

도로 마커를 적용한 인공지능 CCTV 운영 모델 연구

임 동 현*, 박 대 우°

Artificial Intelligence CCTV Operation Model Applying Road Markers

Dong Hyun Lim*, Dea-woo Park°

요 약

공공기관이 방법 및 주차단속 등의 목적을 위해 운영하는 대부분의 CCTV는 도로 위에 위치한다. CCTV 수량은 영상 사용량의 증가로 급속하게 증가하고 있다. CCTV가 촬영한 영상의 분석 서비스를 제공하려면, 컴퓨팅 파워와 영상분석 속도도 같은 비율로 증가 되어야 한다. CCTV 영상에 서비스 대상 영역(ROI)을 선언하고, 해당 영역에만 네트워크모델을 적용하여 영상을 분석한다면, 요구되는 컴퓨팅파워를 줄일 수 있다. 하지만, CCTV는 차량 또는 작업자 등에 의한 충격, 진동 또는 볼트 풀림 등의 이유로 CCTV 화각 변경이 발생한다. 화각 변경은 인공지능 영상분석 서비스가 불가능한 상황을 발생시킨다. 본 논문에서는 도로 위에 마커를 운영하고, 이를 기준으로 인공지능 융합제어 ROI 설정을 제안한다. CCTV 영상분석이 해당 ROI 내에서만 가능하도록 설정하여, 컴퓨팅 파워를 줄일 수 있는 방안을 연구한다. 그리고, CCTV가 외력에 의해 ROI가 변경되었을 때, S/W와 H/W의 인공지능 융합제어로 ROI를 자동으로 재설정하는 방안을 제안한다. 이로써, 공공기관이 운영하는 CCTV 운영 효과가 향상될 것이다.

키워드 : 도로 마커, ROI, 영상분석, 지도학습, 인공지능, CCTV

Key Words : Road Marker, ROI(Region of Interests), Image Analysis, Supervised Learning, Artificial Intelligence, CCTV(Closed-Circuit TeleVision)

ABSTRACT

Most CCTVs operated by public institutions for crime prevention, parking enforcement and etc. are located on roads. The number of CCTVs is rapidly increasing due to the increase in video usage. In order to provide the analysis service of the video captured by CCTV, the computing power and the video analysis speed must be increased at the same rate. If the region of Interests(ROI) is declared in the CCTV video and the video is analyzed by applying the network model only to that area, the required computing power can be reduced. However, the angle of view of the CCTV is changed due to shock, vibration, or bolt loosening by a vehicle or operator. Changing the angle of view creates a situation where AI image analysis service is impossible. In this paper, we propose an artificial intelligence convergence control ROI setting based on the operation of markers on the road. We study ways to reduce computing power by setting CCTV image analysis to be possible only within the ROI. And, when the ROI of CCTV is changed by external force, we propose a method of automatically resetting the ROI with artificial intelligence convergence control of S/W and H/W. As a result, the effectiveness of CCTV operated by public institutions will be improved.

* First Author : Hoseo Graduate School of Venture, dlaehdgs@seoul.go.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Hoseo Graduate School of Venture, prof_pdw@naver.com, 정회원

논문번호 : 202208-180-0-SE, Received August 15, 2022; Revised September 18, 2022; Accepted October 17, 2022

I. 서론

알파고(AlphaGo), 뮤제(Project Muze)^[1] 및 AlexNet^[2]을 발달시킨 인공지능 기술이 Deep Layer 신경망 네트워크모델을 발전시키고 있다.

CNN(Convolution Neural Network)과 RNN(Recurrent Neural Network) 모델의 발전은 인공지능의 신뢰를 향상시켰다. 인공지능 모델의 다계층 Hidden Layer 설정에 개발자의 경험이 개입되어, 인공지능 모델의 출력이 차이 나는 부분은 연구과제로 남아 있다^[3].

인공지능 다계층 Hidden Layer 출력값의 수정을 위해서, 원시 코드를 수정하거나, 각 Hidden Layer의 결과값을 수정하려는 노력이 “설명할 수 있는 인공지능(Explainable AI)^[4]” 기술로 연구되고 있다.

하지만, 인공지능 네트워크모델의 운영은 높은 컴퓨팅파워를 요구한다. 즉, 다계층 Hidden Layer를 기반으로 하는 신경망 알고리즘은 많은 고화질 영상의 분석, 분류 그리고 판단 과정에서 고성능 컴퓨팅이 필요하다.

만약, 소프트웨어적 영역인 ROI(Region Of Interests)^[5]를 지도학습 신경망 기반한 영상분석과 적절히 결합하여 사용한다면, 컴퓨팅파워를 절감할 방법이 될 것이다.

공공기관은 방범^[6] 또는 주정차단속^[7] 등의 서비스를 위해 고화질 CCTV(Closed Circuit TeleVision)를 설치 운영하고 있다. 100만대가 넘는 공공기관 CCTV는 도심 공간의 한 구성품으로, 도심 사용자의 여러 원인에 의해 CCTV 화각의 변화가 종종 생긴다. 이런 변화의 원인을 CCTV 입장에서는 외력으로 정의한다.

실제로 CCTV가 차량에 의한 사고, 각종 진동, 연결 볼트의 풀림 등에 의해 본래의 CCTV 서비스 화각과 다른 방향으로 종종 변경된다.

인공지능 지도학습 기술은 CCTV를 대상으로 영상 이미지의 객체 발견과 분류 및 자세와 행동을 판단하여, 인공지능 처리 결과로 이벤트를 발생시킨다.

본 연구에서는 영상분석에서 컴퓨팅의 효율과 신뢰도 향상을 위해 논리적 관심 영역(ROI : Region Of Interests)과 간단한 ROI 발견 전처리모델의 사용을 제안한다. 변경없는 ROI 영역을 대상으로 네트워크모델을 적용한다면, 서비스 응답속도와 결과의 신뢰도는 높아질 수 있다^[8].

화면의 ROI 내에서만 객체를 인식, 분류하여, 자세와 행동을 구분하며, 영상 내 거리정보를 판단해 속도^[9] 등을 계산할 수 있게 함으로써, 인공지능 서비스 관

점에서 더 적은 컴퓨팅파워로 더 많은 서비스를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 CCTV 화각 설정 및 분석에 대한 문제해결을 위해, 도로현장에 주간과 야간에 보일 수 있는 라인을 긋는 것을 제안한다. 라인이 표시된 영역을 특징으로 openCV 모델을 사용하여, 자동으로 ROI를 설정 및 재설정^[10]하는 전처리모델 운영을 추가로 제안한다.

ROI가 설정된 CCTV가 ROI를 발견할 수 없을 때는, CCTV 구동부를 제어하여 원래의 ROI를 찾아가게 하는 기술에 대해 논하고자 한다.

II. 관련연구

지도학습을 주로 이용하는 영상분석은 소프트웨어 성능에만 의존하지 않는다. 하드웨어인 CCTV가 일정한 화각의 RTSP(Real-Time Streaming Protocol)을 안정적으로 송출할 때, 해당 영상을 대상으로 소프트웨어 처리를 통해 결과를 도출한다.

소프트웨어 관점에서 인공지능 영상분석은 특징점 발견에서 시작한다. 현재의 보편적인 기술은 CCTV 촬상소자에 특징점 영역을 설정하는 방식이 아닌, 센터로 전송된 실시간 영상에 소프트웨어가 ROI를 설정하여 영상분석을 수행하는 방식이다.

그림 1은 방법 서비스인 침입, 배회 등 이벤트 감지를 위해 CCTV 영상에 ROI를 설정한 예시이다. 이러한 기술은 인공지능 소프트웨어의 어려움을 낮출 수 있고, 해당 영역에서만 네트워크모델을 적용하게 하여 적은 자원의 시스템을 요구하는 장점이 있다^[10].

CCTV가 운영 중인 상황에서 외력에 의해 CCTV가 회전된다면 그림 2와 같이 영상 화면은 변경되고 ROI는 그대로인 상황이 발생한다. 이는 기대했던 서

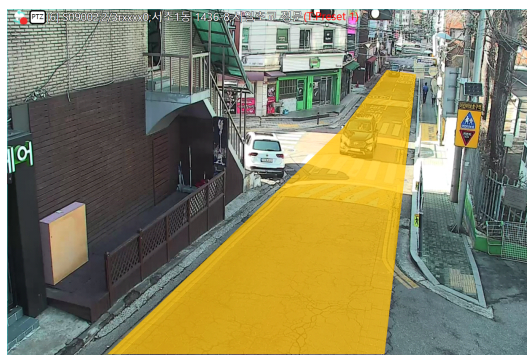


그림 1. 특정 서비스 운영을 위해 설정된 ROI 예시
Fig. 1. Example of ROI Established For The Operation Of A Specific Service



그림 2. 외력에 의해 ROI 변경의 예시
Fig. 2. Example of ROI change by external force

비스 결과를 획득할 수 없게 한다. 이 문제를 해결하기 위해, CCTV 운영자가 현장을 방문하여 해당 CCTV를 원래 화각으로 회전시키는 방법이 운영적 관점에서는 현재의 유일한 해결책이다.

CCTV 영상압축코덱인 AVC(Advanced Video Coding, H.264), HEVC(High Efficiency Video Coding, H.265) 등은 화면내 변화량을 인지하여 압축한다. 이때 변화량으로 인지되는 객체(Object)는 대부분 CCTV 운영 목적의 관심 대상이다.

대부분의 영상분석은 하드웨어인 CCTV와 무관하게 소프트웨어적인 관점에서만 분석되는 경향이 있다. 외력에 의해 CCTV가 회전되어도 ROI는 변경되지 않아 영상분석 결과를 취득할 수 없다. 그림 3은 CCTV ROI를 활용한 현재의 영상분석 방법에 대한 설명이다.

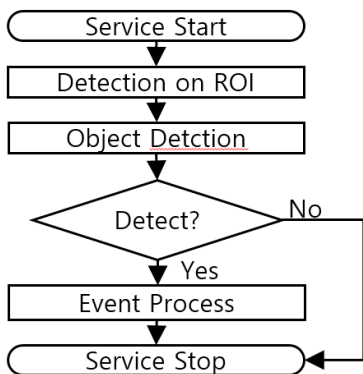


그림 3. ROI를 활용한 일반적 영상분석 절차
Fig. 3. General Image Analysis Procedure Using ROI

III. 인공지능기술을 적용한 도로 마커의 운영

3.1 기준 ROI 활용한 기준 마커 구간 설정

도로위 CCTV 영상분석을 위해 기준으로 활용할 수 있는 기준선을 도로 마커로 정의하며, 이를 연결한 면을 ROI로 정의한다.

ROI 설정 시, 도심 미관 향상을 위해 이미 도로에 마킹되어 있는 정지선, 횡단보도선 등을 특징선으로 활용한다.

ROI를 지정할 특징선이 없다면 CCTV가 인식할 수 있도록 착색제와 도료를 배합하여 관심 지역 외곽선으로 도색한다. 이때 사용되는 도료는 서비스 운영 시간을 고려하여 형광성분과 야광성분이 배합된 도료 이어야 한다. 기존 유사 기술인 루프코일 설치 비용을 고려하여 마커의 폭은 좁고 선명하도록 도색되어야 한다.

그림 4는 마커를 도로에 도색한 예이다.

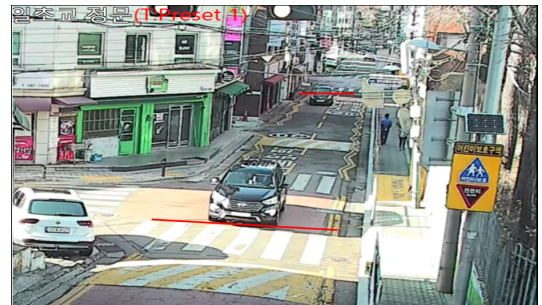


그림 4. 도로 마커로 야광/형광 도료를 도포한 예시
Fig. 4. Example Of Applying Luminous/Fluorescent Paint As A Road Marker

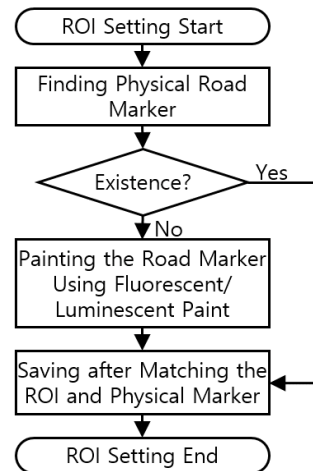


그림 5. 마커를 이용하여 기준 ROI 설정하기
Fig. 5. Setting A Reference ROI Using Markers

마커를 활용하여 영상내 기준 ROI를 설정하는 절차를 표현하면 그림 5와 같다.

3.2 기준 ROI 활용한 기준 마커 구간 수정

그림 6는 약한 외력에 의해 마커의 위치가 변경되었을 때의 예이다. 이때는 관리자가 기준 ROI를 그림 7과 같이 재설정하여 영상분석 서비스를 운영할 수 있다.

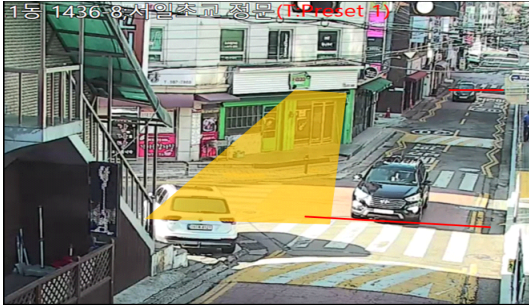


그림 6. ROI가 변경된 예시
Fig. 6. Examples Of Changes In ROI

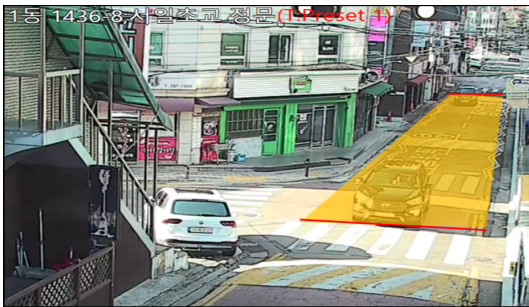


그림 7. 재설정된 ROI 예시
Fig. 7. Examples Of ROI Changed And Reset

3.3 마커 구간 인공지능 재설정 방안 설계

도로마커를 ROI 영역으로 관리하는 요소기술로는 “전처리모델 적용”, “화면내 ROI 재설정”과 “화면간 ROI 재설정”으로 구분할 수 있다.

3.3.1. 전처리모델 설계

실시간 영상분석을 위해서는 고속의 외곽선 추출 및 비교 방안이 필요하다. 이를 위해 그림 8과 같이 OpenCV 외곽선 검출 명령문인 “contours” 등의 실행문을 카메라 칩셋에 embedded하거나 Nvidia Jetson Nano와 같은 저 사양 하드웨어를 CCTV와 함께 운용한다. 이 결과를 저장할 수 있는 저장공간을 운영하고, 주기적인 외곽선 추출을 실시하여 이전의 결과와 비교하게 함으로써 화각의 변화를 빠르게 인지할 수 있다.

```
path = os.path.join('img', 'shape.png')
img = cv2.imread(path)
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

contours, hierarchy = cv2.findContours(gray, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
for contour in contours:
    img = cv2.drawContours(img, [contour], -1, (0, 0, 255), 2)
```

그림 8. OpenCV contours 명령 예시
Fig. 8. Execution Example Of OpenCV Command “Contours”

3.3.2 화면내 마커 구간 인공지능 기능 설계

약한 외력에 의해 그림 6과 같이 화각이 변경된 경우 그림 7로 변경되는 것을 “화면내 ROI 마커에 의한 재설정”으로 정의한다. 이는 관리자가 수동으로 조정할 수도 있지만, 그림 9와 같이 전처리모델을 운영하여 면 내에서 ROI 변화를 자동으로 재설정할 수도 있다.

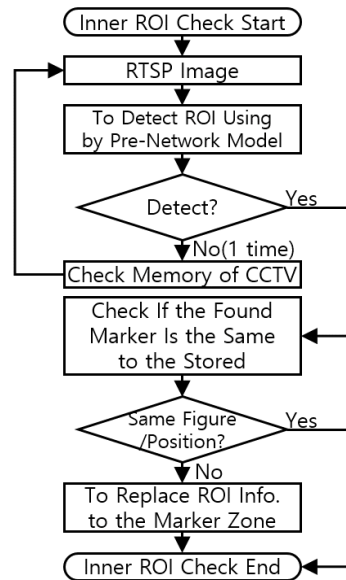


그림 9. 주기적 마커 체크를 통한 화면내 ROI 재설정 절차
Fig. 9. Procedure For In-screen ROI Reset Algorithm Using Periodic Marker Check

3.3.3 화면간 마커 구간 인공지능 재설정 기능 설계

강력한 외력에 의해 CCTV 영상이 그림 1에서 그림 2로 변경되는 경우의 해결을 위해서는 “화면간 ROI 마커에 의한 재설정” 방안이 필요하다. 그림 10은 CCTV MCU(Main Control Unit)가 랜덤한 방향으로 CCTV화면을 회전시켜 물리적 표식을 찾는 화면 간 전처리모델을 설명하고 있다.

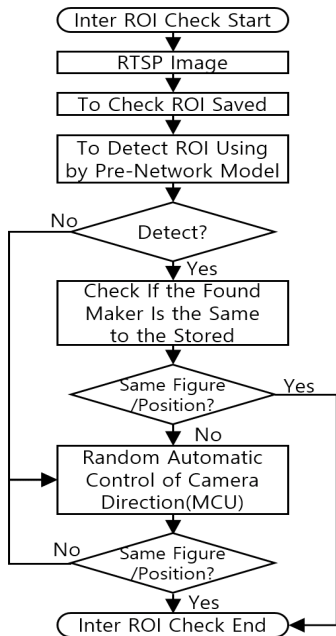


그림 10. 주기적 마커 체크를 통한 화면간 ROI 재설정 절차
 Fig. 10. Procedure For Inter-screen ROI Reset Algorithm Using Periodic Marker Check

3.3.4 마커 구간 내의 서비스 네트워크모델 적용

화면의 ROI 영역이 서비스대상 영역임을 확인 후, 네트워크모델을 ROI 영역 내에만 적용하여 컴퓨팅과

워가 절약되게 한다. 이 방식은 같은 컴퓨팅파워로 더 많은 CCTV에 인공지능을 적용할 수 있다. 그림 11은 ROI 인식 전처리모델 적용 후 서비스모델을 적용한 절차도이다. 그림 3의 현재 운영중인 영상분석절차에서 그림 11의 붉은색 박스의 내용이 개선되었다.

IV. 도로 마커를 활용한 인공지능 CCTV 운영서비스

도로 마커를 이용한 ROI 운영서비스로 예를 들 수 있는 것이 차량 속도 측정이다. 기존 루프코일 방식과 달리, 도로에 전기 설비 설치 없이 영상분석만으로 차량의 속도 측정이 가능하여 관리가 용이하고 구축비가 저렴하다.

4.1 CCTV 활용한 마커 구간 통과 차량 속도 인식

영상만으로 차량 속도 인식을 위해서는, ROI 영역을 자동으로 관리하고, 이 영역 경계선에 입출차하는 차량의 통과프레임을 계산한다. 즉 이를 지나는 초당 프레임수(fps : frame per second)에 기반한 프레임수를 계산하여 시간을 확인한다.

도로 마커 변(side)간의 거리를 사전에 알고 있다면, '속도=거리/시간'을 이용하여 차량의 평균 이동 속도를 계산할 수 있다. 그림 12는 이 절차를 설명한다.

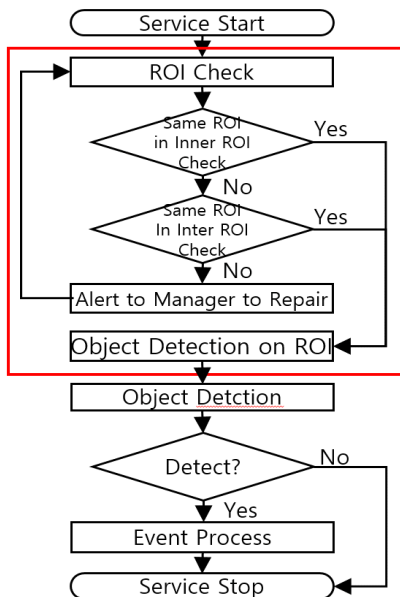


그림 11. 도로 마커를 적용한 서비스 네트워크모델 절차도
 Fig. 11. Service Network Model Procedure Diagram Applying Road Markers

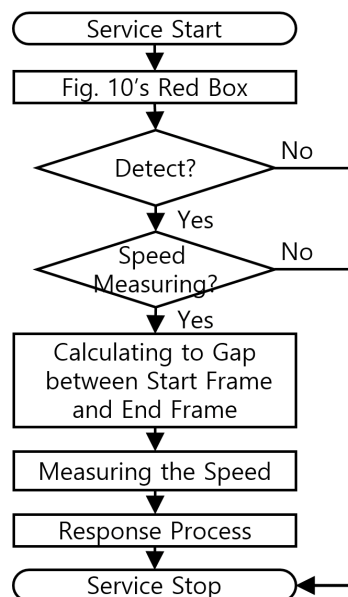


그림 12. 도로 마커 ROI 기반 차량 속도 측정 서비스 구현
 Fig. 12. Implementation Of Vehicle Speed Measurement Service Based On Road Marker ROI

4.2 마커 구간 속도인식 인공지능 적용 비교

표 1은 일반적인 CCTV 운영 서비스와 도로 마커 ROI를 적용한 서비스를 비교한 도표이다.

도로 마커를 이용한 속도인식은 전처리모델을 운영해야 하는 단점이 있으나, 외력에도 불구하고 높은 신뢰도를 유지할 수 있는 장점이 있다. 이외에도 전기 공급이 필요치 않으므로 전반적으로 적은 운영비를 사용한다. 또한, ROI에 해당하지 않을 때는 영상분석을 시도하지 않으므로 컴퓨팅 파워를 적게 사용하여, 낮은 지연시간을 보장하는 장점이 있다.

표 1. 기존 ROI 방식과 도로 마커 ROI 방식의 비교
Table 1. Comparison of ROI Method Between The Universal And The Road Marker

Discription	Universal ROI	Road Marker ROI
Respond to External Forces	Impossible	Possible
Installation Cost	High	Lower Than Left
Operating Expenses	Constant Electricity Bill	None
Managing Convenience	Hard	Easy
Pre-Network Model	None	Necessary
Multi-layer Delay	Increased	Decreased
Trial Number of Using Computing Power	100%	100%>
Reliability	Lower Than Left	High

V. 결 론

공공기관이 기하급수적으로 늘어나는 CCTV 영상의 촬영과 분석에 인공지능을 적용할 때 어려움 중 하나가 컴퓨팅파워이다. 이를 해결하기 위한 방법으로 인공지능 네트워크모델의 최적화, 엣지컴퓨팅을 이용한 컴퓨팅 분산 등 방법이 연구되고 있다.

본 논문에서는 도로위에 마커를 도포하고, 실시간 CCTV 영상에 도로 마커 영역과 소프트웨어적인 ROI를 일치시키는 방법을 제안하였다. 실시간 CCTV 영상에 실시간 “전처리모델”을 적용하여 CCTV 화각의 정상 여부를 체크하도록 설계하였다. 이 결과를 기준으로, 기존 ROI 설정, 현재 ROI와 주기적 비교, 화면 내 ROI 재설정, 화면간 ROI 재설정 등의 H/W와 S/W의 융합제어 방안을 설계하였다.

본 연구 결과인 “인공지능 서비스 네트워크모델”을 실제 CCTV에 적용하면, CCTV 당 필요 컴퓨팅파워를 절약하고, 컴퓨팅파워당 CCTV 수를 늘리게 하여, 인공지능 기술의 보편화 및 신뢰도 향상에 기여할 것이다. 또한, H/W와 S/W 업계가 함께하는 영상분석시장을 앞당길 수 있을 것이다.

다음 연구에서는 본 연구에 기초하여 실제 CCTV 카메라 제어를 통해 이론을 검증하고, 각 절차의 S/W 코딩에 대해서도 연구할 계획이다.

References

[1] <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=jhr3336&logNo=221034896328>

[2] Z. Zou, Z. Shi, Y. Guo, and J. Ye, “Object detection in 20 years : A survey,” *IEEE Trans. Pattern Anal. and Mach. Intell.*, May 2019. (<https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.05055>)

[3] D. H. Lim and D. Park, “The design and operation of artificial intelligence image analysis support center using social safety identification Information,” M.S. Thesis in Hoseo Graduate School of Venture, p. 21, 2022.

[4] J. Kim and C. Park, “Arrhythmia detection analysis and explainable artificial intelligence,” in *Proc. IEIE Conf.*, pp. 1119-1121, Jun. 2021.

[5] S. Lee and S. Ok, “A study on a stereo camera based noise-robust ROI algorithm,” *J KIIT*, vol. 18, no. 12, pp. 87-94, Dec. 2020. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.12.87>

[6] D. H. Lim and D. Park, “Artificial intelligence acquisition and response of disaster information using smart city high-rise wide-angle CCTV,” *J. KICS*, vol. 46, no. 11, pp. 2023-2030, Nov. 2021. (<https://doi.org/10.7840/kics.2021.46.11.2023>)

[7] D. H. Lim and D. Park, “AI analysis of illegal parking data at Seocho city,” *The Data Sci. and Digital Transformation in the Fourth Industrial Revolution*, vol. 929, pp. 165-178, Jan. 2021.

- (https://doi.org/10.1007/978-3-030-64769-8_13)
- [8] H. Hwang, J. Jung, Y. Kim, and Y. Choe, "A study on improving speed of interesting region detection based on fully convolutional network," in *Proc. Korean Soc. of Broadcast Eng. Conf.*, pp. 322-325, Jeju Island, Korea, Jun. 2018.
- [9] J. Kim, D. Shin, J. Kim, C. Kwon, and H. Byun, "Optical flow based vehicle counting and speed estimation in CCTV videos," *J. Broadcast Eng.*, vol. 22, no. 4, pp. 448-461, Jul. 2017.
(<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.4.448>)
- [10] H. Park and J. Oh, "Forward vehicle movement estimation algorithm," *J. Korea Inst. Inf. and Commun. Eng.*, vol. 21, no. 9, pp. 1697-1702, Sep. 2017.
(<https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.9.1697>)

박 대 우 (Dea-woo Park)



1998년 : 숭실대학교 컴퓨터학과
(공학석사)

2004년 : 숭실대학교 컴퓨터학과
(공학박사)

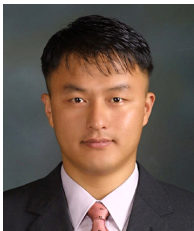
2004년 : 숭실대학교 겸임교수

2006년 : 정보보호진흥원(KISA)
선임연구원

2007년~현재 : 호서대학교 벤처대학원 교수

<관심분야> Hacking, CERT/CC, 침해사고 대응,
e-Discovery, Forensic, 사이버안보, 네트워크 보안,
스마트폰 보안

임 동 현 (Dong Hyun Lim)



2021년 9월 : 호서대학교 벤처대
학원 융합공학과 석사과정
<관심분야> 무선공학, 통신공학,
스마트시티, 드론, CCTV, 도
시통합정보운영