Journal of the Korean Institute
of Industrial Engineers
Vol.21, No.4, December, 1995

두대의 PCP 생산기계에서의 부품 스케쥴링을 위한 개선방법

An Improved Procedure for Component Scheduling in Two Printed Circuit Pack Sequencers

김현수*, 강현구*, 이채영*

Hyoun S. Kim*, Hyoun G. Kang*, Chae Y. Lee*

Abstract

An improved heuristic procedure is presented which minimizes the changeovers of components in manufacturing printed circuit packs (PCP). The proposed procedure first groups similar components and PCPs together as in an existing method. The procedure then assigns each group to a machine such that the load on two machines is balanced. Considerable improvement is obtained compared to the best procedure available in the literature.

1. 서론

Printed circuit pack (PCP)의 생산은 각 PCP가 요구하는 부품이 서로 다르고, 생산기계에 장치할 수 있는 부품이 제한되어 있어 PCP의 순서에 따라 기계에서 교체해야 할 부품수가 크게 달라진다. 따라서 두대의 기계가 사용되는 경우 각 기계에 어떤 종류의 PCP를 배정하고, 배정된 PCP는 어떤 순서로 처리할 것인가가 중요한 문제가 된다.

여기에서 우리는 두가지 목적을 가지고 이 문제를 해결하고자 한다. 첫째는 부품교체수를 최소화하는 것이다. 위에서 말한 바와 같이 기계에 장치할 수 있는 부품수의 제한으로 교체는 필수적이다. 그러나 유사한 부품을 갖는 PCP를 모아서 하나의 그룹으로 만들어 처리하는 경우 그 교체를 줄일 수 있다. 그 부품교체수 (changeover)가 적을수록 작업에 들어가는 비용이 줄어든다고 할 수 있다.

* 한국과학기술원 산업경영학과

둘째는 여러 기계에 배당되는 작업량을 고르게 (load balancing) 해주는 것이다. 첫번째 목적만을 위하여 무리하게 PCP를 배치할 경우 현재 가지고 있는 여러 기계가 서로 다른 작업량을 배정받게 된다. 그런데 이 차이가 큰 경우 작업시간의 차이가 증가하여 비효율적이 된다. 즉, 한기계에 작업이 집중되고 다른 기계는 놀고있는 상황이 발생한다. 따라서 작업량을 평준화 함으로써 전체 작업의 처리시간을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 서로 상충되는 위 두가지 목적을 달성할 수 있는 PCP 생산 스케줄링을 검토하고 보다 개선된 방법을 제시하고자 한다.

2. 기존 알고리즘의 소개

이 문제에 관한 기존의 알고리즘으로 Sule [3]의 이단계 알고리즘과 Fathi와 Taheri [2]의 경험적 탐색법을 들 수 있다. Fathi 와 Taheri [2]의 방법은 문제가 커지면 엄청난 계산시간을 요구하므로 본 논문에서는 Sule [3]의 방법을 개선하여 더 좋은 결과를 얻고자 한다. Sule [3]의 알고리즘은 두 단계로 나누어 지는데, 첫째 단계는 모든 PCP를 유사한 것들끼리 그룹으로 나누는 과정이다. 둘째 단계는 이렇게 그룹으로 나누어진 PCP를 어떤 순서로 작업하는가를 결정하는 과정이다.

Phase I: Group Forming

PCP를 생산함에 있어 유사한 부품을 가진 PCP를 한데 모아서 작업을 하기위한 방법이다. 즉, 공통되는 부품을 가지는 PCP는 하나의 그룹에 속하게 되고, 하나의 그룹안에 있는 PCP들은 그룹외의 PCP와 섞이지 않고 작업이 진행된다.

Grouping의 첫단계는 각 PCP가 필요로하는 부품자료로부터 component-to-component matrix를 만든다. 이 행렬은 대각선과 그 윗부분만 존재하는 삼각행렬 (triangular matrix)이다. 그리고 (i,j)는 부품 i와 부품 j를 둘 다 포함하고 있는 PCP의 갯수를 의미한다. 즉, component-to-component matrix는 어떠한 부품쌍이 함께 사용되는 횟수가 많은가를 나타내어 주어 그 횟수가 많은 부품쌍을 한 그룹에 포함시켜 유사한 PCP들로 분류할 수 있다.

두번째 단계는 component-to-component matrix에서 가장 큰 원소값으로부터 시작하여 내림차순으로 순차적으로 부품그룹을 형성한다. 각 순차에서 한 부품쌍의 부품중 어느것도 이미 만들어진 그룹에 속해있지 않으면 이 두개의 부품을 포함하는 새로운 그룹을 만들고, 두개의 부품이 동일 그룹에 이미 포함되어 있는 경우는 다음 부품쌍을 고려한다.

한 부품쌍에서 하나의 부품은 이미 어떤 그룹에 포함되어 있으나 다른 하나는 아직 어디에도 포함되지 않은 경우, 아직 그룹에 속하지 않은 부품과 기존의 그룹과의 평균적인 연관성을 계산하여 그중 가장 큰 값이 기준값 (threshold value) 이상이면 가장 큰 값을 준 그룹에 포함시키고, 그렇지 못하면 그 두개의 부품으로 새로운 그룹을 형성한다.

한 부품쌍의 두개의 부품이 서로 다른 그룹에 속해있는 경우에는 부품의 중복소속을 고려한다. 즉, 각 부품이 상대부품이 속해있는 그룹중 어느 그룹과 가장 큰 연관성을 갖

는가를 결정하여 각 부품이 갖는 최대값중 큰값이 기준값 이상이면 해당되는 부품을 해당그룹에 중복배치한다. 그렇지 않는 경우는 각 부품이 갖는 최대값이 모두 기준값의 반 이상이면 각 부품을 해당되는 그룹에 각각 중복배치한다. 여기서 어느 한쪽만 기준값의 반이상인 경우는 두 부품만으로 새로운 그룹을 형성한다.

Group forming의 마지막 단계는 각 PCP에 대하여 PCP가 포함하는 부품들과 공통되는 부품을 가장 많이 포함하는 그룹을 찾아서 PCP를 그 그룹에 배정하는 것이다. 이러한 그룹이 여러개 나올 경우에는 먼저 만들어진 그룹에 우선권을 준다.

Phase I의 구체적인 예를 [3]에 제시된 데이타를 이용하여 설명하면 다음과 같다.

표 1은 7개의 부품으로 구성되는 20개의 PCP 생산데이타이다. 표에서 "1"은 PCP 생산에 사용되는 부품을 "0"은 사용되지 않는 부품을 나타낸다. 표 1로부터 얻어진 component-to-component matrix가 표 2와 같이 주어진다. 표 1에서 (i,j)로 부품 i와 부품 j를 모두 포함하고 있는 PCP의 갯수를 나타내고 있다.

표 2로부터 부품쌍이 함께 사용되는 횟수가 많은 쌍으로부터 부품그룹을 형성하면, 우선 다음의 세 그룹을 차례로 만들 수 있다.

그룹 1 : 2, 7, 5

그룹 2 : 3, 4

그룹 3 : 6, 7

이제 부품 1의 그룹을 결정하기 위하여, 부품 1의 각 그룹에의 평균적인 연관성을 표 2로부터 계산하면 다음과 같다.

그룹 1 : (3+3+3)/3 = 3

표 1. PCP-부품 데이터

PCP	부품						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	1
5	1	1	0	0	1	0	1
6	0	1	0	0	0	1	1
7	0	0	0	1	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	0	0	1
11	1	0	1	0	0	0	0
12	1	1	0	0	1	0	1
13	0	1	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	1	1
15	0	0	1	1	0	0	0
16	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	1	1
18	0	0	0	0	0	1	1
19	1	1	0	0	1	0	1
20	1	0	1	1	0	0	0

표 2. Component-to-component matrix

부품	부품						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	3	2	1	3	0	3
2		-	0	0	3	1	5
3			-	5	0	0	0
4				-	0	0	0
5					-	1	5
6						-	5
7							-

그룹 2 : (2+1)/2 = 1.5

그룹 3 : (0+3)/2 = 1.5

따라서 부품 1은 그룹 1에 포함되어 다음의 세 그룹이 형성된다.

그룹 1 : 2, 7, 5, 1

그룹 2 : 3, 4

그룹 3 : 6, 7

마지막으로 각 PCP에 대하여 공통되는 부품을 가장 많이 포함하는 그룹을 찾아 배정하면 표 3과 같다.

표 3. PCP 배분

그 룹	부 품	PCP
1	2, 7, 5, 1	4-6, 8-13, 19
2	3, 4	1-3, 7, 15, 16, 20
3	6, 7	14, 17, 18

Phase II: Scheduling

Scheduling은 Grouping이 되어있는 PCP들을 어떤 순서로 작업하는가를 결정하는 단계이다. 또한 한 그룹의 PCP가 모두 작업이 끝났을 때, 어떤 그룹이 후속되어 와야 하는지를 결정한다. 이 때에 한 그룹내의 PCP를 분리하여 각 기계에 할당할 것인가의 여부에 따라 두가지 접근방법이 사용된다. 개선된 방법을 소개함에 편리하게 Sule [3]의 방법을 정리하면 다음과 같다.

Step 1. 각 PCP의 주문량의 합을 기계수 2로 나눈 이상작업량 (ideal load)을 결정한다.

Step 2. 여러 그룹들 중에서 서로 공통되는 부품의 수가 가장 적은 두개의 그룹을 골라서 각각 다른 두대의 기계에 배정한다.

Step 3. 여기에서 두가지 접근 방법을 생각할 수 있다.

Approach A는 Phase I에서 만들어진 그룹을 분리하는 것을 허락하지 않는 방법이다. 즉, 같은 그룹에 속한 PCP는 같은 기계에서 처리되며, 현재까지 배정된 총작업량이 이상작업량에 미치지 못한 경우에만 새로운 그룹이 처리될 수 있다. 이 방법은 부품교체수에서는 이득을 볼 수 있지만 두대의 기계의 작업량이 고르지 못하다는 단점이 있다. 이 방법을 사용하려면 Step 4a로 간다.

Approach B는 그룹을 분리하는 것을 허락하는 방법으로 한 기계의 이상작업량이 채워지지 않은 경우에만 새로운 PCP의 주문량이 처리될 수 있다. 이 방법은 작업량을 고르게 하는 대신 부품교체수가 증가할 가능성이 크다는 단점이 있다. 이 방법을 사용하려면 Step 4b로 간다.

Step 4a. 한 기계에 배정된 작업량이 이상작업량 이상이면 두번째 기계로 넘어간다. 그렇지 않으면 현재 기계에 장치되어있는 부품과 가장 많은 공통부품을 가지는 그룹을 선택한다. 후속그룹이 없으면 종료한다. Step 5로 간다.

Step 4b. 현재 기계에 장치되어있는 부품과 가장 많은 공통 부품을 가지는 그룹을 선택한다. 후속그룹이 없으면 종료한다. Step 5로 간다.

Step 5. 현재 그룹내에서의 PCP의 순서결정은 그 그룹에서 현재 기계에 장치된 부품과 공통된 부품을 가장 많이 가지는 PCP로 결정한다. 단, 한 기계에 처음 장치되는 부품은 그 부품그룹과 공통된 부품을 가장 많이 지닌 PCP의 부품으로 결정한다. Step 6로 간다.

Step 6. 교체가 필요한 부품을 바꾸어 주고, 부품교체수를 결정한다.

Approach A인 경우에, 현재 그룹내의 모든 PCP의 작업이 끝나면 Step 4a로 가고, 그렇지않으면 Step 5로 간다.

Approach B인 경우에, 현재 그룹내의 모든 PCP의 작업이 끝나면 Step 4b로 가고, 그렇지않으면 Step 7로 간다.

Step 7. 한 기계에 배정된 작업량이 이상작업량 이상이면 현재까지 작업하지 않은 PCP를 새로운 그룹으로 만들고, 두번째 기계로 넘어간다. Step 5로 간다.

3. 알고리즘의 개선

앞에서 설명된 방법에서 Phase II는 그룹간의 선후관계 및 그룹내에서의 PCP의 순서결정은 그룹내의 PCP를 분리할 수 있는 경우와 그렇지 못한 경우로 분류된다. 여기서 그 각각의 경우 개선방법을 제시하고자 한다.

3.1 Zigzag 방법

앞에서 제시된 방법 중 Approach A는 일단 형성된 그룹을 분리할 수 없다. 따라서 두 기계의 작업량에 큰 차이를 가져올 수 있다. 이를 방지하고 두 기계에 균형된 작업량을 유지하면서 부품교체수를 최소화하기 위하여 Zigzag 방법을 제안한다. 아래의 방법은 Sule [3]의 방법 중 Phase II의 Step 2, Step 3, Step 4a 중 PCP그룹을 두 기계에 배치하는 방법을 개선한 것이다.

단계 1. 각 그룹들을 작업량이 많은 순서로 나열한다.

단계 2. 위에서 나열한 그룹들을 Zigzag 방법으로 두대의 기계에 배정한다. 즉, 가장 작업량이 많은 그룹을 첫번째 기계에, 다음 두 그룹을 두번째 기계에, 그리고 다음 두 그룹을 또다시 첫번째 기계에 등의 순서로 배정한다.

단계 3. 두 기계에 배정된 그룹들을 작업량의 크기순으로 나열한 다음 각 기계의 총 작업량을 계산한다. 총 작업량이 큰 기계의 마지막 그룹의 작업량의 크기가 두 기계의 총 작업량의 차이의 1/2 보다 작은 경우 그 그룹을 다른 기계에 배정한다. 단계 3을 반복한다. 총작업량이 같거나, 그 차이가 1/2 보다 큰 경우에는 단계 4로 간다.

단계 4. 두 기계의 i번째 그룹을 교환한 상태가 두 기계의 총 작업량의 차이를 줄이는 경우 교환을 하고 이 단계를 반복한다.

위와같이 각 기계에 배정된 그룹을 가지고, 실제 작업처리에서는 Sule [3]의 방법에 따라 그룹내 작업순서와 그룹간 작업순서를 결정한다.

Zigzag 방법에 따라 Phase I에서의 예제로 PCP그룹을 두 대의 기계에 배정하면 표 3의 결과로부터 그룹 1은 기계 1에 그룹 2와 그룹 3은 기계 2에 배정된다. 이 경우 단계 3에서 기계 1의 총작업량과 기계 2의 총작업량이 10으로 같다. 따라서 단계 4를 수행한다. 그룹 1을 기계 2에 그룹 2를 기계 1에 배정한 경우 총작업량의 차이가 현재보다 개선되지 않으므로, PCP 그룹 1은 기계 1에 PCP

그룹 2와 3은 기계 2에 배정하는 것이 제시된 방법에 의한 PCP 배분상태이다.

그러나 기존 알고리즘에 의하면 표 1로부터 PCP 그룹 1과 2는 부품 1과 3을, PCP 그룹 1과 3은 부품 6과 7을 공통으로 하고 있으나 그룹 2와 3의 PCP는 공통부품을 가지지 않는다. 따라서, 그룹 2를 기계 1에 그룹 3을 기계 2에 각각 배정하면, 그룹 1을 기계 1에 배정하게 되어 기계 1의 총작업량은 17, 기계 2는 3이 되어 기계간 작업량에 심한 불균형을 초래하게 된다.

3.2 선PCP-후그룹 방법

그룹의 분리를 허락하여 같은 그룹내의 PCP가 서로 다른 기계에서 처리될 수 있는 Approach B는 다음에 올 그룹을 선정함에 있어 현재 기계에 남아있는 부품과 가장 많은 공통 부품을 가지는 그룹을 선택한다. 그러나 그룹내에서의 PCP간 부품유사성이 낮아 그 처리에 필요한 부품교체수가 클 경우, 다음 PCP의 결정은 그룹보다 아직 처리되지 않은 모든 PCP를 대상으로 하여 결정하는 것이 전체 부품교체수를 줄일 수 있다. 또한 두 기계의 균형된 작업량을 고려할 때, 가능한 한 현재 기계의 여유작업량에 가까운 주문량을 가진 PCP를 선택하는 것이 바람직하다. 이에 기초하여 Sule [3]의 방법 중 Phase II의 Step 4b를 개선하면 다음과 같다.

Step 4b. 아직 처리되지 않은 PCP중 현재 기계에 장치되어 있는 부품과 가장 많은 부품을 공통으로 가지는 PCP를 선정한다. 선정된 PCP가 둘 이상인 경우 기계의 여유작업량에 가장 가까운 주문량을 가진 PCP를 선택한다. 선정된 PCP가 속해있는 그룹을 선택한다. Step 5로 간다. 후속그룹이 없으면 종료한다.

주어진 예제에서 기존 알고리즘의 Phase II에 의하면 PCP 그룹 2는 기계 1에 그룹 3은 기계 2에 배치되며, PCP그룹 1이 기계 1과 기계 2로 이상작업량에 따라 나누어진다. 따라서 기존 알고리즘에서도 선PCP-후그룹 방법과 같이 그룹내의 PCP 순서결정만이 남게 된다. 그러나 그룹선택이 가능하고, PCP의 주문량에 차이가 있을 경우 제안된 선PCP-후그룹 방법의 우수성이 나타날 것이다.

3.3 알고리즘의 계산복잡도

알고리즘 중 Phase I은 부품그룹을 형성하여 PCP를 각 그룹에 배정하는 단계이다. 여기서 부품그룹의 형성은 component-to-component matrix에서 대각선과 그 윗부분의 각 부품쌍에 대하여 기존의 어느 그룹에 속하게 할 것인지 또는 새로운 그룹을 형성할 것인지를 결정하는 과정이다. 따라서 이 과정의 계산복잡도는 부품수를 n이라 할 때 $n(n-1)/2$에 비례한다. 한편 형성된 부품그룹수를 N이라 할 때 각 PCP의 배정은 N개의 그룹중 하나에 배정하는 것으로, 이 과정에서 (PCP의 수)*N의 비교연산이 필요하다.

Phase II의 주요 계산과정은 Step 4의 각 그룹을 두대의 기계에 배정하는 부분과 Step 5의 그룹내에서의 PCP의 순서결정이라 할 수 있다. Step 2에서 공통되는 부품수가 가장 적은 두개의 그룹은 각각 다른 기계에 배정되므로 Sule[3]의 방법에서 Step 4의 계산복잡도는 $(N-2)(N-1)/2$에 비례한다. 그러나 3.2에 제시된 선PCP-후그룹의 방법에서는 현 그룹의 마지막 PCP의 부품과 가장 많은 부품

을 공유한 PCP를 선택하여 그 PCP가 포함된 그룹을 선택하게 되므로 계산복잡도가 (PCP의 수)*N에 비례하여 Sule[3]의 방법보다는 복잡도가 다소 증가하게 된다. Step 5의 그룹내 PCP배정은 각 그룹에서 첫번째 PCP를 결정하는 것으로 결국은 전체 PCP의 수에 비례하는 비교연산을 필요로 한다.

4. 실험 결과 및 분석

모든 PCP는 20개의 부품중 4-7개와 부품을 조합하여 생산되며 각 기계에 장치할 수 있는 부품수는 7개로 가정하였다. 또한 각 PCP의 주문량은 50-200 범위의 5의 배수로 일양분포(uniform distribution)를 가정하였다. Sule [3]의 방법과 본 논문에서 제시된 방법을 비교하기 위하여 PCP의 종류가 20, 45, 70인 경우에 대하여 계산한 결과가 표 4, 표 5, 표 6에 각각 나타나 있다. 각 표에서 그룹을 분리할 수 없는 경우가 Approach A와 Zigzag 방법이며, 그 반대의 경우가 Approach B와 선PCP-후그룹 방법이다. 각 방법에서 기계 1과 기계 2에서의 작업량 및 부품교체수가 각 문제번호의 첫번째 및 두번째 줄에 표시되어 있다. 표 4, 표 5, 표 6의 자료를 정리한 결과가 그림 1과 그림 2에 나타나 있다. 그림 1은 Approach A와 Zigzag 방법을 비교한 것이며 그림 2는 Approach B와 선PCP-후그룹을 비교한 것이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 그룹을 분리할 수 없는 경우라도 Zigzag 방법에 의한 그룹배열이 두 기계의 작업량을 평준화하는데 크게 기여함을 알 수 있다. 또한 목적하는 부품교체수의 면에서도 Zigzag 방법이 기존의 방법에 못하지 않으며 오히려 두 기계에서의 교체수가 균형을 이루는 결과를 보여주고 있다.

그림 2에서 선PCP-후그룹의 방법은 전체 작업량의 균형면에서는 기존의 Approach B와 유사한 결과를 보이고 있다. 그러나 제안된 방법이 두 기계에서의 부품교체수를 현격하게 줄이는 것으로 나타났다. 즉, 그룹내의 PCP를 두 기계에서의 작업량의 균형을 위하여 분리할 수 있는 경우, 현재 기계에 장치된 부품과 가장 많은 공통되 부품을 가지는 PCP를 고르는 것이 그룹을 고르는 방법보다 우월하다는 사실이 입증되었다. 그리고 그림 2에서 부품교체수의 감소가 PCP의 종류가 증가할수록 크게 나타나고 있어, 제안된 선PCP-후그룹 방법의 효과가 뛰어난 것으로 판명되었다.

표 4. PCP 20개의 계산결과 비교.

Problem No.	Approach A		Zigzag 방법		Approach B		선PCP-후그룹방법	
	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수
1	1565	33	1335	23	1265	26	1315	24
	935	17	1165	23	1235	24	1185	21
2	1095	22	1160	22	1095	22	1095	18
	925	26	860	22	925	26	925	22
3	1360	31	1310	28	1245	28	1330	24
	1115	20	1165	26	1230	27	1145	20
4	1175	25	1120	21	1175	25	1175	21
	1065	19	1120	22	1065	22	1065	16
5	1360	22	1150	23	1300	20	1335	17
	1100	16	1310	21	1160	20	1125	13
6	1565	23	1275	30	1415	22	1410	22
	985	21	1275	21	1135	26	1140	26
7	1065	25	1050	19	1065	25	1080	19
	1035	15	1050	23	1035	15	1020	17
8	1535	25	1370	19	1450	22	1425	13
	1170	21	1335	26	1255	25	1280	24
9	1910	34	1240	14	1345	23	1405	14
	590	11	1260	29	1155	21	1095	19
10	1295	22	1140	28	1295	22	1170	20
	1020	26	1175	26	1020	26	1145	20

표 5. PCP 45개의 계산결과 비교.

Problem No.	Approach A		Zigzag 방법		Approach B		선PCP-후그룹방법	
	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수
1	3395	70	2940	58	2975	61	2985	36
	2470	45	2925	49	2890	55	2880	48
2	3220	69	2890	66	2935	63	2870	40
	2440	55	2770	55	2725	63	2790	51
3	3845	74	2910	51	2990	54	2920	42
	1895	39	2830	52	2750	56	2820	43
4	2990	68	2885	65	2790	63	2775	39
	2355	49	2460	52	2555	51	2570	41
5	3375	83	2625	48	2840	72	2725	38
	2065	34	2815	69	2600	43	2715	46
6	3345	71	2770	51	2880	62	2870	50
	2135	47	2710	55	2600	53	2610	45
7	3925	79	2725	50	2790	54	2765	40
	1540	26	2740	51	2675	53	2700	41
8	3420	53	2795	60	2850	44	2825	50
	2180	41	2805	42	2750	56	2775	30
9	2925	46	2925	46	2925	46	2925	35
	2880	73	2880	70	2880	74	2880	51
10	3440	68	2670	55	2800	52	2770	43
	2060	37	2830	59	2700	53	2730	46

표 6. PCP 70개의 계산결과 비교.

Problem No.	Approach A		Zigzag 방법		Approach B		선PCP-후그룹방법	
	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수	작업량	부품교체수
1	4850	89	4850	89	4715	87	4735	64
	4470	77	4470	79	4605	81	4585	58
2	6265	106	5120	93	5030	88	5095	61
	3640	64	4785	91	4875	83	4810	70
3	6575	108	4805	82	4700	81	4745	59
	2535	48	4305	70	4410	70	4365	60
4	5775	108	4420	82	4445	80	4485	56
	3005	57	4360	85	4335	87	4295	60
5	5250	109	4265	89	4380	88	4360	54
	3345	65	4330	84	4215	79	4235	74
6	6470	129	4380	76	4645	79	4685	56
	2715	59	4805	109	4540	109	4500	71
7	4600	103	3910	101	4040	81	3945	50
	3245	74	3935	82	3805	90	3900	79
8	6285	117	5035	91	4460	81	4460	54
	2630	58	3880	81	4455	90	4455	70
9	5785	111	4800	93	4680	97	4660	61
	3470	57	4455	75	4575	77	4595	65
10	6510	135	3935	78	4385	91	4445	58
	2255	31	4830	81	4380	76	4320	78

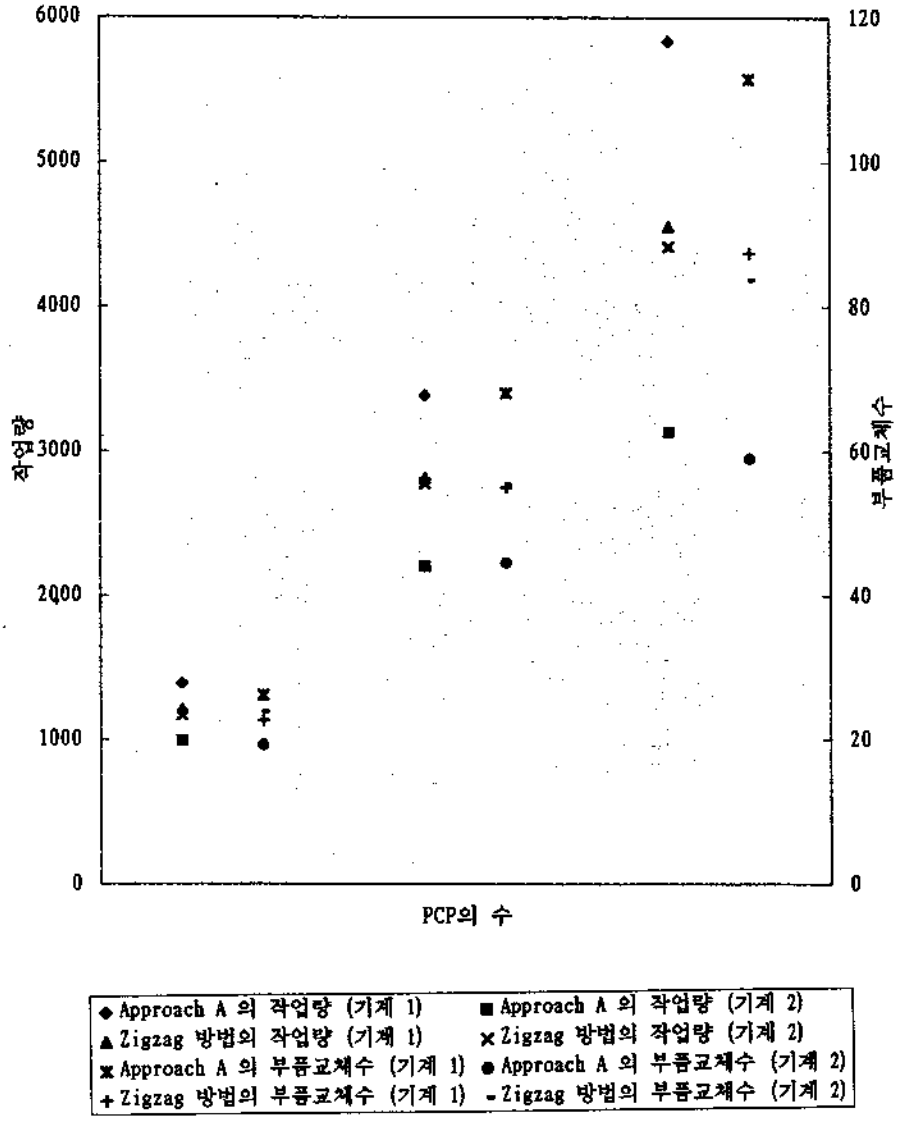

그림 1. Approach A와 Zigzag 방법의 비교

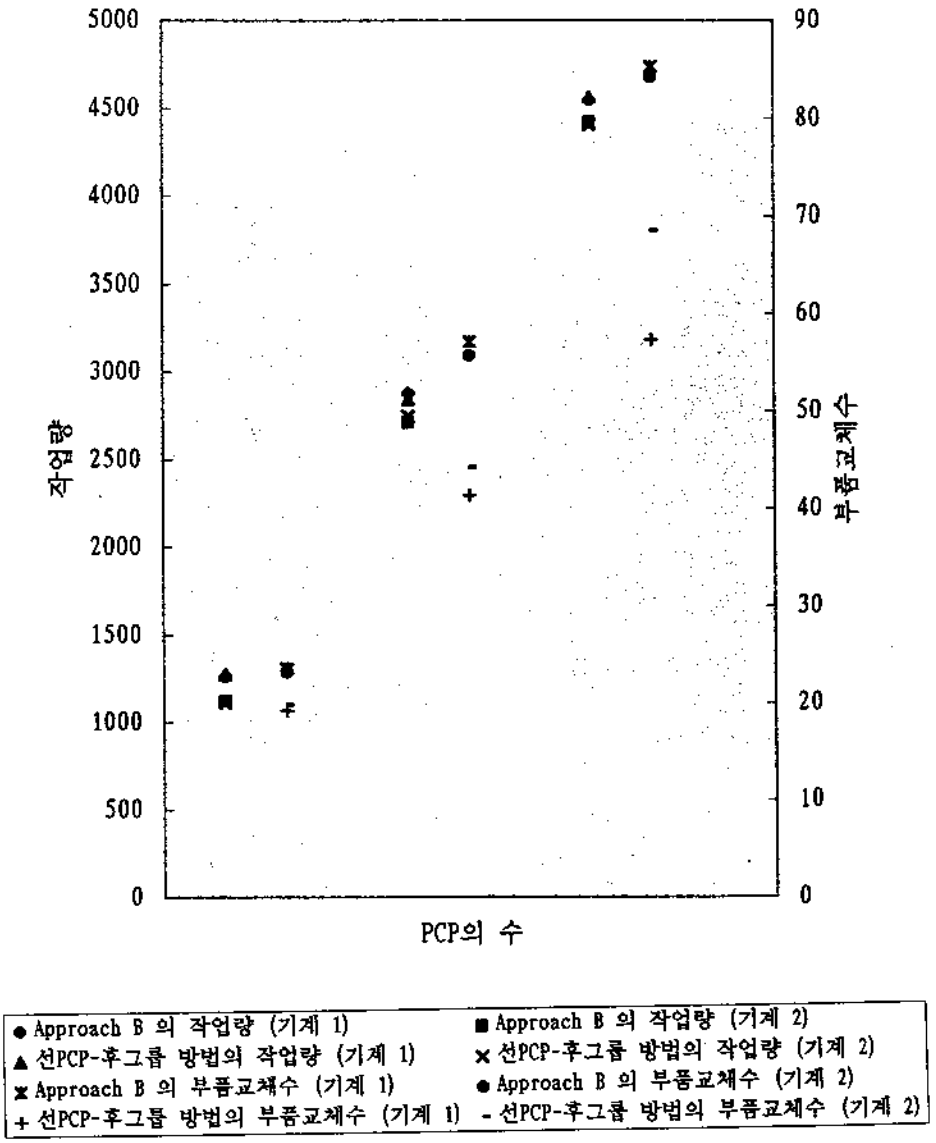

그림 2. Approach B와 선PCP-후그룹 방법의 비교

5. 참고문헌

[1] Baker, R. 1974. Introduction to Sequencing and Scheduling, Wiley.

[2] Fathi, Y. and Taheri, J. 1989. A mathematical model for loading the sequencers in a printed circuit pack manufacturing environment. International Journal of Production Rearch. 27. 1305-1316.

[3] Sule, D. R. 1992. A heruistic procedure for component scheduling in printed circuit pack sequencers. International Journal of Production Research. 30. 1191-1208.

95년 7월 최초 접수, 95년 11월 최종 수정