

딥러닝 영상인식을 이용한 디지털 트윈 기반 구역별 유동 인구 추정 시스템 설계

하옥균^o, 김진찬*, 김용진*, 옥용훈*, 나동훈*, 이육렬*

^o경운대학교 소프트웨어학부,

*경운대학교 소프트웨어학부

e-mail: okha@ikw.ac.kr, {hdw8820, rgw0525, kmh6502, engry1225, rlxownd55}@naver.com

Design of a Zone-based Population Estimation System using Deep Learning Image Recognition for Digital Twin

Ok-Kyoon Ha^o, Jin-chan Kim*, Yong-jin Kim*, Yong-hun Ok*, Dong-hun Na*, Uk-ryeol Lee*

^oSchool of Software, Kyungwoon University,

*School of Software, Kyungwoon University

● 요약 ●

인구 밀집도가 높은 곳에서의 안전사고 대응과 이에 대한 예방을 위한 기술 및 해결 방안의 필요성이 증가하고 있다. 이를 위한 기존의 기술들은 지능형 CCTV 기반의 경고 알람을 울리는 방식과 스마트폰의 신호를 수집하여 유동인구를 측정하는 기술 등이 사용되고 있다. 그러나 군중 밀집 사고의 원인인 병목현상과 군중 난류 현상까지 대응하지는 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 CCTV로부터 수집된 영상 정보만으로 딥러닝 영상인식 기술을 이용하여 병목현상이 일어나기 쉬운 출입구의 유·출입 인구 카운팅과 광장의 밀집도 분석을 디지털 트윈 기반으로 실시하고 이를 통해 위험 상황 발생 시 출입구의 통제와 대피를 위한 안내가 가능한 시스템을 제시한다. 제시하는 시스템은 유동 인구가 많고 인구의 급격한 밀집으로 인해 발생할 수 있는 안전사고의 예방과 이를 해결하기 위한 통제 및 안내를 위한 대처 방법으로 활용할 수 있다.

키워드: 딥러닝(Deep learning), 영상인식(Image recognition), 인구 추정(Population estimation), 디지털 트윈(Digital twin)

I. Introduction

최근 이태원 참사 등으로 인해 갑작스러운 인구 밀집으로 발생하는 안전사고의 대응에 대한 관심이 높아지고 있다. 인구 밀집 사고의 발생 요건으로는 인구 밀집 현상과 병목현상 그리고 군중 난류 현상 등이 있는데 현재 도입되고 있는 기술적 예방 시스템들은 인구 밀집 현상만을 사전에 차단하는 방식으로, 병목현상과 군중 난류 현상에 의한 사고의 적절한 대응은 미흡하다. 특히, 병목현상으로 인한 사고는 출입 통제 및 대피로의 확보를 통해 해결할 수 있는 문제이다[1]. 본 논문에서는 구역간 인구 이동과 구역 내 인구 밀집도를 측정해 인구 흐름과 밀집도를 계산하여 인구 밀도, 흐름, 통제에 관한 정보를 디지털 트윈 기반의 3D 그래픽으로 나타내고, 디지털 트윈 기반 시스템에서 도출하는 통제 구간 및 대피로를 기반으로 사고를 사전에 방지하거나 위험 상황 발생 시 빠르게 대처가 가능한 시스템을 제시한다.

II. Background

현존하는 유동 인구 측정 기술들은 지능형 CCTV를 이용하는 방법과 스마트폰의 신호를 수집하여 파악하는 기술인 스마트 스캐너를 이용하는 방법이 존재하며 이들 기술은 해당 구역의 밀집도만을 단순 표시하고 위험 정보를 알람으로 보내주는 기능을 한다. 그러나 이러한 방법은 동선 내 사람들이 스마트폰을 소지해야 한다는 것이 전제되어야 하고, 사고 발생 시 정확한 인구 파악 및 위치 파악에 혼선을 줄 수 있다는 한계가 분명하다. 따라서, CCTV 기반의 딥러닝 영상인식 기술과 상황 분석이 가능한 기술을 사용하여 유동 인구의 흐름과 밀집도, 병목현상을 고려한 분석을 통해 통제가 필요한 구역과 대피 경로 안내가 가능한 방법의 제시가 필요하다.

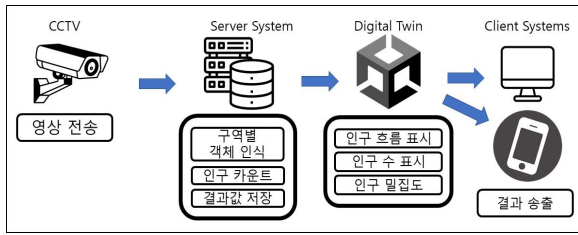


Fig. 1. Overview of Zone-based Population Estimation System

III. The Proposed Scheme

CCTV로부터 수집된 영상 정보를 바탕으로 딥러닝 기반 영상인식 기술을 이용하여 유동 인구의 현황을 실시간으로 식별하고, 디지털 트윈으로 구현된 분석 시스템을 이용하여 인구 밀집도의 상황 분석과 인구의 흐름, 병목현상을 고려한 통제 구역과 대피 경로 도출이 가능한 시스템을 설계한다. Fig. 1은 인구 밀집으로 인해 발생하는 사고를 예방하고 현장 통제에 도움을 주는 정보 제공에 초점을 둔 시스템의 개요를 보인다.

제시하는 시스템은 CCTV기반 영상 정보를 바탕으로 인구 수를 모니터링하는 딥러닝 객체 인식 기술과 이를 시각적으로 분석하는 3D모델링 기반의 디지털 트윈 기술을 사용하여 각각 구현하였다. Yolo V5의 딥러닝 객체 인식을 이용하여 유동 인구의 출입구 영역의 입·출입 카운트와 광장 지역에서의 사람 수를 카운트하게 구현하였고, 3D그래픽 기반으로 디지털 트윈을 구현하였다.

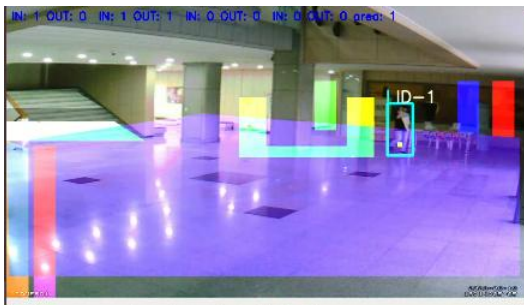


Fig. 2. Area and Person Recognition using CCTV Image

Fig. 2는 밀집 지역을 감시하는 CCTV 영상 정보를 바탕으로 해당 구역의 출입 영역, 출입 인원과 변화되는 인구 수를 실시간으로 나타내는 기능의 실행 화면이다. 출입구나 통로 방향에 그려진 출입 영역 표시선을 기준으로 IN/OUT 카운트가 가능하도록 구현하여 해당 구역의 출입 인원을 표시하고 보라색으로 표시되는 밀집 구역에 위치한 사람의 수를 실시간으로 카운트한다. 이때 출입 영역에서 카운트 된 사람 수와 밀집 영역에 표시되는 인구 수를 비교하여 밀집도가 높아지기 전이라도 위험을 사전에 예측하는 데 도움을 줄 수 있다.

경운대학교 2호관 1층을 3D로 모델링하여 디지털 트윈을 구현하였다. 이때, 카운트된 영역별 인구 수를 기반으로 위험도, 통제 구역, 대피 경로에 대한 분석 및 표시를 시각적으로 제공하도록 하였다.

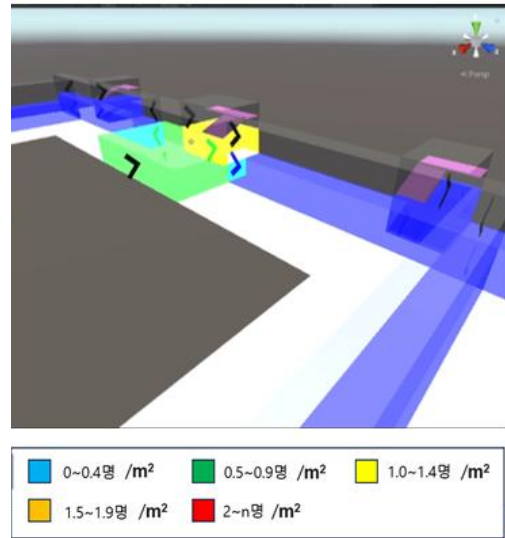


Fig. 3. Population Density Analysis based on Digital Twin & Risk Representation Criteria

Fig. 3은 3D로 구현된 구역별 인구의 밀도와 인구 흐름을 보여주는 화면이다. 유동 인구의 측정이 완료되면 구역간 인구 흐름을 출입구마다 배치된 화살표의 방향으로 인터페이스에 표시한다. 또한, 감시 대상 구역의 인구 밀도를 측정하여 “소방시설 수용 인원 산정 방법”에 따라 설정된 지표(Fig. 3 하단 참조)에 따라 해당 구역의 색깔을 인구 밀도에 따라 시각적으로 표시한다. 감시 대상 구역이 2-n/m²의 상황일 때 책체의 이동 방향과 해당 구역의 통로나 출입구의 개수, 인접 구역의 인구 밀집도를 비교하여 출입 통제가 필요한 출입구만을 선정하고, 이에 따라 대피가 수월한 경로를 쉽게 산정할 수 있도록 구현하였다.

IV. Conclusions

다양한 환경에서 인구 밀집이나 병목현상으로 인한 안전사고의 예방과 대처 방안 마련이 중요하다. 본 논문에서는 딥러닝 영상인식 기술과 디지털 트윈 기반 분석을 활용한 구역별 유동 인구 추정 시스템을 설계하였다. 이를 통해 인구 밀집이 일시적으로 높아지는 구역뿐만 아니라, 지하철, 상가 건물 내의 상시 밀집 구간의 사고 예방에 기여할 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] Hwang, Eun-Kyoung, Sujin Woo, Jong-Hoon Kim, and Woon-Hyung Kim, “Comparison of Egress Modeling and Experiments for Flow Rate in the Bottleneck.” Fire Science and Engineering. Korea Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 28, No. 6, pp. 35-40, 2014. doi:10.7731/kifse.2014.28.6.035.