

The Method to Reduce the Driving Time of Gentry

Kim Soon Ho[†] · Kim Chi Su^{**}

ABSTRACT

When more parts are mounted in the same time in a surface mount equipment, the total output will increase and will improve productivity. In this paper, we propose a method to reduce the gantry drive time from the suction to the mounting of the component to improve the productivity of the surface mount equipment. The method was to find a way to get the maximum velocity in front of the camera during the vision inspection. In this paper, we have developed a stop-motion, fly1-motion, and fly2-motion drive time calculation algorithms for vision inspection and calculated the driving time of 3 methods and compared them. As a result, the fly1-motion method shortened the time by 13% and the fly2-motion method shortened the time by 18% than the stop-motion method.

Keywords : SMT, SMD, Gantry, Vision Inspection, Driving Time

켄트리 구동시간의 단축 방법

김 순 호[†] · 김 치 수^{**}

요 약

표면 실장 장비에서 같은 시간 동안 더 많은 부품을 실장한다면, 이는 전체 생산량이 증가하며, 생산성 향상을 가져올 것이다. 본 논문에서는 표면 실장 장비의 생산성 향상을 위해 부품의 흡착에서 실장까지의 켄트리 구동 시간을 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 그 방법은 비전 검사 시 카메라 앞에서 최대의 속도를 낼 수 있는 방법을 찾는 것이었다. 이를 위해 본 논문에서는 비전 검사 시 stop-motion 방식, fly1-motion 방식 그리고 fly2-motion 방식의 구동 시간 계산 알고리즘을 개발하였으며, 3가지 방식의 구동 시간을 계산하여 비교해보았다. 그 결과 stop-motion 방식보다 fly1-motion 방식이 13%, fly2-motion 방식이 18%의 시간 단축을 할 수 있었다.

키워드 : 표면실장기술, 표면실장장비, 켄트리, 비전 검사, 구동 시간

1. 서 론

최근의 휴대폰과 같은 매우 작고 정밀한 기기들의 기관에 들어가는 저항, 콘덴서, 트랜지스터, 코일과 같은 칩들은 그 크기가 06×03mm 또는 02×04mm 처럼 매우 작다. 따라서 박형, 경량화가 불가능한 삽입 실장 기술(IMT: Insert Mount Technology)은 사용할 수 없고, 박형, 경량화가 가능하고 회로 기관에 구멍을 뚫을 필요가 없고, IC 등의 리드 피치를 축소할 수 있고 밀집도가 우수한 표면 실장 기술(SMT: Surface Mount Technology)을 사용해야 한다[1, 2].

표면 실장 기술을 이용하여 전자부품을 기관위에 실장하려면 켄트리에 부착된 헤드가 진공압력을 이용하여 전자부

품을 픽업(pick-up)하고, 진공압력의 힘으로 전자부품을 실장한다[3, 4].

이때 픽업된 부품은 떨어진 상태가 될 수 있고, 정확한 상태인지 비전 검사를 한 후, 만일 빠졌던 상태라면 이것을 보정한 후 실장 해야 한다[5, 6]. 따라서 ‘흡착에서 카메라’까지의 이동 중 중간 위치에 설치된 카메라로 촬영하여 부품 상태의 영상을 취하여, 이 자료를 분석한 후 어느 정도가 틀어졌는지를 확인한다. 일반적으로 영상 획득을 위해서는 카메라 위치에서 촬영할 때는 멈추고 촬영하는 방법, 움직이면서 촬영하는 방법, 매우 빠른 속도로 움직이면서 촬영하는 방법 등이 있을 수 있다. 움직임이 빠를수록 많은 양을 실장할 수 있어 그만큼의 생산성은 높아진다.

본 논문에서는 부품공급장치에서 부품을 픽업하여 PCB의 정해진 위치로 옮길 때 시작 위치가(-300, -150)에서 (40, 200)의 위치로 옮기는 경우, 이동 시간 측정을 3 가지 방법으로 제시하고 각 방법으로 구동 시간을 계산하였다.

[†] 비 회 원 : 아진택코리아 이사

^{**} 종신회원 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

Manuscript Received : March 13, 2018

Accepted : May 17, 2018

* Corresponding Author : Kim Chi Su(cskim@kongju.ac.kr)

첫째, 카메라 위치에서 멈춘 후 테스트하는 Stop-Motion 방식 둘째, 카메라 위치에서 움직이면서 촬영하는 Fly1-Motion 방식, 셋째, 거리가 더 길어도 카메라 위치에서 최고의 속도를 내면 시간은 더 짧아질 수 있는 Fly2-motion방식을 제안하고, 3가지 방식에서 구동 시간이 가장 짧은 방식을 찾기 위해 이동 시간을 계산한 후 비교하였다.

2. 관련 연구

일반적으로 표면실장장비는 부품을 기관에 실장시키기 위해 부품을 제공하는 피더(feeders)와 그 피더로부터 부품을 흡착하는 노즐(nozzle), 기관으로 옮겨주는 헤드(head), 기관을 이송하는 컨베이어로 구성되어 있다.

일반적으로 표면실장장비의 부품 실장 과정은 Fig. 1과 같다.

- ① 피더로부터 부품을 흡착한다.
- ② 흡착된 부품은 카메라 앞으로 헤드가 이동시킨다.
- ③ 카메라는 이송된 부품에 대해 비전 검사를 한다.
- ④ 비전 검사가 끝난 부품은 기관으로 이동시킨다.
- ⑤ 비전 검사에서 문제가 발생한 부품에 대해서는 보정시킨다.
- ⑥ 보정이 끝남 부품은 실장하게 된다.
- ⑦ 다음 부품 흡착을 위해 피더로 헤드가 이동된다.

표면실장장비에서는 위와 같은 과정을 위해 겐트리를 사용하고 있으며, X축과 Y축의 운동 조합에 의해 움직이게 되고, Fig. 1은 여러 타입 중에서 (sLa-C-pRc)타입의 움직이는 경로를 나타내었다.

Fig. 1에서처럼 정확한 실장을 위해 카메라 앞에서 비전 검사를 한다. 본 논문에서는 생산성 향상을 위해 비전 검사 시 3가지 방식을 제시하고 각각에 대해 구동 시간을 산출하였다. 그리고 개발한 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 문제 없이 작동할 수 있는 그래프를 완성하여 보여주었다.

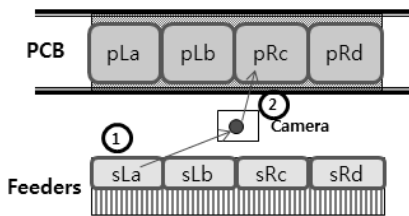


Fig. 1. The Moving Path from (-300, -150) to (4, 200)

3. (sLa-C-pRc)타입의 이동 시간 계산

(sLa-C-pRc)타입의 이동 시간 계산을 위해 겐트리의 한계가 있다. Table 1은 겐트리의 여러 가지 구동 조건들을 나타내고 있다.

Table 1. Given Condition

Item	X axis	Y axis	Unit
max velocity	2.0	2.0	m/sec
g acceleration	3.0	3.0	g
g [m/sec ²]	9.81	9.81	m/sec ²
max acceleration	29.43	29.43	m/sec ²
pick-up position	-300	-150	mm
camera position	0	0	mm
place position	40	200	mm

본 논문에서는 3가지 방식의 구동 시간을 측정하는데, 시간 측정할 때의 공통 방식은 (흡착(Suction))에서 카메라(Camera)까지, 카메라에서 실장(Placement)까지를 나누어 계산하고, 거리가 긴축을 중심으로 시간을 구한 후 짧은 축은 긴축의 시간에 맞추어 속도를 조절하여 이동한다.

3.1 stop-motion 방식

stop-motion방식은 부품을 흡착(S) 후 카메라 앞에서 정지하여 비전 검사를 한 후 실장(P)하는 방식을 말한다.

1) (S-C)구간의 구동 시간 계산

Fig. 2와 같은 (S-C)구간의 구동 시간을 계산해보면속도가 2.971로써 겐트리의 최고 속도(=2m/sec)를 초과한다.

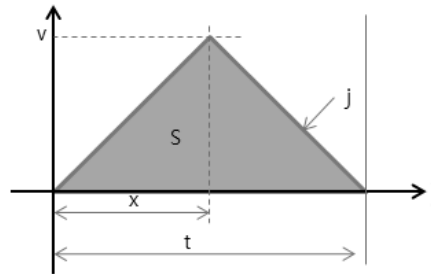


Fig. 2. Velocity Graph

따라서 Fig. 3의 속도 그래프처럼 속도가 2m/sec에서 ‘등속’ 구간이 존재함을 알 수 있다. 이때 시간을 계산하면 0.218sec가 나온다.

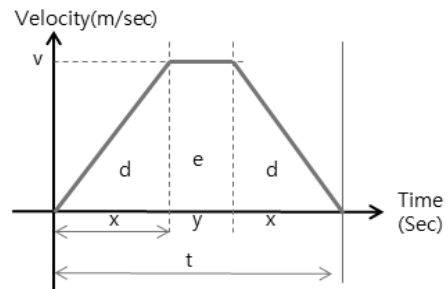


Fig. 3. Modified Velocity Graph

2) (C-P)구간의 구동 시간 계산

(C-P)구간의 계산 방법도 (C-P)구간에서 구동 시간을 계산한 것과 같은 방법으로 계산하여 0.168sec가 나왔다.

따라서 (S-P)의 총 구동 시간은 0.386sec가 된다. 그리고 본 논문에서 개발한 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 작성된 stop-motion방식의 속도 그래프는 Fig. 4와 같다.

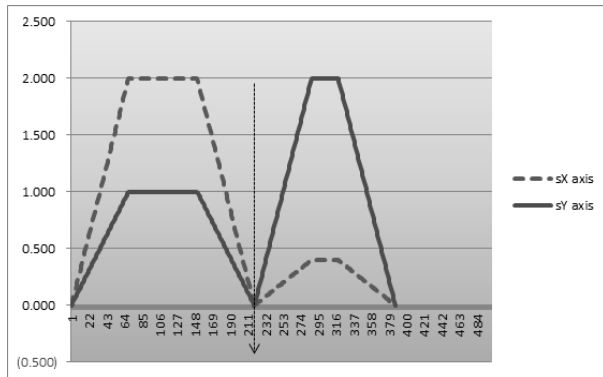


Fig. 4. Trajectory of Stop-Motion

3.2 fly1-motion 방식

fly1-motion방식은 구동시간을 단축하기 위하여 흡착된 부품을 카메라 위치에서 멈추지 않고 테스트 한 후 실장위치로 옮기는 방식을 말한다.

1) (S-C)구간의 구동 시간 계산

‘가속’과 ‘가속-등속’으로 카메라 앞 최고속도(=2)에 도달하는 경우는 시간을 구할 필요가 없다. 그 이유는 (C-P)구간에서 ‘감속’그래프의 거리(면적, s_x)를 “ $2as=v^2-v_0^2$ ” 공식을 사용하여 구해보았을 때 계산된 거리(s_x)는 0.068로써, (C-P)구간에서의 실제 X축 거리(=0.04)보다 더 길게 나왔기 때문이다. 또한 ‘등속-감속’그래프의 거리도 ‘감속’그래프의 거리보다 더 길 수밖에 없다.

그리고 (C-P)구간에서 ‘감속’그래프, ‘등속-감속’그래프의 거리(면적, s_x)도 “ $2as=v^2-v_0^2$ ” 공식을 사용했을 때 (C-P)구간에서의 실제 X축 거리(=0.04)보다 더 길게 나왔다. 따라서 정해진 거리(=0.04m)에 맞추기 위해서는 Fig. 5처럼 카메라 앞에서 현재 속도(=2)를 낮추어 거리가 0.04m가 나오도록 조정해야 한다.

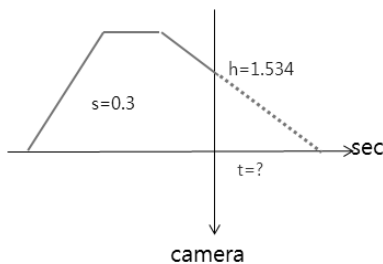
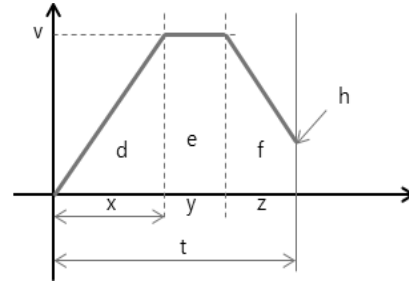


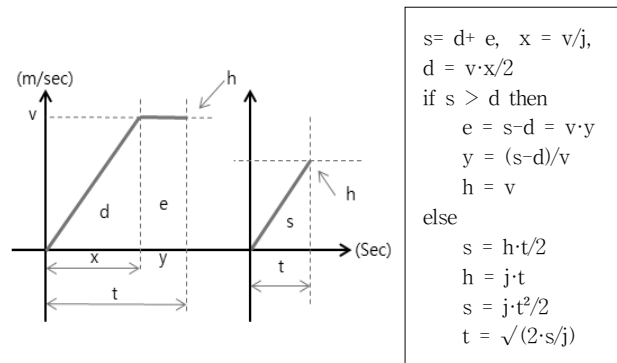
Fig. 5. 'acceleration-Constant Velocity-Deceleration' Graph



$$\begin{aligned}
 x &= v/j, \quad z = (v-h)/j, \\
 t &= x + y + z \\
 d &= v \cdot x/2 \\
 e &= v \cdot y \\
 f &= h \cdot z + (v-h) \cdot z/2 \\
 s &= d + e + f \\
 s &= v \cdot x/2 + v \cdot y + h \cdot z + (v-h) \cdot z/2 \\
 y &= (s - v \cdot x/2 - h \cdot z - (v-h) \cdot z/2)/v
 \end{aligned}$$

Fig. 6. Time Calculation Graph and Algorithm

(S-C)구간의 X축 시간은 Fig. 6을 이용하여 구할 수 있다. 그러나 모르는 변수가 2개(h, y)이므로 바로 계산할 수는 없다. 따라서 먼저 h를 구해야 하는데, 방법은 가장 짧은 시간이 나올 수 있는 Fig. 7을 사용해서 먼저 시간을 구한다. 그리고 그 시간을 만족시킬 수 있는 h값을 구한 후, 그 h값을 가지고 Fig. 6을 이용하여 최종 X축 시간(t_x)을 구한다.



$$\begin{aligned}
 s &= d + e, \quad x = v/j, \\
 d &= v \cdot x/2 \\
 \text{if } s > d \text{ then} \\
 e &= s - d = v \cdot y \\
 y &= (s - d)/v \\
 h &= v \\
 \text{else} \\
 s &= h \cdot t/2 \\
 h &= j \cdot t \\
 s &= j \cdot t^2/2 \\
 t &= \sqrt{(2 \cdot s/j)}
 \end{aligned}$$

Fig. 7. Time Calculation Graph and Algorithm

Fig. 7에서 구한 시간(t_x)은 0.184s이다. 이 시간을 가지고 Fig. 6에서 “ $2as=v^2-v_0^2$ ”공식을 이용하여 h값을 구한다. 결과는 h=1.534가 나온다.

2) (C-P)구간의 구동 시간 계산

이제 h(=1.534)를 이용하여 (C-P)구간의 시간(t_x)을 구할 수 있다. “삼각형 면적”공식을 사용하여 시간(t_x)을 계산하면 0.052가 된다. 결과적으로 h는 1.534, h'은 1.6304가 되어 Fig. 8의 그래프처럼 된다.

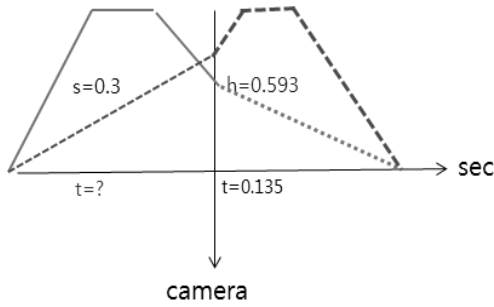


Fig. 8. Velocity Graph with Modified h Value

또한 Fig. 9에서 (C-P)구간의 Y축 시간을 구한 방법과 동일하게 Fig. 6의 계산 알고리즘을 이용하여 (S-C)구간의 X축 시간도 구할 수 있다. 그 결과 t_x 는 0.201s가 된다. 그리고 Y축 시간($t_x=0.201s$)과 Y축 이동 거리($sx=0.15s$)를 가지면 카메라 앞의 속도(h')도 구할 수 있다. 그 값은 1.49가 나온다.

이제 본 논문에서 개발한 시뮬레이션을 사용한 fly1-motion 방식의 속도 곡선은 Fig. 9와 같다.

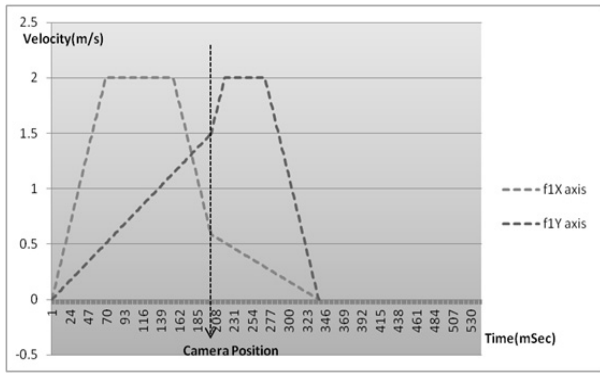


Fig. 9. Velocity Graph of Fly1-Motion

3.3 fly2-motion 방식

이 방식의 특징은 거리를 늘려서라도 카메라 앞 속도를 최대가 되도록 하는 것이다. 즉 주어진 거리의 제한을 두지 않는다. 그 이유는 (S-C)구간의 방향과 (C-P)구간의 방향이 같을 때는 가속도를 높임으로써 도달하는 시간을 줄일 수 있기 때문이다.

1) (S-C)구간의 구동 시간 계산

(S-C)구간의 기준 축은 X축 길이가 더 길기 때문에 X축이 된다. 따라서 Fig. 7의 '가속-등속' 곡선 그래프와 계산 알고리즘을 사용하여 (S-C)구간의 X축 시간(t_x)을 구하면 0.184s가 된다. 또한 (S-C)구간의 Y축 시간도 X축 시간($t_x=0.184s$)을 따르기 때문에 (S-C)구간에 존재하는 Y축 속도 그래프는 몇 개가 존재한다. 그 중에서 조건을 만족하는 그래프와 검증에 위한 그래프는 Fig. 10과 같다.

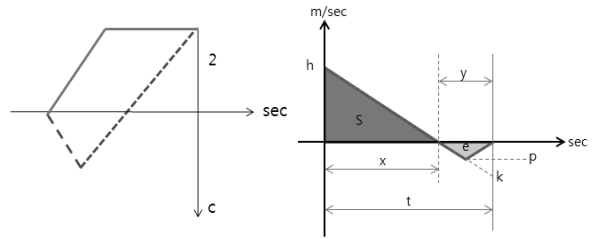


Fig. 10. Velocity Graph of the (S-C) and Verification Graph

Fig. 10의 검증을 위한 그래프에 대한 계산식은 다음과 같다.

이동거리(d)= $s-e$, 총 구동시간(t)= $0.184s$, h (초기속도)
 $p=s-e$
 x : s 거리만큼의 이동 시간, y : e 거리만큼의 이동 시간
 $t=x+y$, $s = x \cdot h/2$, $j = h/x$, $k = h \cdot y/x$
 $p = k/2 = h \cdot y/2 \cdot x$
 $e = p \cdot y/2 = h \cdot y^2/4 \cdot x (y=t-x) = (h \cdot t^2 - 2 \cdot h \cdot t \cdot x + h \cdot x^2)/4 \cdot x$
 $d = s-e = 0.15 = x \cdot h/2 - (h \cdot t^2 - 2 \cdot h \cdot t \cdot x + h \cdot x^2)/4 \cdot x$
 $x = 0.153$, $j = h/x = 13$, $y = 0.031$, $p = 0.202$

2) (S-C)구간의 구동 시간 계산

(C-P)구간은 X축 거리(0.04m) 보다 Y축 거리(0.2m)가 길기 때문에 Y축을 기준으로 먼저 계산한다. 따라서 Y축 시간은 Fig. 11처럼 가장 빠른 0.134s를 기준으로 한다.

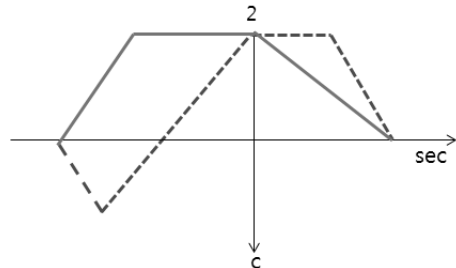


Fig. 11. Y-axis Velocity Graph

Fig. 11에서 (C-P)구간의 X축의 거리는 0.134s안에 0.04m의 거리를 가야 한다. 그러나 (C-P)구간의 X축 그래프가 '감속'으로만 되어있는 경우의 거리는 0.068m가 된다. 따라서 실제 주어진 거리가 0.04m이기 때문에 거리를 늘려주어야 한다. 그 때의 그래프가 Fig. 12와 같다.

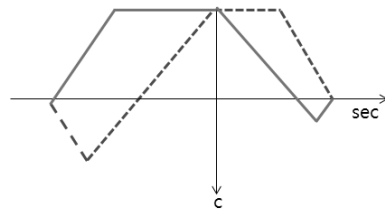


Fig. 12. Final Graph

이제 Fig. 12의 그래프가 사용가능한 그래프인지를 검증해 본다. (C-P)구간의 시간은 0.134s, (C-P)구간의 X축 삼각형 2개를 합한 면적(=거리)가 0.04m가 되어야 한다. X축 기준으로 Fig. 12의 삼각형 면적(=거리)은 0.068m, 시간도 0.068s이다. 따라서 아래쪽 삼각형의 면적(=거리)는 -0.028이 되어야 한다. 그러므로 시간이 0.066s이고, 면적(=거리)이 -0.028이 되려면 높이가 0.8466이 되면 가능하다. 결국 Fig. 12와 같은 그래프가 그려지는 데는 아무런 문제가 없다.

본 논문에서 개발한 시뮬레이션을 사용한 fly2-motion방식의 속도 곡선은 Fig. 13과 같다.

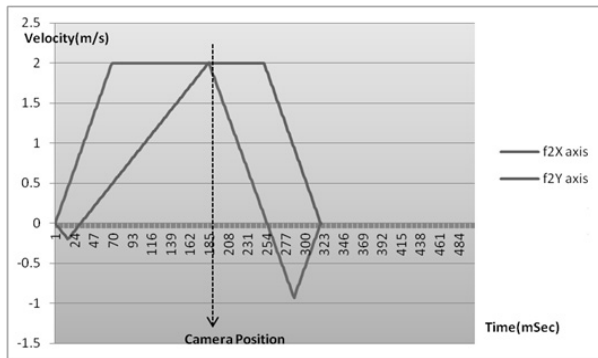


Fig. 13. Velocity graph of Fly2-Motion

4. 3가지 방식의 이동 시간 비교 및 분석

본 논문에서는 부품 실장의 생산성 향상을 위해 카메라 앞에서 비전 검사 시 멈추어서 하는 stop-motion 방식, 이동하면서 하는 fly1-motion 방식 그리고 카메라 앞에서 최고의 속도를 낼 수 있는 fly2-motion 방식 각각에 대해 동일 조건에서의 실장 시간을 구하였다. 그 결과는 Table 2에서와 같이 fly1-motion방식이 stop-motion방식보다 13%, fly2-motion방식은 18%씩 시간을 단축할 수 있음을 알 수 있다.

Table 2. Comparison of Three Methods

type	(S-C) (μ sec)	(C-P) (μ sec)	total (μ sec)	difference	ratio
stop	218	168	386		
fly1	201	136	337	49	13%
fly2	184	134	318	68	18%

5. 결 론

부품실장장비의 성능 향상을 위해서 부품 흡착을 빨리하는 방법, 켄트리(gantry)를 가볍게 하여 빨리 움직이는 방법, 부품 실장 시 진공과피를 빨리하는 방법, 장비 사용이 쉽도록 개선하는 방법 등 많은 부분이 개선되고 있다.

이에 본 논문에서는 켄트리 구동시간의 가장 빠른 경로를 구하고자 비전 검사 시 3가지 방법의 구동 시간을 계산하는 알고리즘을 개발하였으며, 구해진 시간으로 움직일 때 문제 없는지를 시뮬레이션 알고리즘을 통해 그래프를 그려보고 가능하다는 것을 확인하였다. 결과적으로 stop-motion방식보다는 fly2-motion방식이 더 많은 시간을 줄일 수 있음을 확인하였다.

본 논문에서는 시뮬레이션을 통한 시간 단축 방법을 찾아낸 것이고, 이를 부품실장장비에 적용하기 위해서는 여러 가지 고려해야할 사항이 많다. 현장에는 먼지, 분진, 소음, 진동 등으로 인해 연구의 결과대로 실제 가능한지는 또 다른 문제로써 향후 연구를 통해 현장에 적용해 나갈 예정이다.

References

- [1] W. Wang, P. C. Nelson, and T.M. Tirpak, "Optimization of high-speed multistation SMT placement machine using evolutionary algorithms," *IEEE Trans. on Electronics Packaging Manufacturing*, Vol.22, No.2, Apr. 1999.
- [2] Y. Crama, A. W. J. Kolen, A. G. Oerlemans, and F. C. R. Spieksma, "Throughput rate optimization in the automated assembly of PCB," *Annals of Operations Research*, Vol.26, No.1, pp.455-480, 1990.
- [3] P. J. Egbelu, C. T. Wu, and R. Pilgaonkar, "Robotic assembly of PCB with component feeder location consideration," *Production Planning and Control*, Vol.7, No.2, pp.195-197, 1999.
- [4] F. F. Cappo, and J. C. Miliken, "MLC Surface Mount Technology," *Surface Mount*, Vol.2, pp.99-104, 1999.
- [5] A. Sarkhel, B.-T. Ma, and W. E. Bernier, "Solder Bumping Process for Surface Mount Assembly of Ultra Fine Pitch Components," *New and Critical Technologies for SMT*, Vol.2, pp.17-22, 1995.
- [6] T. H. Treichel, "A Reliability Examination of Lead-free Quartz Crystal Products Using Surface Mount Technology Engineered for Harsh Environments," *SMTA News and Journal of Surface Mount Technology*, Vol.18, No.3, pp.39-47, 2005.



김 순 호

<https://orcid.org/0000-0003-1922-3522>

e-mail : Choi9588@gmail.com

1995년 동의대학교 전자공학과(학사)

2015년 공주대학교 컴퓨터공학과(석사)

현재 아진텍코리아 이사

관심분야: 표면실장기술, 모터 제어,

소프트웨어 품질



김치수

<https://orcid.org/0000-0002-5675-1853>

e-mail : cskim@kongju.ac.kr

1984년 중앙대학교 전자계산학과(학사)

1986년 중앙대학교 전자계산과(석사)

1990년 중앙대학교 전자계산과(박사)

현재 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

관심분야: 표면실장기술, 소프트웨어 품질, CobiT, CMMi