

논문 2010-6-22

허프변환을 이용한 운전면허시험 코스의 개선

A Study on the Improvement of the Drive-License Test Course using the Hough Transform

이준택*, 정동근**, 정창화***

Joon-Taik Lee, Dong-Keun Chung, Chang-Hwa Chung

요 약 본 논문은 영상처리를 통해 운전면허시험 시스템의 코스 주행 시스템을 개선하는 방법을 제시한다. 주행차량에 장착된 이미지 캡처장비를 통해, 디지털 이미지를 취득하고, 이에 대한 그레이스케일, 표본화, 허프변환 등의 영상처리과정을 거쳐 결정사항이 중앙시스템에 기록되고, 주행자에게 합격여부를 알려주게 되며, 이러한 시스템을 통해, 경제적이고 효율적인 운영이 가능해진다.

Abstract This article presents a method that improve the drive-license test system, especially the course-driving by using the image processing. Decision(pass or not) is recorded and informed to test-driver after the image processing such as image capture, grayscaling, normalization, Hough transform and decision. That result system enables us to manage much more economically and effectively.

Key Words : Image Processing, Noise Technical, Hough transform, Driving-License

I. 서 론

멀티미디어, 인터넷, 컴퓨터, 휴대용 단말기 등의 발달과 디지털 카메라, 디지털 캠코더 등의 보급으로 인하여 일상생활 전반에서 영상이 사용되고 있으며, 동시에 다양한 서비스 산업에서도 영상처리 및 인식분야의 기술이 필요로 하게 되었고, 그 응용분야를 넓혀가고 있다.

허프변환은 이미지공간에서 직선뿐만 아니라 원, 타원 등 도형을 위한 특징 추출법으로 형상과 다면체인식 및 주행 차선 검출 등에 많이 다뤄지고 있다^[1],

한편, 본 논문에서 다루고자 하는 운전면허시험장의 경우, 해마다 응시자의 응시인원이 감소하면서, 장기적으로 볼 때, 보다 경제적이고도, 과학적이며 체계적인 운영

이 필요한 시점에 이르렀다고 볼 수 있다.^[2] 특히, 장내기능 시험의 코스시험에 이용되는 공기주압식 검지 시스템의 경우, 보수와 교체가 빈번하여 비경제적이며, 합격여부에 영향을 주어, 수험자의 불편을 주는 등의 문제를 안고 있다.

본 논문에서는 이러한 기존 방식을 이미지처리 방식으로 대체하여 경제적이고 효율적인 시스템을 구현코자 한다. 특히 주행코스에 대한 라인 인식에 있어, 허프변환을 이용하고 그 효율성의 입증을 통해, 현장에서 직접 활용할 수 있는 시스템을 제안코자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 운전면허시험 코스와 직접적 관련이 있는 이미지 프로세싱 방법을 살펴보고, 3장에서는 운전면허 시험코스에 대한 이미지 처리 기법의 적용과정과 이에 필요한 제안 및 구현과정을 기술하고, 4장에서 그 실험결과를 제시코자 하며, 5장으로 결론을 맺고자 한다.

*정회원, 광운대학교 경영정보학과

**정회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과 (교신저자)

***준회원, 한서대학교 무인항공기학과

접수일자 : 2010.11.10, 수정완료일자 : 2010.12.10

게재확정일자 2010.12.15

II. 관련연구

1. 공기주압식 검지시스템

그림 1은 운전면허시험장내 장내기능 시험 중 코스시험장의 일부이다. 응시자가 주행 도중, 공기가 주입된 검지시스템에 주행차량의 바퀴가 접촉하게 되면 그 압력이 센싱되어 주행자 및 중앙에 알려주는 구조로 되어있다.



그림 1. 공기주압식 검지시스템
Fig 1. Sensing System of Air Pipe Way

공기주압식 검지시스템 방식의 문제점은 다음과 같다.

- 가. 공사가 시작되는 시점에 시공되어야 한다.
- 나. 시험도중 시험차량의 정확한 감점대상 위치를 판별할 수 없다. 즉, 시험차량의 감점 위치를 포괄적으로 판별하여야만 한다. (mm 단위의 판별 불가능)
- 다. 경제성을 고려할 때, 특정코스에서만 운영되며, 일반 코스 주행에 응용할 경우, 과도한 비용이 지출된다.
- 라. 공기가 주입된 고무의 마모 및 훼손과 날씨변화에 따른 공기압을 계속 감시하여야 하는 등, 유지 보수에 비용이 든다.

위와 같은 비효율성을 보완하여, 영상을 획득하고, 이에 따른 적절한 이미지 판독 방법으로 대체할 수 있다면, 과도한 유지보수 비용의 절감과 동시에 기존 시험감독시스템과 동일하거나 그 이상의 판독률을 보장할 수 있을뿐더러, 몇몇 장비만 보수하면 되는 반영구적인 시스템으로 구성될 수 있다.

2. 영상처리 시스템의 구성

공기주압식 검지시스템을 대체하는 영상처리 시스템은 그림2와 같이 구성한다.

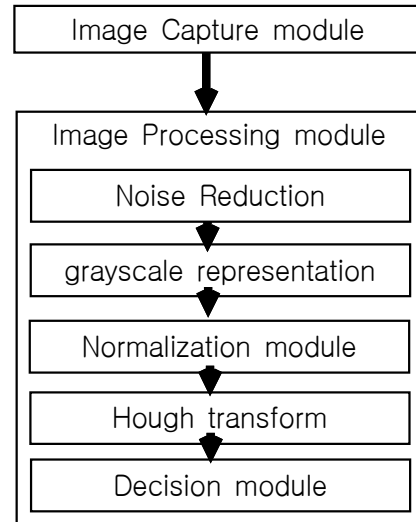


그림 2. 시스템 구성 및 처리순서
Fig 2. System Composition and Process in Image Processing System

그림 2에 대한 단계별 구성에 대한 개별 연구 및 구현 모듈을 이하에 열거한다.

가. Image Capture module

Digital 영상을 얻어내는 과정과 하드웨어적인 측면에서의 접근이 필요한 부분이다. Digital Image 획득을 위하여 Camera 장비를 이용하고 실시간 이동화상 촬영이 가능한 폐쇄회로 카메라를 필요로 한다.

외부에 장착되어야 하는 부분으로, 원통으로 싸인 구조로 방수처리 된 카메라가 사용된다. 또한, 3fps의 초당 프레임 수로 이미지를 얻어 그 이미지를 이미지 프로세싱 모듈(Image Processing Module)로 전달한다.[3]

나. Noise Reduction module

카메라가 얻은 이미지는 여러가지 잡음(noise)들을 가지고 있다. 잡음은 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, 사물을 카메라로 디지털화 할 때 발생한 noise, 둘째, 공기 중이나 도로면의 먼지나 빗방울 등에 의한 예기치 못한 noise, 셋째, 영상처리 보드에서 유발된 비트 단위의 noise이다.[4]

noise 를 줄이기 위한 영상처리 과정으로는 가우시안

필터, 미디언필터 그리고 FUELS 필터를 적용할 수 있다. Gaussian filter는 부가적 잡음이 있는 경우 가장 기본적인 노이즈 필터로서 매우 효과적인 방법이다. Median filter는 근접 픽셀의 평균값을 구하여 적용하는 필터로서 필요에 따라 가중치를 설정함으로써 비교적 정확한 값을 유도해 낼 수 있다는 장점이 있으나, 범용성이 떨어질 수 있어. 특정한 부분에서는 동작하지 않을 위험성을 안고 있다. FUELS filter는 pixel block을 이용한 필터로, 필터링하기 위한 pixel 주위의 M 개의 픽셀들을 모두 골라 상관관계를 따져 필터링한다.[4]

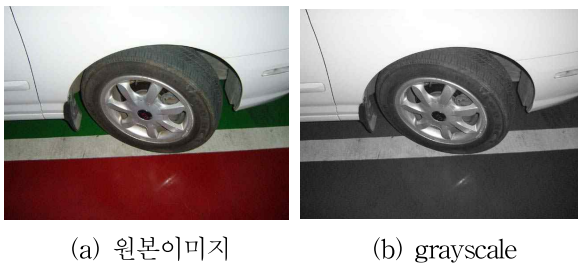


그림 3. 차량의 grayscale 예
Fig 3. grayscale of Course-driving

다. grayscale representation

허프변환을 위한 전처리과정으로 grayscale을 취한다. Grayscale은 색 구분을 명도로 바꾸어 놓는 것이기 때문에 여러 레벨을 가지게 되며 이러한 레벨의 변화를 통해, 다양한 물체의 모서리를 검색해 낼 수 있다.[5]

또한 grayscale은 이미지의 용량을 줄여서 전반적인 프로세싱 성능을 높이기 위한 방법으로 사용된다. 카메라에서 들어오는 영상은 컬러 정보가 포함되어 있으며, 그러한 정보들은 이번 프로젝트에는 필요 없는 정보들이다. 따라서 제외될 수 있는 컬러 정보들을 삭제하고 이미지 용량을 줄여 프로세싱 성능을 높이며, 정보가 저장될 경우에도 저장될 정보의 축소화가 가능하여 적은 저장공간을 차지하게 되는 장점이 있다.

Grayscale 작업과 Normalization 작업을 거친 이미지는 바탕의 0과 선으로 표시된 1로 구성된 binary data image 파일이므로 정보량은 상당히 감소된다. 이로 인해 빠른 작업속도를 제공하고 메인 스테이션과의 통신에서도 많은 정보를 한꺼번에 처리할 수 있는 장점을 지니게 된다.

라. 허프변환(Hough transform)

2차원 평면인 (x,y) 공간상에 놓인 임의의 한 점 (x_i,y_i) 를 지나는 모든 직선은 원점으로부터의 거리를 r 로하고, 원점을 이은 선분과 x 축과의 각을 θ 라 할 때, 다음의 수식을 만족한다.

$$x \cos\theta + y \sin\theta = r$$

식 1. 원점의 거리값 r

Form 1. 'r' value of Starting Point

이를 (θ,r) 공간으로 사상시키면, 하나의 직선을 이루는 점의 집합은 곡선을 형성하는 점의 집합으로 형성된다. 이 때, 점 n 개의 곡선이 한 점에서 만날 때, n 개의 점은 하나의 직선에 놓이게 된다. 이러한 원리가 디지털 화상 처리나 컴퓨터 비전에서 직선을 찾아내는 주요한 근거가 되고 있다.

허프변환을 위해서는 경계선 추출을 위해 사전에 Canny 에지검출과정을 거친다. 이후 허프변환을 거쳐 직선군을 얻을 수 있다.

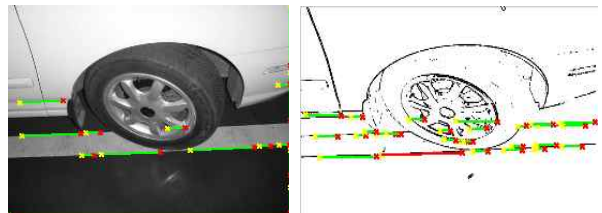


그림 4. 허프변환
Fig 4. Hough Transform

그림 4의 (a)는 단일레벨화를 거치지 않은 허프변환이며, 그림 (b)는 단일레벨화를 시행한 후 허프변환을 한 경우이다.

여기서 중요한 인자는 바퀴의 외측 주행선에 위치한 직선군들이며, 이들 직선군들이 바퀴의 위치와 비교하여 어디에 위치하였는가가 바로 감점여부를 결정짓게 된다.

마. Decision module

바퀴 상단에 고정되어 있는 카메라는 중앙의 바퀴를 중심으로 차선을 촬영하게 되므로, 결국, 이미지내 바깥 차선의 위치를 판별함으로써 감점여부를 결정할 수 있다.

바. Database Interfacing module

시험장치 내부에 데이터베이스를 두어 시작시간, 종료 시간, 감점요인 발생 시 이미지와 시간 등을 저장한다. 본 연구에서 도출된 정보를 응용정보시스템의 내용과 비교할 수 있는 내용이 될 수 있으며, 점수 카운터와 변동이 있을 수 있는 시험규정 trigger(합격/불합격 판단의 자료)에 적용할 수 있다.[6]



그림 6. 자동차시험용 카메라 장착
Fig 6. Camera fix of Test-driving

III. 구현 및 제안

본 연구에서는 2절의 관련연구와 검토를 통해, 자동차 시험장의 운전면허시험감독 시스템을 적용하고자 한다. 자동차 운전면허 시험에 있어 기존의 공기주압식 검지 시스템의 비효율성을 보완한 이미지 관독법을 사용하여 시험자 항의의 근원을 제거할 수 있는 보다 정밀하고 반영구적인 시험감독 시스템의 구축할 수 있다.

그림 7의 자동차 시험장에 그림 8와 같이 차체 전문과 후륜에 카메라를 장착한 형태의 시험감독 시스템을 제안한다. 바퀴의 앞과 뒤에 카메라를 장착하여 바퀴를 중심으로 디지털 이미지에 표현되고 처리되는 차선의 위치 정보를 이용하여 감점여부를 판별한다.

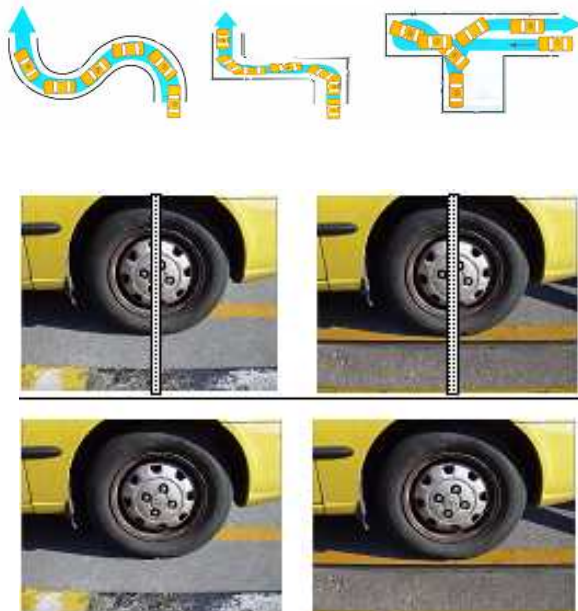


그림 5. 자동차시험장과 차선의 위치
Fig 5. Situation of a Lane

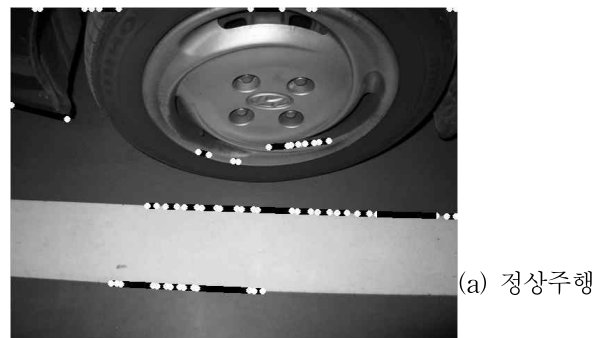
가. Image 취득 단계

자동차시험용 차량에 부착된 카메라를 이용하여 디지털 이미지를 취득할 때 고려해야할 점은 카메라의 해상도이다. 주행구분선과 바퀴의 윤곽을 정밀하게 구분할 수 있는 분해능을 감안하면 고해상도가 바람직하나 여러 단계의 이미지 처리가 요구되므로, 본 시스템에서 필요로 하는 3fps 단위의 캡처속도로는 처리가 불가능하게 된다. 이에 따라 모든 시스템은 해상도로 한정하였다.

또한 적절한 조도를 유지하기 위해, 카메라 옆면에 조명을 설치하였다.

나. Image Processing 단계

매 프레임마다, Noise Reduction 에서는 Median Reduction 과정을 이용 하고, 256단계의 grayscale 및 Normalization 을 시행한 후, 허프변환 과정을 거치도록 하였는데 그 결과를 그림 7에 나타내었다. 그림에서 (a),(b) 는 정상적으로 주행했을 때, 처리된 결과이며, (c) 는 주행선 밖을 벗어나고 있는 감점처리의 경우이다. 그림에서 각 코스의 주행선이 검은 직선으로 명확히 나타나고 있음을 알 수 있다.



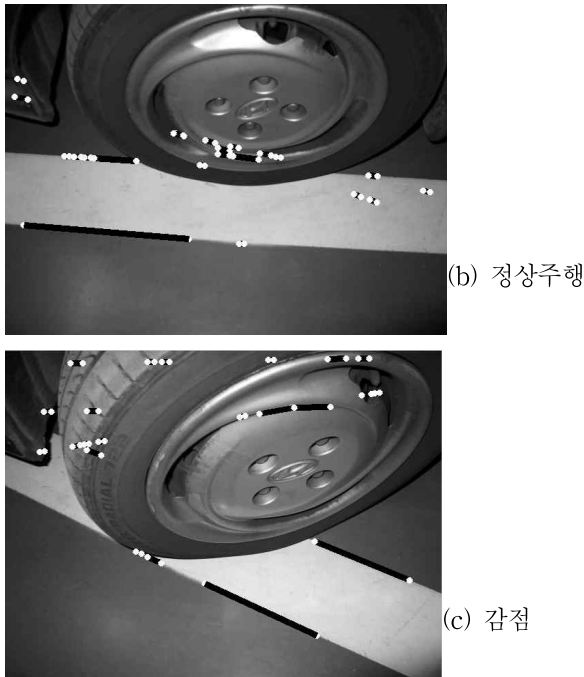


그림 7. 결과 이미지
Fig 7. Results of Image
(a), (b) Normality
(c) Abnormal

다. Decision Processing 단계

허프변환 결과에 따라 발생한 직선군이 어디에 위치하였는가에 따라 감점여부를 판별된다.

차체에 고정된 카메라로부터 얻어지는 가장 중요한 정보는 외측선의 접촉여부이며 이를 위해서는 외측선에 대한인지가 중요하다. 이러한 외측선은 카메라가 고정되어있어, 바퀴의 큰 요동이 없다면, 바퀴가 지면에 닿는 위치를 이미 알고 있기 때문이 이를 시작점으로 잡을 수 있다. 이에 대한 알고리즘을 다음과 같이 설정할 수 있다.

- 1) 감점 플래그를 0으로 설정한다.
- 2) 바퀴 아래 부분의 직선군을 가장 가까운 것부터 찾는다.(이를 위해서는 허프변환 알고리즘 내부에 각 직선별로 위치정보를 포함하고 있어야 한다). 해당 직선군이 없는 경우, 정상주행으로 판단하고 1)로 진입한다.
- 3) 직선의 길이가 더 큰 것이 있다면 이를 선택한다.
- 4) 비교할 직선이 없으면, 선택된 직선에 대한 기울기와 절편으로 직선식을 만든다.
- 5) 직선식의 좌표가 그림 8의 감점영역을 통과하면 감점처리하고 감점 플래그를 1로 설정한 후 위 2)~4)

- 를 반복한다.
6) 직선식의 좌표가 감점영역을 벗어나면 위의 1)로 진입한다.

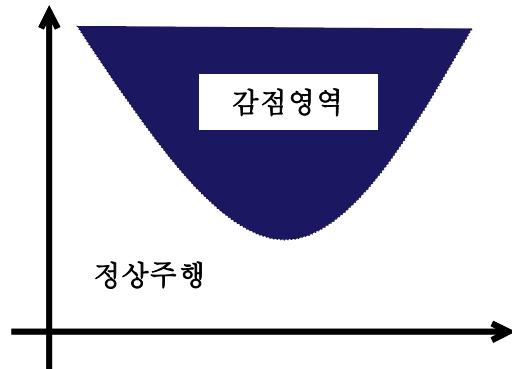


그림 8. 판별 영역
Fig 8. Decision Area

바깥쪽 차선의 직선군은 이전 프레임에서 검출된 인접 직선군과의 비교를 통해, 그 기울기 변화를 계산함으로써 운행궤적과 함께, 향후 진행방향을 예측할 수 있다. 3fps의 속도이면 운전면허시험장의 주행속도를 감안할 때, 사실성 있는 정확도를 충분히 확보할 수 있다.

감점 사항이 판단되면, 해당 이미지와 판단 시간, 그리고 자동차시험용 차량의 정보를 저장한 후, 중앙 시스템에 전송한다.

라. Display Level 단계

판별된 사항을 기반으로 자동차시험용 차량의 현재 위치, 시간, 감점 사항 등을 출력한다. 최종 목표는 실시간 자동차시험 차량 시뮬레이터에 표현하는 것이다.

IV. 실험 결과

구현된 시스템의 실험은 실제 실현가능성을 보기에 앞서 운전면허시험장과 유사한 환경의 실내에서 진행하였다. 감점영역으로 진입하는 차량과 정상주행상태에 있는 차량에 대해 각각 50건의 장면을 별도로 캡처하였으며 이중 임의로 추려낸 30건의 영상처리 및 알고리즘을 통해 결과를 확인하였다.

표 1. 영상처리 결과

Table 1. Results of Image Processing

상황	정상	감점
조사 수	30건	30건
성공 횟수	25건	24건
성공률(%)	83%	80%

정상운행의 30건 중, 실제 정상운행으로 판정한 경우는 25건으로 83%의 정확도를, 30건의 감정상황에 대해, 감점으로 판단한 건수는 24건으로 80%에 그쳤다. 본 시스템에 있어 성공률은 그다지 높지 않은 편이다. 실제 운전면허시험장에 응용하기 위해서는 100%의 성공률을 가지고 있어야 하나, 고정되어 있는 것으로 가정한 바퀴가, 운행 중 차량의 요동으로, 위치변동이 발생한 요인이 큰 것으로 확인되었다. 또한 외측선에 대한 인지에 있어서도 좀 더 세밀한 알고리즘이 필요할 것으로 사료된다.

운전면허시험장에 처음 시도된 본 방식의 장점은 차량의 수가 작은 시험장에서의 설치 및 운용에 따른 비용 절감이다. 아울러 차량 내에 운행정보 시스템을 갖춘다면, 관련 정보를 실시간적으로 전송하여 운전자의 운전 습관, 차량의 상태 등을 파악할 수 있는 장치로 활용될 수 있다는 장점이 있다.

V. 결 론

본 연구는 이미지 프로세싱(Processing)기술의 모듈화를 통해 응용 분야를 창출하기 위한 시도이다. 현재 자동차운전면허 시험장에 적용하여 사용중인 공기주압식(고무관)의 문제점을 해결하기 위해, 이미지의 특징점을 추출하는 이미지처리방법 중 하나인 허프변환을 이용하여, 처리하는 방법을 제안하였으며, 실험을 통해, 가능성을 살펴보았다. 그 결과, 예측되고 있는 부분들을

보완하여 정상운행 혹은 감점운행에 대한 판단률을 높인다면, 실제 현장에서도 충분히 활용되어질 수 있는 시스템이라고 생각된다.

향후 과제는, 다양한 이미지처리기술의 접목과 활용을 통해, 운전면허시험장에 활용될 수 있는 지속적 연구이며, 이를 기반으로 무인항공기 대상의 활주로 무인착륙 유도 기술을 확보하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Hough, P.V.C. , "A method and means for recognizing complex patterns," U.S. Patent, 1962
- [2] 운전면허시험관리단, 2008년 운전면허시험관리단 사업성과평가 보고서, 2009.2
- [3] Deriche, R., Giraudon, G., "Accurate corner detection: an analytical study", Computer Vision, 1990. Proceedings, Third International Conference on , 4-7 Dec. 1990 Page(s): 66 -70
- [4] Medioni. G., Yasumoto. Y, "Corner detection and curve representation using cubic B-splines", Robotics and Automation. Proceedings. 1986 IEEE International Conference on , Volume: 3 , Apr 1986 Page(s): 764 -769
- [5] Bachnak. R, Celenk. M, "A corner detection-based object representation technique for 2-D images" , Intelligent Control, 1988. Proceedings., IEEE International Symposium on , 24-26 Aug. 1988 Page(s): 186 -190
- [6] Seemann.T, Tischer.P, "Structure preserving noise filtering of images using explicit local segmentation" ,Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on , Volume: 2 , 16-20 Aug. 1998 Page(s): 1610 -1612 vol.2

저자 소개

이 준 택(정회원)



- 학위 : 경영학 박사과정
- 경력
 - 한서대학교 한국항공산업기술보호 연구소 부소장
 - ISO/IEC SC27 WG1 기술위원(한국 표준원)

<주관심분야 : 전자금융보안, 디지털포렌식, SETA, HCISec GRC>

정 동 근(정회원)



- 학위 : 공학박사
- 경력
 - 을지대학교 의료IT마케팅학과 교수

<주관심분야 : 임베디드시스템, RFID/USN 기술, 계측제어>

정 창 화(정회원)



- 학위 : 공학석사
- 경력
 - 한서대학교 무인항공기학과 교수
 - 한서대학교 항공창업보육센터장

<주관심분야 : 무인항공운항, 항공기계 및 이동통신기술>