



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월21일

(11) 등록번호 10-2469195

(24) 등록일자 2022년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/06 (2012.01) F24D 19/10 (2020.01)

G01R 21/133 (2006.01) G06F 17/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2013.01)

F24D 19/1051 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2021-0147208

(22) 출원일자 2021년10월29일

심사청구일자 2021년10월29일

(56) 선행기술조사문헌

KR101942331 B1*

KR102001975 B1*

KR102296021 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

허연숙

서울특별시 성북구 고려대로17가길 64, 102동 502호(안암동1가, 래미안 안암)

김철호

서울특별시 동대문구 청계천로 503, 1603호(용두동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

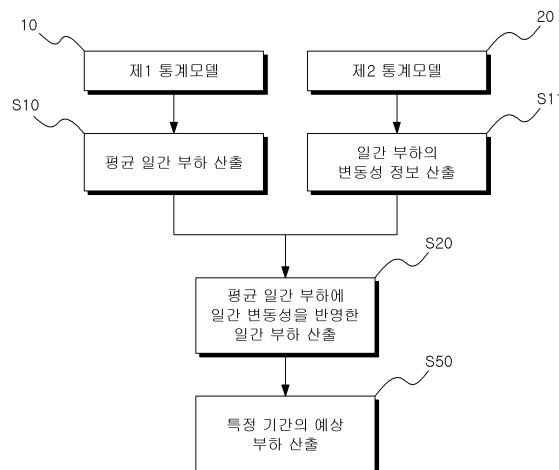
특허법인 제나

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 변성철

(54) 발명의 명칭 **확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법****(57) 요약**

본 발명은, 제1 통계모델을 통해 특정 세대의 평균 일간 부하를 산출하는 단계와; 제2 통계모델을 통해 일간 부하의 변동성 정보를 산출하는 단계와; 상기 제1 및 제2 통계 모델의 출력 정보를 이용하여 상기 평균 일간 부하에 일간 변동성을 반영한 부하를 산출하는 단계; 및 상기 일간 변동성을 반영한 일간 부하를 이용하여 특정 기간 동안의 예상 부하를 산출하는 단계;를 포함하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

G01R 21/1333 (2013.01)

G06F 17/18 (2013.01)

Y04S 10/50 (2020.08)

Y04S 40/20 (2020.08)

Y04S 50/16 (2018.05)

(72) 발명자

변지욱

서울특별시 성북구 보문사길 111, 115동 501호(보문동6가, 보문파크뷰자이)

고재현

경기도 안산시 단원구 안산천남로 211, 110동 1801호(고잔동, 보네르빌리지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615012366

과제번호 157912

부처명 국토교통부

과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 수소시범도시인프라기술개발(R&D)

연구과제명 수소기반 에너지 프로슈머 주택단지 개발 및 실증

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한국토지주택공사

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

전자기기의 프로세서에 의해 실행되는 확률적 통계 모듈을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법으로서,

제1 통계모델을 통해, 특정 세대의 평균 일간 부하를 산출하는 단계;

제2 통계모델을 통해, 일간 부하의 변동성 정보를 산출하는 단계;

상기 제1 및 제2 통계 모델의 출력 정보를 이용하여, 상기 평균 일간 부하에 일간 변동성을 반영한 부하를 산출하는 단계; 및

상기 일간 변동성을 반영한 일간 부하를 이용하여 특정 기간 동안의 예상 부하를 산출하는 단계;

제3 통계모델을 통해, 임의의 각 세대의 시간별 평균 부하 프로필을 추출하는 단계;

제4 통계모델을 통해, 상기 시간별 평균 부하와 시간별 부하의 차이를 구한 변화량 프로필을 추출하는 단계; 및

상기 제3 및 제4 통계 모델의 출력 정보를 이용하여, 상기 각 세대의 시간별 평균 부하 프로필에 시간별 부하의 변동성을 반영한 각 세대의 정규화된 시간별 부하 프로필을 추출하는 단계;를 포함하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 부하는,

전력 부하 또는 급탕 부하인 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전력 부하는 특정 세대의 침실수를 입력 데이터로 하여 산출되고,

상기 급탕 부하는 특정 세대의 거주자수를 입력 데이터로 하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 통계 모델은,

복수의 세대의 연간 부하에 대한 실측 데이터를 이용한 선형회귀모델을 포함하는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 통계 모델은,

복수의 세대에 대한 시간별 부하 실측 데이터를 이용하여 일간 부하의 표준 편차를 균일한 확률로 추출하는 것

을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 일간 변동성을 반영한 일간 부하는,

상기 특정 세대의 일간 부하에 대한 정규분포를 가정하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제3 통계 모델은,

세대별 시간별 부하에 대한 실측 데이터를 이용한 시간별 평균 부하 프로필에 다변량 정규분포 확률밀도함수를 적용하도록 구성되는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제4 통계 모델은,

상기 변화량 프로필을 다변량 정규분포 또는 베타 분포 확률밀도함수를 통해 추출하는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 예상 부하는,

상기 제2 통계모델을 통해 산출된 일간 부하와 상기 제3 및 제4 통계모델을 통해 추출된 시간별 부하 프로필을 곱하여 산출된 최종 확률적 부하 프로필;을 사용하여 도출되는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 일간 부하와 상기 시간별 부하 프로필은 주중과 주말로 구분하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 주거 커뮤니티의 전력 및 급탕 부하 수요를 확률적 통계모델을 이용하여 예측하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

[0003] 온실가스 감축 및 신재생에너지 분야의 설비 관리를 위해, 주거 커뮤니티(예를 들어, 주거 건물의 집합체) 단위의 에너지 수요 예측이 점차 중요해지고 있다. 에너지 수요는 시뮬레이션 모델 기반 방법으로 예측할 수 있다. 하지만 전력 요구량은 기기의 전력 소비량과 가동 스케줄, 급탕 요구량은 열 설비효율 및 가동 스케줄 등의 세부적인 설정값이 필요하다. 개별 기기의 특성 및 운영 정보를 수집하는 데에는 어려움이 있으므로 시뮬레이션 모델을 통해 전력요구량과 급탕 요구량을 예측하는 것은 한계가 있다.

[0004] 또한, 기존의 전력 및 급탕 수요량 예측 방법은 고정된 재실 스케줄을 사용하는 결정적 접근 방식을 사용한다. 하지만 결정적 접근 방식은 전력 및 급탕 수요의 시간별 변동성과 세대별 다양성을 반영하지 못하기 때문에, 실제 수요와 차이를 유발하는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1989493호 (2019.06.10)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 시간별 변동성 및 세대별 다양성을 반영한 주거 커뮤니티의 전력 및 급탕 수요량을 예측할 수 있는 확률적 통계모델을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 통계모델을 통해, 특정 세대의 평균 일간 부하를 산출하는 단계와; 제2 통계모델을 통해, 일간 부하의 변동성 정보를 산출하는 단계와; 상기 제1 및 제2 통계 모델의 출력 정보를 이용하여, 상기 평균 일간 부하에 일간 변동성을 반영한 부하를 산출하는 단계; 및 상기 일간 변동성을 반영한 일간 부하를 이용하여 특정 기간 동안의 예상 부하를 산출하는 단계;를 포함하는, 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 수요 예측 방법이 개시된다.

[0011] 또한, 상기 부하는, 전력 부하 또는 급탕 부하를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 전력 부하는 특정 세대의 침실수를 입력 데이터로 하여 산출되고, 상기 급탕 부하는 특정 세대의 거주자수를 입력 데이터로 하여 산출될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제1 통계 모델은, 복수의 세대의 평균 일간 부하에 대한 실측 데이터를 이용한 선형회귀모델을 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 제2 통계 모델은, 복수의 세대에 대한 시간별 부하에 대한 실측 데이터를 이용하여 일간 부하의 표준 편차를 균일한 확률로 추출할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 일간 변동성을 반영한 일간 부하는, 상기 특정 세대의 일간 부하에 대한 정규분포를 가정하여 산출될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 부하 예측 방법은, 제3 통계모델을 통해, 임의의 각 세대의 시간별 평균 부하 프로필을 추출하는 단계와; 제4 통계모델을 통해, 상기 시간별 평균 부하와 시간별 부하의 차이를 구한 변화량 프로필을 추출하는 단계; 및 상기 제3 및 제4 통계 모델의 출력 정보를 이용하여, 상기 각 세대의 시간별 평균 부하 프로필에 시간별 부하의 변동성을 반영한 각 세대의 정규화된 시간별 부하 프로필을 추출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 제3 통계 모델은, 세대별 시간별 부하에 대한 실측 데이터를 이용한 시간별 평균 부하 프로필에 다변량 정규분포 확률밀도함수를 적용하도록 구성될 수 있다.

- [0018] 또한, 상기 제4 통계 모델은, 상기 변화량 프로필을 다변량 정규분포(전력 부하) 또는 베타 분포(급탕 부하) 확률밀도함수를 통해 추출할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 예상 에너지 사용량을 도출하는 단계는, 상기 제2 통계모델을 통해 산출된 일간 부하와 상기 제3 및 제4 통계모델을 통해 추출된 시간별 부하 프로필을 곱하여 산출된 최종 확률적 부하 프로필을 사용하여 도출될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 시간별 부하 프로필은 주중과 주말로 구분하여 산출될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 실시예에 따르면, 제1 통계모델을 통해 산출된 평균 일간 부하에 제2 통계 모델을 통해 산출된 일간 부하의 변동성 정보 반영하여 일간 변동성을 반영한 수요량을 예측할 수 있는 효과가 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 제3 통계모델 및 제4 통계 모델을 통해 각 세대의 시간별 평균 부하 프로필에 시간별 부하의 변동성을 반영한 각 세대의 정규화된 시간별 부하 프로필을 추출하고, 이를 제1 및 제2 통계 모델에서 산출된 수요량에 반영함으로써, 부하 예측에서 세대별 다양성 및 시간별 변동성을 반영할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법을 나타낸 순서도.
- 도 2는 제1 통계모델에 적용된 전력 및 급탕 부하 선형회귀모델을 나타낸 그래프.
- 도 3은 제2 통계모델에 사용된 세대별 전력 및 급탕 일간 부하 분포를 예시한 그래프.
- 도 4는 제2 통계모델을 통해 산출된 전력 및 급탕 일간 부하에 대한 표준편차 분포를 예시한 그래프.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법을 나타낸 순서도.
- 도 6은 각 세대별 전력 및 급탕 실측 부하 프로필(A, C) 및 제3 통계모델을 통해 추출된 표본 부하 프로필(B, D)
- 도 7은 각 세대 시간별 전력 및 급탕 부하 프로필(A, C) 및 제4 통계모델을 통해 추출된 표본 부하 프로필(B, D)
- 도 8은 제1 내지 제4 통계 모델별 효율성 검토를 위해 케이스별 전력 부하 프로필 비교한 도면
- 도 9는 제1 내지 제4 통계 모델별 효율성 검토를 위해 케이스별 급탕 부하 프로필을 비교한 도면.
- 도 10은 실측된 연간 전력 및 급탕 부하와 본 발명의 부하 예측 방법을 적용한 연간 전력 및 급탕 부하를 비교한 그래프.
- 도 11은 실측된 일간 전력 및 급탕 부하와 본 발명의 부하 예측 방법을 적용한 일간 전력 및 급탕 부하를 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0027] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0028] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조

합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0029] 이하, 본 발명에 의한 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법의 실시예를 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0030] 본 발명에 의한 이상 확률적 통계모델을 이용한 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 프로그램, 애플리케이션 등의 형태로 구현 가능한데, 이러한 경우 프로그램, 애플리케이션 등은 컴퓨터 등과 같은 전자기기 등에 구비된 메모리와 같은 기억 수단에 저장되고, 컴퓨터 등과 같은 전자기기의 프로세서에 의해 실행된다.
- [0031] 한편, 본 발명과 관련된 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법과 관련하여 예측 대상인 부하는 전력 부하와 급탕 부하를 포함하며, 하기 실시예에서는 이들을 각각 구분하여 전력 부하와 급탕 부하를 각각 예측한 것을 보이고 있다.
- [0032] 본 발명은 제1 통계 모델 내지 제4 통계 모델의 단계적 통계 모델을 통하여 부하를 예측하는데, 제1 통계 모델 내지 제4 통계 모델은 실측 데이터를 통해 구축할 수 있다. 이하 설명되는 실시예에서는 그 예시로서 실측 기반 공동 주택 데이터의 26세대 시간별 전기와 조명부하 데이터와 15세대 급탕 부하 데이터를 사용하였다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0034] 도 1을 참조하여 본 실시예의 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법을 설명하면, 제1 통계모델(10)을 통해, 특정 세대(부하 정보를 얻고자 하는 대상 세대)의 평균 일간 부하를 산출한다(S10).
- [0035] 이를 위해 26세대의 전력 사용량과 15세대의 급탕 사용량, 침실 수, 거주자 수, 욕실 수, 전용면적, 준공연도 정보를 수집하였고, 평균 일간 부하에 미치는 영향도가 가장 큰 인자들을 분석하였다.
- [0036] 이를 위해 단순, 다중 선형 회귀모형의 정확도를 분석한 결과, 전력부하의 경우, 일간 평균 부하를 종속변수로, 침실 수만 독립변수로 사용한 경우의 주중 0.703, 주말 0.679의 결정계수를 나타냈다. 급탕 부하의 경우, 일간 평균 급탕 부하를 종속변수로, 침실 수만 독립변수로 사용한 경우의 주중 0.694, 주말 0.688의 결정계수를 나타냈다.
- [0037] 제1 통계 모델(10)은 복수의 세대의 일간 평균 부하에 대한 실측 데이터를 이용한 선형회귀모델을 포함한다. 설명력이 없는 독립변수들을 모형에서 제외하는 것은 입력 정보가 줄어든다는 측면에서 유리하기 때문에, 제1 통계 모델(10)에서는 일간 평균 전력·급탕 부하를 산출하기 위하여 침실 수 및 거주자 수를 활용한 단순 선형회귀 모형을 사용했다. 즉, 일간 평균 전력 부하의 경우 입력변수(입력 데이터)로서 침실 수를 사용하고, 일간 평균 급탕 부하의 경우 입력변수(입력 데이터)로서 거주자 수를 사용하였다.
- [0038] 도 2는 제1 통계모델에 적용된 선형회귀모델로서, (a)는 전력 부하, (b)는 급탕 부하에 대한 선형회귀모델을 보이고 있다.
- [0039] 점 추정을 통해 구성된 단순 선형회귀 모델(도 2 참조)은 특정 조건에서 단일 값을 도출하지만, 해당 모델에서 실제 값 대비 도출된 값의 차이는 주중의 경우 전력 -22-30% 과 급탕 -35-64%, 주말의 경우 전력 -30-29%, 급탕 -36-38%에 달한다. 따라서, 단순 선형회귀 모형이 설명하지 못하는 오차를 반영할 필요가 있다. 이를 위해, 앞선 오차 범위를 가지는 균일분포(uniform distribution)에서 오차율을 추출하고 단순 선형회귀 모형에서 산출된 값에 반영하여 최종 일간 평균 전력·급탕 부하를 도출했다.
- [0040] 다음으로, 제2 통계모델(20)을 통해, 일간 부하의 변동성 정보를 산출한다(S11).
- [0041] 제2 통계모델(20)서는 전력·급탕 부하의 일간 변동성을 반영하기 위해, 대상 세대의 일간 전력·급탕 부하에 대한 표준편차를 도출한다. 제2 통계 모델(20)은 복수의 세대에 대한 일별 전력·급탕 부하 실측 데이터를 이용하여 일간 부하의 표준 편차를 균일한 확률로 추출한다.
- [0042] 이를 위해 도 3의 (a)와 같은 주중과 주말 세대별 일간 전력 부하, (b)와 같은 주중과 주말 세대별 일간 급탕 부하의 분포를 살펴보면, 대부분 세대에서 분포의 치우침이 적은 것을 살펴볼 수 있고 이를 정규분포로 가정할 수 있다.
- [0043] 이를 바탕으로 제2 통계 모델(20)에서는 일간 부하의 변동성을 표준편차로 가정하고, 주어진 침실 수 및 가구

원 수 조건에서의 일간 전력·급탕 부하 표준편차를 산출하였다. 도 4는 제2 통계모델을 통해 산출된 표준편차 분포를 예시하고 있고, (a)는 전력 부하를, (b)는 급탕 부하의 일간 사용량에 대한 표준편차 분포를 각각 나타내고 있다. 도 4에서의 표준편차 분포는 균일분포로 가정할 수 있고, 결과적으로 제2 통계 모델(20)은 대상 세대의 일간 전력·급탕 부하의 변동성에 대한 정보를 표준편차의 형태로 도출한다.

- [0044] 다음으로, 상기 제1 및 제2 통계 모델(10, 20)의 출력 정보를 이용하여, 평균 일간 부하에 일간 변동성을 반영한 일간 부하를 산출한다(S20).
- [0045] 제1 통계 모델(10)에서는 일간 전력·급탕 부하 평균이 도출되고, 제2 통계모델(20)서는 일간 전력·급탕 부하에 대한 표준편차가 도출된다. 이를 활용하면 대상 세대의 일간 전력·급탕 부하에 대한 정규분포를 가정할 수 있다. 해당 정규분포에서 필요한 일수만큼의 표본 추출을 진행함으로써, 일간 변동성을 반영한 일간 전력·급탕 부하를 산출할 수 있다.
- [0046] 다음으로, 일간 변동성을 반영한 일간 전력·급탕 부하를 이용하여 특정 기간(예를 들어, 1년) 동안의 예상 전력·급탕 부하를 산출할 수 있다. 이 때 주중 사용량과 주말 사용량을 구분하여 산출하였으므로, 이를 별도로 계산(예를 들어, 주중 261일, 주말 105일)하여 최종 부하를 산출할 수 있다.
- [0047] 제1 통계모델(10)에 입력 변수(침실 수, 거주자 수)가 입력되면, 이를 통해 해당 세대에 대한 일간 평균 부하가 도출되고, 제2 통계 모델에는 일간 변동성(일별 변동성)을 반영한 일간 부하를 필요한 일수만큼 추출할 수 있는 바, 이를 활용하여 일별 변동성이 반영된 예상 부하를 도출할 수 있다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주거 커뮤니티 전력 및 급탕 부하 예측 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0049] 본 실시예에 따르면, 앞선 실시예에서 설명한 제1 통계모델(10)과 제2 통계모델(20)에 추가로 제3 통계모델(30)과 제4 통계모델(40)을 추가로 적용하였다. 제3 통계모델(30)은 부하의 세대별 다양성을 반영하고, 제4 통계 모델(40)은 부하의 시간별 변동성을 반영한다.
- [0050] 본 실시예에 경우, 제1 통계모델(10)과 제2 통계모델(20)의 출력 정보를 이용하여 일간 변동성(일별 변동성)을 반영한 부하를 산출하는 과정은 앞선 실시예와 동일하며, 이에 대한 설명은 앞선 설명에 같음한다.
- [0051] 다음으로, 제3 통계 모델(30)을 통해 임의의 각 세대에 대한 시간별 평균 부하 프로필을 추출한다(S12).
- [0052] 제3 통계모델(30)은 실측 전력 및 급탕 부하 데이터를 일간 부하에 대한 시간별 소비비율 프로필로 전처리하여, 프로필의 24시간 누적값이 1이 되도록 정규화한다. 이를 위한 전처리는 각 세대 시간별 부하를 당일 총사용량으로 나누어 이루어진다.
- [0053] 다음으로, 세대별로 해당 프로필의 평균을 계산하면, 다양한 세대별 부하를 구분할 수 있다. 이렇게 정규화된 시간별 부하는 세대별 다양성을 반영하기 위함이며, 다변량 정규분포 확률밀도 함수를 통해 특정 세대의 전력 및 급탕 부하를 추출한다.
- [0054] 예를 들어, 도 6의 (A)와 같이, 전처리된 데이터를 기반으로 세대별 각 시간의 평균값을 구해 정규화된 24시간 시간별 평균 부하 프로필을 만들 수 있다.
- [0055] 그리고, 해당 시간별 평균 전력 부하 프로필들에 다변량 정규분포 확률밀도함수를 적용하여 세대를 대표하는 주중과 주말의 표본 프로필을 추출할 수 있다. 그 예시로 랜덤하게 추출된 100세대의 평일 표본 프로필은, 도 6의 (B)과 같이, 세대별로 각각 다른 프로필 표본을 생성할 수 있다.
- [0056] 급탕에너지의 경우, 전력과 같은 방법으로 전처리하고 전처리 된 데이터를 기반으로, 도 6의 (C)와 같이, 세대별 각 시간의 평균값을 구해 정규화 된 24시간 시간별 평균 급탕부하 프로필을 만들 수 있다. 이와 같이 만들어진 24시간 시간별 평균 급탕 부하 프로필들에 전력과 같은 방법으로 다변량 정규분포 확률밀도함수를 적용하여 세대를 대표하는 주중과 주말의 표본 프로필을 추출할 수 있다. 그 예시로 랜덤하게 추출된 100세대의 평일 표본 프로필은, 도 6의 (D)와 같이 세대별로 각각 다른 프로필 표본을 생성할 수 있다.
- [0057] 다음으로, 제4 통계모델(40)을 통해, 시간별 평균 부하와 시간별 부하의 차이를 구한 변화량 프로필을 추출한다(S14). 즉, 제4 통계모델(40)에서는 특정 세대 부하의 시간별 변동성을 반영하기 위해 제3 통계모델(30)에서 산출된 정규화 된 시간별 평균 부하와 평균을 내기 전의 정규화 된 시간별 부하의 차이를 구한다. 이는 제3 통계 모델(30)에서 도출된 시간별 평균 부하에 반영된 시간별 변동성을 의미한다.
- [0058] 그리고, 제3 및 제4 통계 모델(30, 40)의 출력 정보를 이용하여, 각 세대의 다양성을 반영한 시간별 평균 부하

프로필에 시간별 변동성을 반영한 시간별 부하 프로필을 추출한다(S30).

- [0059] 구체적인 과정 전력 부하와 급탕 부하를 구분하여 살펴보면, 전력 부하의 경우, 제3 통계모델(30)에서 '각 세대 시간별 전력부하를 당일 사용량으로 나누어 전처리 된 값' 들과 '전처리 된 데이터를 기반으로 각 시간의 평균 값으로 구성한 각 세대 시간별 프로필' 들의 차이를 구한다. 이 데이터들은 세대별로 산출되어 주중 5,911개 (257일*23세대), 주말 2,484개(108일*23세대)의 프로필로 구성된다. 해당 데이터들은 시계열 특성을 갖기 때문에, 다변량 정규분포 확률밀도함수를 적용하면, 도 7의 (B)과 같이, 시간별 평균 전력부하에 대한 변화량 프로필을 추출할 수 있다. 해당 프로필은 제3 통계모델(30)에서 추출된 시간별 평균 전력부하와 합하여 정규화된 시간별 전력부하 프로필을 도출할 수 있다.
- [0060] 급탕부하의 경우에도, 제3 통계모델(30) '각 세대 시간별 급탕부하를 당일 사용량으로 나누어 전처리 된 값' 들과 '전처리 된 데이터를 기반으로 각 시간의 평균값으로 구성한 각 세대 시간별 프로필' 들의 차이를 구한다.
- [0061] 급탕부하의 해당 데이터는 전력과 달리 분포 범위가 넓고 변동성이 커서 제3 통계모델(30)에서 추출된 시간별 평균 급탕부하와 합할 때 급탕 부하가 0보다 작아지는 경우가 많이 생기는 문제가 발생할 수 있다. 추가로, 급탕 부하의 경우 그 사용량이 시간별 상관관계가 크지 않아 각 시간별로 확률분포를 따로 사용할 수 있다. 이런 부분에 기인하여, 급탕부하의 경우 전처리된 제4 통계모델(40) 데이터의 시간별 확률분포를 이용하여 도 7의 (C)와 같이 평균 급탕 부하에 대한 변화량을 발생시킬 수 있다. 시간별 확률분포는 베타(β) 분포를 이용하여 표현하였고 확률분포를 통해 각 시간의 변화량을 구하여 제3 통계모델(30)에서 생성된 프로필과 합하여 도 7의 (D)와 같이 정규화된 시간별 급탕 부하 프로필을 도출할 수 있다.
- [0062] 마지막으로, 제2 통계모델(20)을 통해 산출된 일간 부하와 제3 및 제4 통계모델(30, 40)을 통해 추출된 시간별 부하 프로필을 곱하여 최종 확률적 부하 프로필을 생성할 수 있다(S40). 즉, 제3 및 제4 통계모델(30, 40)을 통해 추출된 정규화된 시간별 전력부하 프로필, 정규화된 시간별 급탕부하 사용량 프로필에 제2 통계모델(20)을 통해 생성된 일간 전력부하, 일간 급탕부하를 곱하면 최종 확률적 전력부하 프로필, 최종 확률적 급탕 부하 프로필을 각각 도출할 수 있고, 이를 이용하면 얻고자 하는 특정 기간(예를 들어, 1년)동안의 예상 전력 및 급탕 부하를 산출할 수 있다(S50).
- [0063] 도 8은 제1 내지 제4 통계 모델별 효용성 검토를 위해 케이스별 전력 부하 프로필 비교한 도면이고, 도 9는 제1 내지 제4 통계 모델별 효용성 검토를 위해 케이스별 급탕 부하 프로필을 비교한 도면이다.
- [0064] 제1 내지 제4 통계모델(10 내지 40)에서 각 단계별 모델의 순차적 적용시 생성되는 확률적 전력·급탕 부하 프로필의 차이점을 분석하였다.
- [0065] Case 1은 연간 전력부하의 다양성을 반영할 수 있는 제1 통계모델(10)만 적용한 경우이고, 제2 및 제3 통계모델(20, 30)에 해당되는 수치(일간 전력·급탕 부하, 시간별 전력·급탕 부하 프로필)는 평균값만을 적용했다. Case 2는 Case 1에 제2 통계모델(20)을 추가로 적용하여 일간 전력·급탕 부하의 변동성을 반영한 경우이다. Case 3은 Case 2에 제3 통계 모델(30)을 추가로 적용하여 전력·급탕 부하의 세대별 다양성을 반영한 경우이며, Case 4는 제1 내지 제4 통계모델(10 내지 40)을 모두 적용한 경우이다.
- [0066] 도 8 및 9는 Case 별 전력·급탕 프로필 차이점을 나타내고 있으며, 이는 Case 별로 랜덤한 4개 세대의 평일 (261일) 시간별 전력·급탕 부하 프로필 추출하여 비교한 것이다.
- [0067] Case 1인 제1 통계모델(10)만 적용한 케이스는 시간별 프로필이 모두 같은 패턴을 보이고, 프로필의 높낮이, 즉 부하의 크기만 변화한 것으로 나타났다. Case 1에 제2 통계모델(20)을 추가한 Case 2는 제2 통계모델(20)의 표준편차를 활용하기 때문에 일별 전력·급탕부하의 변동성이 반영된 모습을 나타냈다.
- [0068] Case 3은 Case 2에 제3 통계모델(30)을 추가한 경우이며, 제3 통계모델(30)은 실측 데이터를 기반으로 다변량 정규분포를 활용하여 세대별 프로필을 랜덤하게 추출하기 때문에 전력·급탕부하의 세대별 다양성이 반영된 것으로 분석되었다. 아울러, Case 4는 제4 통계모델(40)까지 추가한 경우로서 세대별 다양성뿐만 아니라 전력·급탕부하 프로필에 시간별 변동성도 반영되어 각 모델의 특징들이 모두 반영된 것으로 분석되었다.
- [0069] 도 10은 실측된 전력 및 급탕 연간 부하와 본 발명의 에너지 수요 예측 방법을 적용한 전력 및 급탕 연간 부하를 비교한 그래프이다.
- [0070] 도 10의 (a)와 같이, 제1 통계모델(10)부터 제4 통계모델(40)까지 일련의 과정을 통해 생성한 최종 확률적 전력 부하 프로필(침실 수 4개인 세대)을 적용하여 연간 총 전력부하를 산출했다. 이를 26세대에 대한 평균 전력부하

프로필을 사용하여 산출한 전력부하(Base), 실측된 전력부하(Actual) 5세대와 비교 분석했다.

도 10의 (a)와 같이 침실수가 4개인 5세대의 실측 총 전력부하는 2,643 kWh부터 3,923kWh까지 다양했다. 하지만 평균 에너지 요구량 프로파일만 사용하여 산출한 전력부하의 평균은 침실 수를 고려하지 않은 모든 세대의 평균값이기 때문에 2,352kWh로 낮은 고정값을 나타냈다.

확률적 전력부하 프로필을 적용하여 침실수 4개인 20세대를 랜덤으로 추출해 분석한 결과, 최소값은 2,545kWh, 최대값은 4,130kWh, 평균값은 3,355kWh로 분석되어 실측 데이터와 비교했을 때 비슷한 분포를 보이는 동시에 세대별 전력요구량의 다양성이 반영된 것으로 판단된다.

같은 방법으로 도 10의 (b)에서는 제1 통계모델(10)부터 제4 통계모델(40)까지 최종 확률적 급탕부하 프로파일(재실자 수 4명인 세대)을 적용하여 연간 총 급탕부하를 산출했다. 이는 15세대에 대한 평균 급탕부하 프로ファイルを 사용하여 산출한 급탕부하 사용량(Base) 및 실측된 급탕부하 사용량(Actual) 4세대와 비교 분석했다. 도 10의 (b)와 같이, 재실자가 4명인 다섯 세대의 실측 총 급탕부하는 2,904kWh부터 3,977kWh까지 다양했다. 하지만 평균 부하 프로파일만 사용하여 산출한 급탕부하의 평균은 재실자 수를 고려하지 않은 모든 세대의 평균값이기 때문에 2,412kWh로 낮은 고정값을 나타냈다. 확률적 급탕부하 프로ファイルを 적용하여 재실자가 4명인 20세대를 랜덤으로 추출해 분석한 결과, 최소값은 2,850kWh, 최대값은 4,339kWh, 평균값은 3,612kWh로 분석되어 실측데이터와 비교했을 때 유사 범위 내에서 세대별 급탕부하의 다양성이 반영된 것으로 판단된다.

도 11은 최종 확률적 전력 부하(침실 수 4개인 세대)와 급탕 부하 프로파일(재실자 수 4명인 세대)을 적용하여 각각 실측 일간 전력부하와 급탕 부하 분포와 비교 분석한 것이다.

도 11의 (a)와 같이, 침실수가 4개인 다섯 세대의 실측 일간 전력부하 평균값들은 세대별로 10.5kWh부터 15.3kWh까지 분포했으며, 최소값은 5.7kW, 최대값은 21.3kWh까지 다양하게 분포했다. 실측된 평균 부하 프로필을 사용하여 산출한 일간 전력부하의 평균은 12.1kWh로 고정값을 나타냈으며, 확률적 전력부하 프로필을 적용한 일간 전력부하의 평균값들은 11.8kWh부터 15.4kWh까지 실측데이터의 값과 비슷한 분포를 보였다. 최소값은 6.8kWh, 최대값은 26.9kWh까지 다양하게 분포하여 일간 전력 부하는 유효범위 안에서 세대별, 시간별 다양성이 반영된 것으로 분석되었다.

도 11의 (b)와 같이, 재실자수가 4명인 다섯 세대의 실측 일간 급탕 부하 평균값들은 세대별로 9.1kWh부터 13.6kWh까지 분포했으며, 최소값은 0.2kW, 최대값은 40.2kWh까지 다양하게 분포했다. 실측된 평균 급탕부하 프로필을 사용하여 산출한 일간 급탕부하의 평균은 11.4kWh로 고정값을 나타냈으며, 확률적 급탕부하 프로필을 적용한 일간 급탕부하의 평균값들은 11.8kWh부터 15.6kWh까지 실측데이터의 값과 비슷한 분포를 보였다. 최소값은 0.2kWh, 최대값은 42.1kWh까지 다양하게 분포하여 일간 급탕 부하 역시 유효범위 안에서 세대별, 시간별 다양성이 반영된 것으로 분석되었다.

이상 설명된 본 발명에 따른 실시예는 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 프로그램 코드의 형태로 구현되어 비일시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 코드, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 코드는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은, 프로그램 코드를 저장하고 실행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 코드의 예에는, 컴파일러에 의하여 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위하여 적어도 하나의 소프트웨어 모듈로 변경될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

상기에서는 본 발명의 특징의 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

10: 제1 통계모델

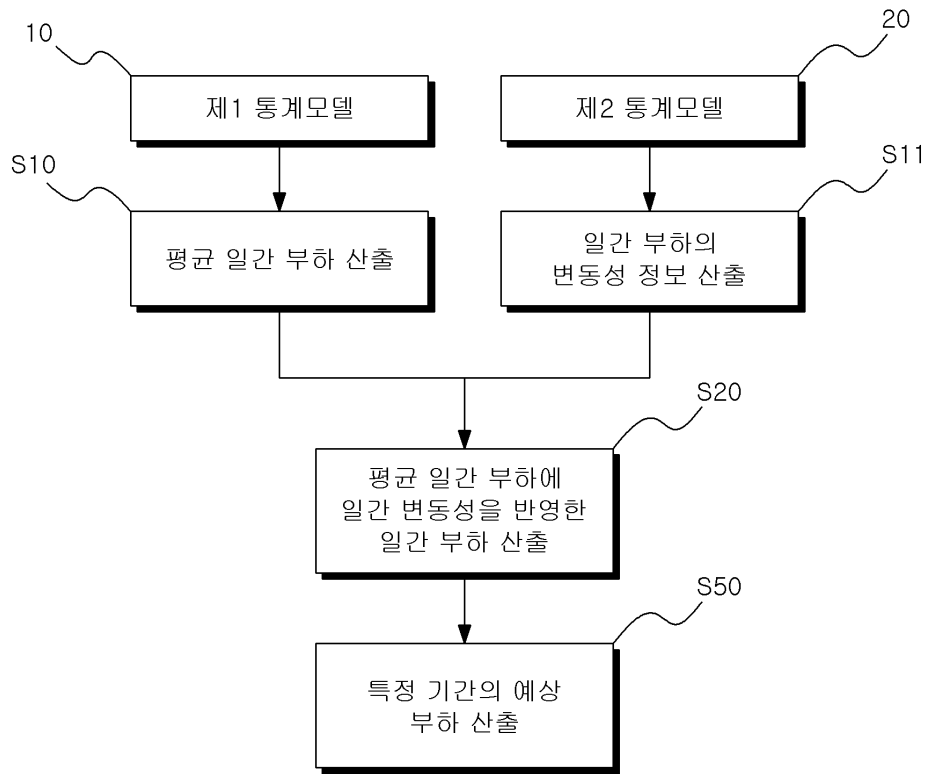
20: 제2 통계모델

30: 제3 통계모델

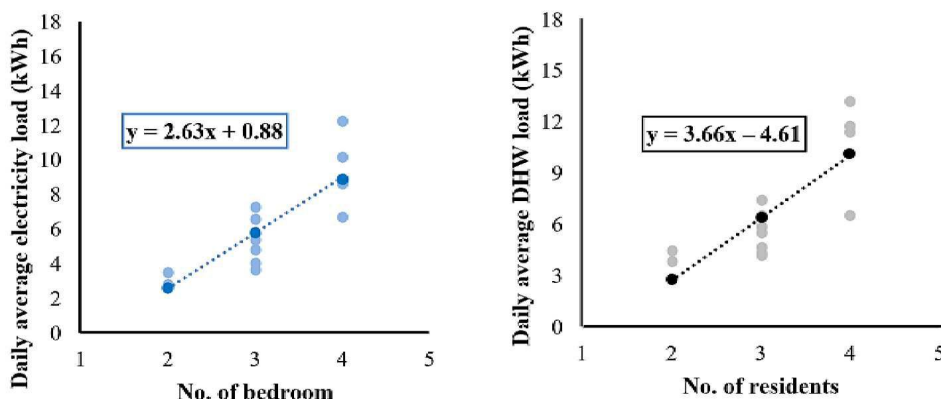
40: 제4 통계모델

도면

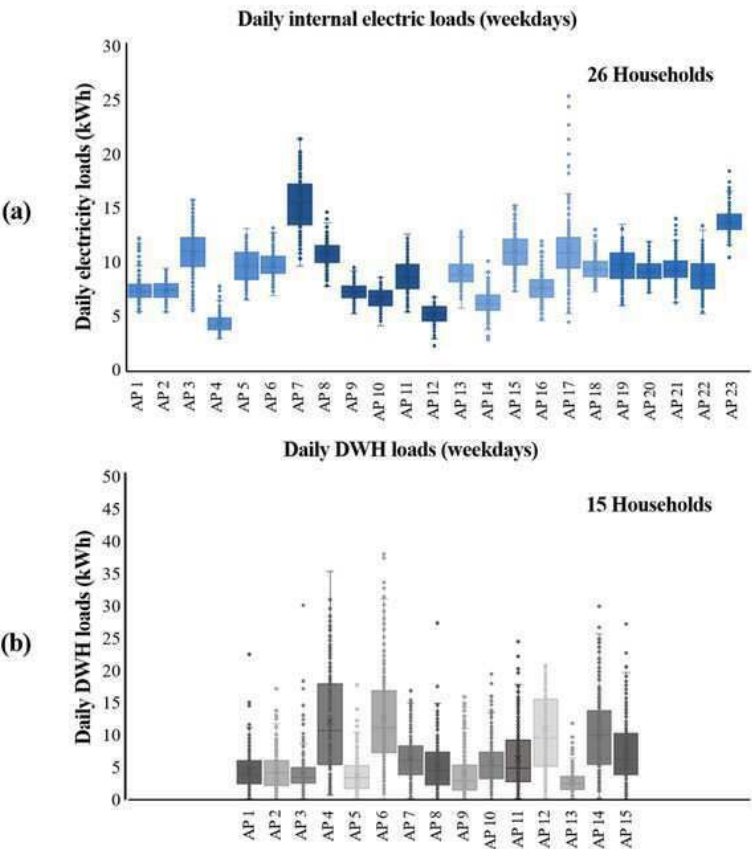
도면1



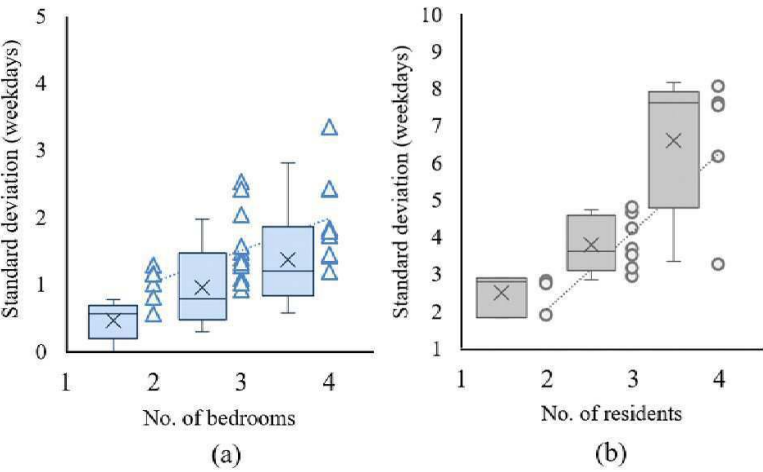
도면2



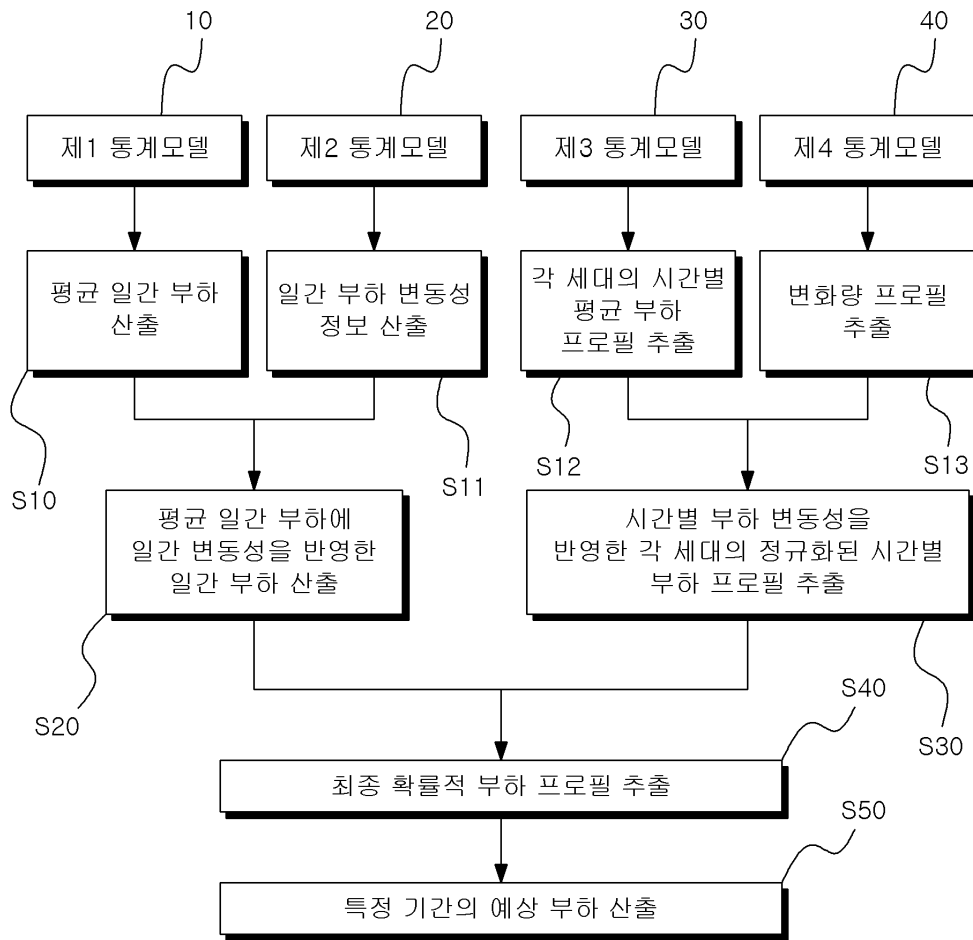
도면3



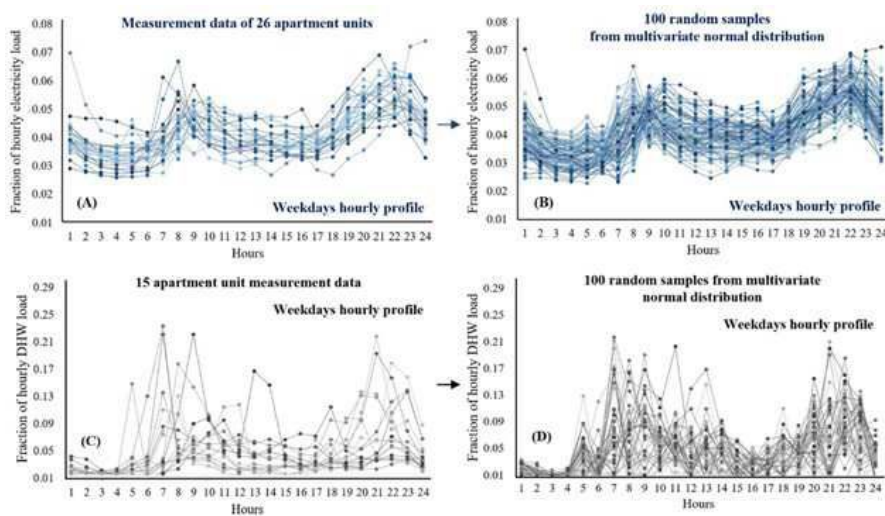
도면4



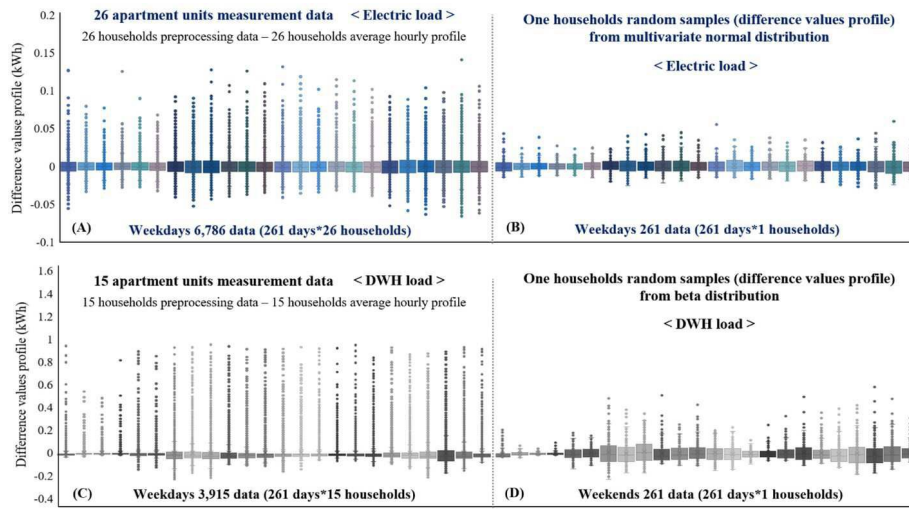
도면5



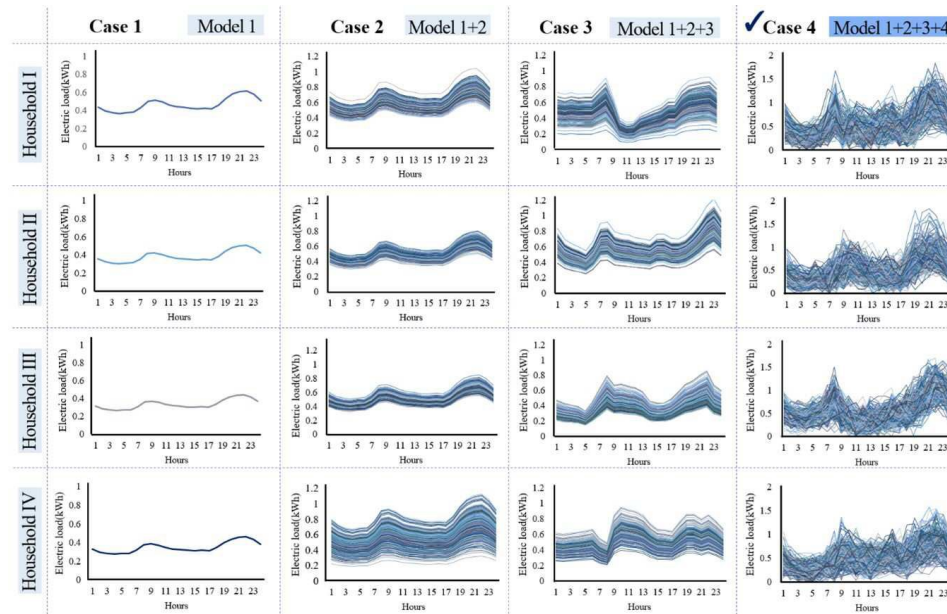
도면6



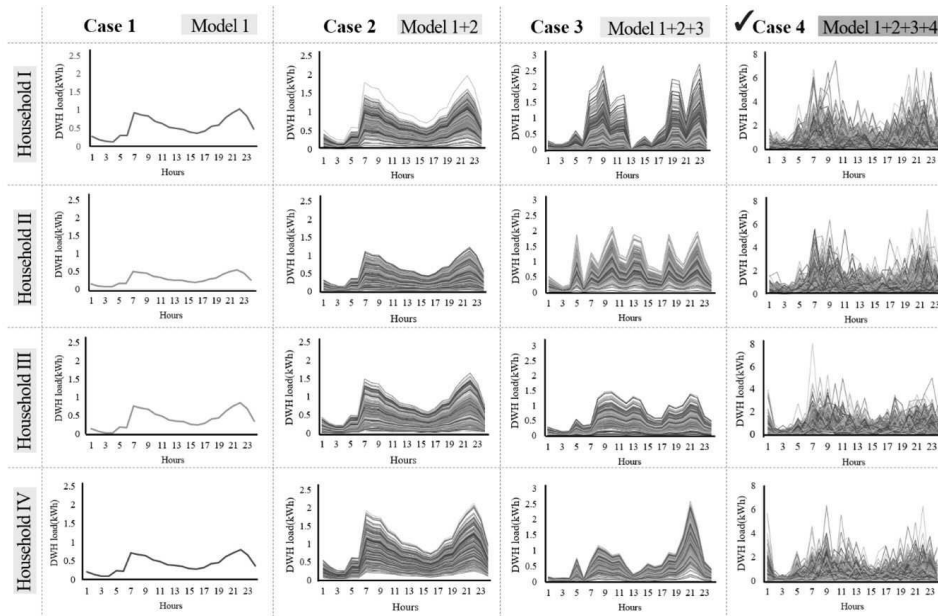
도면7



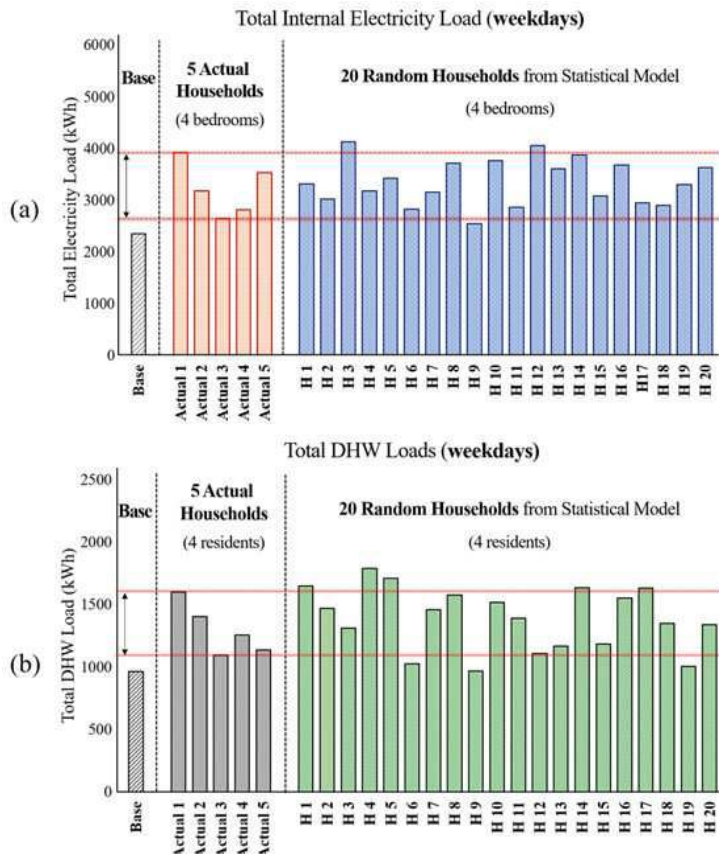
도면8



도면9



도면10



도면11

