

(sLb-Camera-pLb)타입의 겐트리 이동시간 단축 방법

김순호¹, 김치수^{2*}

¹(주)아진엑스텍 이사, ²공주대학교 컴퓨터공학부 교수

The method to reduce the travel time of the gantry in (sLb-Camera-pLb) type

Soon-Ho Kim¹, Chi-Su Kim^{2*}

¹Director, Ajinnextek Co, Ltd, Korea

²Professor, Dept. of Computer Engineering, Kong-Ju National University

요 약 표면실장장비(SMD)의 겐트리는 부품을 피더에서 기판으로 옮기는 역할을 한다. 이 때 겐트리의 이동 시간은 생산량에 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 겐트리의 이동 시간을 단축시키기 위해 부품의 흡착에서 실장까지 가장 빠른 경로를 제시한다. 이 경로는 겐트리의 특성상 카메라 앞에서의 속도가 2인 경우이다. 따라서 이때의 궤적 그래프를 시뮬레이션을 통해 작성하고 이동 시간을 계산하였다. 그 결과 현재 사용 중인 stop-motion방법보다 본 논문에서 제시한 moving-motion방법의 이동 시간이 20%단축된 것을 알 수 있다.

주제어 : 표면실장기술, 표면실장장비, 겐트리, 이동 시간

Abstract The gantry of surface mount equipment (SMD) is responsible for transferring parts from the feeder to the PCB. At this time, the moving time of the gantry affects the yield. Therefore, in this paper, we propose the fastest path from the suction to the mounting to reduce the gantry travel time. This path is a case where the velocity in front of the camera is 2m/sec due to the nature of the gantry. Therefore, the trajectory graph of this case was created through simulation and the travel time was calculated. As a result, we can see that the moving time of the moving-motion method proposed in this paper is 20% shorter than the current stop-motion method.

Key Words : SMT, SMD, Gantry, Travel Time

1. 서론

최근 휴대폰 등 전자기기에는 0402(0.4mm×0.2mm), 0603(0.6mm×0.3mm)처럼 매우 작고, 얇고, 가벼운 칩들을 사용한다[1,2].

이러한 미소칩(fine chip)을 기판(PCB)위에 실장하기 위해서는 기존의 삽입실장기술(IMT)로는 어렵고, 표면실장기술(SMT)을 사용하게 된다[3,4]. 현재 표면실장기술을 이용한 표면실장장비(SMD)는 겐트리를 사용하고

있고, 표면실장장비의 성능은 곧 생산성과 밀접하게 관련이 있다[5,6]. 따라서 이 장비의 효율을 높이기 위하여 흡착을 빨리 할 수 있는 기술, 겐트리의 무게를 줄여 속도를 개선하는 기술, 부품 실장 시 진공 파괴를 빨리하는 기술 등 많은 연구가 이루어지고 있다[7,8]. 그러나 이들 연구의 대부분은 하드웨어적인 해결 방법들이다.

본 논문에서는 생산성 향상을 위해 소프트웨어적으로 해결하고자 한다. 그 방법은 현재 운영 중인 이동 경로보다 더 빠른 이동 경로를 찾아 이동 시간을 단축시키는 것

*Corresponding Author : Chi-Su Kim(cskim@kongju.ac.kr)
Received February 2, 2019
Accepted April 20, 2019

Revised March 14, 2019
Published April 28, 2019

이다[9,10]. 따라서 이 경로에 맞춰 겐트리를 움직이게 함으로써 이동 시간을 단축시켜 생산성을 높이는 것이 본 논문의 목표이다.

2. 겐트리 구동 방식

표면실장장비에서 겐트리는 피더(feeder)에서 미소칩을 하나 선택(흡착)하여 기판위에 가져다 놓는(실장) 역할을 한다. 이 때 부품 흡착 시 정확히 잡혔는지 검사를 한 후 실장하게 된다[11-13]. 즉 부품 실장 과정은 ‘흡착 -> 검사 -> 실장’을 반복한다. 여기서 부품이 흡착되는 위치와 실장되는 위치에 따라 Fig. 1처럼 나타낼 수 있다.

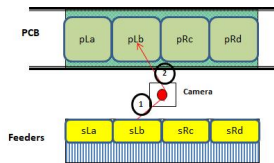


Fig. 1. (sLb-Camera-pLb) type

본 논문에서는 (sLb-Camera-pLb)타입에 대한 가장 빠른 이동 경로를 찾고자 한다. 현재 장비에서 사용하고 있는 방법은 카메라 앞에서 멈추어 불량 여부의 검사를 체크한다. 이 방법을 여기서는 ‘stop-motion’방법이라 칭하고 이동 시간을 계산하였다. 또 본 논문에서 제시하는 ‘moving-motion’방법은 카메라 앞에서 멈추지 않고 움직이면서 불량 여부를 체크한다는 가정 하에 이동 시간을 계산하였다. 그 결과 ‘stop-motion’방법과 ‘moving-motion’방법의 시간 비교를 통하여 본 논문에서 제시하는 방법이 생산성을 더 높일 수 있다는 것을 나타내었다.

3. (sLb-Camera-pLb) 타입의 이동 시간 계산

이동 시간 계산을 위해 필요한 겐트리의 기계적 조건을 보면 Table 1과 같다[14].

본 논문에서는 먼저 현재 사용하고 있는 (stop-motion) 방법에 대한 이동 시간을 (S-C)와 (C-P) 구간으로 나누어 계산한다.

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
max acceleration	29.43	29.43	m/sec ²
pick-up position	-20	-150	mm
camera position	0	0	mm
place position	-20	-250	mm

3.1 (stop-motion)방법

이동 시간을 계산하기 위해 가장 먼저 고려해야 할 사항은 겐트리의 X축, Y축 움직임의 궤적 중에서 이동 거리가 긴축을 선택하여 시간을 계산 한다. 그리고 나머지 거리가 짧은 축은 긴축의 궤적 안에서 이동 궤적을 그리게 된다[15].

3.1.1 (S-C)구간의 이동 시간 계산

이 구간에서 X축과 Y축의 이동 거리를 보면 X축은 0.02m, Y축은 0.15m를 이동한다. 따라서 거리가 긴 Y축을 가지고 먼저 이동 시간을 계산한다.

(S-C)구간에서 가장 먼저 선택할 수 있는 흡착(v=0)에서 카메라(v=0)까지 겐트리 속도 그래프는 Fig. 2와 같다. 이 그래프를 이용하여 시간 계산이 문제없이 되면 이때 계산된 값을 이동 시간으로 사용할 것이며, 만일 문제가 있어 이 그래프를 사용할 수 없다면 또 다른 그래프를 고려해야할 것이다.

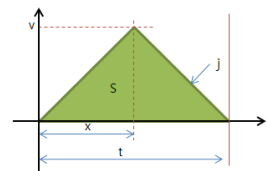


Fig. 2. Velocity Graph

여기서, v: 최고속도(2m/s), s: Y축 이동거리(0.15m), j: 최대가속도(29.43m/s²), t: (S-C)이동 시간이다.

이 그래프를 사용했을 때 이동 시간 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & s=0.15m \\
 & j=29.43m/sec^2 \\
 & s=t*v/2, t*v=0.3, v=j*t \\
 & \therefore t=0.143sec, v=2.104m/sec
 \end{aligned}$$

구해진 속도(v)가 2.104로써 젠트리의 주어진 기계적 한계인 최고 속도(v=2)를 넘기 때문에 이 그래프를 사용한 시간 계산은 의미가 없다. 따라서 다음으로 고려해볼 수 있는 그래프는 최고속도가 2인 등속 구간이 존재하는 Fig. 3과 같은 그래프이다.

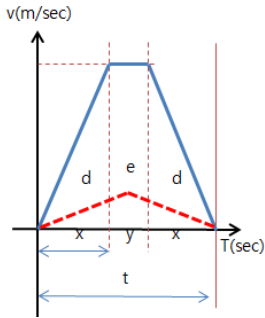


Fig. 3. Modified Velocity Graph

여기서 실선 곡선은 Y축 이동 궤적, 점선 곡선은 X축 이동 궤적을 나타낸다. Fig. 3의 그래프를 이용한 시간 계산은 다음의 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 x: & x=j/v=29.43/2=0.068\text{sec} \\
 y: & e=s-2d=0.15-2*0.136=0.014\text{sec} \\
 \therefore & t=0.143\text{sec}
 \end{aligned}$$

즉 흡착에서 카메라까지의 이동 시간은 0.143s이 된다.

3.1.2 (C-P)구간의 이동 시간 계산

이 방법도 카메라 앞에서의 속도가 0이기 때문에 (S-C)의 그래프가 (C-P)구간의 그래프에 영향을 주지 않는다. 즉 카메라 앞에서의 속도는 0에서 출발하여 실장 시 속도 또한 0으로 끝난다. 따라서 (C-P)구간의 이동 시간을 계산하기 위해 앞에서 사용한 Fig. 3과 같은 속도 그래프를 사용한다. 또한 시간을 구하는 과정도 같은 식을 사용하고 거리값(=250mm)만 달라진다. 결국 (C-P)구간의 이동 시간은 0.193s가 된다. 따라서 이 방법의 (S-P)구간의 총 이동 시간은 0.336s가 된다.

본 논문에서 개발한 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 작성된 stop-motion방식의 속도 그래프는 그림 4와 같다.

여기서 점선으로 표시된 Y축을 중심으로 속도 곡선을 먼저 나타내었고, 실선으로 표시된 X축 그래프는 Y축 속선에 따라 같이 움직이는 곡선이다. Y축 그래프를 보면 기계적 한계인 최대 속도 2를 모두 넘지 않고 있고,

(S-C)구간에서는 카메라 앞의 속도가 0이기 때문에 0에 수렴되는 그래프 곡선을 나타내고 있다. 그리고 (C-P)구간에서는 카메라 속도 0에서 출발하여 실장 시 속도 0에 수렴되는 그래프를 나타내고 있다. 또한 (S-C)구간의 X축 그래프는 Y축 이동에 따른 형태가 (C-P)구간에서는 0에서 시작하여 -20mm까지 이동하기 때문에 그래프에서는 아래 부분에 나타내었다.

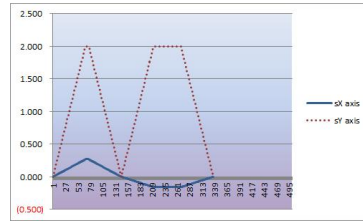


Fig. 4. Velocity Graph of the stop-motion method

3.2 (moving-motion)방법

본 논문에서 제시하는 이 방법은 카메라 앞에서 멈추지 않고 움직이면서 불량 또는 정상 흡착 여부를 체크하도록 설계한 것이다. 이 방법은 카메라 앞에서 순간 속도가 존재하기 때문에 기존 방법인 (stop-motion)방법보다는 시간을 단축할 수 있다고 생각하여 제시하는 방법이다. 이 방법은 카메라 앞에서의 젠트리 속도가 0~2까지 존재한다. 여기서 젠트리 최고속도(v=2) 구간의 시간이 길수록 총 시간은 단축된다[16].

3.2.1 (S-C)구간의 시간 계산

이 구간의 시간 계산을 위해 사용해야할 속도 그래프는 Fig. 5와 같다. 물론 여기에서도 젠트리의 이동 거리가 Y축이 길기 때문에 Y축을 우선으로 시간을 계산한다. Fig. 5에서 점선으로 나타낸 X축의 속도 곡선은 카메라 앞에서 방향이 바뀌기 때문에 카메라 앞에서의 속도는 0이다. 즉 출발(카메라 위치) 속도와 도착(실장) 속도 모두 0이 된다.

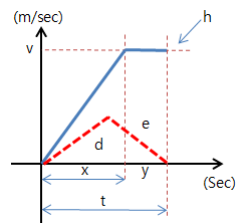


Fig. 5. Velocity Graph

이 그래프를 이용하여 계산하는 식은 다음과 같다.

시간(x): $0.068(v=j \cdot x)$ 식 이용
 시간(y): $e=s(=0.15)-d(=0.068)=0.014$
 \therefore 시간(t)=0.109s

결과적으로 (S-C)구간의 시간은 **0.109s**이다.

3.2.2 (C-P)구간의 시간 계산

이 구간에서 사용할 그래프는 Fig. 6과 같다. 이 그림을 보면 Y축은 같은 방향이기 때문에 최대속도에서 시작하고, 일정 구간의 등속을 유지하다 실장 시 속도는 0이 된다. 또 X축은 카메라 앞에서 방향이 바뀌기 때문에 속도 0에서 출발하여 실장 시 0으로 끝난다. 결국 속도 그래프는 Fig. 6처럼 되고 시간 계산도 이 그래프를 이용한다.

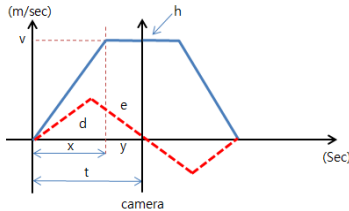


Fig.6. Velocity Graph

Fig. 6의 그래프를 보면 (C-P)구간의 거리만 다르지, 계산 방식은 같다.

시간(x): $0.068(v=j \cdot x)$ 식 이용
 시간(y): $e=s(=0.25)-d(=0.068)=0.182$
 \therefore 시간(t)=0.159s

결국 (S-P)구간의 총 시간은 **0.268s**가 된다.

본 논문에서 개발한 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 작성된 moving-motion방법의 속도 그래프는 그림 7과 같다.

여기서 점선으로 표시된 Y축을 중심으로 속도 곡선을 먼저 나타내었고, 실선으로 표시된 X축 그래프는 Y축 곡선에 따라 같이 움직이는 곡선이다.

카메라 앞에서 (S-C)구간의 Y축의 속도는 겐트리의 최대 속도 인 2를 나타내고 있다. 그것은 카메라 앞에서의 최대 속도일 때 이동 시간이 가장 짧아지기 때문이다. 또한 (C-P)구간의 시작은 카메라 앞에서 속도 2가 될 것이고 일정한 등속 구간을 가진 후 실장 속도 0로 수렴하는 것을 볼 수 있다.

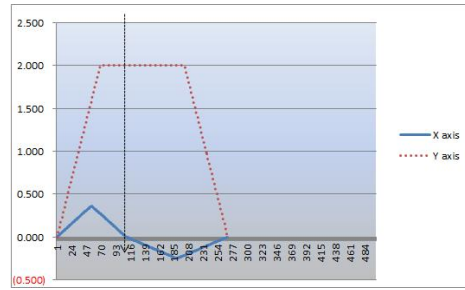


Fig. 7. Velocity Graph of the moving-motion method

4. (stop-motion)방법과 (moving-motion)방법의 이동 시간 분석

본 논문에서는 겐트리의 이동 시간을 단축하는 것이 생산성을 높일 수 있다고 판단하여 현재 사용하고 있는 (stop-motion)방법의 이동 시간을 계산하였고, 본 논문에서 제시하는 (moving-motion)방법의 이동 시간을 계산해 보았다.

Table 2는 (stop-motion)방법과 (moving-motion)방법의 이동 시간을 비교하여 나타내고 있다. (moving-motion)방법이 (S-C)구간에서 34μsec, (C-P)구간에서도 34μsec 단축되어 (S-P)구간의 총 시간이 68μsec만큼 단축된 것을 알 수 있다. 결국 20%만큼의 시간이 단축된 것을 알 수 있다.

Table 2. Comparison Table of stop-motion, moving-motion

mode	(S-C) (μsec)	(C-P) (μsec)	total (μsec)	ratio	Velocity of C position	
					X axis	Y axis
stop	143	193	336	-	0.00	0.00
moving	109	159	268	20%	0.00	2.00

5. 결론

표면실장기술을 이용한 표면실장장비의 생산성을 높이기 위해서 겐트리 자체의 무게를 줄여 빨리 움직이도록 개선하면 겐트리 속도의 증가로 생산성을 높일 수 있다.

그러나 본 논문에서는 소프트웨어적인 방법으로 생산성을 높이하고자 가장 빠른 시간에 도달할 수 있는 겐트리의 이동 경로를 찾아 시간을 계산해보았다. 방법은 기존 겐트리의 이동 경로에 따른 시간을 구하고, 본 논문에서

제시한 방법으로 이동 경로의 시간을 구하여 비교하였다. 그 결과 본 논문에서 제시한 방법을 사용했을 때 20%의 시간 단축이 된 것을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] J. S. Lee. (2016). *Defect Classification of Components for SMT Inspection Machines*. masters thesis. Chungbuk National University, Chungbuk
- [2] C. H. Lee. (2015). *Integrated path planning algorithm for SMT inspection machines considering inspection delay time*. masters thesis. Chungbuk National University, Chungbuk.
- [3] K. S. Han. (2014). *Enhanced uniformity of Chip Mounter by Force control*. masters thesis. Aju University, Geonggi.
- [4] H. Y. Kim. (2008). *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Manhattan defect of Flexible Printed Circuit Board in Surface Mount Technology*. masters thesis. Myungji University, Geonggi.
- [5] S. S. Jo. (2017). *Microscopic Inspection Automation of Small Components on Avionics System using Digital Image Processing Technique*. masters thesis. Hanseo University, Geonggi.
- [6] Beyer. D. M. Dengl. & Wendler. P. (2018). A Unifying View on SMT-Based Software Verification. *Journal of automated reasoning*, 60(3), 299-305.
- [7] Merkle. T. Gotzen. R. (2015). Millimeter-Wave Surface Mount Technology for 3-D Printed Polymer Multichip Modules. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 5(2), 201-206.
- [8] Brandl. F. Brandt. F. C. Eberl. C. Geist, (2018). Proving the Incompatibility of Efficiency and Strategyproofness via SMT Solving *Journal of the Association for Computing Machinery*, 65(2), 188-195.
- [9] Treichel. T. H. (2018). 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*, 18(3), 39-47, 2005.
- [10] S. H. Kim. C. S. Kim. (2017). *The method of minimizing gantry driving time in surface mount*. Cheonan: Kongju National University.
- [11] S. H. Kim. C. S. Kim. (2018) The Method to reduce the driving time in (sLa-Camera-pRd)type, *Journal of The Korea Convergence Society*, 9(12), 1-7.
DOI Number: 10.15207/JKCS.2018.9.12.001
- [12] S. H. Kim. C. S. Kim. (2018) Comparing the placement time of Stop-motion and moving-motion *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 9(8), 633-637.
DOI Number: 10.5958/0976-5506.2018.00804.5
- [13] S. H. Kim. C. S. Kim. (2017) A Confirmation of the minimum moving time to the stop-motion in the (sLa-Camera-pLa)type. *KIPS Tr. Software and Data Eng. 6(5)*, 223-228.
DOI Number: 10.3745/KTSDE.2017.6.5.223
- [14] S. H. Kim. C. S. Kim. (2017) A Comparison of the moving time about gantry. *KIPS Tr. Software and Data Eng. 6(3)*, 135-140.
DOI Number: 10.3745/KTSDE.2017.6.3.135
- [15] S. H. Kim. C. S. Kim. (2015) The most Efficient Path Algorithm from Feeders to PCBs. *International Journal of Control and Automation*, 8(9), 11-20.
DOI Number: 10.14257/ijca.2015.8.9.02
- [16] Y. M. Kim. C. S. Kim. (2015) Development of the Air Stick Feeder for Inserting the Relay. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 16(2)*, 1398-1402.
DOI Number:10.5762/KAIS.2015.16.2.1398

김 순 호(Kim, Soon Ho) [정회원]



- 1995년 2월 : 동의대학교 전자공학과(공학사)
- 2015년 2월 : 공주대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2016년 2월 ~ 현재 : 아진엑스텍(주)이사

- 관심분야 : 표면실장기술, 소프트웨어 품질
- E-Mail : choi9588@gmail.com

김 치 수(Kim, Chi Su) [정회원]



- 1984년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1986년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과(공학석사)
- 1990년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과(공학박사)

- 1990년 9월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 표면실장기술, 소프트웨어 품질
- E-Mail : cskim@kongju.ac.kr