http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.10.337

(sLa-Camera-pLb)경로에서의 최소 시간 알고리즘

김순호*, 김치수**
기성FA*, 공주대학교 컴퓨터공학부**

An Algorithm of the Minimal Time on the (sLa-Camera-pLb)path

Soon-Ho Kim*, Chi-Su Kim**
GiSung Company*, Division of Computer Engineering in Kongju National University**

요 약 SMT장비는 전자 부품을 흡착하여 PCB상에 정확히 실장 하는 장비이다. 이를 위해서는 중간 위치에 설치된 카메라 앞에서 정지하여 비전 검사를 한 후 실장 위치로 이동한다. 그 이동 경로의 타입은 16가지가 되며, 그 중에서 (sLa-Camera-pLb)경로에 대해 가장 빠른 시간에 실장 할 수 있는 알고리즘을 본 논문에서는 제시한다. 이를 위해서는 카메라 위치에서 정지하지 않고 이동하면서 비전 검사할 때 수많은 궤적 중 어떤 궤적이 가장 빠른 시간에 검사 후 실장 할 수 있는 경로인지를 찾는 알고리즘을 제시한다. 그 결과 카메라 앞에서 정지하여 검사 후 이동하는 방식보다 16%의 시간 단축 효과가 있음을 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

주제어 : 표면 실장 기술, 겐트리 모션, 비전 카메라, 최단시간 경로 탐색, 표면 실장 장비

Abstract SMT is an equipment that picks up electronic components and does precise placing onto PCBs. In order to do this, it stops in front of a camera installed in the middle to go over vision inspection. And after that it is move for placing.
There are 16 different types of routes in this process. This paper presents the fastest algorithm to place (sLa-Camera-pLb) among all these routes. In order to do this, instead of stopping in front of camera the object should move on while going over the vision inspection. Among all possible tracks, this thesis will provide algorithm to find out the fastest tracks to do vision inspection and placing. And as a result, this thesis have demonstrated that this method can save about 16% of time compared to going over inspection while the object is standing still through simulation.

Key Words : SMT, Gantry Motion, Vision Camera, Optimal Path Search, SMD

1. 서론

SMT(Surface Mount Technology)란 부품의 리드를 기판(PCB)의 구멍에 삽입하지 않고, 기판위에 솔더크림을 도포하고 그 위에 부품을 실장(Place)하고, 이를 오븐에 구워 납을 굳힘(Reflow Oven)으로써 표면실장부품(SMD: Surface Mount Device)을 부착시키는 실장방법이다[1,2,3].

전자부품을 기판에 정확히 실장하기 위해서는 장비의 겐트리(XY_Gantry)에 부착된 헤드가 진공압으로 전자

Received 2 August 2015, Revised 21 September 2015
Accepted 20 October 2015
Corresponding Author: Chi-Su Kim(Kongju National Univ.)
Email: cskim@kongju.ac.kr

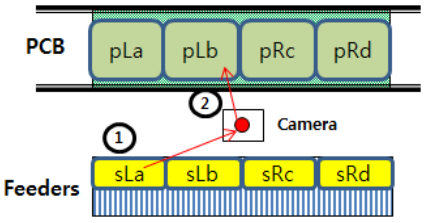
ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

부품을 흡착하고, 진공압의 힘으로 부품을 잡고 기판의 실장 위치로 이동한다[4,5,6].

이때 흡착된 부품은 약간의 틀어짐이 있으며, 정확한 실장을 위해서는 잡고 있는 상태를 확인하고, X, Y, R축으로 틀어짐 량을 보정하여 실장 해야 한다[7,8]. 이를 위해 일반적으로 부품의 상태를 카메라로 영상을 취득하고, 이 영상을 분석하여 X, Y, R축의 틀어짐 량을 찾아낸다. 영상 취득을 위해 카메라 위에서 정지하는 것이 일반적이나 생산성을 높이기 위해서 카메라 위에 정지하지 않고, 지나가는 순간에 영상을 취득하여 분석하는 방법을 사용한다[9,10,11].

본 논문에서는 부품공급장치에서 부품을 흡착하여 기판상의 실장 위치로 이동할 때 카메라 앞에서 정지하지 않고 카메라 앞을 지나가는 방식 중 이동 경로가 [Fig. 1]과 같은 (sLa-Camera-pLb)타입 일 때 최소 시간 경로를 찾는 방안을 제시한다.



[Fig. 1] (sLa-camera-pLb) moving path

2. 관련 연구

2.1 (sLa-camera-pLb)타입의 특징 및 구동 조건

(sLa - camera-pLb) 타입의 특징은 다음과 같다.

① X축의 움직이는 방향이 바뀐다.

② 흡착에서 카메라까지의 이동 거리는 X축이 Y축 보다 더 길다(x > y).

③ 카메라에서 실장까지의 이동 거리는 Y축이 X축 보다 더 길다(x < y).

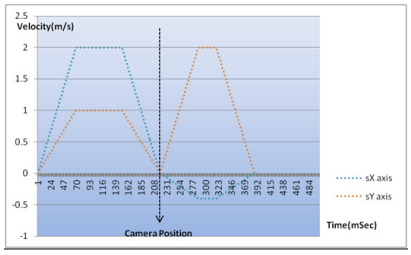
또한 (sLa - camera-pLb) 타입을 만족하는 구동 조건은 <Table 1>과 같다.

〈Table 1〉 Input Conditions

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
Pickup Position	-300	-150	mm
Camera Position	0	0	mm
Place Position	-40	200	mm

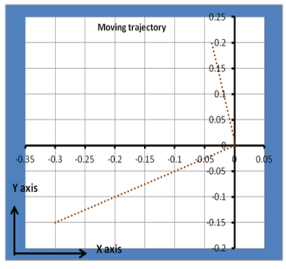
2.2 Stop-Motion 방식

카메라 위치에서 정지하는 구동 방식(Stop-Motion)은 [Fig. 2]와 같은 속도 곡선을 나타낸다[12].



[Fig. 2] Velocity Graph of the Stop-Motion

또 [Fig. 3]의 그래프를 보면 카메라 위치에서 정지하기 때문에 X축, Y축의 속도가 0이 되며, X축은 속도 방향이 바뀌는 것을 알 수 있다.

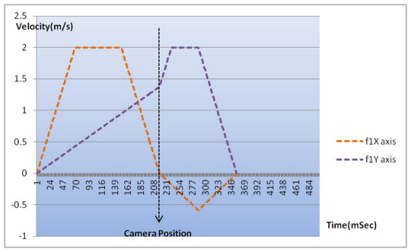


[Fig. 3] Moving Path of the Stop-Motion

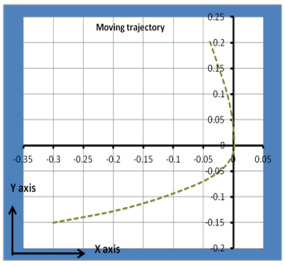
Stop-Motion의 궤적을 보면 부품을 흡착하여 카메라까지 이동하는데 걸리는 구동시간은 0.218s이다. 이 경우는 Y축보다 X축의 움직이는 시간이 더 걸린다. 또 카메라에서 실장위치까지의 구동시간은 0.168초로써 X축보다 Y축의 움직이는 시간이 더 걸린다. 따라서 총 구동시간은 0.386s이다.

2.3 Fly1-Motion 방식

Fly1-Motion은 카메라 앞에서 정지하지 않고 움직이는 방식이다. 이 방식으로 이동 시 궤적은 [Fig. 4]와 같으며, 카메라 앞에서 정지하지 않기 때문에 Y축의 속도가 존재한다. 따라서 궤적을 그래프 형태로 표현하면 [Fig. 5]와 같다[13,14,15].



[Fig. 4] Velocity Graph of the Fly1-Motion



[Fig. 5] Moving Path of the Fly1-Motion

즉 부품을 흡착하여 카메라까지의 이동하는데 걸리는 시간은 X축에 의해 결정되고, 이때 Y축은 이동거리와 시간에 의해 속도가 결정된다. 이후 카메라에서 실장 하는데 까지 이동하는데 걸리는 시간은 Y축에 의해 결정되고, 카메라 위치에서 속도가 존재하기 때문에 카메라 위치에서 속도가 0(Stop-Motion)인 상태에서 가속을 하는 것보다는 시간이 더 줄어드는 효과를 볼 수 있다.

s(이동거리) = 0.15m, t(시간) = 0.218sec 일 때, 카메라 위치를 지나가는 Y축의 속도를 계산하면 다음과 같다.

s = h·t/2 이므로, h(속도) = 2·s/t = 0.3/0.218 = 1.376147m/s가 된다.

또 카메라에서 실장위치까지 Y축의 이동시간은 [Fig. 6] 그래프에서 h(속도)가 주어질 때 t(시간)를 구하면 된다.

여기서

- s(이동거리) = d + e + f
- v: 최고속도
- j: 가속도
- h: 마지막 속도라고 할 때

$$x(\text{가속 시간}) = v/j \quad (1)$$
$$z = (v - h)/j \quad (2)$$
$$t = x + y + z \quad (3)$$
$$d = v \cdot x/2 \quad (4)$$
$$e = v \cdot y \quad (5)$$
$$f = h \cdot z + (v-h) \cdot z/2 \quad (6)$$
$$s = d + e + f \quad (7)$$
$$s = v \cdot x/2 + v \cdot y + h \cdot z + (v-h) \cdot z/2 \quad (8)$$
$$y = (s - v \cdot x/2 - h \cdot z - (v-h) \cdot z/2)/v \quad (9)$$

$s = 0.2m$

$j = 29.43m/s^2$

$v = 2m/s$

$h = 1.376147m/s$

$x = 2/29.43 = 0.68$

$z = (2 - 1.376147)/29.43 = 0.021$

$s = d + e + f$

위 기본 수식에서 (4), (5), (6)을 대입하면

$s = v \cdot x/2 + v \cdot y + h \cdot z + (v-h)z/2$이 된다.

여기서

$y = (s - v \cdot x/2 - h \cdot z - (v-h)z/2)/v = 0.048$

따라서 t(가동시간) = 0.137s이다.

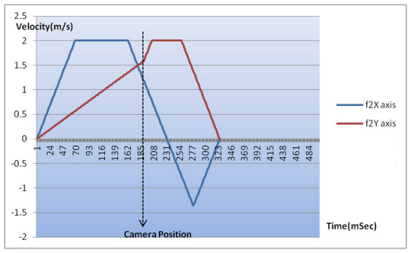
즉 0.2m을 움직이는데 속도 0에서 시작을 하면 0.168s 걸리고, 속도 1.376147m/s에서 시작하면 0.137s 걸린다. 따라서 0.031s만큼 시간을 단축시킬 수 있다.

3. Fly2-Motion 방식

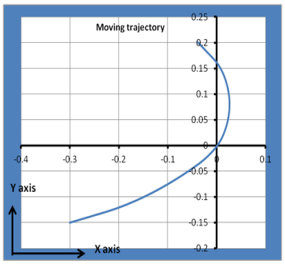
앞에서 Stop-Motion 방식과 Fly1-Motion 방식을 통해 카메라 위치를 지나가는 속도가 높을수록 시간은 단축되는 것을 알 수 있었다. 따라서 카메라 위치를 지나가는 속도를 더 높이기 위해서는 m(거리)와 t(시간)이 필요한데, 시간은 다른 축에 의해서 결정되므로 거리를 변화시키는 것이 필요하게 된다.

본 연구에서 제시하는 Fly2-Motion 방식의 이동 시

궤적은 [Fig. 6]과 같으며, 반대로 움직여 거리를 더 확보함으로써 정해진 시간에 속도를 높이는 방법을 제안하였다. 그 결과 [Fig. 7]과 같은 궤적과 시간의 변화가 나타났다.



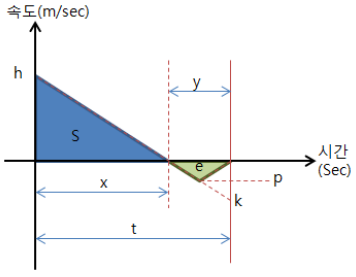
[Fig. 6] Velocity Graph of the Fly2-Motion



[Fig. 7] Moving Path of the Fly2-Motion

fly2-motion방식에서 흡착하여 카메라까지의 구동시간은 0.190s이고, 카메라에서 실장위치까지의 구동시간은 0.135s이다. 따라서 총 구동시간은 0.325s가 된다.

d(구동거리) = 40mm, h(초기속도) = 1.5831m/s), t(이동시간) = 135m/s가 주어질 때 j(가속도)를 구하기 위해서 [Fig. 8]의 그래프를 이용하면 다음과 같다.



[Fig. 8] h Velocity Graph

입력 조건:

- d(구동거리) = -0.04m (반대 방향은 음수)
- t(구동시간) = 0.135s
- h(초기속도) = 1.176m/s

s의 감속 기울기와 e의 기울기는 같다.

- x = s(거리 이동 시간)
- y = e(거리 이동 시간)
- p = k/2 = h·y/2·x

$t = x + y$ (1)

$s = x \cdot h/2$ (2)

j(기울기) = h/x (3)

$k = h \cdot y/x$ (4)

$p = k/2 = h \cdot y/2x$ (5)

$e = p \cdot y/2 = h \cdot y^2/4x$ (6)

$d = s - e$ (7)

위 식에서 (6)항에 (1)항을 대입하면

$e = h \cdot y^2/4x$(여기서 'y = t - x'를 대입)

$= h(t - x)^2/4x$

$= (h \cdot t^2 - 2h \cdot t \cdot x + h \cdot x^2)/4x$

또 위 식에서 (7)항에 (2)항을 대입하면

$d = s - e$

$= x \cdot h/2 - (h \cdot t^2 - 2h \cdot t \cdot x + h \cdot x^2)/4x$

위 식을 x에 대하여 정리를 하면

$4d \cdot x = 2h \cdot x^2 - h \cdot t^2 + 2h \cdot t \cdot x - h \cdot x^2$

$h \cdot x^2 + (2h \cdot t - 4d) \cdot x - h \cdot t^2 = 0$

$\therefore \quad x = (-(h \cdot t - 2d) + \sqrt{((h \cdot t - 2d)^2 + h^2 \cdot t^2)})/h$

j(기울기) = h/x(0 < x < t)

$\therefore$ j(기울기) = $28.833 m/s^2$

t(가동시간) = 0.135s 이다.

본 논문에서 제안한 fly2-motion 방식은 X축이 카메라 위치에서 속도를 가지므로 감속하여 +0.026m 위치까지 지나가고 다시 되돌아오는 것이다. 그 결과 부품의 흡착에서 카메라 위치까지의 이동시간이 190m/s로 0.028초 빠르며, 카메라에서 실장까지 135m/s로 0.002초 단축할 수 있다.

4. 3가지 방식의 비교 검증

<Table 1>과 같은 동일 조건에서 기존방식인 Stop-Motion, Fly1-Motion과 본 논문에서 제안한 Fly2-Motion의 결과를 <Table 2>에 정리하였다.

〈Table 2〉 Result of Fly-2Motion

mode	S-C (m/s)	C-P (m/s)	T-time	defference	%	Velocity of C position	
						X	Y
Stop	218	168	386			0.00	0.00
Fly1	218	137	355	31	8	0.00	1.38
Fly2	190	135	325	61	16	1.19	1.58

S(start): pick-up(부품 흡착 위치)
C(camera): 카메라
P(place): 부품 장착 위치

<Table 1>의 조건에서 흡착하여 카메라로 이동시 X축이 Y축보다 길고, 카메라 위치에서 장착 위치까지는 Y축이 X축보다 길며, 구동 방향이 반대이므로 카메라 위치에서 Y축의 속도는 1.58m/s이고 X축의 속도는 1.19m/s이다.

그러므로 흡착에서 카메라 위치까지의 구동시간은 190m/s로 28m/s 빠르고, 카메라 위치에서 실장까지의 구동시간은 1358m/s로 2m/s만큼 시간을 단축할 수 있다.

이 경우는 Fly1-Motion보다 Fl2-Motion이 총 30m/s 빠르게 움직임을 확인 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 겐트리 구조에서 카메라 위치를 지나가는 3가지 방식 중 카메라 앞에서 정지하는 Stop-Motion방식 보다는 카메라 앞에서 정지하지 않고 지나갈 때 시간이 8%정도 단축되는 것을 확인하였다. 또한 Fly1-Motion방식 보다는 본 논문에서 제시하는 Fly2-Motion 방식이 16%의 시간 단축 효과가 있음을 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

따라서 본 논문에서 제시한 알고리즘을 부품을 흡착하여 실장 하는 장비에 적용할 경우 최단 시간의 경로를 통해 많은 생산성이 증가할 것으로 기대된다.

앞으로 계속적으로 연구해야할 과제는 이 알고리즘을 적용하여 시스템을 구동 했을 때, 발생되는 진동과 구동 모터의 발열 문제가 있을 것으로 예상돼 차후 해결해야 할 것이다.

REFERENCES

[1] Gun-Tae, Bang, Sang Hak, SMT Engineering, Dang Publishers, pp34-40, 2012

[2] Ho-Joong, Kim, An Introduction to SMT, Sang Hak Dang Publishers, pp24-27, 2011

[3] Byung-Sung Han, Sung-Jin Park, Hyun-Su Lee, Semiconductor Engineering, Dongil Publishers, pp20-29, 2010

[4] Young-Min, Kim, Chi-Su, Kim, A Study on the Productivity Improvement used by the Air Stick Feeder and the Fiber Sensors in SMT, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.16 No.3 pp2146-2150, 2015.

[5] http://www.mirae.com/product/pro_01.asp

[6]http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0p D6z&articleno=271&categoryId=2&regdt=20141118121016

[7] Young-Min, Kim, Chi-Su, Kim, "Development of the Air Stick Feeder for Inserting the Relay", ournal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.16 No.2, pp1398-1402, 2015.

[8] Soon-Ho Kim, Chi-Su Kim, Method to Minimize the Moving Time of the Gantry, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 15, No. 11, pp6863-6869, 2014

[9] Young-Min Kim, The surface mounting technology to prevent improper fine chip insertions by using fiber sensors. MS's thesis Kongju National Univ. 2013.

[10] Keun-Ho Rew, Jeong-Tae Kwon, and Kyoungwoo Park, Antisymmetric S-curve Profile for Faset and Vibrationless Motion. Journal of institute of control robotics and systems, Vol. 4, No. 6, pp342-349, 1995

[11] Young-Min Kim,Jong-Yun Lee,Young-Jin Park, Transport equipment for electronics component, how to mount electronic components, Patent No:10-2011-0059459,Applicant: Mirae corporation

[12] Seong-Sik Kim, To prevent the fault feeder mounted control devices and sensing devices mounted chip mounter, Patent No: 200377013 (2005.02.17), Applicant: Jeta Tech corporation.
[13] Kyung-Wan How to recognize parts chip mounter adsorption. Patent Number: 1020060031551, No, Applicant: SamSung Techwin corporation
[14] Dong-Man Kim,Tae-Hyung, Jae-Young Lee, A Dynamic Programming Approach to Mount Sequence Optimization for Multihead-Gantry Chip Mounter, The Korean Institute of Electrical Engineers. Vol.7 No.3, pp454-460, 2002
[15] Dong-Man Kim,Tae-Hyung Park, A Mount Sequence Optimization for Multihead Chip Mounters, Journal of Industrial Science and Technology Institute. Vol.6 No.2, pp216-223, 2002

김 순 호(Kim, Soon Ho)

・1995년 2월 : 동의대학교 공과대학 전자공학과(학사)
・2015년 2월 : 공주대학교 컴퓨터공학과(석사)
・1994년 11월 ~ 2014년 11월 : 미래산업(주) 연구소 팀장(이사)
・1995년 1월 ~ 현재 : 기성FA 대표
・관심분야 : 표면실장기술, 소프트웨어 품질, 모터제어
・E-Mail : choi9588@gmail.com

김 치 수(Kim, Chi Su)

・1984년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과(이학사)
・1986년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과(이학석사)
・1990년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과(공학박사)
・1992년 9월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부(교수)
・관심분야 : 표면실장기술, 소프트웨어 품질
・E-Mail : cskim@kongju.ac.kr