



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0077474
(43) 공개일자 2021년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) G01W 1/10 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
G01W 1/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0169149
(22) 출원일자 2019년12월17일
심사청구일자 2019년12월17일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
장윤
서울특별시 동대문구 정릉천동로 16, 103동 401호
(용두동, 용두두산위브)
손혜숙
경기도 남양주시 화도읍 먹갓로 54-3, 가동 202호
(화도읍, 보아쉐르빌)
김석연
서울특별시 광진구 광나루로38길 63, 102호 (구의동, 현대아트빌라)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

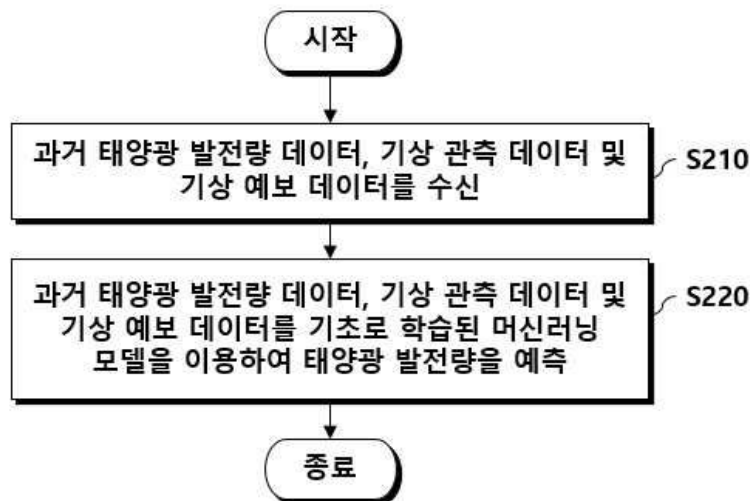
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 태양광 발전량 예측 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치에 의해 수행되는 태양광 발전량 예측 방법에 있어서, 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하는 단계; 및 상기 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 학습된 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하는 단계를 포함하고, 상기 머신러닝 모델은 복수개의 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어와 그 사이에 배치된 반복 벡터(Repeat Vector)를 포함하여 구성되는 것인, 태양광 발전량 예측 방법을 제공하고자 한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2019.01)

G06N 3/08 (2013.01)

Y02E 10/56 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711093726

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기술진흥센터

연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D)

연구과제명 빅데이터 및 AI기반 에너지산업형 분산자원(신재생에너지발전단지) 중개거래 플랫폼

품 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)엘시스

연구기간 2019.04.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

태양광 발전량 예측 장치에 의해 수행되는 태양광 발전량 예측 방법에 있어서,

과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하는 단계; 및

상기 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 학습된 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하는 단계를 포함하고,

상기 머신러닝 모델은 복수개의 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어와 그 사이에 배치된 반복 벡터(Repeat Vector)를 포함하여 구성되는 것인, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 일조량, 지면 온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점 온도, 강수량, 기압, 방위각 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 태양광 발전량과의 상관계수의 크기를 기초로 선정된 일조량, 지면 온도, 습도, 시정을 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 선형보간법을 이용하여 전처리된 것인, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 머신러닝 모델은 텐스(Dense) 레이어를 포함하여 구성된 것인, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 6

태양광 발전량 예측 장치에 있어서,

태양광 발전량 예측 프로그램이 기록된 메모리; 및

상기 메모리에 기록된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는 상기 프로그램의 실행에 따라,

과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하고, 상기 과거 태양광 발전량 데이터, 상기 기상 관측 데이터 및 상기 기상 예보 데이터를 기초로 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하고, 상기 머신러닝 모델은 복수개의 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어와 그 사이에 배치된 반복 벡터(Repeat Vector)를 포함하여 구성되는 것인, 태양광 발전량 예측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 일조량, 지면 온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점 온도, 강수량,

기압, 방위각 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 태양광 발전량 예측 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 태양광 발전량과의 상관계수의 크기를 기초로 선정된 일조량, 지면 온도, 습도, 시정을 포함하는, 태양광 발전량 예측 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 기상 관측 데이터는 선형보간법을 이용하여 전처리된 것인, 태양광 발전량 예측 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 머신러닝 모델은 텐스(Dense) 레이어를 포함하여 구성된 것인, 태양광 발전량 예측 장치.

청구항 11

제1항 내지 제5항 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 구현하기 위한 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명에 따른 태양광 발전량 예측 장치 및 그 방법은 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 태양광 발전량을 예측할 수 있는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가상 발전소(Virtual Power Plant) 시장은 여러 지역에 분산되어 있는 전력 발전소를 통합하여 관리하고, 생산된 전력을 거래하는 시장을 말한다. 태양광 발전은 신 재생 에너지원으로 가상발전소 시장의 주요 전력으로 재생에너지 공급량의 절반 이상을 차지한다. 하지만 태양광 발전은 다른 전력 발전 방식보다 발전량의 편차가 심하고 예측이 어렵기 때문에 분산자원에 대한 거래 안정성이 문제점으로 거론되고 있다.

[0003] 가상발전소 시장의 거래는 다음날의 발전량을 제시하고, 해당하는 시간에 대한 전력을 전달하는 방식으로 이루어진다. 이후 전력거래소는 해당 시간의 전력을 재분배하여 구매자에게 제공한다. 따라서 가상발전소 시장에 태양광 발전된 전력을 원활하게 제공하기 위해서는 다음날 24시간의 발전량을 정확히 예측할 필요가 있다.

[0004] 태양광 발전량 연구에는 ARMA(AutoRegressive Moving Average), RNN(Recurrent Neural Network) 등을 이용하여 기상 데이터의 시계열 구간을 확장하여 학습하고 태양광 에너지 발전량을 예측한 것이 있다. 이 기법들은 머신러닝 모델 학습에 기상 예보 데이터와 같은 파라미터를 추가하기에 어려움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 제2007-056686호(발명의 명칭: 풍속 예측에 근거하는 풍력발전기의 수 시간 선발전 전력 예측 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명에 따른 태양광 발전량 예측 장치 및 그 방법은 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상

예보 데이터를 기초로 머신러닝 모델을 이용하여 미래 24시간 동안의 태양광 발전량을 예측하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치에 의해 수행되는 태양광 발전량 예측 방법에 있어서, 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하는 단계; 및 상기 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 학습된 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하는 단계를 포함하고, 상기 머신러닝 모델은 복수개의 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어와 그 사이에 배치된 반복 벡터(Repeat Vector)를 포함하여 구성되는 것인, 태양광 발전량 예측 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 일조량, 지면 온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점 온도, 강수량, 기압, 방위각 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법을 제공할 수 있다.
- [0009] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 태양광 발전량과의 상관계수의 크기를 기초로 선정된 일조량, 지면 온도, 습도, 시정을 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법을 제공할 수 있다.
- [0010] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 선형보간법을 이용하여 전처리된 것인, 태양광 발전량 예측 방법을 제공할 수 있다.
- [0011] 본 실시예에 있어서, 상기 머신러닝 모델은 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어 및 Dense 레이어를 포함하여 구성된 것인, 태양광 발전량 예측 방법을 제공할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치에 있어서, 태양광 발전량 예측 프로그램이 기록된 메모리; 및 상기 메모리에 기록된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 상기 프로그램의 실행에 따라, 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하고, 상기 과거 태양광 발전량 데이터, 상기 기상 관측 데이터 및 상기 기상 예보 데이터를 기초로 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하는, 태양광 발전량 예측 장치를 제공하고자 한다.
- [0013] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 일조량, 지면 온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점 온도, 강수량, 기압, 방위각 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 태양광 발전량 예측 장치를 제공할 수 있다.
- [0014] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 태양광 발전량과의 상관계수의 크기를 기초로 선정된 일조량, 지면 온도, 습도, 시정을 포함하는, 태양광 발전량 예측 장치를 제공할 수 있다.
- [0015] 본 실시예에 있어서, 상기 기상 관측 데이터는 선형보간법을 이용하여 전처리된 것인, 태양광 발전량 예측 장치를 제공할 수 있다.
- [0016] 본 실시예에 있어서, 상기 머신러닝 모델은 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어 및 Dense 레이어를 포함하여 구성된 것인, 태양광 발전량 예측 장치를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치 및 그 방법은 과거 태양광 발전량, 기상 관측 데이터, 기상 예보 데이터를 입력으로 하는 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발생량을 예측하므로 보다 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치 및 그 방법은 기상 관측 데이터 중 일조량, 지면 온도, 습도, 시정을 포함한 것을 머신러닝 모델의 입력 데이터로 사용하여 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치는 복수의 LSTM 레이어를 포함하는 머신러닝 모델을 구축하고, 이를 통해 태양광 발생량을 예측하므로 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치의 구성을 보여주는 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 태양광 발전량 예측 방법의 순서를 보여주는 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 태양광 발전량 데이터와 기상 관측 데이터 각각의 상관관계 수치를 보여주는 도

면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델의 구성을 보여주는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델에 기상 예보 데이터 입력에 따른 예측 결과 비교를 보여주는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 관측 데이터 각각의 상관관계 우선순위에 따른 태양광 발전량 예측 결과값을 실제값과 비교하여 보여주는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 관측 데이터 각각의 상관관계 우선순위에 따른 태양광 발전량 예측 결과의 오차를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고, 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0022] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0023] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치에 대하여 설명하기로 한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치의 구성을 보여주는 구성도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 장치(100)는 태양광 발전량 예측 프로그램의 실행에 따라 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 학습된 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측할 수 있는 장치이다.
- [0026] 태양광 발전량 예측 장치(100)는 통신 모듈(110), 메모리(120), 프로세서(130), 데이터베이스(DB: 140)를 포함할 수 있다.
- [0027] 통신 모듈(110)은 통신망과 연동하여 태양광 발전량 예측 장치(100)에 통신 인터페이스를 제공하는데, 태양광 발전량 예측 서버와 데이터를 송수신하는 역할을 수행할 수 있다. 여기서, 통신 모듈(110)은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다.
- [0028] 메모리(120)는 태양광 발전량 예측 프로그램이 기록된 것일 수 있다. 또한, 메모리(120)는 프로세서(130)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 여기서, 메모리(120)는 휘발성 저장 매체(volatile storage media) 또는 비휘발성 저장 매체(non-volatile storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0029] 프로세서(130)는 태양광 발전량 예측 장치(100)에서 태양광 발전량 예측 방법 프로그램이 수행하는 전체 과정을 제어할 수 있다. 프로세서(130)가 수행하는 과정의 각 단계에 대해서는 도 2 내지 도 7을 참조하여 후술하기로 한다.
- [0030] 여기서, 프로세서(130)는 프로세서(processor)와 같이 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로서, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0031] 데이터베이스(140)는, 후술할 태양광 발전량 예측 방법 프로그램을 실행하는데 필요한 데이터가 저장된 것일 수

있다. 예를 들어, 데이터베이스(140)에는 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터, 기상 예보 데이터 등 머신러닝 모델을 학습시키기 위한 데이터가 저장될 수 있다.

- [0032] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0033] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 태양광 발전량 예측 방법의 순서를 보여주는 순서도이다.
- [0034] 도 2를 참조하면, 태양광 발전량 예측 방법은 먼저 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 수신하는 단계(S210)가 수행될 수 있다.
- [0035] 여기서 기상 관측 데이터는 일조량, 지면 온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점 온도, 강수량, 기압, 방위각 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0036] 한편, 고도와 방위각은 계산식에 의한 도출된 수치 데이터이므로 데이터의 손실이 없다. 반면에, 나머지 기상 관측 데이터는 기상 현상의 수집 과정에서 데이터의 누락이 발생할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 강수량, 일조량 데이터의 경우 관측값이 0인 데이터가 연속되면 데이터가 누락되는 경우가 있다. 또한, 관측소 유지보수 또는 점검 등에 의해 전체 데이터에 대하여 일시적인 누락이 발생하는 경우가 있다. 따라서 손실된 기상 관측 데이터에 대한 전처리로서 선형보간법을 이용하여 데이터 전처리를 수행하여 안정적인 데이터를 생성할 필요가 있다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 태양광 발전량 데이터와 기상 관측 데이터 각각의 상관관계를 보여주는 도면이다.
- [0039] 도 3을 참조하면, 전처리된 기상 관측 데이터를 이용하여 실제 태양광 발전량과 기상·태양 환경변수와의 관계를 확인하기 위하여 피어슨 상관계수(pearson correlation coefficient)를 비교한 것을 볼 수 있다. 도 3의 상단의 산포도(Scatter Plot)는 피어슨 상관계수로 확인하기 힘든 비선형 관계를 보여준다. 태양광 에너지 발전량의 상관관계를 보면 습도는 음의 상관관계를 가지는 것을 볼 수 있다. 그리고, 일조량, 고도, 지면온도, 시정, 기온은 태양광 발전량과 양의 상관관계를 가지는 것을 볼 수 있다. 그리고, 태양광 발전량과 방위각은 비선형적 관계가 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 상관계수에 따라 기상 관측 데이터의 우선순위를 일조량, 지면온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점온도, 강수량, 기압, 방위각으로 순서로 정하고 각 변수와의 태양광 발전량 예측 결과를 비교할 수 있다.
- [0040] 다음으로 도 2를 참조하면, 과거 태양광 발전량 데이터, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 기초로 학습된 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하는 단계(S220)가 수행될 수 있다.
- [0041] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델의 구성을 보여주는 개략도이다.
- [0042] 도 4를 참조하면, 머신러닝 모델은 LSTM(Long Short Term Memory) 레이어 및 텐스(Dense) 레이어를 포함하여 구성된 것일 수 있다.
- [0043] LSTM은 RNN의 한 종류로서 셀(cell) 안에 게이트를 추가하여 RNN의 장기 의존성(long-term dependencies) 문제를 해결하고, 기계학습에서 더욱 빠른 수렴이 이루어지도록 설계된 순환신경망이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델에는 파이썬(Python), 텐서플로우(TensorFlow), 케라스(Keras)를 이용한 LSTM 레이어와 텐스(Dense) 레이어를 사용했다.
- [0044] 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델은 두개의 LSTM 레이어 사이에 반복 벡터(Repeat Vector)를 추가하여 24시간의 다중단계(Multi-step)의 태양광 발전량을 예측하도록 설계하였다. 이를 통하여 태양광 발전량 예측 일자 이전 3일의 과거 기상 관측 데이터와 기상 예보 데이터, 태양광 발전량 데이터를 입력데이터로 하여 이후 24시간의 발전량 데이터를 예측할 수 있다. 각각의 입력 데이터는 72개씩(3일 x24시간) 구성되며, 입력데이터 변수(기상 관측 데이터)의 차원은 태양광 발전량과의 상관계수의 크기에 따라 데이터 차원을 증가시켜 머신러닝 모델을 학습하고 태양광 발전량의 예측한다.
- [0045] 한편, 태양광 발전량과의 상관관계의 우선순위에 따라 설계된 각각의 머신러닝 모델을 학습하기 위해 1시간 단위의 31일(총 31x24시간) 데이터를 입력데이터로 사용하였다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델의 손실 함수(loss function)를 평균 제곱 오차(mean squared error)로 설정하고 오차를 최소화하도록 학습하였다. 머신러닝 모델 학습에는 러닝 레이트(learning rate)를 0.001로 설정한 RMSProp 옵티마이저(optimizer)를 사용하였다. 그리고, 학습된 머신러닝 모델로 태양광 발전량을 예측한 후, 머신러닝 모델의 성능 평가를 위한 척도로 연속형 변수에 적용 가능한 NRMSE(Normalized Root Mean Squared Error)를 사용하였다. NRMSE의 수식은

아래의 [수학식 1]과 같이 정의된다.

$$NRMSE = \sqrt{\text{mean}((y_{\text{true}} - y_{\text{pred}})^2) / (y_{\text{max}} - y_{\text{min}})}$$

여기서, y_{true} 는 실제 관측된 태양광 발전량 수치이고, y_{pred} 는 머신러닝 모델의 태양광 발전량 예측 결과이다. y_{max} 와 y_{min} 는 각각 태양광 발전량 수치의 최댓값과 최솟값이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝 모델에 기상 예보 데이터 입력에 따른 예측 결과 비교를 보여주는 도면이다.

도 5를 참조하면, 기상 예보 데이터를 입력하거나 입력하지 않은 머신러닝 모델을 비교하여 기상 예보 데이터를 사용한 머신러닝 모델의 성능 향상 여부를 확인할 수 있다. 확인 절차를 위해 사용된 데이터는 머신러닝 모델 학습에 사용하지 않은 3일(총 3x24)의 태양광 발전량과 기온, 강수량, 습도이며 기상 예보 데이터는 기온, 강수량, 습도의 24시간 후의 예보된 수치를 포함할 수 있다. 각각의 예측 결과에 대한 NRMSE 값은 기상 예보를 포함한 경우가 0.1520, 포함하지 않은 경우가 0.1646이다. 이로부터 기상 예보를 포함한 머신러닝 모델의 예측 정확도가 더 높은 것을 확인할 수 있다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 관측 데이터 각각의 상관관계 우선순위에 따른 태양광 발전량 예측 결과값을 실제값과 비교하여 보여주는 도면이다.

그림 6은 머신러닝 모델 학습에 사용하지 않은 입력 데이터로 24시간씩 4일(총 4x24시간)에 대하여 태양광 발전량을 예측한 결과이다. 도 6의 (A)는 태양광 에너지 발전량 데이터와 일조량에 대한 데이터를 학습하여 태양광 발전량을 예측한 결과이다. 도 6의 (B)부터 (L)까지는 각각 이전 단계의 머신러닝 모델을 먼저 입력한 데이터에 지면온도, 습도, 시정, 고도, 기온, 풍향, 풍속, 이슬점온도, 강수량, 기압, 방위각 순서로 데이터를 추가하여 학습한 결과이다. 여기에서, 태양광 발전량 예측 그래프는 실제 측정된 태양광 발전량 그래프와 유사하게 형성되는 것을 볼 수 있다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 기상 관측 데이터 각각의 상관관계 우선순위에 따른 태양광 발전량 예측 결과의 오차를 설명하기 위한 도면이다.

도 7을 참조하면, NRMSE가 낮은 머신러닝 모델은 0.1083의 NRMSE가 산출된 (D) 머신러닝 모델이다. 따라서 앞에서 설정된 우선순위에 따른 최적의 태양광 에너지 발전 상관 요소는 일조량, 지면온도, 습도, 시정으로 확인된다. 그러나 고도 변수가 추가된 머신러닝 모델 (E)에서 NRMSE 값이 증가하고 기온 변수가 추가된 머신러닝 모델 (F)에서 NRMSE 값이 다시 감소하는 양상을 확인할 수 있다. 따라서, 태양광 발전량 예측을 위한 최적의 머신러닝 모델은 과거 태양광 발전량, 기상 관측 데이터 및 기상 예보 데이터를 입력 데이터로 사용한 것이다. 나아가, 기상 관측 데이터는 일조량, 지면온도, 습도, 시정을 포함한 것을 머신러닝 모델의 입력데이터로 사용한 것이 태양광 발전량 예측 정확도가 가장 높은 것을 알 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치 및 그 방법은 과거 태양광 발전량, 기상 관측 데이터, 기상 예보 데이터를 입력으로 하는 머신러닝 모델을 이용하여 태양광 발생량을 예측하므로 보다 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치 및 그 방법은 기상 관측 데이터 중 일조량, 지면온도, 습도, 시정을 포함한 것을 머신러닝 모델의 입력 데이터로 사용하여 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발생량 예측 장치는 복수의 LSTM 레이어를 포함하는 머신러닝 모델을 구축하고, 이를 통해 태양광 발생량을 예측하므로 정확도 높은 태양광 발생량을 예측할 수 있다.

한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 방법은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨

어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0058]

이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0059]

100: 태양광 발전량 예측 장치

110: 통신 모듈

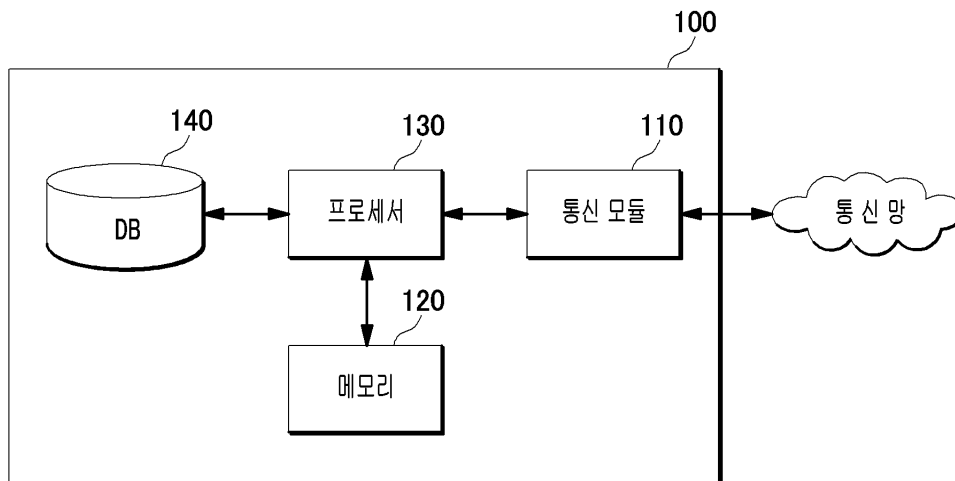
120: 메모리

130: 프로세서

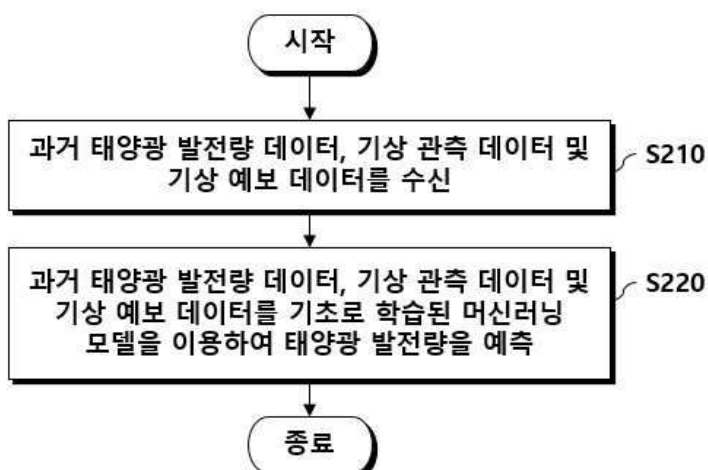
140: 데이터베이스

도면

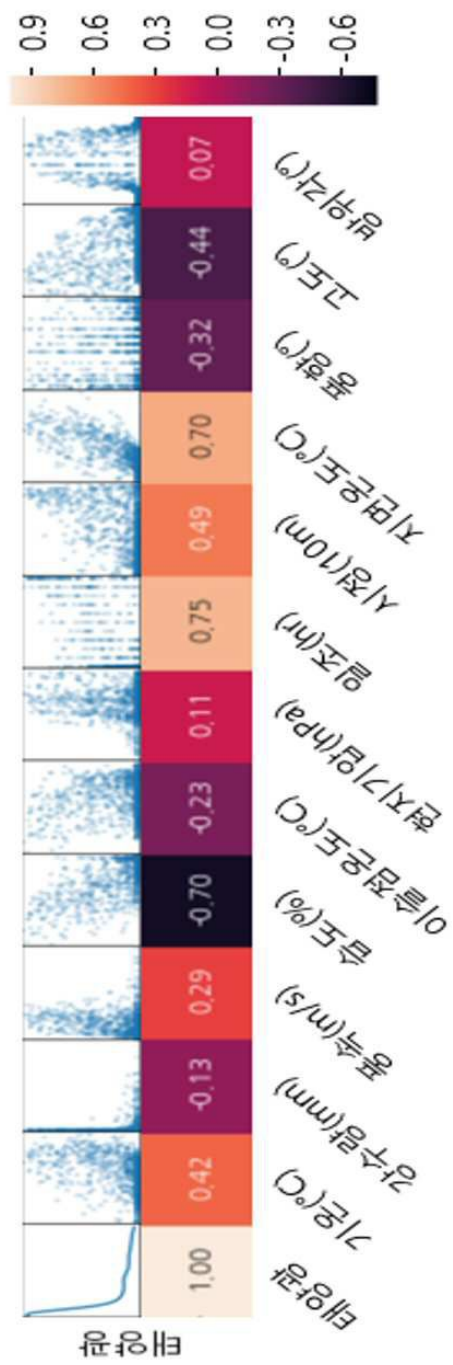
도면1



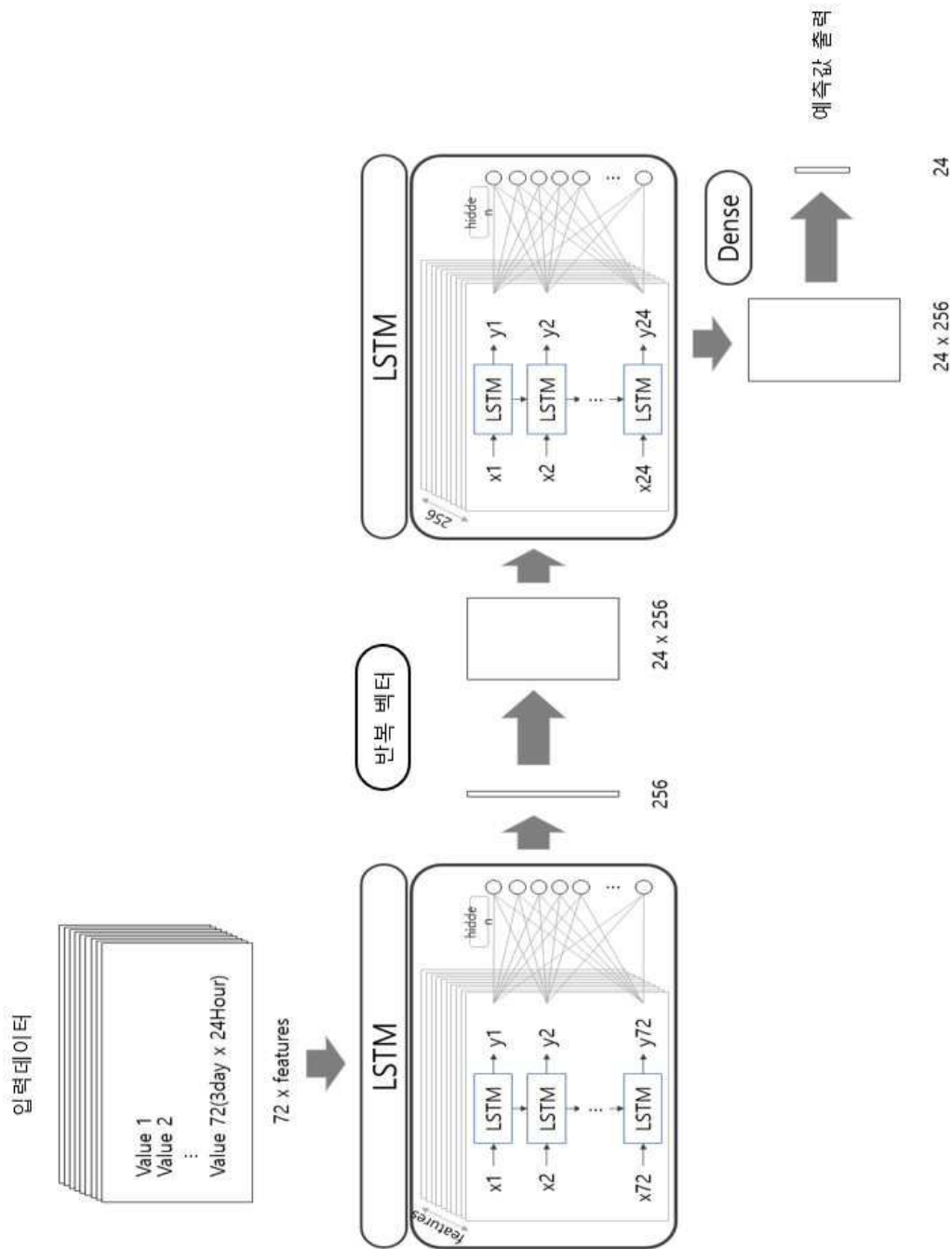
도면2



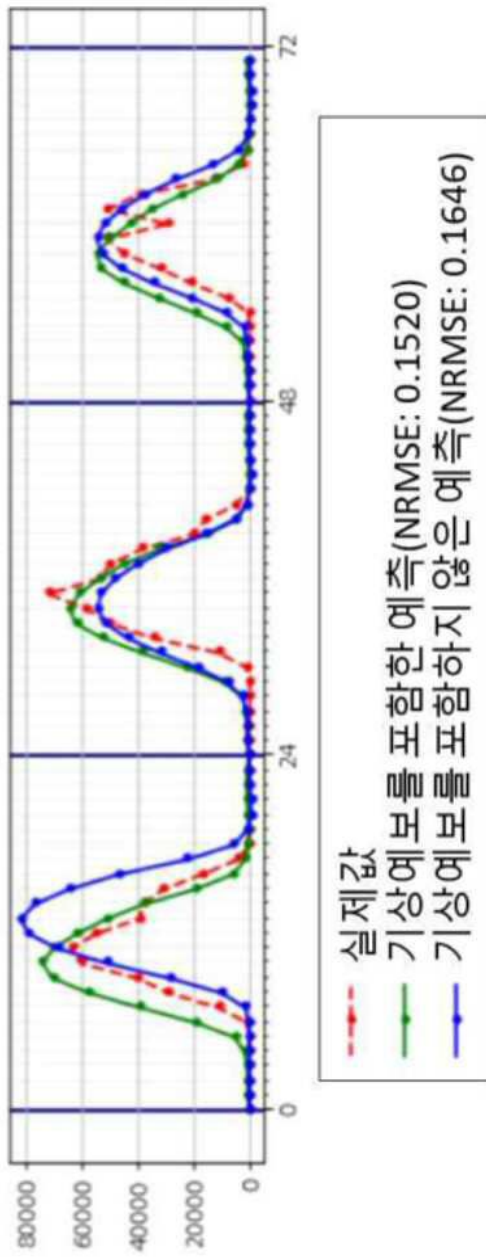
도면3



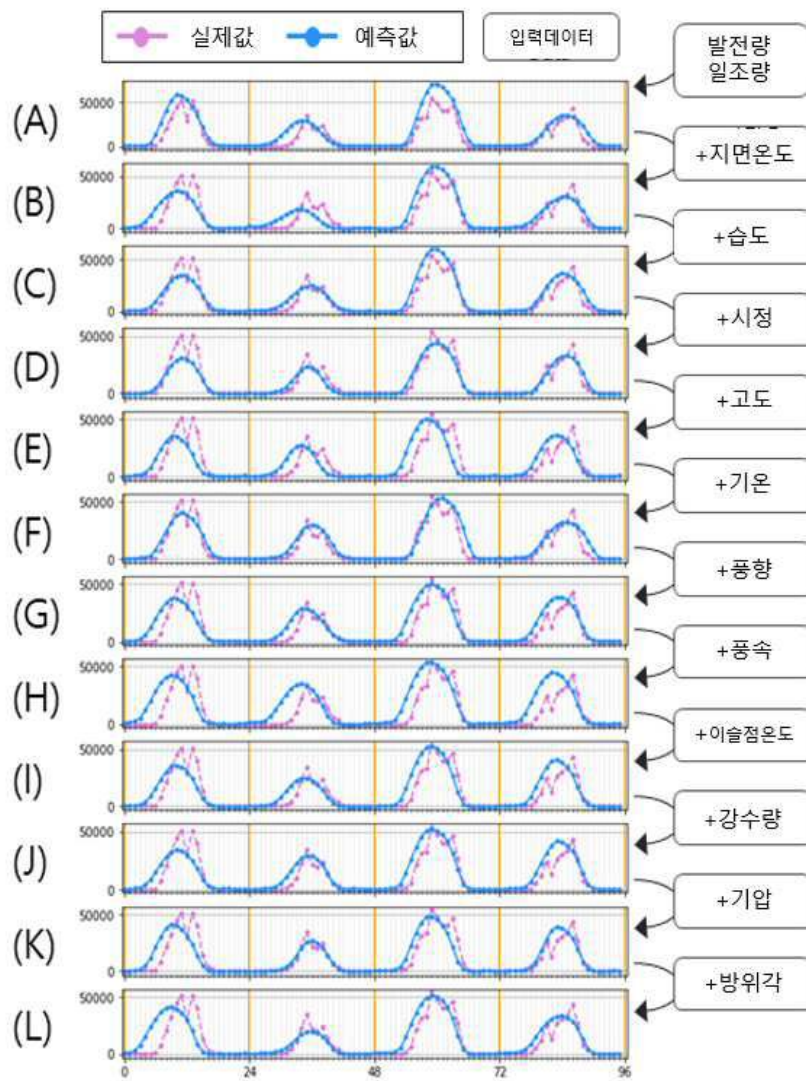
도면4



도면5



도면6



도면7

