

## ▣ 응용논문

### 효율적인 PCB 조립을 위한 부품 랙 배정 및 삽입순서 결정방법의 개발

#### - Development of a part rack assignment and placement sequencing method for efficient PCB assembly -

문기주\*

Moon, Gee Ju

임승환\*\*

Lim, Seung Hwan

### Abstract

In this study, a heuristic for surface mounters is developed to find an efficient sequence on PCB and rack assignment by component grouping. As setting up 4 reels in a group, the distance of rack moving can be minimized. And then, a generalized model for N reels in a group is developed. It is found that the performance of this heuristic is better than other heuristics found in the literature. Throughout the simulation study, the suggested heuristic is performed about 8.2~12% better than other heuristics.

### 1. 서론

실질적으로 부품자동삽입기를 운영하고 있는 기업들은 수작업에 의한 방식을 주로 사용하여 Fig. 1과 같은 자동삽입기에서 칸의 부품종류 할당과 배치순서를 결정하고 있다. 이것은 기존의 제안되어진 연구결과들이 수작업에 의한 방법보다 우수한 해를 제공하지 못하고 있음을 의미하며, 이러한 수작업으로 각각의 PCB에 대하여 부품배치순서를 결정하는 일에 많은 시간을 소비하고 있는 실정이다.

우선 기존의 제안된 방법들의 문제점들을 고찰해 본다면 우선  $x-y$  테이블의 이동과 랙의 이동을 별도로 최적화하고 있다는 점일 것이다. 이는  $x-y$  테이블의 이동을 최소화하기 위한 부품배치순서를 결정하는 경우 PCB상의 모든 배치지점을 하나의 해밀턴 경로로 구성하여 결정하며, 랙의 칸에 대한 부품종류 할당에 있어서도 경험적인 방법으로 단지 배치되는 부품의 수량만을 고려하고 있는 것이다. 그러므로 배치되는 부품종류의 수가 많아지는 경우 하나의 고정된 해밀턴 경로에 모든 부품을 배치하기 위해서는 랙의 이동에 많은 손실이 발생하게 되며, 특히 부품종류가 증가함에 따라 랙의 이동에 대한 손실은 더욱 늘어날 것이다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 그룹화하여 최적 랙 할당과 삽입순서를 결정하는 모형을 연구개발하고자 한다.

\* 동아대학교 산업시스템공학과

\*\* 경북외국어테크노대학

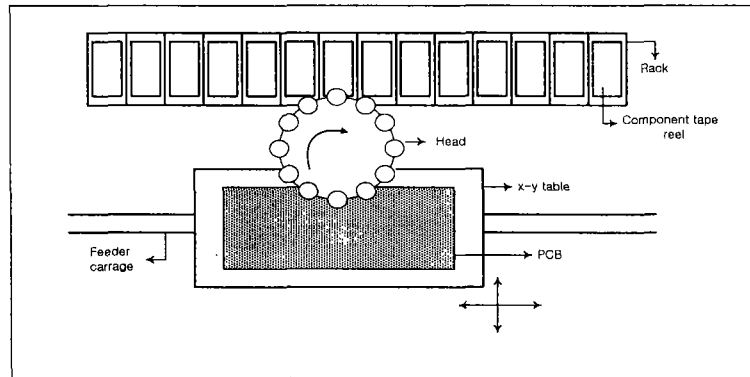


Fig. 1. Surface mount machine with multi-head

## 2. 관련연구 동향

표면탑재방식의 기계에 대한 이전의 연구들에서는 랙의 칸에 부품종류들의 할당과 부품배치순서를 결정하는 문제를 개별적으로 고려하고 있다. 즉, 두 가지 문제에 대하여 개별적으로 알고리즘을 적용하여, 별도로 최적화하여 이를 결합시키는 방법을 취하고 있다. 일반적으로 부품배치순서를 결정하는 문제는 순환외판원 문제로 정의하여, 임의삽입방법이나 최장삽입방법 등의 간단한 방법이 실제의 논문에서 사용되었으며, 칸에 대한 부품종류의 할당을 결정하는 것은 이차할당문제로 정의하여, 최소결침나무기법이나 사용되는 부품의 수량을 기준으로 하는 방법 등이 사용되었다. 여기서는 표면탑재방식의 기계를 고려한 기존의 연구로서 Leipala과 Nevalainen[2]이 제시한 알고리즘과 Park과 Sohn[6]이 제시한 알고리즘을 간략히 살펴본다.

먼저 Leipala과 Nevalainen의 알고리즘[2]을 살펴보면 Fig. 1과 같은 NM-8020A라는 기계를 대상으로 하여 처음으로 표면탑재방식의 기계를 분석하였다. 연구의 대상이 되었던 기계는 헤드 하나가 아닌 기계로서 최초로 배치공정을 분석하고 이를 수식화하여, 장치 여러 개의 헤드를 가지는 기계에 확장되는데 기초를 제공하고 있다. 이 연구에서는 부품배치순서를 결정하는데 개선된 최장지점삽입방법을 사용하였으며, 또한 부품종류들의 할당에 관한 여러 가지 방법들을 제시하고 있다. 알고리즘은 이에 따라서 결정된 부품배치순서와 칸의 부품종류 할당순서가 결정된 다음, 칸의 위치를 두 개씩 교환해가면서 완전히 새로운 배치순서를 구하여 앞선 해와 비교하여 점차 나은 해를 개선하여 나간다. 이 때 칸의 교환을 위하여 쌍교환방법이 사용되었다.

Park과 Sohn[6]은 자신들의 연구에서 앞선 Leipala과 Nevalainen[2]의 연구에서 대상으로 한 하나의 헤드를 가지는 부품자동삽입기에 대한 연구를 여러 개의 헤드를 가지는 기계로 확장하였다. 따라서 Leipala과 Nevalainen[2]의 연구에 따라 수식적 모형과 거리측정 식을 알맞게 수정하였으나, 이전의 연구에서 제시된 방법 즉 초기 칸의 부품종류 위치와 부품의 배치순서를 결정된 다음 칸의 순서를 쌍 교환방법으로 교환하여 해를 개선하는 방법과 기본적으로 동일하다고 할 수 있다. 다만 부품의 배치순서를 결정하는 방법과 칸에 부품종류를 할당하는 문제에 대하여 약간 다른 방법을 제시하고 있다. 또한 개선된 해를 구성해 나가는 데 있어서 새로운 방법을 제시하고 있다.

### 3. 근접도에 따른 랙의 그룹화 모형 개발

먼저 하나의 그룹을 설정함에 있어 4개의 칸을 기준으로 한다. 이는 실제로 기업에서 사용되는 방법에서는 단위시간에 랙이 이동할 수 있는 거리  $D_r$ 이 1 또는 2이며, 만일  $D_r$ 이 2인 경우에는 랙의 이동을 완전히 최적화하기 위해서는 한 그룹을 3개의 칸으로 구성해야 한다. 하지만 실제로는 랙의 이동거리와  $x-y$  테이블의 이동거리를 동시에 고려하기 위하여 5개로 구성하여 그룹화를 하고 있으며, 이는 사람이 수작업으로 부품배치순서를 결정할 수 있는 최적의 개수일 것이다. 본 연구에서는 단위시간에 랙의 이동할 수 있는 거리  $D_r$ 을 1로 하고 있으므로 랙의 이동을 최적화하기 위해서는 2개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하여야 하지만, 4개를 하나의 그룹으로 설정하면서 랙의 이동을 최소화 할 수 있도록 한다. 따라서 4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하고, 각 그룹별로 각 부품종류를 할당하고 나서 이를 기초하여 최적의 배치순서를 결정한다. 만일 한 그룹의 부품배치가 완전히 끝나면 다음 인접한 다음 그룹으로 넘어가며, 모든 그룹의 부품들이 모두 배치될 때까지 반복하게 된다. 단 한 그룹의 배치가 끝나면 다음 그룹의 첫 번째 칸에 장착된 부품종류의 가장 가까운 배치지점으로 이동하여 이를 시작점으로 한다.

#### 3-1. 랙에 대한 칸의 할당

우선 4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하는 경우 우선 부품수량과 위에서 언급한 근접도 평가를 부분적으로 사용한다. 우선 랙에 대한 그룹번호는 가장 왼편을 기준으로 한다. 따라서 랙의 가장 왼편의 칸을 기준으로 4개의 칸들이 하나의 그룹을 형성하게 되므로  $n$ 는 4가 된다. 그리고 각 그룹의 칸의 번호 또한 가장 왼편 칸을 기준으로 하여 1, 2, 3, 4 번으로 설정한다. 따라서  $M$ 은  $\frac{R}{4}$  개가 되며, 나머지가 발생하는 경우에는 반올림한 개수가 된다. 다음으로 부품의 할당을 위하여 모든 부품종류를 수량을 기준으로 하여 내림차순으로 정렬한다. 만일 동일한 수량이 발생하는 경우에는 임의로 선정하며, 정렬이 끝난 후 부품수량이 많은 상위 50%의 부품종류를 집합 I로 놓고, 나머지 부품종류들을 II로 놓는다. 단 부품종류의 수가 홀수인 경우에는 나머지를 절사하여 집합 I을 결정한다. 부품의 정렬과 분류가 완료되면 각 그룹별로 칸을 할당한다. 먼저 집합 I의 첫 번째 부품종류와 두 번째 부품종류를 그룹 I의 중앙의 2번 칸과 3번 칸에 할당하고 집합 I에서 제거한다. 그리고 집합 II의 부품종류에 대하여 이미 할당된 부품종류와 근접도 매트릭스 상에서 근접도가 가장 높은 부품종류를 각각 선정한다. 만일 근접도가 동일한 부품종류가 발생하는 경우에는 수량이 작은 부품종류를 선정하며, 선정된 부품종류를 이미 2번과 3번 칸에 할당된 부품종류에 이웃하게 1번과 4번 칸에 할당하고 집합 II에서 제거한다. 다음의 그룹들은 배치되는 부품수량을 기준으로 정렬된 순서대로 집합 I에 차례로 2번과 3번 칸에 할당하고 집합 I에서 제거한다. 그리고 그룹 I을 설정하는 방법과 동일하게 집합 II의 부품종류를 근접도를 고려하여 1번과 4번 칸에 할당하고 집합 II에서 제거함으로써 모든 부품종류들을 랙의 칸에 할당한다. 단 마지막 그룹에서 부품종류의 수가 4개가 되지 않는 경우에는 나머지 부품종류들을 순서대로 할당한다. Fig. 2는 4개의 칸을 하나의 그룹으로 부품종류들을 할당하는 경우에 대한 설명을 나타내고 있다.

#### 3-2. 부품배치순서의 결정

4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하는 경우 모든 부품종류들의 그룹화가 종료되면 각 그룹별로 그룹에 속한 부품의 배치순서를 결정한다. 배치순서는 S라 표시한다. 우선 각 그룹에 대하여 집합 I에 속한 두 부품종류를 이용하여 초기 헤밀턴 경로를 구성한다. 그룹 I에서는 두

부품종류들의 배치시점  $i$ 들과 가상지점 0을 가지고, 초기경로를 구성하기 위하여  $D_{xy}(i, 0) = 0$ 를 도입한다. 즉 가상지점인 시작지점으로부터 첫 번째 배치지점의 거리를 측정하기 위하여 초기 헤밀턴 경로를 구성하기 위하여  $D_{xy}(i, 0)$ 에 대한 실제거리를 사용한 것이다. 그러나 여기에서는 배치순서  $S$ 는 시작지점에서 출발하여 다시 시작지점으로 돌아오지는 않고 마지막 배치지점에서 다음 그룹의 첫 번째 칸의 배치지점 중 가장 가까운 지점으로 가도록 한다. 다음 그룹의 첫 번째 배치지점은 가장 가까운 1 번 칸의 배치지점으로 된다. 그러므로 각 그룹의 완전한 헤밀턴 경로가 구성된 후 그룹의 부품배치가 끝나는 경우 시작지점에서 다시 시작하지 않고, 마지막 배치지점에서 바로 다음 그룹으로 배치순서를 이동하게 되는 것이다. 단 마지막 그룹의 경우에는 모든 부품의 배치가 끝나면 다시 시작지점으로 돌아가게 되고, 이는 작업변환 시간 동안에 이루어질 수 있다고 가정한다.

본 연구에서는 최근거리방법으로 집합  $I$ 에 속한 두 부품종류들의 초기 헤밀턴 경로를 구성하며, 시작점은 가상지점으로부터 시작한다. 이 방법은 아주 간단하므로 손쉽게 해를 구할 수 있으나 해가 그리 우수하지는 못하므로 이를 초기해로 하여  $k$ -optimal 알고리즘으로 이를 점차 개선하기로 한다. 여기서는  $k$ 는 3으로 설정하고 교환을 위하여 최근거리방법으로 초기경로를 구성한다. 이에 대한 정식화는 아래와 같다.

#### 단계 1. [초기화]

$k = 3$ 으로 설정하고, 최근거리방법으로 초기 헤밀턴 경로  $t$ 를 구성한다.

#### 단계 2. [이웃을 구성하고 거리를 비교]

초기 경로  $t$ 의 교점순서는

$\{v_1, v_2, \dots, v_i, v_{i+1}, \dots, v_j, v_{j+1}, \dots, v_l, v_{l+1}, \dots, v_n\}$ 로 표현하고,

초기 경로로  $t$ 의 총 거리를  $L$ 로 표시한다.

(1)  $i \leftarrow 1$

(2)  $j \leftarrow i+1$

(3)  $l \leftarrow j+1$

(4) 지점  $(v_i, v_{i+1}), (v_j, v_{j+1}), (v_l, v_{l+1})$ 을 제거하여, 다음과 같은 새로운 경로로  $v_1, v_2, \dots, v_i, v_{j+1}, \dots, v_l, v_{i+1}, \dots, v_j, v_{l+1}, v_n, v_1$ 를 구성한다.

여기서 새로운 경로  $t'$ 의 총 거리를  $L'$ 로 한다. 만일  $L' < L$ 이라면,  $t = t'$ ,  $L = L'$ 로 수정하고 이에 대한 첫 이웃을 구하기 위하여 단계 2로 간다.

(5) 만약  $L' \geq L$  이면,  $l = l+1$

만약  $l \leq n$  이면, (1.4)로 가고, 아니면  $j = j+1$

만약  $j \leq n-1$ 이면, (1.3)으로 가고, 아니면  $i = i+1$

만약  $i \leq n-2$  이면, (1.2)로 가고, 아니면 단계 3으로 간다.

#### 단계 3. [ $k$ 를 증가시켜 단계 1을 반복 또는 중지]

만일  $k$ 를 증가시켜 해를 더 개선하려면,  $k$ 를  $k+1$ 로, 현 경로를  $t$ 로, 그 거리를  $L$ 이라고 수정하여 단계 1로 간다. 아니면 종료한다.

$k$ -optimal 알고리즘으로 초기경로가 산출되면, 집합  $\Pi$ 의 두 부품종류를 초기경로에 임의삽입방법으로 삽입하여 완전한 헤밀턴 경로를 형성한다. 이 방법은 이전 장에서 간단하게 설명되어진 것과 동일하지만, 여기서는 집합  $\Pi$ 의 부품종류의 배치지점을 초기경로에 삽입하는데 있어 랙의 이동거리를 최적화하기 위하여 삽입에 대한 제약을 두기로 한다.

제약 1. 집합 II의 부품종류들은 인접한 집합 I의 칸에 할당된 부품종류로 이어지는 경로상에만 삽입한다.

제약 2. 인접한 집합 I의 배치지점과 자신의 배치지점으로 이어지는 경로사이에만 삽입한다.

제약 3. 자기자신의 배치지점으로 이루어지는 경로사이에만 삽입한다.

위의 제한조건들을 만족하는 변형된 임의삽입방법에 대한 정식화는 아래와 같다.

단계 1. 집합 I의 지점  $i$ 가 존재하는 초기경로로부터 시작한다.

단계 2. 주어진 초기경로에서 임의적으로 아직 초기 경로에 포함되지 않은 집합 II의 지점  $k$ 를 임의적으로 선택한다.

단계 3. 삽입에 대한 제한조건을 만족하는 경로에 대한 호( $i, j$ )를 찾는다.

단계 4. 초기경로에서  $d_{ik} + d_{kj} - d_{ij}$ 가 최소화가 되는 호( $i, j$ )를 찾고, 지점  $i$ 와  $j$  사이에  $k$ 를 삽입한다.

단계 5. 완전한 헤밀턴 경로가 구성되지 않았다면 단계 3으로 가고 아니면 종료한다.

집합 I에 의한 초기 헤밀턴 경로에 대하여 집합 II의 부품종류들을 변형된 임의삽입방법으로 삽입함으로써 완전한 헤밀턴 경로가 형성되었다. 이는 랙의 이동이 단위시간을 초과하지 않으므로 랙의 이동을 최적화 할 수 있으며, 또한 집합 I에 대하여 작은 수량을 가지는 부품종류로 이루어진 집합 II를 함께 그룹화 함으로서 총 배치거리의 최소화 또한 동시에 고려하고 있다. 단 부품종류가 완전히 짝이 맞지 않는 경우의 마지막 그룹은 나머지 부품종류들을 한꺼번에 최근거리방법으로 초기경로를 구성한 후에  $k$ -optimal 알고리즘으로 완전한 경로를 구성하기로 한다.

4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하는 경우에 대한 전체적인 절차는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 먼저 주어진 데이터가 입력되면, 우선 배치부품 수를 기준으로 부품종류들을 내림차순으로 정렬하여 집합 I과 II로 나누고 근접도 매트릭스를 작성하여 각 부품종류간의 근접도를 계산한다. 그리고 4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하여 랙을 그룹화하고, 여기서 그룹 수  $G_k$ 에서  $k$ 는 1개에서 최대 부품종류 수는  $\frac{R}{4}$ 개가 되며, 그룹별로 칸 번호  $r_i$ 에서  $i$ 는 1번에서 4번까지가 된다. 각 그룹별의 부품종류의 할당에 있어서는 2번과 3번 칸에는 집합 I의 부품종류들을 순차적으로 할당하고, 2번 칸의 부품종류와 가장 근접도가 높은 부품종류를 집합 II에서 선택하여 1번 칸에 배정하고 3번 칸의 부품종류와 가장 근접도가 높은 부품종류를 집합 II에서 선택하여 4번 칸에 할당한다. 랙의 칸에 대한 부품종류의 할당이 끝나면, 2번과 3번 칸에 할당된 부품종류로서 초기배치경로를 구성하고, 1번과 4번 칸에 할당된 부품종류를 개선된 임의삽입방법으로 삽입하여 각 그룹별로 완전한 배치경로를 구성한다. 마지막으로 랙의 칸에 대한 부품종류의 할당과 배치순서가 결정되면 실제로 결과를 산출한다.

### 3-3. 하나의 그룹을 $n$ 개의 칸으로 구성된 모형의 설계

4개의 칸을 하나의 그룹으로 설정하여 각 그룹별로 헤밀턴 경로를 구성하는 경우, 랙의 이동은 거의 최소화할 수 있으나, 만일 부품종류의 수가 증가하는 경우에는 그룹의 개수에 비례하여  $x-y$  테이블의 이동거리는 증가하게 될 것이다. 또한 Park과 Sohn의 방법에서는 전체적인 배치지점을 고려하여 하나의 헤밀턴 경로를 구성함에 있어 랙의 이동이 5이하이도록 설정하였고 하나의 헤밀턴 경로를 구성하였으므로 랙의 이동은 어느 정도 제한시킬 수 있었으나 배치되어야 할 부품의 수가 늘어남에 따라서  $x-y$  테이블의 이동거리가 증가할 가능성이 있

다. 따라서 여기서는 배치되어야될 부품종류의 수와 배치부품 수가 증가함에 따라 랙의 이동과  $x-y$  테이블의 이동거리를 동시에 최적화 시키기 위하여 칸의 개수를 4개에서  $n$ 개로 확장하는 방법을 제안하기로 한다. 제안된 방법에서는 그룹의 개수만큼 해밀턴 경로가 만들어지므로

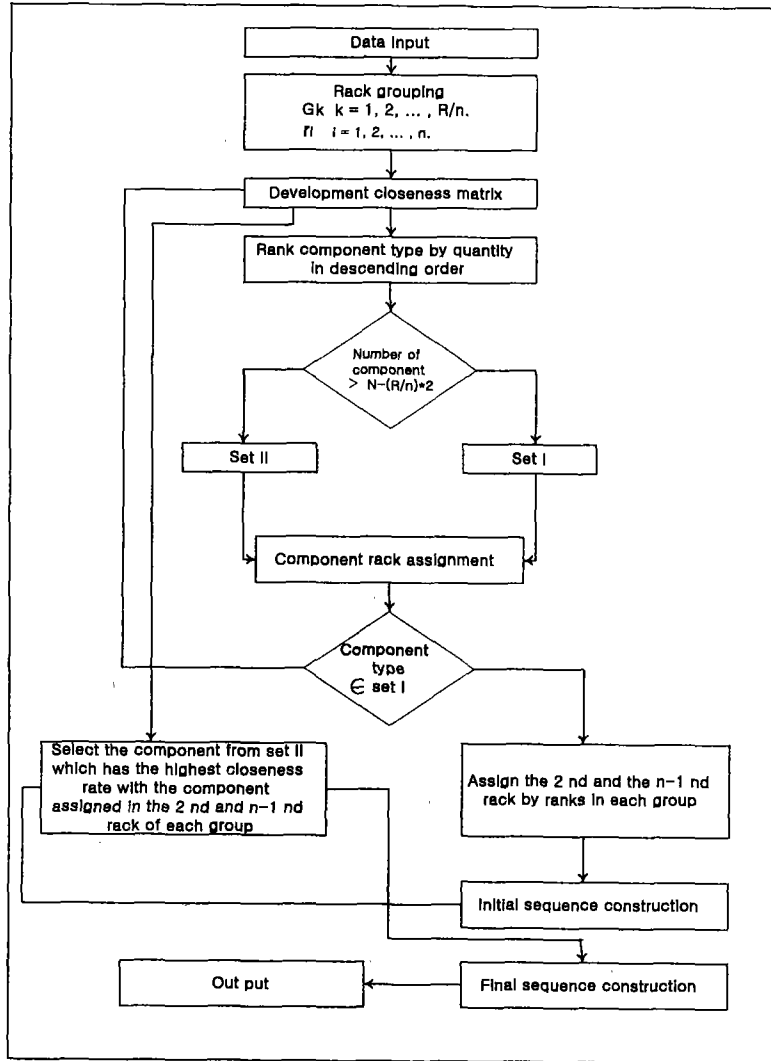


Fig. 2. The algorithm of  $n$  component reels in one group

그룹의 개수를 감소시킨다면 해밀턴 경로의 개수가 감소함으로  $x-y$  테이블의 이동거리 또한 감소할 것이다. 그러므로 어느 정도 랙의 이동에 손실이 발생하더라도 그룹의 개수를 감소시킨다면  $x-y$  테이블의 이동거리를 감소시킬 수 있으므로 전체적인 총 거리  $D$  또한 최소화될 것이다. 따라서 여기서는 하나의 그룹을  $n$  개의 칸으로 구성할 수 있도록 확장한다.

#### 4. 실험 및 결과분석

실험의 입력 데이터로서 PCB의 크기를 가로×세로 형태의 정수를 입력받아 난수의 범위를 결정한다. 즉 발생하는 난수는 PCB의 크기 이내의 좌표를 가지며, 동일한 좌표를 가지지 않도록 확인하여 발생한 난수로 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘에 동일하게 적용하여 결과를 계산한다. 여기서는  $w=20\text{ mm}$ 인 경우와  $w=35\text{ mm}$ 인 경우에 대한 결과들을 분석해 보기로 한다. 본 연구에서의 목적은 하나의 PCB를 조립하는데 소요되는 총 단위 거리 즉  $\sum D$ 를 최소화하여 소요되는 시간을 감소시키고자 하는 것이므로 각 경우들에 대하여 기존의 방법인 "Park & Sohn" 그리고 "Hardware"의 휴리스틱에 의한 결과와 "Suggested"에 의한 결과 요소들 중에서  $\sum D$ 를 기준으로 한다. Table 1은  $w=20\text{ mm}$ 로 설정한 5 가지 경우들에 대하여 "Hardware"와 "Park & Sohn"의  $\sum D$ 와 "Suggested"의  $\sum D$ 를 비교한 결과이다. 단 "Suggested" 값은 각 경우들에서  $n$ 을 4에서 10가지로 조절한 각 결과들 중에서 가장 최적의 값을 선정한 것이다.

우선 경우 I에서는 "Hardware"의 결과에 비하여 총 47 단위거리가 감소였으며, "Park & Sohn"의 결과에 대해서는 33 단위거리가 감소하여 각각 14%와 10%의 단위거리가 감소하는 효율을 보였다. 여기서는 "Hardware"의 결과가 "Park & Sohn"의 결과에 비해 더 우수하게 나타났다. 이는 부품종류의 수와 배치되는 부품의 수가 작으므로  $x-y$  테이블의 이동거리를 최소화시키는 것으로도 근사-최적해를 구할 수 있음을 보이고 있다. 그리고 경우 II에서는 "Hardware" 그리고 "Park & Sohn"의 결과에 비하여 963.7과 80 단위거리가 감소하여 각각 50%와 8%의 단위거리가 감소되었다. 또한 경우 III과 IV 그리고 V에 대하여 "Hardware" 그리고 "Park & Sohn"의 결과의 비하여 각각 2180과 56, 4279와 264 그리고 9721.52와 515.5의 단위거리가 감소되었다. 이는 각각 53%와 3%, 51%와 6% 그리고 60%와 7.6%의 단위거리가 감소하는 효율을 보이고 있어 모든 경우들에 대하여 "Suggested"가 항상 우수한 결과를 보임을 알 수 있다.

Table 1. Result of cases( $w=20$ )

Cases Heuristics	case I	case II	case III	case IV	case V
Hardware	334	1891	4051	8331	16001.75
Park & Sohn	320	1007.3	1927.6	4316	6795.5
Suggested	287	927.3	1871	4052	6280.23

Table 2는  $w=35\text{ mm}$ 로 설정하여 각 경우들에 대한 결과값들을 비교한 것이다. 이 또한  $w=20\text{ mm}$ 로 설정한 경우와 마찬가지로 "Suggested"의 값은 각 경우들의  $n$ 에 대한 결과들 중에서 최적값을 선정한 것이다. 먼저 경우 I에서는 "Hardware"의 결과에 비하여 8.5 단위거리가 감소하였으며, "Park & Sohn"의 결과에 비하여 72 단위거리가 감소하여 각각 4%와 26%의 단위거리 감소효율을 보이고 있다. 이 경우도  $w=20\text{ mm}$ 로 설정한 경우와 마찬가지로 "Park & Sohn"의 결과보다 "Hardware"의 결과가 더 우수하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 경우 II에서는 "Hardware"에 비하여 560 단위거리가 감소하여 38%의 단위거리 감소효율을 보이고 있으며, "Park & Sohn"의 결과에 대하여 140 단위거리가 감소하여 13%의 단위거리 감소효

율을 보이고 있다. 나머지 경우들에서 “Hardware”의 결과에 비하여 2144, 4069 그리고 4822 단위거리가 감소하여 각각 59%, 53% 그리고 51%의 감소효율을 보이고 있다. “Park & Sohn”의 결과와 비교하면 나머지 경우들에 대하여 259.3, 147 그리고 84.5 단위거리가 감소하여 각각 15%, 4%, 2%의 감소효율을 보이고 있다. 따라서 평균적으로 “Suggested”는 “Hardware”의 결과에 비하여 평균 41%의 감소효율을 그리고 “Park & Sohn”의 결과에 비하여 평균 12%의 감소효율을 보이는 것으로 나타났다.

Table 2. Result of cases(  $w=35$  )

Cases Heuristics	case I	case II	case III	case IV	case V
Hardware	215.62	1474	3595	7638	9316
Park & Sohn	278.58	1054	1710.3	3761	4578.5
Suggested	206.5	914	1451	3569	4494

## 5. 결론

본 연구에서는 표면탑재방식의 부품자동삽입기를 대상으로 효율적인 작업이 이루어질 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 방식들은 부품배치지점들을 하나의 헤밀턴 경로를 구성하여, 부품종류가 늘어남에 따라 랙의 손실이 증가되는 문제점과 랙의 할당에 있어서 경험적인 방법들만을 사용하는 문제점들을 개선하였다. 특히 본 연구를 통하여 개발한 방법을 적용함으로써 수작업에 소요되었던 많은 시간과 인력들을 절감할 수 있으며, 결과적으로 생산성 향상에 기여할 수 있다. 추가적인 연구로서는 각 요소들 즉 부품종류 수와 배치되는 부품 수, PCB의 크기 그리고  $x-y$  테이블의 이동단위에 따른 최적  $n$ 의 개수와의 관계를 분석하여, 최적의 방안을 제시함으로써 전체 경우를 모두 실행한 후 최적해를 찾는 시간적 소모를 감소시킬 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Johri, P.K.; "Engineering a Circuit Board Assembly Line for a Desired Capacity and Flowtime," *Journal of Manufacturing Systems*, 10(6), pp. 492-500, 1991.
- [2] Leipala, T. and Nevalainen, O.; "Optimization of the movements of a component placement machine," *European Journal of Operational Research*, 38, pp. 167-177, 1989.
- [3] Johri, P.K.; "A Heuristic Algorithm for Loading New Work on Circuit Pack Assembly Lines," *International Journal of Production Research*, 28(10), pp. 1871-1883, 1990.
- [4] Carmon, T.F., Maimon, A.Z. and Dar-el, E.M.; "Group set-up for printed circuit board assembly," *International Journal of Production Research*, 27, pp. 1795-1810, 1989.
- [5] Maimon, O. and Shtub, A.; "Grouping methods for printed circuit board assembly", *International Journal of Production Research*, 29, pp. 1379-1390, 1991.
- [6] Park, S. and Sohn, J., Efficient operation of a surface mounting machine with a multihead turret, *International Journal of Production Research*, 25, pp. 1131-1143, 1996.