

Edge Detecting Algorithm을 이용한 OLED 보호 필름의 Real Time Inspection에 대한 연구

한주석¹ · 한봉석¹ · 한유진¹ · 최두선¹ · 김태민¹ · 고강호¹ · 박정래¹ · 임동욱[†]
인하대학교 기계공학과^{1,†}

A study on real time inspection of OLED protective film using edge detecting algorithm

Joo-Seok Han¹ · Bong-Seok Han¹ · Yu-Jin Han¹ · Doo-Sun Choi¹ · Tae-Min Kim¹
· Kang-Ho Ko¹ · Jung-Rae Park¹ · Dong-Wook Lim[†]

Department of Mechanical Engineering, Inha University^{1,†}
(Received April 10, 2020 / Revised April 25, 2020 / Accepted June 30, 2020)

Abstract: In OLED panel production process, it is necessary to cut a part of protective film as a preprocess for lighting inspection. The current method is to recognize only the fiducial mark of the cut-out panel. Bare Glass Cutting does not compensate for machining cumulative tolerances. Even though process defects still occur, it is necessary to develop technology to solve this problem because only the Align Mark of the panel that has already been cut is used as the reference point for alignment. There is a lot of defective lighting during panel lighting test because the correct protective film is not cut on the panel power and signal application pad position. In laser cutting process to remove the polarizing film / protective film / TSP film of OLED panel, laser processing is not performed immediately after the panel alignment based on the alignment mark only. Therefore, in this paper, we performed real time inspection which minimizes the mechanism tolerance by correcting the laser cutting path of the protective film in real time using Machine Vision. We have studied calibration algorithm of Vision Software coordinate system and real image coordinate system to minimize inspection resolution and position detection error and edge detection algorithm to accurately measure edge of panel.

Key Words: Calibration, Edge Detecting Algorithm, Real time inspection, OLED, Vision Processing

1. 서 론

최근 디스플레이 시장은 첨단 소재 개발과 더불어 평면화, 초박형화의 기술개발을 통해 다양한 기능구현 뿐만 아니라 착용가능한 디스플레이 및 굽힘 및 접힘이 가능한 디스플레이 등의 다양한 형태의 디스플레이로 발전하고 있다. 이에 따라 웨어러블 및 Flexible 형태에 가장 적합한 디스플레이 패널로 OLED 패널이 주목받고 있다^{1,4)}.

OLED 패널은 생산 시 소재 파손 및 오염을 방지하기 위해 보호 필름(film)이 부착된 상태에서 초기

Glass를 기계식의 Saw로 절단 한다. 이후 커팅 된 패널(Panel)을 전수 검사하기 위한 Probing 공정이 진행되며 패널의 점등검사를 하기 위해선 패널을 발광시키기기 위한 전원공급과 영상을 표출하기 위한 신호 공급이 진행되어야 한다. 이때 점등검사 전 공정으로 보호 필름의 일부분을 레이저를 이용해 절단해야 하나 현재 사용 중인 절단 방식은 커팅된 패널의 Fiducial Mark를 측정하여 보정한 후에 가공하는 방식이다. 이 방식은 Bare Glass 커팅시 발생한 가공 누적 공차에 대한 보정(Alignment)이 반영되지 않으며 패널의 전원 및 신호 인가용 패드(Pad) 위치에 정확한 보호 필름이 커팅이 되지 않아, 패널 점등 검사 시 점등불량이 많이 발생하고 있는 상황이다.

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

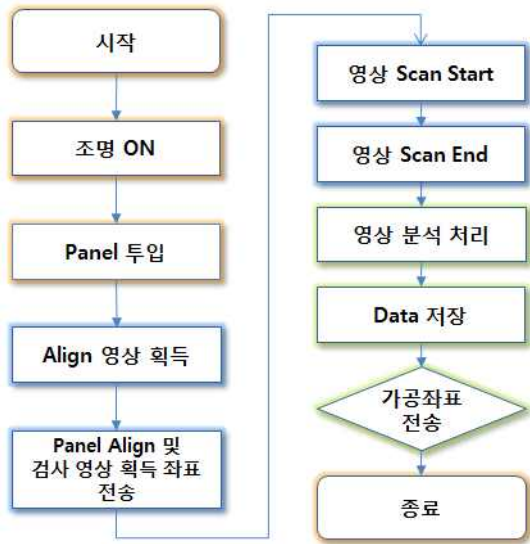


Fig. 1 Real time inspection flow chart

따라서 본 논문에서는 기존 방법 외에 실시간 Machine Vision을 이용하여 보호 필름의 레이저 커팅 경로를 보정하여 기구 공차를 최소화하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1. Real Time Inspection

Fig. 1은 Real Time Inspection의 Flow Chart를 나타낸 것으로, 먼저 패널이 투입되고 보정용 영상을 획득한 후 보정량을 이용하여 검사 영상 Motion 좌표를 계산한 후 이 좌표로 Motion을 이동하여 가공 Edge면의 검사 영상을 획득한다. 이후 검사 영상을 실시간으로 분석하여 기준 대비 가공 경로의 차이 값을 추출하여 Motion 좌표로 변환하여 전송한다.

Fig. 2(a)는 Align을 위한 동축낙사 Type의 White 조명의 모습과 그때의 보정 및 레이저의 이동경로를 나타낸다. 동축낙사의 경우 광택 면의 정반사 광을 입광한 부분은 하얗게 비춰지고, 반사율이 낮은 부분과 Edge 부분에서 확산광이 생기면 그 부분이 검게 비춰지기 때문에 명암차이를 안정적으로 얻을 수 있다²⁾.

Fig. 2(b)는 Inspection을 위한 Ring Type의 NIR 조명의 모습과 그때의 필름 커팅 Line 경로 계산을 나타낸다. NIR 카메라 및 조명의 경우 가시광선

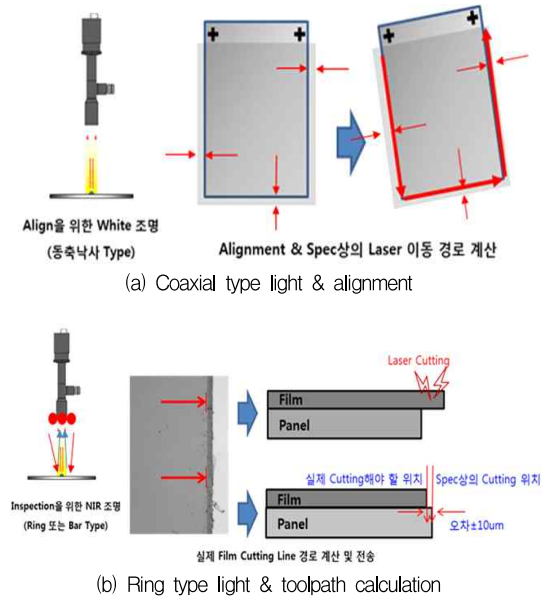


Fig. 2 Schematics of Real Time Inspection

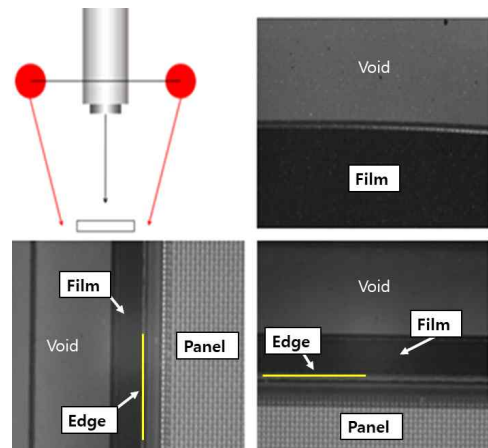


Fig. 3 Grayscale image of ring type light

영역보다 장파장의 조명으로, 필름과 패널을 모두 투과하여 각각의 Edge 상태가 모두 영상에서 확인 가능하다. Fig. 3에서 확인할 수 있듯이 패널 및 필름의 재질 및 두께에 따라 Gray value의 차이를 보이며 각각의 Edge가 모두 육안으로 확인 가능하다.

2.2. Calibration Algorithm

Real Time Inspection에서 검출된 이미지의 경우, Lens의 왜곡 (Distortion)에 의한 검사 분해능 5um이하, 패널 Edge Line의 위치 검출 등의 오류를 최소

화하기 위하여 Vision Software의 좌표계와 실제 영상 좌표계의 조정이 필요하다. 이를 해결하기 위해 Calibration Algorithm을 사용하였다. 이는 카메라 중심과 최외각의 오차를 최소화하기 위한 방법으로 Reticle Pattern을 기준으로 위치 보정을 진행한다.

패널 Edge Line Pattern 분석 Algorithm의 기본은 Image Analysis와 Pattern Location에 대한 Data를 어떻게 정밀하게 분석하는가 이다. 알고리즘 분석 진행 시, 패턴 매칭(Pattern Matching), Pixel Correlation Searching, Geometry Searching, Filtering기법 등이 적용되며, 패널 Edge Line의 미세 Pattern 유형을 분석할 수 있는 Algorithm을 사용하였다.

Pixel Correlation Searching의 경우 정규화 상관기법(Normalized Correlation)을 사용하여, Under Kill 또는 Over Kill의 경우도 분석할 수 있어 세부적인 패턴 유형의 기본 Algorithm으로 적절함을 확인하였다.

2.3. Edge Detecting Algorithm

Edge Detecting Algorithm은 물체의 폭, 가장자리 또는 위치, 이미지의 가장자리 쌍의 위치 및 간격을 측정하기 위한 Tool로 객체 내 형상의 정확한 위치 및 경계에 대한 자세한 정보를 얻는데 사용된다.

Fig. 4는 Edge Detecting Algorithm에 대한 개념도를 나타낸다. Edge Detecting Algorithm은 먼저 이미지를 적용할 투영 영역을 지정하고 투영 영역에 따라 해당 영역에서 가장자리 정보만 분리한다. 본문에서는 패널의 Align에 따라 Theta의 틀어짐이 발생하므로 영역 설정에 Affine Rectangle을 이용하였다.

Fig. 4와 같이 투사된 이미지를 생성하면 가장자리뿐만 아니라 원본 이미지의 노이즈 및 원하지 않는 정보로 인한 스푸리우스 Edge(spurious edges)가 포함된다. 이 때 1차원 투사 이미지에 필터를 적용하면 찾고자 하는 가장자리의 강도가 증가하는 동시에 이미지 노이즈가 감소한다.

Edge Detecting에서 원본 이미지의 노이즈 및 원하지 않는 정보로 인한 다른 가장자리의 영향을 최소화 하기위해 1차원 투사 이미지에 필터를 적용하였다. 필터링 된 픽셀 값의 그래프는 양수 및 음수 값의 피크가 초기 이미지 내의 가장자리 위치와 일치한다. 필터링은 Edge에 해당하는 피크를 갖는 이미지를 생성하는 것 외에도 이미지에서 노이즈 및 스푸

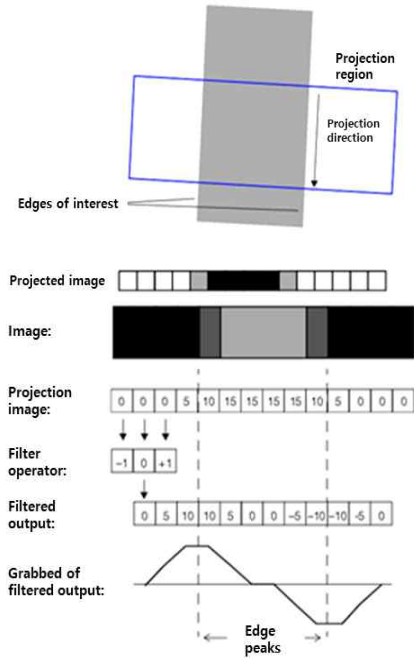


Fig. 4 Edge detecting algorithm

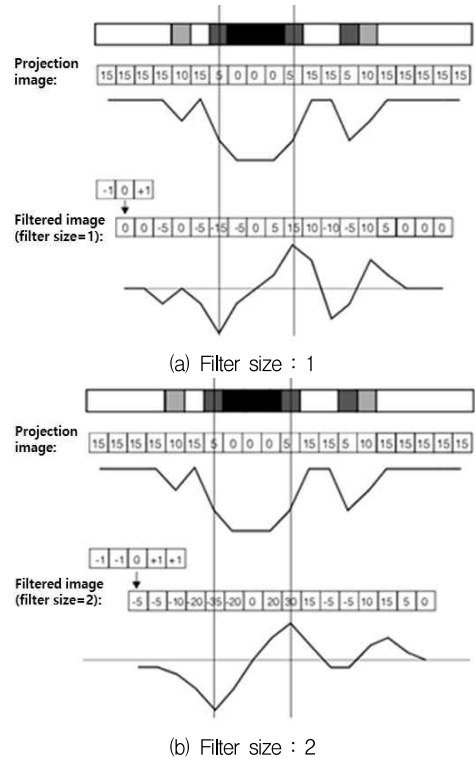


Fig. 5 Edge detecting algorithm

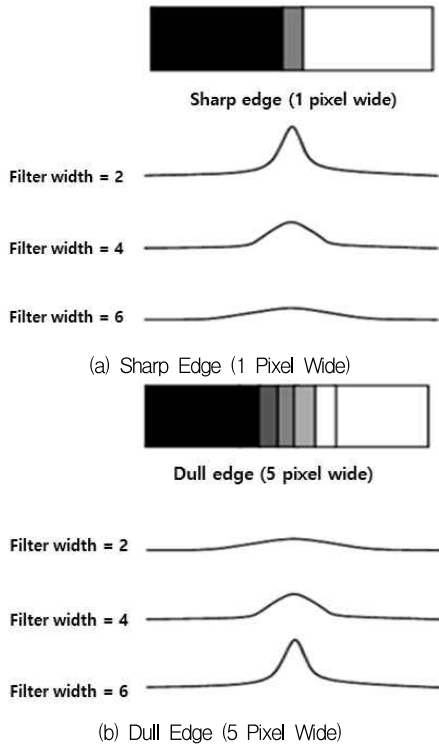


Fig. 6 Edge detecting algorithm

리어스 Edge를 제거한다. Fig. 5는 Edge 주변의 픽셀 값의 변화로 인해 발생하는 스푸리어스 Edge와 함께 이미지가 두 개의 실제 Edge를 포함하는 경우를 나타내며 Fig. 5(a)는 필터 사이즈가 1인 경우 Fig. 5(b)는 필터 사이즈가 2인 경우를 나타낸다.

Fig. 6은 Image의 Edge의 Gray Level차에 따른 Filter Size 변화 결과이다. Fig. 6(a)의 경우 Edge의 폭이 1픽셀로 날카로운 형상을 지니며 Fig. 6(b)의 경우 Edge의 폭이 5픽셀로 무딘 형상을 지닌다. 필터 사이즈를 2, 4, 6으로 증가시킨 결과 Edge의 폭과 픽셀 사이즈를 일치시킬수록 필터링된 이미지에서 검출하고자 하는 Edge의 피크가 더 날카로워지고 스푸리어스 피크는 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 과

Fig. 7은 Edge Detecting Algorithm을 적용한 Caliper 단계의 이미지이다. 먼저 측정 영역을 선택한 후 Edge의 모드, 극성, 대비 임계값, 필터 절반 크기 픽셀, 최대 결과를 설정해 준다. 이 후 Caliper

Process를 진행하면 측정 Edge의 스코어 값과 위치 및 Fig. 8과 같이 초록색으로 표시되는 Edge를 Inspection할 수 있게 된다.

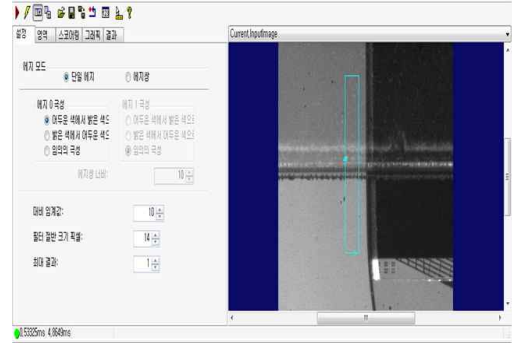


Fig. 7 Caliper setting process

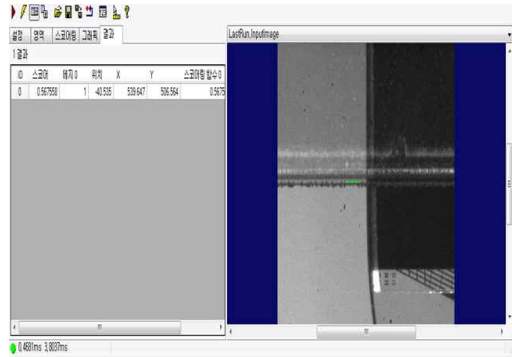


Fig. 8 Inspection image of caliper process

Fig. 9는 Edge Detecting Algorithm을 적용한 Caliper를 영역별로 반복 시행하는 Find Line 단계의 이미지이다. Caliper와 마찬가지로 측정영역을 지정한 뒤 Caliper의 수, 검색 길이, 프로젝션 길이, 무시할 숫자를 설정해 준다. 이 후 Find Line Process를 진행하면 검출된 Edge의 위치와 스코어 값을 알 수 있으며 Fig. 10과 같이 초록색으로 표시되는 Edge의 Line을 Inspection할 수 있게 된다.

Fig. 11은 곡률이 존재하는 코너 Edge를 Detecting 하기 위한 Find Circle 단계의 이미지이다. Find Line과 마찬가지로 Caliper를 반복하지만 곡률을 따라 꺾이며 Caliper를 시행한다.

검출해야 할 Edge의 폭, 길이 등에 따라 설정 단계에서 캘리퍼의 수, 검색길이, 프로젝션 길이, 무시할 숫자를 설정하여준 뒤 Find Circle Process를 진행하며 그 결과 Edge의 위치와 스코어 값을 얻을 수 있다.

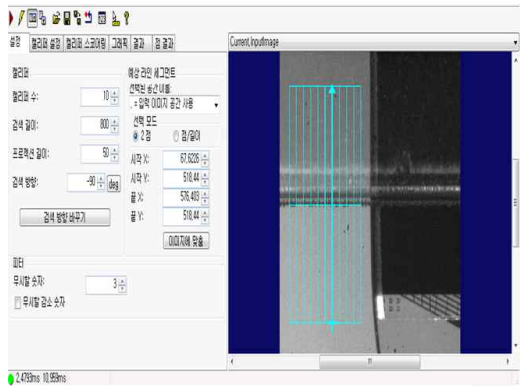


Fig. 9 Find line process

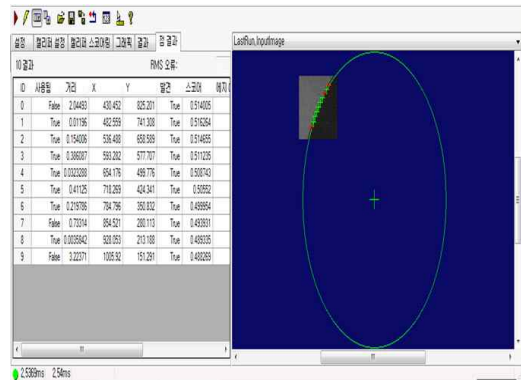


Fig. 12 Inspection image of find circle process

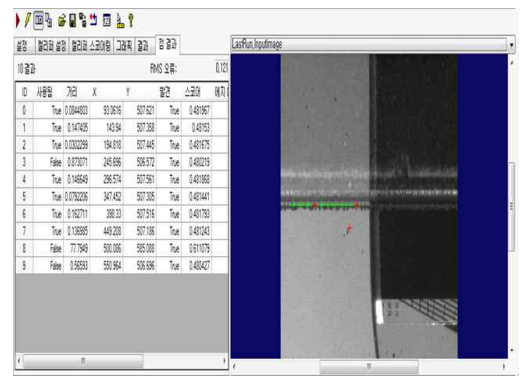
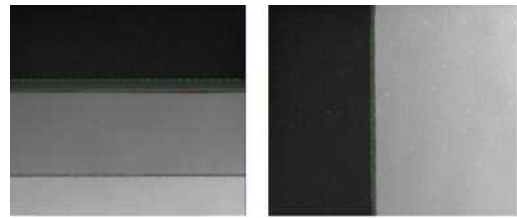
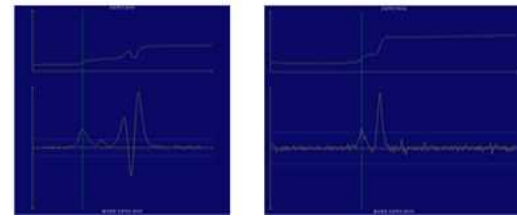


Fig. 10 Inspection image of find line process



(a) Detecting Image



(b) Inspection & Projection data

Fig. 13 Inspection image edge detection & projection data

을 통해 검출된 Inspection Image Edge Detection & Projection Data를 나타낸다. 이를 통해 Real Time Inspection이 원하는 가공 Edge를 정확하게 검출한 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 실시간 Machine Vision을 이용하여 OLED 보호 필름의 레이저 커팅 경로를 보정하여 기구 공차를 최소화 하기 위한 Real Time Inspection에 대한 연구를 진행하였다.

Real Time Inspection 수행 중 발생할 수 있는 Lens의 왜곡 및 위치검출 오류를 최소화 하기 위한 보정 알고리즘으로 Pixel Correlation Searching에 대한 분석을 수행하였다.

Fig. 11 Find circle process

Fig. 12는 측정된 코너의 Edge를 나타내며 측정된 데이터를 통해 코너 Edge뿐 아니라 코너의 곡률 및 중심을 구할 수 있다.

Fig. 13은 최종적으로 Calibration Algorithm 및 Edge Detecting Algorithm을 적용한 결과로 (a)는 Inspection 된 패널의 이미지이며 초록선은 Detecting 된 Edge를 나타낸다. (b)는 Edge Detecting Algorithm

Edge를 정확히 검출하기 위해 투영이미지를 이용한 Edge Detecting 알고리즘을 사용하였으며 Filter Size 및 Edge Width에 따른 검출력 차이에 대한 고찰을 수행하였다.

최종적으로 Edge Detecting Algorithm을 적용한 Caliper 및 Find Line, Find Circle Process를 수행하였으며 실제 패넬에 대한 Real Time Inspection을 수행하여 원하는 가공 Edge를 정확히 검출하였다.

참고문헌

- 1) Smith, Joseph T., et al., "Application of flexible oled display technology to point-of-care medical diagnostic testing", Journal of Display Technology 12.3, pp. 273-280, 2016.
- 2) Sugimoto, Akira, et al., "Flexible OLED displays using plastic substrates", IEEE Journal of selected topics in quantum electronics 10.1, pp. 107-114, 2004.
- 3) Park, Jin-Seong, et al., "Thin film encapsulation for flexible AM-OLED: a review", Semiconductor science and technology 26.3, 034001, 2011.
- 4) Y. J. Park, "Display Technologies for Immersive Devices and Electronic Skin", Electronic Communication Trend Analysis, Vol.34, No.2, pp. 10-18, 2019.
DOI:https://dx.doi.org/10.22648/ETRI.2019.J.340202
- 5) Keyence, Vision system lighting, Available From: https://www.keyence.co.kr/products/vision/vision-sys/ca-d/lineups/lineup-08.jsp (accessed Aug. 9, 2019)

저자 소개

한 주 석(Joo-Seok Han) [학생회원]



- 2020년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (석사)

< 관심분야 >
금형 및 성형 검사

한 봉 석(Bong-Seok Han)



- 2017년 2월: 인하대학교 기계공학과 (석사)
- 2017년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)

< 관심분야 >
금형 및 성형 검사

한 유 진(Yu-Jin Han)



- 2017년 2월: 인하대학교 기계공학과 (석사)
- 2017년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)

< 관심분야 >
금형 및 성형 검사

최 두 선(Doo-Sun Choi) [정회원]



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

< 관심분야 >
단조 및 금형

김 태 민(Tae-Min Kim) [정회원]



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

< 관심분야 >
단조성형 및 금형, 기계 구조해석

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

임 동 욱(Dong-Wook Lim)

[학생회원]



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

< 관심분야 >

금형 및 성형 해석

박 정 래(Jung-Rae Park)



- 1995년 1월~2000년 12월: 아남인스트루먼트 대리
- 2000년 1월~2017년 9월: 이오테크닉스 부장
- 2017년 10월~현재: 애니모션텍 연구소장
- 2019년 3월~현재: 인하대학교 기계공학과 (박사과정)

< 관심분야 >

사출성형 및 금형, 유동해석, 레이저 가공