

CCTV 화면를 촬영한 임베디드 비전영상을 이용한 지능형 모니터링 시스템 개발에 관한 연구

조현진, 김민태, 김병욱*

창원대학교

m2019n3035@gs.cwnu.ac.kr, kkimlee1217@gmail.com, *bwkim@changwon.ac.kr

A study on the development of an intelligent monitoring system using embedded vision images of CCTV screen

Hyunjin Jo, Mintae Kim, Byung Wook Kim*

Changwon National Univ.

요 약

본 논문은 기존의 CCTV 모니터링 시스템에 카메라 장치된 임베디드 보드를 이용하여 인공지능기반 지능형 모니터링 시스템을 제안한다. 일반적인 CCTV 화면에서 다수의 장소가 촬영되는 영상이 나타나고, 이를 임베디드 비전 카메라를 이용해 촬영한다. 단일 CCTV 화면에서 4개의 격자 형태로 나타나는 영상을 각각 원근 변환 기법을 이용해 왜곡을 보정하여 4개의 개별 영상을 추출한다. 추출된 개별 영상에 대해 작업자의 안전모 착용 여부와 지게차 적재 상태를 식별하기 위해 YOLOv4 모델로 학습하였다. 실제 구현에는 Jetson nano 임베디드 보드 상에서 인공지능 객체 감지 모델인 YOLOv4를 동작시켰으며, 실험 결과 저비용으로 높은 수준의 자동 안전 관리 모니터링을 제공할 수 있음을 확인하였다.

I. 서 론

Closed Circuit Television(CCTV)를 이용한 모니터링 시스템은 안전 관리, 사고 예방 등에 매우 유용하다는 것이 입증되었으며[1], 최근 다양한 산업 분야에 CCTV의 사용이 빠르게 확산되고 있다[2]. 기존 CCTV 모니터링 시스템은 다수의 CCTV 카메라에서 촬영된 영상을 단일 모니터에 배열형태로 송출하여 사람이 직접 관제하는 방식이 일반적이기 때문에, 인건비 등의 비용 지출이 부담이 되고 있는 경우가 많다. 최근에는 이러한 한계를 극복하고, 모니터링 시스템의 자동화를 위해 컴퓨터 비전 기술 및 인공지능을 이용하여 문제 발생시 관리자에게 실시간으로 알리거나 문제 발생 시점을 녹화하는 지능형 CCTV 도입을 위한 연구가 진행되고 있다 [3-5]. 그러나 이미 사업장에 설치되어 있는 CCTV 모니터링 시스템에 사용되는 카메라는 화질, 수산물, 용량 등의 문제로 인해 컴퓨터 비전 및 인공지능 기술을 위한 소프트웨어를 쉽게 적용하기가 어렵다. 따라서 기존 CCTV 시스템에 사용하고 있던 카메라 및 관련 장비를 새 제품으로 교체해야하는 부담이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 기존 CCTV 모니터링 시스템에 큰 변화 없이 임베디드 비전영상을 이용해 인공지능 기술을 적용할 수 있는 모니터링 시스템을 제안한다. 다수의 CCTV 영상이 격자 형태로 출력되고 있는 단일 모니터의 앞에 카메라가 연결된 임베디드 장치를 설치하고, 촬영한 영상은 개별 영상으로 분리해낸다. 이 때 촬영된 영상내의 복수의 영상들은 원근변환 기법을 통해 왜곡이 보정된 개별 영상들로 추출되며, 추출된 개별 영상에서 원하는 정보를 검출하기 위해 인공지능 모델을 학습하여 지능형 모니터링 결과를 나타냄으로써 자동으로 이벤트를 검출할 수 있도록 한다..

II. 본론

본 논문에서는 산업 현장에서 사용하는 CCTV 영상에 대해 AI 기반 모니터링 시스템을 제안하며, 구성도는 그림 1과 같다.

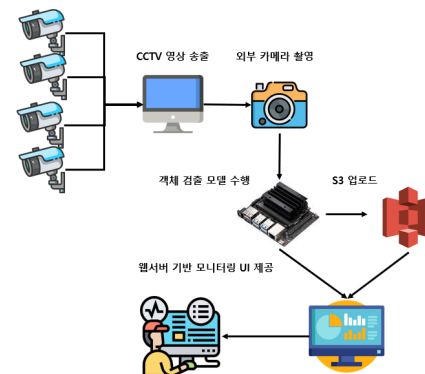


그림 1 자동 영상 인식 모니터링 시스템 구성도

기존 CCTV 장치에 별도의 인공지능 기능이 포함된 장치들을 설치하지 않아도 AI 기반의 모니터링 시스템 구축이 가능하도록 한다. 이를 위해 외부 카메라가 장착된 임베디드 보드를 사용하여 CCTV 영상이 송출되는 모니터 화면을 촬영하게 한다. 실제 실험에 사용된 CCTV 모니터에는 격자 모양으로 4개의 CCTV 영상이 동시에 송출된다(그림 2).

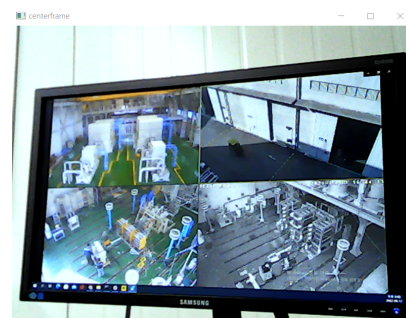


그림 2 외부 카메라로 촬영된 모니터

모니터 내의 CCTV 영상들은 외부 카메라의 거리, 렌즈 왜곡 등으로 영상이 뒤틀리게 된다[6]. 이로 인해 영상 인식 성능이 저하될 수 있으므로 원근 변환과 투영 변환을 사용하여 왜곡된 영상의 수평 변환[7-8]을 적용하고, 구역별 인식 결과 확인을 위해 영상을 4분할하여 개별 영상으로 추출하였다(그림 3).

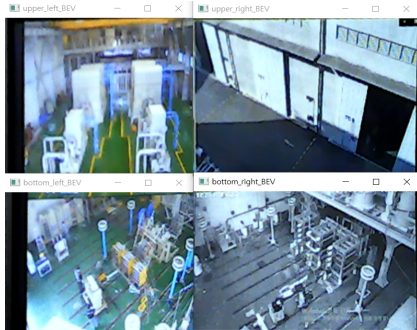


그림 3 수평 변환 및 4분할된 영상

일반적으로 인공지능 모델 사용을 위해서는 초고속 연산이 가능한 GPU가 탑재된 PC가 필요하다. 그러나 기존 CCTV 모니터링 시스템은 사람이 육안 관제를 통해 감독되었기 때문에 GPU를 사용하지 않은 경우가 대부분이다. 따라서 소형 임베디드 보드를 이용해 비용을 최소화하면서 인공지능 모델을 사용하기 위해 GPU 연산이 가능한 Jetson Nano를 사용하였다. Jetson Nano에서는 헬멧 착용 여부와 지게차의 화물 적재 여부를 검출하는 YOLO 모델을 탑재하여 안전 관리 및 현장 감독을 실시한다. 탑재된 모델은 YOLOv4 프레임워크로 학습되었으며, 4개의 클래스에 대해 f1-score 98%의 성능을 달성하였다. 검출 결과는 웹페이지를 통해 시각화되며, UI를 그림 4와 같이 구현하였다.



그림 4 자동 영상 인식 모니터링 UI

UI는 객체 인식된 영상과 시나리오 버튼, 헬멧 착용 여부 그래프와 지게차 입출고 관리 시스템으로 구성된다. 객체 인식된 영상은 현장 영상에 인식된 객체가 바운딩 박스로 표시되어 한눈에 알 수 있게 한다. 시나리오 버튼은 UI에 나타나는 CCTV 영역을 선택할 수 있다. 헬멧 착용 여부 그래프는 헬멧 착용자와 미착용자의 누적 집계치를 보여준다. 마지막으로 지게차 입출고 관리 시스템은 시간별 지게차의 사용 시간을 그래프로 보여주고, 지게차가 입출고 된 시간을 자동으로 인식하여 웹 사이트에 나타낸다.

검출 결과는 csv형태로 저장되어 내부 저장소와 AWS s3에 1분 주기로 업데이트된다. 또한, 다른 컴퓨터에서도 모니터링 결과를 확인 할 수 있도록 python flask를 이용해 내부망과 공유되는 서버를 구현하였다.

III. 결론

본 논문에서는 산업 현장의 안전 및 업무 관리를 위해 외부 카메라가 장착된 임베디드 보드를 사용하는 AI 기반 자동 모니터링 시스템을 제안한다. 임베디드 비전 카메라를 이용해 CCTV 화면을 촬영하고, 격자 형태로 배치된 다수의 영상을 분할하여 저장한다. 이때 왜곡된 CCTV 영상은 원근 변환 기법으로 보정하였다. GPU가 없는 환경에서도 별도의 PC 없이 저비용의 모니터링 시스템 구축이 가능하도록 모니터링 시스템은 Jetson Nano에서 구현하였다. Jetson Nano에서는 객체 탐지 모델인 yolov4를 사용하여 현장 작업자의 헬멧 착용 여부와 지게차의 화물 적재 여부를 검출하였으며, 온라인으로 객체 검출 결과를 확인할 수 있도록 검출된 결과를 내부 저장소 및 AWS s3에 저장하였다. 모니터링 시스템을 사용할 관리자 혹은 책임자가 손쉽게 현장의 상황을 파악할 수 있도록 모니터링 정보를 웹에서 시각화 하였고, 현장 이미지와 객체 검출 결과 및 누적치를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제안한 자동 영상 인식 모니터링 시스템을 산업 현장에 도입한다면 저렴한 비용으로 현장 안전 관리자 및 기타 책임자의 업무량 감소와 현장 관리의 정확도 증가를 기대할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Korea Electrotechnology Research Institute (KERI) grant funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT) (No. 22A01063-02).

참 고 문 헌

- [1] MPJ. Ashby, "The Value of CCTV Surveillance Cameras as an Investigative Tool: An Empirical Analysis", Sept. 2017.
- [2] Farrington DP, Gill M, Waples SJ, Argomaniz J (2007) The effects of closed-circuit television on crime: meta-analysis of an English national quasi-experimental multi-site evaluation. J Exp Criminol 3:21-38.
- [3] K. Patel and M. Patel, "Smart Surveillance System using Deep Learning and RaspberryPi," 2021 8th International Conference on Smart Computing and Communications (ICSCC), 2021, pp. 246-251.
- [4] Xu, J. A deep learning approach to building an intelligent video surveillance system. Multimed Tools Appl 80, 5495-5515 (2021).
- [5] Virender Singh, Swati Singh, Pooja Gupta, Real-Time Anomaly Recognition Through CCTV Using Neural Networks, Procedia Computer Science, Volume 173, 2020, Pages 254-263,
- [6] 강진아. (2009). "시설물 감시용 CCTV의 초광각 렌즈 왜곡보정", 한국 측량학회지, 27(3), pp. 324-327
- [7] Farag, Wael & Saleh, Zakaria. (2019). An Advanced Road-Lanes Finding Scheme for Self-Driving Cars. 48 (6 pp.)-48 (6 pp.). 10.1049/cp.2019.0221.
- [8] 한영인. (2008). "카메라 영상 보정 방법 및 장치", 특허등록 제 10-0948872호
- [9] 고용노동부. (2016). "사망재해 다발작업 안전대책(지게차 운전작업 편)", pp. 13-24