

이미지 인식을 통한 AI 기반 소방 시설 설계 기술 개발에 관한 연구

A Study on the Development of AI-Based Fire Fighting Facility Design Technology through Image Recognition

남기태¹ · 서기준² · 최두찬^{3*}Gi-Tae Nam¹, Seo-Ki Jun², Doo-Chan Choi^{3*}¹Assistant Researcher, R&D Center, KF UBIS CO., Ltd., Seoul, Republic of Korea²Researcher, R&D Center, KF UBIS CO., Ltd., Seoul, Republic of Korea³Chief Executive Officer, KF UBIS CO., Ltd., Seoul, Republic of Korea

*Corresponding author: Doo-Chan Choi, cdc4111@kfubis.com

ABSTRACT

Purpose: Currently, in the case of domestic fire fighting facility design, it is difficult to secure high-quality manpower due to low design costs and overheated competition between companies, so there is a limit to improving the fire safety performance of buildings. Accordingly, AI-based firefighting design solutions were studied to solve these problems and secure leading fire engineering technologies. **Method:** Through AutoCAD, which is widely used in existing fire fighting design, the procedures required for basic design and implementation design were processed, and AI technology was utilized through the YOLO v4 object recognition deep learning model. **Result:** Through the design process for fire fighting facilities, the facility was determined and the drawing design automation was carried out. In addition, by learning images of doors and pillars, artificial intelligence recognized the part and implemented the function of selecting boundary areas and installing piping and fire fighting facilities. **Conclusion:** Based on artificial intelligence technology, it was confirmed that human and material resources could be reduced when creating basic and implementation design drawings for building fire protection facilities, and technology was secured in artificial intelligence-based fire fighting design through prior technology development.

Keywords: Fire Safety Design, Fire Safety Design, Image Learning, Deep Learning, Fire Fighting Design

요약

연구목적: 현재 국내 소방시설설계의 경우 낮은 설계단가와 업체 간 과열 경쟁으로 고급 인력에 대한 확보가 어려워 건축물의 화재안전성능을 향상시키는데 한계가 있다. 이에 이러한 문제를 해소하고 선도적인 소방엔지니어링 기술을 확보하기 위해 AI 기반 소방설계솔루션을 연구하였다. **연구방법:** 기존 소방설계에 많이 사용되는 AutoCAD를 통해 기본 설계 및 실시 설계에 필요한 절차를 프로세스화 하고 YOLO v4 객체 인식 딥러닝 모델을 통해 AI기술을 활용하였다. **연구결과:** 소방시설에 대한 설계프로세스를 통해 설비의 결정과 도면 설계 자동화를 진행하였다. 또한 문 및 기둥에 대한 이미지를 학습시켜 인공지능이 해당 부분을 인식하여 경계구역 선정, 배관 및 소방시설을 설치하는 기능을 구현하였다. **결론:** 인공지능 기술을 기반으로 건축물 화재방호 설비에 대한 기본 및 실시 설계 도면 작성 시 인적 및 물적 자원을 저감시킬 수 있을 것으로 확인되었으며 선행적인 기술 개발을 통해 인공지능 기반 소방설계에 기술력을 확보하였다.

핵심용어: 화재안전설계, 인공지능, 이미지 학습, 딥러닝, 소방설계 솔루션

Received | 28 November, 2022

Revised | 15 December, 2022

Accepted | 15 December, 2022

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

지난 2020년 정부에서는 디지털 뉴딜 31개의 대표 사업을 발표하면서 본격적으로 4차 산업 육성을 위하여 크게 4대 분야로 DNA 생태계 강화, 교육 인프라 디지털 전환, 비대면 산업 육성, SOC 디지털화를 통해 교육, 물류, 건설, 의료 등 다양한 분야에 정책을 계획하였다. 이 중 AI 융합 확산을 통한 스마트 팩토리, 스마트 건설을 추진함으로써 건축 분야에 인공지능을 적용하는 연구를 활발하게 진행하고 있다(Kwon, 2021).

이와 관련한 연구로는 인공지능을 통하여 BIM을 통한 마감 및 설비 기술의 연구(Koo, 2021) 및 건축 초기설계단계에서의 BIM을 이용한 디자인 대안생성을 위한 인공지능 프로세스 기술 연구(Kim et al., 2019) 등과 같이 스마트 건설을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있어 건축과 인공지능을 융복합하는 기술 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 다만, 해당 연구들은 일반 건축 설계에 대한 설계기술로서 소방설계를 위한 인공지능을 융복합 기술과는 다르다고 할 수 있다.

건축물의 규모가 대형화되고, 건물의 기능 및 목적이 다양화 및 밀집화되는 등 여러 변수로 인하여 과거에 비하여 점점 화재위험성이 높아지고 있다. 특히 2014년부터 2021년까지 화재발생 건수는 꾸준히 증가하고 있으며 화재사고로 인한 인명피해도 점점 증가되고 있다. 이에 따라 최초 건축을 설계할 때 무엇보다도 화재방호분야에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 현재 국내 소방시설설계 산업의 경우 낮은 설계단가와 업체 간 과열경쟁으로 인하여 타 산업 대비하여 낮은 인건비 및 과중한 업무는 고급 인력에 대한 확보가 어려워지고 이로 인해 적절한 인력이 투입되지 못해 건축물의 화재안전성능이 저하되는 문제가 발생할 수 있다(Choi et al., 2020; Hong et al., 2020).

따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해소하고 선도적인 소방엔지니어링 확보하기 위하여 인공지능을 통한 지능적인 소방시설 설계의 자동 솔루션 개발을 목표로 연구를 진행하였다.

인공지능 소방시설 설계 솔루션 개발

개발 프로세스

CAD (Computer Aided Design)는 컴퓨터를 통해 스케칭 및 드로잉, 설계를 하여 2D 도면을 작업할 수 있는 소프트웨어이다. 본 연구에서는 이러한 2D CAD 소프트웨어에 인공지능 소방시설 설계 솔루션을 적용하기 위해서 소방설계에서 가장 많이 활용되는 AutoCAD를 기반으로 선정하였다.

Fig. 1에서 제시되고 있는 바와 같이 설계 알고리즘 정의, YOLO 객체 감지 알고리즘을 통한 이미지 인식, 소방시설 자동 설계 부분으로 크게 분류 할 수 있다. 우선 인공지능 이미지 학습인공지능을 통한 소방시설 설계의 자동화를 위해서는 각 소방시설에 대한 설계 프로세스에 대한 정립이 필요하기 때문에 소방시설 설계 실무절차서를 통해 솔루션 내 구현할 기능 계획 수립 및 인공지능 학습 범위를 구분하였다. 이후 실시간 컴퓨터 비전에 사용되며 이미지 프로세싱을 하는 OpneCV 라이브러리와 인공지능 학습을 위한 객체 인식 딥러닝 모델인 YOLO를 통하여 도면 인식을 통한 문 및 기둥 등을 인식하고 이를 통해 실을 결정하고 Auto CAD에서 특정 분야로 확장하는데 사용되는 C++ 클래스 라이브러리인 Object ARX를 통해 설비결정, 실경계구역 정의, 설비 정의 및 설계 자동화 작업에 대한 클래스를 정의하였다.

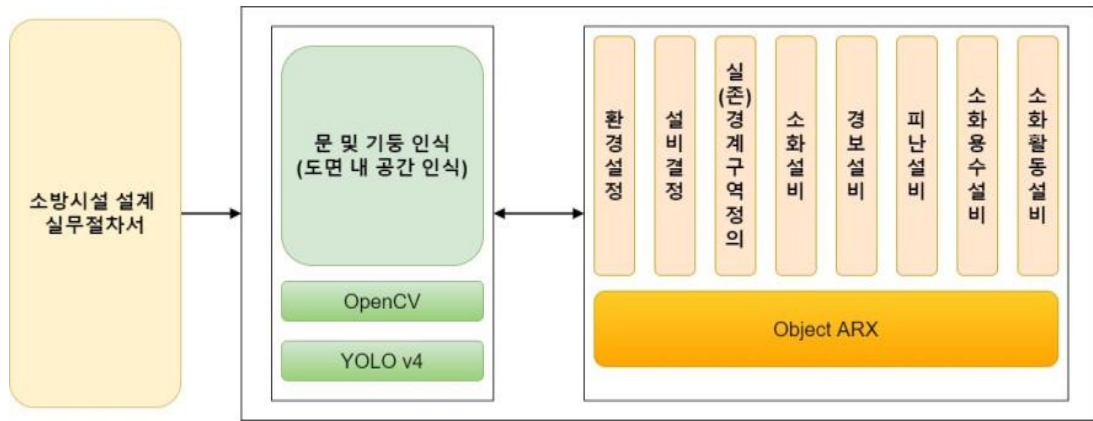


Fig. 1. AI-based firefighting design solution software structure

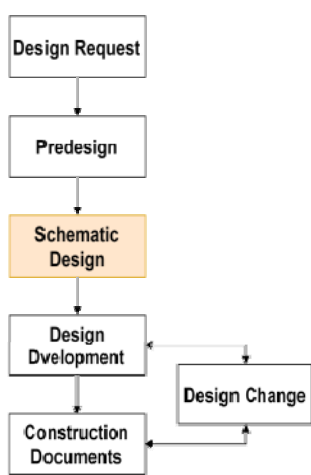


Fig. 2. Fire fighting design practice procedure

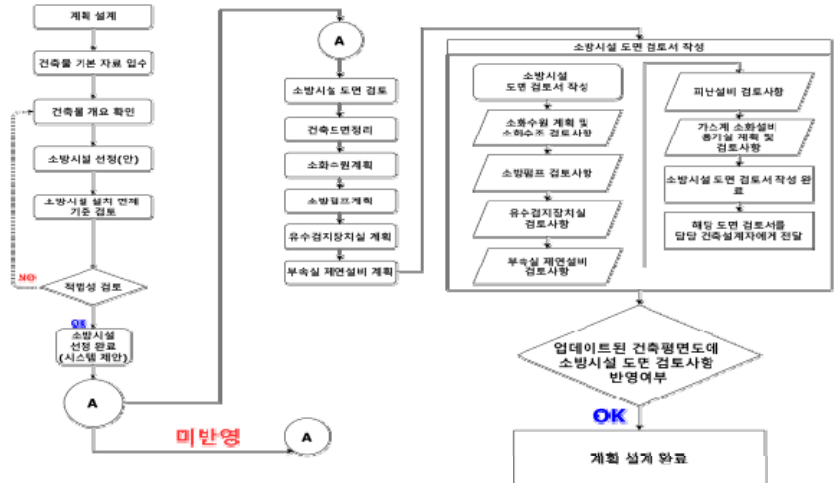


Fig. 3. Planned design process frame level units

소방 설비 결정 기능

엔지니어는 해당 건축물에 필요한 소방시설 종류를 결정하기 위해서 건축개요를 통해 해당 토지가 방화지구에 해당하는 경우 연소방지설비 및 드렌처 설비 등의 별도 소방시설을 추가 설치 여부와 연면적과 층수에 따라 건축물 규모, 기둥 및 보 등의 주요구조부 등을 확인하여 해당 건축물에 소방시설 종류를 파악해야 한다. 이러한 소방설비 결정을 위한 일련의 과정을 구현하기 위해 소방설비별로 프로세스 알고리즘을 구성하였고, 건축개요에 대한 이미지를 인식하여 소방설비 설치 유무를 결정하여 Fig. 4와 같이 실제 프로그램에서 사용자에게 해당 UI를 통해 정보를 확인 할 수 있다.

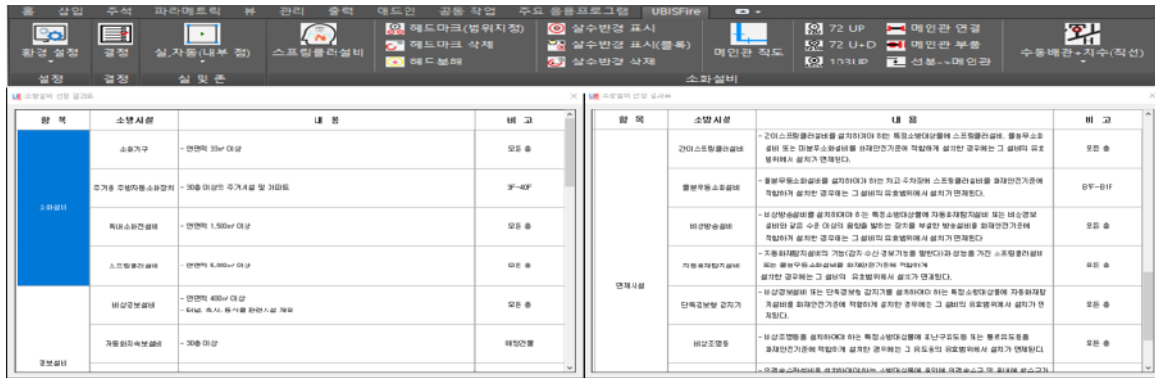


Fig. 4. Fire fighting equipment determination function software UI

이미지 객체 데이터 학습

건축설계도면에서 가상의 레이어나 공간 구획의 영향을 미치는 공간 등을 고려하여 사전에 도면을 정리하여 소방설비를 설계해야 한다. 이때 가장 중요한 부분은 해당 소방설비가 주요구조부에 영향을 주지 않도록 배치해야 하며 특히 배관 및 배선, 소방시설 등이 기둥을 관통하거나 겹치는 경우가 없어야 한다. 따라서 이러한 여러 변수를 없애는 것이 본 연구의 핵심 중 하나라고 할 수 있으며 이를 위해서 YOLO v4 객체 인식 딥러닝 모델(Redmon et al., 2016)을 이용하여 설계도면에서 기둥에 대한 데이터를 수집하고 이를 학습시켜 이를 적용하였다. YOLO v4는 객체 탐지 모델의 하나로서 이미지를 입력하면 중심으로 부터 n개의 그리드가 생성되고 학습하고자 하는 부분에 경계박스에 대한 신뢰도 점수를 예측하는 모델이다. 이러한 내용을 라벨링 하여 데이터를 학습시키고 인공지능이 도면 내 해당 부분을 인식하는 기술이다. Table 1에서 제시된 내용은 YOLO v4 딥러닝을 통해 기둥 및 문에 데이터를 학습을 위하여 사전에 정의한 내용으로서 도면 내 문이나 기둥에 대한 표기 방식이나 기둥의 형태가 다르기 때문에 다양한 종류의 데이터를 학습하기 위하여 해당 라벨링을 기준으로 데이터를 수집하였다.

Table 1. Defining labeling for object deep learning

라벨링	Door 1	Door 2	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
도면 기호								
기호 표기 방식	쌍여단이 문	외여단이 문	H 형강	H 형강 +콘크리트 1	H 형강 +콘크리트 2	H 형강 +콘크리트 (원형기둥) 1	H 형강 +콘크리트 (원형기둥) 2	색상 표기

Fig. 5에 제시된 바와 같이 라벨링으로 정의된 내용에 따라 도면 내 문과 기둥에 대하여 약 1,000개 이상의 데이터에 대하여 YOLO v4 딥러닝을 하였다. Fig. 4(a) 및 (b)에서 제시되는 바와 같이 바운딩박스 캡처 기능을 이용하여 설계 도면에서 문과 기둥을 YOLO v4를 통해 경계박스를 지정하고 이를 활용하여 학습을 진행하였다. Fig. 4(c) 및 (d)에서는 도면 내 탐색 영역을 지정하면 학습데이터를 기반으로 인공지능이 문 및 기둥을 인식하는 것을 보여주고 있다.

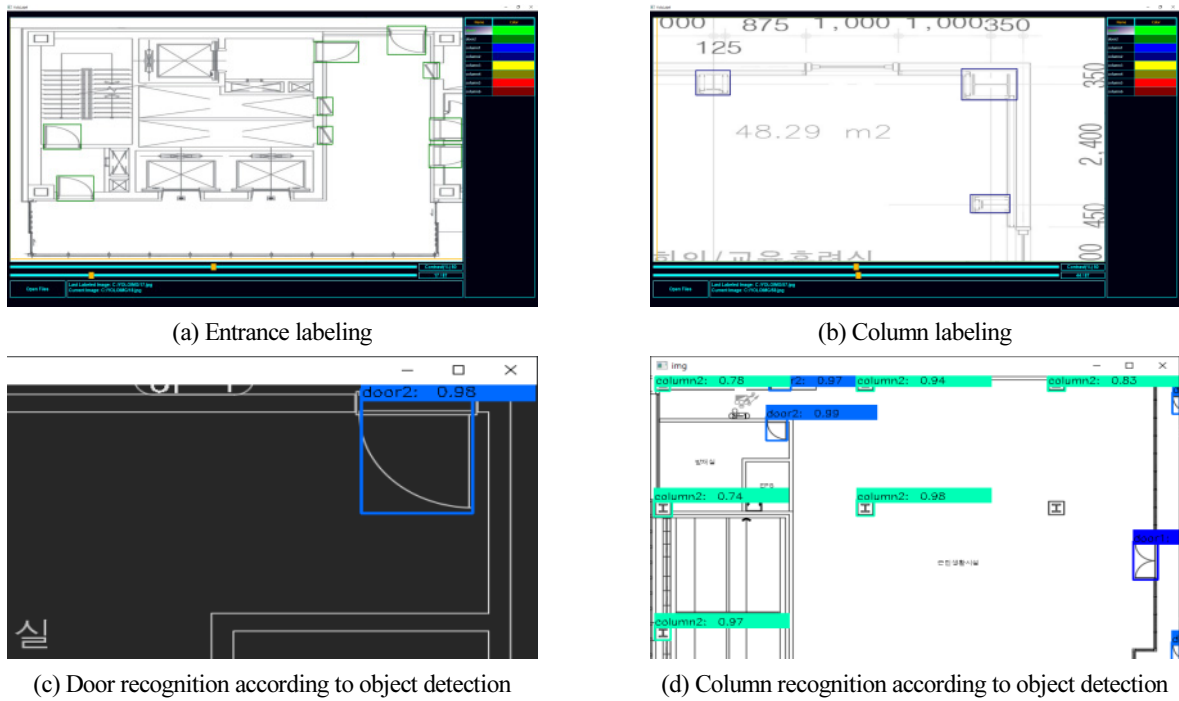


Fig. 5. Image recognition using YOLO v4

Fig. 6에서는 YOLO v4를 통한 기둥과 문을 딥러닝 하였고 각 라벨링된 객체에 대한 인식 확률을 확인하였다. 해당 데이터 학습을 통해 인공지능이 기둥 및 문에 대한 인식 확률을 확인하고 정확도를 분석하고자 Table 2에서 제시되는 바와 같이 라벨링 객체에 대하여 보유하고 있는 실제 건축 도면을 대상으로 100회를 무작위 검측하였고 이에 따른 인식 확률을 확인하였다. 인식 확률의 범위는 0~1 사이의 값을 갖으며 1에 가까울수록 인공지능이 해당 도면에서 학습된 데이터를 정확하게 확인하였다고 할 수 있다. 이때 최대 인식확률은 0.99~1, 최소 인식확률은 0.62~0.74이며 평균적으로는 0.86~0.93의 인식률을 보여주고 있어 본 학습을 통해 실제 도면에서 충분히 기둥과 문에 대한 공간을 확인 할 수 있음을 확인하였다.

Fig. 7에서는 YOLO v4를 통해 학습된 기둥과 문을 통해서 실제 본 솔루션 내에서 소방설계 시 어떻게 적용되어지는지 보여준다. 이때 Fig. 6(a)의 경우 방화문 기준 경계구역을 산정 시 도면상 표기된 문 및 가상의 반경이 되있는 부분은 경계구역

Table 2. Object detection recognition probability

라벨링 구분	검측 횟수	최대 인식 확률	최소 인식 확률	평균 인식 확률
Door 1	100	1	0.73	0.89
Door 2	100	1	0.64	0.89
Column 1	100	1	0.74	0.93
Column 2	100	0.99	0.62	0.92
Column 3	100	0.99	0.67	0.93
Column 4	100	1	0.66	0.87
Column 5	100	0.99	0.64	0.86
Column 6	100	1	0.68	0.88

면적에 포함되어야 한다. 이때 학습된 데이터를 통해서 문을 인식하고 그려진 레이어 부분을 무시하고 하나의 경계구역으로 산정하여 적합한 실의 면적을 통한 소방시설을 배치할 수 있다. Fig. 6(b)에서는 도면 내에서 배관 및 소방시설 배치 시 기둥을 회피하여 설치하는 기능을 구현하였다.

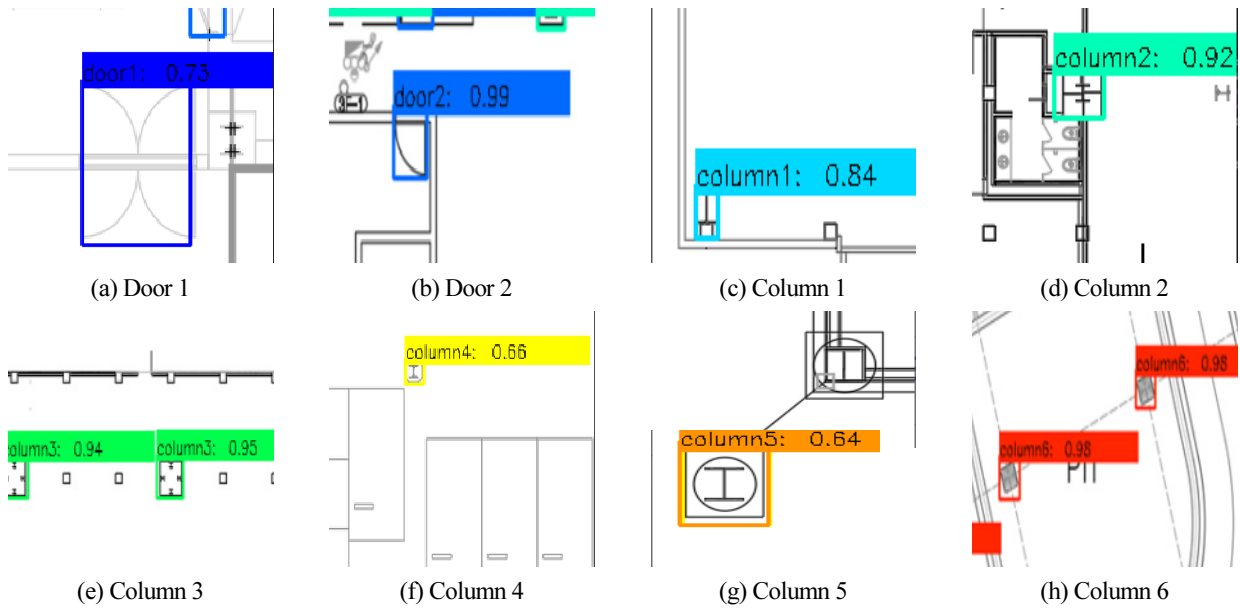


Fig. 6. Learning object detection in drawings through YOLO v4 deep learning

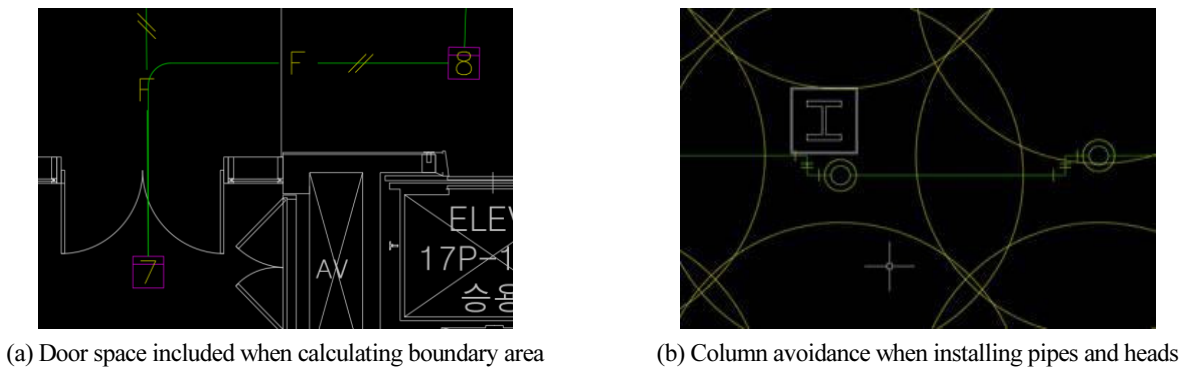


Fig. 7. Implementation of fire fighting design through software

결론

국내 건축물의 화재방호설비에 대하여 건축법과 소방법 등의 관계법규에 따른 소방시설의 기본설계 및 실시 설계 도면 작성을 이미지 인식을 통한 학습용 데이터를 통해 인공지능 기반 소방 시설 설계 기술을 연구를 수행하였으며 다음의 결론으로 요약가능하다.

- (1) 소방시설 설계를 위한 절차에 대하여 인공지능을 통한 설계 솔루션을 개발하기 위해서는 우선적으로 본 기술이 적용될 CAD 소프트웨어 선정 및 기존 설계 절차를 프로세스화하여 사전 정의가 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내 소방 설계에서 가장 많이 활용되어지는 AutoCAD를 본 기술이 적용될 소프트웨어로 선정하였다. 또한 인공지능 기반 소방설계 솔루션에 대한 소프트웨어 구조에 따라 각 기능에 필요한 기술을 정의하였다. 소방시설 설계 실무 절차서 작성 및 알고리즘화를 하여 소방시설 설계에 대한 프로세스 구축하였으며 문 및 기둥 인식(도면 내 공간 인식)에 대해서는 OpenCV 및 YOLO v4 객체 인식 딥러닝 모델을 활용하였다. 마지막으로 AutoCAD에서 프로그램 구동을 위하여 C++ 클래스 라이브러리인 Object ARX를 활용하여 설비결정, 경계구역 정의, 소방시설설계의 자동화 등을 프로그래밍 하였다.
- (2) 본 솔루션에서 가장 중요한 기술인 YOLO v4 객체 인식 딥러닝을 통해 도면 인식기능이다. 특히 건축물의 설계 시 중요한 주요구조부 중 하나인 기둥과 경계구역 선정 시 필요한 방화문 또는 일반 문에 대한 딥러닝을 진행하였다. 이를 위해 사전에 바운딩박스 캡처 기능을 활용하여 설계도면에서 2종으로 라벨링된 문과 6종으로 라벨링 된 기둥 표기 방식을 선정하였고 종별로 1,000개 이상의 이미지 데이터를 추출하여 학습시켰다. 실제 도면상에서 해당 객체가 인식되는 것을 확인하였으며, 이에 대한 인식확률도 확인하였다. Door에 대한 평균 인식률은 Door 1,2 모두 0.89로 확인되었으며 기둥 6개에서는 1번부터 6번까지 평균적으로 0.93, 0.92, 0.93, 0.87, 0.86, 0.88의 인식률을 보여주었다. 객체 인식 딥러닝을 통해 실제 도면에서 소방시설 설계 시 Door 인식을 통한 경계구역 산정, 기둥 회피하여 설비 및 배관이 설계가 기존 엔지니어가 작업하는 것과 동일하게 설계됨을 확인하였다.

본 연구를 통해 개발한 인공지능 기반 소방 시설 설계 솔루션에 대하여 적용 기술과 실제 설계도면 내 매우 잘 구현되는 것을 확인하였다. 특히 본 기술에 적용된 YOLO v4 객체 인식 딥러닝 모델을 통한 도면 인식 기능의 경우 기존 여러 선행연구와 다양한 분야에서 사용되어지는 만큼 신뢰성을 충분하다고 판단한다. 해당 인공지능 기술을 기반으로 기존 건축물 화재방호 설비를 위한 기본 및 실시 설계 도면 작성에 필요한 인적 및 물적 자원을 저감시킬 수 있을 것으로 기대되어지며 선행적인 기술 확보를 통한 인공지능 기반 소방설계 기술의 기술력을 확보하였다. 다만, 본 인식률에서는 다소 낮은 값도 보이는 경향이 있다. 이를 해결하기 위해서 기둥 및 문을 포함한 다양한 변수에 대한 객체를 딥러닝하여 많은 데이터를 학습시키고 빅데이터를 구축함으로써 본 솔루션에 대한 고도화를 위한 연구가 지속적으로 필요하다.

Acknowledgement

이 연구는 2020년 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 우수기업부설연구소 육성사업(ATC+) 연구비 지원에 의한 연구입니다(20009710).

References

- [1] Choi, D.-C., Kim, H.-K., Kim, I.-T., Ko, M.-H., Hwang, H.-S., Park, K.-W., Choi, J.-M., Jeong, J.-G., Shin, Y.-C. (2020). "Pilot study for the development of artificial intelligence-based fire protection system design automation solution." *Journal of The Society of Disaster Information*, Vol. 2020, No. 11, pp. 81-82.

- [2] Hong, S.-H., Choi, D.-C., Lee, G.-H., Park, K.-W., Choi, J.-M., Jeong, J.-G., Shin, Y.-C. (2020). "Trends in based autimated design for fire protection facilities." *Journal of The Society of Disaster Information*, Vol. 2020, No. 11, pp. 83-84.
- [3] Kim, H.-J., Kim, M.-K., Jun, H.-J. (2019). "A study on the design generation process of BIM design using AI." *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol. 39, No. 2, pp. 136-139.
- [4] Koo, B.-S. (2021). "Automating architectural design details for finishes and MEP using artificial intelligence." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 65, No. 9, pp. 37-41.
- [5] Kwon, B.-Y., Kwon, J.-H. (2021). *Digital Trends 2022*. Garden of Book, Republic of Korea.
- [6] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). "You only look once: Unified, real-time object detection." In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Las Vegas, NV, USA, pp. 779-788.