(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0023388
(43) 공개일자 2021년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) *G06N 3/08* (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0103506
(22) 출원일자 2019년08월23일
심사청구일자 2019년08월23일

(71) 출원인
주식회사 화성
강원도 강릉시 안현로 152
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
최종두
강원도 강릉시 토성로 39, 107동 1101호 (홍제동, 힐스테이트)
정한수
강원도 강릉시 사천면 샛돌3길 26-29
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이지연

전체 청구항 수 : 총 5 항

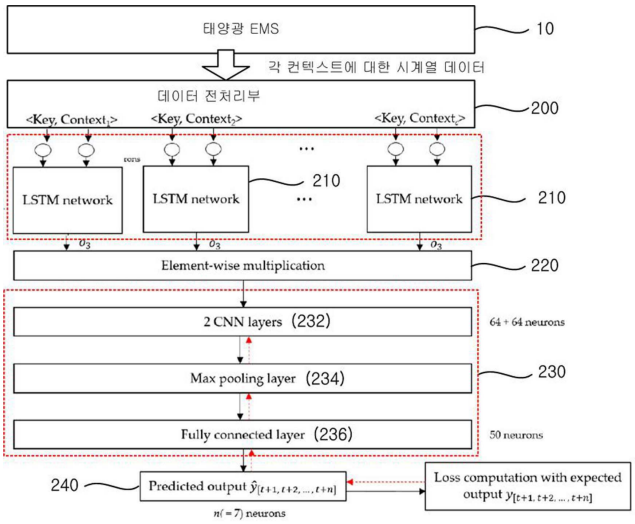
(54) 발명의 명칭 **기계 학습을 기반으로 한 태양광 발전량 예측 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 기계학습을 기반으로 한 실시간 태양광 발전량 예측 시스템에 관한 것이다. 상기 태양광 발전량 예측 시스템은,

태양광 발전 정보를 포함하는 훈련용 데이터들을 전처리하여 사전 설정된 개수의 이변량 데이터들을 추출하는 데이터 전처리 모듈; 각 컨텍스트들에 대한 이변량 데이터들로 이루어지는 훈련용 데이터들을 학습함으로써, 전력량 예측을 위하여 전력량과 주요 컨텍스트 데이터들의 관계를 추출하여 출력하는 LSTM 네트워크들; 상기 LSTM 네트워크들의 출력 정보들을 요소별로 곱셈(element-wise multiplcation)하여 출력하는 결합 모듈; 상기 결합 모듈의 출력 정보를 학습하여 태양광 발전량을 예측하는 CNN 모듈; 상기 CNN 모듈에 의해 예측된 태양광 발전량 예측 정보를 출력하는 예측 정보 출력 모듈;을 구비한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2013.01)
H02J 3/383 (2013.01)
(72) 발명자
이건하
강원도 삼척시 죽동길 41-14
김현석
강원도 강릉시 수문길 52-1(옥천동) 303호
최민희
강원도 강릉시 정원로 53-9 부영아파트 501동 1403호
최원익
인천광역시 연수구 해송로 30번길 20 웰카운티4단지 403동 2301호
김명수
인천광역시 미추홀구 인하로 77번길 28 (새한아파트 다동 202호)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	P0006132
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	광역협력권산업육성사업(지역주도형 R&D)
연구과제명	머신러닝 기반 실시간 주택용 태양광 전력 빅데이터 분석 및 고장 예측 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)화성
연구기간	2018.10.01 ~ 2020.09.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

기계학습을 기반으로 한 실시간 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서,

태양광 발전 정보를 포함하는 훈련용 데이터들이 입력되고, 상기 훈련용 데이터들을 학습함으로써, 전력량 예측을 위하여 전력량과 주요 컨텍스트 데이터들의 관계를 추출하여 출력하는 사전 설정된 개수의 LSTM 네트워크들;

상기 LSTM 네트워크들의 출력 정보들을 요소별로 곱셈(element-wise multiplcation)하여 출력하는 결합 모듈;

상기 결합 모듈의 출력 정보를 학습하여 태양광 발전량을 예측하는 CNN 모듈;

상기 CNN 모듈에 의해 예측된 태양광 발전량 예측정보를 출력하는 예측 정보 출력 모듈;

을 구비하는 것을 특징으로 하는 실시간 태양광 발전량 예측 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 태양광 발전량 예측 시스템은,

태양광 발전 정보를 포함하는 훈련용 데이터들을 전처리하여 사전 설정된 개수의 이변량 데이터들을 추출하고, 상기 추출된 이변량 데이터들을 상기 LSTM 네트워크로 제공하는 데이터 전처리 모듈;을 더 구비하고,

상기 이변량 데이터들은 각각 LSTM 네트워크로 입력되어, 각 LSTM 네트워크는 입력된 이변량 데이터들에 대하여 학습하는 것을 특징으로 하는 실시간 태양광 발전량 예측 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 데이터 전처리 모듈은 전력량 예측을 위하여 사용되는 모든 컨텍스트들에 대해 이변량 데이터들을 추출하는 것을 특징으로 하며,

각 이변량 데이터는 전력량과 단일의 컨텍스트로 구성된 것을 특징으로 하는 실시간 태양광 발전량 예측 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 LSTM 네트워크는

전력량 예측을 위하여 사용되는 컨텍스트의 개수와 동일하게 구비되고,

각 LSTM 네트워크로 <전력량, 컨텍스트>로 구성되는 이변량 데이터가 입력되는 것을 특징으로 하는 실시간 태양광 발전량 예측 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 CNN 모듈은

입력된 정보로부터 Convolution Feature를 추출하는 하나 또는 둘이상의 Convolution Layer;

상기 Convolution Layer에 의해 추출된 특징들을 서브 샘플링(Subsampling)하여 통합하는 통합 계층(Pooling Layer);및

통합 계층에 의해 통합된 특징들을 연결하는 전연결층(Fully Connected Layer);

을 구비하는 것을 특징으로 하는 실시간 태양광 발전량 예측 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기계 학습을 기반으로 한 태양광 발전량 예측 시스템에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 LSTM 모델과 CNN 모델을 이용하여 태양광 발전량을 예측하여 제공하는 기계 학습을 기반으로 한 태양광 발전량 예측 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 화석 연료의 고갈과 환경 보호라는 과제 달성을 위하여 다양한 형태의 신재생 에너지들이 개발되고 있는데, 그 중 하나로 태양광 발전 시스템이 널리 사용되고 있다. 태양광 발전 시스템은 태양 에너지를 전기 에너지로 바꾸고 이를 부하에 공급하거나 변환하여 축전기 등에 저장하도록 구성된다.

[0003] 이러한 태양광 발전 시스템에 있어서, 전력 수요에 대비하여 안정적인 전력 공급을 하기 위하여 태양광 발전량이 정확하게 예측되어야 한다. 따라서, 기상 정보들을 이용한 다양한 형태의 태양광 발전량 예측 방법들이 제안되고 있다.

[0004] 또한, 태양광 발전 시스템에 있어서, 태양광 발전 설비의 고장이나 장애로 인한 태양광 발전량의 손실을 최소화시키기 위하여, 설비의 고장 유무를 실시간으로 진단할 수 있을 뿐만 아니라 더 나아가 설비의 고장을 정확하게 예측할 수 있는 방법들에 대한 수요가 증대되고 있는 실정이다.

[0005] 이에 따라, 본 발명은 기계 학습을 기반으로 한 태양광 발전량 예측을 수행할 수 있는 태양광 발전량 예측 시스템을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제 10-1808047호

(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제 10-1303470호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 기계 학습을 기반으로 한 태양광 발전량을 정확하게 예측할 수 있는 태양광 발전량 예측 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 기계학습을 기반으로 한 실시간 태양광 발전량 예측 시스템은, 태양광 발전 정보를 포함하는 훈련용 데이터들이 입력되고, 상기 훈련용 데이터들을 학습함으로써, 전력량 예측을 위하여 전력량과 주요 컨텍스트 데이터들의 관계를 추출하여 출력하는 사전 설정된 개수의 LSTM 네트워크들; 상기 LSTM 네트워크들의 출력 정보들을 요소별로 곱셈(element-wise multiplcation)하여 출력하는 결합 모듈; 상기 결합 모듈의 출력 정보를 학습하여 태양광 발전량을 예측하는 CNN 모듈; 상기 CNN 모듈에 의해 예측된 태양광 발전량 예측정보를 출력하는 예측 정보 출력 모듈; 을 구비한다.

[0009] 전술한 특징에 따른 태양광 발전량 예측 시스템은, 태양광 발전 정보를 포함하는 훈련용 데이터들을 전처리하여 사전 설정된 개수의 이변량 데이터들을 추출하고, 상기 추출된 이변량 데이터들을 상기 LSTM 네트워크로 제공하는 데이터 전처리 모듈;을 더 구비하고, 상기 이변량 데이터들은 각각 LSTM 네트워크로 입력되어, 각 LSTM 네트워크는 입력된 이변량 데이터들에 대하여 학습하는 것이 바람직하다.

[0010] 전술한 특징에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, 상기 데이터 전처리 모듈은 전력량 예측을 위하여 사용되는 모든 컨텍스트들에 대해 이변량 데이터들을 추출하는 것을 특징으로 하며, 각 이변량 데이터는 전력량과

단일의 컨텍스트로 구성된 것이 바람직하다.

[0011] 전술한 특징에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, 상기 LSTM 네트워크는 전력량 예측을 위하여 사용되는 컨텍스트의 개수와 동일하게 구비되고, 각 LSTM 네트워크로 <전력량, 컨텍스트>로 구성되는 이변량 데이터가 입력되는 것이 바람직하다.

[0012] 전술한 특징에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, 상기 CNN 모듈은, 입력된 정보로부터 Convolution Feature를 추출하는 하나 또는 둘이상의 Convolution Layer; 상기 Convolution Layer에 의해 추출된 특징들을 서브 샘플링(Subsampling)하여 통합하는 통합 계층(Pooling Layer); 및 통합 계층에 의해 통합된 특징들을 연결하는 전연결층(Fully Connected Layer);을 구비하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0013] 전술한 구성을 갖는 태양광 발전량 예측 시스템은, 훈련 데이터들을 <전력량, 컨텍스트>로 이루어지는 이변량 데이터로 변환시킨 후 학습함으로써, 전력량과 주요 컨텍스트 데이터의 관계를 정확하게 추출할 수 있게 된다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 태양광 발전량 예측 시스템은, 컨텍스트의 개수와 동일한 LSTM네트워크들과 CNN 모듈을 결합하여 구성함으로써, 컨텍스트 데이터 변화에 따른 전력량 예측을 보다 정확하게 구현할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템을 전체적으로 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, LSTM 네트워크(210)를 도시한 구조도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, 훈련용 데이터를 이용한 학습 과정을 설명하기 위한 도표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명에 따른 태양광 발전량 예측 시스템은 LSTM 모델과 CNN 모델을 이용하여 태양광 발전량을 정확하게 예측할 수 있도록 한다.

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템을 전체적으로 도시한 블록도이다.

[0019] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템(1)은 태양광 발전량 예측을 수행하기 위한 시스템으로서, 태양광 EMS 시스템(10)으로부터 제공된 데이터들을 이용하여 태양광 발전량을 예측하기 위하여, 데이터 전처리 모듈(200), 복수 개의 LSTM 네트워크들(210), 복수 개의 LSTM 네트워크들의 출력을 결합하는 결합 모듈(220), 결합된 LSTM 네트워크들의 출력을 이용하여 발전량 예측을 학습하는 CNN 모듈(230), 상기 CNN 모듈에 의해 예측된 발전량을 출력하는 예측 발전량 출력 모듈(240)을 구비한다.

[0020] 상기 데이터 전처리 모듈(200)은, 태양광 에너지 관리 시스템인 EMS로부터 입력된 태양광 발전 정보들을 입력받고, 이들로부터 사전 설정된 개수(c)의 컨텍스트들을 추출하고, 이들을 이변량(Bivariate)으로 변환시켜 훈련용 데이터를 완성한다. 상기 훈련용 데이터들을 구성하는 사전 설정된 개수(c)의 컨텍스트(Context)는 최고 온도, 최저 온도, 운량, 일조량, PM2.5 등을 포함하며, 이변량으로 변환된 훈련용 데이터들은 <key, Context> 로 이루어지는데, 그 예로서 <발전량, 최고 온도>, <발전량, 일조량>, <발전량, PM2.5> 등이 된다. 상기 복수 개(c)의 이변량 시퀀스들은 각각 LSTM 네트워크들(210)로 입력된다. 따라서, 상기 이변량 데이터들은 발전량과 컨텍스트로 구성되는 것이 바람직하다.

[0021] 상기 복수(c) 개의 LSTM 네트워크들(210)은 각각 복수 개(l)의 Layer로 구성되며, 모두 컨텍스트들의 개수(c)만큼 구비되며, 각 LSTM 네트워크로는 <key, Context> 가 입력된다.

[0022] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, LSTM 네트워크(210)를 도시한 구조도이다. 도 2를 참조하면, LSTM 네트워크(210)는 복수 개(l)개의 layer로 이루어지며, 학습할 기간에 대응되는 전력량과 컨텍스트로 구성되는 이변량 데이터들이 입력된다. 그리고, 각 LSTM 네트워크에서 전력량과 주요 컨텍스트 데이터의 관계를 추출함에 따라, 컨텍스트의 개수에 대응되는 이변량 시퀀스가 각각의 LSTM 네트워크

를 통해 전력량 예측을 위한 특징을 추출하게 된다.

[0023] 한편, LSTM(Long Short Term Memoty)은 RNN(Recurrent Neural Network)을 확장한 것으로서, 입력의 값을 무조건 스테이트(state)에 반영하지 않고, 정보의 전달량을 조절하는 게이트(gate)를 추가하여 장거리 의존성 반영이 가능하도록 개선된 RNN 구조이다.

[0024] 상기 결합 모듈(220)은 복수 개의 LSTM 네트워크들의 출력들을 결합하는 모듈로서, LSTM 네트워크들의 출력들을 요소별 곱셈(Element-wise multiplication)하여 사전 설정된 행렬로 나타내어 CNN 모듈로 출력하게 된다.

[0025] 상기 컨볼루션 신경망(Convolution Neural Network;CNN) 모듈(230)은, 의미있는 Convolution Feature를 추출하는 하나 또는 둘이상의 Convolution Layer(232), 상기 Convolution Layer에 의해 추출된 특징들을 통합하는 통합 계층(Pooling Layer)(234), 완전하게 연결된 계층(Fully Connected Layer)(236)로 이루어질 수 있다. 본 발명에 따른 시스템에서는 컨볼루션 레이어(232)는 2개의 레이어로 구성하고, 통합 계층(234)은 Max Pooling Layer로 구성하였으나, 시스템의 특성에 따라 다양하게 구성될 수 있을 것이다. 이와 같이 구성된 CNN 모듈(230)은 상기 LSTM 네트워크들의 출력을 이용하여 발전량 예측을 학습하게 된다. 전술한 CNN은 여러 개의 컨볼루션 레이어와 같은 필터를 이용하여 이미지를 처리하게 되는데, 이미지에서 특징들을 추출하여 어떤 의미인지 파악하기 쉽게 만들어 주게 된다.

[0026] 상기 예측 발전량 출력 모듈(240)은 상기 CNN 모듈에 의해 예측된 발전량을 출력하게 된다.

[0027] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양광 발전량 예측 시스템에 있어서, 훈련용 데이터를 이용한 학습 과정을 설명하기 위한 도표이다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 태양광 발전량 예측 시스템은 앞으로의 7일에 대한 태양광 발전량을 예측하기 위하여, 훈련 데이터로 이전 14일의 정보를 사용한다. 14일에 대한 이변량 시퀀스들로 구성되는 훈련 데이터에 대하여, 사전 설정된 기간에 대응되는 윈도우 1(도 3의 빨간 박스)를 설정하고 윈도우 1에 대하여 학습을 수행하게 된다. 다음 윈도우 2(도 3의 파란 박스)는 윈도우 1보다 하루(1-day) 다음날부터 설정하고 윈도우 2에 대하여 학습을 수행하게 된다. 다음 윈도우 3(도 3의 보라 박스)는 윈도우 2보다 하루(1-day) 다음날부터 설정하고 윈도우 3에 대하여 학습을 수행하게 된다.

[0028] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0029] 1 : 태양광 발전량 예측 시스템

200 : 데이터 전처리 모듈

210 : LSTM 네트워크

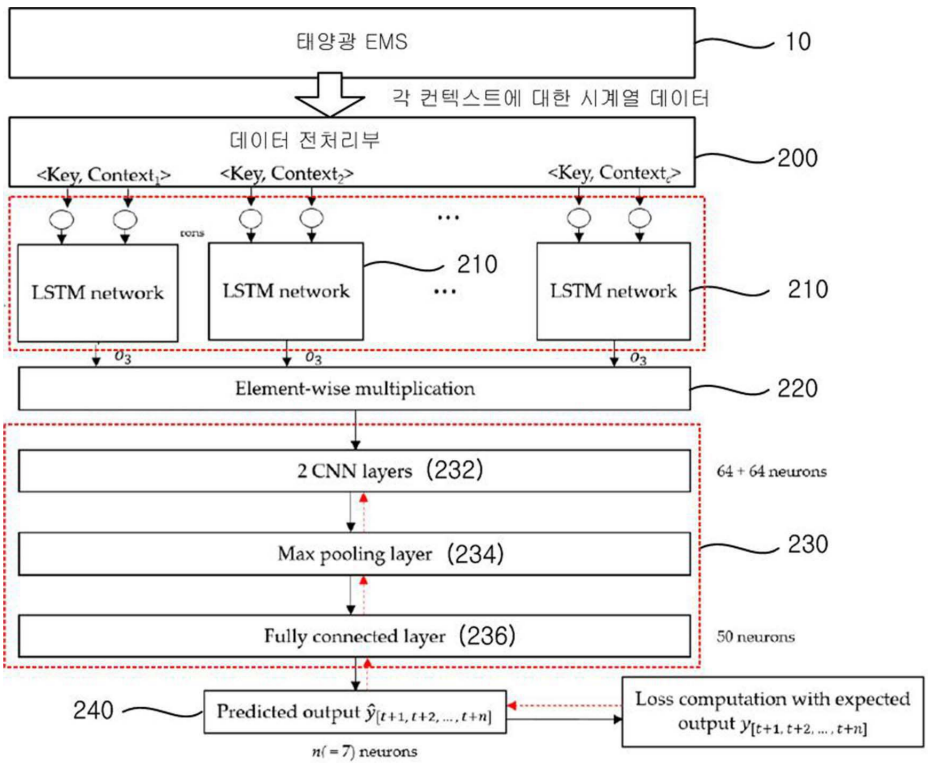
220 : 결합 모듈

230 : CNN 모듈

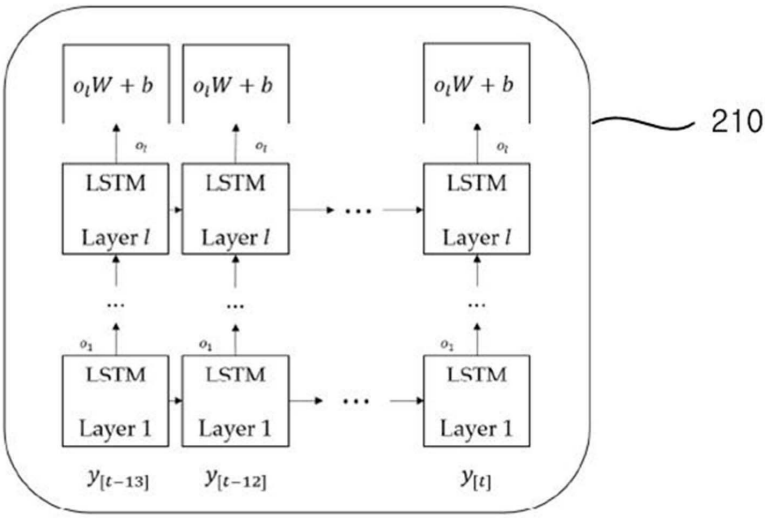
240 : 예측 발전량 출력 모듈

도면

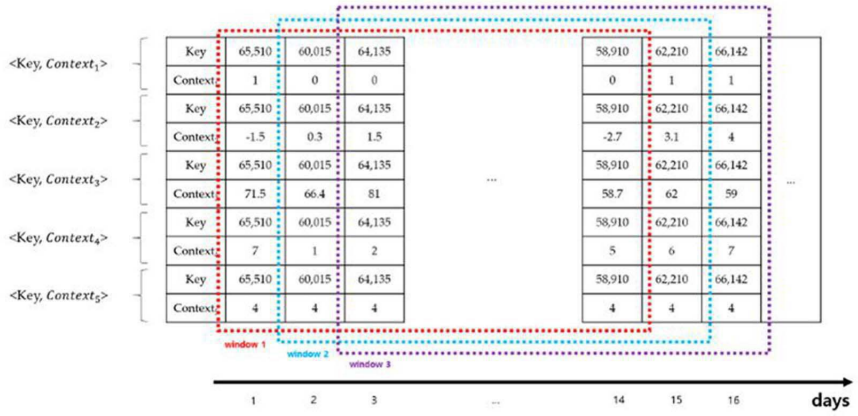
도면1


태양광 EMS
10
각 컨텍스트에 대한 시계열 데이터
데이터 전처리부
200
<Key, Context1>
<Key, Context2>
<Key, Contextc>
LSTM network
LSTM network
LSTM network
210
210
Element-wise multiplication
220
2 CNN layers (232)
64 + 64 neurons
Max pooling layer (234)
230
Fully connected layer (236)
50 neurons
240
Predicted output ŷ[t+1, t+2, ..., t+n]
n(=7) neurons
Loss computation with expected output y[t+1, t+2, ..., t+n]

도면2


oₜW + b
oₜW + b
oₜW + b
LSTM Layer l
LSTM Layer l
LSTM Layer l
LSTM Layer 1
LSTM Layer 1
LSTM Layer 1
y[t−13]
y[t−12]
y[t]
210

도면3


<Key, Context1>
<Key, Context2>
<Key, Context3>
<Key, Context4>
<Key, Context5>
Key
Context
65,510
60,015
64,135
58,910
62,210
66,142
1
0
0
-1.5
0.3
1.5
71.5
66.4
81
58.7
62
59
7
1
2
5
6
4
window 1
window 2
window 3
1
2
3
14
15
16
days