

# LSTM 기반 온도, 조도, CO2 데이터를 활용한 실내 인원 수 예측 연구

김명섭, 박세호, 이경택  
한국전자기술연구원

myeongseopkim@keti.re.kr, sehohpark@keti.re.kr, ktechlee@keti.re.kr

## A Study on the Forecasting Indoor Human Counting using Temperature, Illumination and Carbon dioxide based on LSTM model

Myeong Seop Kim, Se Ho Park, Kyung-Taek Lee  
Korea Electronics Technology Institute.

### 요 약

본 논문은 실내 연구실의 복합 환경 데이터(온도, 조도, 습도, CO2, 공기 질, 미세먼지)를 수집하고 실시간 인원 수에 영향을 미치는 데이터를 분석했다. 온도, 조도, CO2가 인원수에 강한 양적 영향을 미치고 이 결과를 입력으로 하여 LSTM과 Bidirectional LSTM 층으로 제작한 Indoor Human Counting 시스템으로 실내 인원수의 추세를 예측하였다.

### I. 서 론

인원수를 감지하는 것은 산업적, 환경적인 측면에서 비용 절감, 상황 이해, 감시, 고객 분석, 비정상적인 이벤트 탐지, 보안, 안전 등 다양한 응용 분야에 중요하다. 인원수 예측을 위해 지금까지 컴퓨터 비전, 센서 개발, 환경 데이터 분석 등 여러 분야에서 연구가 진행되었다.

사람의 움직임에 직접적인 측정을 기반으로 하는 카메라, 적외선 센서 등을 사용한 인원 계수 연구가 활발히 진행되어왔다. Hou, Y. L. [1]는 영상을 기반으로 인원수를 추정하는 연구를 진행하였고, Hashimoto, K. [2]는 1997년에 다중 요소 초전 적외선(Pyroelectric infrared) 배열 검출기를 사용하여 인원수를 예측하는 시스템을 개발했다. Zhu, L. [3]는 2정면 카메라 기반의 인원 예측은 폐색의 문제를 해결하지 못하기 때문에 이를 해결하기 위해 3D Kinect 센서를 기반의 인원 계수 시스템을 제안하였다. 최근, 데이터에서 유의미한 특징을 도출하는 머신러닝 연구가 활발히 이루어짐에 따라 환경 데이터를 기반으로 인원수를 예측하는 연구도 다양하게 시도되었다[4].

본 논문은 실내에서 범용적으로 사용되고 있는 환경 센서 데이터를 활용해 실내 인원수를 감지했다. 특히 시계열 데이터 예측에 활용되는 LSTM 모델을 기반으로 Indoor Human Counting 모델을 제작하여 인원수 변화 추세를 예측했다. 이는 인원수 예측을 위해 카메라나 특수 목적 센서(인원 계수기)를 설치하지 않기 때문에 비용적으로 절감할 수 있을 뿐 아니라 관련 연구에서 분석한 바와 같이 폐색과 개인 정보 유출에 대한 우려가 없다. 이러한 산업 환경에서 인원수 예측은 이상 상황이 발생했을 때 관리자가 실내 상황에 대처할 수 있는 방향을 제시해 줄 수 있다.

본 논문은 복합 환경 센서 데이터를 이용해 Long Short-Term Memory(LSTM)과 Bidirectional LSTM을 통해 구성된 Indoor Human Counting 시스템에 대해 전반적으로 다룬다.

### II. 본론

본 논문에서는 범용적인 환경 센서 데이터를 활용하여 LSTM 모델을 기반으로 실내 인원수를 예측하는 연구를 진행하였다. 연구실 입구에는 인원수를 라벨링 하기 위한 계수기 1대와 총 3대의 복합 환경 센서 모듈을 설치해 데이터를 수집하였다. 복합 환경 센서는 조도, 온도, 습도, CO2, 공기 질, 미세먼지에 대한 데이터를 수집하여 인원수에 영향을 미치는 특징을 선정하였다. 데이터는 30초 간격으로 동기화시켜 시계열 데이터 18,000개를 저장하였다. 인원수 예측에 영향을 미치는 데이터 feature를 선정하기 위해 피어슨 상관 분석을 수행했다. 피어슨 상관관계수 값에 따라 상관관계 정도의 의미가 나타나는데 0.4 이상부터 유의미한 양의 상관관계가 있으며, 특히 0.7 이상은 매우 강한 양의 상관관계를 의미한다. 따라서 그림 1에 따르면 human counter 수치와 유의미한 양의 상관관계를 의미하는 Illumination, Temperature, CO2 데이터를 feature로 선정하였다.

인원수 예측을 위해 사용된 머신러닝 모델은 입력 데이터가 시계열이기 때문에 시계열 예측 연구에서 주로 사용되는 LSTM 모델을 계층으로 선정하게 되었다. LSTM, Bidirectional LSTM, Dense 각각 1개 층으로 구성하여 간단한 층으로 구성되었고 loss function은 회귀 문제에서 사용되는 mean squared error, optimizer는 머신러닝에서 일반적으로 사용하는 adaptive moment estimation(adam)을 적용하였다. 하이퍼 파라미터 튜닝을 keras tuner를 이용해 미세조정하였다(그림 2). (Batch size = 32, Epochs = 20,

Learning rate = 0.001, LSTM = 80 units, Bidirectional LSTM = 160 units.)

저장된 입력 데이터는 배열에 10 개 프레임씩 3 개의 feature 를 가진 데이터로 저장되며 1 프레임씩 이진하여 다음 데이터를 저장했다. 따라서 (18000, )개의 센서 데이터는 (17970, 30) 개의 데이터로 변환되고 LSTM 입력을 위해 3 차원 데이터 형태(17970, 10, 3)로 변환했다. 모델에 입력 및 검증을 하기 위해 Training, Validation, Test set 으로 나누고 실험을 진행했다. (Training : Test = 0.6 : 0.4 / Training : Validation = 0.8 : 0.2)

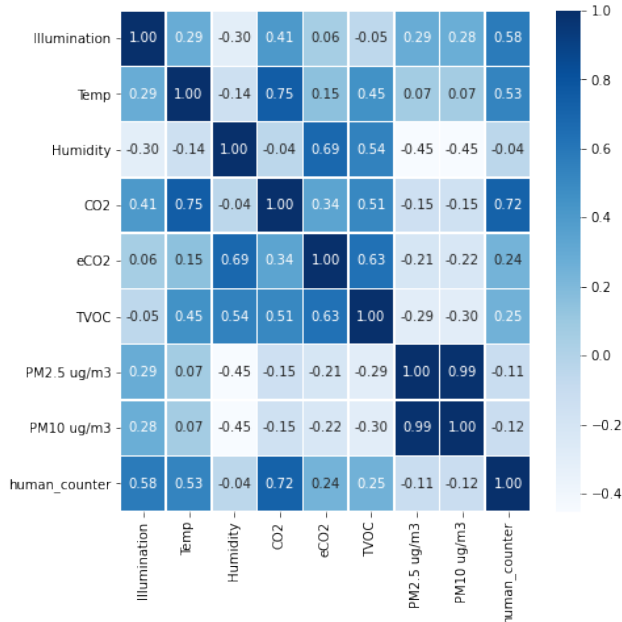


그림 1. 수집된 데이터에 대한 피어슨 상관관계도

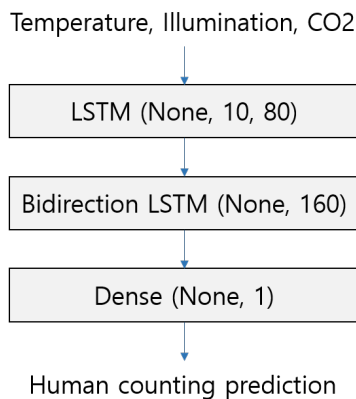


그림 2. 실내 인원 예측모델 구조

### III. 결론

예측 과제의 성능 평가는 수치의 정확도가 아니라 추세를 나타내는 mae(mean absolute error) 수치를 사용하기 때문에 그림 3 는 loss, validation loss, mae, validation mae 를 보여준다. 결과적으로 그림 4 는 training data(파란색), test data(초록색), prediction data(빨간색)으로 구성되며 이 모델을 사용해 예측된 indoor human counting 그래프가 실제 값의 추세를 유사하게 예측하고 있는 것을 확인할 수 있다. Test data 의 평가 결과는 mae = 0.692, loss = 1.218, accuracy = 0.3 로 나타났다. 우리는 이 결과를 통해

복합 환경 센서 데이터로 실내 인원수 예측의 가능성을 확인했다. 복합 환경 센서의 단순한 데이터 수집과 이를 이용한 간단한 머신러닝 모델을 이용해 실내 인원수 추세를 예측한 것은 산업 환경에서 비용 절감과 같은 매우 긍정적인 결과로 보일 수 있다. 추후 연구에서 데이터 전처리, 데이터 변환 등을 통해 데이터 간 상관관계와 특징점을 고도화 시켜 보다 정밀한 예측 모델을 연구할 것이다. 또한 최근 트렌드에 사용된 모델과 비교하여 우리의 모델의 성능을 비교 평가 할 것이다.

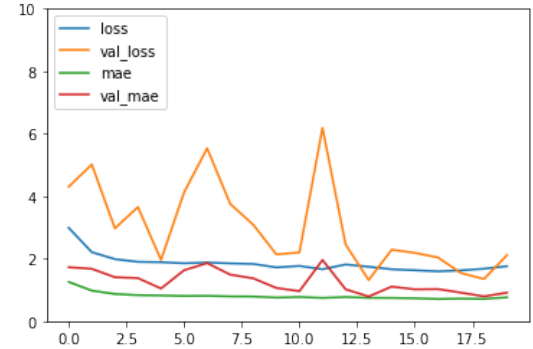


그림 3. 학습에 따른 loss, mae 그래프

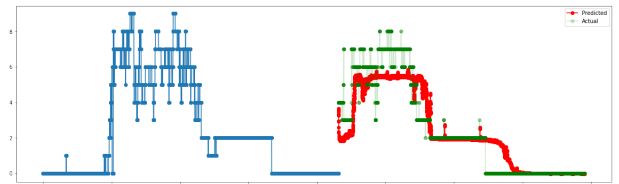


그림 4. 실내 인원 수 예측 결과 그래프

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행한 연구임. [20010525, 플렉시블 재구성 가능한 지능형 복합 환경센서 기술개발]

### 참 고 문 헌

- [1] Hou, Y. L., & Pang, G. K. (2010). People counting and human detection in a challenging situation. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics-part a: systems and humans, 41(1), 24-33.
- [2] Hashimoto, K., Yoshinamoto, M., Matsueda, S., Morinaka, K., & Yoshiike, N. (1997). Development of people-counting system with human-information sensor using multi-element pyroelectric infrared array detector. Sensors and Actuators A: Physical, 58(2), 165-171.
- [3] Zhu, L., & Wong, K. H. (2013, July). Human tracking and counting using the kinect range sensor based on adaboost and kalman filter. In International Symposium on Visual Computing (pp. 582-591). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Arief-Ang, I. B., Salim, F. D., & Hamilton, M. (2017). CD-HOC: indoor human occupancy counting using carbon dioxide sensor data. arXiv preprint arXiv:1706.05286.