

공공데이터와 인공지능을 활용한 상호작용형 군중 사고 예방 시스템 설계 및 구현

김준완¹, 공영배¹, 김병호¹, 박민재¹, 나정은²

¹연세대학교 전기전자공학부 학부생

²연세대학교 학부대학 교수

jw1510@yonsei.ac.kr, ybkong98@yonsei.ac.kr, qudgh1103@yonsei.ac.kr,

jack1107kr@yonsei.ac.kr, jenah@yonsei.ac.kr

Design and Implementation of User-Interactive Crowd Accident Avoiding System (CAAS)

JunWan Kim¹, YoungBae Kong¹, ByeongHo Kim¹, MinJae Park¹,
JeongEun Nah²

¹Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

²University College, Yonsei University

요 약

COVID-19 대유행 및 이태원 압사 사고로 인해 안전 관점의 인구 밀집에 관심이 높아졌으며, 기존 CCTV를 통한 단순 관찰방식을 넘어 유동 인구의 흐름까지 예측한 인구 밀집도 파악이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 기존 관찰방식 공공데이터 CCTV에 컴퓨터 비전(CV) 및 다중 객체 추적(MOT) 기술을 추가 적용하여 사용자 중심(시각, 장소)의 유동 인구수와 인구 밀집 지역을 파악할 수 있는 모델을 제안하고 구현하였다. 이 모델을 적용함으로써 시민들은 안전한 환경에서 인구 밀집에 관련된 사고로부터 보호받을 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

2020년의 COVID-19 대유행과 2022년 이태원 참사와 같은 다양한 사건으로 인해 한국 사회는 최근 인구 밀집으로 인한 사회적 불안감이 확산하였으며, 이로 인해 인구 밀집 예방 및 사고 대처에 관한 관심이 높아졌다[1]. 지자체 단위에서는 현장 인파 관리시스템과 광역버스의 입석 금지 등 다양한 노력을 기울이고 있지만, 여전히 사회적 불안감은 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 시민들이 먼저 인구 밀집 지역을 확인하고 예측할 수 있는 시스템을 제안함으로써 이러한 문제를 해결하고자 한다.

2. 유동(유입/유출) 인구 밀집도 분석 모델 개발

본 논문에서 제안한 상호작용형 군중 사고 예방 시스템(CAAS)은 컴퓨터 비전(CV)과 다중 객체 추적(MOT) 기술을 기반으로 하며, 실시간으로 유동 인구 밀집도를 측정한다. 지연 시간을 최소화하면서 높은 정확성을 유지하기 위해, CV 모델로 YOLOX[2]를 변형하여 사람만을 탐지하도록 구성하였고, MOT 모델로 ByteTrack[3]를 선택하였다. MOT를 통해 생성된 로그 파일은 프레임마다 탐지된 객체의 ID와 위치 등의 정보를 포함하고 있다.

이를 기반으로, 사용자가 설정한 영상의 시간 또는 프레임 간격으로 탐지된 인원수와 유동 인구 흐름을 파악할 수 있는 기능을 구현하였다.

구현한 기능의 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) 로그 파일에서 원하는 시간 또는 프레임 범위의 데이터를 추출하고, 추출된 데이터에서 객체 ID의 개수(인원수)를 계산하여 인원을 파악한다.
- 2) 유동 인구 계산 이전에 CV 또는 MOT 과정에서 객체를 감지한 프레임 수가 비정상적으로 적은 경우, 해당 객체의 ID를 제거하여 오류를 보정한다. 이후, 각 객체의 ID별로 등장한 첫 번째와 마지막 프레임의 위치를 계산하여 이동 거리를 구하고 이동 거리가 짧은 객체들은 정지 상태(유동 인구가 아니라고 판단)로 간주하여 제외한다.
- 3) 유동 인구를 정확하게 분석하기 위해 영상에서 나타나는 도로의 형태를 정확히 파악해야 한다. 사용자는 관찰할 영역을 화면상에서 직접 설정하고 이를 도로의 꼭짓점으로 사용한다. 도로의 기준선을 설정하고 기준선과 각 객체의 이동 변위를 비교하여 도로를 가로지르는 사람과 도로를 따라 이동하는 사람을 구분한다. 이동 중인 객체의 변위에 따라 이동 방향을 할당한다.

4) 이동 방향에 따른 객체 ID의 개수를 사용하여 유동 인구의 흐름을 계산하여 (그림 1)과 같은 유동 인구의 흐름 정보를 얻을 수 있다.

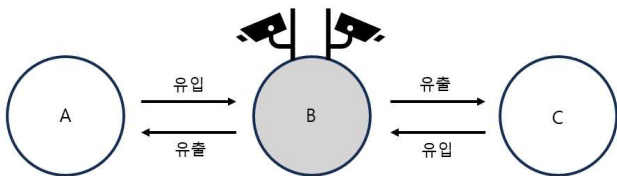


(그림 1) CCTV 화면 객체의 이동 방향 할당

또한, 스마트 기기로부터 공공 WiFi 액세스 포인트 (AP)에 전송되는 Probe Request[4]의 수를 통해 AP 범위의 현재 인원을 추정할 수 있다. 이러한 정보를 활용하여 본 모델에서 사용된 다중 객체 추적 (MOT) 데이터와 조합함으로써, 예측 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 유동 인구 밀집 예측 모델의 구현

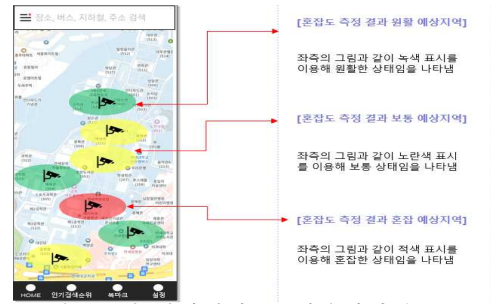
위 2장의 상호작용형 유동 인구 분석 결과를 토대로 사용자가 원하는 시간대의 인구수를 예측하는 모델을 다음과 같은 방식으로 구현했다. 아래 (그림 2)의 지점 B에서 양방향 유동 인구수에 인구 유입량 및 유출량을 추가 고려하여 타 지점들과의 상관관계까지 파악할 수 있게 하였다.



(그림 2) 지점 B에서 파악한 지점 A와 C의 유입·유출량

여기에 그래프 이론을 적용하여 각 지점의 현재 객체 수와 유입, 유출량을 노드의 데이터로 할당했다. 이 데이터를 GraphSAGE[5]의 방법에 규모를 줄여 만든 GNN(Graph Neural Network) 모델에 적용하여, 요구된 위치의 미래 인구수를 예측하는 데 사용하였다.

최종적으로, 예측 결과를 웹페이지를 통해 제공하여 사용자가 현재 또는 가까운 미래의 지역별 혼잡도를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 아래 (그림 3)은 개발한 플랫폼의 프로토타입으로 지도 정보에 사용자 인터페이스를 추가하여 사용자가 간단하게 터치 또는 클릭하는 방식으로 지역별 인구 밀집도 정보를 파악할 수 있도록 구현하였다.



(그림 3) 웹 인터페이스 (사용자화면)

4. 결론

COVID-19와 이태원사건 등의 이슈로 인해 인구 밀집에 대한 사고의 위험성이 인지되고 기존 CCTV를 통한 단순 관찰방식이 한계가 있음을 알게 되었다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 AI 기술을 활용한 상호작용형 군중 사고 예방 시스템(CAAS)을 프로토타입으로 개발하였다. 본 연구에서는 컴퓨터 비전(CV) 모델을 적용하여 사람을 객체로 식별하고, 다중 객체 추적(MOT) 모델을 활용하여 사용자가 설정한 지역의 유동 인구를 분석한다. 이를 통해 얻은 데이터를 기반으로 현재와 미래의 인구 밀집 지역을 식별하고, 이 정보를 전달하여 시민의 안전성을 높이고 사고를 예방할 수 있도록 하였다. 향후 공공 WiFi AP와 사용자 디바이스가 주고받는 Probe Request 수(현인원 수)와 본 모델에서 제시한 유동 인구 데이터 통합함으로써 더욱 정확한 예측 시스템 구축이 가능할 것이다.

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] 김기욱. "다중밀집인파사고 예방을 위한 대책 마련 필요." 부산발전포럼 198 (2022): 122-129.
 [2] GE, Zheng, et al. YOLO: Exceeding yolo series in 2021. arXiv preprint arXiv:2107.08430, 2021.
 [3] ZHANG, Yifu, et al. Bytetrack: Multi-object tracking by associating every detection box. In: European Conference on Computer Vision. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022. p. 1-21.
 [4] OLIVEIRA, Luiz, et al. Mobile device detection through WiFi probe request analysis. IEEE Access, 2019, 7: 98579-98588.
 [5] HAMILTON, Will; YING, Zhitaο; LESKOVEC, Jure. Inductive representation learning on large graphs. Advances in neural information processing systems, 2017, 30.