

# The Fastest Path Search and Defect Inspection of Type (sLa-pRc)

Kim Soon Ho<sup>†</sup> · Lee Eun Ser<sup>††</sup> · Kim Chi Su<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

The gantry is a device that moves fine chips from the feeder to the PCB. While the gantry is moving the part, the camera checks the condition of the part. The purpose of this paper is to find the path with the shortest travel time of the gantry and calculate the travel time according to the path. stop\_motion is a way to check the status of the parts currently in use. This paper presents the moving\_motion method and the fly\_motion method with maximum speed in front of the camera. In addition the signature method was used to inspect the condition of the parts. When comparing the moving time of the three types of gantry, the moving\_motion method improved by 9.42% and the fly\_motion method by 17.73% compared to stop\_motion. When the fly\_motion method proposed in this paper is used for the gantry movement path, it is expected that productivity will be improved.

Keywords : SMT, SMD, Gantry, Moving Time, Vision Test

## (sLa-pRc)타입의 가장 빠른 경로 탐색과 결함 검사

김 순 호<sup>†</sup> · 이 은 서<sup>††</sup> · 김 치 수<sup>†††</sup>

## 요 약

갠트리는 미소 칩을 피더에서 기판까지 이동하는 장비이다. 갠트리가 부품을 이동하는 중에 카메라는 부품의 상태를 검사한다. 본 논문의 목적은 갠트리의 이동시간이 가장 짧은 경로를 찾고 그 경로에 따른 이동시간을 계산한다. 현재 사용되고 있는 부품의 상태를 검사하는 방법은 stop\_motion 방식이다. 본 논문은 moving\_motion 방식과 카메라 앞에서 최대속도를 갖는 fly\_motion 방식을 제시한다. 또한, 부품 상태의 검사는 시그니처 방법을 사용하였다. 3가지 방식의 갠트리가 이동하는 시간을 비교했을 때, stop\_motion보다 moving\_motion 방식은 9.42%, fly\_motion 방식은 17.73% 향상되었다. 본 논문에서 제시한 fly\_motion 방식을 갠트리 이동 경로에 사용할 경우 생산성이 향상될 것으로 생각한다.

키워드 : 표면 실장 기술, 표면 실장 장비, 갠트리, 이동 시간, 비전 검사

## 1. 서 론

칩의 크기가 0402(0.4mmX0.2mm) 또는 0603(0.6mm X 0.3mm)처럼 매우 작은 부품을 실장 하기 위해서는 표면 실장장비(SMD)의 갠트리(gantry)를 사용한다[1]. 갠트리는 Fig. 1처럼 피더(feeders)에서 부품을 흡착(suction)하여 카메라 앞에서 부품의 상태를 검사한 후 기판으로 이동하여 실장(placement) 한다[2].

본 논문에서는 Fig. 1처럼 (sLa-pRc) 타입의 갠트리의 이동시간을 단축하기 위해 기존에 사용하는 stop\_motion 방

식의 시간을 계산해보고, 이보다 시간이 단축된 moving\_motion 방식과 최단 시간의 경로인 fly\_motion 방식을 제시한다. 그 결과 본 논문에서 가장 빠른 시간으로 제시한 fly\_motion 방식이 기존 stop\_motion 방식보다 17.73% 단축된 것을 확인하였다. 그리고 카메라 앞에서 부품 검사는 시그니처(signature) 기법을 적용하였다.

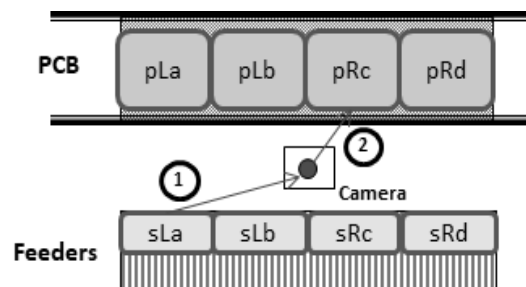


Fig. 1. (sLa-Camera-pRc)Type

※ 이 논문은 2020년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음.

† 비 회 원 : 아진엑스텍(주) 이사

†† 종신회원 : 안동대학교 컴퓨터공학과 교수

††† 종신회원 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

Manuscript Received : April 26, 2021

Accepted : May 17, 2021

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

## 2. (sLb-C-pLa)타입의 구동 시간 계산

본 논문에서 이동시간 계산을 위한 주어진 조건은 최대속도 (2.0m/sec), 중력가속도(9.81m/sec<sup>2</sup>), 최대가속도(29.43m/sec<sup>2</sup>), 흡착 위치(X, Y: -20mm, -150mm), 실장위치(X, Y: -300mm, 200mm) 이다[3].

또 3가지 방식의 시간 계산을 할 때 공통으로 X축과 Y축 길이를 비교하여 먼저 긴축에 대해 속도 그래프를 작성한다. 그리고 짧은 축의 속도 그래프는 긴축의 속도 그래프에 비례하여 이동한다[4].

### 2.1 stop\_motion 방식

stop\_motion은 카메라 앞에서 멈추어 부품의 상태를 검사하므로 카메라 앞에서의 갠트리 속도는 '0'이다[5]. 따라서 갠트리는 (흡착-카메라), (카메라-실장) 구간 모두 '0'에서 출발하여 정점을 찍고 다시 '0'이 된다.

#### 1) (흡착-카메라) 구간의 갠트리 이동시간

이 구간은 갠트리 이동 거리가 Y축 > X축 때문에 Y축 이동시간을 먼저 계산하고, X축은 그 시간에 맞춰 카메라 위치로 이동한다. 이때 사용할 수 있는 그래프는 Fig. 2와 같고, 그 이유는 등속 구간이 존재하지 않으면 최대속도(2m/s)를 넘기 때문이다[6]. 따라서 Fig. 2를 이용하여 갠트리의 Y축 이동 시간(t<sub>v</sub>)을 계산한다. 계산식은 Equation (1)과 같다.

$$\textcircled{1} x=v/j \textcircled{2} t=2x+y \textcircled{3} d=vx/2 \textcircled{4} e=vy \textcircled{5} s=2d+e \textcircled{1}$$

Equation (1)을 이용하여 이동시간(t<sub>v</sub>)을 계산하면 0.143 sec이 된다. 즉 (흡착-카메라) 구간의 갠트리 이동 시간(t<sub>v</sub>)은 0.143sec이다.

### 2.2 moving\_motion 방식

stop\_motion 방식의 카메라 앞 갠트리 속도는 '0'이었다. moving\_motion 방식은 카메라 위치에서 갠트리가 이동하면서 부품의 상태를 검사하는 방식이다[7]. 따라서 카메라 위

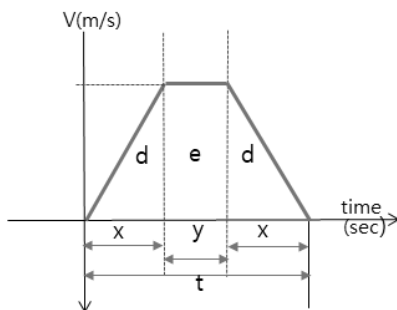


Fig. 2. (sLa-Camera-pLa)Type

치에서 갠트리의 속도가 존재하기 때문에 (흡착-카메라) 구간의 속도는 (카메라-실장) 구간의 속도에 영향을 줄 수 있어 속도 개선의 효과를 볼 수 있다고 생각한 방식이다[8].

#### 1) (흡착-카메라) 구간의 갠트리 이동시간

이 구간은 Y축을 우선으로 시간 계산을 한다(Y축>X축). 갠트리 이동시간을 최소화할 수 있는 조건은 최대속도(2m/s)가 가장 오랫동안 지속할 때 최대가속도(29.43m/sec<sup>2</sup>)일 때이다. Fig. 3은 이와 같은 상황을 고려한 속도 그래프를 나타내고 있다[9].

Fig. 3에서 가속도(29.43m/sec<sup>2</sup>)와 최고속도 (2m/s)가 주어졌을 때 삼각형 부분(①)의 시간(t<sub>a</sub>)을 구한다. 속도-시간 그래프에서 면적은 이동 거리이다.  $ma=h/t_a \rightarrow 29.43=2/t_a \rightarrow t_a=0.068 \therefore s=0.068$ 이다. 사각형(②)에서 (흡착-카메라) 이동 거리는 0.15m로서 삼각형 면적(①)+사각형 면적(②)=0.15m이고, ②의 면적은 0.082이며, t<sub>b</sub>=0.041s가 된다. 따라서 (흡착-카메라)의 Y축 시간은 0.109sec된다.

그리고 X축은 주어진 시간(0.019s) 안에 흡착에서 카메라 까지 가야 한다. X축은 0.02m, Y축은 0.15m를 움직여야 한다. 그리고 카메라 앞에서 방향이 바뀌기 때문에 그래프 모양은 Fig. 2의 점선과 같다. 여기서 최고속도를 구하면 0.37이 된다.

#### 2) (카메라-실장) 구간의 갠트리 이동시간

이 구간은 X축 속도 그래프를 우선으로 시간 계산하고(X축 > Y축), Y축 속도 그래프는 X축 기준 시간에 맞추어 실장 위치로 이동한다. 여기서 X축의 방향은 반대이기 때문에 Fig. 4와 같은 그래프가 생성된다.

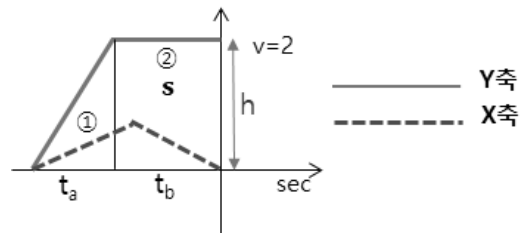


Fig. 3. Speed Graph of moving\_motion Method

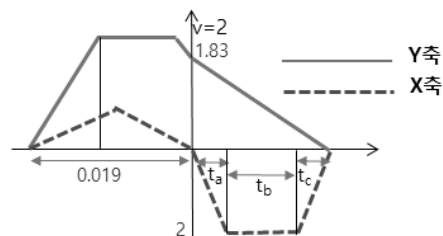


Fig. 4. Speedy Graph of the (Camera - Placement)

이 그래프에서 (카메라-실장) 구간의 시간 계산은 다음과 같다.  $t_a$ 와  $t_c$ 는 앞에서 사용한 계산식을 이용하면 각각 0.068s이고,  $t_b$ 는 0.082s 된다. 따라서 (카메라-실장) 구간의 시간( $t$ )은 0.218s가 된다. 결국 (흡착-실장) 구간의 총 걸리는 갠트리 이동 시간( $t_v$ )은 0.327s가 되어 stop\_motion 방식보다 10% 정도의 갠트리 이동시간이 감소 된 것을 알 수 있다.

### 2.3 fly\_motion 방식

본 논문의 목표는 갠트리 이동시간을 최소화하는 것이다. 그런데 기계적 한계로 갠트리의 최고속도는 2m/s이다. 이론적으로 갠트리의 최소 시간은 카메라 앞에서의 최대속도( $v=2m/s$ )가 오래 지속되고 가속도가 최고 높은 29.43m/sec<sup>2</sup> 때이다[10]. 따라서 본 논문에서 제시하는 방법은 최대속도 ( $v=2$ )를 갖기 위해 이동 거리를 늘려 속도를 높이는 계산식을 적용한다.

#### 1) (흡착-카메라) 구간의 갠트리 이동 시간

(흡착-카메라) 구간에서 이동 시간 계산은 moving\_motion 방식의 계산식과 같다. 따라서 갠트리 이동 시간은 0.109s가 된다. X축의 카메라 앞에서 최대속도가 가능한지 테스트한 결과 최대속도(=2m/s)에 미치지 못한 것을 확인하였다. 따라서 X축의 카메라 앞에서 속도가 얼마인지 구해야 한다. 이를 위해 Fig. 5를 이용한다. 그리고 Fig. 5에서 X축 그래프는 방향이 바뀌기 때문에 상승 후 아래로 방향 전환이 되었고, 카메라 앞에서 X축의 속도가 최대속도(=2m/s)가 되지 못한 것은 검증한 결과 왼쪽 삼각형과 오른쪽 삼각형의 면적이 다르게 계산되어 사용할 수 없었다. 따라서 카메라 앞에서의 X축 속도를 Fig. 5를 이용하여 계산한 결과 1.32m/s가 되었다.

#### 2) (카메라-실장) 구간의 이동 시간 계산

(카메라-실장) 구간의 시간은 X축을 기준으로 한다. Fig. 6을 보면 출발 위치인 카메라 앞의 속도가 1.32m/s가 되고 일정 구간의 등속을 유지한 후 실장 시 속도는 '0'이 된다. (카메라-실장) 구간의 시간 계산을 위한 변숫값들은 이미 존재하기 때문에 쉽게 계산할 수 있다. 계산 결과 (카메라-실장) 구간의 갠트리 이동시간은 0.188s가 된다. 따라서 (흡착-실장)

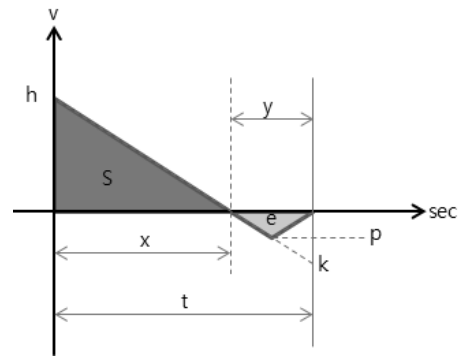


Fig. 5. Graph for Speed Calculation

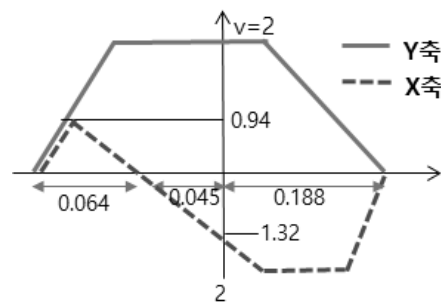


Fig. 6. Speed Graph of the (Camera-Placement)

구간의 갠트리 이동시간은 0.297s이다. 결과적으로 moving\_motion 방식보다는 갠트리 이동시간이 9.18% 감소하였고, stop\_motion 방식보다는 17.73% 감소하였다.

### 3. 3가지 방식의 이동시간 비교 분석

본 논문에서는 갠트리의 이동시간을 감소시킬 방법을 제안하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

moving\_motion 방식은 (S-C) 구간에서 stop\_motion 방식보다 9.42% 시간이 단축되었다. 또 fly\_motion 방식은 전체적으로 17.73%의 시간 단축을 확인할 수 있었다.

### 4. 오삽/미삽 인식

갠트리는 부품을 테이프 피더로부터 진공압으로 흡착하여

Table 1. Comparison Table of Three Methods

motion	S-C (μsec)	C-P (μsec)	S-P (μsec)	ratio
stop	0.143	0.218	0.361	0
moving	0.109	0.218	0.327	9.42%
fly	0.109	0.188	0.297	17.73%

※ S:흡착, C:카메라, P:실장

카메라 앞에서 부품의 오삽 및 미삽에 대한 불량 검사를 한 후 실장 한다. 이때 부품 상태 검사를 위한 비전 검사 방법으로 곡률이 변화되는 위치를 결정하기 위해 여러 가지 기법들이 이용되고 있지만 본 논문에서는 시그니처 기법을 이용하여 면의 특징을 표현한다.

4.1 시그니처 기법을 이용한 면의 특징

시그니처를 얻기 위한 측정 면의 중심점(  $\bar{x}, \bar{y}$  )은 2차원 영상에 대해 아래의 Equation (2), (3)와 같이 모멘트 방법을 이용하여 구할 수 있는데  $j$ 를 2진 영상함수라고 하고,  $S = \{(x, y) | f(x, y) = 1\}$  라고 하면,  $S$ 는 하나의 2차원 형상을 나타내며 임의의 정숫값  $j, k$  값에 대해  $S$ 의  $j, k$  번째의 모멘트는 Equation (2)과 같다. 또  $S$ 의 중심(  $\bar{x}, \bar{y}$  )는 Equation (3)과 같이 나타낼 수 있다[11].

$$M_{jk}(s) = \sum_{(x,y) \in s} x^j y^k \quad (2)$$

$$(\bar{x}, \bar{y}) = (M_{10}(s)/M_{00}(s), M_{01}(s)/M_{00}(s)) \quad (3)$$

그리고 시그니처로부터 다음과 같은 면의 특징을 얻을 수 있다.

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| • 모서리의 수( <i>edg</i> ) | • 정점의 수( <i>vtx</i> ) |
| • 모서리의 곡률( <i>k</i> )  | • 대칭성( <i>sym</i> )   |
| • 오목(볼록)특성             |                       |

4.2 시그니처 기법을 이용한 비전 검사

위의 특성을 비전 검사에 적용하여 좀 더 효율적인 부품 인식을 수행한다. 위에서 설명한 기법을 적용하여 비전 검사를 위해서 부품에 대한 전처리 과정과 에지 검출이 먼저 수행된다. 갠트리의 이동 경로는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서와 같이 갠트리는 피더에 있는 부품을 흡착하여 기판에 옮겨놓는 일을 수행한다. 이를 위해 카메라를 이용하여

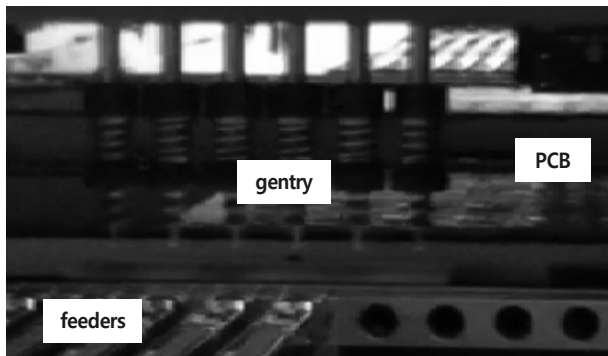


Fig. 7. Path of the Gantry

피더에 있는 부품의 중심을 찾은 후 그 중심점을 기준으로 실장 위치에 같은 형태로 이동시키게 된다.

따라서 갠트리가 피더에서 정확하게 부품을 흡착해야 실장 위치에 놓일 수 있어서 카메라는 갠트리가 제대로 제품을 흡착했는지 카메라 위치에서 비전 검사를 한다. 즉, 부품의 유무, 부품의 위치 및 틀어짐 등이 카메라에 의해 검사된다.

부품의 유무는 갠트리에 제품이 있는지 없는지 검사하는 것으로 갠트리가 부품을 잡는 과정에서 부품을 떨어뜨린다는지, 흡착을 못 하는 경우가 발생할 수 있다. 이 같은 경우에는 원위치로 돌아가 부품을 다시 흡착하도록 하는 과정이 필요하다. 부품은 피더와 실장위치가 일정 형태로 있어야 한다. 그러나 피더 위치에서 정확하게 중심점을 선택하였다고 해도 여러 환경 조건에 의해 부품이 회전되는 경우가 발생한다. 이 같은 경우 회전된 각도를 보정하여 갠트리가 회전하여 부품을 목표(실장) 위치로 이동시키도록 한다.

또한, 피더에서 정확한 중심점을 찾지 못해 다른 점을 중심으로 부품을 흡착한 경우 정해진 위치에 정확하게 놓이지 못하는 상황이 발생하게 된다. 이 같은 경우에도 피더 위치로 되돌아가 부품을 흡착한 후 다시 실장위치로 이동하도록 해야 한다. 이와 같은 문제점은 위에서 설명한 시그니처 기법을 이용하여 해결할 수 있는 상황별 해결방안은 다음과 같다.

1) 부품의 유무 검사

부품이 피더에서 실장위치로 정확히 이동되었다면 전처리 과정에서 얻어진 에지가 존재하게 되는데 부품이 없는 경우에는 어떠한 에지가 존재하지 않게 된다. 따라서 에지의 존재 유무를 통해 부품의 존재 여부를 판단할 수 있으며 부품이 존재하지 않는다고 판단된 경우에는 다시 피더 위치로 되돌아가도록 한다.

2) 부품의 위치 및 틀어짐의 검사

첫째, 정확한 중심점을 기준으로 이동되었지만, 갠트리가 부품을 흡착하는 과정에서 부품이 회전된 경우에는 Fig. 8 사각형 물체의 시그니처의 특성을 통해 판별할 수 있다. 즉, Fig. 8(A)의 다각형 꼭짓점 즉,  $\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4 \dots$ 에서 특정 크기를 갖는다는 것을 알 수 있다. 그런데 꼭짓점이 회전하는 경우에는 다른 각도에서 특정 크기를 갖게 될 것이며, 그 각도 차이를 구하여 갠트리가 회전함으로써 정확한 자세로 실장위치에 부품을 장착할 수 있다.

둘째, 중심점이 잘못 선정된 경우에는 정확한 자세로 놓일 수 없다. 이 같은 경우에는 시그니처에서 일부 꼭짓점이 소실되거나, Fig. 8(b)와 같이 꼭짓점이 나타나는 각도가 일정하지 않게 된다. 이와 같은 특성을 이용하여 중심점이 잘못 선정된 경우에는 시작 위치로 되돌아가도록 한다.

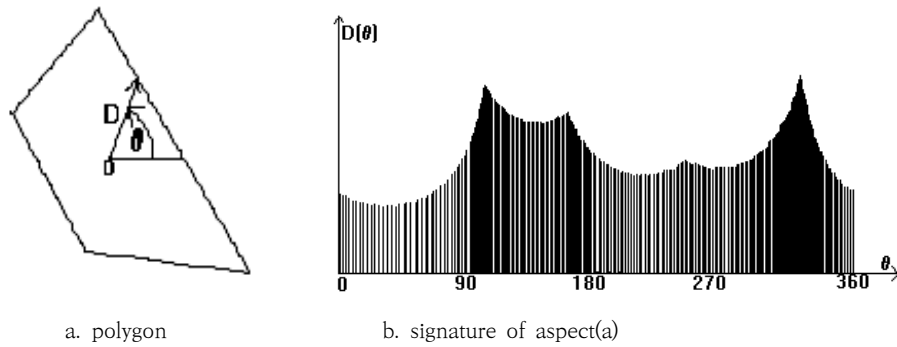


Fig. 8 Examples of Various Aspects and Corresponding Signatures

## 5. 결 론

본 논문은 피더에서 부품을 흡착하여 기판에 실장 하는 갠트리 장비의 이동시간을 감소시키는 방법을 제안하였다. 그리고 3가지 방법에 대한 각각의 갠트리 이동시간을 계산해보았다. 그 결과 본 논문에서 제시한 moving\_motion 방식과 fly\_motion 방식이 기존의 stop\_motion 방식보다 각각 9.42% 17.73%의 속도 개선 효과를 볼 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제시된 방법이 갠트리의 이동 과정에 적용될 경우 매우 높은 생산성 향상을 기대할 수 있다.

## References

- [1] D. Beyer, M. Dangl, and P. Wendler, "A unifying view on SMT-Based software verification," *Journal of Automated Reasoning*, Vol.60, No.3, pp.299-305, 2018.
- [2] T. Merkle and R. Gotzen, "Millimeter-wave surface mount technology for 3-D printed polymer multichip modules," *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Vol.5, No.2, pp.201-206, 2015.
- [3] F. Brandl, F. Brandt, C. Eberl, and C. Geist, "Proving the incompatibility of efficiency and strategy proofness via SMT solving," *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol.65, No.2, pp.188-195, 2018.
- [4] 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, 2018.
- [5] S. H. Kim and C. S. Kim, "The method to reduce the driving time in (sLa-Camera-pRd)type," *Journal of The Korea Convergence Society*, Vol.9, No.12, pp.1-7. 2018.
- [6] S. H. Kim and C. S. Kim, "Comparing the placement time of stop\_motion and moving\_motion," *Indian Journal of Public Health Research & Development*, Vol.9, No.8, pp.633-637, 2018.
- [7] S. H. Kim and C. S. Kim, "A confirmation of the minimum moving time to the stop\_motion in the (sLa-Camera-pLa) type," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.6, No.5, pp.223-228, 2017.
- [8] S. H. Kim and C. S. Kim, "A comparison of the moving time about gantry," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.6, No.3, pp.135-140, 2017.
- [9] S. H. Kim and C. S. Kim, "The most efficient path algorithm from feeders to PCBs," *International Journal of Control and Automation*, Vol.8, No.9, pp.11-20, 2015.
- [10] S. H. Kim and C. S. Kim, "The method to reduce the travel time of the gentry in (sLb-Camera-pLb) type," *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.10, No.4, pp.39-43, 2019.
- [11] W. S. Kim and K. C. "Kang big signature method for plagiarism detection," *Journal of Information Technology Applications and Management*, Vol.24, No.1, pp.1-10, 2017.



김 순 호

<https://orcid.org/0000-0003-1922-3522>  
 e-mail : choi9588@gmail.com  
 1995년 동의대학교 전자공학과(학사)  
 2015년 공주대학교 컴퓨터공학과(석사)  
 2016년~현 재 아진엑스텍(주) 이사  
 관심분야 : SMT, SW Quality



이 은 서

<https://orcid.org/0000-0002-7637-3036>  
e-mail : eslee@anu.ac.kr  
2004년 중앙대학교 컴퓨터공학과(박사)  
2008년~현 재 안동대학교 컴퓨터공학과  
교수  
2001년~현 재 ISO/IEC 15504 국제  
선임 심사원

관심분야: CBD, Formal method, Quality model, SPI(Defect Analysis)



김 치 수

<https://orcid.org/0000-0002-5675-1853>  
e-mail : cskim@kongju.ac.kr  
1984년 중앙대학교 전자계산학과(학사)  
1986년 중앙대학교 전자계산학과(석사)  
1990년 중앙대학교 전자계산학과(박사)  
1990년~현 재 공주대학교 컴퓨터공학부  
교수

관심분야: SMT, SW Test, SW Quality