

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0156655

(43) 공개일자 2021년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/00 (2006.01) G06F 30/20 (2020.01)
G06Q 50/06 (2012.01)(52) CPC특허분류
H02J 3/003 (2020.01)
G06F 30/20 (2020.01)

(21) 출원번호 10-2020-0074506

(22) 출원일자 2020년06월18일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전력공사

전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

황인준

서울특별시 성동구 매봉길 15, 108동 1805호 (옥수동, 래미안 옥수 리버젠)

문지훈

서울특별시 성북구 지봉로24길 33, 303호 (보문동5가)

(74) 대리인

특허법인 정안

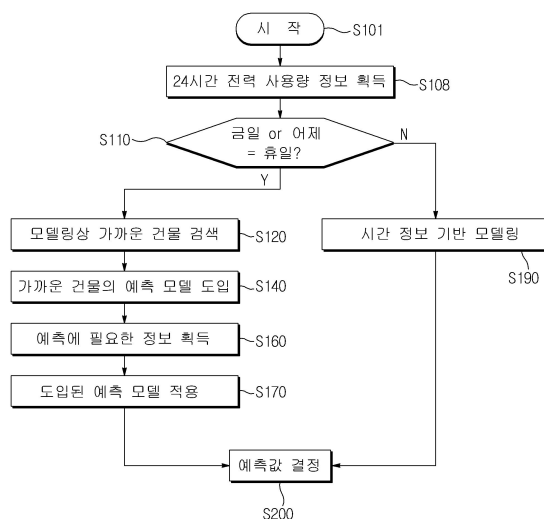
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 전이 학습 기반의 전력수요 예측 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 전이 학습 기반의 전력수요 예측 방법은, 최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 단계; 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하는지 확인하는 단계; 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 단계; 휴일에 속하면 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 단계; 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계; 도입된 예측 모델을 적용하는 단계; 및 모델링된 결과값을 예측값으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2013.01)

H02J 2203/20 (2020.01)

명세서

청구범위

청구항 1

최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 단계;
 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하는지 확인하는 단계;
 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 단계;
 휴일에 속하면 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 단계;
 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계;
 도입된 예측 모델을 적용하는 단계; 및
 모델링된 결과값을 예측값으로 결정하는 단계
 를 포함하는 전이 학습 기반의 전력수요 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 전력 사용량 정보를 수집하는 단계에서는,
 1차원 데이터를 2차원 회전 좌표 데이터로 증강하여 주기성이 반영된 시간 정보에 매칭된 하루치의 전력 사용량 데이터들을 수집하는 전력수요 예측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 가까운 건물을 검색하는 단계에서는, 예측 대상 건물의 예측하고자 하는 시점을 예측하기 위해, 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하여 데이터 수집 시점에서 수집된 예측 대상 건물의 전력 데이터와 다른 건물들의 전력 데이터의 유사도를 계산하는 전력수요 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 시간 정보 기반 모델링을 위한 예측 모델 및 다른 건물의 전력 사용량 예측 모델은, 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델인 전력수요 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계는,
 후보가 되는 모든 건물들에 대하여 유클리드 거리를 구하고, 구해진 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계;
 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하지 않으면 상기 최소인 건물을 제외한 나머지 후보

건물들 중에서 다음 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계; 및
 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하면 해당 건물의 예측 모델을 도입하는 단계
 를 수행하는 전력수요 예측 방법.

청구항 6

대상 건물의 최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 수집부;
 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량
 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 시간 정보 기반 예측부;
 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하면, 소정 기준에 따라 가장 가까운 건
 물을 검색하는 건물 탐색부;
 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 예측 모델 도입부; 및
 도입된 예측 모델을 적용한 모델링을 수행하는 전이 학습 예측부
 를 포함하는 전이 학습 기반의 전력수요 예측 장치.

청구항 7

상기 수집부가 수집한 정보들 및 상기 예측 모델 도입부가 도입한 예측 모델이 저장되는 저장부
 를 더 포함하는 전력수요 예측 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,
 상기 수집부는,
 1차원 데이터를 2차원 회전 좌표 데이터로 증강하여 주기성이 반영된 시간 정보에 매칭된 하루치의 전력 사용량
 데이터들을 수집하는 전력수요 예측 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,
 상기 건물 탐색부는,
 예측 대상 건물의 예측하고자 하는 시점을 예측하기 위해, 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하여 데이
 터 수집 시점에서 수집된 예측 대상 건물의 전력 데이터와 다른 건물들의 전력 데이터의 유사도를 계산하는 전
 력수요 예측 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,
 상기 시간 정보 기반 모델링을 위한 예측 모델 및 다른 건물의 전력 사용량 예측 모델은, 랜덤 포레스트 기반의
 예측 모델인 전력수요 예측 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 예측 모델 학습에 기반한 전력 수요 예측 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 전력수요 패턴을 고려한 랜덤 포레스트 기반의 하이브리드 단기 전력수요 예측 모델을 이용한 전력 수요 예측 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 최근 에너지 수요가 빠르게 증가하면서 전력 부족 현상이 심화되고 있다. 이러한 전력 부족 현상을 해소하기 위해, 발전 및 송배전 시설을 추가 설치함에 따라 사회적 비용이 급증하고 있으며, 전력의 공급확대도 지체되고 있다. 이에 따라, 정부에서도 과거의 공급중심에서 수요관리 중심으로 에너지 정책을 전환하고 있다.
- [0004] 전력의 수요관리란 소비자들의 전력 사용 패턴을 변화시켜 비용은 최소화시키면서 전력수요는 안정적으로 충족시키는 방법이다. 전력의 수요관리는 수요반응과 에너지효율향상으로 나눌 수 있다. 이러한 전력 수요관리를 건물, 가정, 공장에 적용할 경우 그 효과가 크게 나타날 수 있다.
- [0005] 또한, 스마트 그리드에서 에너지관리시스템은 향후 사용자가 소비할 전력 사용량 예측 결과에 기초하여 신재생 에너지, 열병합발전, 에너지저장장치의 운영 계획을 수립하기 때문에 정확한 단기 전력수요 예측이 필수적이다.
- [0006] 인공지능 기법들은 정확한 전력수요 예측을 위해 활용되고 있으나, 다양한 전력수요 패턴이나 비선형적 외부 요인을 효과적으로 학습하여 과적합 문제를 해결하기 위해서는 충분한 데이터양으로 모델 학습을 요구한다.
- [0007] 하지만, 스마트 그리드에서 적용할 신축/증축 건물이나 전력 사용량 데이터가 충분하지 않은 건물에는 충분한 데이터양이 확보되지 않으므로, 인공지능 기법을 사용하여 전력 사용량 예측 모델을 구성하기가 매우 어렵다.
- [0008] 이러한 데이터 부족에 관한 문제를 Cold-Start라고 정의하고 이 문제를 해결하는 것이 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 이는 향후 가까운 미래에는 스마트 그리드 시장의 확대로 건물의 건설, 개조 등으로 인해 새로운 전력 사용량 데이터 셋이 발생할 것으로 예상하기 때문이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록공보 10-1418171호

비특허문헌

- [0011] (비특허문헌 0001) (참고논문 1) Raziur Rahman저, Package 'MultivariateRandomForest' May 1, 2017

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 신축/증축 건물 등 전력 사용량에 대한 데이터가 충분하게 수집되지 않은 사이트의 단기 전력 수요 예측에도 적용할 수 있는 전력수요 패턴을 고려한 전력 수요 예측 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 측면에 따른 전이 학습 기반의 전력수요 예측 방법은, 최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 단계; 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하는지 확인하는

단계; 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 단계; 휴일에 속하면 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 단계; 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계; 도입된 예측 모델을 적용하는 단계; 및 모델링된 결과값을 예측값으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 전력 사용량 정보를 수집하는 단계에서는, 1차원 데이터를 2차원 회전 좌표 데이터로 증강하여 주기성이 반영된 시간 정보에 매칭된 하루치의 전력 사용량 데이터들을 수집할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 가까운 건물을 검색하는 단계에서는, 예측 대상 건물의 예측하고자 하는 시점을 예측하기 위해, 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하여 데이터 수집 시점에서 수집된 예측 대상 건물의 전력 데이터와 다른 건물들의 전력 데이터의 유사도를 계산할 수 있다.

[0017] 여기서, 상기 시간 정보 기반 모델링을 위한 예측 모델 및 다른 건물의 전력 사용량 예측 모델은, 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델일 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계는, 후보가 되는 모든 건물들에 대하여 유클리드 거리를 구하고, 구해진 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계; 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하지 않으면 상기 최소인 건물을 제외한 나머지 후보 건물들 중에서 다음 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계; 및 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하면 해당 건물의 예측 모델을 도입하는 단계를 수행할 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 측면에 따른 전이 학습 기반의 전력수요 예측 장치는, 대상 건물의 최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 수집부; 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 시간 정보 기반 예측부; 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하면, 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 건물 탐색부; 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 예측 모델 도입부; 및 도입된 예측 모델을 적용한 모델링을 수행하는 전이 학습 예측부를 포함할 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 수집부가 수집한 정보들 및 상기 예측 모델 도입부가 도입한 예측 모델이 저장되는 저장부를 더 포함할 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 수집부는, 1차원 데이터를 2차원 회전 좌표 데이터로 증강하여 주기성이 반영된 시간 정보에 매칭된 하루치의 전력 사용량 데이터들을 수집할 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 건물 탐색부는, 예측 대상 건물의 예측하고자 하는 시점을 예측하기 위해, 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하여 데이터 수집 시점에서 수집된 예측 대상 건물의 전력 데이터와 다른 건물들의 전력 데이터의 유사도를 계산할 수 있다.

[0024] 여기서, 상기 시간 정보 기반 모델링을 위한 예측 모델 및 다른 건물의 전력 사용량 예측 모델은, 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델일 수 있다.

발명의 효과

[0026] 상술한 구성의 본 발명의 사상에 따른 전력 수요 예측 방법을 실시하면, 신축/증축 건물 등 전력 사용량에 대한 데이터가 충분하게 수집되지 않은 사이트의 단기 전력 수요 예측을 수행할 수 있는 이점이 있다.

[0027] 본 발명의 전력 수요 예측 방법은, 건물의 위치나 특성을 모르더라도 다양한 건물들의 전력 사용량과 예측 대상 건물의 전력 사용량의 유사도를 비교함으로써 최적의 건물을 선택하여 정교한 예측 모델 구성이 가능한 이점이 있다.

[0028] 본 발명의 전력 수요 예측 방법은, 데이터 정규화를 수행하지 않고 바로 예측값을 도출하기 때문에, 신축/증축 건물 또는 초기 스마트 그리드 설치에 적용하기에 가장 적합한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 사상에 따른 전력수요 예측 방법의 일 실시예를 도시한 흐름도.
- 도 2는 불충분한 전력 데이터를 갖는 건물의 전력 사용량 예측을 위한 학습 시스템 구성을 나타낸 개념도.
- 도 3은 다변량 랜덤 포레스트 기반의 전이 학습 예측 모델을 위한 입력 변수 구성을 나타낸 개념도.
- 도 4a 내지 4d는 전력수요 패턴에 따른 예측 모델 적용을 통한 다시점 시간당 전력수요 예측을 나타낸 그래프들.
- 도 5는 개선된 상기 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계의 구체적인 과정들을 도시한 흐름도.
- 도 6은 본 발명의 사상에 따른 전력수요 예측 장치의 일 실시예를 도시한 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명을 설명함에 있어서 제 1, 제 2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되지 않을 수 있다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결되어 있거나 접속되어 있다고 언급되는 경우는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해될 수 있다.
- [0033] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0034] 본 명세서에서, 포함하다 또는 구비하다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로서, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해될 수 있다.
- [0035] 또한, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0037] 본 발명에서는 Cold-Start 문제를 해결하기 위해, 건물 내에서 주중과 공휴일의 상이한 전력수요 패턴을 고려한 랜덤 포레스트 기반의 하이브리드 단기 전력수요 예측 모델을 개발하였다. 또한, 발명된 모델은 다시점 전력수요 예측이 가능하여 불확실성을 대비할 수 있다.
- [0038] 본 발명은 예측 대상 건물의 전력 데이터가 부족한 경우, 다른 건물들의 충분한 전력 데이터 세트를 활용하는 구체적인 방안을 제안한다. 다른 건물들의 전력 데이터는 지역/용도를 파악할 수 없으므로, 유클리드 거리를 사용하여 가장 유사한 전력수요 패턴을 갖는 건물을 검출하고, 검출한 건물의 전력 데이터를 이용하여 예측 모델을 구성한다. 또한, 예측 대상 건물의 부족한 전력 데이터를 활용하여 예측 모델을 구성한다.
- [0039] 또한, 일반적으로 대한민국의 대다수 건물은 주중과 공휴일의 다른 전력수요 패턴을 가지므로, 각 시점에 적합한 예측 모델의 예측값을 적용하여 다시점 전력수요 예측(1시간 뒤부터 하루 뒤까지)을 수행한다.
- [0040] 본 발명에는 2가지 관점을 결합한 하이브리드 예측 모델을 개발하였으며, 예컨대, 하루치의 전력 사용량에 대한 데이터만 확보할 수 있다고 가정하였을 때의 다음 하루치의 전력 사용량 예측이 가능하다.

[0042] 도 1은 본 발명의 사상에 따른 전력수요 예측 방법의 일 실시예를 도시한 흐름도이다.

[0043] 도시한 전력수요 예측 방법은, 최근(구체적으로는 어제)의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 단계(S108); 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간(구체적으로는, 오늘)이 휴일에 속하는지 확인하는 단계(S110); 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 단계(S190); 휴일에 속하면 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 단계(S120); 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계(S140); 도입된 예측 모델을 적용하는 단계(S170); 및 모델링된 결과값을 예측값으로 결정하는 단계(S200)를 포함할 수 있다.

[0045] 먼저, 전력 사용량 정보를 수집하는 단계(S108)에 대하여 살펴보겠다.

[0046] 도 2는 불충분한 전력 데이터를 갖는 건물의 전력 사용량 예측을 위한 학습 시스템 구성을 나타낸 것이다.

[0047] 도시한 바와 같이, 크게 학습 집합(Training Set)(좌측 블록)에서 수행하는 전이 학습(Transfer Learning) 모델 구성부와 평가 집합(Test Set)(우측 블록)에서 수행하는 불충분한 전력 데이터를 활용한 예측 모델 구성부로 이루어진다.

[0048] 먼저 평가 집합에서 수행하는 예측 모델 구성부에서는, 예측 대상 건물의 전력 데이터는 하루치만 있다고 가정 하므로, 이를 고려한 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델(19)의 입력 변수를 구성한다. 여기서 하루치의 전력 데이터에서 고려할 수 있는 요소는 시간 정보뿐이므로, 하기 수학적 식 1 및 수학적 식 2와 같이 시간 정보만을 이용하여 예측 모델(19)을 위한 입력 변수로 고려한다. 즉, 전력 사용량 정보를 수집하는 단계(S108)에서는 시간 정보에 매칭된 하루치의 전력 사용량 데이터들을 획득할 수 있다.

수학적 식 1

[0049]
$$hour_x = \sin((360/24) \times hour)$$

수학적 식 2

[0050]
$$hour_x = \cos((360/24) \times hour)$$

[0051] 전이 학습은 데이터 부족 문제를 해결하는 방법의 하나이며, 신축 건물이나 전력 사용량 데이터가 충분하지 않은 건물의 예측 모델을 구성하기 위해 전력 데이터가 충분한 다른 건물들의 데이터를 사용하여 예측 모델을 학습한다. 예측 대상 건물의 전력 데이터와 학습에 사용하는 건물의 전력 데이터가 유사할수록 우수한 성능을 보여준다.

[0052] 학습 집합에서 수행하는 예측 모델 구성부에서는, 예측 대상 건물의 전력 데이터뿐만 아니라 다른 건물의 충분한 전력 데이터를 가지고 있으므로, 더욱 다양한 특성을 반영하여 전이 학습 기반의 예측 모델을 구성할 수 있다.

[0053] 이를 위해, 시간 정보와 과거 전력 사용량을 입력 변수로 구성하며, 시간 정보는 상기 수학적 식 1, 2와, 하기 수학적 식 3 내지 10을 적용하여 1차원 데이터를 2차원 데이터로 증강하여 주기성을 반영할 수 있다.

수학적 식 3

[0054]
$$Day_x = \sin((360/LDM) \times Day)$$

수학적 식 4

[0055]
$$Day_y = \cos((360/LDM) \times Day)$$

수학식 5

$$Week_x = \sin((360/WN) \times Week)$$

수학식 6

$$Week_y = \cos((360/WN) \times Week)$$

수학식 7

$$Month_x = \sin((360/12) \times Month)$$

수학식 8

$$Month_y = \cos((360/12) \times Month)$$

수학식 9

$$DayoftheWeek_x = \sin((360/7) \times DayoftheWeek)$$

수학식 10

$$DayoftheWeek_y = \cos((360/7) \times DayoftheWeek)$$

상기 수학식 3 및 4에 제시된 LDM 은 해당 월의 마지막 일을 나타내며, 상기 수학식 5 및 6에 제시된 WN 은 ISO 8601 기준의 주(Week) 순서를 나타낸다.

공휴일은 토요일, 일요일, 공휴일을 뜻하며, 평일과 서로 다른 전력수요 패턴을 보이므로, 더미변수(Dummy Variable)로 나타내어 해당 날짜는 1, 그렇지 않으면 0으로 특성을 반영한다. 또한, 하루 전 전력 사용량은 하루 전 요일, 공휴일 여부와 함께 예측 대상 건물에 대한 전력 사용량 추세를 효과적으로 반영하기 위해 입력 변수로 사용한다.

도 3은 다변량 랜덤 포레스트 기반의 전이 학습 예측 모델을 위한 입력 변수 구성을 나타낸 개념도이다.

본 발명의 목표는 불확실성에 대비하기 위해 다시점 전력수요 예측을 수행하는 것으로, 현재 시점에서 향후 24 시점을 예측한다. 그래서, 도 3과 같이 각 시점의 입력 변수를 모두 병합하고 이를 통해 다변량 랜덤 포레스트(Multivariate Random Forests) 기반의 예측 모델을 학습한다.

다음, 상기 가까운 건물을 검색하는 단계(S120)에 대하여 살펴보겠다.

- [0069] 상기 가까운 건물을 검색하는 단계(S120)에서는, 예측 대상 건물의 예측하고자 하는 시점을 예측하기 위해, 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하여 데이터 수집 시점(하루치)에서 수집된 예측 대상 건물의 전력 데이터와 다른 건물들의 전력 데이터의 유사도를 계산할 수 있다.
- [0070] 이후, S140 단계 내지 S170 단계에 의해, 결과적으로 가장 유사도가 높은 건물의 예측 모델에서 예측 대상 건물에 해당하는 입력 변수를 입력하여 도출된 예측값을 토대로 다시점 전력 사용량을 예측하게 된다.
- [0071] 도 4a 내지 4d는 전력수요 패턴에 따른 예측 모델 적용을 통한 다시점 시간당 전력수요 예측을 나타낸 그래프이다. 여기서, Case 1은 시간 정보만을 이용한 예측 모델이며, Case 2는 전이 학습 기반의 예측 모델이다.
- [0072] 본 발명에서는 도 4a 내지 4d와 같이 주중과 공휴일 2가지 관점을 고려하여 현재 시점이나 예측 시점이 주말일 때에는 전이 학습 기반의 예측 모델을 적용하고, 현재 시점과 예측 시점 모두 평일일 때에는 시간 정보만을 이용한 예측 모델을 적용한 하이브리드 예측 방식으로 구성된다.
- [0074] 상기 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 단계(S190)에서는, 예컨대, 시간에 대한 $Hour_x$ 와 $Hour_y$ 의 입력 변수 (예: 수학적 식 3, 4)를 만들고, 이 두 개의 변수와 해당 시점의 전력 사용량만을 고려하여 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델을 구성할 수 있다.
- [0075] 랜덤 포레스트는 다수의 투표로 새 인스턴스를 분류하는 서로 다른 의사결정 나무를 결합한 앙상블 학습 방법으로서, 각 의사결정 나무 노드는 원래 특성 세트에서 임의로 선택된 속성의 하위 세트를 사용한다. 랜덤 포레스트는 많은 양의 데이터를 효과적으로 처리할 수 있으므로 단기 전력수요 예측 분야에서 높은 예측 성능을 보인다.
- [0077] 상기 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계(S140) 및 도입된 예측 모델을 적용하는 단계(S170)는, 해당 건물의 전력 사용량 예측 서버로부터 해당 모델에 대한 정보를 입력받아, 내부에 도입된 전력 사용량 예측 모델을 설치(SW적으로 생성)하는 방식으로 구현되거나, 단순히, 해당 건물의 전력 사용량 예측 서버로 대상 건물에 대한 하루치 전력 사용량 정보를 제공하면서 전력 사용량 모델링 및/또는 예측을 의뢰하는 방식으로 수행될 수 있다. 상기 도 2에서는 전력 사용량 모델링 및/또는 예측을 의뢰하는 방식의 시스템 구성을 도시하였다.
- [0078] 상기 도입된 예측 모델을 적용하는 단계(S170)에서는, 상기 S108 단계에서 수집된 정보를 도입된 예측 모델에 입력하는 것이 일반적이지만, 경우에 따라서는, 도입된 예측 모델이 해당 장소의 기상 예보 정보 등 추가 정보를 요구할 수도 있다. 이러한 구현의 경우, 도입된 예측 모델을 사용한 예측에 필요한 대상 건물의 정보를 획득하는 단계(S160)를 더 포함할 수 있다. 구현에 따라 상기 S160 단계에서는 대상 건물에 대한 정보를 수집할 뿐만 아니라, 가장 가까운 건물의 정보를 차용할 수도 있다.
- [0080] 도 2에서 다른 건물들을 위한 예측 모델들(41 ~ 4N)도 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델인 것이 바람직하다. 그러나, 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델인 경우에도, 입력 변수에 약간의 차이가 있을 수 있으며, 그에 따라 상기 S170 단계에서기 도입된 예측 모델에 필요한 입력 변수를 대상 건물에 대해서 얻을 수 없어, 모델링이 불가능할 수도 있다.
- [0081] 도 5는 이러한 사정을 감안하여 개선된 상기 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 단계(S140)의 구체적인 과정들을 도시한다.
- [0082] 도시한 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 방법은, 후보가 되는 모든 건물들에 대하여 유클리드 거리를 구하고, 구해진 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계(S140); 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하지 않으면 상기 최소인 건물을 제외한 나머지 후보 건물들 중에서 다음 유클리드 거리가 최소인 건물을 선정하는 단계(S145); 및 선정된 건물의 예측 모델의 입력 변수가 대상 건물에 적합하면 해당 건물의 예측 모델을 도입하는 단계(S146)를 수행할 수 있다.
- [0084] 도 6은 본 발명의 사상에 따른 전력수요 예측 장치의 일 실시예를 도시한 블록도이다.
- [0085] 도시한 전력수요 예측 장치(100)는, 대상 건물의 최근의 하루 이내의 기간의 전력 사용량 정보를 수집하는 수집

부(110); 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하지 않으면, 상기 수집된 전력 사용량 정보로 시간 정보 기반 모델링을 수행하는 시간 정보 기반 예측부(190); 상기 전력 사용량 정보를 수집된 기간 또는 예측 대상 기간이 휴일에 속하면, 소정 기준에 따라 가장 가까운 건물을 검색하는 건물 탐색부(120); 상기 검색된 건물의 전력 사용량 예측 모델을 도입하는 예측 모델 도입부(140); 및 도입된 예측 모델을 적용한 모델링을 수행하는 전이 학습 예측부(170)를 포함할 수 있다.

[0086] 구현에 따라, 상기 수집부(110)가 수집한 정보들 및 도입된 예측 모델에 대한 SW가 저장되는 저장부를 더 포함할 수 있다.

[0087] 구현에 따라, 상기 수집부(110)는 전력 사용량 정보 뿐만 아니라, 전력수요 예측을 위해 필요한 다른 정보들(예: 해당 장소의 기상 예상 정보)을 더 수집할 수 있다.

[0089] 스마트 그리드 운영에서, 에너지 관리 시스템은 신축 건물이 건축된 지 하루 뒤에는 그 날 전력 사용량과 해당 시간 정보를 수집할 수 있다. 일반적으로 예측 모델을 구성할 때에는 시간 정보, 기상 정보, 과거 전력 사용량을 사용하나, 기상 정보는 모르는 환경이라고 가정하며 하루치의 전력 사용량만을 이용하여 모델을 학습하기 때문에 과거 전력 사용량 데이터도 알 수 없는 경우도 존재한다. 예를 들어, 해당 건물의 전력 사용량 수집 기간이 6월 14일 오전 11시부터 6월 15일 오전 10시까지라면 6월 14일 오전 11시 이전의 전력 사용량은 모르거나 없을 수 있다.

[0090] 그래서, 상기 수집부(110)는, 최소로 시간 정보만을 수집할 수 있는데, 월, 일, 요일, 공휴일 등은 어느 정도의 기간을 두고 데이터를 수집하면 주기성을 반영할 수 있지만 단 하루 치의 데이터밖에 없을 때는 시간(Hour) 정보로만 구성할 수밖에 없다.

[0091] 상기 시간 정보 기반 예측부(190)는, 이렇게 수집된 시간 즉 24시간(24개의 데이터 튜플)만을 가지고 예측 모델을 구성하는데, 예컨대, 상기 수학식 3과 4를 사용하여 시간에 대한 $Hour_x$ 와 $Hour_y$ 의 입력 변수를 만들고, 이 두 개의 변수와 해당 시점의 전력 사용량만을 고려하여 랜덤 포레스트 기반의 예측 모델로서 시간 정보 기반의 예측 모델을 구성할 수 있다.

[0092] 랜덤 포레스트는 다수의 투표로 새 인스턴스를 분류하는 서로 다른 의사결정 나무를 결합한 앙상블 학습 방법입니다. 각 의사결정 나무 노드는 원래 특성 세트에서 임의로 선택된 속성의 하위 세트를 사용한다.

[0093] 상기 전이 학습 예측부(170)는 전이 학습 기반의 예측 모델은 충분한 전력 사용량과 시간 정보를 가지고 있는 다양한 건물들의 데이터를 활용한다. 그렇기 때문에 과거 전력 사용량과 시간 정보를 이용하여 예측 모델을 구현할 수 있다. 예컨대, 상기 전이 학습 예측부(170)는 전이 학습 예측 모델을 구성하기 위해, 15가지의 입력 변수를 고려하며 상기 수학식 3 내지 10을 이용한 입력 변수를 구성할 수 있다.

[0094] 여기서, 공휴일은 해당 일은 1 그렇지 않으면 0으로 입력 변수를 구성하며, 과거 전력 사용량 패턴을 반영하기 위해, 하루 전의 전력 사용량과 공휴일 정보(상기 수학식 9 및 10) 및 휴일 정보를 반영하였으며, 예측 시점에 해당하는 입력 변수 15개는 하기 표 5와 같다.

표 1

No.	Input variable	Variable type
1	$Hour_x$	Continuous [-1, 1]
2	$Hour_y$	Continuous [-1, 1]
3	Day_x	Continuous [-1, 1]
4	Day_y	Continuous [-1, 1]
5	$Week_x$	Continuous [-1, 1]
6	$Week_y$	Continuous [-1, 1]
7	$Month_x$	Continuous [-1, 1]
8	$Month_y$	Continuous [-1, 1]
9	$Day_of_the_Week_x$	Continuous [-1, 1]
10	$Day_of_the_Week_y$	Continuous [-1, 1]
11	$Holiday$	Binary [1: Holiday, 0: Weekday]
12	$Electric_Load_{D-1}$	Continuous
13	$Day_of_the_Week_{x,D-1}$	Continuous [-1, 1]
14	$Day_of_the_Week_{y,D-1}$	Continuous [-1, 1]
15	$Holiday_{Day-1}$	Binary [1: Holiday, 0: Weekday]

[0095]

[0096]

또한, 한 시점만 예측하는 것이 아니라 여러 시점을 동시에 예측하기 때문에 현재 시점의 다음 시점의 데이터(1시간 뒤)뿐만 아니라 하루 뒤(24시간 뒤)까지의 데이터를 모두 결합하여 입력 변수를 구성할 수 있다. 예컨대, 한 시간 뒤 시점의 입력 변수 15개부터 하루 뒤 입력 변수 15까지 모두 하나의 입력 변수로 구성하였으며, 그리하여 총 360개의 입력 변수를 구성할 수 있다.

[0098]

본 발명에서는 수집된 정보로 해당 건물(예측 대상 건물)에 대한 입력 변수를 구성하고, 다변량 랜덤 포레스트(Multivariate Random Forests)를 이용하여 충분한 데이터를 보유한 건물의 예측 모델을 도입하고자 한다.

[0099]

학습된 모델들이 여러 개가 있다고 가정할 때, 상기 건물 탐색부(120)는 대상 건물의 하루 전력 사용량과 다른 건물들의 전력 사용량을 비교하여 가장 유사한 전력 사용량의 패턴을 갖는 건물을 검색하는데, 이를 위해, 하기 수학적 식 11에 따른 유클리드 거리를 사용할 수 있다.

수학적 식 11

$$d(p, q) = d(q, p) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}$$

[0100]

[0101]

유클리드 거리는 두 점 사이의 거리를 계산하는 일반적인 방법이다. 이 거리는 유클리드 공간을 정의하는 데 사용할 수 있으며, 해당 표준을 유클리드 표준이라고 한다. 유클리드 n 공간에 점 $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ 과 $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ 이 있는 데카르트 좌표계에서 두 점 p , q 사이의 거리는 위의 식을 사용하여 산출하는 것이다.

[0102]

즉, 실수 선의 두 점 사이의 거리는 좌표의 숫자 차이의 절대값이다. 점의 좌표를 직교 좌표로 식별하는 것이 일반적이며, 두 점 p , q 가 동일한 경우 거리는 0이다. 앞에서 언급했듯이 대상 건물의 24시간의 전력 사용량만

을 알고 있다고 가정하므로, n 은 24이다. 그리고 p , q 는 해당 건물과 빅 데이터를 가진 다른 건물의 전력 사용량들이다. 여기서 가장 0이랑 가까운 건물을 선택하며, 이는 가장 유사한 전력 사용량 패턴을 가진 건물이라고 결정한다.

[0103] 상기 예측 모델 도입부(140)는 가장 유사한 패턴을 가진 건물의 전력 사용량 예측 모델을 위의 330개의 입력 변수를 이용하여 다변량 랜덤 포레스트를 이용하여 예측 모델을 생성할 수 있다. 다변량 랜덤 포레스트는 다변량 결과(즉, 1시간 뒤부터 24시간 뒤까지의 모든 전력 사용량)의 결과를 제공할 수 있으며, 시간 정보만 고려한 랜덤 포레스트 모델에 대한 부트스트랩 리샘플링 및 예측자 서브 샘플링을 통해 다변량 회귀 나무의 앙상블을 생성하므로, 다중(다시점) 예측에 대한 우수한 예측 성능을 나타낸다.

[0104] 상기 전이 학습 예측부(170)는, 다변량 랜덤 포레스트로 구성된 예측 모델에 해당 건물에 대한 24시간 정보(즉, 해당 건물의 예측 시점에 대한 330개의 입력 변수)를 입력하면 유사한 전력 사용량 패턴을 가진 건물의 다변량 랜덤 포레스트 예측 모델은 24개의 예측값을 도출할 수 있다.

[0105] 이렇게 총 2가지의 예측 모델(시간 정보 기반의 랜덤 포레스트 모델, 전이 학습 기반의 다변량 랜덤 포레스트 모델)을 개발하였지만, 일반적인 건물의 주중 전력 사용량 패턴과 주말의 전력 사용량 패턴은 상이하기 때문에, 2가지 경우를 고려하여 각기 다른 예측 모델이 적용된다.

[0106] 먼저 예측 시점과 예측 시점의 전날이 모두 평일일 때에는 상기 시간 정보 기반 예측부(190)에 의해 각 예측 시점에 대해 시간 정보 기반의 랜덤 포레스트 예측 모델이 적용된다. 다음으로 각 예측 시점과 예측 시점의 전날 중 하나가 공휴일 일 때에는 상기 전이 학습 예측부(170)에 의해 전이 학습 기반 다변량 랜덤 포레스트 모델이 적용된다.

[0107] 예를 들어, 해당 건물의 데이터가 화요일 5시부터 수요일 4시까지 수집되었다면 목표는 수요일 5시부터 목요일 4시까지 예측이 목표인 데, 이때에는 시간 정보 기반의 예측 모델을 적용될 것이다. 또한, 해당 건물의 데이터가 목요일 5시부터 금요일 4시까지 수집되었다면 목표는 금요일 5시부터 토요일 4시까지의 예측이 목표인데, 이때에는 금요일 5시부터 11시까지는 시간 기반 예측 모델 토요일 12시부터 토요일 4시까지는 전이 학습 예측 모델을 적용될 것이다. 마지막으로 일요일 5시부터 월요일 4시까지의 데이터가 수집되어 월요일 5시부터 화요일 4시까지 예측이 목표라면 월요일 5시부터 11시까지는 전이 학습 예측 모델을 사용하고 화요일 12시부터 오후 4시까지는 시간 기반 예측 모델을 적용하여 예측을 수행한다.

[0108] 상술한 바에 따르면, 신축 건물 또는 스마트 그리드 설치가 얼마 되지 않은 건물에 대한 정확한 전력 사용량을 예측할 수 있다.

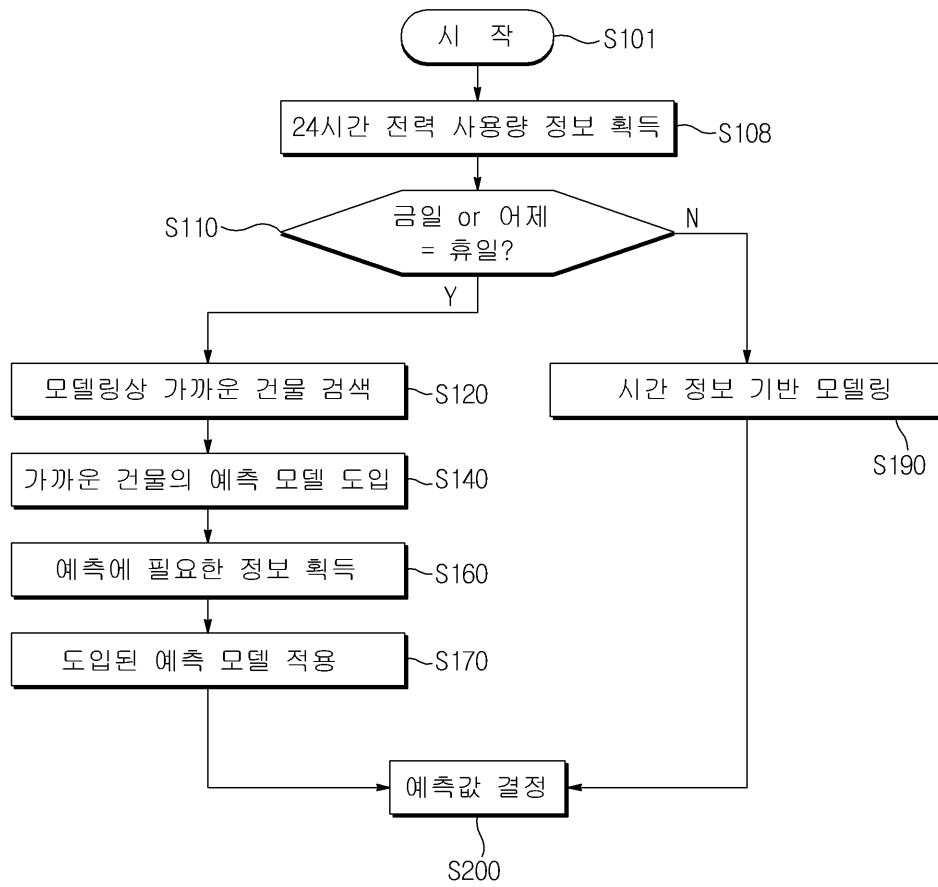
[0110] 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있으므로, 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

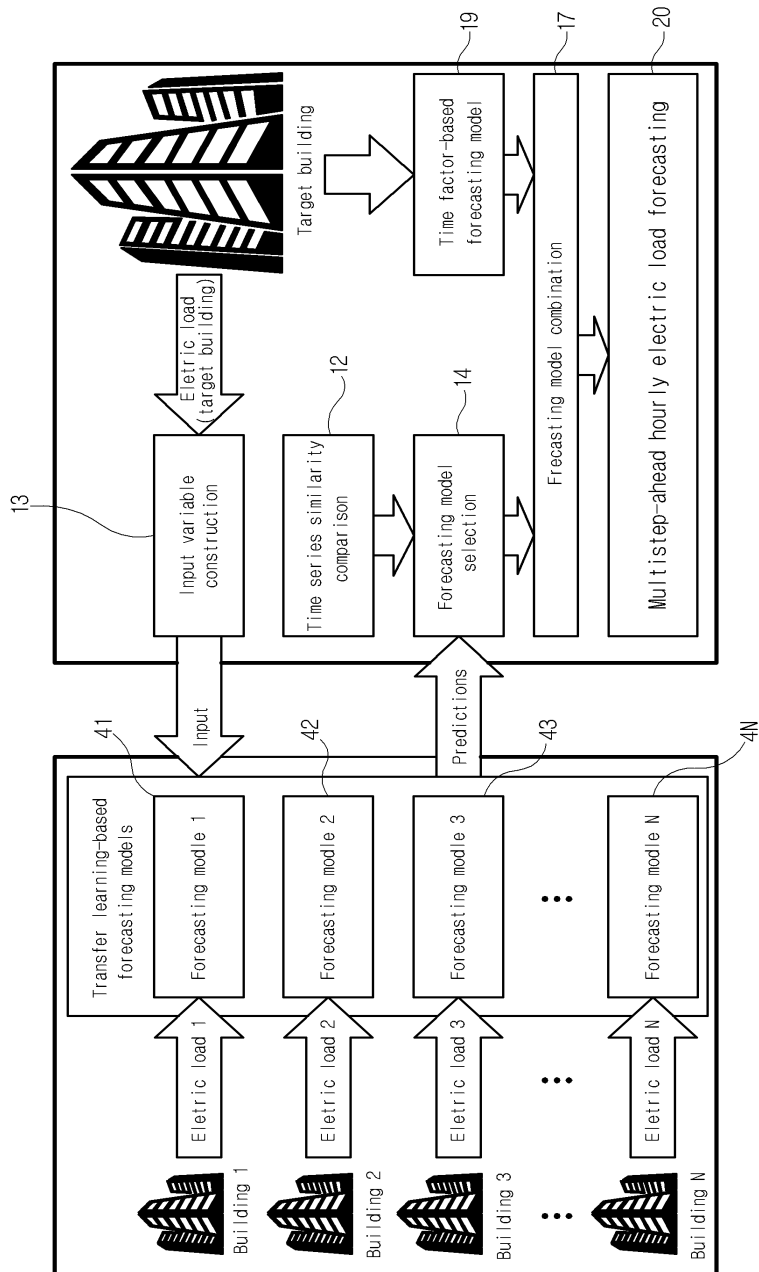
- [0112] 100 : 전력수요 예측 장치
110 : 수집부
120 : 건물 탐색부
140 : 예측 모델 도입부
170 : 전이 학습 예측부
190 : 시간 정보 기반 예측부

도면

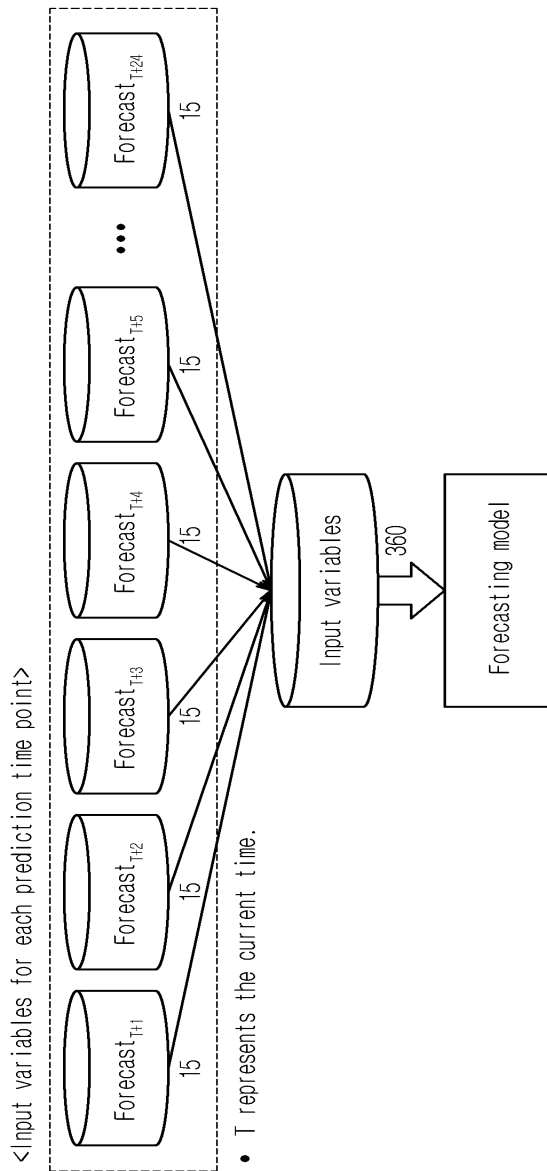
도면1



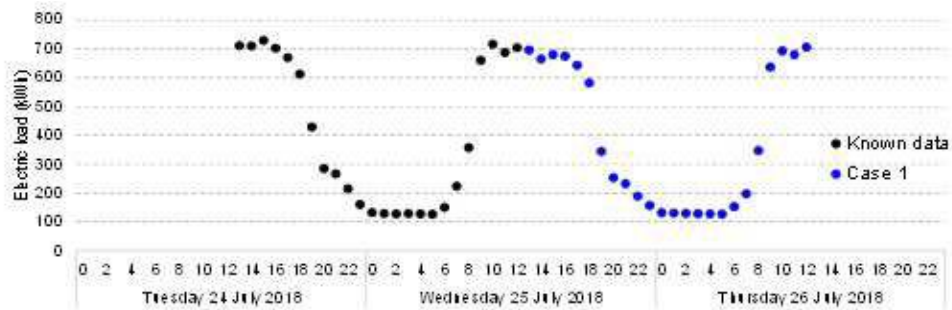
도면2



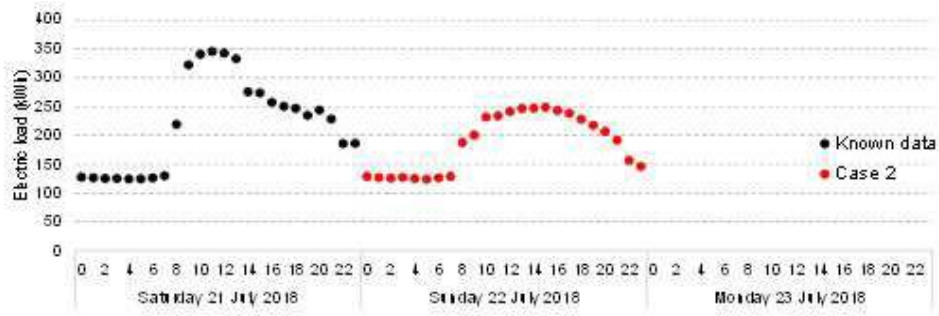
도면3



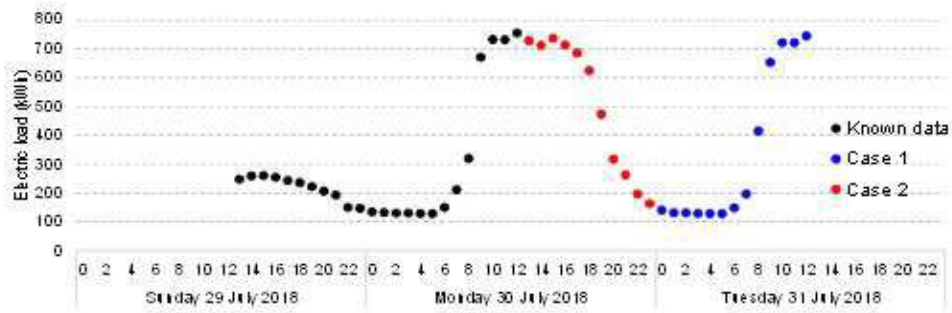
도면4a



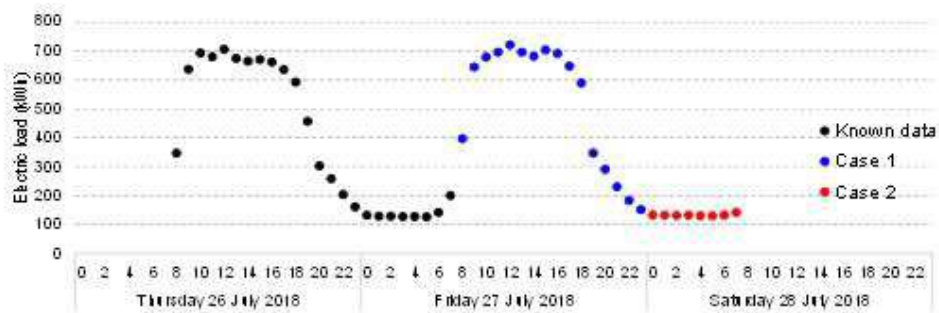
도면4b



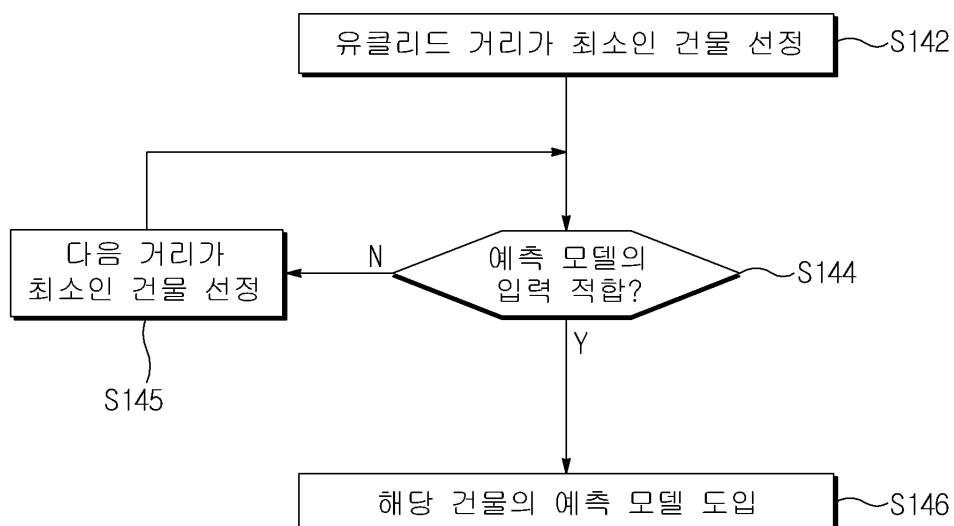
도면4c



도면4d



도면5



도면6

