 이강호, 이윤형, 김영태(1995), "표면실장기의 고장진단 지식기반 시스템에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제12권 제13호 pp. 92-99.
8. Leipala, T. and O. Nevalainen(1989), "Optimization of the Movements of a Component Placement Machine", European Journal of Operational Research, 38, pp. 167-177.
9. Kroll, D. E.(1989), The Use of Dynamic Network in Scheduling Flexible Manufacturing System, Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.
10. Walas, Robert A. and Ronald G. Askin(1984), "Algorithm for NC Turret Punch Press Tool Location and Hit Sequencing", IIE Transactions, Vol.16, No.3, pp. 280-287.