



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년11월29일
(11) 등록번호 10-2332248
(24) 등록일자 2021년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/06 (2012.01) G01R 22/10 (2006.01)
G06Q 10/04 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2013.01)
G01R 22/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0021011
(22) 출원일자 2020년02월20일
심사청구일자 2020년02월20일
(65) 공개번호 10-2021-0106180
(43) 공개일자 2021년08월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR101719953 B1*
KR1020140132523 A*
KR1020140147088 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
노승민
서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교
대양AI센터 621호
백성욱
서울특별시 광진구 아차산로 262, B동 1304호 (자양동, 더샵스타시티)
(74) 대리인
특허법인위더피플
(덧면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 10 항

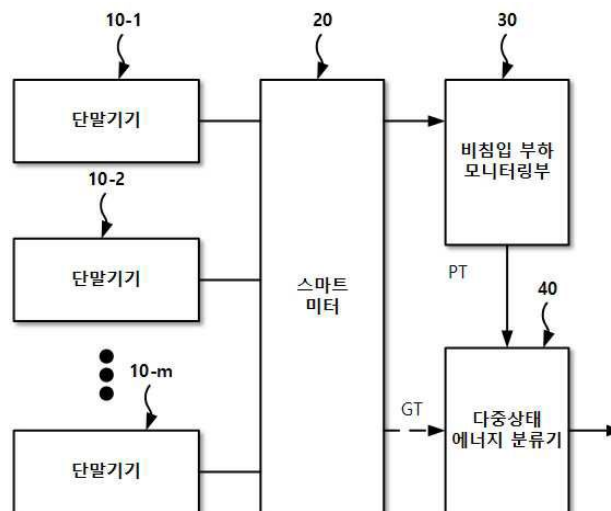
심사관 : 변성철

(54) 발명의 명칭 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 비침입부하모니터링(Non-intrusive Load Monitoring: NILM) 성능 평가 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전력 소비자측의 다수의 기기(이하 "단말기기"함)의 기기상태에 따른 다중상태 에너지를 분류할 수 있는 다중상태 에너지 분류기(Multi-state energy classifier: MEC)를 제공하고, 상기 MEC를 통한 다중상태 에너지에 따른 실측값과 예측값을 비교하여 일치도에 따른 페널티를 할당하여 비침입부하모니터링시스템의 성능을 평가하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 10/04 (2013.01)

Y04S 20/30 (2020.08)

(72) 발명자

이미영

서울특별시 강남구 도산대로101길 34, 603호 (청담동, 구산아파트)

나빈 칠람쿠르트

서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 대양A I센터 621호

산켓 데사이

서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 대양A I센터 621호

라베이 알하다드

서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 대양A I센터 621호

아브둔 마흐무드

서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 대양A I센터 621호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2019M3F2A1073179

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 에너지클라우드기술개발(과기정통부)(R&D)

연구과제명 효과적인 에너지 수요 패턴 및 요인 분석을 위한 앙상블 기법 기반의 XAI 에너지 플랫폼 개발

기여율 1/1

과제수행기관명 세종대학교산학협력단

연구기간 2019.06.20 ~ 2023.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

택내에 구성되어 전력을 공급받아 동작상태에 따른 전력을 소모하여 동작하는 적어도 하나 이상의 단말기기;

상기 택내의 적어도 하나 이상의 단말기기들과 연결되어 상기 단말기기들에 의해 일정 시간 주기로 해당 시간에서 상기 단말기기에 의해 실시간 사용되는 총 소비 전력량에 대한 총 소비전력 데이터 및 단말기기별 실측값을 전송하는 스마트미터;

상기 스마트미터와 연결되어 일정 시간 주기로 상기 총 소비전력 데이터를 입력받아 상기 적어도 하나 이상의 단말기기를 분류하고, 상기 총 소비 전력량을 분류된 단말기기별 소비전력량인 예측값으로 분해하는 비침입하모니터링부; 및

상기 실측값 및 예측값을 입력받아 상기 단말기기의 동작상태를 식별하고, 식별된 동작상태에 의해 요구된 분류 및 임계값을 계산하여 부정확한 이벤트 분류 및 잘못된 에너지 추정에 대한 총 페널티를 계산하여 총 페널티에 따라 상기 비침입하모니터링부의 소비전력량 분해 성능을 평가하는 다중상태 에너지 분류기를 포함하고,

상기 다중상태 에너지 분류기는,

상기 단말기기의 시계열적인 다수의 실측값(g_t)을 포함하는 실측 데이터(G_T) 입력받고, 상기 실측값을 기반으로 클러스터링을 수행하여 상기 단말기기의 동작상태를 식별한 후 동작상태정보(C_{State})를 출력하는 기기상태 수집부;

상기 단말기기의 실측 데이터(G_T), 시계열적인 다수의 예측값(p_t)을 포함하는 예측 데이터(P_T) 및 상기 동작상태 정보를 입력받고 상기 실측값 및 예측값에 따른 데이터 포인트를 획득하고, 상기 데이터 포인트에서 가장 가까운 클러스터를 획득하며, 상기 획득된 클러스터의 상태에 따른 클러스터 상태정보(S_i)를 설정하고, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측값과 예측값의 일치 여부에 따른 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하여 출력하는 이벤트 분류부;

상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 시계열적인 실측값 및 예측값 중 하나에서 변화율이 감지되면 변화율에 따른 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정부;

상기 이벤트 분류 페널티 및 에너지 추정 페널티를 가산하여 총 페널티를 계산하는 총 페널티 계산부; 및

상기 총 페널티에 따라 상기 비침입하모니터링부의 성능을 평가하고 평가정보를 출력하는 성능 평가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입하모니터링 성능 평가 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기기상태 수집부는,

K-평균 클러스터와 함께 엘보우 방법을 사용하여 클러스터 수를 결정하고, 결정된 클러스터 수에 따른 K-평균

클러스터링을 수행하여 단말기기의 동작상태정보를 출력하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 이벤트 분류부는,

설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측값(g_i)과 예측값(p_i)의 일치 여부 판단 시 상기 실측값 상태 및 예측값 상태는 0보다 크고, 실측값 상태와 예측값 상태가 같으면 페널티를 0으로, 다르면 페널티를 1로 설정한 후 모든 참 능동(TP) 포인트의 페널티를 합산하여 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 에너지 추정부는,

상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고,

시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터인 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고,

상기 실측값 클러스터 및 예측값 클러스터의 임계값을 획득한 후,

상기 임계값과 시계열적인 실측값 및 예측값의 전력 변화율을 비교하여 임계값 이내인 전력 변화율이 감지되면 전력 변화율이 임계값을 초과하는 실측값 및 예측값 중 어느 하나를 작동 상태의 끝으로 표시하여 작동 종료 실측값($G_{S\text{lice}}$) 및 작동 종료 예측값($P_{S\text{lice}}$)으로 설정하고, 상기 설정된 작동 종료 실측값 및 작동 종료 예측값까지의 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 총 페널티 계산부는,

하기 수학적식1에 의해 총 페널티를 계산하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템.

[수학적식 1]

$$TotalPenalty_m = (\epsilon \cdot Penalty_{EC}^{(m)}) + ((1 - \epsilon) \cdot Penalty_{EE}^{(m)})$$

여기서, $(1 - \epsilon)$ 은 에너지 추정을 위한 정확도 가중치, ϵ 은 이벤트 분류를 위한 정확도 가중치, $Penalty_{EC}^{(m)}$ 는 $ECPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, $Penalty_{EE}^{(m)}$ 는 $EEPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, C_{State} 는 $ApplianceStateClustering(GT)$ 이고, G_T 는 $\{g_1, g_2 \dots g_t\}$ 기기의 실제값이고, P_T 는 $\{P_1, P_2 \dots P_t\}$ 기기의 예상 값이다.

청구항 7

비침입부하모니터링부가 맥내에 구성되어 동작상태에 따른 전력을 소모하여 동작하는 적어도 하나 이상의 단말 기기들과 연결되어 상기 단말기기들에 의해 일정 시간 주기로 해당 시간에서 상기 단말기기에 의해 실시간 사용되는 총 소비전력량에 대한 총 소비전력 데이터를 전송하는 스마트미터로부터 일정 시간 주기로 총 소비전력 데이터를 입력받아 적어도 하나 이상의 상기 단말기기를 분류하고, 상기 총 소비 전력량을 분류된 단말기기별 소비전력량으로 분해하는 비침입부하모니터링 과정; 및

다중상태 에너지 분류기가 상기 단말기기의 동작상태를 식별하고, 식별된 동작상태에 의해 요구된 분류 및 임계값을 계산하여 부정확한 이벤트 분류 및 잘못된 에너지 추정에 대한 총 페널티를 계산하여 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링부의 소비전력량 분해 성능을 평가하는 비침입부하모니터링 평가 과정을 포함하고,

상기 비침입부하모니터링 평가 과정은,

상기 다중상태 에너지 분류기가 기기상태 수집부를 통해 상기 단말기기의 다수의 실측값(g_t)을 포함하는 실측 데이터(G_T)를 입력받고, 상기 실측값을 기반으로 클러스터링을 수행하여 상기 단말기기의 동작상태를 식별한 후 동작상태정보(C_{State})를 출력하는 기기상태 수집 단계;

상기 다중상태 에너지 분류기가 이벤트 분류부를 통해 상기 단말기기의 실측데이터(G_T), 다수의 예측값(p_t)를 포함하는 예측값(P_T) 및 상기 동작상태정보를 입력받고 상기 실측값 및 예측값에 따른 데이터 포인트를 획득하고, 상기 데이터 포인트에서 가장 가까운 클러스터를 획득하며, 상기 획득된 클러스터의 상태에 따른 클러스터 상태정보(S_i)를 설정하고, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측 상태(g_t)와 예측 상태(p_t)의 일치 여부에 따른 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하여 출력하는 이벤트 분류 단계;

상기 다중상태 에너지 분류기가 에너지 추정부를 통해 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터인 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 시계열적인 실측값 및 예측값 중 하나에서 변화율이 감지되면 변화율에 따른 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정 단계;

상기 다중상태 에너지 분류기가 총 페널티 계산부를 통해 상기 이벤트 분류 페널티 및 에너지 추정 페널티를 가산하여 총 페널티를 계산하는 총 페널티 계산 단계; 및

상기 다중상태 에너지 분류기가 성능 평가부를 통해 상기 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링부의 성능을 평가하고 평가정보를 출력하는 성능 평가 단계를 포함하는 것을 특징으로 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 기기상태 수집 단계에서 상기 기기상태 수집부는,

K-평균 클러스터와 함께 엘로우 방법을 사용하여 클러스터 수를 결정하고, 결정된 클러스터 수에 따른 K-평균 클러스터링을 수행하여 단말기기의 동작상태정보를 출력하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 이벤트 분류 단계에서 상기 이벤트 분류부는,

설정된 클러스터 상태정보(Si)의 실측값 상태(gt)와 예측값 상태(pt)의 일치 여부 판단 시 상기 실측값 상태 및 예측값 상태는 0보다 크고, 실측값 상태와 예측값 상태가 같으면 페널티를 0으로 다르면 페널티를 1로 설정한 후 모든 참 능동(TP) 포인트의 페널티를 합산하여 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 에너지 추정 단계는,

상기 에너지 추정부가 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누는 윈도우 분할 단계;

상기 에너지 추정부가 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하는 데이터 포인트 할당 단계;

상기 에너지 추정부가 상기 실측값 클러스터 및 예측값 클러스터의 임계값을 획득하여 설정하는 임계값 설정 단계;

상기 에너지 추정부가 상기 임계값과 시계열적인 실측값 및 예측값의 전력 변화율을 비교하여 임계값 이내인 전력 변화율이 감지되면 전력 변화율이 임계값을 초과하는 실측값 및 예측값 중 어느 하나를 작동 상태의 끝으로 표시하여 작동 종료 실측값(G_{Slice}) 및 작동 종료 예측값(P_{Slice})으로 설정하는 작동 종료값 설정 단계;

상기 에너지 추정부가 상기 설정된 작동 종료 실측값 및 작동 종료 예측값까지의 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정 페널티 계산 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 총 페널티 계산 과정에서 총 페널티 계산부는,

하기 수학적식에 의해 총 페널티를 계산하는 것을 특징으로 하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법.

[수학적식 1]

$$TotalPenalty_m = (\epsilon \cdot Penalty_{EC}^{(m)}) + ((1 - \epsilon) \cdot Penalty_{EE}^{(m)})$$

여기서, (1-ε)은 에너지 추정을 위한 정확도 가중치, ε는 이벤트 분류를 위한 정확도 가중치, $Penalty_{EC}^{(m)}$ 는 $ECPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, $Penalty_{EE}^{(m)}$ 는 $EEPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, C_{State}는 ApplianceStateClustering(GT)이고, GT는 {g1, g2...gt} 기기의 실제값이고, PT는 {P1, P2 ... Pt} 기기의 예상 값이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비침입부하모니터링(Non-intrusive Load Monitoring: NILM) 성능 평가 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전력 소비자 측의 다수의 기기(이하 "단말기기"함)의 기기상태에 따른 다중상태 에너지를 분류할 수 있는 다중상태 에너지 분류기(Multi-state energy classifier: MEC)를 제공하고, 상기 MEC를 통한 다중상태 에너지에 따른 실측값과 예측값을 비교하여 일치도에 따른 페널티를 할당하여 비침입부하모니터링 시스템의 성능을 평가하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 전력을 공급하는 전력선을 통해 양방향 통신을 수행하여 공동 주택 등에 설치된 적어도 하나 이상의 단말기기의 전력 사용에 따른 전력 사용량을 측정하여 전력 관리 측으로 제공하는 스마트미터가 전 세계적으로 공급되고 있다.

[0003] 스마트미터가 보급됨에 따라 소비자의 가정, 즉 집을 방문하지 않고 각 가정의 전력 소비 사용량을 실시간 모니터링할 수 있는 비침입부하모니터링(Non-Intrusive Load Monitoring: NILM) 기술이 개발되어 적용되고 있다.

[0004] 즉, NILM은 스마트미터와 같은 단일 측정 지점을 사용하여 소비자 전계에서 소비자 측의 개별 단말기기 상태 및 전력을 추정하는 기술이다.

[0005] 이러한 NILM 기술을 적용함으로써 에너지 자원을 효율적으로 사용하고, 카본 풋프린트를 줄일 수 있을 것이다.

[0006] NILM은 소비자의 스마트미터에서 수집한 총 전력 소비량을 기반으로택내의 단말기기 수준의 에너지 소비를 추정하며, 최종 사용자(또는 "소비자"라 함)의 단말기기의 전력 소비에 대한 실시간 모니터링 및 피드백을 가능하게 한다. 이러한 피드백은 사용자의택내에서 사용되는 단말기기인 가전제품이 소비하는 에너지의 양에 대한 소비자 통찰력을 제공하고, 경제적 또는 생태적 관심사에 의해 동기 부여 여부와 관계없이 전력 절약에 대한 정보에 근거한 결정을 내리는 데 도움을 준다.

[0007] 또한, NILM은 실시간 부하 분석보다 정확한 에너지 예측을 수행하여 운영 시간과 비용을 절약할 수 있도록 한다.

[0008] NILM에 대한 연구는 신호 처리, 통계 및 머닝 러닝 기술을 통합하여 실시간 모니터링 및 피드백을 위한 비용 효율적인 접근 방식에 대해 주로 진행되었다. 그러나 주요 문제 중 하나는 NILM의 성능을 정확하게 평가하고 보고하는 것이다.

[0009] 그러나 기존 NILM은 그 구현에 관한 최근의 연구 결과는 실질적인 한계가 있는 것으로 알려졌다.

[0010] 구체적으로, 첫째, 기존 NILM의 이벤트(다중상태) 분류 메트릭은 원래의 사실에 따른 이벤트와 관련하여 다중상태 장치를 정확하게 분류하지 못한다.

[0011] 둘째, 장치의 전체 에너지가 추정되지만, 장치의 분류된 각 상태의 에너지 추정은 이루어지지 않는다.

[0012] 마지막으로, 상대적으로 큰 오류가 발생하면 NILM의 메트릭(측정) 결과가 일반적인 정확도 간격 0과 1을 초과하므로 직관적이지 않고 설명하기가 어려운 문제점이 있다.

[0013] 이러한 문제점을 해결하기 위해 NILM을 평가하기 위한 샘플링 속도를 높이는 방식, Root Mean Squared Error(RMSE)를 에너지 추정 정확도 메트릭 중 하나로 사용하는 방식, 정규화된 분해 오류(Normalized Disaggregation Error: NDE)를 이용하는 방식, F1-Score 사용 방식, MF-Score 사용 방식, 유한 상태 F-Score(FS F-Score) 방식 등이 제안되고 있다.

[0014] 그러나 상기 샘플링 속도 증가 방식은 스마트미터가 훨씬 낮은 샘플링 속도로 데이터를 보고하므로 스마트미터 기반 전력 분해에는 이 기술을 적용할 수 없다.

[0015] 그리고 RMSE 적용 방식은 측정값이 정규화되지 않았으므로 여러 단말기기 간 분해 정확도를 비교하기 어려운 문제점이 있었으며, NDE 방식은 RMSE의 정규화 문제를 해결하였으나, 비정상적인 정확성을 보고하는 문제점이 있었다.

[0016] 또한, F1-Score 방식은 단말기기의 여러 작동상태(또는 "동작상태"라 함)를 구분하지 않는 문제점이 있었으며, MF-Score 방식은 단말기기의 다중상태 특성을 고려하지 않는 문제점이 있었다.

[0017] 그리고 FS F-Score 방식은 부정확성(inacc)을 계산하기 위해 단말기기의 사전 정의된 상태에 대한 정보를 가지고 있어야 하고, 여러 상태를 구분하지만 동일한 작동상태 내에서 측정 변동을 정확하게 고려하지 않는 문제점이 있다.

[0018] 원래의 실측값(Ground Truth: GT)에 따른 이벤트에 관련하여 다른 범주의 단말기기의 작동상태를 정확하게 분류할 수 있고, 단말기기 상태 측정의 변동을 정확하게 수량화하고, 그 수량화된 변동 정도에 따른 페널티를 부여하여 NILM의 성능을 보다 정확하게 측정할 수 있는 NILM 성능 평가 시스템 및 방법이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0019] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2049453호(2019.11.28.공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 따라서 본 발명의 목적은 전력 소비자 측의 다수의 단말기기의 기기상태에 따른 다중상태 에너지를 분류할 수 있는 다중상태 에너지 분류기(Multi-state energy classifier: MEC)를 제공하고, 상기 MEC를 통한 다중상태 에너지에 따른 실측값과 예측값을 비교하여 일치도에 따른 페널티를 할당하여 비침입부하모니터링 시스템의 성능을 평가하는 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템 및 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0021] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템은: 택내에 구성되어 전력을 공급받아 동작상태에 따른 전력을 소모하여 동작하는 적어도 하나 이상의 단말기기; 상기 택내의 적어도 하나 이상의 단말기기들과 연결되어 상기 단말기기들에 의해 일정 시간 주기로 해당 시간에서 상기 단말기기에 의해 실시간 사용되는 총 소비 전력량에 대한 총 소비전력 데이터 및 단말기기별 실측값을 전송하는 스마트미터; 상기 스마트미터와 연결되어 일정 시간 주기로 상기 총 소비전력 데이터를 입력받아 상기 적어도 하나 이상의 단말기기를 분류하고, 상기 총 소비 전력량을 분류된 단말기기별 소비전력량인 예측값으로 분해하는 비침입부하모니터링부; 및 상기 실측값 및 예측값을 입력받아 상기 단말기기의 동작상태를 식별하고, 식별된 동작상태에 의해 요구된 분류 및 임계값을 계산하여 부정확한 이벤트 분류 및 잘못된 에너지 추정에 대한 총 페널티를 계산하여 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링부의 소비전력량 분해 성능을 평가하는 다중상태 에너지 분류기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 다중상태 에너지 분류기는, 상기 단말기기의 시계열적인 다수의 실측값(g_t)을 포함하는 실측 데이터(G_T) 입력받고, 상기 실측값을 기반으로 클러스터링을 수행하여 상기 단말기기의 동작상태를 식별한 후 동작상태정보(C_{State})를 출력하는 기기상태 수집부; 상기 단말기기의 실측 데이터(G_T), 시계열적인 다수의 예측값(p_t)을 포함하는 예측 데이터(P_T) 및 상기 동작상태정보를 입력받고 상기 실측값 및 예측값에 따른 데이터 포인트를 획득하고, 상기 데이터 포인트에서 가장 가까운 클러스터를 획득하며, 상기 획득된 클러스터의 상태에 따른 클러스터 상태정보(S_i)를 설정하고, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측값과 예측값의 일치 여부에 따른 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하여 출력하는 이벤트 분류부; 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 원도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 시계열적인 실측값 및 예측값 중 하나에서 변화율이 감지되면 변화율에 따른 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정부; 상기 이벤트 분류 페널티 및 에너지

추정 페널티를 가산하여 총 페널티를 계산하는 총 페널티 계산부; 및 상기 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링 시스템의 성능을 평가하고 평가정보를 출력하는 성능 평가부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 기기상태 수집부는, K-평균 클러스터와 함께 엘로우 방법을 사용하여 클러스터 수를 결정하고, 결정된 클러스터 수에 따른 K-평균 클러스터링을 수행하여 단말기기의 동작상태정보를 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 이벤트 분류부는, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측값(g_i)과 예측값(p_i)의 일치 여부 판단 시 상기 실측 상태 및 예측 상태는 0보다 크고, 실측 상태와 예측 상태가 같으면 페널티를 0으로, 다르면 페널티를 1로 설정한 후 모든 참 능동(TP) 포인트의 페널티를 합산하여 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 에너지 추정부는, 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터인 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 상기 실측값 클러스터 및 예측값 클러스터의 임계값을 획득한 후, 상기 임계값과 시계열적인 실측값 및 예측값의 전력 변환율을 비교하여 임계값 이내인 전력 변화율이 감지되면 전력 변화율이 임계값을 초과하는 실측값 및 예측값 중 어느 하나를 작동 상태의 끝으로 표시하여 작동 종료 실측값(G_{Slice}) 및 작동 종료 예측값(P_{Slice})으로 설정하고, 상기 설정된 작동 종료 실측값 및 작동 종료 예측값까지의 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 총 페널티 계산부는, 하기 수학적식1에 의해 총 페널티를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0027] [수학적식 1]

$$TotalPenalty_m = (\epsilon \cdot Penalty_{EC}^{(m)}) + ((1 - \epsilon) \cdot Penalty_{EE}^{(m)})$$

[0028] 상기과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 방법은: 비침입부하모니터링부가 상기 맥내에 구성되어 동작상태에 따른 전력을 소모하여 동작하는 적어도 하나 이상의 단말기기와 연결되어 상기 단말기기에 의해 일정 시간 주기로 해당 시간에서 상기 단말기에 의해 실시간 사용되는 총 소비전력량에 대한 총 소비전력 데이터를 전송하는 스마트미터로부터 일정 시간 주기로 총 소비전력 데이터를 입력받아 적어도 하나 이상의 상기 단말기기를 분류하고, 상기 총 소비 전력량을 분류된 단말기기에별 소비전력량으로 분해하는 비침입부하모니터링 과정; 및 다중상태 에너지 분류기가 상기 단말기기의 동작상태를 식별하고, 식별된 동작상태에 의해 요구된 분류 및 임계값을 계산하여 부정확한 이벤트 분류 및 잘못된 에너지 추정에 대한 총 페널티를 계산하여 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링부의 소비전력량 분해 성능을 평가하는 비침입부하모니터링 평가 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 비침입부하모니터링 평가 과정은, 상기 다중상태 에너지 분류기가 기기상태 수집부를 통해 상기 단말기기의 다수의 실측값(g_i)을 포함하는 실측 데이터(G_T)를 입력받고, 상기 실측값을 기반으로 클러스터링을 수행하여 상기 단말기기의 동작상태를 식별한 후 동작상태정보(C_{State})를 출력하는 기기상태 수집 단계; 상기 다중상태 에너지 분류기가 이벤트 분류부를 통해 상기 단말기기의 실측데이터(G_T), 다수의 예측값(p_i)를 포함하는 예측값(P_T) 및 상기 동작상태정보를 입력받고 상기 실측값 및 예측값에 따른 데이터 포인트를 획득하고, 상기 데이터 포인트에서 가장 가까운 클러스터를 획득하며, 상기 획득된 클러스터의 상태에 따른 클러스터 상태정보(S_i)를 설정하고, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측 상태(g_i)와 예측 상태(p_i)의 일치 여부에 따른 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하여 출력하는 이벤트 분류 단계; 상기 다중상태 에너지 분류기가 에너지 추정부를 통해 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터인 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 시계열적인 실측값 및 예측값 중 하

나에서 변화율이 감지되면 변화율에 따른 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정 단계; 상기 다중상태 에너지 분류기가 총 페널티 계산부를 통해 상기 이벤트 분류 페널티 및 에너지 추정 페널티를 가산하여 총 페널티를 계산하는 총 페널티 계산 단계; 및 상기 다중상태 에너지 분류기가 성능 평가부를 통해 상기 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링 시스템의 성능을 평가하고 평가정보를 출력하는 성능 평가 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 상기 기기상태 수집 단계에서 상기 기기상태 수집부는, K-평균 클러스터와 함께 엘보우 방법을 사용하여 클러스터 수를 결정하고, 결정된 클러스터 수에 따른 K-평균 클러스터링을 수행하여 단말기기의 동작상태정보를 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 상기 이벤트 분류 단계에서 상기 이벤트 분류부는, 설정된 클러스터 상태정보(Si)의 실측 상태(gt)와 예측 상태(pt)의 일치 여부 판단 시 상기 실측 상태 및 예측 상태는 0보다 크고, 실측 상태와 예측 상태가 같으면 페널티를 0으로 다르면 페널티를 1로 설정한 후 모든 참 능동(TP) 포인트의 페널티를 합산하여 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 상기 에너지 추정 단계는, 상기 에너지 추정부가 상기 단말기기의 실측값, 예측값 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측값 및 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 상기 단말기기의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누는 윈도우 분할 단계; 상기 에너지 추정부가 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터 실측값 클러스터(Cg) 및 예측값 클러스터(Cp)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하는 데이터 포인트 할당 단계; 상기 에너지 추정부가 상기 실측값 클러스터 및 예측값 클러스터의 임계값을 획득하여 설정하는 임계값 설정 단계; 상기 에너지 추정부가 상기 임계값과 시계열적인 실측값 및 예측값의 전력 변화율을 비교하여 임계값 이내인 전력 변화율이 감지되면 전력 변화율이 임계값을 초과하는 실측값 및 예측값 중 어느 하나를 작동 상태의 끝으로 표시하여 작동 종료 실측값(G_{Slice}) 및 작동 종료 예측값(P_{Slice})으로 설정하는 작동 종료값 설정 단계; 상기 에너지 추정부가 상기 설정된 작동 종료 실측값 및 작동 종료 예측값까지의 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력하는 에너지 추정 페널티 계산 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 상기 총 페널티 계산 과정에서 총 페널티 계산부는, 하기 수학적식에 의해 총 페널티를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0035] [수학적식 1]

[0036]
$$TotalPenalty_m = (\epsilon \cdot Penalty_{EC}^{(m)}) + ((1 - \epsilon) \cdot Penalty_{EE}^{(m)})$$

발명의 효과

[0037] 본 발명은 사용자택내의 단말기별 다중상태를 분류하므로 보다 정확하게 단말기별 사용 전력량을 측정할 수 있는 효과가 있다.

[0038] 또한, 본 발명은 단말기별 다중상태를 분류하므로 NILM 시스템의 성능을 정확하게 평가할 수 있는 효과가 있다.

[0039] 또한, 본 발명은 상태 오류 분류 및 상태의 에너지 추정 변동을 정확하게 정량화하고, 그에 따른 페널티를 부가하므로 NILM 시스템의 성능을 보다 정확하게 평가할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류기를 이용한 비침입부하모니터링 시스템의 구성을 나타낸 도면이다

도 2는 본 발명에 따른 비침입부하모니터링 시스템의 다중상태 에너지 분류기의 구성을 나타낸 도면이다

도 3 내지 도 6은 본 발명에 따른 단말기 종류별 전원 패턴을 나타낸 도면이다

도 7은 본 발명에 따른 에너지 추정 페널티를 계산에 따른 유형4의 전원 패턴 파형을 나타낸 도면이다

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류에 따른 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템의 구성 및 동작을 상세히 설명하고, 상기 시스템에서의 성능 평가 방법을 설명한다.
- [0042] 도 1은 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류기를 이용한 비침입부하모니터링 시스템의 구성을 나타낸 도면이고, 도 3 내지 도 6은 본 발명에 따른 단말기기 종류별 전원 패턴을 나타낸 도면이며, 도 7은 본 발명에 따른 에너지 추정 페널티를 계산에 따른 유형4의 전원 패턴 곡형을 나타낸 도면이다. 이하, 도 1, 도 3 내지 도 7을 참조하여 설명한다.
- [0043] 본 발명에 따른 다중상태 에너지 분류기를 이용한 비침입부하모니터링 성능 평가 시스템은 맥내에 구성되는 적어도 하나 이상의 단말기기(10), 스마트미터(20), 비침입부하모니터링부(30) 및 다중상태 에너지 분류기(40)를 포함한다.
- [0044] 상기 단말기기(10)는 임의의 맥내에 설치되는 가정용 기기(Appliance)로 맥내로 공급되는 전력을 소모하여 해당 동작을 수행한다.
- [0045] 상기 단말기기(10)는 도 3 내지 도 6에서 보이는 바와 같이 그 종류에 따라 그 전원 패턴이 상이하다.
- [0046] 전원 패턴에는 유형1의 켜기/끄기 전원 패턴, 유형2의 유한상태 머신 또는 다중상태 전원 패턴, 유형3의 무한상태 또는 연속 가변 전원 패턴, 유형4의 항상켜짐 전원 패턴 등이 있다.
- [0047] 유형1은 도 5와 같이 주어진 시간에 두 가지 상태, 꺼짐 및 꺼짐이 반복하는 전원 패턴을 갖는다. 이러한 단말기기(10)로는 토스터, 전구, 급수 펌프 등과 같은 다양한 기본 가전제품들이 있을 수 있을 것이다.
- [0048] 유형2는 도 4의 세탁기와 같이 세척 및 건조 등의 둘 이상의 동작상태, 즉 활성상태를 포함한다. 각각의 동작상태는 대응하는 에너지 소비를 갖는다. 이러한 단말기기(10)로는 세탁기, 스토브, 버너, 냉장고 등이 있을 수 있을 것이다.
- [0049] 유형3은 도 6의 노트북과 같이 실행되는 응용프로그램에 따라 전력 소모량이 다양하게 변할 수 있는 다중상태 전원 패턴을 갖는다.
- [0050] 이러한 단말기기(10)로는 도 4와 같은 노트북, 조광기, 파워드릴, 배터리 충전기, 랩톱 컴퓨터, 전화 등이 있을 수 있을 것이다.
- [0051] 유형4는 도 3과 같이 일정한 전력 소비가 있는 전원 패턴을 갖는다. 이러한 단말기기(10)로는 화재 경보기, 냉장고, 유선 전화 등이 있을 수 있을 것이다.
- [0052] 스마트미터(20)는 상기 맥내에 구성되는 하나 이상의 단말기기(10)와 연결되어 상기 단말기기(10)들이 소모하는 총 소비 전력량을 실시간 측정하고, 총 소비 전력량에 따른 총 소비 전력 데이터를 비침입부하모니터링부(30)로 출력한다.
- [0053] 상기 스마트미터(20)는 단말기기(10)별로 소모하는 소비 전력량을 실측하고 기기별 실측값(g_i)을 포함하는 실측 데이터(G_T)를 다중상태 에너지 분류기(40)로 출력할 것이다.
- [0054] 비침입부하모니터링부(30)는 스마트미터(20)로부터 총 소비 전력량에 대한 총 소비 전력 데이터를 수신하고, 상기 총 소비 전력 데이터를 분석하여 하나 이상의 단말기기(10)를 분류하고, 상기 총 소비 전력 데이터의 총 소비 전력량을 분류된 단말기기별 소비전력량인 예측값(p_i)으로 분해한 예측 데이터(P_T)를 출력한다.
- [0055] 다중상태 에너지 분류기(40)는 상기 실측값(실측 데이터) 및 예측값(예측 데이터)을 입력받아 상기 단말기기(10)의 동작상태를 식별하고, 식별된 동작상태에 의해 요구된 분류 및 임계값을 계산하여 부정확한 이벤트 분류 및 잘못된 에너지 추정에 대한 총 페널티를 계산하며, 계산된 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링부(30)의 소비전력량 분해 성능을 평가한다.
- [0056] 도 2는 본 발명에 따른 비침입부하모니터링 시스템의 다중상태 에너지 분류기의 구성을 나타낸 도면이다. 도 2를 참조하여 다중상태 에너지 분류기의 상세 구성 및 동작을 설명한다.
- [0057] 다중상태 에너지 분류기(40)는 기기상태 수집부(41), 이벤트 분류부(42), 에너지 추정부(43), 총 페널티 계산부(44) 및 성능 평가부(45)를 포함한다.
- [0058] 기기상태 수집부(41)는 상기 단말기기(10)의 실측 데이터(G_T)를 입력받고 시류 데이터를 기반으로 클러스터링을

수행하여 상기 단말기기(10)별 동작상태를 포함하는 동작상태정보(C_{State})를 이벤트 분류부(42) 및 에너지 추정부(43)로 출력한다.

[0059] 기기상태 수집부(41)는 하기 표 1의 알고리즘2에 의해 동작상태정보(C_{State})를 생성한다.

표 1

Algorithm 2 Appliance State Clustering

Input:
 $G_T = \{g_1, g_2, \dots, g_t\}$ is the ground truth of appliance m
 N = Maximum number of states

Output:
 $C_{State} = [C_1, C_2, \dots, C_K]$ is the clustered operational states of appliance m

- 1: G_{Scale} = Standardize the values of G_T time series
- 2: **for** $K = 1$ **to** N **do**
- 3: Compute within groups sum of squares (WSS)
- 4: **end for**
- 5: Obtain K using elbow method
- 6: Compute K-Means Clustering
- 7: **for** $i = 1$ **to** K **do**
- 8: Get $C_{mean} = \mu$ and $C_{std.dev} = \sigma$
- 9: $C_{Thres} = \frac{C_{std.dev}}{C_{mean}}$
- 10: $C_{Rate} = \frac{\lambda\sigma}{C_{mean}}$
- 11: Store $[S_i, C_{mean}, C_{std.dev}, C_{Thres}, C_{Rate}]$ in C_i
- 12: Store C_i in C_{State}
- 13: **end for**
- 14: **return** C_{state}

[0060]

[0061] 상기 표 1에서 $C_{std.dev}$ 및 C_{mean} 은 표준 편차 및 군집의 평균이다.

[0062] 상기 표 1에서 보이는 바와 같이 입력(Input)은 실측 데이터(G_T) 및 최대 상태 수(N)이고, 출력은 동작상태정보(C_{State})이다. 상기 실측 데이터 $GT=\{g_1, g_2, \dots, g_t\}$ 이다.

[0063] 기기상태 수집부(41)는 단말기기(10)의 다른 동작 상태들과 관련된 다른 클러스터를 식별한다.

[0064] 구체적으로 설명하면, 본 발명에서는 실측 데이터, 즉 실측값을 기반으로 기기의 작동상태를 클러스터링하기 위해 K-평균 알고리즘을 사용한다. 또한, 클러스터 수(K)를 결정하기 위해 K-평균 클러스터링을 가지는 엘보우 방법을 적용한다.

[0065] 클러스터 수가 결정되면, 기기상태 수집부(41)는 K-평균 알고리즘에 실측 데이터의 실측값들을 적용하여 레이블이 없는 클러스터링 결과를 기반으로 단말기기(10)의 다양한 작동상태(S_i)를 식별한다.

[0066] 기기상태 수집부(41)는 작동상태(S_i)가 식별되면 표 2의 8, 9, 10 라인과 같은 단말기기(10)의 작동상태와 관련된 매개변수($C_{mean}, C_{std.dev}, C_{Thres}, C_{Rate}$)를 계산한다.

[0067] 기기상태 수집부(41)는 작동상태 및 매개변수가 계산되면 작동상태(S_i), 및 매개변수를 포함하는 동작상태정보(C_{State})를 생성하여 저장한 후 출력한다.

[0068] 이벤트 분류부(42)는 상기 단말기기(10)의 실측 데이터(G_T), 예측 데이터(P_T) 및 상기 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측 데이터 및 예측 데이터에 따른 진실능동(True Positive: TP)에 상응하는 데이터 포인트(g_i ,

p_i)를 획득하고, 상기 데이터 포인트에서 가장 가까운 클러스터를 획득하며, 상기 획득된 클러스터의 상태에 따른 클러스터 상태정보(S_i)를 설정하고, 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측 상태(G_T)와 예측 상태(P_T)의 일치 여부에 따른 이벤트 분류 페널티(Event Classification Penalty: EC Penalty)를 계산하여 출력한다.

[0069] 구체적으로, 이벤트 분류부(42)는 하기 표 3의 알고리즘3을 통해 설정된 클러스터 상태정보(S_i)의 실측값(g_t)과 예측값(p_t)의 일치 여부 판단 시 상기 실측값 및 예측값은 0보다 크고, 실측값과 예측값이 같으면 페널티를 0으로, 다르면 페널티를 1로 설정한 후 모든 참 능동(TP) 포인트의 페널티를 합산하여($\sum EC_i^{(m)}$) 이벤트 분류 페널티를 계산하여 출력한다.

표 2

Algorithm 3 Event Classification Penalty (ECPenalty)

Input:
 $G_T = \{g_1, g_2 \dots g_t\}$ is the ground truth of appliance m
 $P_T = \{p_1, p_2 \dots p_t\}$ is the predicted values of appliance m
 C_{State} is the clustered operational state data of appliance m
 K is the number of clusters of appliance m

Output:
 $\sum_{i=1}^T EC_i^{(m)}$ is the total Event Classification Penalty for appliance m

```

1: Set TotalPenaltym = 0
2: for t = 1 to T do
3:   Get datapoint  $g_t$  and  $p_t$ 
4:   if  $g_t > 0$  and  $p_t > 0$  then
5:     Compute closestDistance ( $g_t, C_{State}[C_{i\_C_{mean}}]$ )
6:     Set state of  $g_t$  to  $S_i$ 
7:     Compute closestDistance ( $p_t, C_{State}[C_{i\_C_{mean}}]$ )
8:     Set state of  $p_t$  to  $S_i$ 
9:   end if
10:  if state of  $g_t \neq p_t$  then
11:    Set penalty  $EC_t^{(m)}$  equal to 1
12:  else
13:    Set penalty  $EC_t^{(m)}$  equal to 0
14:  end if
15: end for
16: return  $\sum_{i=1}^T EC_i^{(m)}$ 

```

[0070]

[0071] 에너지 추정부(43)는 상기 단말기기(10)의 실측 데이터, 예측 데이터 및 동작상태정보(C_{State})를 입력받고 상기 실측 데이터의 실측값 및 예측 데이터의 예측값의 모든 참 능동(True Positive:TP) 포인트에 대해 하기 표 3의 알고리즘4를 수행하여, 상기 단말기기(10)의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영한 실측값 및 그에 대응하는 예측값을 윈도우로 나누고, 시계열적인 실측값 및 예측값의 데이터 포인트를 통해 순회하면서 상기 실측값 및 예측값 각각에 가장 가까운 클러스터인 실측값 클러스터(C_g) 및 예측값 클러스터(C_p)에 데이터 포인트의 해당 포인트를 할당하고, 시계열적인 실측값 및 예측값 중 하나에서 변화율이 감지되면 변화율에 따른 에너지 추정 페널티(Energy Estimation Penalty: EEP)를 계산하여 출력한다.

[0072] 다시 설명하면, 에너지 추정부(43)는 부정확한 에너지 추정에 따른 에너지 추정 페널티를 계산하기 위해 세 단계로 세분된다.

[0073] 우선, 에너지 추정부(43)는 도 7에서 나타낸 것과 같이 단말기기(10)의 동작상태에서 변화에 영향을 주는 전력 소비의 변화를 반영하여 시계열값인 실측값과 시계열값인 예측값을 창으로 나누는 것이다.

[0074] 에너지 추정부(43)는 알고리즘3에서 나타내고 있는 바와 같이 시계열값인 실측값 $G_T = [g_1, g_2, \dots, g_t]$ 과 시계열값인 예측값 $P_T = \{p_1, p_2, \dots, p_t\}$ 의 데이터 포인트를 통해 거슬러가면서 시작한다. 시작 데이터 포인트, $g_t > 0$,

$P_t > 0$ 의 동작상태는 실측값 및 예측값 각각에 대해 가장 가까운 클러스터 C_g 및 C_p 에 데이터 포인트를 할당하여 결정된다.

[0075] 다음으로, 에너지 추정부(43)는 g_{t+1} 과 p_{t+1} 이 같은 상태인지를 확인하기 위해 표 3의 라인 9에서와 같이 g_t 의 변화량이 g_t 가 속하는 클러스터의 임계값보다 작은지($\frac{|g_{t+1}-g_t|}{g_t} < C_{g_CRate}$), p_t 의 변화량이 p_t 에 대한 클러스터의 임계값보다 작은지($\frac{|p_{t+1}-p_t|}{p_t} < C_{p_CRate}$)를 판단하여 전력 변화율을 확인한다.

표 3

```

Algorithm 4 Energy Estimation Penalty (EEPenalty)


---


Input:
 $G_T = \{g_1, g_2, \dots, g_t\}$  is the ground truth of appliance  $m$ 
 $P_T = \{p_1, p_2, \dots, p_t\}$  is the predicted values of appliance  $m$ 
 $C_{State}$  is the clustered operational state data of appliance  $m$ 
 $G_{Slice}$  is a vector of all  $\mathbb{R}$ 
 $P_{Slice}$  is a vector of all  $\mathbb{R}$ 
Output:
 $\sum_{i=1}^T EE_i^{(m)}$  is the total Energy Estimation Penalty for appliance  $m$ 

1: Init  $k, l = 1$ 
2: for  $t = 1$  to  $T$  do
3:   Obtain data point  $g_t$  and  $p_t$ 
4:   if  $g_t > 0$  and  $p_t > 0$  then
5:     Compute  $C_g = \text{closestCluster}(C_{State}, g_t)$ 
6:     Compute  $C_p = \text{closestCluster}(C_{State}, p_t)$ 
7:     Obtain  $C_{g\_CRate}$  and  $C_{p\_CRate}$ 
8:     Set  $k = t$  and  $l = t$ 
9:     while  $((\frac{|g_{t+1}-g_t|}{g_t} < C_{g\_CRate}) \text{ and } (\frac{|p_{t+1}-p_t|}{p_t} < C_{p\_CRate}))$  do
10:      Add data point  $g_t$  to  $G_{Slice}$ 
11:      Add data point  $p_t$  to  $P_{Slice}$ 
12:      Increment  $l$ 
13:    end while
14:    Set  $t = l + 1$ 
15:     $P_{jw} = \text{Call ComputePenalty}(G_{Slice}, P_{Slice})$ 
16:    Call  $\text{AssignPenalty}(G_T, P_T, P_{jw})$ 
17:  end if
18: end for
19: return  $\sum_{i=1}^T EE_i^{(M)}$ 
20:
21: Procedure  $\text{ComputePenalty}(G_{Slice}, P_{Slice})$ 
22: Compute  $J_w(G_{Slice}, P_{Slice}) = \frac{\sum_i \min(g_i, p_i)}{\sum_i \max(g_i, p_i)}$ 
23: Compute  $P_{jw} = (1 - J_w(G_{Slice}, P_{Slice}))$ 
24: EndProcedure
25:
26: Procedure  $\text{AssignPenalty}(G_T, P_T, P_{jw})$ 
27: for  $i = k$  to  $l$  do
28:   if  $((g_i > 0) \text{ and } (p_i > 0) \text{ and } (\frac{|p_i-g_i|}{g_i} > C_{g\_CRate}))$  then
29:     Assign penalty  $EE_i^{(m)} = P_{jw}$ 
30:   else
31:     Assign penalty  $EE_i^{(m)} = 0$ 
32:   end if
33: end for
34: EndProcedure

```

[0076]

[0077] 상기 임계값은 표 1의 10라인에서와 같이 계산된 것으로 에너지 추정부(43)가 계산할 수도 있고, 기기상태 수집부(41)로부터 입력받은 동작상태정보(C_{State})로부터 획득할 수도 있을 것이다.

- [0078] 상기 10라인의 임계값 수식에서 $\lambda=3$ 이면 해당 포인트가 해당 클러스터에 속할 확률이 99.7%일 것이다.
- [0079] 상기 에너지 추정부(43)는 시계열값들의 상기 변화율 확인하는 동안 g_t 및 p_t 중 하나에서 조건을 만족하는 변화율을 감지하면 동일한 동작상태의 끝을 표시하고, 표시된 끝의 데이터 포인트의 실측값 및 예측값 각각을 G_{Slice} 및 P_{Slice} 에 저장한다. 단, 상기 G_{Slice} 및 P_{Slice} 는 TP만을 포함하고, G_{Slice} 및 P_{Slice} 의 데이터 포인트는 각각 멤버와 동일한 동작상태에 속한다.
- [0080] 다음 단계로 에너지 추정부(43)는 표 4의 21-24라인에서 상기 G_{Slice} 및 P_{Slice} 에 대한 페널티를 계산한다.
- [0081] 그리고 마지막 단계로 에너지 추정부(43)는 표 4의 26-34라인의 페널티 할당 함수를 호출하여, $\frac{|p_i - g_i|}{g_i} > C_{g, C_{Tmax}}$ 를 만족하면 계산된 에너지 추정 페널티 값(P_{jw})을 $EE_i^{(m)}$ 에 할당하여 에너지 추정 페널티의 계산을 완료한다.
- [0082] 총 페널티 계산부(44)는 하기 수학적 식 1에 의해 상기 이벤트 분류 페널티 및 에너지 추정 페널티를 가산하여 총 페널티를 계산한다.

수학적 식 1

[0083]
$$TotalPenalty_m = (\varepsilon \cdot Penalty_{EC}^{(m)}) + ((1 - \varepsilon) \cdot Penalty_{EE}^{(m)})$$

[0084] 여기서, $(1 - \varepsilon)$ 은 에너지 추정을 위한 정확도 가중치, ε 는 이벤트 분류를 위한 정확도 가중치, $Penalty_{EC}^{(m)}$ 는 $ECPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, $Penalty_{EE}^{(m)}$ 는 $EEPenalty(G_T, P_T, C_{State})$ 이고, C_{State} 는 $ApplianceStateClustering(G_T)$ 이고, G_T 는 $\{g_1, g_2, \dots, g_t\}$ 기기의 실제값이고, P_T 는 $\{P_1, P_2, \dots, P_t\}$ 기기의 예상 값이다.

성능 평가부(45)는 상기 총 페널티에 따라 상기 비침입부하모니터링 시스템의 성능을 평가하고 평가정보를 출력한다.

[0085] 구체적으로 성능 평가부(45)는 상기 총 페널티 계산부(44)에서 계산된 총 페널티를 하기 수학적 식 2의 정밀도 및 수학적 식 3의 리콜에 적용하여 정밀도 및 리콜을 계산한다.

수학적 식 2

[0086]
$$Precision_{fridge} = \frac{TP_{fridge} - TotalPenalty_{fridge}}{TP_{fridge} - FP_{fridge}}$$

수학적 식 3

[0087]
$$Recall_{fridge} = \frac{TP_{fridge} - TotalPenalty_{fridge}}{TP_{fridge} - FN_{fridge}}$$

[0088] 여기서 TP_{fridge} 는 ON 상태로 표시된 ON 상태 샘플(True Positive), FP_{fridge} 는 ON 상태(False Positive)로 표시된 OFF 상태 샘플, FN_{fridge} 는 OFF로 표시된 ON 상태 샘플을 나타낸다.

[0089] 따라서 성능 평가부(45)는 NILM 알고리즘의 성능을 평가하는 F-Score를 하기 수학적 식 4에 의해 계산하여 상기 NILM의 성능을 평가한다.

수학식 4

$$F - Score_{fridge} = \frac{2 \cdot Precision_{fridge} \cdot Recall_{fridge}}{Precision_{fridge} + Recall_{fridge}}$$

[0090]

[0091]

한편, 본 발명은 전술한 전형적인 바람직한 실시예에만 한정되는 것이 아니라 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지로 개량, 변경, 대체 또는 부가하여 실시할 수 있는 것임은 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 이해할 수 있을 것이다. 이러한 개량, 변경, 대체 또는 부가에 의한 실시가 이하의 첨부된 특허청구범위의 범주에 속하는 것이라면 그 기술사상 역시 본 발명에 속하는 것으로 보아야 한다.

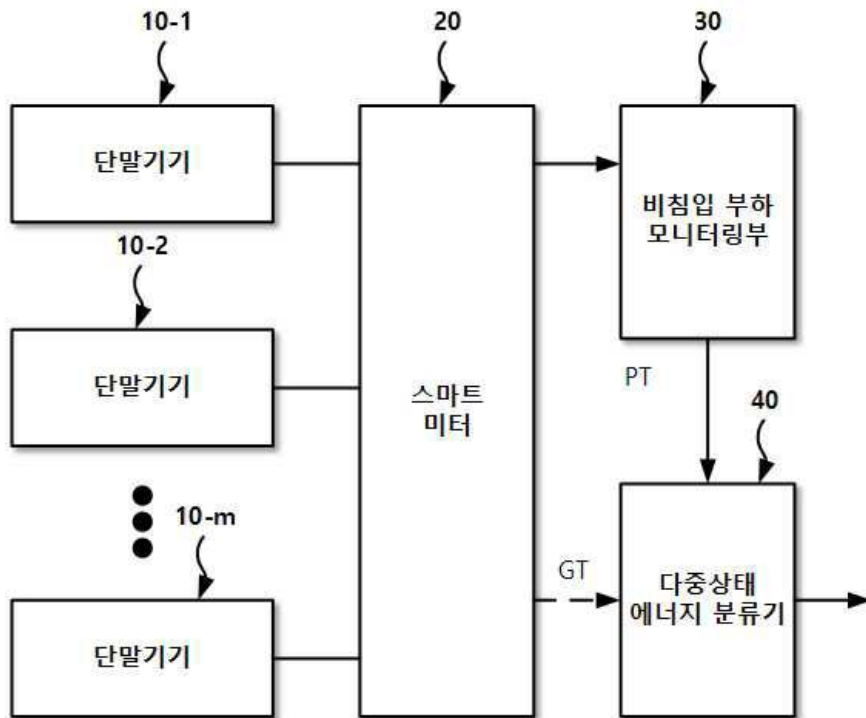
부호의 설명

[0092]

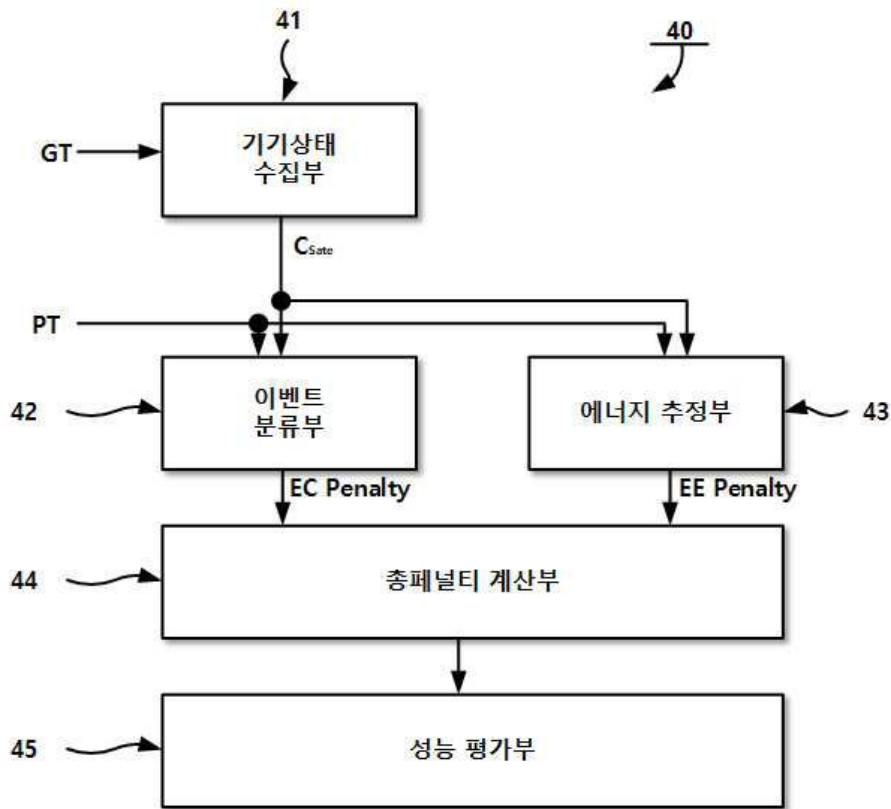
- 10: 단말기기
- 20: 스마트미터
- 30: 비침입 부하 모니터링부
- 40: 다중상태 에너지 분류기
- 41: 기기상태 수집부
- 42: 이벤트 분류부
- 43: 에너지 추정부
- 44: 총 페널티 계산부
- 45: 성능 평가부

도면

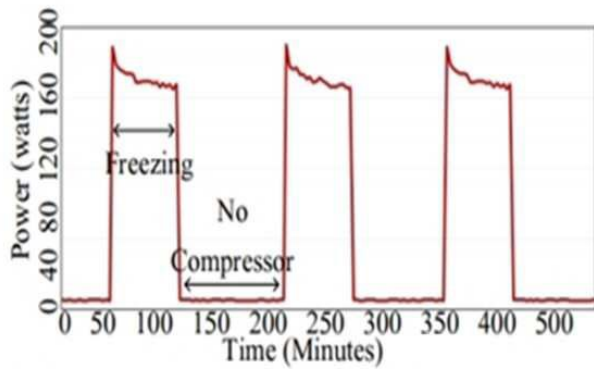
도면1



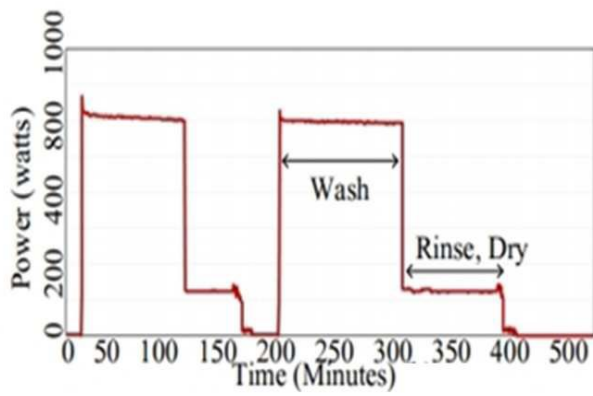
도면2



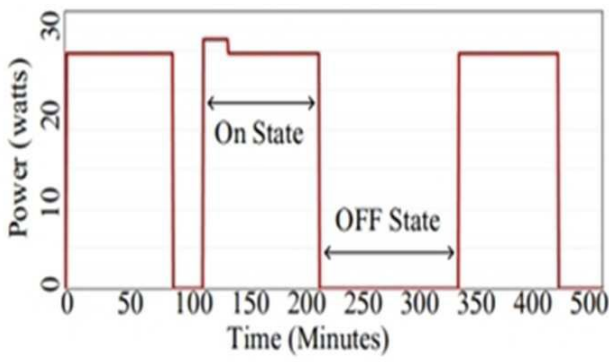
도면3



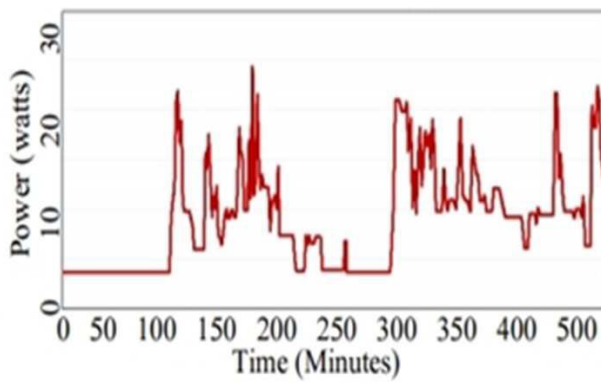
도면4



도면5



도면6



도면7

