

IoT 플랫폼과 딥러닝 기반의 도시가스 생활 안전 모니터링 시스템

최영철, 김준호, 서영주, 김경준

포항공과대학교 인공지능연구원

{ycchoi, po09lk, yjsuh, kimkj23}@postech.ac.kr

Safety Monitoring System for Urban Gas Based on IoT Platform and Deep Learning

Yeongcheol Choi, Junho Kim, Young Joo Suh, Kyungjun Kim

Pohang University of Science and Technology, Postech Institute of Artificial Intelligence

요약

본 논문에서는 도시가스 누출의 실시간 감지 및 이에 따른 가스 누출 위험도를 예측하기 위한 IoT 기반 가스 누출 모니터링 시스템과 딥러닝 기반 예측 모델을 제안한다. 제안 모델은 기존의 누출량에 따라 산술적으로 가스 위험도를 제시하는 방식에서 정량적 가스 누출량 기반 예측 가스 위험도를 딥러닝 모델을 사용하여 분석 및 표출하는 방법 제안한다. 가스 누출 위험 상태의 경우 누출량이 가연성 하한 값(LEL, Lower Explosive Limit)에 얼마나 가까운지에 따라 총 5단계로 나누어 표출하였다. 제안 시스템은 포항시 북구 지역의 가스 정압설비, 고층주택 세대별 실시간 가스 누출 여부 및 누출 정도의 모니터링을 위해 적용하였다. 또한, 모델의 성능 평가를 위해 실제 누출량과 예측 누출량을 비교하였다. 본 시스템은 가스 누출에 따른 시민 안전보장과 향후 기능 확대 및 성능개선을 통해 다양한 재난 재해 위험도 분석에 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

I. 서론

최근 안정적인 도시가스공급체계 구축을 위한 주요 가스 공급시설 안전 관리 연구가 주목을 받고 있다. 기존 가스 공급시설에 대한 안전관리는 주로 대형 공급사 위주의 시설에 집중되어왔다. 하지만 최근 경주 및 포항 지진 이후 민간영역에 대한 위험이 증가함에 따라 민간 시설 안전관리에 대한 대책 마련이 필요한 상황이다[1]. 현재 최종 소비 단계에 있는 주택 등 민간 시설에 대한 안전관리 방안은 미비하거나 전혀 대책 마련이 이루어지지 않고 있다. 특히 지진 자체에 의해 발생하는 피해도 적지 않지만, 지진에 의한 2차 피해 중 gas와 관련된 사고는 화재, 폭발 등 직접적인 인명피해와 연결되어 이에 대한 대비책이 시급한 상황이다.

이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 스마트 센서 기반 건물안전 지능정보 플랫폼 구축을 위한 연구의 일환으로, 주택 시설 가스 사고 대비를 위한 도시가스 생활 안전 모니터링 시스템을 제안한다[2]. 또한, 기존 가스 관련 딥러닝 연구로는 주로 가스 정 분석 관련 연구가 있었지만, 본 연구에서는 주택 시설의 가스 누출에 따른 위험 수준을 정의하고 딥러닝을 활용한 가스 위험도 예측 방법을 제안한다[3]. 모니터링 시스템을 통해 수집된 데이터를 활용하여 가스 누출량의 추이를 RNN(Recurrent Neural Networks) 기반의 딥러닝 모델로 학습, 특정 시간 후의 누출량을 예측하여 가스 폭발 위험 수준을 미리 판단할 수 있도록 하였다.

II. 본론

1) 도시가스 생활 안전 모니터링 시스템 구축

그림1과 같이 가정에 대한 가스 누출 감시를 위해, 포항시 북구의 민간 주택 3곳과 정압기 시설 2곳을 선정하여 포집형 가스 검지기를 설치하였

다. 민간 주택 3곳의 경우 경량형 가스 검지기를 설치하여 사용자의 불편을 최소화했다. 가스 검지기는 도시가스에 사용되는 LNG와 주성분인 메탄을 검출할 수 있다.



a. 가스 정압기(왼쪽) b. 민간 주택(오른쪽)

그림 1 가스 센서 구축

그림2와 같이 각 설비 및 건물에서 센싱된 누출 관련 데이터는 LoRa(Long Range Wide Area Network) 망을 통하여 IoT(Internet of Things) DB에 전달된다. 해당 시설물의 각 센서는 LoRa 통신 단말기가 연결되어있고 단말기는 해당 지역의 로라 중계기와 통신하여 데이터를 송신한다. 현재 설치된 로라 중계기는 총 5개로 그림 2의 포항시 지도 위에 표시된 적색 영역을 중계할 수 있다.



그림 2 RoLa 단말기 및 중계기, 중계기 권역

이렇게 송신된 가스 누출 관련 데이터는 하둡 기반의 IoT DB와 백엔드

서버 구축과 가스데이터 분석을 위한 MySQL DB에 저장된다. 데이터는 생성시간과 가스 누출량으로 구성된다. 이때, 가스 누출량은 0~100%(LEL)으로 폭발 최저 한계값인 5%(VOL)까지의 계측 값이 저장된다. MySQL DB에는 가스 누출 데이터뿐만 아니라 검지기의 위치, 가스 누출 데이터를 활용해 계산한 위험도와 위험 상태, 관리자 등의 정보가 저장된다. MySQL DB와 IoT DB를 연동하고 데이터 분석 및 프론트 서버 데이터 전송을 위한 방법으로 Flask 기반의 백엔드 서버를 구축했다. 백엔드 서버의 주요 API는 다음 표1과 같다.

표 1 백엔드 서버 API

요청 유형	API (141.xxx.xxx.xx)	상태코드		설명
		정상	오류	
GET/ POST	/all_sensor_info	200	400	모든 센서 정보
GET/ POST	/sensor_value	200	400	생성날짜, 누출 여부, 위험도, 센서 아이디, 위험도 상태, 누출 양 호출(최신 값)
GET/ POST	/sensor_value_id	200	400	생성날짜, 누출 여부, 위험도, 센서 아이디, 위험도 상태, 누출 양 호출(이전 값을 몇 개까지 가져올지 num 지정)
GET/ POST	/sensor_status	200	400	전체 센서의 데이터 생성날짜, 누출 여부, 위험도, 센서 아이디, 위험도 상태, 누출 양 호출(최신 값)
GET/ POST	/status_log	200	400	전체 센서의 데이터 생성날짜, 누출 여부, 위험도, 센서 아이디, 위험도 상태, 누출 양 호출(이전 50개 data, 정상값 제외)
GET/ POST	/status_log_id	200	400	특정 센서의 데이터 생성날짜, 누출 여부, 위험도, 센서 아이디, 위험도 상태, 누출 양 호출(이전 num개 data, 정상값 제외)
GET/ POST	/user	200	400	관리자 정보 호출
GET/ POST	/all_facility_info	200	400	시설 아이디, 시설종류 호출
GET/ POST	/geojson	200	400	배관 정보 호출

최종적으로 React.js/Node.js 기반의 프론트엔드 서버를 구축하고 백엔드 서버의 API를 사용하여 그림3과 같은 웹페이지 기반의 상황판을 구축하였다. 이 시스템을 통하여 검지기가 설치된 각 시설의 실시간 가스 누출량과 위험도, 위험 상태를 확인할 수 있다.

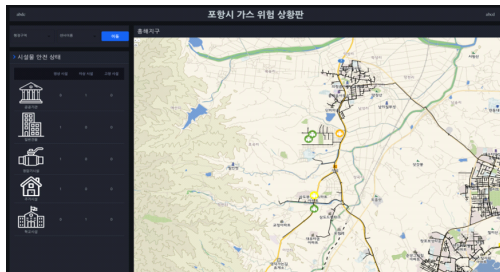


그림 3 포항시 가스 모니터링 상황판

2) 딥러닝 기반 가스 위험도 분석

본 연구에서는 가스 누출량 데이터를 활용하여 딥러닝을 적용하는 방법을 제시하고자 한다. LNG 가스는 폭발 최저 한계값은 5%VOL이며 해당 한계값을 넘을 경우 점화원에 의해 폭발사고가 발생할 수 있다[4]. 일반적으로 1.25%VOL 값을 넘으면 폭발 위험 가능성이 매우 높다고 판단한다. 본 모니터링 시스템에서는 이를 참고하여 표2와 같이 위험 수준을 정의하

였다. 이때, 가스누출량의 추이를 RNN 기반의 딥러닝 모델로 학습하고 특정 시간 후의 누출량을 예측하면 표상의 위험 수준을 미리 판단할 수 있다. 따라서 모델을 통한 누출량 예측이 폭발사고를 예방하는데 기여할 수 있을 것이라 기대한다.

표 2 가스 누출량 별 위험 수준

정상	관심	주의	경계	위험
0~0.5%(VOL)	0.5~0.75%(VOL)	0.75~2.5%(VOL)	2.5~3.75%(VOL)	3.75~5%(VOL)

실제 시스템에서 일부 추출한 데이터를 활용해 LSTM 모델 학습을 수행했다. 성능 평가를 위해 한 시간의 누출량으로 다음 1분 내의 누출량을 예측하였고, 그림 4와 같이 실제 누출 양과 예측치를 비교하였다. 그 결과 모델이 MSE(Mean Square Error) 1.49e-06 수준으로 누출량을 예측하는 것을 확인했다.

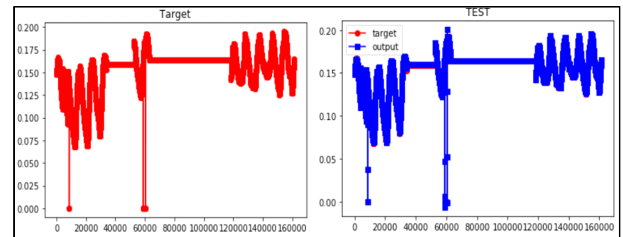


그림 4 LSTM 모델의 누출량 예측 그래프 (좌: 목표값, 우: 예측값)

III. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 포항시 주택 시설의 가스 안전상태를 감시하기 위해 개발한 도시가스 생활 안전 모니터링 시스템을 설명했다. 이 시스템을 통해 포항시 북구의 민간 주택 3곳과 지역 정압기 2곳의 가스 누출량을 실시간 감시할 수 있었다. 추후 연구에서는 포항시 남구 지역의 주택과 정압기 시설을 감시할 수 있도록, 추가 센서와 로라 중계기를 설치하여 감시 영역을 확대하고자 한다. 또한, 수집된 가스누출데이터를 딥러닝을 활용하여 분석하고 가스 사고를 예방할 수 있는 모델을 구축하여 시스템에 적용하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 2019년 과학기술기반 지역주요맞춤형 R&D지원사업(No. CN19100GB001)의 지원과 2016년 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2016R1D1A1B01014776).

참고문헌

- [1] Writing Committee on Damage Investigation of Gyeongju and Pohang Earthquake, *Site Inspection and Damage Investigation of Buildings by Earthquakes in Gyeongju and Pohang*, Architecture Institute of Korea, 2018.
- [2] Hanul Roh, Barom Kim, Kyung Jun Kim, and Young Joo Suh, "A Design and Development of Seismic P-wave Detection IoT Platform based on Deep Learning," *2020 KICS Winter Conference*, Vol.2020, No.2, pp.134-135, Yongpyong, Korea, Feb 2020.
- [3] Li, Yuanjun, Ruixiao Sun, and Roland Horne, "Deep learning for well data history analysis," *SPE Annual Technical Conference and Exhibition 2019*, SPE-196011-MS, Calgary, Canada, Sept 2019.
- [4] Korea Occupational Safety & Health Agency, *Explosive Limits of Combustible Gas and Steam Mixture Technical Guidelines for Calculation*, KOSHA 2012