

YOLOv8x를 활용한 우회전 시 보행자 사고 예방 시스템

김석진¹, 박상민¹, 이찬휘¹, 장세영¹, 장우혁¹, 주수민¹, 이근호^{2*}
¹백석대학교 컴퓨터공학부 학생, ²백석대학교 컴퓨터공학부 교수

A Scheme Pedestrian Accident Prevention System for Right Turn using YOLOv8x

Seok-Jin Kim¹, Sang-min Park¹, Chan-Hwi Lee¹, Se-Young Jang¹,
Woo-Hyuk Jang¹, Su-Min Joo¹, Keun-Ho Lee^{2*}

¹Student, Division of Computer Engineering, Baek-Seok University

²Professor, Division of Computer Engineering, Baek-Seok University

요약 기존 교차로 내 우회전은 운전자가 판단에 전적으로 의지하는 방법이었으나, 2023년 교차로 통행에 관한 법률이 횡단보도를 통행하거나, 통행하려는 보행자가 있을 시 일시정지 후 통행하도록 개정되었다. 하지만, 대부분의 운전자들은 개정된 법안을 알지 못하여 여전히 기존 방법으로 우회전하는 차량이 많다. 또한, 기존 방법으로 통행해도 “어차피 걸리지 않아” 라는 안일한 생각을 가지는 운전자가 대다수다. 더불어, 통행 방법을 올바르게 아는 운전자도 사각지대에 보행자가 가려져 우회전 시도하는 도중 급정거하는 일도 자주 발생한다. 이는 보행자에게 매우 위협적인 상황이다. 본 논문은 사각지대에 가려지는 보행자 등 보행자들의 다양한 사고를 예방하고자 YOLOv8x 모델을 활용하여 운전자에게 보행자 유무에 따라 경고를 주는 시스템을 제안한다. 해당 시스템은 보행자 유무를 기준으로 점등하기에 빛의 유도 효과를 유발한다. 이는 운전자가 자연스럽게 보행자를 인지할 수 있어 보행자 사고 예방이 가능하다.

주제어 : YOLOv8x, 머신러닝, 교차로, 보행자, 사고 예방

Abstract In the past, making a right turn at intersections relied entirely on the driver's judgment. The Act on the Passage of Intersections was revised in 2023 to require drivers to yield or pause when there are pedestrians crossing or about to cross the crosswalk. Despite the revision, many drivers are unaware of the new law and continue to make right turns as before. Moreover, some drivers have a complacent attitude, thinking "nothing will happen anyway" when they follow the old method. Even drivers who know the correct way to pass often make sudden stops due to pedestrians being in blind spots. This creates dangerous situations for pedestrians. This paper proposes a system that warns drivers about pedestrians' presence using the YOLOv8x model. The system is activated based on the presence of pedestrians, creating a light induction effect that helps drivers naturally recognize pedestrians, preventing accidents.

Key Words : YOLOv8x, Machine Learning, Intersections, Pedestrians, Accident Prevention

*교신저자 : 이근호(root1004@bu.ac.kr)

접수일: 2024년 11월 08일 수정일: 2024년 11월 25일 심사완료일: 2024년 12월 10일

1. 서론

오늘날 도로 내 차량 통행량이 매우 늘어났고, 이에 비해 부실했던 보행자 안전에 대한 관심이 높아지면서 보행자 보호에 대한 법률이 개정되었다. 이에 따라 교차로 내 우회전 신호등을 설치하는 등 지자체의 보행자를 보호하려는 노력은 지속되었지만 우회전 신호로 인해 도심 내 극심한 교통체증이 늘어나면서 신호등을 설치했지만 사용하지 않는 지자체도 늘어났다[1].

보행자 보호에 대한 관심이 높아지면서 교차로 내 우회전 신호등 및 모니터를 활용해 횡단보도를 비추는 등 다양한 솔루션을 적용하고 있지만 운전자가 보지 않는 등 다양한 이유로 보행자 사고는 여전히 많다.

YOLOv8x를 활용하여 보행자 유무에 따라 경고를 준다면 운전자의 시선을 자연스럽게 경고나, 횡단보도로 유도하면서 보행자 사고를 예방하는 시스템을 제안한다. 이는 사각지대에 가려 보이지 않는 보행자에 대한 대비가 가능해진다.

본 논문에서는 위와 같은 일련의 방식을 통해 YOLOv8x를 활용한 횡단보도 내 보행자를 보호하는 보행자 경고 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 YOLOv8x

YOLOv8은 고속 및 고정밀 객체 탐지 알고리즘으로, Video Stream에서 사람을 정확하게 추적하고, 특정 지역으로의 진입을 실시간으로 분석할 수 있다. 특히, YOLOv8x는 정밀도와 재현율에서 가장 높은 성능을 보이며, 다각형 영역(ROI)을 정의하여 사람의 이동을 추적하고 보행자가 횡단보도에 들어갔을 때 경고를 발생시킬 수 있다. YOLOv8은 다수의 객체를 실시간으로 처리하면서도, 환경의 변화에 적응하여 높은 정확도와 효율성을 유지한다. 이로 인해 교차로에서 보행자의 안전을 확보하고 교통 흐름을 개선 가능하다[2-5].

2.2 OpenCV

OpenCV는 이미지와 비디오 처리에서 화면 캡처, 객체 탐지, 이미지 전처리 등의 기능을 제공하는 오픈 소스 라이브러리로, OpenCV는 이미지의 해상도, 밝기, 색상 등을 조정하여 중요한 시각적 정보를 강조하고, 객체의

위치와 크기를 정확하게 식별할 수 있도록 돕는다. 특히 YOLO와 결합하면 실시간 객체 탐지에서 효율성을 높일 수 있으며, 객체 인식 및 추적에서 핵심적인 기술로 활용된다. 이러한 전처리 과정은 객체 탐지 시스템의 정확성과 실시간 처리를 지원한다[6].

2.3 SGD Optimizer

SGD Optimizer(확률적 경사 하강법)는 딥러닝에서 사용되는 최적화 알고리즘으로, 모델 학습 시 매개변수를 데이터 샘플마다 하나씩 업데이트한다. 이를 통해 전체 데이터셋을 한 번에 처리하는 대신, 각 배치에서 계산된 경사를 바탕으로 매개변수를 조정하여 계산 효율성을 높이고, 메모리 사용을 절약할 수 있다. 또한, 학습 과정에서 Hyper Parameters를 조정해 최적의 매개변수를 찾아가며, 대규모 데이터셋 처리에 유리하다. 이러한 특성 덕분에 실시간 학습이 필요한 교차로와 같은 환경에서도 뛰어난 효율성을 보인다[7].

2.4 Arduino

Arduino는 다양한 센서 및 모듈과의 호환성을 제공하며, 실시간 제어 응용에 널리 사용되는 오픈 소스 하드웨어 플랫폼이다. 특히 Arduino UNO는 저비용 설계와 블루투스 모듈(HC-06)을 활용한 무선 통신을 통해 차량 제어 및 데이터 전송에서 높은 효율성과 안정성을 제공한다. 직렬 통신 방식을 사용해 카메라, 컴퓨터 간 데이터를 실시간으로 주고받을 수 있으며, 이를 통해 복잡한 환경에서도 안정적인 제어와 데이터 처리가 가능하다. 이와 같은 특성 덕분에 실시간 제어 및 자동화 시스템에서 중요한 역할을 한다[8-10].

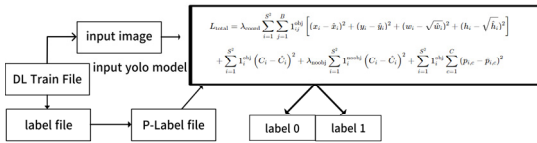
3. YOLOv8x를 활용한 보행자 탐지 과정

3.1 선정 배경

교차로 환경은 다양한 조명, 날씨, 움직임이 혼재된 복잡한 상황이기 때문에 높은 정확도와 빠른 처리 속도가 필수적이다. Faster R-CNN, Mask R-CNN과 같은 모델은 높은 정확도를 제공하지만, 연산량이 많아 실시간 탐지에는 적합하지 않고, SSD와 같은 모델은 속도가 빠르지만 탐지 정확도가 상대적으로 낮은 단점이 존재한다. 이에 반해 YOLOv8x 모델 같은 경우 다양한 객체 탐지 모델 중 실시간 처리와 정확도의 균형이 가장 뛰어

난 최신 모델이다. YOLOv8x는 단일 패스 구조를 기반으로 평균 60 FPS 이상의 빠른 탐지가 가능하며, 실시간 경고 시스템이 요구되는 복잡한 교차로 환경에서도 보행자와 같은 작은 객체를 높은 정확도로 빠르게 탐지가 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 성능을 높이 평가해 해당 모델로 선정하였다[11-15].

3.1.1 YOLOv8x 모델 학습 과정



[Fig. 1] Dataset Preprocessing Process

<Table 1> Source Label Files in XML Format

Name	class	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax
vehicle	0	1	776	518	1148
license plate	1	442	900	492	974
vehicle	0	3618	838	3840	1162

<Table 2> Source File Preprocessing Steps

code	Explanation
<code>bndbox = obj.find('bndbox')</code>	Extract Bounding Box data.
<code>xmin, ymin, xmax, ymax = int(bndbox.find(...).text)</code>	Extract xmin, ymin, xmax, ymax coordinates.
<code>x_center = (xmin + xmax) / 2 / img_width</code> <code>y_center = (ymin + ymax) / 2 / img_height</code> <code>width = (xmax - xmin) / img_width</code> <code>height = (ymax - ymin) / img_height</code>	The center of the bounding box (x_center, y_center) is calculated as the midpoint between the respective xmin and xmax, ymin and ymax. The values are then normalized by dividing them by the image width and height.
<code>f.write("{}class_id {}x_center {}y_center {}width {}height\n".format(class_id, x_center, y_center, width, height))</code>	Save in YOLO format.

우선 복잡한 교차로 환경 속에서도 보행자와 같은 작은 객체를 YOLOv8x라는 모델이 인식하기 위해서는 방대한 양의 데이터셋이 필요하다. 방대한 양의 데이터셋을 모으기 위해 데이터 플랫폼 AIHUB에서 인도 보행 영상, 사람 동작 영상, 차선 및 횡단보도 인지 영상 등에 대한 내용을 담은 방대한 양의 데이터셋을 [Fig. 1] DL Train File로 나타내었다. 또한, input image, label file로 나뉘지게 된다. label file 같은 경우 <Table 1>와 같이 기존 라벨링 코드 XML 형식으로 되어있다. 다만, label file 같은 경우 전처리를 진행하지 않은 상태이기

에 <Table 2> 코드로 전처리를 진행한다. 위 과정을 통해 질 높은 데이터셋을 구축함으로써 모델의 학습 정확도를 높인다[16].

<Table 3> Format Files After Preprocessing

class	x_center	y_center	width	height
0	0.067578	0.44537	0.134635	0.172222
1	0.121615	0.433796	0.013021	0.034259
0	0.971094	0.462963	0.057813	0.15

$$x_{center} = \frac{x_{max} + x_{min}}{2 \cdot image_width}, \quad y_{center} = \frac{y_{max} + y_{min}}{2 \cdot image_height}$$

$$width = \frac{x_{max} - x_{min}}{image_width}, \quad height = \frac{y_{max} - y_{min}}{image_height}$$

[Modify. 1] An Equation for Normalization

전처리가 완료된 [Fig. 1]에 있는 P-Label file 같은 경우 <Table 3>와 같은 형태로 나타나게 된다. 이어서 [Modify. 1]의 공식으로 이미지 크기 정보로 나눠서 정규화를 거친다. 정규화 과정은 Bounding Box 좌표를 이미지 크기에 맞게 상대 좌표 형식[x_center, y_center, width, height]으로 변환하여 모델의 학습 효율을 높이고 다양한 크기의 이미지를 처리할 수 있도록 한다[4].

<Table 4> YOLOv8x Training Code Details

code	Explanation
<code>model.train()</code>	Set model to training mode.
<code>for epoch in range(100):</code>	Iterate over epochs.
<code>for i, (images, targets) in enumerate(dataloader):</code>	Process data in batches.
<code>outputs = model(images)</code> <code>loss = outputs['loss']</code>	Forward pass and loss calculation.
<code>loss.backward()</code> <code>optimizer.step()</code>	Backpropagation and parameter update.
<code>if i % 10 == 0: print(...)</code>	Print training progress every 10 steps.
<code>print(f"Epoch {epoch+1}/100 Loss: ...")</code>	Print epoch loss.
<code>print("Model training completed")</code>	Print training completion message.

전처리 과정에서 Bounding Box 좌표가 YOLOv8x 모델의 입력 형식에 맞게 변환된 후, Input image와 전처리된 P-Label File을 받아 [Fig. 5] 코드를 통해 학습을 진행한다. 모델은 Loss Function를 기반으로 예측 값과 실제 값 간의 차이를 줄이기 위해 가중치를 업데이트하며, 최종적으로 복잡한 교차로 환경에서도 보행자를 실시간으로 탐지할 수 있도록 최적화한다.

이와 같은 일련의 과정을 통해 복잡한 환경에서 실시간으로 정확한 탐지를 가능하게 하며, 교차로 내 보행자 사고 예방 시스템을 효과적으로 구현하기 위한 기반을 제공한다.

3.1.2 YOLOv8x를 활용한 보행자 탐지



[Fig. 2] YOLOv8x-Based Object Detection Results



[Fig. 3] YOLOv8x-Based Human Detection Results



[Fig. 4] YOLOv8x-Based Human Detection Results

[Fig. 2,3,4]는 일반적인 방법으로 학습이 완료된 YOLOv8x를 활용해 객체를 탐지하는 모습이며, 파란색 사각형은 Bounding Box로 객체가 있다고 판단될 시 나타나는 다각형 영역이다. Person은 객체 탐지 결과가 사

람임을 나타내며, 차량, 오토바이 등 탈것이 탐지되면 Vehicle이라는 문구가 나오도록 설계되었다. 하지만, 본 연구에서는 사람만 탐지하면 되기에 탐지 범위를 사람으로 한정하였다. [Fig. 3,4]는 연구 목적에 맞도록 수정 개발한 YOLOv8x를 기반으로 사람을 탐지하는 결과를 보여준다. Bounding Box 위 수치는 신뢰도를 나타내는 숫자로 1에 근접할수록 객체 탐지 신뢰도가 높다는 것을 나타내며, 거리가 상대적으로 가까운 객체일수록 신뢰도가 1에 가까워 거리가 먼 객체보다 신뢰도가 높다. 학습이 올바르게 완료된 YOLOv8x는 [Fig. 1]의 야간 환경이나, [Fig. 4]의 가려진 사람의 경우라도 높은 신뢰도를 가진다는 것을 확인할 수 있다[17].

횡단보도 근처 혹은 건너는 사람이 있을 경우, 신뢰도에 따라 YOLOv8x가 객체 판단 후, 연결된 Arduino를 통해 운전자에게 사람이 있음을 알리는 경고를 준다. 이는 운전자에게 사각지대에 가려 인지하지 못한 보행자에 대한 사고 발생 위험을 낮추며, 보행자 또한 무심코 우회전하는 차량에 대한 사고 발생 위험을 낮춘다[2].

3.1.3 Arduino를 활용한 보행자 경고 과정

<Table 5> Arduino Pedestrian Warning Code

code	Explanation
self.port_label = QLabel("Select Serial Port:")	This widget provides a descriptive label to inform the user about the purpose of the dropdown list.
layout.addWidget(self.port_label)	Add QLabel to layout.
self.comboBox = QComboBox()	Create QComboBox.
self.detect_serial_ports()	Call detect_serial_ports.
layout.addWidget(self.comboBox)	Add QComboBox to layout.
ports = ['COM%s' % (i + 1) for i in range(255)]	This range covers the maximum number of COM ports a system might have.
for port in ports: try: ... port_list.append(port)	If the port is valid, it is added to port_list
self.comboBox.addItem(port_list)	This step ensures users can select a valid serial port from the dropdown menu.

Arduino는 Serial을 통해 YOLOv8x와 데이터를 주고받으며, Python의 Pyserial 라이브러리를 활용해 구동된다. <Table 5>은 Arduino를 YOLOv8x과 연동하기 위한 Serial을 정의 후 이를 이용해 연동하는 코드 중 일부이다. Arduino의 0~255 포트 중 연결 가능한 포트들을 저장하고, 그중 Serial 통신을 하기 위해 연결할 수 있는 포트를 선별한다. 한 포트 당 8bit씩 송출 가능하며,

연결 가능한 포트를 comboBox에 추가하고, YOLOv8x를 연결해 객체 탐지 결과를 받아 LED 제어 코드를 실행한다. 위 과정을 통해 Arduino로 LED 점등을 제어하고, 교차로 내 보행자 사고 예방 시스템을 실시간 경고 제어를 통해 효과적으로 구현한다.[9,18].

4. 결론

본 연구는 교차로에서 보행자 사고를 예방하기 위해 YOLOv8x 모델을 기반으로 한 실시간 보행자 경고 시스템을 제안한다. 기존의 교차로 통행 방식은 운전자의 판단에 의존하며, 사각지대 문제로 인해 보행자 사고 위험이 높았다. 이를 해결하기 위해 제안된 시스템은 보행자의 유무를 정확히 탐지하고, 경고 신호를 통해 운전자의 주의를 유도함으로써 보행자 안전성을 효과적으로 강화하였다.

제안된 시스템은 복잡한 교차로 환경에서도 안정적인 탐지 성능을 제공하며, 데이터 전처리와 모델 최적화를 통해 실시간 경고 체계의 신뢰성과 효율성을 입증하였다. 특히, 보행자 유무를 기준으로 한 LED 경고 방식은 운전자가 자연스럽게 보행자를 인지하도록 돕는데 효과적이다. 더불어, 본 시스템은 체구가 작은 어린이나 걸음이 느린 노약자가 사각지대에 가려지는 등 운전자의 시야가 일부 제한된 상황에서 보행자를 인식하는데 도움을 주는 시스템으로, 어린이 보호구역 및 노약자 보호구역에서의 보행자 사고 예방에 효과적인 시스템이다.

향후 다양한 돌발 상황에서 성능을 검증하고 실제 교차로에 시범 적용하여 시스템의 안정성과 실용성을 보강할 예정이다. 나아가, 좁은 골목길 등 횡단보도가 없는 지역에서의 보행자 사고 예방에 대한 연구 및 V2X 기술과 연계해 경고 전달의 속도와 정확도를 더욱 향상시켜 보행자 입장에서 경고 시스템 연구를 진행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] N.S.LEE, Y.C.KIM, J.B.LIM, Y.C.KIM, "Right-Turn Vehicle Supplementary Signal Improvement at Intersections," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.33, No.5, pp.441-448, 2015.
- [2] D.LEE, Y.G.SUN, S.H.KIM, I.SIM, K.S.LEE, M.N.SONG, J.Y.KIM, "Transfer Learning-based Object Detection Algorithm Using YOLO Network," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.20, No.1, pp.219-223, 2020.
- [3] M.SAFALDIN, N.ZAGHDEN, M.MEJDOUB, "An Improved YOLOv8 to Detect Moving Objects," *IEEE Access*, 2024.
- [4] A.ELAOUA, M.NADOUR, L.CHERROUN, A.ELASRI, "Real-Time People Counting System using YOLOv8 Object Detection," *2023 2nd International Conference on Electronics, Energy and Measurement (IC2EM)*, Medea, Algeria, pp.1-5, 2023.
- [5] A.AFDHAL, K.SADDAMI, S.SUGIARTO, Z.FUADI, N.NASARUDDIN, "Real-Time Object Detection Performance of YOLOv8 Models for Self-Driving Cars in a Mixed Traffic Environment," *2023 2nd International Conference on Computer System, Information Technology, and Electrical Engineering (COSITE)*, Banda Aceh, Indonesia, pp.260-265, 2023.
- [6] M.PONIKA, K.JAHNAVI, P.S.V.S.SRIDHAR, K.VEENA, "Developing a YOLO based Object Detection Application using OpenCV," *2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, Erode, India, pp.662-668, 2023.
- [7] J.LU, M.NGUYEN, W.Q.YAN, "Deep Learning Methods for Human Behavior Recognition," *2020 35th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*, Wellington, New Zealand, pp.1-6, 2020.
- [8] Y.MIAO, E.SHI, M.LEI, C.SUN, X.SHEN, Y.LIU, "Vehicle Control System Based on Dynamic Traffic Gesture Recognition," *2022 5th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCS)*, Vol.5, No.1, pp.196-201, 2022.
- [9] A.BENTO, "IoT: NodeMCU 12e X Arduino Uno, Results of an experimental and comparative survey," *Vol.6*, pp.45-56, 2018.
- [10] R.DEEKSHATH, P.DHARANYA, M.K.D.KABADIA, M.G.D.DINAKARAN, S.SHANTHINI, "IoT based environmental monitoring system using Arduino UNO and ThingSpeak," *International Journal of Science Technology & Engineering*, Vol.4, No.9, pp.68-75, 2018.
- [11] M.SOHAN, T.SAI RAM, R.REDDY, C.VENKATA, "A review on yolov8 and its advancements," *International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics*, pp.529-545, 2024.
- [12] N.M.ALAHDAL, F.ABUKHODAIR, L.H.MEFTAH, A.CHERIF, "Real-time Object Detection in Autonomous Vehicles with YOLO," *Procedia Computer Science*, Vol.246, pp.2792-2801, 2024.
- [13] Z.LI, Z.LIU, X.WANG, "On-board real-time pedestrian detection for micro unmanned aerial vehicles based on YOLO-v8," *2023 2nd International Conference on Machine Learning, Cloud Computing and Intelligent Mining (MLCCIM)*, pp.250-255, 2023.
- [14] B.LIU, W.ZHAO, Q.SUN, "Study of object detection

based on Faster R-CNN," 2017 Chinese Automation Congress (CAC), pp.6233-6236, 2017.

- [15] P.BHARATI, A.PRAMANIK, "Deep Learning Techniques—R-CNN to Mask R-CNN: A Survey," Computational Intelligence in Pattern Recognition, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.999, Springer, Singapore, 2020.
- [16] J.D.C.N.DINIZ, A.C.DE PAIVA, G.B.JUNIOR, J.D.S.DE ALMEIDA, A.C.SILVA, A.M.T.D.S.CUNHA, S.C.A.P.D.S.CUNHA, "A One-Step Methodology for Identifying Concrete Pathologies Using Neural Networks—Using YOLO v8 and Dataset Review," Applied Sciences, Vol.14, No.10, pp.4332, 2024.
- [17] J.E.BUALOY, G.D.DOMINGO, I.F.ERER, "Design and Simulation of Optimized Traffic Light Control System Using YOLOv8," 2024.
- [18] A.CHAUDHARI, P.DONGRE, V.KULKARNI, "Vehicle Speed Detection and Vehicle Count Using Arduino UNO," pp.1-5, 2024.

김 석 진(Seok-Jin Kim)

[준회원]



■ 2020년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부

<관심분야>

블록체인, 융합보안, 인공지능, 백엔드

박 상 민(Sang-min Park)

[준회원]



■ 2021년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부

<관심분야>

블록체인, 융합보안, 사물인터넷, 정보통신

이 찬 휘(Chan-Hwi Lee)

[준회원]



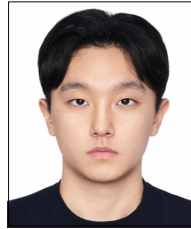
■ 2020년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부

<관심분야>

인프라, 융합보안, 블록체인, 보안 엔지니어링

장 세 영(Se-Young Jang)

[준회원]



■ 2020년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부

<관심분야>

블록체인, 암호학, 인공지능, 디지털포렌식

장 우 혁(Woo-Hyuk Jang)

[준회원]



■ 2023년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부

<관심분야>

블록체인, 암호학, 인공지능, 시스템보안

주 수 민(Su-Min Joo)

[준회원]



- 2021년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
컴퓨터공학부

〈관심분야〉

융합보안, 블록체인, 머신러닝, 보안 엔지니어링

이 근 호(Keun-Ho Lee)

[종신회원]



- 2006년 8월 : 고려대학교 컴퓨터
학과(이학박사)
- 2006년 9월 ~ 2010년 2월 :
삼성전자 DMC연구소 기술전략
팀 과장
- 2010년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
컴퓨터공학부 교수

〈관심분야〉

융합보안, 블록체인, 개인정보보호, 이동통신 보안