

광 삼각법 측정 알고리즘을 이용한 자동차 도어 간격 측정 및 보정에 관한 연구

강동성¹ · 이정우² · 고강호² · 김태민² · 박규백² · 박정래² · 김지훈² · 최두선² · 임동욱[†]
(주)위시스¹ · 인하대학교 기계공학과^{2,†}

A study on measurement and compensation of automobile door gap using optical triangulation algorithm

Dong-Sung Kang¹ · Jeong-woo Lee² · Kang-Ho Ko² · Tae-Min Kim² · Kyu-Bag Park² ·
Jung Rae Park² · Ji-Hun Kim² · Doo-Sun Choi · Dong-Wook Lim[†]

WISYS Co., Ltd.¹

Department of Mechanical Engineering, Inha University^{2,†}

(Received December 16, 2019 / Revised March 25, 2020 / Accepted March 31, 2020)

Abstract: In general, auto parts production assembly line is assembled and produced by automatic mounting by an automated robot. In such a production site, quality problems such as misalignment of parts (doors, trunks, roofs, etc.) to be assembled with the vehicle body or collision between assembly robots and components are often caused. In order to solve such a problem, the quality of parts is manually inspected by using mechanical jig devices outside the automated production line. Automotive inspection technology is the most commonly used field of vision, which includes surface inspection such as mounting hole spacing and defect detection, body panel dents and bends. It is used for guiding, providing location information to the robot controller to adjust the robot's path to improve process productivity and manufacturing flexibility. The most difficult weighing and measuring technology is to calibrate the surface analysis and position and characteristics between parts by storing images of the part to be measured that enters the camera's field of view mounted on the side or top of the part. The problem of the machine vision device applied to the automobile production line is that the lighting conditions inside the factory are severely changed due to various weather changes such as morning-evening, rainy days and sunny days through the exterior window of the assembly production plant. In addition, since the material of the vehicle body parts is a steel sheet, the reflection of light is very severe, which causes a problem in that the quality of the captured image is greatly changed even with a small light change. In this study, the distance between the car body and the door part and the door are acquired by the measuring device combining the laser slit light source and the LED pattern light source. The result is transferred to the joint robot for assembling parts at the optimum position between parts, and the assembly is done at the optimal position by changing the angle and step.

Key Words: Automotive inspection, Compensation algorithm, Door Gap, Inspection algorithm, Machine vision

1. 서 론

최근 자동차를 구매하는 소비자들의 제품에 대해 요구하는 품질이 높아짐에 따라 다양한 종류의 형상 인자들이 중요해지고 있다. 그 중에서 시임(seam)에서 측정되는 차체 외부 조립 부품 간 간격(gap) 및

단차(flush)는 기능과 심미성(審美性)의 관점에서 매우 중요하다. 특히 자동차 차체와 도어(Door)의 간격은 시임을 정면에서 보았을 때 눈에 띄는 품질의 척도이다. 그러므로 심미성 확보를 위해 간격과 단차를 관리할 필요가 있지만 시임 전체에 걸쳐 간격이 허용 범위 내에 있으면 된다는 조건만으로는 심미성이 보장 되지 않고 허용 범위 내에 있더라도 일정하지 않으면 심미성이 크게 저하되는 문제가 있다¹⁻³⁾.

자동차에서 심미성의 관리가 가장 높은 부품인

1. (주)위시스

† 교신저자: 인하대학교 기계공학과
E-mail: 22191319@inha.edu

도어는 차체의 기준점을 조립하는 단순 자동화 공정이 적용되기 어려운 조립 부품 간의 간격을 심미성이 높은 최적의 치수를 자동으로 선정해야 하며 X,Y,Z 단축이동 좌표와 각 축의 회전 좌표를 고려한 좌표이동 보정 알고리즘이 구현되어야 한다. 그러나 외산 머신비전 장비의 경우 측정 및 검사 결과값은 공유하지만 차체 조립 업체의 기존 다관절 로봇, 통신 모듈, 차체 이송 로봇간의 프로그램 공유를 원하지 않고 있는 현실이다. 기존의 3D 머신비전 장치는 다채널 DLP를 포함한 구조를 가지며 이러한 구조는 동일한 조건에서는 정밀하지만 자동차 생산 환경에서의 조명과 재질에 의한 안정성이 떨어지거나 고비용성의 한계를 가지고 있다^{4,5)}.

조립되는 차체 부품들 간의 간섭으로 인하여 원거리 측정의 경우 조명의 밝기가 불균일하여 정밀도가 떨어지고 조명의 불균일한 문제를 해결하고자 조명의 밝기를 크게 하면 머신비전 장치의 크기가 커지는 문제점이 발생된다. 따라서 DLP 방식과 레이저 빔을 적용한 해외 머신비전 장치는 자동차 차체 조립공정에서 조립 전 부품의 형상 측정과 수동 조립된 조립품의 품질 검사로만 사용되고 있다.

자동차 조립 공정의 완전 자동화를 이루지 못한 차량 도어 장착의 자동화를 목표로 도어 자동 조립용 다관절 로봇 Hanger에 머신비전 장치를 설치하여 검사 항목인 부품간의 간격과 단차를 실시간 측정하고 결과 값을 로봇 컨트롤러에 실시간 Feedback하여 차체 조립 위치를 보정할 수 있는 시스템 개발이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 기존의 기술과 달리 머신비전 모듈의 소형화를 위하여 DLP 방식이 아닌 고효율 LED 광원에 패턴 글라스를 삽입하여 다양한 격자 패턴을 형성하는 방식을 사용하였다. 또한 외부 조명과 차체 재질 문제점에 대한 안정성 향상을 위하여 Red, Green, Blue 파형의 레이저를 광원으로 하는 슬릿 레이저 유닛을 제작하였다. 자동차 차체와 도어 부품 간격과 도어 간의 간격을 측정하고 보정하기 위해 레이저 슬릿 광원과 LED 패턴 광원을 조합한 측정 장치로 영상을 취득하여 도어 부품의 높이를 측정 한 후 차체 간격 관리 위치와 비교하여 간격을 산출하였다. 산출 값이 맞지 않는다면 부품이 회전 값을 유추할 수 있으며 도어 힌지를 기준으로 회전 시키는 간격 측정 및 보정 알고리즘을 제작하였다. 알고리즘을 적용하여 얻어낸 결과 값을 부품간의 최적의 위치로 부품 조립용 다관절 로봇에게

전달하여 각도 변경 및 보정을 하여 최적의 위치에서 조립이 이루어지도록 하였다.

2. 측정 및 보정 알고리즘

2.1. 부품 간격 측정 알고리즘

도어 부품의 에지 검출하기 위한 방법으로 라인 레이저와 카메라와의 각도로 도어 부품 에지를 검출하는 방법으로 Fig. 1과 같이 카메라 기준 레이저의 각도 차를 이용하여 다음과 같은 공식으로 산출할 수 있다^{6,7)}.

$$\text{Ordinary type} : \Delta Z \approx \frac{\Delta X}{\tan(\beta)} \quad (1)$$

$$\text{Reversed ordinary type} : \Delta Z \approx \frac{\Delta X}{t \sin(\alpha)} \quad (2)$$

$$\text{Specular type} : \Delta Z \approx \frac{\Delta X \cdot \cos(\beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (3)$$

$$\text{if } \alpha = \beta : \Delta Z \approx \frac{\Delta X}{2 \cdot \sin(\alpha)} \quad (4)$$

$$\text{Look away type} : \Delta Z \approx \frac{\Delta X \cdot \cos(\beta)}{\sin|\alpha - \beta|} \quad (5)$$

여기서 ΔZ 는 Height resolution (mm/pixel), ΔX 는 Width resolution (mm/pixel), α 는 Angle between Ranger and vertical axis, β 는 Angle between laser and vertical axis이다.

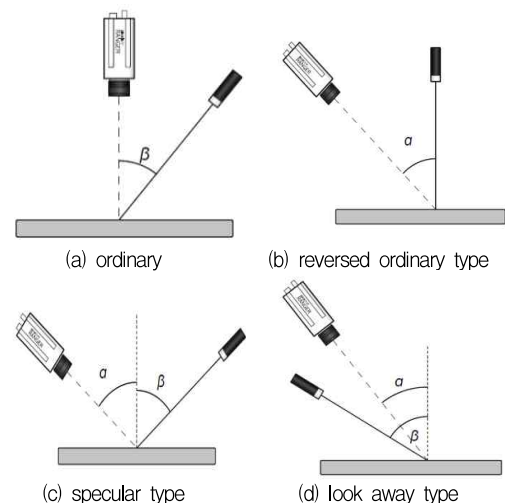


Fig. 1 Gap extraction algorithm

2.2. 도어 장착 보정 알고리즘

차체와 도어 부품 조립 프로세스로 먼저 차체 바디가 피딩 컨베이어 장치로 투입되어 지정된 위치에 정지하고 안착 작업을 수행한다. 도어 장착은 다관절 로봇이 도어 파렛트에서 도어 부품을 행거 장치로 고정한 후 차체 바디 부품으로 이동하여 지정된 기본 위치에 오게 되면 간격 측정을 한다. 기본 값과 비교한 후 양품이면 도어 힌지 부품을 불팅하게 되고 불량이면 X, Y, Z / T, R, H 보정을 한 후 재촬영을 4회 반복 진행을 하게 되며, 그 후에도 불량일 경우 불량 메시지를 제어기에서 송출하게 된다. 촬영된 이미지의 측정값을 다관절 로봇과 데이터를 통신을 통하여 전달하며, 가중치를 완성차 데이터베이스로 전달하는 과정을 진행한다.

도어 부품의 조립 품질을 확인하고 그 간격을 보정하며 도어 장착 보정 알고리즘은 차체와 도어 간격은 높이(H), 회전(T) 각도 편차 값의 보정을 하기 위하여 머신비전 장치로 측정 결과 값을 기준 값과의 차이를 분석하고 편차 값을 이동할 수 있는 수치를 나타내는 알고리즘을 개발하였다.

차체 도어 부품 보정 방법은 첫 번째로 도어 부품의 높이를 Fig. 2와 같이 X_1 측정 위치의 간격과 X_2 측정 위치의 간격을 산출하기 위해 X_3 의 간격을 측정하여 측정값과 기준 값의 차이를 산출하며 X_1 , X_2 위치의 간격 산출은 식 (6), (7)과 같다.

$$X_1(\text{보정량}) = X_1'(X_3 - X_3') \times \sin\theta \times \cos(\text{평면각도}) \quad (6)$$

$$X_2(\text{보정량}) = X_2'(X_3 - X_3') \times \sin\alpha \times \cos(\text{평면각도}) \quad (7)$$

여기서, θ 는 X_1 측정 위치의 차체 원점의 높이와 도어 부품의 법선(측정방향)간의 각도, α 는 X_2 측정 위치의 차체 원점의 높이와 도어 부품의 법선(측정방향)간의 각도이다. 도어 부품의 높이 값을 산출한 다음 부품의 회전각도 값을 보정하기 위하여 X_1 의 기준 값과 산출 값의 차이를 계산하고 도어 부품의 회전 시 X,Y 변화량 값(K)로 나뉘준다. 여기서 변화량 K는 계산식(8)과 같다.

$$K = \frac{\sin(\theta - \theta') \times 2\pi r \times \arctan(\frac{1}{L})}{360} + \frac{\sin(\alpha - \alpha') \times 2\pi r' \times \arctan(\frac{1}{L})}{360} \quad (8)$$

높이(H)와 회전각도(T)의 계산식(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$H = X1' - \Delta T \times \frac{\sin(\theta - \theta') \times 2\pi r \times \arctan(\frac{1}{L})}{360} \quad (9)$$

상부 도어 힌지 이동 후 변화량을 구하는 계산식(10)과 같으며, 회전에 의한 변화량은 미미하여 제외한다.

$$X_4 + (\Delta T' \times \cos\beta) + (\Delta H \times \sin\beta) \quad (10)$$

하부 도어 힌지 이동 후 변화량을 구하는 계산식(11)과 같이 나타낸다.

$$X_5 + (\Delta T' \times \cos\gamma) - (\Delta H \times \sin\gamma) + \frac{(L+L') \times \Delta T}{L} \quad (11)$$

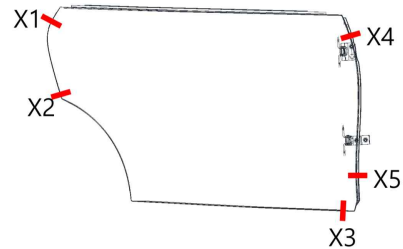


Fig. 2 Height measurement position of door parts

3. 실험 및 결과

3.1. 측정 장치 구성

본 연구에서는 자동차 차체 품질 향상을 위해서 차체와 도어 사이 간격 및 도어 간의 간격을 측정하기 위한 구조로 실험 장치를 구성하였다. Fig. 3은 차체 도어 부품 간격 측정 실험 장치를 나타낸 것이다.

기초 실험 장치의 구성은 머신 비전 측정 장치로 CCD카메라와 레이저 슬릿 광원 유닛, 자동차 차체 고정 장치, 측정 장치 이송용 유닛, 측정 제어 장치로 구성된다. 기초 실험은 차체 및 도어가 고정된 상태에서 측정장치를 정밀 스테이지로 이송시키며 레이저 슬릿 광원과 LED 패턴광을 조사하여 영상을 획득하는 방법으로 실험을 진행하였다.

자동차 차체 표면과 레이저 슬릿광원의 영상을 획득하기 위해서 Fig. 4와 같이 고해상도 칼라 카메

라와 라인형태의 슬릿 레이저 소스와 대비색상을 얻기 위한 LED 방식의 패턴 광원 소스로 선정하여 검토하였다. 자동차 차체 간의 측정 효율성을 높이기 위해서 LED 광원의 패턴을 적용하여 영상을 고속으로 이미지처리를 하여 근사 값을 형성하고 슬릿 광원으로 측정 데이터의 정밀도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

영상 획득을 위한 CCD 카메라 장치는 CCD 카메라와 Lens, 조명 장치로 구성된다. 슬릿 광원인 레이저는 RGB 영역의 파장 영역이 높은 640nm의 Red 색상으로 선정하였으며, Line 형태의 레이저로 레이저 소스 끝단에서 20°로 넓어지는 형태를 취하고 있다.

패턴 생성을 위한 LED 광원과 패턴은 460nm (Blue) 파장의 LED를 적용하였으며 구조는 LED 출력 몸체, 패턴, 고정 링, C-mount 어댑터로 구성되었으며, 패턴의 형상은 도어 부품에 나타난 크기를 중앙에 조사된 슬릿 광원에서 위 아래로 사이 간격을 7mm와 각 패턴의 폭을 4mm로 제작하기 위해서 35mm Lens로 선정하였다.

CCD 카메라, Lens, 레이저, 패턴 LED 유닛을 적용한 측정 유닛은 측정하고자 하는 거리를 약 300~400mm로 지정하여 슬릿 광원의 각도를 45° 이상으로 하여야 하나, 차체 제조 공정의 특성상 측정 장치의 크기가 가로세로 250mm 이하로 지정되어 있어 최적의 각도인 25°로 측정 유닛을 제작하였다.

측정 장치 기계 가공품의 재질은 로봇 스테이지에 취부되기 때문에 무게 최소화를 위해서 알루미늄 계열 6061-T6로 가공 진행하였으며, 최종 무게는 약 10kgf로 로봇 스테이지를 선정 시 허용 가반하중 15kgf으로 선정이 가능하다.

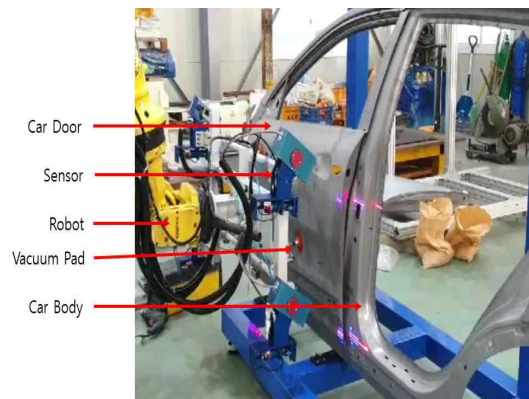


Fig. 3 Configuration of robot stage

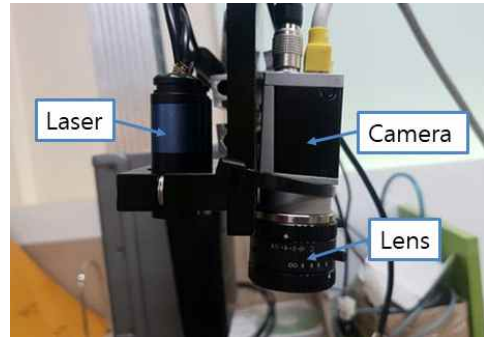
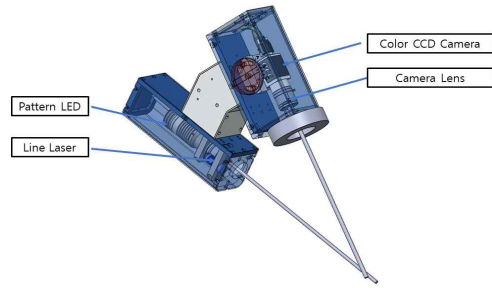


Fig. 4 Configuration of door gap inspection

3.2. 차체 부품 간격 측정

본 연구에서는 차체 몸체와 도어 부품 간의 간격을 측정하기 위해서 로봇 스테이지에 장착된 측정 장치를 구성하여 영상을 획득한 후 캘리브레이션 작업을 진행하였다. 캘리브레이션 작업은 실물과 영상간의 치수를 맞추는 작업으로 측정 데이터의 신뢰성 향상을 목적으로 진행하였다.

실험 방법은 차체 기준부품을 도어 고정용 힌지 볼트로 하였고, 도어 부품의 끝단에 수평으로 RED 레이저 슬릿 광원과 BLUE LED 패턴 광원을 조사하였다. 카메라 끝단의 거리는 도어 힌지 볼트는 400mm, 도어 부품 끝단의 거리는 330mm로 지정하였다.

본 실험을 통해 Fig. 5와 같은 영상을 획득 후 RED 레이저 슬릿 광원의 이미지를 추출하여 이미지를 변환하였다. 측정한 이미지에서 거리를 계산하여 48.54mm의 측정값을 확인하였다. 실제 거리 치수와 영상 측정 치수와의 차이를 확인하기 위해서 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정한 결과 값은 69.00mm로 오차 값이 20.46mm로 확인되어 영상 측정값이 69.00mm가 나오도록 보정 알고리즘을 적용하여 캘리브레이션을 완료하였다. 측정값을 검증하기 위해서 10회 반복 측정하여 그 평균값이 68.94mm로 반복 정밀도는 0.06 최대 오차값은 +0.13, -0.14mm로 확인되었다.

측정값의 검증을 위해서 측정 위치를 이동하여 측정하였다. 실제 거리 치수는 71.50mm로 측정되었다. 실험의 결과 차체 부품 간의 간격을 슬릿 광원 측정 알고리즘으로 적용한 결과 실제 측정 치수와 오차가 0.15mm로 차체 조립공정에서 품질 검사 수준인 0.3mm를 상회하였으며, 측정오차를 줄일 수 있는 방법으로는 CCD 카메라의 화소를 높이거나 Lens를 변경하는 방법이 있으며 측정 결과를 쉽게 확인할 수 있도록 Lens 규격을 30mm로 변경하여 실험을 진행하였다. 그 결과 결과값의 오차가 0.2mm 이상으로 해당도가 높으면 오차율이 작아지는 결과를 얻을 수 있었다.

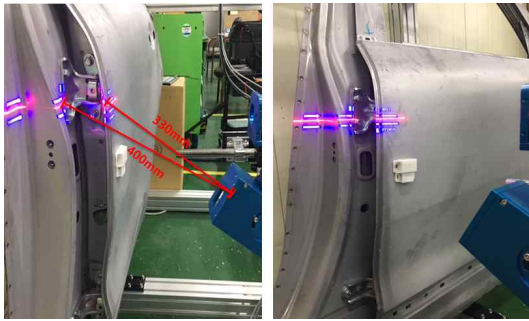


Fig. 5 Image of door gap inspection

3.3. 차체 부품 간격 보정

자동차 차체 부품 간의 위치 보정을 위해서는 다관절 로봇과 측정 장치간의 데이터 통신이 필요하며 4 포인트의 위치에 따라 X, Y, Z, 각도를 추측하여 최적의 위치로 이동하는 데이터 값을 전송하게 된다. 위치 보정은 1차로 자동차 차체의 기준 포인트를 측정 후 도어 부품을 측정하고 기준 위치 포인트를 설정하고 도어와 차체, 도어와 도어 간격을 측정 후 도어 위치 보정 알고리즘을 적용하여 최적의 위치가 될 수 있도록 데이터 값을 전송하게 된다.

본 실험에서는 획득한 차체 부품 도어와 차체간의 간격을 측정하고 측정된 데이터 값을 이용하여 도어 위치 보정 시뮬레이션 프로그램을 통해 결과를 산출하였다. 보정 결과 값은 도어 및 차체 상태등을 실제 현장상황과 유사하게 안착시킨 후 이를 측정된 데이터 값을 활용하여 시뮬레이션 후 결과값을 검증하였다.

보정량 산출은 H 방향 보정, 회전 보정, T 방향 보정 순서로 산출된다. Table 1은 H 방향에 대한 우선 보정을 실시한 결과로 $|X_1 - X_1'| - |X_2 - X_2'|$ 가 0.4145로

기준 값인 0.1mm를 초과하므로 회전보정을 수행한다. 이후 T 방향 보정을 수행하며 $|X_1 - X_1'| - |X_2 - X_2'|$ 가 양수일 경우 -T 방향으로, 음수일 경우 +T 방향으로 이동한다. 그 결과 최종적으로 차체 몸체와 도어 부품 간의 간격의 보정값을 Table 2와 같이 얻을 수 있다.

Table 1 Result of H-compensation process

Source	Reference	Measurement	H-compensation	$ X_1 - X_1' - X_2 - X_2' $
X_1	5	5	5.245	0.4145
X_2	4.5	5.3	5.1595	
X_3	5	5.5	5.0	

Table 2 Compensation Value

compensation	Value
H-compensation	-0.5
R-compensation	-0.2265
T-compensation	0.6175

4. 결론

본 연구에서는 자동차 차체와 도어 부품 간격과 도어 간의 간격을 레이저 슬릿 광원과 LED 패턴 광원을 조합한 측정 장치로 영상을 취득하여 도어 부품의 간격을 측정하고 간격을 보정하여 최적화할 수 있는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

이를 위해 카메라와 레이저의 각도 차에 의한 광삼각법에 의거해 부품 간격 측정 알고리즘을 개발하였다. 부품 간격 측정 값을 통해 차체와 도어의 간격을 최소화 할 수 있는 보정 값을 찾기 위해 X, Y, Z / T, R, H를 바탕으로 각 위치의 간격값을 통해 보정 값을 산출하는 알고리즘을 개발하였다.

자동차 조립 공정에서 요구하는 품질 간격은 0.5mm 이하로 본 연구에서 개발한 측정 장치로 실제 차체 부품 간격을 측정된 결과 반복정밀도0.06, 최대오차값 +0.13, -0.14mm로 자동차 조립 공정에 바로 적용이 가능할 것으로 판단된다.

측정 및 보정 알고리즘을 적용하여 얻어낸 결과값을 부품 간의 최적의 위치로 부품 조립용 다관절 로봇에게 전달하여 각도, 간격을 변경하여 최적의 위치에서 조립이 이루어지도록 하였다. 실제 실험을 통해 측정된 X_1, X_2, X_3 값을 토대로 본 연구에서 개발된 알고리즘을 적용하여 T, R, H의 보정값을 산

출하였다.

본 연구를 통해 자동차 조립 공정의 완전 자동화를 이루지 못한 차량의 도어 장착 자동화를 이룰 수 있을 뿐 아니라 기계, 전자 등의 분야에도 적용될 수 있을 것이라 전망한다.

후 기

이 논문은 산업통상자원부가 지원하는 ‘자동차부품기업 위기극복 지원 사업’으로 지원받아 수행된 연구 결과입니다. [과제명: 자동차 도어 부품 자동 조립을 위한 정밀도 100um 이하 정밀 보정 장작용 머신 비전 시스템 개발 / 과제고유번호: P031500058]

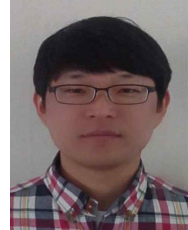
참고문헌

- 1) Kosmopoulos, Dimitrios, and Theodora Varvarigou., “Automated inspection of gaps on the automobile production line through stereo vision and specular reflection”, Computers in Industry Vol. 46, No. 1 pp. 49-63, 2001.
- 2) Söderberg, Rikard, and Lars Lindkvist., “Stability and seam variation analysis for automotive body design”, Journal of Engineering Design Vol. 13, No. 2, pp. 173-187, 2002.
- 3) Zou, Tong, et al., “Reliability analysis of automotive body-door subsystem”, Reliability Engineering & System Safety Vol. 78 No. 3 pp. 315-324, 2002.
- 4) Golnabi, H., and A. Asadpour., “Design and application of industrial machine vision systems”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Vol. 23 No. 6 pp. 630-637, 2007.
- 5) Hecht, Kurt., “Integrating LED illumination system for machine vision systems”, U.S. Patent No. 6,871,993. 29 Mar. 2005.
- 6) Costa, Manuel F., “Surface inspection by an optical triangulation method”, Optical Engineering, Vol. 35, No. 9, 1996.
- 7) Kumar, Sanjeev, Prabhat Kumar Tiwari, and S. B. Chaudhury., “An optical triangulation method for non-contact profile measurement”, 2006 IEEE International Conference on Industrial Technology. IEEE, 2006.

저자 소개

강 동 성(Dong-Sung Kang)

[정회원]



- 2018년 2월: 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2012년 6월~현재: ㈜위시스 연구소장

< 관심분야 >
시스템 설계 및 금형

이 정 우(Jung woo Lee)



- 2020년 2월: 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2020년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

< 관심분야 >
사출성형 및 금형, 유동해석

고 강 호(Kang-Ho Ko)



- 2009년 2월: 한국기술교육대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 8월~2013년 2월: 한미반도체(주) 생산부, 계장
- 2013년 3월~현재: 경기인력개발원 컴퓨터응용설계제작과, 교사

< 관심분야 >
사출성형 및 금형, 유동해석

김 태 민(Tae-Min Kim)



- 2017년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)
- 2019년 3월~현재: 유한대학교 기계설계과, 겸임교수

< 관심분야 >
단조성형 및 금형, 기계 구조해석

박 정 래(Jung-Rae Park)



- 1995년 1월 ~2000년 12월: 아남인스트루먼트 대리
- 2000년 1월~2017년 9월: 이오테크닉스 부장
- 2017년 10월~현재: 애니모선택 연구소장
- 2019년 3월~현재: 인하대학교 박사과정 1년차

< 관심분야 >

시출성형 및 금형, 유동해석, 레이저 가공

김 지 훈(Ji-Hun Kim)

[학생회원]



- 2018년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (통합과정)

< 관심분야 >

금형 및 성형 해석

박 규 백(Kyu-Bag Park)



- 2003년 8월: 인하대학교 기계공학과(석사)
- 2003년 8월~현재: 한국기계전기전자시험연구원 책임연구원
- 2019년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 대학원

< 관심분야 >

시출성형 및 금형, 측정 및 가공

임 동 욱(Dong-Wook Lim)

[학생회원]



- 2019년 2월: 인하대학교 기계공학과 (석사)
- 2019년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)

< 관심분야 >

금형 및 성형 해석

최 두 선(Doo-Sun Choi)

[정회원]



- 2012년 4월~현재: (주)서현리모텍 대표
- 2016년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)

< 관심분야 >

단조 및 금형