

엣지 컴퓨팅을 이용한 실시간 미세먼지 예측 및 통합대기환경지수(CAI) 분석에 관한 연구

이영재, 윤정은*, 문애경

한국전자통신연구원, *안동대학교

lyj4295@etri.re.kr, *yje3058@naver.com, akmoon@etri.re.kr

A Study on the analysis of comprehensive air-quality index(CAI) and prediction of fine-dust in real-time using edge-computing device

Lee Young Jae, Yoon Jung Eun*, Moon Ae Kyeong

ETRI, *Andong Univ.

요 약

본 논문은 다양한 환경 오염중에서 대기 오염도에 대한 분석을 위해 대기 센서와 수집용 보드 그리고 엣지 디바이스 또는 모니터링용 GUI 를 통해 측정된 데이터를 활용하여 24시간 미세먼지 예측과 실시간으로 통합대기 환경지수를 제공하고 이를 일상생활에서 활용하여 개인 위생관리에 활용할 수 있는 환경을 제공하고자 한다.

I. 서론

최근 기후변화로 인해 기온이 상승하고 대기오염이 심각해지면서 대기 질 관리 및 예측에 관심이 높아지는 추세이다. 특히 미세먼지(PM)는 공기 중에 부유하는 입자상 유해 물질로 인체에 쉽게 침투하여 호흡기, 순환기, 암 질환을 유발할 수 있어, 각별한 주의가 필요하다. 이에 따라 미세먼지 예측의 중요성이 대두되고 있다^{1, 2}. 또한, 우리나라는 2018년 8월 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 제23조에 어린이, 노인등을 대기오염으로부터 취약한 계층으로 지정하고 취약계층의 건강 피해를 줄이고 예방하기 위해 통합대기 환경지수(Comprehensive air-quality index : CAI)를 제시하였다³. CAI는 인체 영향 및 체감오염도를 고려하여 개발된 대기 오염도 표현방식으로 국민이 대기오염으로부터 피해를 예방할 수 있도록 도움을 주는 매우 중요한 지수이다.

따라서 본 논문에서는 IoT, 빅데이터 등의 기술을 활용하여 대기질 데이터를 직접 수집할 뿐만 아니라 대기오염으로부터 피해를 예방할 수 있도록 수집된 대기질 데이터를 분석하였다. 엣지 컴퓨팅을 이용하여 실시간으로 대기질 농도 데이터를 측정 및 수집하고 수집한 데이터를 분석하여 미세먼지 예측 및 CAI 지수 점수와 같은 정보를 제공하고 있다.

II. 본론

2.1 대기질 측정 및 저장

대기질 데이터 수집은 그림 1과 같이 측정하려는 대기질 센서 및 센서와 연결하여 데이터를 수집하기 위한 보드 그리고 데이터 저장 및 분석 그리고 서버로 전송할 수 있는 게이트웨이(엣지)로 구성되어 있다. 최종 데이터는 가시화 및 제어 기능을 제공하기 위해 LCD를 통해 GUI로 사용자에게 편의성을 제공한다. 측정한 대기질 데이터는 분석에 활용하기 위해서는 Database(DB)를 통해 별도로 저장되어야 한다. 이때 특정 시각의 데이터를 추출하기 위해서 timestamp 별 대기질 데이터 SO2, CO, O3, NO2, PM10, PM2.5를 저장하였다.

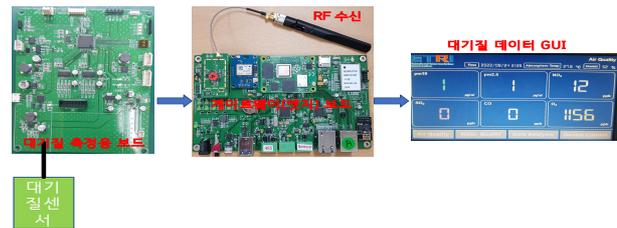


그림 1. 대기질데이터 수집, 저장 및 가시화

2.2 대기질 데이터 분석

$$C_{24E} = [C_{12} \times 12 + C_4 \times 12] \div 24 \quad (1)$$

C_{12} : 과거 12시간 평균, C_4 : 과거 4시간 평균

저장된 대기질 데이터는 미세먼지 예측 및 CAI 분석에 활용된다. 미세먼지 데이터의 경우 에어코리아에서 제공하는 예측 식인 (1)을 활용하여 현재를 기준으로 과거 24시간의 예측이동 평균(C_{24E})을 구하여 다음날 동일한 시간대의 미세먼지를 예측하고자 한다⁴. 그림1은 오전 1시부터 오후 12시까지 C_{24E} 의 값을 그래프화한 것으로 x축은 예측 시간, y축은 x축 시간에 해당하는 C_{24E} 값을 의미한다.

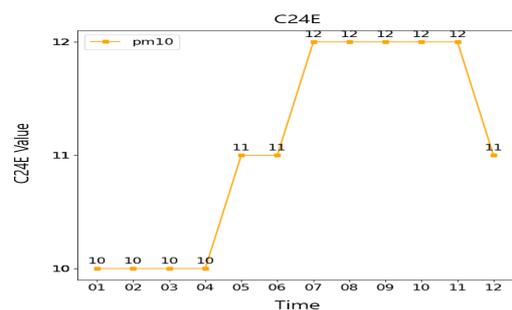


그림 2. 오전 1시~ 오후 12시의 C_{24E} 그래프

표 1. 대상오염물질의 대기지수 농도 구분 값[4]

지수 구분	좋음	보통	나쁨	매우나쁨					
점수	0	51	101	251					
구분	50	100	250	500					
농도 구분	BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}					
SO ₂	1hr	0	0.02	0.021	0.05	0.051	0.15	0.151	1
CO	1hr	0	2	2.1	9	9.1	15	15.1	50
O ₃	1hr	0	0.03	0.031	0.09	0.091	0.15	0.151	0.6
NO ₂	1hr	0	0.03	0.031	0.06	0.061	0.2	0.201	2
PM ₁₀	24hr	0	30	31	80	81	150	151	600
PM _{2.5}	24hr	0	15	16	35	36	75	76	500

BP_{LO}:대상 오염물질의 오염도 해당구간에 대한 최고 오염도, I_{LO}:BP_{LO}에 해당하는 지수 값
 BP_{HI}:대상 오염물질의 오염도 해당구간에 대한 최저 오염도, I_{HI}:BP_{HI}에 해당하는 지수 값

$$I_P = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} \times (C_P - BP_{LO}) + I_{LO} \quad (2)$$

I_P : 대상오염물질의 대기지수 점수, C_P : 대상오염물질의 대기중 농도

CAI는 총 6개의 대기오염물질 SO₂, CO, O₃, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}를 에어코리아에서 제공하는 표1의 대기 지수 농도 구분 값에 따라 식(2)와 같이 계산하여 각각의 통합대기 환경지수 점수를 산출하였다. 단, PM₁₀, PM_{2.5}의 경우 24시간 예측 이동 평균으로 점수를 계산해야 한다. 이때 산출된 각각의 지수 점수가 '나쁨' 이상의 등급이 2개일 경우 가장 높은 점수에 가산점 50점을 부여하고 3개 이상일 경우 가장 높은 점수에 가산점을 75점 부여하여 최종값을 산출한다. CAI는 표1과 같이 0에서 500까지 4단계로 나뉘며 점수가 커질수록 대기 상태가 좋지 않음을 의미한다.

그림3은 오전 1시부터 오후 12시까지의 CAI 값을 그래프화한 것이다. 0과 50 사이의 값을 가지므로 대기질은 좋음 등급이며 이는 대기오염 관련 질환자군에서도 영향이 유발되지 않을 수준을 의미한다[4]. 이처럼 CAI 값은 대기질의 오염 정도를 직관적으로 인지할 수 있어 대기오염으로부터 피해를 예방할 수 있는 용이한 지수로 사용되기에 적합하다.

2.3 엣지 컴퓨팅을 통한 실시간 분석 결과 도시

앞에서 구한 식(1)의 값을 검증하기 위해 오차율을 계산한다. 오차율은 현재 값과 예측값 차이의 절대값으로 계산한다. 10일간 1시간 간격으로 측정된 값에서 최댓값을 100%로 설정하여 평균을 계산했으며 최종적으로 14.39%의 낮은 오차율을 가지므로 예측값은 높은 정확도를 보인다.

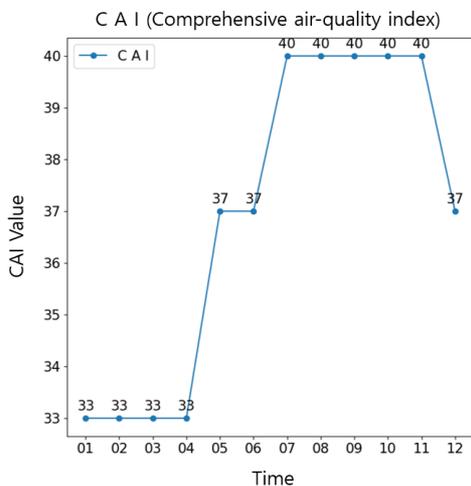


그림 3. 오전 1시~ 오후 12시의 CAI 그래프

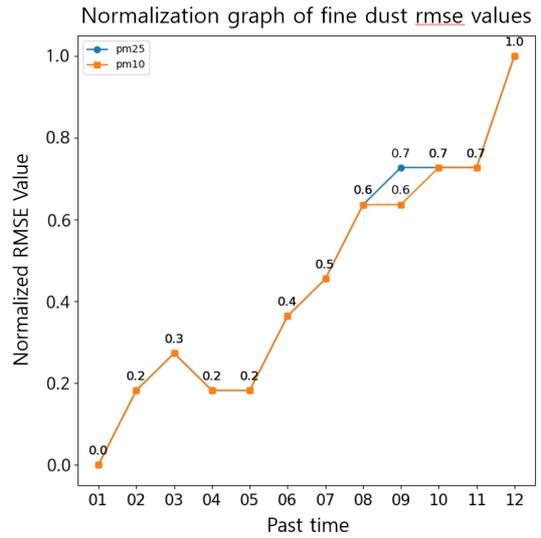


그림 4. 과거 12시간 미세먼지의 RMSE 정규화 그래프

그림 4의 그래프는 현재 시각을 기준으로 과거 12시간의 C_{24E}값을 RMSE 정규화한 것이다. RMSE 값은 낮을수록 현재 값과 예측값의 차이가 없는 특징을 가지고 있다. 본 논문에서는 이를 현재 값과 과거 값의 관계를 분석하는 데 사용한다. 이때 정규화를 통해 RMSE 값을 0과 1 사이로 산출하였다. 그래프를 보면 현재에 가까운 과거일수록 값은 낮아지고 먼 과거일수록 값이 커지는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 현재 시각과 가까운 과거 값일수록 현재 값과 비슷한 값을 가지는 것을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 자체 제작한 임베디드 보드를 이용하여 공기 오염도를 측정하였으며 이를 통해 수집된 데이터를 가시화하여 모니터링을 한 뒤 분석을 통해 과거 측정된 미세 데이터를 활용하여 24시간 이후 미세먼지를 예측하거나 일반인들에게 공기 오염도에 대한 지표로 많이 사용되는 통합대기 환경지수(CAI)를 제공하여 대기 오염도의 객관적인 데이터를 활용하여 개인 건강관리에 활용할 수 있도록 하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 안동지역 '중소기업 ICT 융합기술 경쟁력 강화 사업'과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원에서 지원하는 SW중심대학사업(IITP-2019-0-01113)의 연구 결과로 수행되었음

참고 문헌

[1] J. H. Yoo, "A Study on Fine Dust Modeling for Air Quality Prediction", Journal of IKEEE, pp. 216-220, Dec. 2020.

[2] Y. J. Kim, H. S. Choi, and T. S. Go, "Development of a portable system for monitoring indoor particulate matter concentration", Journal of the Korean Society of Visualization, pp. 45-51, Mar. 2022.

[3] J. E. Shin, "New Comprehensive Air-Quality Index (NCAI) and Its Effects on Respiratory and Cardiovascular Diseases", Environmental Policy, pp. 113-157, Sec. 2020.

[4] Airkorea, "CAI, Comprehensive air-quality index", 2020, (https://www.airkorea.or.kr/web/khainfo?PMENU_)