(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0059123
(43) 공개일자 2025년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/096 (2023.01) *G01N 33/00* (2006.01)
G06N 3/04 (2023.01) *G06N 3/045* (2023.01)
G06N 3/0985 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/096 (2023.01)
G01N 33/0062 (2024.05)
(21) 출원번호 10-2023-0143114
(22) 출원일자 2023년10월24일
심사청구일자 2023년10월24일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
유창규
경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 20, 8308동 202호 (이의동, 호반가든하임)
타릭 샤젭
경기도 수원시 영통구 매여울로10번길 46, 203호 (매탄동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

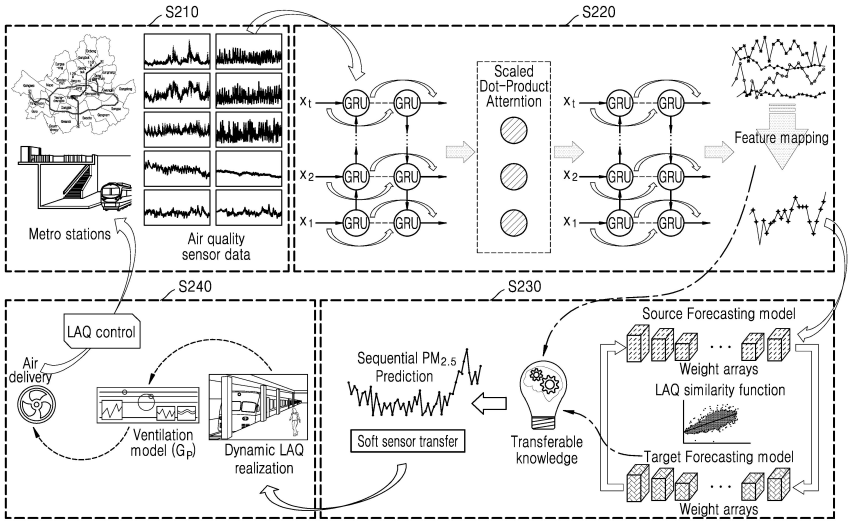
(54) 발명의 명칭 **전이학습에 기반하여 대기질을 추정하는 방법 및 장치**

(57) 요 약

전이학습에 기반하여 대기질을 추정하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

상술한 과제를 달성하기 위한 소프트 센서 생성 방법은 제1 지역의 대기질 데이터를 획득하는 단계; 상기 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하는 단계; 상기 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 상기 제1 지역의 초미세먼지를 예측하는 제1 학습 모델을 생성하는 단계; 및 상기 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01N 33/0068 (2024.05)
G06N 3/045 (2023.01)
G06N 3/049 (2023.01)
G06N 3/0985 (2023.01)
(72) 발명자
허성구
서울특별시 강남구 선릉로72길 37 (대치동)

김상윤
경기도 수원시 영통구 덕영대로1681번길 16, 301호 (영통동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711181969
과제번호 2021R1A2C2007838
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 DeepAI 기반 하폐수처리장 스마트워터 자율운전 & 자율설계 원천기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1615013239
과제번호 KA152306
부처명 국토교통부
과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 지하철미세먼지저감기술개발사업
연구과제명 인공지능 기반 지하철 이용객의 (초)미세먼지 노출 저감기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

소프트 센서 생성 방법에 있어서,

제1 지역의 대기질 데이터를 획득하는 단계;

상기 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하는 단계;

상기 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 상기 제1 지역의 초미세먼지를 예측하는 제1 학습 모델을 생성하는 단계; 및

상기 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 데이터 세트를 생성하는 단계는,

롤링 윈도우에 기반하여 대기질 데이터를 시계열 변환하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제1 학습 모델을 생성하는 단계는,

튜닝 알고리즘에 기반하여 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛 (MH-BiGRU)의 하이퍼 파라미터를 조정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제2 학습 모델을 생성하는 단계는,

상기 제1 지역 및 상기 제2 지역 사이의 외부 이산화탄소 농도 및 승강장 이산화탄소 유사도에 기초하여 제로샷 전이학습을 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 데이터 세트는,

제1 지역의 외부 이산화탄소 농도, 외부 미세먼지 농도, 승강장 이산화탄소 농도 및 승강장 미세먼지 농도를 피처로 하고, 초미세먼지 농도를 레이블로 하는 방법.

청구항 6

소프트 센서 생성 장치에 있어서,

데이터를 저장하는 메모리; 및

제1 지역의 대기질 데이터를 획득하고, 상기 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하며, 상기 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 상기 제1 지역의 초미세먼지를 추정하는 제1 학습 모델을 생성하고, 상기 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을

생성하는 프로세서를 포함하는 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 프로세서는,

롤링 윈도우에 기반하여 대기질 데이터를 시계열 변환하는 장치.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 프로세서는,

튜닝 알고리즘에 기반하여 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛 (MH-BiGRU)의 하이퍼 파라미터를 조정하는 장치.

청구항 9

제6 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제1 지역 및 상기 제2 지역의 이산화탄소 농도 사이의 유사도에 기초하여 제로샷 전이학습을 수행하는 장치.

청구항 10

승강장의 공조 제어를 수행하는 방법에 있어서,

제1 항의 소프트 센서에 기반하여 초미세먼지 농도를 추정하는 단계;

상기 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 11

승강장의 공조 제어를 수행하는 장치에 있어서,

제1 항의 소프트 센서에 기반하여 초미세먼지 농도를 추정하고, 상기 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행하는 제어부를 포함하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 전이학습에 기반하여 대기질을 추정하는 방법 및 장치에 관한 기술이다.

배 경 기 술

[0002] 도시화와 인구 증가로 인해 지속 가능한 도시 발전의 미래 방향으로 스마트 시티의 개념이 부상하였다. 도시 확장은 사회경제적인 기회를 제공하지만, 동시에 환경 오염을 초래한다. 사람들은 일상 생활의 80% 이상을 실내에서 보내며, 미세먼지(PM) 노출과 실내 공기질(IAQ) 표준에 대한 공인식이 증가하고 있다. 특히, 미세먼지 중 초미세먼지(PM2.5)는 심혈관 질환, 신경 질환, 천식 위험 증가와 같은 부정적인 건강 효과를 가져온다. 건물에서 소비되는 에너지의 75%는 건강한 실내 환경을 유지하기 위해 사용된다.

[0003] 특히 지하 시설과 같은 곳은 자연 환기가 제한되며 VOCs, 이산화탄소, 미세먼지 등의 미세 오염물질이 축적될 수 있는 환경에 노출되어 있으며, 실내 공기질 정화를 위해 지속적인 모니터링이 요구된다.

[0004] 하지만 지하 시설의 공조 시스템을 효과적으로 제어하기 위해서는 실내 대기질 데이터가 일정 이상 필요하나, 일부 지역에는 이러한 데이터의 양이 충분하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 명세서의 실시 예는 상술한 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로 전이학습에 기반하여 대기질을 추정하는 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 과제를 달성하기 위한 소프트 센서 생성 방법은 제1 지역의 대기질 데이터를 획득하는 단계; 상기 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하는 단계; 상기 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 상기 제1 지역의 초미세먼지를 예측하는 제1 학습 모델을 생성하는 단계; 및 상기 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 데이터 세트를 생성하는 단계는, 롤링 윈도우에 기반하여 시계열 변환을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 제1 학습 모델을 생성하는 단계는, 튜닝 알고리즘에 기반하여 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛(MH-BiGRU)의 하이퍼 파라미터를 조정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 제2 학습 모델을 생성하는 단계는, 상기 제1 지역 및 상기 제2 지역 사이의 외부 이산화탄소 농도 및 승강장 이산화탄소 유사도에 기초하여 제로샷 전이학습을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 데이터 세트는, 제1 지역의 외부 이산화탄소 농도, 외부 미세먼지 농도, 승강장 이산화탄소 농도 및 승강장 미세먼지 농도를 피처로 하고, 초미세먼지 농도를 레이블인 데이터 세트 일 수 있다.

[0011] 상술한 과제를 달성하기 위한 소프트 센서 생성 장치는, 데이터를 저장하는 메모리; 및 제1 지역의 대기질 데이터를 획득하고, 상기 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하며, 상기 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 상기 제1 지역의 초미세먼지를 추정하는 제1 학습 모델을 생성하고, 상기 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성하는 프로세서를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 프로세서는 롤링 윈도우에 기반하여 대기질 데이터를 시계열 변환할 수 있다.

[0013] 상기 프로세서는, 튜닝 알고리즘에 기반하여 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛 (MH-BiGRU)의 하이퍼 파라미터를 조정할 수 있다.

[0014] 상기 프로세서는, 상기 제1 지역 및 상기 제2 지역의 이산화탄소 농도 사이의 유사도에 기초하여 제로샷 전이학습을 수행할 수 있다.

[0015] 상술한 과제를 달성하기 위한 승강장의 공조 제어를 수행하는 방법은, 소프트 센서에 기반하여 초미세먼지 농도를 추정하는 단계; 상기 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상술한 과제를 달성하기 위한 승강장의 공조 제어를 수행하는 장치는, 제1 항의 소프트 센서에 기반하여 초미세먼지 농도를 추정하고, 상기 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행하는 제어부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시 예에 따르면 공기질 데이터가 부족한 지역에서의 초미세먼지 농도를 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 지하철 역의 위치 별 대기질 측정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 공조 제어 시스템을 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 학습을 위한 데이터 세트를 생성하는 동작에 관한 순서도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 제1 학습 모델을 생성하는 동작에 관한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 제2 학습 모델을 생성하는 동작에 관한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 센서 생성 장치의 블록 구성을 나타내는 블록도이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 공조 제어를 수행하는 장치의 블록 구성을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0021] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.

[0022] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0023] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0024] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0025] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 진행될 수 있다. 이때, 본 실시예에서 사용되는 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.

[0026] 본 발명에서 언급되는 '학습 모델'은 데이터로부터 특정 패턴이나 구조를 학습하거나 이해하기 위해 사용되는 모든 형태의 알고리즘 또는 방법론을 포함할 수 있다. 이는 전통적인 통계 모델, 머신 러닝 모델, 딥러닝 모델, 강화학습 모델, 그리고 그외의 학습 방법론을 포함하며, 이에 한정되지 않는다.

[0027] 즉 학습 모델은 회귀 모델, 의사결정트리, 랜덤 포레스트, 서포트 벡터 머신, K-최근접 이웃, 나이브 베이즈, 클러스터링 알고리즘 등의 머신 러닝 모델뿐만 아니라, 신경망, 컨볼루션 신경망, 순환 신경망, Transformer 기반 신경망, GANs(Generative Adversarial Networks), 오토인코더 등의 딥러닝 모델도 포함할 수 있다. '학습 모델'은 특정 입력에 대한 출력을 예측하거나 분류하는 데 사용되는 학습된 파라미터나 가중치 집합을 지시할 수 있으며. 이 모델은 지도 학습, 비지도 학습, 반지도 학습, 강화 학습 등의 방법을 통해 학습될 수 있다. 또한, 이는 단일 모델 뿐 아니라 앙상블 모델, 멀티-모달 모델, 트랜스퍼 학습을 통한 모델 등 다양한 학습 방식과 구조를 포함할 수도 있다. 이러한 학습 모델은 입력에 대한 출력을 예측하는 컴퓨터 장치와 별개의 컴퓨터 장치에서 사전 학습되어 타 컴퓨터 장치에서 사용될 수도 있다.

[0028] 하기에서 본 개시를 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0029] 도 1은 지하철 역의 위치 별 대기질 측정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0030] 지하철 역의 경우 밀폐된 지하 시설의 특성상 지속적인 공조 시스템이 요구된다. 이러한 공조 시스템을 효과적으로 제어하기 위해서는 많은 양의 센서를 통한 대기질 실시간 데이터 뿐만 아니라 대기질 이력 데이터가 필요하다. 하지만 일부 지역의 경우 공조 시스템을 제어하기 위한 대기질 데이터가 충분하지 않다.

[0031] 도 1을 참고하면 제1 지역(110) 예컨대 2호선 시청역의 경우 공조 시스템을 제어할 만큼 충분한 대기질 데이터가 있는 반면, 제2 지역(120) 예컨대 4호선 수유역의 경우 공조 시스템을 제어할 만큼의 대기질 데이터가 없을 수 있다.

[0032] 이하 본 발명은 제1 지역(110)의 대기질 데이터에 기반하여 제2 지역(120)의 대기질을 추정하는 학습 모델을 생

성하고, 학습 모델에 기반하여 공조 제어를 하는 기술에 대해 개시한다.

[0033] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 공조 제어 시스템을 개략적으로 도시하는 도면이다.

[0034] 도 2를 참고하면, 소프트 센서 생성 장치는 S210 단계에서 데이터 학습을 위한 데이터를 획득할 수 있다. 구체적으로 소프트 센서 생성 장치는 기존의 센서나 tele monitoring system(TMS)와 같은 모니터링 시스템에서 측정된 대기질 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 이러한 대기질 데이터는 실내 공기 품질(IAQ, Indoor air quality)데이터로서, i)지하철 역 외부에서 실시간으로 수집된 외부 이산화탄소 농도 및 외부 미세먼지(PM10) 농도와, ii)지하철 역 내부에서 실시간으로 수집된 승강장 이산화탄소 농도, 승강장 미세먼지(PM10) 농도 및 승강장 초미세먼지(PM2.5) 농도, iii)대기온도 및 습도 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이러한 소프트 센서 생성 장치는 S210 단계에서 획득한 대기질 데이터의 전처리 등을 통해 데이터 세트를 생성할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S220 단계에서 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 대기질 데이터가 측정된 지역의 초미세먼지(PM2.5)를 예측하는 제1 학습 모델을 생성할 수 있다. 예컨대 소프트 센서 생성 장치는 시계열 변환을 통해 데이터 세트를 임베딩하고, 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛(MH-BiGRU)에 입력하여 대기질 데이터가 측정된 지역의 초미세먼지를 예측하는 제1 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S230 단계에서 제1 학습 모델에 관하여 대기질 데이터가 충분하지 않은 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성할 수 있다. 예컨대 소프트 센서 생성 장치는 지역간 대기질 데이터 중 적어도 하나의 정보에 기반하여 유사도를 산출하고, 유사도에 기반하여 제로샷 전이 학습(ZSTL, zero-shot transfer learning)을 수행하여 제2 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 공조 제어를 수행하는 장치는 S240 단계에서 제2 학습 모델에 기반하여 특정 시간 동안의 초미세먼지 농도를 추정하고, 추정되는 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행할 수 있다. 이하 세부 동작에 대해서 도 3 내지 5에서 상세하게 설명한다.

[0038] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 학습을 위한 데이터 세트를 생성하는 동작에 관한 순서도이다. 도 3에서의 동작은 도 2에서의 S210에서의 동작과 대응한다.

[0039] 도 3을 참고하면, 소프트 센서 생성 장치는 S310 단계에서 제1 지역의 대기질 데이터를 획득할 수 있다. 이러한 대기질 데이터는 i) 외부 이산화탄소 및 PM10 농도 (지하철 역 외부에서 실시간 측정) ii) 승강장 이산화탄소, PM10 및 PM2.5 농도 (지하철 역 내부에서 실시간 측정) iii) 대기온도 및 습도 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S320 단계에서 대기질 데이터의 결측치 및 이상치를 처리할 수 있다. 구체적으로 소프트 센서 생성 장치는 주어진 데이터 포인트 사이의 선형 관계에 기반하여, 형태 보존 조각별 스플라인 보간을 통해 결측치 및 이상치를 처리할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S330 단계에서 시계열 형태의 대기질 데이터에 기반하여 피처와 레이블을 결정하고, 롤링 윈도우를 적용하여 임베딩할 수 있다. 이러한 피처는 대기질 데이터에 포함된 정보 중 적어도 하나이고, 레이블은 초미세먼지 농도일 수 있다. 예컨대 소프트 센서 생성 장치는 6 시간 동안의 외부 이산화탄소, 외부 PM10 농도, 승강장 이산화탄소 및 승강장 PM10 피처를 입력하고 시간 이후의 PM2.5 농도 레이블을 출력하는 롤링 윈도우를 적용할 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S340 단계에서 대기질 데이터를 트레이닝 데이터셋(80%)과 테스트 데이터셋(20%)으로 구별하여 테이터 세트를 생성할 수 있다.

[0043] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 제1 학습 모델을 생성하는 동작에 관한 순서도이다. 도 4에서의 동작은 도 2에서의 S220에서의 동작과 대응한다.

[0044] 도 4를 참고하면 소프트 센서 생성 장치는 S410 단계에서, 데이터 세트를 멀티 헤드 어텐션 양방향 게이트 순환 유닛(MH-BiGRU)에 입력할 수 있다. 이러한 소프트 센서 생성 장치는 데이터 세트에 대응하는 입력 시퀀스를 게이트 순환 유닛 (Gated Recurrent Unit, GRU) 레이어에 입력할 수 있다. 소프트 센서 생성 장치는 출력된 값을 멀티 헤드 어텐션 (Multi-Head Attention)레이어에 입력하게되면 다른 가중치 행렬들과의 선형 변환을 통해 입력 시퀀스를 쿼리(Query), 키(Key), 밸류(Value)로 변환할 수 있다. 이후 소프트 센서 생성 장치는 스케일링 닷 프로덕트 어텐션(scaled dot product attention)을 통해 쿼리(Q)와 키(K)의 내적(dot product)을 산출하고, 그

결과를 스케일링하여 어텐션 점수를 획득할 수 있다. 최종적으로 소프트 센서 생성 장치는 점수를 사용하여 소프트맥스(softmax) 함수를 적용하고, 결과를 밸류(V)와 곱하여 어텐션 출력을 할 수 있다. 소프트 센서 생성 장치는 다시 출력 시퀀스를 게이트 순환 유닛 레이어에 입력하여 모델링할 수 있다.

[0045] 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S420 단계에서 케라스 튜너를 이용하여 MH-BiGRU 소프트 센서 모델의 하이퍼 파라미터를 튜닝할 수 있다.

[0046] 소프트 센서 생성 장치는 일련의 과정을 통해 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 제1 지역의 초미세먼지를 예측하는 제1 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0047] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 제2 학습 모델을 생성하는 동작에 관한 순서도이다. 도 5에서의 동작은 도 2에서의 S230에서의 동작과 대응한다.

[0048] 도 5를 참고하면, 소프트 센서 생성 장치는 S510 단계에서, 제2 지역에서의 대기질 데이터를 획득할 수 있다. 이때 제2 지역에서의 대기질 데이터는 i) 외부 이산화탄소 및 PM10 농도, ii) 승강장 이산화탄소 및 PM10, iii) 대기온도 및 습도 정보 중 일부 정보가 누락되어 있을 수 있다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 소프트 센서 생성 장치는 S520 단계에서 제1 학습 모델에 관하여 대기질 데이터가 충분하지 않은 제1 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성할 수 있다. 예컨대 소프트 센서 생성 장치는 지역간 대기질 데이터 중 적어도 하나의 정보에 기반하여 유사도를 산출하고, 유사도에 기반하여 제로샷 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0050] 예컨대 소프트 센서 생성 장치는 제1 지역에서의 외부 이산화탄소 농도, 승강장 이산화탄소 농도와 제2 지역에서의 외부 이산화탄소 농도, 승강장 이산화탄소 농도의 유사도를 비교할 수 있다. 소프트 센서 생성 장치는 유사도를 비교하기 위해서 피어슨 상관 계수(PCC)와 커널 밀도 추정(KDE)을 적용할 수 있다.

[0051] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 센서 생성 장치의 블록 구성을 나타내는 블록도이다.

[0052] 도 6을 참고하면 소프트 센서 생성 장치(600)는 프로세서(620), 메모리(610) 를 포함하는 것으로 도시하였으나 반드시 이에 한정되는 것이 아니다. 예를 들면 프로세서(620), 메모리(610)는 각각 물리적으로 독립한 하나의 구성부로서 존재할 수 있다.

[0053] 메모리(610)는 소프트 센서 생성 장치(600)에서 프로세서(620)의 처리 또는 제어를 위한 프로그램 등 전반의 동작을 위한 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 메모리(610)는 구동되는 다수의 응용 프로그램(Application program), 소프트 센서 생성 장치(600)의 동작을 위한 데이터들, 명령어들을 저장할 수 있다. 메모리(610)는 프로세서(620)에 포함된 롬(ROM), 램(RAM) 등의 내부 메모리로 구현되거나, 프로세서(620)와 별도의 메모리로 구현될 수 있다.

[0054] 프로세서(620)는 소프트 센서 생성 장치(600)를 전반적으로 제어하기 위한 구성일 수 있다. 구체적으로 프로세서(620)는 도 3내지 5에서의 소프트 센서 생성 장치(600)의 동작을 제어할 수 있다. 이러한 프로세서(620)는 CPU, 램(RAM), 롬(ROM), 시스템 버스 등을 포함할 수 있다. 프로세서(620)는 단일 CPU 또는 복수의 CPU(또는 DSP, SoC)로 구현될 수 있다. 일 실시예로, 프로세서(620)는 디지털 신호를 처리하는 디지털 시그널 프로세서(digital signal processor(DSP), 마이크로프로세서(microprocessor), TCON(Time controller)으로 구현될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 중앙처리장치(central processing unit(CPU)), MCU(Micro Controller Unit), MPU(micro processing unit), 컨트롤러(controller), 어플리케이션 프로세서(application processor(AP)), 또는 커뮤니케이션 프로세서(communication processor(CP)), ARM 프로세서 중 하나 또는 그 이상을 포함하거나, 해당 용어로 정의될 수 있다. 또한, 프로세서(620)는 프로세싱 알고리즘이 내장된 SoC(System on Chip), LSI(large scale integration)로 구현될 수도 있고, FPGA(Field Programmable gate array) 형태로 구현될 수도 있다.

[0055] 프로세서(620)는 예를 들면 센서 데이터를 확인하고, 제1 지역의 대기질 데이터를 획득하고, 대기질 데이터에 기반하여 데이터 세트를 생성하며, 데이터 세트를 게이트 순환 유닛의 입력으로 하여 제1 지역의 초미세먼지를 추정하는 제1 학습 모델을 생성하고, 제1 학습 모델에 관하여 제2 지역의 초미세먼지를 추정하기 위한 전이 학습을 수행하여 제2 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0056] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 공조 제어를 수행하는 장치의 블록 구성을 나타내는 블록도이다.

[0057] 도 6을 참고하면 공조 제어를 수행하는 장치(700)는 제어부(720), 메모리(710) 를 포함하는 것으로 도시하였으

나 반드시 이에 한정되는 것이 아니다. 예를 들면 제어부(720), 메모리(710)는 각각 물리적으로 독립한 하나의 구성부로서 존재할 수 있다.

[0058] 메모리(710)는 공조 제어를 수행하는 장치(700)에서 제어부(720)의 처리 또는 제어를 위한 프로그램 등 전반의 동작을 위한 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 메모리(710)는 구동되는 다수의 응용 프로그램(Application program), 공조 제어를 수행하는 장치(700)의 동작을 위한 데이터들, 명령어들을 저장할 수 있다. 메모리(710)는 제어부(720)에 포함된 롬(ROM), 램(RAM) 등의 내부 메모리로 구현되거나, 제어부(720)와 별도의 메모리로 구현될 수 있다.

[0059] 제어부(720)는 공조 제어를 수행하는 장치(700)를 전반적으로 제어하기 위한 구성일 수 있다. 구체적으로 제어부(720)는 CPU, 램(RAM), 롬(ROM), 시스템 버스 등을 포함할 수 있다. 제어부(720)는 단일 CPU 또는 복수의 CPU(또는 DSP, SoC)로 구현될 수 있다. 일 실시예로, 제어부(720)는 디지털 신호를 처리하는 디지털 시그널 프로세서(digital signal processor(DSP), 마이크로프로세서(microprocessor), TCON(Time controller)으로 구현될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 중앙처리장치(central processing unit(CPU)), MCU(Micro Controller Unit), MPU(micro processing unit), 컨트롤러(controller), 어플리케이션 프로세서(application processor(AP)), 또는 커뮤니케이션 프로세서(communication processor(CP)), ARM 프로세서 중 하나 또는 그 이상을 포함하거나, 해당 용어로 정의될 수 있다. 또한, 제어부(720)는 프로세싱 알고리즘이 내장된 SoC(System on Chip), LSI(large scale integration)로 구현될 수도 있고, FPGA(Field Programmable gate array) 형태로 구현될 수도 있다.

[0060] 제어부(720)는 예를 들면 소프트 센서에 기반하여 초미세먼지 농도를 추정하고, 초미세먼지 농도가 임계값 이상인 경우, 환기 제어를 수행할 수 있다.

[0061] 한편, 본 명세서와 도면에는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 게시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

[0063] 110: 제1 지역

120: 제2 지역

600: 소프트 센서 생성 장치

610: 메모리

620: 프로세서

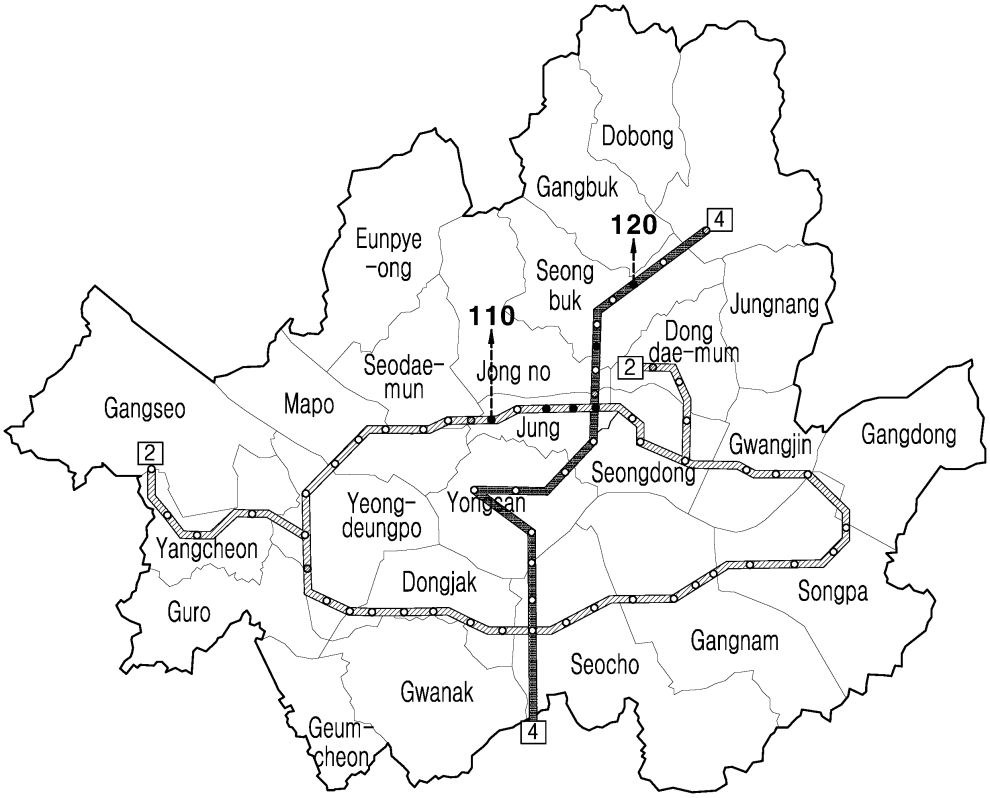
700: 공조 제어를 수행하는 장치

710: 메모리

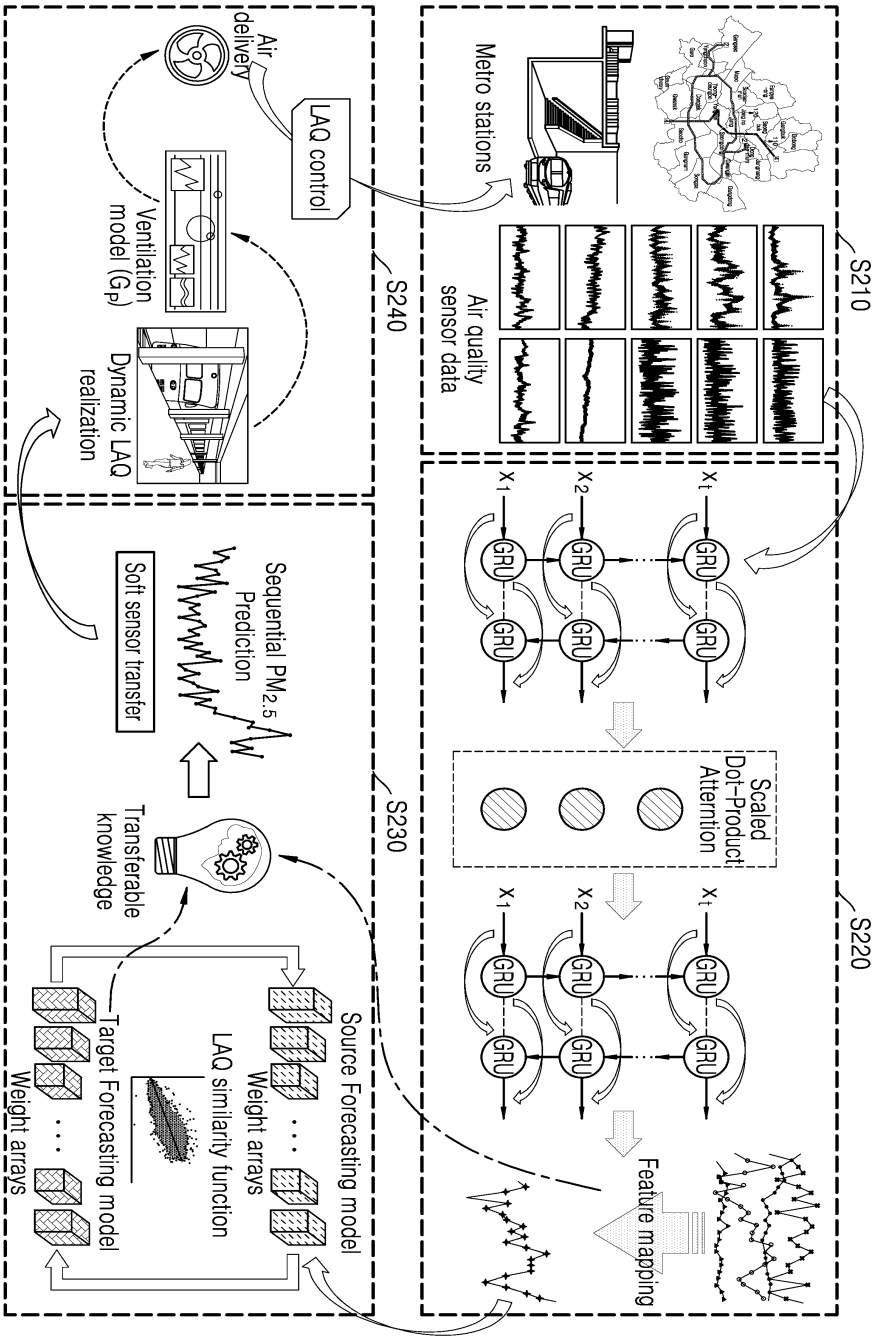
720: 제어부

도면

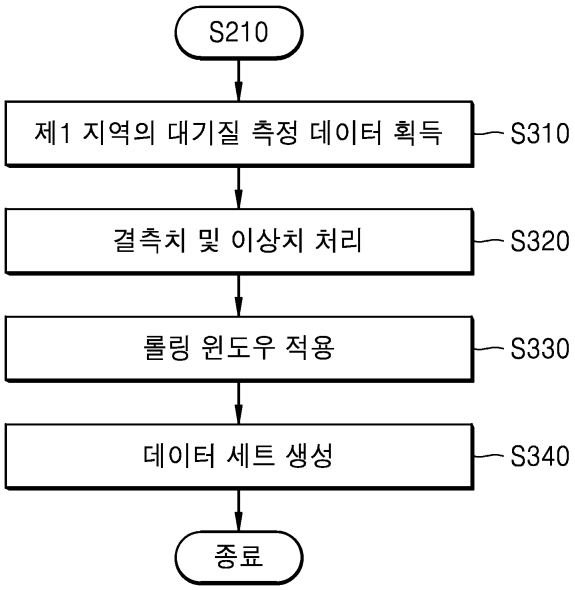
도면1


Dobong
Gangbuk
120
4
Eunpye
-ong
Seong
buk
Jungnang
110
Dong
dae-mum
Seodae-
mun
Jong no
2
Gangseo
Mapo
Jung
Gwangjin
Gangdong
2
Seongdong
Yeong-
deungpo
Yongsan
Yangcheon
Dongjak
Songpa
Guro
Gangnam
Seocho
Gwanak
Geum-
cheon
4

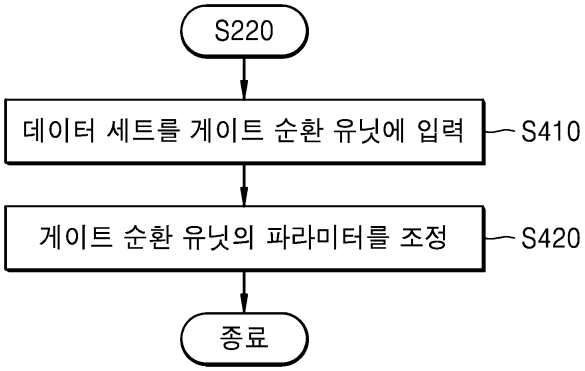
도면2


Metro stations
Air quality sensor data
S210
GRU
Scaled Dot-Product Attention
S220
Feature mapping
Source Forecasting model
Weight arrays
LAQ similarity function
Target Forecasting model
Weight arrays
Transferable knowledge
S230
Sequential PM2.5 Prediction
Soft sensor transfer
Air delivery
LAQ control
Ventilation model (Gp)
Dynamic LAQ realization
S240

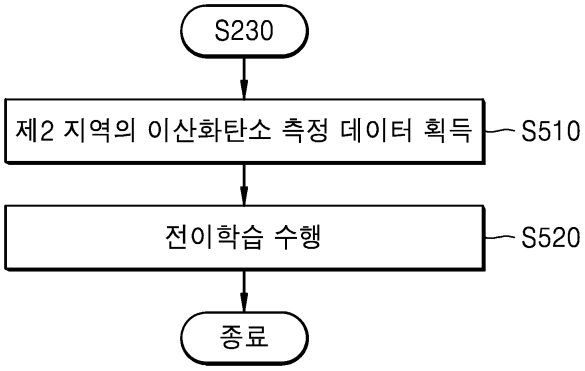
도면3


S210
제1 지역의 대기질 측정 데이터 획득
S310
결측치 및 이상치 처리
S320
롤링 윈도우 적용
S330
데이터 세트 생성
S340
종료

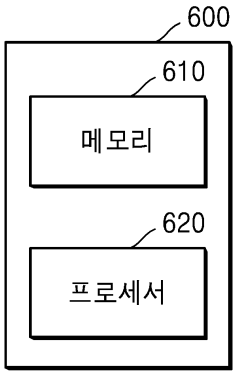
도면4


S220
데이터 세트를 게이트 순환 유닛에 입력
S410
게이트 순환 유닛의 파라미터를 조정
S420
종료

도면5


S230
제2 지역의 이산화탄소 측정 데이터 획득
S510
전이학습 수행
S520
종료

도면6



도면7

