



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0022540
(43) 공개일자 2016년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0108227

(22) 출원일자 2014년08월20일

심사청구일자 2014년08월20일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

김홍석

서울특별시 마포구 서강대길 40 103동 202호 (대흥동, 마포자이2차아파트)

최요환

서울특별시 송파구 올림픽로 99 122동 104호(잠실동, 잠실엘스)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

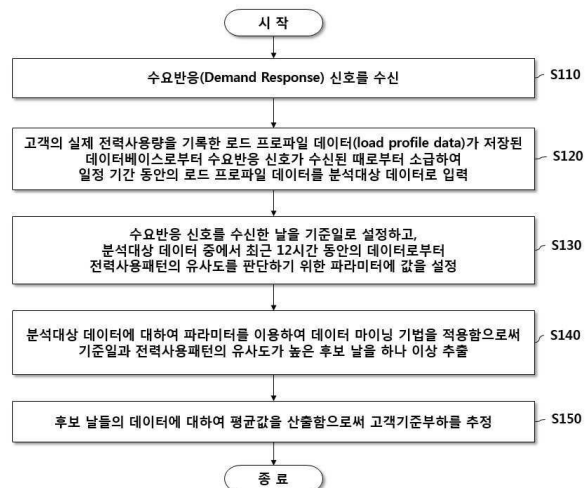
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 데이터마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법 및 그에 따른 장치

(57) 요약

본 발명은 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터에 값을 설정하고, 데이터 마이닝 기법으로써 자기 조직화 지도 기법 및 K-평균 군집화 기법을 순차적으로 적용하여 수요반응 신호가 수신된 날과 전력사용패턴이 유사한 후보 날을 하나 이상 추출함으로써 오차율이 낮은 고객기준부하 값을 추정할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

유승형

경기도 수원시 장안구 장안로359번길 20 208동
1603호(이목동, 수원장안힐스테이트)

박세홍

서울특별시 송파구 오금로31길 27 101동 1204호(
방이동, 코오롱아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 H0502-13-1060

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 2013년도 IT/SW 창의연구과정(기술개발형)

연구과제명 전력위기 극복을 위한 고속 수요반응 기반의 에너지 IT 융합 플랫폼 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용하여 고객기준부하(Customer Baseline Load)를 추정하는 방법에 있어서,

수요반응(Demand Response) 신호를 수신하는 단계;

고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터(load profile data)가 저장된 데이터베이스로부터 상기 수요반응 신호가 수신된 때로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력 받는 단계;

상기 수요반응 신호를 수신한 날을 기준일로 설정하고, 상기 분석대상 데이터 중에서 최근 12시간 동안의 데이터로부터 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터에 값을 설정하는 단계;

상기 분석대상 데이터에 대하여 상기 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출하는 단계; 및

상기 후보 날들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 상기 고객기준부하를 추정하는 단계;를 포함하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 기준일에 대한 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전력 사용량의 기울기는 상기 기준일의 오전 온도와 상기 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터에 값을 설정하는 단계는

상기 분석대상 데이터 중에서 이상 값이나 오류 값들을 전처리한 후, 파라미터에 값을 설정하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 마이닝 기법은

자기 조직화 지도(Self-Organizing Map, SOM) 기법 및 K-평균 군집화(K-means clustering) 기법을 순차적으로 적용하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날은

상기 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날인 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 자기 조직화 지도 기법에서 상기 파라미터의 종류를 차수로 설정하고, 상기 분석대상 데이터에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 이용하여 차수를 낮추는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 K-평균 군집화 기법에서 K는 고객의 사용특성에 따라 사용자가 임의의 값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 K-평균 군집화 기법에서 K는 MIA(Mean Index Adequacy) 척도에 따라 결정된 최소 값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하를 추정하는 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 11

데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용한 고객기준부하(Customer Baseline Load) 추정 장치에 있어서,

고객 또는 전력망으로부터 수요반응(Demand Response) 신호를 수신하는 신호수신부;

고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터(load profile data)로 구축된 데이터베이스;

상기 신호수신부가 상기 수요반응 신호를 수신하면 상기 수요반응 신호를 수신한 날을 기준일로 설정하고, 상기 데이터베이스로부터 상기 기준일로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 상기 기준일의 최근 12시간 동안의 데이터를 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터의 값으로 설정하는 기준설정부;

상기 분석대상 데이터에 대하여 상기 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출하는 후보추출부; 및

상기 후보 날들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 상기 고객기준부하를 추정하는 고객기준부하추정부;를 포함하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터는

상기 기준일에 대한 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함하되,

상기 전력 사용량의 기울기는 상기 기준일의 오전 온도와 상기 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 데이터 마이닝 기법은

자기 조직화 지도(Self-Organizing Map, SOM) 기법 및 K-평균 군집화(K-means clustering) 기법을 순차적으로 적용하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날은

상기 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날인 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 자기 조직화 지도 기법에서 상기 파라미터의 종류를 차수로 설정하고, 상기 분석대상 데이터에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 이용하여 차수를 낮추는 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 K-평균 군집화 기법에서 K는 고객의 사용특성에 따라 사용자가 임의의 값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 K-평균 군집화 기법에서 K는 MIA(Mean Index Adequacy) 척도에 따라 결정된 최소 값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 고객기준부하 추정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 데이터마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법 및 그에 따른 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 수요반응 신호가 수신된 때를 기준일로 설정하여 기준일로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 데이터 마이닝 기법을 적용하여 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날들을 추출함으로써 고객기준부하를 추정하는 방법, 그 방법에 따른 기록매체 및 고객기준부하 추정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

스마트 그리드(Smart Grid)란, 전력망에 정보기술(IT)을 접목하여, 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환하고 에너지 효율을 최적화하며 새로운 부가가치를 창출하는 차세대 전력망을 말한다. 이를 구축하기 위해서 태양광, 태양열, 풍력, 바이오 등과 같은 신재생 에너지의 확보와 정보기술을 활용한 전력 수요의 제어 기술에 관한 노력과 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

[0003]

전력 수요의 제어 기술은 수요반응으로 대표될 수 있으며, 수요반응(Demand Response, DR)이란 전력의 공급이 부족할 때 절전을 요구하는 체계로 전력의 수요가 공급을 초과하지 않도록 변화시킴으로써 전력망의 안정을 꾀하는 방식이다. 즉, 수요반응에 적절히 대응하여 비용효율적인 전력 사용을 도모하고 궁극적으로 에너지 자원의 효율성을 높이기 위한 것이다.

[0004]

이러한 수요반응에 적절히 대처하기 위한 에너지 저장장치의 효율적인 스케줄링과 같은 제어기술도 중요하지만, 가장 중요한 핵심요소는 수요반응을 실시할 때 고객기준부하(customer baseline load)의 정확한 예측이다.

[0005]

이와 관련하여 특정한 날짜, 시간을 선택하여 고객기준부하를 계산하는 방법이 주로 사용되며, 예를 들어, 수요반응이 발생한 기준일로부터 과거 3일, 5일 또는 10일의 데이터로부터 수요반응의 시간대별 평균값을 이용하여 그대로 고객기준부하 값을 예측하는 것이다. 이러한 종래의 방법은 과거의 데이터를 변형 없이 그대로 취하는

것에 그쳐 현재 발생한 수요반응을 정확히 예측하기 어려운 한계를 가진다.

- [0006] 전력사용량은 시간, 날씨, 부하 측의 사용 특성에 따라 영향을 받기 때문에 이를 파라미터화하고, 방대한 양의 과거의 전력 사용에 관한 데이터를 효율적으로 가공하여 현재 발생한 수요반응과 유사 여부를 판단하는 것을 전제로 한 고객기준부하의 추정 방법에 대한 수단이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0007] (비특허문헌 0001) F. Rahimi and A. Ipakchi, "Overview of Demand Response under the Smart Grid and Market paradigms", Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), pp. 1-7, 2010.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 종래의 과거 데이터의 일부분을 이용하여 최근 데이터를 기준으로 수요반응의 시간대별 평균값을 그대로 취하는 것에 그치는 한계를 극복하고, 전력 사용량에 영향을 미치는 요소를 파라미터화하여 과거의 데이터를 가공함으로써 오차율을 낮출 수 있는 고객기준부하를 추정하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용하여 고객기준부하(customer baseline load)를 추정하는 방법은, 수요반응(Demand Response) 신호를 수신하는 단계; 고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터(load profile data)가 저장된 데이터베이스로부터 상기 수요반응 신호가 수신된 때로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받는 단계; 상기 수요반응 신호를 수신한 날을 기준으로 설정하고, 상기 분석대상 데이터 중에서 최근 12시간 동안의 데이터로부터 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터에 값을 설정하는 단계; 상기 분석대상 데이터에 대하여 상기 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출하는 단계; 및 상기 후보 날들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 상기 고객기준부하를 추정하는 단계;를 포함한다.
- [0010] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 파라미터는 상기 기준일에 대한 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함한다.
- [0011] 상기된 실시예에서 상기 전력 사용량의 기울기는 상기 기준일의 오전 온도와 상기 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정될 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 파라미터에 값을 설정하는 단계는 상기 분석대상 데이터 중에서 이상 값이나 오류 값들을 전처리한 후, 파라미터에 값을 설정하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 데이터 마이닝 기법은 자기 조직화 지도(Self-Organizing Map, SOM) 기법 및 K-평균 군집화(K-means clustering) 기법을 순차적으로 적용할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날은 상기 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 자기 조직화 지도 기법에서 상기 파라미터의 종류를 차수로 설정하고, 상기 분석대상 데이터에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 이용하여 차수를 낮추는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 K-평균 군집화 기법에서 K는 고객의 사용특성에 따라 사용자가 임의의 값으로 설정할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 따른 고객기준부하를 추정하는 방법에서 상기 K-평균 군집화 기법에서 K는 MIA(Mean Index

Adequacy) 척도에 따라 결정된 최소 값으로 설정할 수 있다.

- [0018] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용한 고객기준부하(Customer Baseline Load) 추정 장치는 고객 또는 전력망으로부터 수요반응(Demand Response) 신호를 수신하는 신호 수신부; 고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터(load profile data)로 구축된 데이터베이스; 상기 신호수신부가 상기 수요반응 신호를 수신하면 상기 수요반응 신호를 수신한 날을 기준으로 설정하고, 상기 데이터베이스로부터 상기 기준으로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 상기 기준일의 최근 12시간 동안의 데이터를 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터의 값으로 설정하는 기준 설정부; 상기 분석대상 데이터에 대하여 상기 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출하는 후보 추출부; 및 상기 후보 날들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 상기 고객기준부하를 추정하는 고객기준부하 추정부;를 포함한다.
- [0019] 다른 실시예에 따른 고객기준부하 추정 장치에서 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터는 상기 기준일에 대한 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함하되, 상기 전력 사용량의 기울기는 상기 기준일의 오전 온도와 상기 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정될 수 있다.
- [0020] 다른 실시예에 따른 고객기준부하 추정 장치에서 상기 데이터 마이닝 기법은 자기 조직화 지도(Self-Organizing Map, SOM) 기법 및 K-평균 군집화(K-means clustering) 기법을 순차적으로 적용하고, 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날은 상기 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 다른 실시예에 따른 고객기준부하 추정 장치는 상기 자기 조직화 지도 기법에서 상기 파라미터의 종류를 차수로 설정하고, 상기 분석대상 데이터에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 이용하여 차수를 낮추는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 다른 실시예에 따른 고객기준부하 추정 장치는 K-평균 군집화 기법에서 K는 고객의 사용특성에 따라 사용자가 임의의 값으로 설정하거나, MIA(Mean Index Adequacy) 척도에 따라 결정된 최소 값으로 설정할 수 있다.
- [0023] 한편, 이하에서는 상기 기재된 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법들을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 실시예들에 따르면, 과거의 빅 데이터를 분석대상 데이터로 삼고 데이터 마이닝 기법을 적용하여 전력 사용량에 영향을 미치는 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 등의 파라미터를 이용하여 수요반응 신호가 발생한 기준일과 전력 사용패턴이 유사한 후보 날들을 추출하여 고객기준부하를 추정함으로써 예측 정확도가 높아지고, 오차율은 낮아지는 효과를 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법의 흐름도이다.
- 도 2는 도 1에서 S130단계의 세부단계를 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 도 1에서 S140단계의 세부단계를 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 SOM 기법을 적용하는 일반적인 개념도이다.
- 도 5는 SOM 기법을 적용한 결과를 나타낸 개념도이다.
- 도 6은 클러스터의 개수 K 값에 따른 MIA 척도를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에 따라 추출된 클러스터마다 시간에 따른 전력량을 나타낸 그래프이다.
- 도 8a는 적용 대상 빌딩의 시간대별 송전 선로를 통해 전기를 받는 쪽을 나타내는 수전단의 부하 변동을 나타내는 그래프이다.
- 도 8b는 적용 대상 빌딩의 월별 수전단 부하 변동을 나타내는 그래프이다.

도 8c는 적용 대상 빌딩의 시간대별 전등 및 전열 부하 변동을 나타내는 그래프이다.

도 8d는 적용 대상 빌딩의 월별 전등 및 전열 부하 변동을 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에서 분석대상 데이터를 나타낸 예시 화면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에서 SOM기법과 K-평균 군집화 기법을 순차적으로 적용한 결과의 예시 그림이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법을 통해 추정된 고객기준부하를 나타낸 그림이다.

도 12는 5번의 수요반응 신호가 수신된 경우 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에 따른 결과를 일반적인 CBL추정 결과와 함께 추정 후 실제 측정된 전력사용량을 비교한 표이다.

도 13은 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에 따른 결과를 RMSE로 비교한 그래프이고, 도 14는 도 13의 누적분포 그래프이다.

도 15는 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에 따른 결과를 MAPE로 비교한 그래프이고, 도 16은 도 15의 누적분포 그래프이다.

도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용한 고객기준부하 추정 장치를 나타낸 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0027] 고객기준부하(Customer Baseline Load, CBL)란, 수요반응 프로그램의 경제적인 효과를 계산하기 위해 산정된 소비자의 기본 전력 수요량을 의미한다. 즉 소비자가 평소에 사용하던 전력 수요량을 의미한다. 일반적인 고객기준부하 추정 방법은 세부적으로 과거 데이터의 선택, 고객기준부하의 추정, 추정된 고객기준부하의 보정으로 이루어진다. 기존의 고객기준부하를 추정하는 방법은 특정한 날짜, 시간을 선택하여 그대로 고객기준부하로 추정하는 것이다. 예를 들어, 과거의 데이터 중에서 수요반응 신호가 발생한 날의 최근 3일, 5일 또는 10일의 시간당 전력 사용량의 평균을 산출한 값이 그대로 고객기준부하 값이 된다. 이러한 기존의 방법들은 실제 측정되어 누적된 빅 데이터(로드 프로파일 데이터) 중에서 극히 일부인 최근 10일의 데이터만 사용한다는 문제점, 수요반응 신호의 발생일로부터 최근의 데이터를 가공 없이 현재의 고객기준부하를 추정하기 위한 기준 값으로 그대로 설정하여 정확성 즉, 낮은 오차율을 보장할 수 없다는 문제점을 가진다.

[0028] 이와 관련하여 과거 10일의 데이터 중에서 가장 전력사용량이 많은 3일만을 선택하여 취하는 방법, 과거 10일의 데이터 중에서 가장 큰 값과 가장 작은 값을 제외하고 8일의 데이터의 평균을 취하는 방법 등 몇몇 개선된 방법들이 제안되고 있으나 여전히 과거의 빅 데이터를 충분히 활용하지 못하는 동시에 수요반응이 발생한 기준일과 전력사용패턴이 유사한 데이터를 추출하지 못하는 한계를 가진다.

[0029] 따라서 본 발명의 실시예들은 과거의 빅 데이터를 분석대상으로 삼고, 추정한 후 실제 측정한 사용 전력량과의 낮은 오차율을 보장하기 위한 수단으로 데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용하여 분석대상 데이터를 가공함으로써 고객기준부하를 추정하는 방법을 제안한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법의 흐름도이다.

[0031] S110 단계에서 수요반응(Demand Response) 신호를 수신한다. 수요반응을 실시할 때 전력망 또는 고객 측으로부터 수요반응 신호를 수신하게 된다. 일반적으로 전력사용량이 절정으로 치솟아가는 시점에 수요반응 신호를 발생시켜 전력 수요의 패턴을 변경을 유도하게 된다. 실시간으로 고객이나 전력망 측으로부터 사용 전력량이 임계값을 넘는 때에 수요반응 신호를 수신할 수도 있으나, 사전에 설정된 시간대에 자동으로 수요반응 신호가 수신되는 것으로 설정할 수도 있을 것이다. 본 발명의 실시예들은 수요반응 신호를 수신하여 그에 대한 대응으로써 고객기준부하를 추정하게 된다.

- [0032] S120 단계에서 고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터(load profile data)가 저장된 데이터베이스로부터 상기 수요반응 신호가 수신된 때로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받는다.
- [0033] 로드 프로파일 데이터는 시간에 따라 변화하는 실제 전력 사용량을 기록한 데이터로써, 시간에 따른 전력량의 그래프에 추가적으로 사용 주체의 특성, 날씨 및 온도와 같은 정보가 함께 기록될 수 있다. 로드 프로파일 데이터는 사용 주체에 따라서 특징적인 그래프의 형태로 기록될 수 있다. 즉, 고객이 산업용 건물인 경우에는 산업장비의 가동시간대인 오전, 오후 시간대에 높은 전력량을 기록하고, 산업장비를 가동시키지 않는 저녁, 심야 시간대에는 낮은 전력량을 기록할 것이다.
- [0034] 상기 단계에서는 분석대상의 범위 즉, 빅 데이터의 양과 관련하여 수요반응 신호가 수신된 때로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상으로 삼는다. 일정 기간은 사용자가 미리 설정할 수 있으며, 일정 기간을 1년으로 설정한다면 충분한 과거 데이터를 활용할 수 있을 것이다. 본 발명의 실시예들은 1년 동안의 부하 프로파일 데이터를 빅 데이터로 보아 고객기준부하를 추정하는 방법에 적용시켰다. 전력사용패턴은 과거의 데이터에 반복되어 나타날 가능성이 크기 때문에 현재 사실을 반영하는 최근 데이터뿐만 아니라 과거 1년 동안의 데이터를 분석함으로써 전력사용패턴과 유사도가 높은 날을 추출할 수 있게 되기 때문이다.
- [0035] S130 단계에서 수요반응 신호를 수신한 날을 기준일로 설정하고, 분석대상 데이터 중에서 최근 12시간 동안의 데이터로부터 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터에 값을 설정한다. 상기 도 1의 S130 단계는 보다 구체적으로 3 단계로 나누어 수행될 수 있으며 이를 나타낸 것이 도 2의 흐름도이다. 따라서 본 S130 단계는 도 2를 참조하여 상세히 설명한다.
- [0036] 도 2의 S131 단계에서 분석대상 데이터에 대한 이상 값이나 오류 값들에 대한 전처리를 수행한다. 이것은 측정 데이터 그대로인 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 데이터의 오류나 누설이 있을 가능성이 커서 전처리 과정을 통해 데이터를 정제할 필요성이 있기 때문이다. 이상 값들이나 오류 값들을 판별하는 기준은 본 발명의 기술분야의 통상의 지식을 가진 자가 적절하게 설정할 수 있다. 예를 들어 로드 프로파일 데이터는 하루 24시간을 기준으로 분류될 예정이기 때문에 누락된 데이터가 5시간 이하인 경우 누락된 부분을 나머지 시간대의 평균 전력량으로 대체하고, 6시간 이상인 경우는 그날의 데이터를 삭제함으로써 온전한 데이터를 추출한다. 이와 같은 전처리 과정은 이후 과정에서 전력사용패턴 유사도의 판단이 가능할 정도의 완결성을 보장하는 수준이면 충분하다.
- [0037] 도 2의 S132 단계에서 수요반응 신호를 수신한 날을 기준일로 설정한다. 이에 따라 기준일을 입력 변수 즉, 파라미터로 하여 데이터 마이닝을 적용하게 된다.
- [0038] 도 2의 S133 단계에서 파라미터에 값을 설정한다. 파라미터는 분석대상 데이터 중에서 기준일과 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 기준이 되는 변수를 의미하고, 기준일에 대한 시간당 전력량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함한다. 이 파라미터들에 값을 설정하는 것은 분석대상 데이터 중에서 최근 12시간 동안의 데이터를 이용하고, 아래 표 1과 같이 설정할 수 있다.

표 1

파라미터	설정
$X_1, X_2, \dots, X_{12}$	수요반응 신호가 수신된 때로부터 최근 12시간 동안의 각 시간당 평균 전력사용량
X_{13}	기준일의 평균 온도
X_{14}	기준일의 전력 사용량의 기울기
X_{15}	기준일이 근무일인지 여부

- [0040] 표 1의 15개의 파라미터(X_1 내지 X_{15})는 전력사용패턴을 분석하기 위하여 전력 사용에 영향을 주는 주요 요소를 변수화한 것이다. 수요반응 신호가 수신된 때로부터 소급하여 12시간 동안의 데이터는 현재 값을 의미하고, 각 시간당 평균 전력사용량($X_1, X_2, \dots, X_{12}$)을 파라미터의 값으로 설정하게 된다.

- [0041] 기준일의 평균 온도(X_{13})를 파라미터로 설정한다. 일반적으로 날씨는 전력 사용량에 큰 영향을 주는 요인이며, 수많은 냉방 전력 기기와 난방 전력 기기의 사용량이 날씨에 영향을 받아 최근 이상 기후로 인한 전력 사용의

수요 급증에 따른 전력 사고가 발생하는 등의 문제점을 반영하기 위함이다. 또한, 기준일의 전력 사용량의 기울기(X_{14})는 기준일의 오전 온도와 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정될 수 있다. 즉, 기준일의 온도 변화는 전력 사용량의 기울기로 적용하여 날씨 요소를 중첩적으로 반영한다. 수요반응 신호가 발생하는 시간대는 일반적으로 전력 수요가 급증하는 오후 시간대이므로 기준일의 오전 온도와 수요반응 신호가 수신된 때의 온도의 차이로 기울기를 결정하게 된다. 나아가, 기준일이 근무일인지 여부(X_{15})도 사용주체의 전력 사용량에 영향을 미치는 요인이기 때문에 기준일에 해당하는 값을 파라미터 값에 설정한다.

[0042] S140 단계에서는 분석대상 데이터에 대하여 S130 단계에서 설정된 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출한다. 데이터 마이닝 기법은 자기 조직화 지도(SOM) 기법과 K-평균 군집화 기법을 순차적으로 적용한다. 상기 단계는 세부 단계로 구분될 수 있으며, 그 세부 단계를 나타낸 흐름도인 도 3을 참조하여 이하 상세히 설명한다.

[0043] 도 3의 S141 단계에서 분석대상 데이터에 대하여 파라미터를 이용하여 자기 조직화 지도 기법을 적용한다. 이는 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터의 개수가 여러 개이기때문에 이를 처리할 필요가 있기 때문이다.

[0044] 자기 조직화 지도 기법은 인공 신경망 분야에서 널리 사용되는 데이터 마이닝 방법으로써 자기 조직화(self organizing)라는 학습을 통하여 다차원 상의 유사한 개체들을 서로 이웃하는 위치에 오도록 저차원 공간(grid)에 배치하게 된다. 여기서 저차원 공간인 그리드는 일정 간격을 갖는 망(net)을 의미하며 그리드 상에서 각 마디(knot), 즉 노드(node)는 이웃하는 노드들에 서로 연결되어 있다. 도 4는 SOM 기법을 적용하는 일반적인 개념도이고, 도 5는 SOM 기법을 적용한 결과를 나타낸 개념도이다. 도 4에서 다차원의 개체들이 SOM에 입력되면 도 5와 같이 육각형의 그리드 형태로 차원이 줄어들게 된다.

[0045] 본 발명의 실시예들과 관련하여 파라미터를 차원으로 보면 다수의 파라미터를 가지는 분석대상 데이터들에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 통해 파라미터의 종류를 줄일 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 15차원의 파라미터를 가진 분석대상 데이터에 대하여 자기 조직화 지도 기법을 적용하여 2차원 또는 3차원의 파라미터로 표현된 데이터를 산출한다.

[0046] 그 다음으로 도 3의 S142 단계에서 자기 조직화 기법을 적용한 결과에 K-평균 군집화 기법을 적용한다. K-평균 군집화 기법은 입력된 파라미터 및 K 값에 따라 분석대상인 N 개의 데이터를 K개의 클러스터로 분류하는 방법이다. 본 발명의 실시예들에서는 SOM을 통해 차수가 낮아진, 즉 2차원 또는 3차원의 파라미터로 표현된 데이터를 입력 값으로 사용한다.

[0047] K-평균 군집화 기법에서 K 값을 선택하는 것은 중요한 문제이다. 따라서 사용자가 고객의 사용 특성에 따라 임의로 K 값을 설정할 수 있고, K 값을 설정하는 기준을 정해놓을 수도 있다. 그 하나의 방법으로 MIA(Mean Index Adequacy) 척도에 따라 결정된 최소 값을 K로 설정하는 방법이 있다.

[0048] K-군집화 클러스터링은 M 개의 날들이 K 개의 클러스터로 군집화되는 과정을 의미한다. 이하 K 값을 구하기 위한 연산 과정은 수학적 식 1 내지 3에 의하여 설명한다.

[0049] 수학적 식 1은 i번째 날, j번째 날들의 유클리디안 거리 값(Euclidean Distance) d를 나타낸 것이다. H는 속성 수로써, 본 발명의 일 실시예에서 15차원의 파라미터를 가진 분석대상 데이터에 적용할 때의 H 값은 15가 된다.

[0050] 수학적 식 2는 k 번째 클러스터의 대표 값과 k 번째 클러스터 안에 있는 모든 멤버들의 거리의 평균을 구하는 연산으로, d^2 함수는 유클리디안 거리 제곱값(Squared Euclidean Distance)을 의미한다. 본 발명의 실시예들에서 클러스터 안에 있는 멤버란, 클러스터에 포함되는 '날'에 해당하고, 모든 멤버들의 거리의 평균은 수학적 식 1과 같이 H 개의 속성으로 거리를 계산하여 구할 수 있다. 수학적 식 2에서 $r^{(k)}$ 는 k 번째 클러스터의 대표 값, $L^{(k)}$ 는 클러스터 안에 있는 멤버들의 상위집합, $n^{(k)}$ 는 클러스터 안에 있는 멤버들의 하위집합의 개수를 나타낸다.

수학식 1

$$d\left(\mathbf{l}^{(i)}, \mathbf{l}^{(j)}\right)=\sqrt{\frac{1}{H} \sum_{h=1}^H\left(l_h^{(i)}-l_h^{(j)}\right)^2}$$

[0051]

수학식 2

$$d\left(\mathbf{r}^{(k)}, \mathbf{L}^{(k)}\right)=\sqrt{\frac{1}{n^{(k)}} \sum_{m=1}^{n^{(k)}} d^2\left(\mathbf{r}^{(k)}, \mathbf{l}^{(m)}\right)}$$

[0052]

[0053]

마지막으로 MIA의 값을 구하는 것은 각각의 K 번째 클러스터의 대표 값과 구성원들간의 거리를 전체 K 개로 확대하여, y라는 데이터의 K-군집화 클러스터링 결과가 어떠한 MIA 값을 구하는지 나타내게 된다. K 값의 변화에 따라 MIA는 변하고, 그 값이 작을수록 클러스터링이 조밀(compact)하게 되는 것을 의미한다.

수학식 3

$$MIA(\mathbf{y})=\sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K d^2\left(\mathbf{r}^{(k)}, \mathbf{L}^{(k)}\right)}$$

[0054]

[0055]

도 6은 클러스터의 개수 K 값에 따른 MIA 척도를 나타낸 그래프의 예시이고, 이를 참조하면 MIA 값이 K 가 증가할수록 작아지고, 그와 반면에 각각의 클러스터에 있는 하위집합의 수는 작아지는 것을 알 수 있다. 특히 K 값이 커짐에 따라 하나의 클러스터에 5 개 미만의 멤버가 있는 클러스터의 개수가 많아지는데 이와 같이 MIA값과 부적격의(unqualified) 클러스터의 개수와의 관계를 그래프로 표현하여, 최종적으로 MIA 값과 부적격의 클러스터의 개수가 모두 작아지는 K 값을 선택하게 된다. 도 6의 경우는 두 그래프의 최소 값이 10이므로 이에 따라 K 값은 10으로 설정할 수 있다.

[0056]

도 3의 S143 단계에서 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날로써 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날을 하나 이상 추출한다. 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법에 따라 산출된 클러스터마다 시간에 따른 전력사용량의 평균값을 나타낸 그래프이다. 도 7을 참조하면, 클러스터마다 시간에 따른 전력량 그래프가 상이한 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있고, 이것은 클러스터 별로 전력사용패턴이 상이함을 의미한다. 그러므로 이 중에서 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 날은 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 것을 의미한다. 따라서 만약 기준일이 클러스터 3에 속해 있다면, 클러스터 3에 속한 다른 날들로부터 고객기준부하를 측정하면 전력사용패턴이 유사하여 정확도가 높은 추정을 할 수 있게 된다. 따라서 동일한 클러스터에 속하는 날을 후보 날들로 보아 추출한다.

[0057]

다시 도 1로 돌아가서 S150 단계에서는 추출된 후보 날들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 최종적으로 고객기준부하를 추정한다. 구체적으로 후보 날들의 부하 프로파일 데이터에서 시간에 따른 전력량에 대하여 시간당 전력량 값을 평균을 취함으로써 고객기준부하를 추정한다. 하나 이상의 값을 대상으로 하기 때문에 통상적으로 평균값을 이용하지만, 다른 통계적인 방법을 이용할 수도 있을 것이다.

[0058]

도 1를 참조하여 본 발명의 일 실시예로써 데이터 마이닝을 이용하여 고객기준부하를 추정하는 방법을 개괄적으로 설명하였고, 이하에서는 본 발명의 일 실시예를 빌딩에 대하여 실제로 적용한 과정 및 결과를 통해 더욱 상

세히 설명하고자 한다. 적용 대상 빌딩은 한 개의 일반 사무용 건물이며, 적용 대상의 실제 측정된 로드 프로파일 데이터는 도 8a 내지 도 8d와 같다. 각각의 그래프는 상자그림(Boxplot)을 통해 표현하였고, 도 8a는 적용 대상 빌딩의 시간대별 송전 선로를 통해 전기를 받는 쪽을 나타내는 수전단의 부하 변동 그래프, 도 8b는 적용 대상 빌딩의 월별 수전단 부하 변동 그래프를 나타낸다. 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 일반 사무용 건물이라는 특성에 따라 근무 시간대인 오전 9시부터 오후 17시까지의 전력 사용량이 높게 측정되었고, 월별 사용량은 난방 또는 냉방이 필요한 7, 8, 12월에 사용량이 높게 측정된 것을 알 수 있다. 보다 세분화하여 전력 사용량을 측정 한 로드 프로파일 데이터는 도 8c 및 도 8d와 같다. 도 8c는 적용 대상 빌딩의 시간대별 전등 및 전열 부하 변동 그래프, 도 8d는 적용 대상 빌딩의 월별 전등 및 전열 부하 변동 그래프이다. 전등 및 전열 기기의 사용량은 전체 전력 사용량과 유사하게 근무시간에 집중되어 있으며, 월별 사용량은 일몰시간이 빨라지는 겨울철인 12월에 사용량이 다소 높아지는 특성을 보인다. 이 외에 에어컨 기기, 보일러, 냉온수기 등의 기기에 세분화하여 전력 사용량을 측정한 로드 프로파일 데이터를 분석대상으로써 입력받을 수 있다.

[0059] 도 9는 분석대상 데이터를 나타낸 예시 화면이다. 로드 프로파일 데이터가 엑셀 파일 형식으로 저장되어 있으며, 화면의 가장 왼쪽 열부터, 순차로 월, 일, 시간을 표시하고 각 행마다 하루씩 데이터가 저장되어 있다. 도 9의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 수요반응 신호가 수신되었다고 가정하고 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용한 고객기준부하를 추정한 결과는 도 10와 같다.

[0060] 도 10은 SOM기법과 K-평균 군집화 기법을 순차적으로 적용한 결과의 예시 그림이다. 도 8의 ExampleSet(SOM) 영역을 참조하면, 243개의 분석 대상 데이터가 각 행에 나타나고, 2차원의 결과로써 SOM_0, SOM_2가 산출되어 클러스터가 결정된 것을 알 수 있다. 예를 들어, 첫 번째 행의 데이터는 3번째 클러스터(cluster_3)에 속하고, SOM_0 값은 0이고, SOM_1 값은 2로 산출된 것을 알 수 있다. ExampleSet(SOM) 영역의 아래인 Cluster Model(Clustering) 영역을 참조하면, 클러스터 별로 분석대상 데이터가 분류된 개수를 알 수 있다. 예를 들어, 첫 번째 클러스터(cluster 0)는 27개의 데이터(items)가 속해있음을 알 수 있다. 그러므로 만약 기준일이 속하는 클러스터가 Cluster 0이라면, 기준일을 제외한 26개의 데이터의 평균값을 산출하여 고객기준부하를 추정하게 된다. 그 예시로써 도 11은 추정된 고객기준부하를 나타낸 화면이다. 도 11은 엑셀 파일 형태로 고객기준부하를 나타내고 있으며, 시간에 따른 전력량의 값을 나타낸다. 가장 왼쪽부터 열은 날짜를 나타내고 각 행은 그 일자에 따른 0시부터 23시까지의 전력 데이터를 나타낸다.

[0061] (1)영역은 본 발명의 일 실시예를 통해 산출된 고객기준부하 값이고, 클러스터의 번호 및 해당 클러스터에 포함된 후보 날들의 개수를 나타낸다.

[0062] 본 발명의 실시예를 통하여 추정된 고객기준부하는 통상적인 고객기준부하 추정방법과 마찬가지로 보정 과정을 거친다. 이에 따라 (2)영역은 보정을 위하여 더하기 보정, 나누기 보정을 위한 데이터 값을 표시하고 있으며, (3)영역은 더하기 보정을 이용하여 보정된 결과를 나타내는 고객기준부하 데이터 값이다.

[0063] 추정된 고객기준부하의 정확성을 판단하기 위하여 (4)영역은 보정 후 데이터에 대한 RMSE 비교이고, (5)영역은 보정 전 데이터에 대한 RMSE 비교 값을 나타낸다. RMSE는 도 11에서 자세히 설명한다.

[0064] 도 11은 5번의 수요반응 신호가 수신된 경우 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객 기준부하를 예측하는 방법에 따른 결과를 일반적인 CBL추정 결과와 함께 추정 후 실제 측정된 전력사용량을 비교한 표이다.

[0065] 오차율을 분석하는 일반적인 방법인 RMSE(Root Mean Square Error)과 MAPE(Maximum Average Percentage Error)를 통해 실제 전력사용량과 고객기준부하 추정 간의 발생한 오차에 대한 분석을 할 수 있다. RMSE는 아래 수식 4와 같이, MAPE는 아래 수식 5과 같이 계산된다.

수식 4

$$RMSE_i = \sqrt{\frac{1}{H} \times \sum_{h=1}^H (\hat{l}_i(h) - l_i(h))^2}$$

[0066]

수학식 5

$$MAPE_i = \frac{100}{H} \sum_{h=1}^H \frac{|\hat{l}_i(h) - l_i(h)|}{l_i(h)}$$

[0067]

[0068]

수학식 4와 수학식 5의 변수의 설명은 다음과 같다. H는 i번째 날의 시간 간격의 개수이고, $l_i(h)$ 는 실제 측정된 전력사용량이고, $\hat{l}_i(h)$ 는 본 발명의 일 실시예에 따라 추정된 고객기준부하 값이다.

[0069]

도 12를 참조하면, 5일 동안 13시에 수요반응 신호가 수신되어 13시부터 18시까지의 한 시간 단위로 데이터를 표시하고 있다. 표의 왼쪽부터 실제 전력사용량 (Actual), 본 발명의 일 실시예에 따라 추정된 고객기준부하 값 (Proposed), 기존의 최근 10일 데이터의 평균으로부터 추정된 고객기준부하 값(10d), 기존의 최근 3일 데이터의 평균으로부터 추정된 고객기준부하 값(BLP3)을 순차로 나타내고 표의 오른쪽은 평균 백분율 편차를 의미한다. 하루 단위로 RMSE와 MAPE 값도 도시하고 있다. 예를 들어, 첫째 날(Day1)은 13시에 실제 측정된 전력량이 815.49이고, 본 발명의 일 실시예에 따라 800.72로 추정되었으며, 기존의 방법인 10d는 809.85, BLP3은 841.49로 추정되었음을 알 수 있다. 첫째 날의 RMSE는 본 발명의 일 실시예에 의한 값이 23.34, 10d는 22.43, BLP3은 39.31이므로 오차율이 10d가 가장 작은 것을 알 수 있다. 다만, 전체적으로 BLP3에 의한 고객기준부하 추정 값보다 10d에 의한 고객기준부하 추정 값이 오차율이 낮으며, 10d에 의한 고객기준부하 추정 값보다 본 발명의 실시예에 따라 추정된 고객기준부하 값이 오차율이 낮은 경우(Day 2내지 Day5)가 더 많음을 알 수 있다.

[0070]

도 13은 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 예측하는 방법에 따른 결과를 RMSE로 비교한 그래프이고, 도 14는 도 13의 누적분포 그래프이다. 그래프를 통해 전체적으로 가장 오차율이 낮은 것이 본 발명의 일 실시예에 따라 추정된 값을 알 수 있다.

[0071]

또한, 도 15는 일 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용하여 고객기준부하를 예측하는 방법에 따른 결과를 MAPE로 비교한 그래프이고, 도 16은 도 15의 누적분포 그래프이다. MAPE 역시 본 발명의 일 실시예에 따라 추정된 값이 오차율이 가장 낮은 것을 확인할 수 있었다.

[0072]

도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 데이터 마이닝 기법을 이용한 고객기준부하 추정 장치(1)를 나타낸 개념도이다. 고객기준부하 예측 장치의 각 구성은 도 1의 고객기준부하를 추정하는 방법의 각 단계와 대응되는바, 구체적인 설명은 중복되어 기재하지 않고 대응관계를 중심으로 이하 설명한다.

[0073]

신호수신부(10)는 고객 또는 전력망으로부터 수요반응 신호를 수신한다. 수요반응 신호가 수신되면, 그에 대한 전력사용패턴의 변동을 유인하기 위해 고객기준부하를 추정하게 된다. 도 1의 S110 단계와 대응되는 구성이다.

[0074]

데이터베이스(20)는 고객의 실제 전력사용량을 기록한 로드 프로파일 데이터로 구축된다. 데이터베이스는 데이터를 저장할 수 있는 물리적인 디스크로 구현할 수 있으며 예를 들어, 도 8과 같이 엑셀 파일 형식으로 데이터를 저장할 수 있을 것이다.

[0075]

기준설정부(30)는 신호수신부가 수요반응 신호를 수신하면 수요반응 신호를 수신한 날을 기준일로 설정하고, 데이터베이스(20)로부터 기준일로부터 소급하여 일정 기간 동안의 로드 프로파일 데이터를 분석대상 데이터로 입력받아 기준일의 최근 12시간 동안의 데이터를 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터의 값으로 설정한다. 전력사용패턴의 유사도를 판단하기 위한 파라미터는 기준일에 대한 시간당 전력 사용량, 평균 온도, 전력 사용량의 기울기 및 근무일 여부를 포함하되, 전력 사용량의 기울기는 기준일의 오전 온도와 상기 수요반응 신호가 수신된 때의 온도에 따라 결정될 수 있다. 도 1의 S120 및 S130 단계를 포함하는 구성이다. 또한, 기준설정부(30)는 분석대상 데이터에 대하여 이상 값이나 오류 값들을 전처리하는 데이터 전처리부(31)를 포함할 수 있다.

[0076]

후보추출부(40)는 분석대상 데이터에 대하여 상기 파라미터를 이용하여 데이터 마이닝 기법을 적용함으로써 상기 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 날을 하나 이상 추출한다. 데이터 마이닝 기법은 자기 조직화 지도(Self-Organizing Map, SOM) 기법 및 K-평균 군집화(K-means clustering) 기법을 순차적으로 적용하는 것을 특징으로 하며, 자기조직화지도 적용부(41)와 K-평균 군집화 적용부(42)가 각 기능을 수행한다. 도 1의 S140 단계와 대응되는 구성이다.

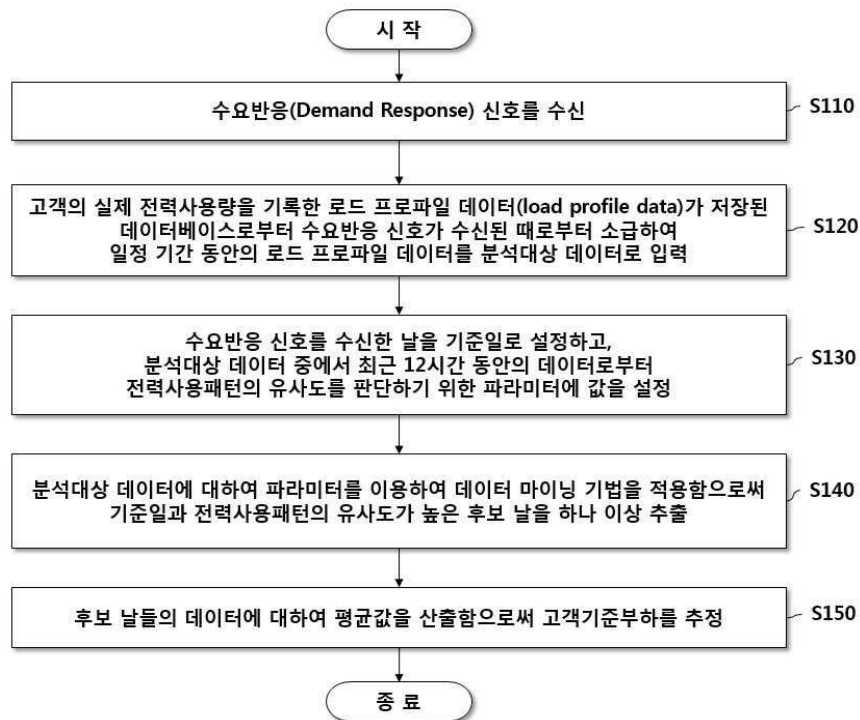
- [0077] 자기조직화지도 적용부(41)에서는 파라미터의 종류를 차수로 설정하고, 분석대상 데이터에 대하여 유사한 변수들의 상관관계를 이용하여 차수를 낮춤으로써 K-평균 군집화 적용부의 입력 값을 산출한다. K-평균 군집화 적용부에서는 K는 고객의 사용특성에 따라 사용자가 임의의 값으로 설정하거나 MIA(45) 척도에 따라 결정된 최소 값으로 설정할 수 있다.
- [0078] 데이터 마이닝 기법을 적용하면 최종적으로 K개의 클러스터로 분류된 분석대상 데이터의 결과를 얻게 되고, 이들 중에서 후보 낱은 기준일과 동일한 클러스터에 속하는 데이터를 말하는 것이다. 따라서 기준일과 전력사용패턴의 유사도가 높은 후보 낱은 기준일과 동일한 클러스터에 존재하는 낱을 말한다.
- [0079] 고객기준부하 추정부(50)는 후보 낱들의 데이터에 대하여 평균값을 산출함으로써 상기 고객기준부하를 추정한다. 도 1의 S150 단계와 대응되는 구성이다.
- [0080] 한편, 본 발명의 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.
- [0081] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현하는 것을 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0082] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0083] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

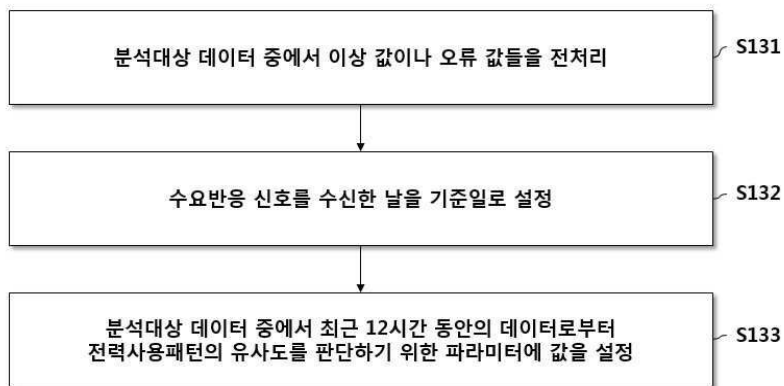
- [0084] 1: 고객기준부하 추정 장치
- 10: 신호수신부 20: 데이터베이스
- 30: 기준설정부 31: 데이터 전처리부
- 40: 후보추출부 41: SOM 적용부
- 42: K-평균 군집화 적용부 45: MIA
- 50: 고객기준부하추정부

도면

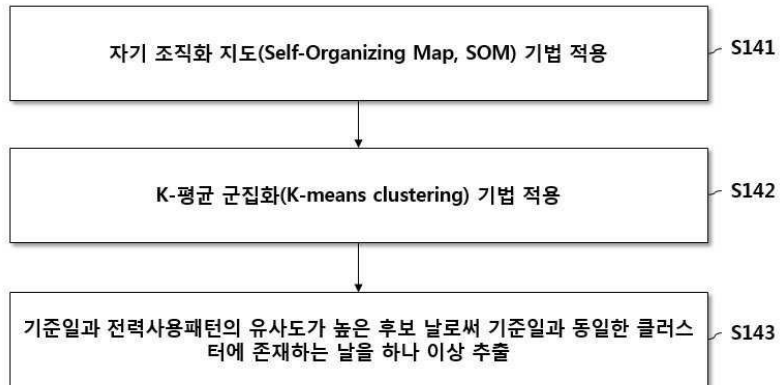
도면1



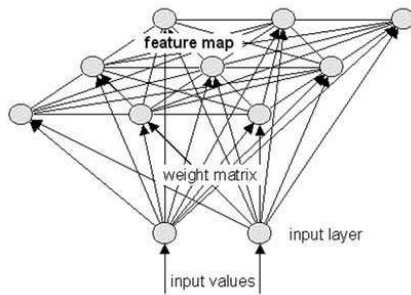
도면2



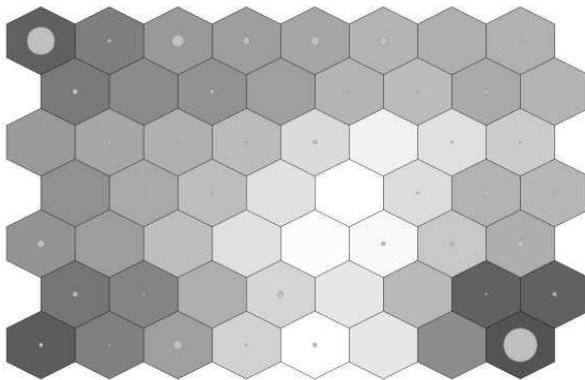
도면3



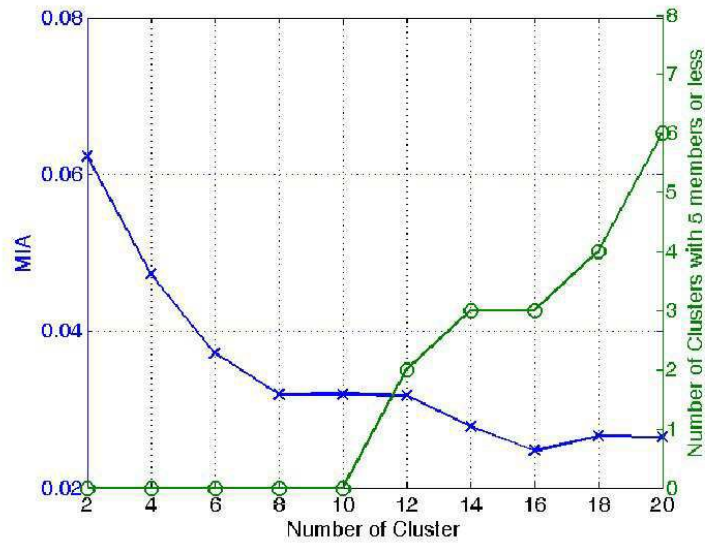
도면4



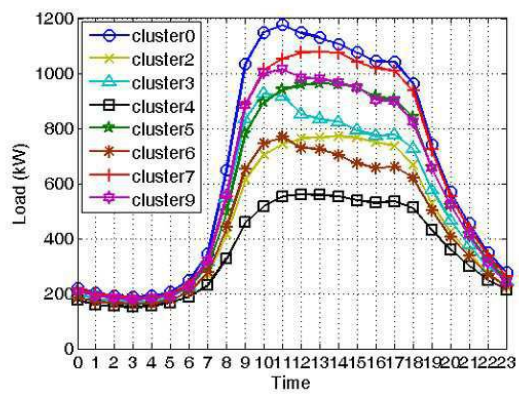
도면5



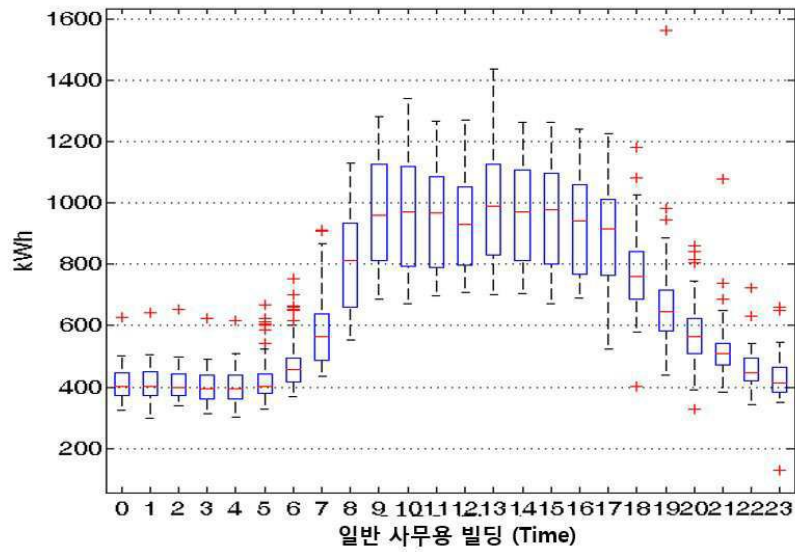
도면6



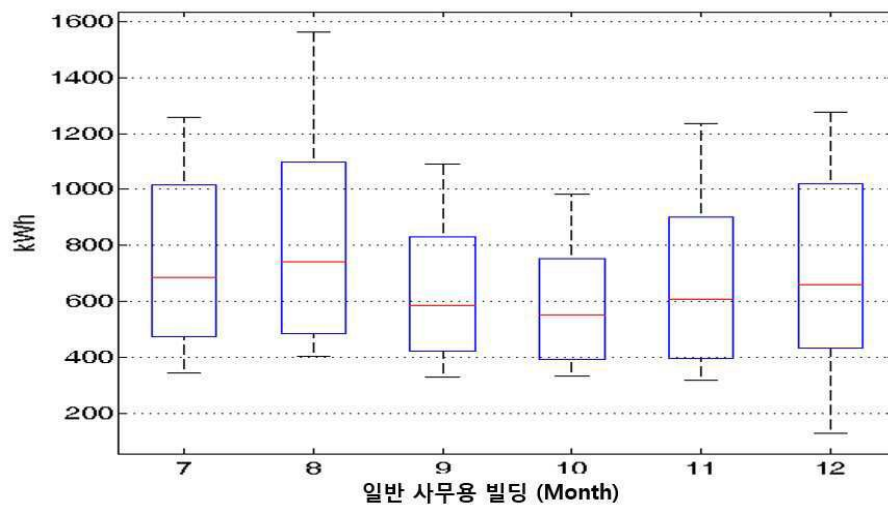
도면7



도면8a



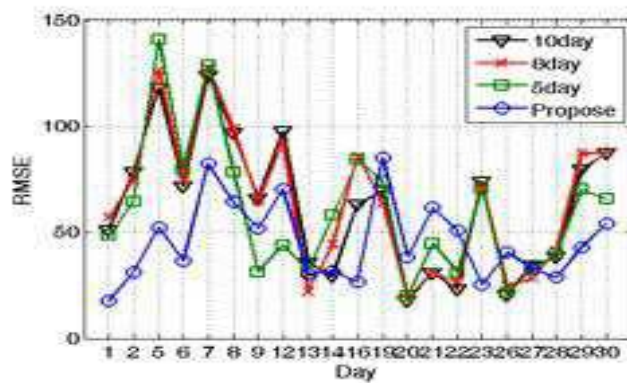
도면8b



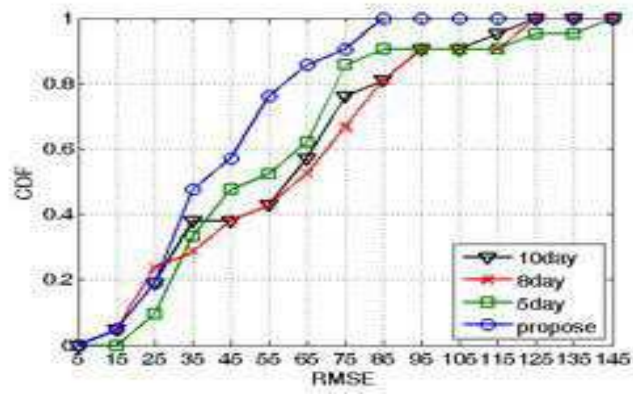
도면12

Day1	Actual	Proposed	10d	BLP3	Proposed(%)	10d(%)	BLP3(%)
13:00	815.49	800.72	809.85	841.49	-1.81	-0.69	3.19
14:00	880.15	835.77	829.24	895.26	-5.04	-5.78	1.72
15:00	816.58	830.96	833.25	885.63	1.76	2.04	8.46
16:00	825.64	821.71	820.54	879.58	-0.48	-0.62	6.53
17:00	814.90	804.70	801.46	827.59	-1.25	-1.65	1.56
18:00	714.93	690.02	701.73	737.96	-3.48	-1.85	3.22
	RMSE	23.34	22.43	39.31			
	MAPE	2.37	2.17	3.89			
Day2	Actual	Proposed	10d	BLP3	Proposed(%)	10d(%)	BLP3(%)
13:00	754.65	798.98	807.71	810.20	5.87	7.03	7.36
14:00	774.11	835.22	833.84	865.22	7.89	7.71	11.77
15:00	785.28	828.44	834.09	848.56	5.50	6.22	8.06
16:00	732.11	820.82	825.56	800.40	12.12	12.76	9.33
17:00	777.86	802.33	802.12	805.34	3.15	3.12	3.53
18:00	638.00	688.70	702.46	705.13	7.95	10.10	10.52
	RMSE	35.78	36.07	64.96			
	MAPE	6.55	7.18	7.72			
Day3	Actual	Proposed	10d	BLP3	Proposed(%)	10d(%)	BLP3(%)
13:00	838.80	810.07	818.61	816.42	-3.42	-2.40	-2.67
14:00	815.18	847.45	841.69	871.86	3.96	3.25	6.95
15:00	820.20	840.83	847.16	855.07	2.52	3.29	4.25
16:00	792.48	832.55	819.98	806.55	5.06	3.47	1.78
17:00	751.40	816.34	817.75	811.52	8.64	8.83	8.00
18:00	618.68	702.52	709.15	710.54	13.55	14.62	14.85
	RMSE	32.37	33.40	53.51			
	MAPE	5.75	5.50	5.90			
Day4	Actual	Proposed	10d	BLP3	Proposed(%)	10d(%)	BLP3(%)
13:00	785.39	784.38	802.07	799.32	-0.13	2.12	1.77
14:00	876.53	818.74	822.79	843.46	-6.59	-6.13	-3.77
15:00	812.34	813.94	827.10	824.80	0.20	1.82	1.53
16:00	792.84	805.44	794.99	777.74	1.59	0.27	-1.90
17:00	807.92	787.75	790.10	874.11	-2.50	-2.21	-2.95
18:00	662.14	674.28	678.40	672.11	1.83	2.46	1.51
	RMSE	25.18	25.42	19.74			
	MAPE	2.22	2.55	2.27			
Day5	Actual	Proposed	10d	BLP3	Proposed(%)	10d(%)	BLP3(%)
13:00	666.09	676.30	684.18	671.87	1.53	2.72	0.87
14:00	668.21	708.97	713.03	742.42	6.10	6.71	11.11
15:00	710.96	704.18	706.49	706.71	-0.95	-0.63	-0.60
16:00	682.05	697.01	676.30	668.60	2.19	-0.84	-1.97
17:00	659.60	667.22	677.09	690.03	1.16	2.65	4.61
18:00	536.52	557.68	563.50	590.06	3.94	5.03	9.98
	RMSE	18.00	28.45	39.86			
	MAPE	2.55	2.96	4.49			

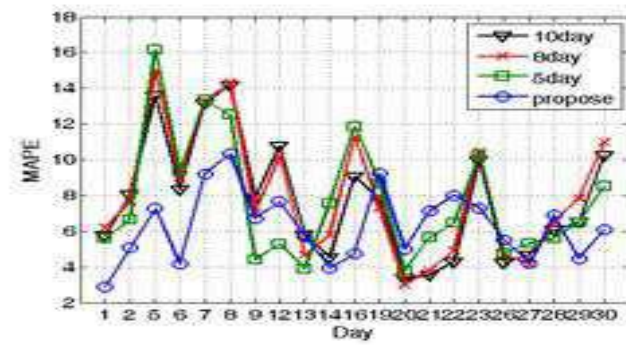
도면13



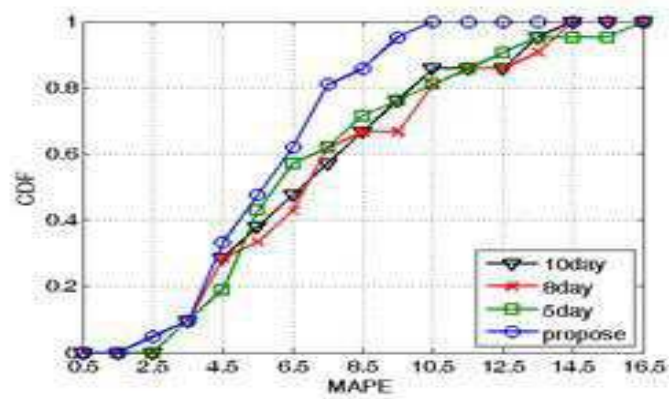
도면14



도면15



도면16



도면17

