



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0086188  
(43) 공개일자 2019년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01R 19/252 (2006.01) G01R 19/25 (2006.01)  
G01R 23/02 (2006.01) G01R 23/16 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01R 19/252 (2013.01)  
G01R 19/2503 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0004409  
(22) 출원일자 2018년01월12일  
심사청구일자 2018년01월12일

(71) 출원인  
고려대학교 산학협력단  
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)  
(72) 발명자  
전기량  
서울특별시 강남구 삼성로51길 35, 204동 1101호  
주성관  
서울특별시 노원구 노원로18길 19, 211동 404호(하계동, 하계2차현대아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김홍석

전체 청구항 수 : 총 14 항

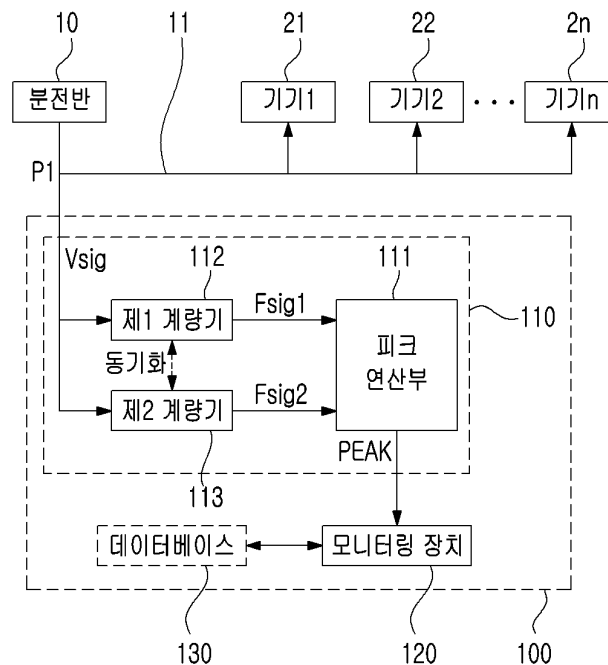
(54) 발명의 명칭 낮은 샘플링 주파수를 사용하는 복수의 전압 계량기를 포함하는 주파수 측정 장치 및 그것을 포함하는 가전기기 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명에 따른 분전반으로부터 전력을 공급받는 복수의 기기들의 사용 전압 신호를 측정하는 주파수 측정 장치는 상기 기기들에 연결된 내부 배선 상의 특정 위치에서 상기 사용 전압 신호를 제1 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제1 샘플링 주파수에 따라 측정된 제1 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제1 피크 주파수

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



스펙트럼을 생성하는 제1 계량기, 상기 특정 위치에서 상기 제1 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 샘플링 주파수와 다른 제2 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제2 샘플링 주파수에 따라 측정된 제2 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제2 계량기, 그리고 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에 기초하여 상기 사용 전압 신호에 포함된 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 피크 연산부를 포함하되, 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 하나의 2배보다 작다.

(52) CPC특허분류

*G01R 19/2506* (2013.01)

*G01R 23/02* (2013.01)

*G01R 23/16* (2013.01)

*Y04S 20/38* (2013.01)

(72) 발명자

**차지원**

서울특별시 도봉구 해등로25길 41 (쌍문동, 한양7  
차아파트) 702동 1102호

**고락경**

서울특별시 동대문구 회기동 베라체 캠퍼스 1401호

**장민석**

서울 동작구 상도동 푸른솔아파트 101동 302호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

분전반으로부터 전력을 공급받는 복수의 기기들의 사용 전압 신호를 측정하는 주파수 측정 장치에 있어서,

상기 기기들에 연결된 내부 배선 상의 특정 위치에서 상기 사용 전압 신호를 제1 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제1 샘플링 주파수에 따라 측정된 제1 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제1 계량기;

상기 특정 위치에서 상기 제1 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 샘플링 주파수와 다른 제2 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제2 샘플링 주파수에 따라 측정된 제2 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제2 계량기; 그리고

상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에 기초하여 상기 사용 전압 신호에 포함된 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 피크 연산부를 포함하되,

상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 하나의 2배보다 작은 것을 특징으로 하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 최소 주파수보다 작은 것을 특징으로 하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 서로소인 소수인 것을 특징으로 하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 계량기는 전체 스펙트럼의 세기로 정규화하여 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에서 상대적인 크기가 유사한 피크 주파수 성분들을 대응하는 피크 주파수 쌍으로 결정하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 피크 주파수 스펙트럼의 제1 피크 주파수 및 상기 제2 피크 주파수 스펙트럼의 제2 피크 주파수가 상기 피크 주파수 쌍으로 결정되는 경우, 나이키스트 정리에 기초하여 샘플링 주파수에 따른 유효 주파수 스펙트럼 내에 중복하여 매핑되는 고주파 성분의 샘플링 특성에 기초하여, 상기 피크 연산부는 상기 제1 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 원래의 피크 주파수의 제1 후보 주파수 집합 및 상기 제2 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수의 제2 후보 주파수 집합을 계산하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 주파수 퍼짐 패턴에 기초하여 상기 원래의 피크 주파수를 선택하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제1 및 제2 계량기는 아날로그 필터를 통해 특정 주파수 영역이 필터링하여 상기 사용 전압 신호를 측정하고,

상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 상기 특정 주파수 영역에 속하는 후보 주파수를 제거하여 상기 원래의 피크 주파수를 선택하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 9

제6항에 있어서,

상기 특정 위치에서 상기 제1 및 제2 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수와 다른 제3 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제3 샘플링 주파수에 따라 측정된 제3 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제3 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제3 계량기를 더 포함하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

피크 주파수의 상대적인 크기에 따라 상기 제3 피크 주파수 스펙트럼의 제3 피크 주파수가 상기 피크 주파수 쌍에 대응하는 것으로 결정되는 경우, 상기 피크 연산부는 상기 제3 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수의 제3 후보 주파수 집합을 계산하고, 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 상기 제3 후보 주파수 집합에 공통으로 포함된 주파수를 상기 원래의 피크 주파수로 결정하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 11

제6항에 있어서,

상기 제1 샘플링 주파수는  $m_1$ , 상기 제2 샘플링 주파수는  $m_2$ , 상기 제1 피크 주파수는  $a_1$ , 상기 제2 피크 주파수는  $a_2$ 인 경우,

상기 제1 후보 주파수 집합은  $m_1 \cdot n \pm a_1$  ( $n$ 은 자연수)인 값들 중에서 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수의 최소공배수보다 작은 주파수들을 포함하고,

상기 제2 후보 주파수 집합은  $m_2 \cdot n \pm a_2$  ( $n$ 은 자연수)인 값들 중에서 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수의 최소공배수보다 작은 주파수들을 포함하는 것을 특징으로 하는 주파수 측정 장치.

#### 청구항 12

분전반으로부터 전력을 공급받는 복수의 기기들의 사용 전압 신호를 측정하여 상기 기기들의 사용 상태를 식별하는 가전기기 모니터링 시스템에 있어서,

상기 기기들에 연결된 내부 배선 상의 특정 위치에서 동시에 서로 다른 샘플링 주파수들을 사용하여 상기 사용 전압 신호를 측정하는 복수의 계량기들을 포함하고, 상기 계량기들에 의해 측정된 전압 신호들을 푸리에 변환하여 피크 주파수 스펙트럼들을 생성하고, 상기 피크 주파수 스펙트럼들에 기초하여 상기 사용 전압 신호의 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 주파수 측정 장치; 그리고

상기 원래의 피크 주파수 패턴과 기준 주파수 패턴을 비교하여 상기 기기들의 사용 상태를 식별하는 모니터링 장치를 포함하고,

상기 샘플링 주파수들은 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 하나의 2배보다 작은 것을 특징으로 하는 가전기기 모니터링 시스템.

### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 주파수 측정 장치는,

상기 특정 위치에서 상기 사용 전압 신호를 제1 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제1 샘플링 주파수에 따라 측정된 제1 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제1 계량기;

상기 특정 위치에서 상기 제1 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 샘플링 주파수와 다른 제2 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제2 샘플링 주파수에 따라 측정된 제2 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제2 계량기; 그리고

상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에 기초하여 상기 사용 전압 신호에 포함된 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 피크 연산부를 포함하는 가전기기 모니터링 시스템.

### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 모니터링 장치는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 가중치를 적용하여 상기 기준 주파수 패턴과 비교하고, 비교 결과에 따라 현재 사용 중인 기기들을 식별하는 피크 주파수 판단 시스템을 포함하고,

상기 피크 주파수 판단 시스템은 상기 가중치를 구하기 위해 다중 로지스틱 회귀법(Multinomial Logistic Regression), 순환 신경망(Recurrent Neural Network) 또는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network)을 통해 학습되는 가전기기 모니터링 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 가전기기 모니터링 방법에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로는 낮은 샘플링 주파수를 사용하는 복수의 전압 계량기를 포함하는 주파수 측정 장치 및 그것을 포함하는 가전기기 모니터링 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 미래 에너지 수급 문제를 해결하기 위해 에너지 절감 및 효율적인 사용을 위한 기술 확보가 필요한 실정이며, 이에 따라 에너지의 효율적 사용을 위한 스마트 그리드 환경 구축에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한, 가정 및 빌딩의 성공적인 스마트 그리드 도입을 위해 생산자뿐만 아니라 전력 소비자의 이해와 참여가 중요하다. 수용가 측 에너지 절감을 위해서 사용자에게 현재 사용 중인 전력사용량을 인지하게 함으로써 사용자가 스스로 사용량 감축에 참여하도록 할 수 있다.

[0003] 가전기기별 전력사용량을 기기별로 측정하여 모니터링하는 시스템은 직관적이고 효과적인 방법이지만 구축 비용이 크다는 단점이 있다. 따라서, 단일 측정 장치를 이용하여 전력사용량을 측정하는 NILM(Non-Intrusive Load Monitoring) 기술을 사용하면 설비의 복잡도 및 비용을 절감할 수 있다. NILM 시스템은 기기별 전력사용량을 파악하기 위하여 하나의 측정 장치를 이용하며, 측정 장치에 연결된 신호를 모니터링 하여 개별장치가 동작해 발생하는 전기적 변화를 감지하여 사용자에게 알려줄 수 있다.

[0004] NILM 시스템은 어떠한 전력관련 신호를 이용하는지에 따라 적용 가능한 알고리즘이 서로 다르다. 전력을 측정하는 경우, NILM 시스템은 실시간으로 계량기에 측정되는 전력 레벨의 정상상태 변화량을 이용하거나 과도 상태에서 변화하는 패턴을 이용할 수 있다. 전류를 측정하는 경우, NILM 시스템은 RMS 전류 값 차분을 이용할 수 있다. 전압을 측정하는 경우, NILM 시스템은 가전기기 내부의 스위칭 회로에서 발생하는 SMPS(Switched Mode Power Supply) 신호의 주파수 스펙트럼을 이용할 수 있다.

[0005] NILM 시스템이 전압을 이용하는 경우, 가전기기마다 내부의 스위칭 회로의 구성이 다르므로, 기기가 동작 중일 때 발생하는 SMPS 신호를 주파수 변환하여 주파수 스펙트럼을 분석하면 기기마다 서로 다른 주파수대에서 피크 성분이 관찰되며, NILM 시스템은 이러한 피크 주파수를 특징으로 삼아 어떠한 가전기기가 동작 중인지 식별할 수 있다.

[0006] 다만, 전압을 이용하는 경우, NILM 시스템은 수십 kHz대에서 발생하는 SMPS 신호를 측정하여야 한다. 나이퀴스트 정리(Nyquist theorem)에 따르면, 기기별 전압 사용 패턴을 정확히 알기 위해서, 전압 측정 장치는 기기별 SMPS 신호의 주파수보다 2배 이상 큰 샘플링 주파수를 사용하여야 한다. 따라서, NILM 시스템은 SMPS 신호의 주파수보다 훨씬 높은 샘플링 주파수를 사용하는 고가의 전압 측정 장치를 사용할 필요가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1219416호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 위에서 설명한 기술적 과제를 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 저가(낮은 샘플링 주파수를 사용하는)의 복수의 계량기들을 사용하여 현재 사용중인 기기별 SMPS 신호의 주파수를 식별하는 주파수 측정 장치 및 그것을 포함하는 가전기기 모니터링 시스템을 제공하는 데 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 목적은 전압 신호를 측정하기 위해 낮은 샘플링 주파수를 사용하여 주파수 측정 장치에서 요구되는 연산장치의 성능을 낮추고, 데이터 처리 비용을 절감하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 따른 분전반으로부터 전력을 공급받는 복수의 기기들의 사용 전압 신호를 측정하는 주파수 측정 장치는 상기 기기들에 연결된 내부 배선 상의 특정 위치에서 상기 사용 전압 신호를 제1 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제1 샘플링 주파수에 따라 측정된 제1 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제1 계량기, 상기 특정 위치에서 상기 제1 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 샘플링 주파수와 다른 제2 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제2 샘플링 주파수에 따라 측정된 제2 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제2 계량기, 그리고 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에 기초하여 상기 사용 전압 신호에 포함된 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 피크 연산부를 포함하되, 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 하나의 2배보다 작은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 실시 예로서, 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 최소 주파수보다 작은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0012] 실시 예로서, 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수는 서로소인 소수인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 실시 예로서, 상기 제1 및 제2 계량기는 전체 스펙트럼의 세기로 정규화하여 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0014] 실시 예로서, 상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에서 상대적인 크기가 유사한 피크 주파수 성분들을 대응하는 피크 주파수 쌍으로 결정할 수 있다.

[0015] 실시 예로서, 상기 제1 피크 주파수 스펙트럼의 제1 피크 주파수 및 상기 제2 피크 주파수 스펙트럼의 제2 피크 주파수가 상기 피크 주파수 쌍으로 결정되는 경우, 나이퀴스트 정리에 기초하여 샘플링 주파수에 따른 유효 주파수 스펙트럼 내에 중복하여 매핑되는 고주파 성분의 샘플링 특성에 기초하여, 상기 피크 연산부는 상기 제1 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 원래의 피크 주파수의 제1 후보 주파수 집합 및 상기 제2 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수의 제2 후보 주파수 집합을 계산할 수 있다.

[0016] 실시 예로서, 상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 주파수 피점 패턴에 기초하여 상기 원래의 피크 주파수를 선택할 수 있다.

[0017] 실시 예로서, 상기 제1 및 제2 계량기는 아날로그 필터를 통해 특정 주파수 영역이 필터링하여 상기 사용 전압 신호를 측정하고, 상기 피크 연산부는 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 상기 특정 주파수 영역

에 속하는 후보 주파수를 제거하여 상기 원래의 피크 주파수를 선택할 수 있다.

[0018] 실시 예로서, 상기 특정 위치에서 상기 제1 및 제2 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수와 다른 제3 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제3 샘플링 주파수에 따라 측정된 제3 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제3 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제3 계량기를 더 포함할 수 있다.

[0019] 실시 예로서, 피크 주파수의 상대적인 크기에 따라 상기 제3 피크 주파수 스펙트럼의 제3 피크 주파수가 상기 피크 주파수 쌍에 대응하는 것으로 결정되는 경우, 상기 피크 연산부는 상기 제3 피크 주파수로 매칭되는 상기 원래의 피크 주파수의 제3 후보 주파수 집합을 계산하고, 상기 제1 및 제2 후보 주파수 집합의 교집합에서 상기 제3 후보 주파수 집합에 공통으로 포함된 주파수를 상기 원래의 피크 주파수로 결정할 수 있다.

[0020] 실시 예로서, 상기 제1 샘플링 주파수는  $m_1$ , 상기 제2 샘플링 주파수는  $m_2$ , 상기 제1 피크 주파수는  $a_1$ , 상기 제2 피크 주파수는  $a_2$ 인 경우, 상기 제1 후보 주파수 집합은  $m_1 \cdot n \pm a_1$  ( $n$ 은 자연수)인 값들 중에서 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수의 최소공배수보다 작은 주파수들을 포함하고, 상기 제2 후보 주파수 집합은  $m_2 \cdot n \pm a_2$  ( $n$ 은 자연수)인 값들 중에서 상기 제1 및 제2 샘플링 주파수의 최소공배수보다 작은 주파수들을 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 분전반으로부터 전력을 공급받는 복수의 기기들의 사용 전압 신호를 측정하여 상기 기기들의 사용 상태를 식별하는 가전기기 모니터링 시스템은, 상기 기기들에 연결된 내부 배선 상의 특정 위치에서 동시에 서로 다른 샘플링 주파수들을 사용하여 상기 사용 전압 신호를 측정하는 복수의 계량기들을 포함하고, 상기 계량기들에 의해 측정된 전압 신호들을 푸리에 변환하여 피크 주파수 패턴들을 생성하고, 상기 피크 주파수 패턴들에 기초하여 상기 사용 전압 신호의 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 주파수 측정 장치, 그리고 상기 원래의 피크 주파수 패턴과 기준 주파수 패턴을 비교하여 상기 기기들의 사용 상태를 식별하는 모니터링 장치를 포함하고, 상기 샘플링 주파수들은 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 포함된 피크 주파수들 중 하나의 2배보다 작은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 실시 예로서, 상기 주파수 측정 장치는, 상기 특정 위치에서 상기 사용 전압 신호를 제1 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제1 샘플링 주파수에 따라 측정된 제1 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제1 계량기, 상기 특정 위치에서 상기 제1 계량기와 동기하여 상기 사용 전압 신호를 상기 제1 샘플링 주파수와 다른 제2 샘플링 주파수에 기초하여 측정하고, 상기 제2 샘플링 주파수에 따라 측정된 제2 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼을 생성하는 제2 계량기, 그리고 상기 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼에 기초하여 상기 사용 전압 신호에 포함된 원래의 피크 주파수 패턴을 추출하는 피크 연산부를 포함할 수 있다.

[0023] 실시 예로서, 상기 모니터링 장치는 상기 원래의 피크 주파수 패턴에 가중치를 적용하여 상기 기준 주파수 패턴의 일치 여부를 판단하는 피크 주파수 판단 시스템을 포함하고, 상기 피크 주파수 판단 시스템은 상기 가중치를 구하기 위해 다중 로지스틱 회귀법(Multinomial Logistic Regression), 순환 신경망(Recurrent Neural Network) 또는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network)을 통해 학습 될 수 있다.

## 발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시 예에 따르면, 저가(낮은 샘플링 주파수를 사용하는)의 복수의 계량기들을 사용하여 현재 사용중인 기기별 SMPS 신호의 주파수를 식별하는 주파수 측정 장치 및 그것을 포함하는 가전기기 모니터링 시스템을 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 주파수 측정 장치는 전압 신호를 측정하기 위해 낮은 샘플링 주파수를 사용하여 연산장치에서 처리되는 데이터량을 감소시킬 수 있기 때문에 연산장치의 성능을 낮출 수 있고, 그에 따라 데이터 처리 비용을 절감할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 가전기기 모니터링 시스템을 보여주는 블록도이다.

도 2는 도 1의 제1 및 제2 계량기에 의해 생성되는 피크 주파수 스펙트럼을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 3은 도 1의 모니터링 장치를 예시적으로 보여주는 블록도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 가전기기 모니터링 장치를 보여주는 블록도이다.

도 5a 및 도 5b는 도 1 또는 도 4의 주파수 측정 장치 및 모니터링 장치에서 사용되는 학습 알고리즘을 설명하

기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 앞의 일반적인 설명 및 다음의 상세한 설명 모두 예시적이라는 것이 이해되어야 하며, 청구된 발명의 부가적인 설명이 제공되는 것으로 여겨져야 한다. 참조부호들이 본 발명의 바람직한 실시 예들에 상세히 표시되어 있으며, 그것의 예들이 참조 도면들에 표시되어 있다. 가능한 어떤 경우에도, 동일한 참조 번호들이 동일한 또는 유사한 부분을 참조하기 위해서 설명 및 도면들에 사용된다.
- [0028] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소는 제 1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0029] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0030] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0032] 이하, 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나 특허출원의 범위가 이러한 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0033] < 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform, DFT) >
- [0034] 푸리에 변환은 시간 영역의 신호를 그 신호를 구성하고 있는 주파수 성분으로 분해한다. 따라서, 시간에 대한 함수의 푸리에 변환은 주파수 영역의 함수가 된다. 본 발명에서 사용되는 전압 기반 NILM 알고리즘에서는 시간 영역에서 취득한 SMPS 신호를 푸리에 변환하여 이 신호의 주파수 성분을 분석한다. 이때 취득된 전압 SMPS 신호는 샘플링한 데이터이므로 불연속적이며, 이를 푸리에 변환하려면 이산 푸리에 변환(DFT, Discrete Fourier Transform)을 이용한다. 이산 푸리에 변환의 공식은 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

### 수학적 식 1

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-j2\pi kn}{N}} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

[0035]

- [0036] 수학적 식 1에서, n은 시간영역에서의 데이터를 구분하는 변수이며 k는 주파수 영역에서 같은 역할을 하는 변수이다. 시간영역에서의 이산 신호 x(n)의 이산 푸리에 변환은 주파수 영역에서의 이산 함수 X(k)가 되며, N은 이산 푸리에 변환을 수행하는 프레임의 데이터 수를 의미한다. 즉, 이산 푸리에 변환은 N개의 시간 영역에서의 데이터를 N개의 상대적인 주파수 성분으로 변환하는 역할을 한다. 이때 신호의 각 주파수 성분에 해당하는 실제 주

파수를 구하려면 주파수 분해능(Frequency Resolution) 인자를 곱해야 하는데, 이를 이용하여 신호의 실제 주파수  $f$ 와  $k$  사이의 관계를 나타내면 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다.

### 수학적 식 2

$$f = \frac{mk}{N}$$

[0037]

[0038]

수학적 식 2에서,  $m$ 은 샘플링 주파수이다.  $k$ 가 0 내지  $N-1$ 의 값을 가지므로,  $f$ 는 0 내지  $m(N-1)/N$ 의 값을 갖는다. 따라서,  $m$ 의 샘플링 주파수로 샘플링된  $N$ 개의 시간영역의 신호에 대해 이산 푸리에 변환을 수행하면, 이 신호에 포함된 0(DC 값) 내지  $m$ 의 주파수에 해당하는 주파수 성분을 관찰할 수 있다. 이때 스펙트럼 안에서  $k$ 는 총  $N$ 개의 값을 가질 수 있으므로 프레임 안의 데이터 수  $N$ 이 클수록 주파수 스펙트럼의 해상도가 좋아진다.

[0039]

< 나이퀴스트 정리(Nyquist Theorem) >

[0040]

나이퀴스트 정리란 표본화 주파수가 신호 대역의 두 배 이상일 때 신호를 완전히 재구성할 수 있다는 정리이다. 이를 이산 푸리에 변환으로부터 유도할 수 있다. 수학적 식 1의 이산 푸리에 변환 공식에서 다음의 수학적 식 3, 4를 유도할 수 있다.

### 수학적 식 3

$$X(N+k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-j2\pi(N+k)n}{N}} = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi n - \frac{j2\pi kn}{N}} = X(k)$$

[0041]

### 수학적 식 4

$$X(N-k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-j2\pi(N-k)n}{N}} = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi n + \frac{j2\pi kn}{N}} = X(k)$$

[0042]

[0043]

수학적 식 3, 4를 이용하여 주파수 영역에서의 함수  $X(k)$ 는 더욱 큰 주파수의 영역으로 확장될 수 있다. 이때  $X(k)$ 는  $N$ 을 주기로 하는 주기함수가 되며, 각 주기 안에서의 중앙값(즉, 자연수  $n$ 에 대해  $(2n-1)N/2$ 을 기준으로  $k$ 는  $(n-1)N$ 부터  $nN$ 까지의 영역이 대칭인 함수가 된다. 결국,  $X(k)$  내부에서 의미 있는  $k$ 는 0 내지  $N/2$ 의 값이며, 나머지  $X(k)$ 는 이 구간( $k=0 \sim N/2$ )의 반복 또는 좌우대칭 된 반복으로 이루어지게 된다. 이 유효구간( $k=0 \sim N/2$ )에 주파수 분해능  $m/N$ 을 곱하면  $f$ 는 0 내지  $m/2$ 인 구간이 된다. 따라서,  $m$ 의 샘플링 주파수로 관측한 신호의 유효한 주파수 변환 스펙트럼은  $f=0 \sim m/2$ 이다. 이는 임의의 시간영역의 신호에 대해 특정 주파수의 주파수 성분을 관측하려면, 그 특정 주파수의 최소 두 배 이상의 샘플링 주파수로 신호를 측정해야 함을 의미하며, 이는 나이퀴스트 정리의 내용과 일치한다.

[0044]

< 낮은 샘플링 주파수에서 고주파 신호의 매핑(mapping) >

[0045]

주파수 변환 스펙트럼은 샘플링 주파수의 절반까지만 유효하게 나타나고, 그보다 큰 주파수 성분은 유효한 주파수 스펙트럼 범위 내에서 중복되어 매핑(mapping)된다. 그 이유는 수학적 식 3, 4로부터 유추될 수 있다. 수학적 식 3, 4를 이용하여  $X(k)$ 를 더욱 큰 주파수 영역으로 확장할 경우, 유효한 주파수 대역( $f=0 \sim m/2$ )이 반복되어 확장되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 같은  $X(k)$  값에 해당하는 고주파 성분들이 합쳐져 유효 대역폭 내의 특정  $X(k)$ 의 성분 값을 구성한 것임을 알 수 있다. 예를 들면,  $X(k)$ ,  $X(N-k)$ ,  $X(N+k)$ ,  $X(2N-k)$ ,  $X(2N+k)$  등에 해당하는 주파수 성분이 모두  $X(k)$ 에 누적되어 매핑되는 것이다. 실제 주파수로 생각해보면  $f < m/2$ 인 주파수  $f$ 에 대하여  $f$ ,  $m-f$ ,  $m+f$ ,  $2m-f$ ,  $2m+f$  등의 주파수 신호는 모두  $f$ 의 주파수로 매핑된다는 의미이다. 따라서, 낮은 샘플링 주

파수로 신호의 고주파를 측정할 경우, 해당 고주파 성분은 낮은 주파수로 구성된 주파수 스펙트럼 내의 특정한  $k$  값에 매핑될 수 있다. 고주파  $k$ 가 매핑되는 저주파  $k^*$ 는 수학적 식 5와 같이 구할 수 있다.

#### 수학적 식 5

$$k^* = \begin{cases} k \bmod N & \cdots (k \bmod N) < N/2 \\ N - (k \bmod N) & \cdots (k \bmod N) > N/2 \end{cases}$$

주파수 분해능을 곱하여 주파수 차원에서의 매핑을 살펴보면 수학적 식 6과 같다.

#### 수학적 식 6

$$f^* = \begin{cases} f \bmod m & \cdots (f \bmod m) < m/2 \\ m - (f \bmod m) & \cdots (f \bmod m) > m/2 \end{cases}$$

수학적 식 5, 6에서,  $k^*$ 와  $f^*$ 는 각각  $N/2$ 와  $m/2$ 보다 작은, 저주파수 샘플링 스펙트럼의 정의역 내부의 특정 값이다. 이하에서는 이산 푸리에 변환, 나이퀴스트 정리 및 낮은 샘플링 주파수에서 고주파 신호의 매핑에 기초하여 본 발명의 특징을 설명한다.

< 복수의 저주파 샘플링 조합 방법 >

본 발명의 실시 예에 따른 주파수 측정 장치는 복수의 저주파 샘플링 조합 방법을 이용하여 측정된 전압 신호에 대응하는 원래의 고주파 성분을 추출할 수 있다. 예를 들면, 측정된 전압 신호에 대응하는 원래의 고주파 성분은 낮은 샘플링 주파수를 사용하는 경우 수학적 식 5, 6에 기초하여 매핑되므로, 이를 역으로 이용하여 주파수 스펙트럼 내의 특정 값에 매핑된 주파수 성분이 실제로 어떤 고주파에서 비롯된 것인지 유추할 수 있다.  $m$ 의 샘플링 주파수로 샘플링한 신호를 이산 푸리에 변환한 신호  $X(k)$ 에 대하여, 특정 저주파  $k^*$ 에 매핑될 수 있는 고주파  $k$ 는 수학적 식 7과 같다.

#### 수학적 식 7

$$k = \alpha N \pm k^* \quad (\alpha = 1, 2, 3, \dots)$$

주파수 분해능을 곱하여 주파수 차원에서 특정 저주파수  $f^*$ 에 매핑될 수 있는 고주파수  $f$ 를 추정하면 수학적 식 8과 같다.

#### 수학적 식 8

$$f = \alpha m \pm f^* \quad (\alpha = 1, 2, 3, \dots)$$

수학적 식 8을 통해 추정된 주파수( $f$ )는 무수히 많다. 하지만, 복수의 저주파 샘플링 장치를 이용하여, 서로 다른 샘플링 주파수로 동일 지점을 측정하고 각각의 결과를 조합하여 분석하면 추정된 주파수들 중에서 하나를 선택

할 수 있다. 그리고 이를 전압기반 NILM 분야에 적용하면 낮은 샘플링 주파수로도 고주파 피크 주파수를 관찰하여 NILM 분류 알고리즘을 위한 특징으로 추출하는 효과를 볼 수 있다.

[0056] 서로 다른 샘플링 주파수로 신호를 측정하면, 신호에 포함된 고주파는 수학적 식 5, 6에 따라 각각의 주파수 스펙트럼의 특정 값에 매핑될 수 있다. 한편, 수학적 식 7, 8에 기초하여 각 스펙트럼에 대응하는 가능한 고주파수의 집합을 각각 구할 수 있다. 이러한 두 집합을 비교하여 중복되는 주파수를 선택하여 원래의 고주파를 추출할 수 있다.

[0057] 예를 들면, 수학적 식 8에서 고주파수  $f$ 는 대수학적으로 표현하면  $m$ 으로 나뉘었을 때 나머지가  $f^*$  또는  $m-f^*$ 인 수이다. 따라서, 두 개의 샘플링 주파수를 이용하면, 고주파 추정 문제의  $m_1$ 으로 나뉘었을 때 나머지가  $f_1$  또는  $m_1-f_1$ 이며,  $m_2$ 로 나뉘었을 때 나머지가  $f_2$  또는  $m_2-f_2$ 인 수  $f$ 를 찾는 대수학 문제로 이해할 수 있다. 수학적으로, 중국인의 나머지 정리(Chinese Remainder Theorem)에 따르면,  $m_1$ 으로 나뉘었을 때 나머지가  $f_1$ 이고  $m_2$ 로 나뉘었을 때 나머지가  $f_2$ 인 수는  $m_1$ 과  $m_2$ 의 최소공배수 내에서 최대 1개 존재한다. 각각 두 개씩의 나머지 중에서 하나씩 골라 조합을 취하면 총 4개의 조합이 가능하므로, 결국 두 샘플링 주파수의 최소공배수 내에서 총 4개의 주파수만이 가능한 고주파수가 된다. 따라서, 샘플링 주파수를 소수로 하거나 최대한 공약수가 없게 하여 샘플링을 한다면 최소공배수가 그만큼 커져 고주파 추정의 효과를 극대화할 수 있다. 다만, 샘플링 주파수가 지나치게 낮은 경우 해당 주파수 스펙트럼 내에 매우 많은 고주파 성분들이 중첩되어 분석이 어려워질 수 있으므로 적절한 샘플링 주파수를 선택할 필요는 있다.

[0058] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 가전기기 모니터링 시스템을 보여주는 블록도이다. 도 2는 도 1의 제1 및 제2 계량기에 의해 생성되는 피크 주파수 스펙트럼을 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 1을 참조하면, 가전기기 모니터링 시스템(100)은 주파수 측정 장치(110), 모니터링 장치(120) 및 데이터베이스(130)를 포함할 수 있다. 데이터베이스(130)는 선택적인 것으로, 가전기기 모니터링 시스템(100) 내에 포함할 수도 있고, 외부의 데이터베이스를 사용할 수도 있다. 주파수 측정 장치(110)는 앞에서 설명된 복수의 저주파 샘플링 조합 방법을 통해 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )에 포함된 고주파 성분을 추출할 수 있다.

[0059] 가정에서 사용되는 기기들(21~2n)은 내부 배선(11)에 연결되어 전력을 공급받을 수 있다. 예를 들면, 기기들(21~2n)은 냉장고 및 공기청정기 등과 같이 장시간 계속적으로 사용되는 가전기와 TV, 전등, 세탁기 및 에어컨 등과 같은 간헐적으로 사용되는 가전기기를 포함할 수 있다. 분전반(10)은 외부의 전력 공급원으로부터 공급되는 전력을 내부 배선(11)에 전달할 수 있다.

[0060] 도 1 및 도 2를 참조하면, 주파수 측정 장치(110)는 특정 지점(P1)에서 기기들(21~2n)의 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정할 수 있다. 예를 들면, 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )는 현재 사용 중인 기기들의 스위칭 전압 신호들이 합성된 형태를 가질 수 있다. 기기들(21~2n) 각각은 고유의 스위칭 전압 신호를 가질 수 있다. 따라서, 이러한 스위칭 전압 신호의 피크 주파수 패턴을 검출하면, 현재 사용 중인 기기가 식별될 수 있다.

[0061] 도 2에서, 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )는 피크 주파수 성분들( $f_1, f_2, f_3$ )을 가지는 것으로 가정한다. 나이퀴스트 정리(Nyquist theorem)에 따르면, 특정 신호를 온전히 복원하기 위해서는, 특정 신호는 특정 신호의 주파수보다 2배 이상 큰 샘플링 주파수를 사용하여 측정되어야 한다. 따라서, 하나의 계량기를 사용하여 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )의 피크 주파수 성분들( $f_1, f_2, f_3$ )을 온전히 검출하기 위해서는, 그 계량기는 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )의 가장 큰 피크 주파수 성분( $f_3$ )의 2배보다 큰 샘플링 주파수를 사용하여 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정하여야 한다. 하지만, 가장 큰 피크 주파수 성분( $f_3$ )의 2배보다 큰 샘플링 주파수를 사용하는 계량기는 일반적으로 큰 비용을 요구한다. 반면에, 본 발명의 실시 예에 따른 주파수 측정 장치(110)는 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )의 피크 주파수들( $f_1, f_2, f_3$ )의 2배보다 작은 샘플링 주파수를 사용하는 복수의 계량기들(저가의 계량기들)을 이용하여 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )의 피크 주파수 성분들( $f_1, f_2, f_3$ )을 검출할 수 있다.

[0062] 주파수 측정 장치(110)는 피크 연산부(111), 제1 계량기(112) 및 제2 계량기(113)를 포함할 수 있다. 주파수 측정 장치(110)는 특정 지점(P1)에서 샘플링 주파수가 서로 다른 복수의 계량기들을 통해 기기들(21~2n)의 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정할 수 있다. 예를 들면, 제1 계량기(112)는 제1 샘플링 주파수( $m_1$ )를 사용하여 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정할 수 있다. 제2 계량기(113)는 제1 샘플링 주파수( $m_1$ )와 다른 제2 샘플링 주파수( $m_2$ )를 사용하여 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정할 수 있다. 제1 계량기(112) 및 제2 계량기(113)는 서로 동기하여 동일한 시점에 사용 전압 신호( $V_{sig}$ )를 측정할 수 있다.

[0063] 제1 계량기(112)는 제1 샘플링 주파수( $m_1$ )로 측정된 전압 신호를 주파수 영역으로 이산 푸리에 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼( $F_{sig1}$ )을 생성할 수 있다. 제2 계량기(113)는 제2 샘플링 주파수( $m_2$ )로 측정된 전압 신호를

주파수 영역으로 이산 푸리에 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig2)을 생성할 수 있다. 여기서 제1 및 제2 샘플링 주파수( $m_1$ ,  $m_2$ )는 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 원래의 피크 주파수들( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ )의 2배보다 작은 주파수이다. 일 실시 예로서, 제1 및 제2 샘플링 주파수( $m_1$ ,  $m_2$ )는 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 가장 작은 피크 주파수( $f_1$ )보다 작은 값을 가질 수 있다.

[0064] 한편, 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 피크 주파수들( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ )의 2배보다 작은 주파수를 사용하여 사용 전압 신호(Vsig)를 샘플링하는 경우, 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 사용 전압 신호(Vsig)의 피크 주파수들( $f_1 \sim f_3$ )은 원래의 주파수보다 낮은 주파수( $a_1 \sim a_3$  또는  $b_1 \sim b_3$ )에 매핑될 수 있다. 예를 들면, 제1 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1)은 피크 주파수들( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ )을 포함할 수 있다. 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig2)은 피크 주파수들( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ )을 포함할 수 있다.

[0065] 또한, 제1 및 제2 계량기(112, 113)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)을 전체 스펙트럼의 세기로 정규화하여, 제1 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1)에 포함된 피크 주파수 성분들 사이의 크기 비율은 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig2)에 포함된 피크 주파수 성분들 사이의 크기 비율과 동일 또는 유사하게 조절될 수 있다.

[0066] 따라서, 피크 연산부(111)는 제1 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1)과 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig2)을 비교하여, 상대적인 크기가 유사한 피크 주파수 성분끼리 대응시킬 수 있다. 예를 들면, 피크 주파수 성분( $a_3$ ) 및 피크 주파수 성분( $b_1$ )은 피크 주파수 성분( $f_1$ )에 대응할 수 있다. 피크 주파수 성분( $a_2$ ) 및 피크 주파수 성분( $b_3$ )은 피크 주파수 성분( $f_2$ )에 대응할 수 있다. 피크 주파수 성분( $a_1$ ) 및 피크 주파수 성분( $b_2$ )은 피크 주파수 성분( $f_3$ )에 대응할 수 있다. 즉, 피크 연산부(111)는 피크 주파수( $a_3$ ) 및 피크 주파수( $b_1$ )에 기초하여 피크 주파수( $f_1$ )를 검출할 수 있다. 피크 연산부(111)는 피크 주파수( $a_2$ ) 및 피크 주파수( $b_3$ )에 기초하여 피크 주파수( $f_2$ )를 검출할 수 있다. 피크 연산부(111)는 피크 주파수( $a_1$ ) 및 피크 주파수( $b_2$ )에 기초하여 피크 주파수( $f_3$ )를 검출할 수 있다.

[0067] 수학적 식 8을 참조하면, 샘플링 주파수(M)를 사용하여 전압 신호를 측정 후, 전압 신호를 이산 푸리에 변환한 피크 주파수 스펙트럼에서 피크 주파수(A)로 관측될 수 있는 원래의 피크 주파수는  $(M \cdot n) \pm A$ 의 값들 중 하나일 수 있다. 여기서  $n$ 은 자연수이다.

[0068] 일 실시 예로서, 제1 샘플링 주파수( $m_1$ )로 측정하여 피크 주파수( $a_3$ )로 관측되는 원래의 피크 주파수( $f_1$ )는  $(m_1 \cdot n) \pm a_3$ 의 값들 중 하나이다. 또한, 제2 샘플링 주파수( $m_2$ )로 측정하여 피크 주파수( $b_1$ )로 관측되는 원래의 피크 주파수( $f_1$ )는  $(m_2 \cdot n) \pm b_1$ 의 값들 중 하나이다. 앞에서 살펴본 바와 같이 복수의 저주파 샘플링 조합 방법에 따르면, 원래의 피크 주파수( $f_1$ )는  $(m_1 \cdot n) \pm a_3$  배열과  $(m_2 \cdot n) \pm b_1$  배열의 교집합 원소들 중 하나이다. 또한, 제1 및 제2 샘플링 주파수( $m_1$ ,  $m_2$ )가 서로소인 값으로 선택되는 경우, 원래의 피크 주파수( $f_1$ )에 대한 후보 주파수 집합은 제1 및 제2 샘플링 주파수( $m_1$ ,  $m_2$ )의 최소공배수( $m_1 \cdot m_2$ )보다 작은 4개의 값으로 결정될 수 있다. 마찬가지로 원래의 피크 주파수( $f_2$ )에 대한 후보 주파수 집합은  $a_2$  및  $b_3$ 에 기초하여 결정되고, 원래의 피크 주파수( $f_3$ )에 대한 후보 주파수 집합은  $a_1$  및  $b_2$ 에 기초하여 결정될 수 있다.

[0069] 예시적으로 도 2에서,  $f_2=1100\text{Hz}$ ,  $m_1=113\text{Hz}$ ,  $a_2=30\text{Hz}$ ,  $m_2=81\text{Hz}$ ,  $b_3=34\text{Hz}$  인 경우를 살펴보면,  $m_1$ 과  $m_2$ 는 서로 소이다. 즉,  $m_1$ 과  $m_2$ 의 최소공배수는  $9153\text{Hz}$  이다. 피크 주파수 성분( $a_2$ )에 대하여 가능한 원래의 피크 주파수( $f_2$ )의 후보들은  $(113 \cdot n) \pm 30\text{Hz}$  이고, 피크 주파수 성분( $b_3$ )에 대하여 가능한 원래의 피크 주파수( $f_2$ )의 후보들은  $(81 \cdot n) \pm 34\text{Hz}$  이다. 따라서,  $(113 \cdot n) \pm 30\text{Hz}$  배열과  $(81 \cdot n) \pm 34\text{Hz}$  배열의 교집합 중에서  $9153\text{Hz}$  보다 작은 원래의 피크 주파수( $f_2$ )에 대한 후보 주파수 집합은 4개의 주파수들( $196\text{Hz}$ ,  $1100\text{Hz}$ ,  $8053\text{Hz}$  및  $8957\text{Hz}$ )로 결정될 수 있다.

[0070] 한편, 피크 연산부(111)는 판단 알고리즘을 통해 각 후보 주파수 집합에서 원래의 피크 주파수들( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ) 각각을 추출할 수 있다. 예를 들면, 데이터베이스(130)에 저장되어 있는 기준에 학습된 가전기기의 피크 고주파수 데이터와 일치하는 후보 주파수 집합의 원소가 있다면, 피크 연산부(111)는 일치하는 후보 주파수를 원래의 피크 주파수로 선택할 수 있다. 즉, 데이터베이스(130)에  $1100\text{Hz}$ 가 저장되어 있다면, 피크 연산부(111)는 후보 주파수 집합( $196\text{Hz}$ ,  $1100\text{Hz}$ ,  $8053\text{Hz}$  및  $8957\text{Hz}$ )에서 원래의 피크 주파수( $f_2$ )로  $1100\text{Hz}$ 를 선택할 수 있다.

[0071] 일 실시 예로서, 피크 연산부(111)는 주파수 퍼짐 패턴을 이용하여 원래의 피크 주파수를 추출할 수 있다. 예를 들면, 전압 신호 측정 시 필연적으로 생기는 노이즈로 인해 SMPS 신호의 피크 주파수 성분은 특정 값에 정확히 매핑되지 않고 특정 주파수를 중심으로 주변으로 퍼져서 매핑된다. 이러한 주파수 퍼짐의 패턴이 주파수마다 다르므로 저주파 샘플링 스펙트럼 상에서 피크 주파수가 퍼지는 패턴이 유사한 부분을 찾아 대응되는 원래의 피크 주파수를 추출할 수 있다. 즉, 데이터베이스(130)에  $1100\text{Hz}$ 를 제1 및 제2 샘플링 주파수( $m_1$ ,  $m_2$ )로 측정한 경우

에 대응하는 주파수 퍼짐 패턴 정보가 저장되어 있는 경우, 피크 연산부(111)는 저장된 주파수 퍼짐 패턴 정보와 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)을 비교하여 후보 주파수 집합(196Hz, 1100Hz, 8053Hz 및 8957Hz)에서 원래의 피크 주파수(f2)로 1100Hz를 선택할 수 있다.

[0072] 일 실시 예로서, 주파수 측정 장치(110)는 필터를 이용하여 관심없는 주파수 대역을 미리 제거할 수 있다. 예를 들면, 주파수 측정 장치(110)는 제1 및 제2 계량기(112, 113)의 앞단에 로우패스 필터, 하이패스 필터 또는 밴드패스 필터 등의 아날로그 필터 회로(미도시)를 더 포함할 수 있다. SMPS 전압 신호는 일반적으로 수 내지 수십 kHz대역에서 발생하므로 1kHz 미만과 100kHz 이상의 성분을 아날로그 필터 회로를 통해 제거하면, 저주파 샘플링 스펙트럼 상에 관심없는 주파수 성분이 매핑되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 추정된 후보 주파수 집합(196Hz, 1100Hz, 8053Hz 및 8957Hz) 중 사용된 아날로그 필터 회로를 통해 제거된 영역에 해당하는 주파수가 있다면, 이를 후보군에서 제외하여 원래의 피크 주파수(1100Hz)를 추출할 수 있다.

[0073] 한편, 주파수 측정 장치(110)는 원래의 피크 주파수들을 원활히 추출하기 위해 확정된 피크 주파수를 주파수 스펙트럼에서 제거하고 다음 피크 주파수를 추출할 수 있다. 예를 들면, 주파수 측정 장치(110)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 상대적으로 가장 큰 피크 주파수들(a2, b3)에 기초하여 원래의 피크 주파수(f2)를 확정할 수 있다. 그 후 주파수 측정 장치(110)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 피크 주파수들(a2, b3)의 성분을 평활화하여 제거할 수 있다. 주파수 측정 장치(110)는 피크 주파수들(a2, b3)의 성분이 제거된 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 상대적으로 가장 큰 피크 주파수들(a1, b2)에 기초하여 원래의 피크 주파수(f3)를 확정할 수 있다. 마찬가지로, 주파수 측정 장치(110)는 피크 주파수들(a1, a2, b2, b3)의 성분이 제거된 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 상대적으로 가장 큰 피크 주파수들(a3, b1)에 기초하여 원래의 피크 주파수(f1)를 확정할 수 있다. 즉, 주파수 측정 장치(110)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에서 확정된 피크 주파수를 순차적으로 제거하면서 원래의 피크 주파수들(f1, f2, f3)을 추출할 수 있다. 따라서, 주파수 측정 장치(110)는 원래의 피크 주파수들(f1, f2, f3)을 더욱 정확하게 추출할 수 있다.

[0074] 결국, 주파수 측정 장치(110)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에 기초하여 원래의 피크 주파수 성분들(f1, f2, f3)에 대한 피크 패턴 데이터(PEAK)를 생성할 수 있다. 한편, 주파수 측정 장치(110)는 학습 알고리즘을 통해 판단 알고리즘을 학습할 수 있다. 예를 들면, 주파수 측정 장치(110)는 판단 알고리즘을 통해 후보 주파수 집합에서 원래의 피크 주파수를 추출할 수 있다. 학습 알고리즘은 다중 로지스틱 회귀법(Multinomial Logistic Regression), 순환 신경망(Recurrent Neural Network; RNN) 및 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network; CNN) 등을 포함할 수 있다. 다중 로지스틱 회귀법은 도 5a 및 도 5b에서 자세히 설명한다.

[0075] 모니터링 장치(120)는 피크 패턴 판단 시스템을 통해 피크 패턴 데이터(PEAK)를 데이터베이스(130)에 저장된 기준 피크 패턴 데이터와 비교하여 현재 사용 중인 기기들을 식별할 수 있다. 예를 들면, 피크 패턴 판단 시스템은 피크 패턴 데이터(PEAK)와 일치하는 기준 피크 패턴 데이터를 데이터베이스(130)에서 검색할 수 있다. 피크 패턴 데이터(PEAK)와 일치하는 기준 피크 패턴 데이터가 존재하는 경우, 피크 패턴 판단 시스템은 기준 피크 패턴 데이터에 기초하여 현재 사용 중인 기기들을 식별할 수 있다. 피크 패턴 데이터(PEAK)와 일치하는 기준 피크 패턴 데이터가 존재하지 않는 경우, 피크 패턴 판단 시스템은 피크 패턴 데이터(PEAK)를 새로운 기기 정보로서 데이터베이스(130)에 저장할 수 있다.

[0076] 한편, 모니터링 장치(120)는 학습 알고리즘을 통해 피크 패턴 판단 시스템을 학습할 수 있다. 예를 들면, 피크 패턴 판단 시스템은 피크 패턴 데이터(PEAK)에 가중치를 적용하여 기준 피크 패턴 데이터와 비교할 수 있다. 학습 알고리즘은 복수의 학습 데이터를 이용하여 가중치를 결정할 수 있다. 학습 알고리즘은 다중 로지스틱 회귀법(Multinomial Logistic Regression), 순환 신경망(Recurrent Neural Network; RNN) 및 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network; CNN) 등을 포함할 수 있다. 다중 로지스틱 회귀법은 도 5a 및 도 5b에서 자세히 설명한다.

[0077] 데이터베이스(130)는 기기별 기준 피크 패턴 데이터, 피크 연산부(111)의 판단 알고리즘에서 사용되는 데이터, 모니터링 장치(120)의 피크 패턴 판단 시스템을 학습하기 위한 학습 데이터, 피크 패턴 판단 시스템에서 사용되는 가중치 등을 저장할 수 있다.

[0078] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 주파수 측정 장치(110)는 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 피크 주파수보다 작은 샘플링 주파수를 사용하는 복수의 계량기를 통해 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다. 또한, 주파수 측정 장치(110)는 복수의 계량기에서 생성된 피크 주파수 스펙트럼들에 기초하여 사용 전압

신호(Vsig)의 원래의 피크 주파수 패턴(고주파수)을 추출할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 가전기 기 모니터링 시스템(100)은 저가의 전압 계량기 복수 개를 사용하여 현재 사용 중인 기기를 식별할 수 있다.

[0079] 도 3은 도 1의 모니터링 장치(120)를 예시적으로 보여주는 블록도이다. 도 3을 참조하면, 모니터링 장치(120)는 비교부(121) 및 출력부(122)를 포함할 수 있다. 비교부(121)는 주파수 측정 장치(110)로부터 수신된 피크 패턴 데이터(PEAK)에 기초하여 현재 사용 중인 기기들을 식별할 수 있다. 예를 들면, 비교부(121)는 피크 패턴 판단 시스템을 포함할 수 있다. 피크 패턴 판단 시스템은 수신된 피크 패턴 데이터(PEAK)에 가중치를 적용하고, 가중치가 적용된 피크 패턴 데이터(PEAK)를 데이터베이스(130)로부터 수신된 기준 피크 패턴 데이터와 비교하여 일치 여부를 판단할 수 있다. 피크 패턴 판단 시스템은 일치 여부의 결과에 따라 현재 사용 중인 기기들을 식별할 수 있다.

[0080] 비교부(121)는 학습 알고리즘을 통해 피크 패턴 판단 시스템을 학습할 수 있다. 예를 들면, 비교부(121)는 피크 패턴 판단 시스템을 학습하기 위한 학습 데이터를 입력받을 수 있다. 비교부(121)는 학습 알고리즘을 통해 학습 데이터에 기초하여 피크 패턴 판단 시스템에서 사용되는 가중치를 결정할 수 있다. 결정된 가중치는 데이터베이스(130)에 저장될 수 있다.

[0081] 출력부(122)는 비교부(121)를 통해 식별된 기기별 사용 상태를 디스플레이에 표시하거나 데이터베이스(130)에 저장할 수 있다. 출력부(122)는 사용자의 요청에 따라 데이터베이스(130)에 저장된 데이터를 이용하여 각 기기에 대응하는 기간별 사용내역을 출력할 수 있다.

[0082] 도 4는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 가전기 기 모니터링 시스템을 보여주는 블록도이다. 도 4를 참조하면, 가전기 기 모니터링 시스템(200)은 주파수 측정 장치(210), 모니터링 장치(220) 및 데이터베이스(230)를 포함할 수 있다. 데이터베이스(230)는 선택적인 것으로, 가전기 기 모니터링 시스템(200) 내에 포함할 수도 있고, 외부의 데이터베이스를 사용할 수도 있다. 도 4의 가전기 기 모니터링 시스템(200)의 구성은 도 1의 가전기 기 모니터링 시스템(100)의 구성과 대부분 유사하므로, 이하에서는 다른 구성을 중심으로 설명한다.

[0083] 주파수 측정 장치(210)는 피크 연산부(211), 제1 계량기(212), 제2 계량기(213) 및 제3 계량기(214)를 포함할 수 있다. 주파수 측정 장치(210)는 특정 지점(P1)에서 샘플링 주파수가 서로 다른 복수의 계량기들을 통해 기기들(21~2n)의 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다. 예를 들면, 제1 계량기(212)는 제1 샘플링 주파수(m1)를 사용하여 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다. 제2 계량기(213)는 제1 샘플링 주파수(m1)와 다른 제2 샘플링 주파수(m2)를 사용하여 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다. 제3 계량기(214)는 제1 및 제2 샘플링 주파수(m1, m2) 모두와 다른 제3 샘플링 주파수(m3)를 사용하여 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다. 제1 계량기(212), 제2 계량기(213) 및 제3 계량기(214)는 서로 동기하여 동일한 시점에 사용 전압 신호(Vsig)를 측정할 수 있다.

[0084] 제1 계량기(212)는 제1 샘플링 주파수(m1)로 측정된 전압 신호를 주파수 영역으로 이산 푸리에 변환하여 제1 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1)을 생성할 수 있다. 제2 계량기(213)는 제2 샘플링 주파수(m2)로 측정된 전압 신호를 주파수 영역으로 이산 푸리에 변환하여 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig2)을 생성할 수 있다. 제3 계량기(214)는 제3 샘플링 주파수(m3)로 측정된 전압 신호를 주파수 영역으로 이산 푸리에 변환하여 제3 피크 주파수 스펙트럼(Fsig3)을 생성할 수 있다. 여기서 제1, 제2 및 제3 샘플링 주파수(m1, m2, m3)는 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 원래의 피크 주파수 성분들의 2배보다 작은 주파수이다. 일 실시 예로서, 제1, 제2 및 제3 샘플링 주파수(m1, m2, m3)는 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 가장 작은 피크 주파수 성분보다 작은 값을 가질 수 있다. 도 1에서 살펴본 바와 같이, 제1, 제2 및 제3 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2, Fsig3)은 서로 다른 피크 주파수 성분들을 포함할 수 있다.

[0085] 피크 연산부(211)는 제1 및 제2 피크 주파수 스펙트럼(Fsig1, Fsig2)에 기초하여 도 1에서 설명된 방식에 따라 복수의 저주파 샘플링 조합 방법에 기초하여 사용 전압 신호(Vsig)에 포함된 원래의 피크 주파수 성분들(고주파수)에 대한 제1 후보 주파수 집합을 추출할 수 있다. 또한, 피크 연산부(211)는 복수의 저주파 샘플링 조합 방법을 한 번 더 수행하여 제1 후보 주파수 집합에서 제3 피크 주파수 스펙트럼(Fsig3)에 의한 후보 주파수들과 공통되는 제2 후보 주파수 집합을 추출할 수 있다. 제2 후보 주파수 집합은 제1 후보 주파수 집합보다 더 적은 원소를 포함할 수 있다. 따라서, 피크 연산부(211)는 도 1의 피크 연산부(111)보다 더욱 정확하게 피크 패턴 데이터(PEAK)를 추출할 수 있다.

[0086] 도 5a 및 도 5b는 도 1 또는 도 4의 주파수 측정 장치 및 모니터링 장치에서 사용되는 학습 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다. 도 5a는 로지스틱 회귀법(Logistic Regression)의 기본적인 시스템을 보여주는 도면이다. 도

5b는 로지스틱 회귀법에 사용되는 시그모이드(Sigmoid) 함수를 보여주는 도면이다.

[0087] 로지스틱 회귀법은 독립변수의 선형결합을 통해 사건의 발생가능성을 예측하는 방법이다. 출력(종속 변수)이 입력(독립 변수)의 선형 결합으로 나타난다는 점이 선형 회귀와 흡사하나, 종속 변수가 두 가지의 범주로 나뉘는 점에서 다르며 이를 이항 분류(Binomial Classification)에 이용할 수 있다.

[0088] 도 5a에서, 보정인자 B는 1 입력에 대한 가중치 W0으로 해석할 수도 있다. 로지스틱 회귀법은 간단히 말해 n 개의 독립변수로 구성된 n 차원 공간의 점들을 2개의 영역으로 나누는 방정식(2차원이면 선, 3차원이면 평면 등)을 통해 입력된 데이터를 원하는 값(Y)으로 분류하도록 가중치인자(W1, W2, ..., Wn)를 결정하는 과정이다. 입력변수와 가중치의 선형결합(Z)은 일정하지 않은 범위의 값을 가지므로, 계산의 편리함을 위해 이를 0과 1 사이의 값을 갖도록 변형하는데, 이 과정을 활성화(Activation)라고 한다. 로지스틱 회귀법의 활성화는 일반적으로 도 8b의 시그모이드 함수를 사용한다. 시그모이드 함수는 수학식 9과 같이 표시될 수 있다.

### 수학식 9

$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

[0089]

[0090] 시그모이드 함수는 x=0에서 0.5의 값을 가지며, 이를 기준으로 원점대칭인 함수이다. 시그모이드 함수를 이용하면 Z 값이 어떤 값이든 관계없이 활성화과정(A=f(Z))을 거친 후의 A는 0부터 1 사이의 값을 갖게 된다. 이렇게 얻은 A 값을 0과 1중 더 가까운 값으로 바꿔주면 이 결과 값이 시스템의 출력인 Y'이 된다. 특정 입력 X에 대한 출력 Y를 알고 있을 때, Y'이 Y와 같아지도록 W를 조정해줄 수 있는데, 이 과정을 역전파(Back-Propagation)라고 하며 이를 통해 시스템의 지도 학습(Supervised Learning)이 수행될 수 있다. 그 후 새로운 입력 X를 넣어주면 결과 값이 0과 1의 두 그룹 중 어디에 속하는지 추측할 수 있게 된다. 이때 충분한 개수의 입출력 데이터를 이용해 시스템을 학습시키면 W 값이 상당히 정교해져 추측 값이 정답에 점점 가까워진다. 이러한 방식으로 로지스틱 회귀법은 입력 인자에 대해 두 그룹 중 하나로 응답하는 이항 분류 시스템을 만들어준다.

[0091] 기본적인 로지스틱 회귀법의 출력이 두 그룹 중 하나로 표현된다면, 다항 로지스틱 회귀법(Multinomial Logistic Regression, 또는 Softmax Regression)은 이를 응용하여 출력을 세 개 이상의 그룹으로 분류하는 알고리즘이다. W 조합 한 개가 출력을 두 종류로 분류하므로, W 조합이 분류되어야 하는 그룹의 개수(g)만큼 있다면 출력을 2g 개의 영역으로 분류할 수 있다. 예를 들면, 출력이 A, B, C 그룹으로 나뉘어야 할 때, 세 개의 W 조합이 있으면 각 조합이 각각 A or Not A, B or Not B, C or Not C를 구분하여 최종적으로 각 입력을 2<sup>3</sup>개의 영역 중 한 곳으로 분류하게 한다. 따라서 m 개의 입력변수가 있고 g 개의 그룹이 있을 때 가중치 배열은 수학식 10과 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 10

$$W = \begin{bmatrix} Wa_0 & Wa_1 & \dots & Wa_m \\ Wb_0 & Wb_1 & \dots & Wb_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Wg_0 & Wg_1 & \dots & Wg_m \end{bmatrix}$$

[0092]

[0093] 이때 W의 0번째 인자는 보정 값 B를 1 입력에 대한 가중치로 간편히 표현한 것이다. 이때 m 개의 입력변수로 이

루어진 데이터 n 개의 입력에 대한 응답 Z는 수학적 식 11과 같이 표현할 수 있다.

### 수학적 식 11

$$Z = WX = \begin{bmatrix} Wa_0 & Wa_1 & \dots & Wa_m \\ Wb_0 & Wb_1 & \dots & Wb_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Wg_0 & Wg_1 & \dots & Wg_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_1(1) & X_2(1) & \dots & X_n(1) \\ X_1(2) & X_2(2) & \dots & X_n(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(m) & X_2(m) & \dots & X_n(m) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{g1} & Z_{g2} & \dots & Z_{gn} \end{bmatrix}$$

[0094]

[0095]

다항 로지스틱 회귀법의 활성화 과정은 시그모이드 함수 대신 일반적으로 소프트맥스(Softmax) 함수를 사용할 수 있다. 시그모이드 함수의 결과 값이 0과 1 사이의 값 한 개였다면, 소프트맥스 함수의 결과는 g(그룹 수) 개이며, 각각은 0과 1 사이의 값을 갖고 이를 모두 더하면 1이 된다. 소프트맥스 함수를 행렬로 표현하면 수학적 식 12과 같이 표현할 수 있다.

### 수학적 식 12

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{g1} & A_{g2} & \dots & A_{gn} \end{bmatrix}, \quad A_{i,j} = \frac{e^{Z_{i,j}}}{e^{Z_{1,j}} + e^{Z_{2,j}} + \dots + e^{Z_{g,j}}}$$

[0096]

[0097]

정의에 의해 A 행렬의 각 원소는 0부터 1 사이의 값이며, 각 열의 합은 1이 된다. 여기서  $A_{i,j}$ 는 j번째 입력이 i 그룹일 확률을 의미한다. 본 발명에서 목적으로 하는 것은 각 입력에 대해 g 개의 기기 중 한 개로 매칭시키는 것이므로, 행렬 A의 열마다 가장 큰 값을 선택해야 한다. 따라서, 다항 로지스틱 회귀법에서는 도 5a의 이항 분류(Binomial Classification) 대신에 'One-Hot Encoding' 기법을 적용해야 한다. 이 기법을 각 열에 적용하여 가장 큰 값을 1, 나머지를 0으로 하는 행렬을 구하면 이것이 Y', 즉, 로지스틱 회귀 시스템의 출력이 된다. 요약하자면, m 개의 입력변수를 갖는 데이터 n 개를 시스템에 입력하였을 때 나오는 g\*n 행렬의 출력 Y'에서,  $Y_{i,j}=1$ 인 것을 찾아 j번째 입력이 i 그룹에 해당되는 것임을 추측하는 것이 다항 로지스틱 회귀의 순전파(Forward Propagation)이다.

[0098]

이제 다항 로지스틱 회귀법으로 구성한 시스템이 각 입력을 g 개의 그룹 중 한곳으로 정확히 대응시키는 가중치 행렬 W를 구해야 한다. 초기에는 W를 알 수 없으므로 임의의 값으로 둔다. 여기에 입력 X를 넣어 계산한 Y'를 실제 대응되는 값을 통해 만든 Y와 비교하여, 두 행렬이 같아지도록 W를 수정해 준다. 이러한 과정을 역전파 알고리즘(Back-Propagation)이라고 하며, 다항 로지스틱 회귀법에서는 역전파 알고리즘으로 크로스 엔트로피(Cross Entropy) 기법을 사용한다.

[0099]

Y와 Y'의 차이를 수치상으로 표현한 것을 비용함수(Cost Function)라고 하는데, 크로스 엔트로피 기법에서는 비용함수(H)를 수학적 식 13 및 수학적 식 14과 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 13

$$H_j = - \sum_{i=1}^g Y_{i,j} * \log(A_{i,j}) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

[0100]

### 수학식 14

$$H = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_j$$

[0101]

[0102] 수학식 13에서,  $-\log A_{i,j}$ 는  $A_{i,j}$ 가 1일 때 0이며, 0일 때 양의 무한대로 발산한다. 여기에  $Y_{i,j}$ 를 곱해서 더해주면  $Y_{i,j}$ 와  $A_{i,j}$ 가 같을 때 비용함수(H)는 0이고, 다를 때 비용함수(H)는 최대 무한대까지 발산하는 것을 수식으로부터 확인할 수 있다.

[0103] 역전과 과정에서 행렬  $X$ 는 입력으로서 변하지 않는 값이므로 가중치 인자들에 곱해진 상수로 생각할 수 있으며, 비용함수(H)는  $W_0$  내지  $W_m$ 의 독립변수 구성된 함수임을 알 수 있다. 따라서, 비용함수(H)에  $W$ 에 대한 gradient를 취하는 것이 가능하다(수학식 15).

### 수학식 15

$$\nabla H = \frac{\delta H}{\delta W_0} \hat{W}_0 + \frac{\delta H}{\delta W_1} \hat{W}_1 + \dots + \frac{\delta H}{\delta W_m} \hat{W}_m$$

[0104]

[0105]  $\nabla H$ 는 비용함수(H)를 증가시키는 방향의 벡터이므로, 비용함수(H)를 감소시키려면  $W$  행렬이 만드는  $g^{*(m+1)}$  차원상의 점을  $W_0$ 라 할 때 이 점이  $-\nabla H|_{W=W_0}$  방향으로 움직여야 한다. 그러므로 학습률(Learning Rate)을  $\alpha$ 라 할 때 역전과 과정을 거친 후의  $W$ 는 수학식 16과 같이 변할 수 있다.

### 수학식 16

$$W_{new} = W_o - \alpha \nabla H|_{W=W_o}$$

[0106]

[0107] 이것은  $W$  행렬의 각 인자  $W_{i,j}$ 가 수학식 17과 같이 변함을 의미한다.

## 수학적식 17

$$W_{i,j(new)} = W_{i,j(old)} - \alpha \frac{\delta H}{\delta W_{i,j}} \Big|_{W=W_o}$$

[0108]

[0109]

학습률  $\alpha$ 는 0.1, 0.01, 0.001 등으로 줄어나가며 비용함수가 가장 빠르게 감소하도록 조정될 수 있다. 이렇게  $W$ 가 조정된 시스템에 다시 입력  $X$ 를 넣어주면 출력인  $A$ 와 그에 따른  $Y'$ 는  $Y$ 값에 조금 더 가까워진다.

[0110]

다항 로지스틱 회귀법 및 크로스 엔트로피 기법의 과정을 충분히 거치면  $\nabla H$ 가 거의 0에 도달하며,  $W$ 와 비용함수( $H$ )는 거의 변하지 않게 된다. 본 발명에서는 이러한 시점을  $|W_{new}-W_o|$ 의 모든 원소 값의 절대값의 합이  $\varepsilon$ 보다 작아지는 지점으로 정의한다.  $\varepsilon$ 는 시스템 매개변수로서 예시적으로 학습률  $\alpha$ 와 같은 값으로 가정한다. 이 지점에서 비용함수( $H$ )는 극소값(local minimum)에 도달한다고 판단할 수 있으며, 이때  $A$ 는  $Y$ 에 local에서 가장 근접하게 접근한다. 또한,  $Y'$ 은 이상적인 경우  $Y$ 와 일치하게 된다. 비용함수( $H$ )가 강오목(strictly concave)하거나, 배드 데이터(bad data)가 다수 존재할 경우  $Y'$ 가  $Y$ 와 같지 않을 수 있다. 이러한 경우  $W$ 를 새로운 임의의 값으로 주고 다른 극소값(local minimum)을 찾거나, 배드 데이터(bad data)를 골라내 제거하고 학습을 다시 할 수 있다.

[0111]

그러한 일 없이  $Y'=Y$ 가 되도록  $W$ 가 정해졌다면, 시스템의 학습이 성공적으로 끝났다고 판단할 수 있다. 학습시킨 데이터 수가 충분히 많고 다양했다면, 학습 후의  $W$ 는 새로운 입력에 대해서도 높은 확률로 성공적인 분류가 가능할 것이다.

[0112]

도 1 및 도 4의 피크 연산부(111, 211)는 다항 로지스틱 회귀법 및 크로스 엔트로피 기법을 사용하여 판단 알고리즘을 학습할 수 있다. 도 1 및 도 4의 모니터링 장치(120, 220)는 다항 로지스틱 회귀법 및 크로스 엔트로피 기법을 사용하여 피크 패턴 데이터(PEAK)와 기준 피크 패턴 데이터를 비교하는 피크 패턴 판단 시스템을 학습할 수 있다.

[0113]

이상에서와 같이 도면과 명세서에서 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 부호의 설명

[0114]

10: 분전반

11: 내부 배선

21~2n: 기기들

100, 200: 가전기기 모니터링 장치

110, 210: 주파수 측정 장치

111, 211: 피크 연산부

112, 212: 제1 계량기

113, 213: 제2 계량기

120, 220: 모니터링 장치

121: 비교부

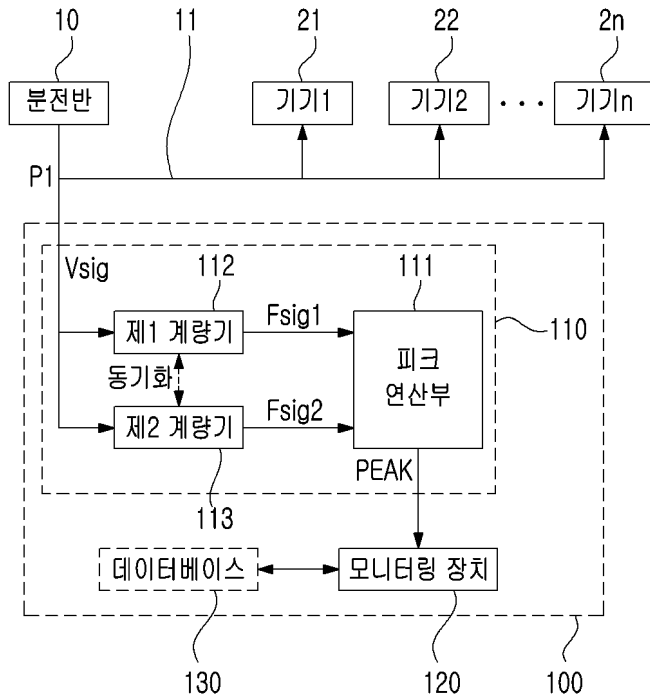
122: 출력부

130, 230: 데이터베이스

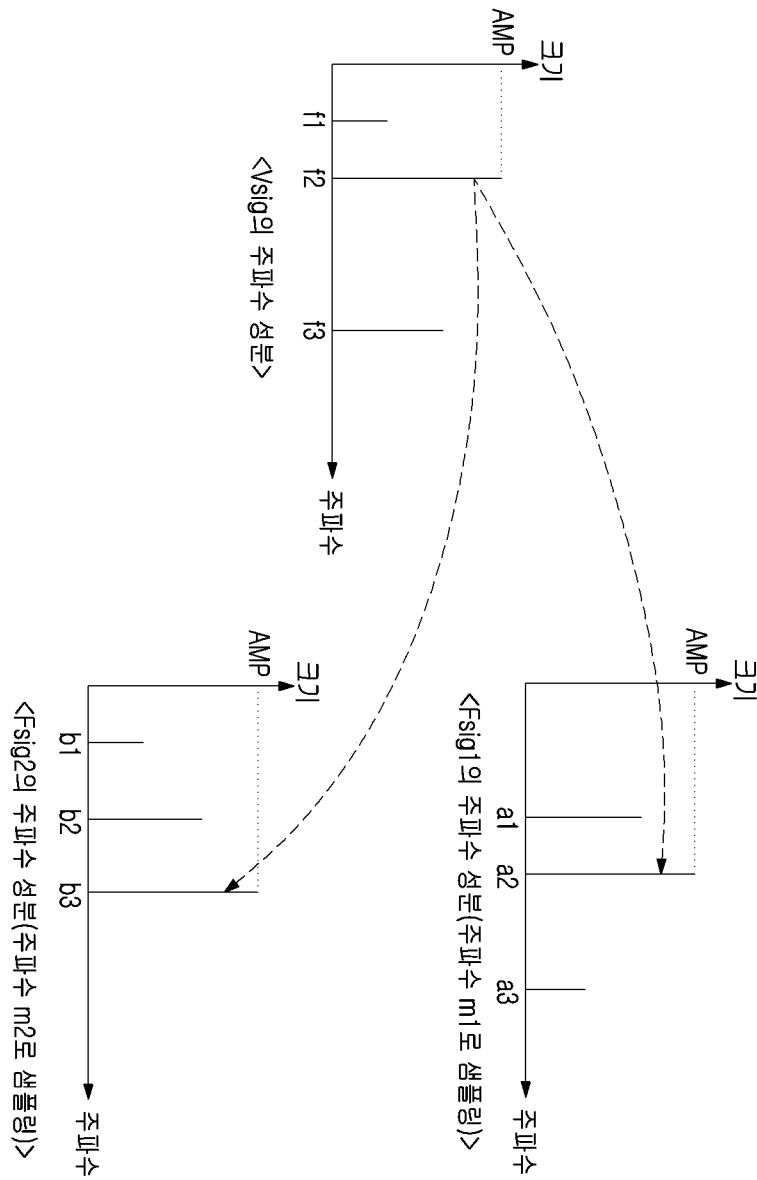
214: 제3 계량기

도면

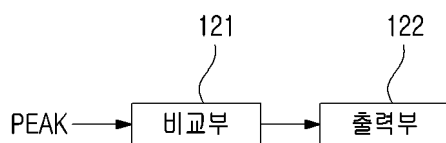
도면1



도면2

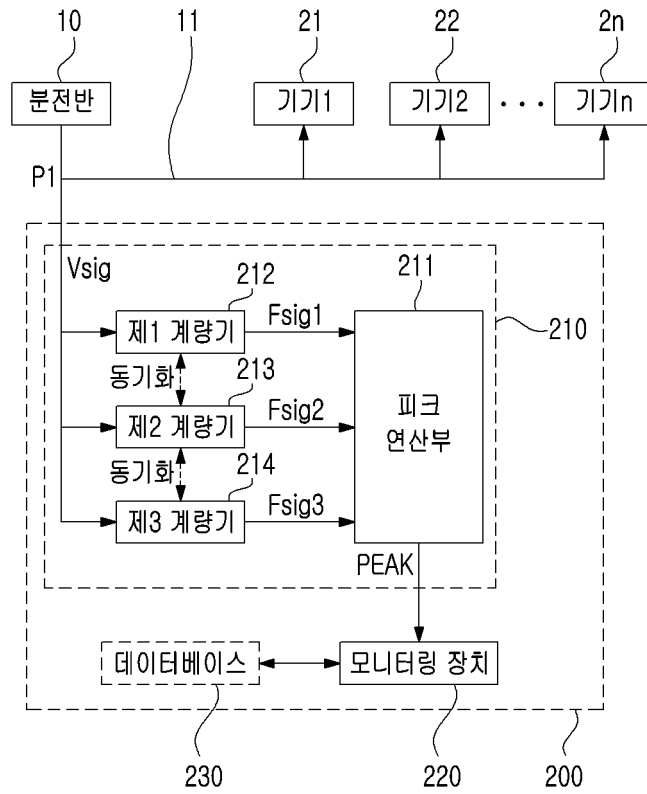


도면3

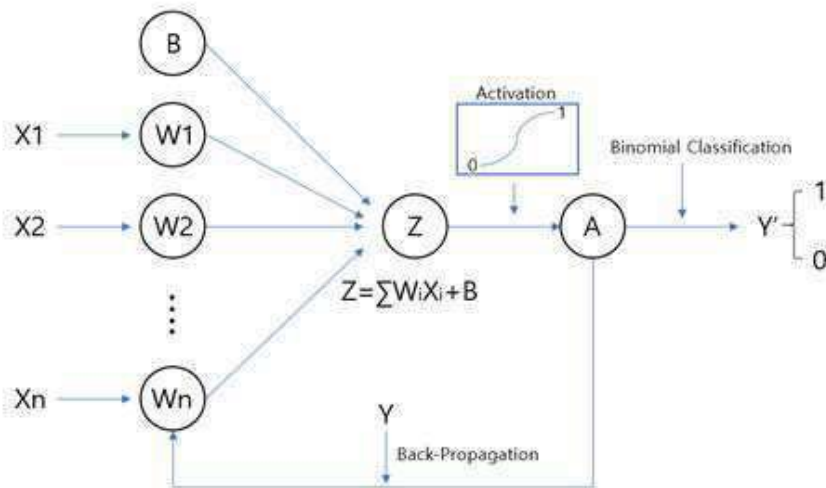


120

도면4



도면5a



도면5b

