



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월29일  
(11) 등록번호 10-2801619  
(24) 등록일자 2025년04월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01R 22/10 (2006.01) G01R 22/06 (2006.01)  
G06N 20/00 (2019.01)
- (52) CPC특허분류  
G01R 22/10 (2013.01)  
G01R 22/063 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7008920
- (22) 출원일자(국제) 2019년08월01일  
심사청구일자 2022년07월12일
- (85) 번역문제출일자 2021년03월25일
- (65) 공개번호 10-2021-0055716
- (43) 공개일자 2021년05월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/044733
- (87) 국제공개번호 WO 2020/046536  
국제공개일자 2020년03월05일
- (30) 우선권주장  
16/114,096 2018년08월27일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
WO2017100916 A1\*  
(비특허) Visualizing Smart Water Meter  
Dataset Clustering With Parametric  
T-distributed Stochastic Neighbour  
Embedding('18년 6월 공개)\*  
JP2017506870 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
새크라멘토 뮤니시플 유틸리티 디스트릭트  
미국, 캘리포니아 95817, 엠에스 비406 새크라멘  
토, 6201 에스 스트리트
- (72) 발명자  
클라크, 레밍턴  
미국, 캘리포니아 95817, 엠에스 비406 새크라멘  
토, 6201 에스 스트리트  
버키머, 제프  
미국, 캘리포니아 95817, 엠에스 비406 새크라멘  
토, 6201 에스 스트리트  
하산, 시크  
미국, 캘리포니아 95817, 엠에스 비406 새크라멘  
토, 6201 에스 스트리트
- (74) 대리인  
윤앤리특허법인(유한)

전체 청구항 수 : 총 23 항

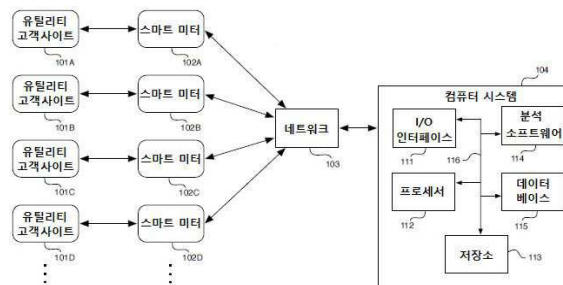
심사관 : 공덕현

(54) 발명의 명칭 스마트 미터로부터의 데이터 분석을 위한 기술

(57) 요약

컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 데이터를 분석한다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 데이터를 분석하여 스마트 미터가 다른 배전 변압기에 연결되어 있는지 여부, 스마트 미터가 전력 도난이 발생하는 고객 위치에 있는지 여부, 스마트 미터가 태양광 발전 시스템이 있는 고객 위치에 있는지 여부, 스마트 미터가 전기 자동차를 구비하고 있는 고객 위치에 있는지 여부, 또는 스마트 미터가 재배 하우스에 있는지 여부를 결정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G01R 22/066* (2013.01)

*G06N 20/00* (2021.08)

*Y04S 20/30* (2020.08)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 프로세서 장치를 포함하는 컴퓨터 시스템으로서, 상기 컴퓨터 시스템은:

전력 그리드(electric grid) 내에서 제1 변압기에 연결된 것으로 나타나는 제1 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터(time series voltage data)에 기초하여 전압 파형을 생성하고;

상기 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제1 식별된 간격으로 식별하며;

상기 제1 식별된 간격들 중 하나에서 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 최초 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제1 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치(outlier)인 경우마다 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 최초 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록

구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 제1 스마트 미터들 중 두번째 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제2 식별된 간격으로 식별하고;

상기 제2 식별된 간격들 중 하나에서 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 두번째 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제1 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 임계값 백분율만큼의 이상치인 경우마다 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 두번째 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 플래그들의 가장 많은 수와 관련된 상기 제1 스마트 미터들 중 하나를 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별하며;

상기 전력 그리드 내에서 상기 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기를 식별하고;

상기 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터에 기초하여 전압 파형을 생성하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제2 식별된 간격으로 식별하며;

상기 제2 식별된 간격들 중 하나에서 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제2 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기의 크기에 비해 이상치인 경우마다 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 전력 그리드 내에서 상기 제1 변압기 근처에 있는 제3 변압기를 식별하고;

상기 제3 변압기에 연결된 제3 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터에 기초하여 전압 파형을 생성하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제3 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제3 식별된 간격으로 식별하고;

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제3 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 상기 제3 식별된 간격들 중 하나에서 이상치인 경우마다 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

그래프 내에 제1 지점들을 생성하기 위해 상기 제1 스마트 미터들로부터 수신된 상기 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소들의 차원(dimensionality)을 감소시키도록, 기계 학습 알고리즘을 수행하고;

상기 제1 지점들의 도심(centroid)을 계산하며;

상기 제1 지점들 각각의 상기 도심까지의 거리를 계산하고;

상기 제1 스마트 미터들 중에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 상기 제1 지점들의 상기 도심까지의 거리에 기초하여 상기 제1 스마트 미터들 중 임의의 스마트 미터가 상기 제1 스마트 미터들 중 나머지 다른 스마트 미터들에 대하여 이상(anomalies)이 있는지 여부를 결정하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 그래프 내에서 제2 지점들을 생성하기 위해 상기 전력 그리드 내에서 상기 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소들의 차원을 감소시키기 위한 기계 학습 알고리즘을 수행하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대응하는 상기 제1 지점들 중 하나가 상기 제1 스마트 미터들에 대한 상기 제1 지점들보다 상기 제2 스마트 미터들에 대한 상기 제2 지점들과 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정하기 위한 클러스터 분석을 수행하도록

더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

#### 청구항 10

컴퓨터 시스템 내의 프로세서 상에서 실행 가능한 명령을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 상기 실행 가능한 명령은:

그래프 내에서 제1 지점들을 생성하기 위해, 배전 시스템 내의 제1 변압기에 연결된 제1 스마트 미터들-여기서 상기 제1 지점들 각각은 상기 제1 스마트 미터들 중 하나에 대응함-로부터 수신된 제1 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 차원을 감소시켜서, 상기 제1 시계열 전압 데이터가 제1 차원들의 수를 가지며 상기 제1 지점들이 상기 제1 차원들의 수 보다 작은 제2 차원들의 수 만큼 가지도록 기계 학습 알고리즘을 수행하도록 실행 가능한 명령;

상기 제1 지점들의 도심(centroid)을 계산하도록 실행 가능한 명령;

상기 제1 지점들 각각의 상기 도심까지의 거리를 계산하도록 실행 가능한 명령; 및

상기 제1 스마트 미터들 중에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 상기 제1 지점들의 상기 도심까지의 거리에 기초하여 상기 제1 스마트 미터들 중 임의의 스마트 미터가 상기 제1 스마트 미터들 중 나머지 다른 스마트 미터에 대하여 이상이 있는지 여부를 결정하도록 실행 가능한 명령

을 포함하는 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는:

상기 그래프 내에 제2 지점들을 생성하기 위하여 상기 배전 시스템 내의 상기 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 제2 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 차원을 감소시키기 위한 상기 기계 학습 알고리즘을 수행하도록 실행 가능한 명령을 더 포함할 수 있으며,

상기 제2 지점들 각각은 상기 제2 스마트 미터들 중 하나에 대응하는 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 12**

제11항에 있어서, 상기 기계 학습 알고리즘은 t-분포 확률적 최근접 이웃 임베딩 알고리즘(t-distribution stochastic nearest neighbor embedding algorithm)이고, 상기 제1 지점들 및 상기 제2 지점들은 3차원 지점들인 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 13**

제11항에 있어서, 상기 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는:

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대응하는 상기 제1 지점들 중 하나가 상기 제1 스마트 미터들에 대한 상기 제1 지점들의 클러스터 보다 상기 제2 스마트 미터들에 대한 상기 제2 지점들의 클러스터와 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정하기 위한 클러스터 분석을 수행하도록 실행 가능한 명령

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 클러스터 분석은 상기 제1 지점들 및 상기 제2 지점들에 의해 나타나는 차원 특성의 감독되지 않은 클러스터링을 수행하는 k 최근접 이웃 알고리즘(k nearest neighbors algorithm)을 포함하는 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 15**

제10항에 있어서, 상기 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는:

주요 구성 요소 분석을 사용하는 상기 제1 스마트 미터들에 대한 상기 제1 시계열 전압 데이터에 기초하여, 생성된 시계열 전압 파형을 식별하는 상기 상위 주요 구성 요소를 추출하도록 실행 가능한 명령

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

**청구항 16**

컴퓨터 시스템 내에서 하나 이상의 프로세서 회로를 사용하는 배전 시스템 내의 스마트 미터들로부터 수신된 시

계열 전압 데이터 내에서 이상치를 식별하기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

제1 스마트 미터들로부터 수신된 제1 시계열 전압 데이터에 기초하여, 상기 배전 시스템 내에서 제1 변압기에 연결된 것으로 식별된 상기 제1 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계;

상기 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 미리 정의된 시간 간격 각각을 제1 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및

상기 제1 식별된 간격들 중 하나의 간격에서 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 최초 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제1 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치인 경우마다 상기 제1 스마트 미터들 중 상기 최초 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 플래그들의 가장 많은 수와 관련된 상기 제1 스마트 미터들 중 하나를 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별하는 단계;

상기 배전 시스템 내에서 상기 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기를 식별하는 단계; 및

제2 스마트 미터들로부터 수신된 제2 시계열 전압 데이터에 기초하여, 상기 제2 변압기에 연결된 상기 제2 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 미리 정의된 시간 간격 각각을 제2 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및

상기 제2 식별된 간격들 중 하나에서 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 크기가 상기 제2 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기 크기와 비교하여 이상치인 경우마다 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 배전 시스템 내에서 상기 제1 변압기 근처에 있는 제3 변압기를 식별하는 단계; 및

제3 스마트 미터들로부터 수신된 제3 시계열 전압 데이터에 기초하여, 상기 제3 변압기에 연결된 상기 제3 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 20

제19항에 있어서,

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형의 기울기의 극성이 상기 제3 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 미리 정의된 시간 간격을 제3 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및

상기 제3 식별된 간격들 중 하나의 간격에서 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 상기 전압 파형 기울기의 크기가 상기 제3 스마트 미터들의 상기 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치인 경우마다 상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

적어도 하나의 프로세서 장치를 포함하는 컴퓨터 시스템으로서, 상기 컴퓨터 시스템은:

그래프 내에 제1 지점들-여기서 상기 제1 지점들은 제1 차원들의 수 보다 작은 제2 차원들의 수 만큼 가짐-을 생성하기 위해, 배전 시스템 내의 제1 변압기 연결된 제1 스마트 미터들-여기서 상기 제1 지점들 각각은 상기 제1 스마트 미터들 중 하나에 대응함-로부터 수신된 제1 시계열 전압 데이터-여기서 상기 제1 시계열 전압 데이터는 상기 제1 차원들의 수를 가짐-의 주요 구성 요소들의 차원을 감소시키며;

상기 제1 지점들의 도심(centroid)을 계산하고;

상기 제1 지점들 각각의 상기 도심까지의 거리를 계산하며;

상기 제1 스마트 미터들 중에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 상기 제1 지점들의 상기 도심까지의 거리에 기초하여 상기 제1 스마트 미터들 중 임의의 스마트 미터가 상기 제1 스마트 미터들 중 나머지 다른 스마트 미터에 대하여 이상이 있는지 여부를 결정

하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

**청구항 27**

제26항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 그래프 내에 제2 지점들을 생성하기 위해, 상기 배전 시스템 내의 상기 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 제2 시계열 전압 데이터의 주요 구성 요소들의 차원을 감소시키도록 더 구성되며,

상기 제2 시계열 전압 데이터는 제3 차원들의 수를 가지고, 상기 제2 지점들은 상기 제3 차원들의 수 보다 작은 상기 제2 차원들의 수 만큼 가지며, 상기 제2 지점들의 수 각각은 상기 제2 스마트 미터들 중 하나에 대응하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은:

상기 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대응하는 상기 제1 지점들 중 하나가 상기 제1 스마트 미터들에 대한 상기 제1 지점들의 클러스터보다 상기 제2 스마트 미터들에 대한 상기 제2 지점들의 클러스터와 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정하기 위한 클러스터 분석을 수행하도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 특허 출원은 2018년 8월 27일에 출원된 미국 특허 출원 16/114,096의 연속출원이며, 이는 그 전체가 본원에 참조로 포함된다.

[0002] 본 발명은 배전 시스템으로부터 전력을 수신하는 스마트 미터로부터의 데이터 분석을 위한 기술에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 전기 미터는 고객 위치(site)의 배전 시스템으로부터 소비된 전력량을 모니터링하는 장치이다. 배전 시스템에서 고객의 전력 소비를 모니터링하는 데 사용되는 전기 미터의 하나의 유형은 전기 스마트 미터이다(본원에서는 스마트 미터라고도 한다). 스마트 미터는 배전 시스템에 연결된 고객 위치에서 전력 사용량, 전류, 및/또는 전압을 모니터링한다. 스마트 미터는 또한 고객 위치에서 배전 시스템으로 공급되는 전력 및/또는 전류의 양을 모니터링할 수 있다. 스마트 미터는 고객 위치의 전력 사용량 및 전압 데이터를 고객 위치에 전력을 공급하는 전기 유틸리티로 자동 전송한다. 스마트 미터는 고급 미터링 인프라(advanced metering infrastructure, AMI) 또는 자동 미터 판독(automatic meter reading, AMR) 시스템의 일부일 수 있다.

**발명의 내용**

**과제의 해결 수단**

[0004] 다음의 예는 추가적인 실시예에 관한 것이다. 예 1은 적어도 하나의 프로세서 장치를 포함하는 컴퓨터 시스템이며, 컴퓨터 시스템은: 전력 그리드(electric grid) 내에서 제1 변압기에 연결된 제1 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터(time series voltage data)에 기초하여 전압 파형을 생성하고; 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간을 제1 식별된 간격으로 식별하며; 제1 식별된 간격들 중 하나에서 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 크기가 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치(outlier)인 경우마다 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록 구성된다.

[0005] 예 2에서, 예 1의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 제1 스마트 미터들 중 두번째 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제2 식별된 간격으로 식별하고; 제2 식별된 간격들 중 하나에서 제1 스마트 미터들 중 두번째 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 크기가 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 임계값 백분율만큼의 이상치인 경우마다 제1 스마트 미터들 중 두번째 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록 더 구성될 수 있다.

[0006] 예 3에서, 예 1, 2 중 어느 하나의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 플래그들의 가장 많은 수와 관련된 제1 스마트 미터들 중 하나를 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별하며; 전력 그리드 내에서 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기를 식별하고; 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터에 기초하여 전압 파형을 생성하도록 더 구성될 수 있다.

[0007] 예 4에서, 예 3의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형 기울기의 극성이 대부분의 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제2 식별된 간격으로 식별하며; 제2 식별된 간격들 중 하나에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 크기가 대부분의 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기에 비해 이상치인 경우마다 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그 생성하도록 더 구성될 수 있다.

[0008] 예 5에서, 예 4의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 전력 그리드 내에서 제1 변압기 근처에 있는 제3 변압기를 식별하고; 제3 변압기에 연결된 제3 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터에 기초하여 전압 파형을 생성하도록 더 구성될 수 있다.

[0009] 예 6에서, 예 5의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형 기울기의 극성이 대부분의 제3 스마트 미터들의 전압 파형 기울기의 극성과 반대인 각각의 시간 간격을 제3 식별된 간격으로 식별하고; 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 크기가 대부분의 제3 스마트 미터들의 전압 파형 기울기의 크기와 비교하여 제3 식별된 간격들 중 하나에서 이상치인 경우마다 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하도록 더 구성될 수 있다.

- [0010] 예 7에서, 예 1 내지 6 중 어느 하나의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 그래프 내에 제1 지점들을 생성하기 위해 제1 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소들의 차원(dimensionality)을 감소 시키도록, 기계 학습 알고리즘을 수행하고; 제1 지점들의 도심(centroid)을 계산하며; 제1 지점들 각각의 도심까지의 거리를 계산하고; 제1 스마트 미터들 중에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 제1 지점들의 도심까지의 거리에 기초하여 제1 스마트 미터들 중 임의의 스마트 미터가 제1 스마트 미터들 중 나머지 다른 스마트 미터들에 대하여 이상(anomalies)이 있는지 여부를 결정하도록 더 구성될 수 있다.
- [0011] 예 8에서, 예 7의 컴퓨터 시스템은 선택적으로, 그래프 내에서 제2 지점들을 생성하기 위해 전력 그리드 내에서 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터의 추가적인 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소들의 차원을 감소시키기 위한 기계 학습 알고리즘을 수행하도록 더 구성될 수 있다.
- [0012] 예 9에서, 예 8의 컴퓨터 시스템은 선택적으로, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대응하는 제1 지점들 중 하나가 제1 스마트 미터들에 대한 제1 지점들보다 제2 스마트 미터들에 대한 제2 지점들과 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정하기 위한 클러스터 분석을 수행하도록 더 구성될 수 있다.
- [0013] 예 10은 컴퓨터 시스템 내의 프로세서 상에서 실행 가능한 명령을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 실행 가능한 명령은: 그래프 내에서 제1 지점들-여기서 제1 지점들 각각은 제1 스마트 미터들 중 하나에 대응함-을 생성하기 위해, 배전 시스템 내의 제1 변압기에 연결된 제1 스마트 미터들로부터 수신된 제1 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 차원을 감소시키기 위한 기계 학습 알고리즘을 수행하도록 실행 가능한 명령; 제1 지점들의 도심을 계산하도록 실행 가능한 명령; 제1 지점들 각각의 도심까지의 거리를 계산하도록 실행 가능한 명령; 및 제1 스마트 미터들 중에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 제1 지점들의 도심까지의 거리에 기초하여, 제1 스마트 미터들 중 임의의 스마트 미터가 제1 스마트 미터들 중 나머지 다른 스마트 미터에 대하여 이상이 있는지 여부를 결정하도록 실행 가능한 명령을 포함한다.
- [0014] 예 11에서, 예 10의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 선택적으로: 그래프 내에 제2 지점들을 생성하기 위하여 배전 시스템 내의 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들로부터 수신된 제2 시계열 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 차원을 감소시키기 위한 기계 학습 알고리즘을 수행하도록 실행 가능한 명령을 더 포함할 수 있으며, 제2 지점들 각각은 제2 스마트 미터들 중 하나에 대응한다.
- [0015] 예 12에서, 예 10, 11의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 선택적으로 기계 학습 알고리즘을 더 포함할 수 있으며, 기계 학습 알고리즘은 t-분포 확률적 최근접 이웃 임베딩 알고리즘(t-distribution stochastic nearest neighbor embedding algorithm)이고/알고리즘이거나, 제1 지점들 및 제2 지점들은 3차원 지점들이다.
- [0016] 예 13에서, 예 11, 12의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 선택적으로, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대응하는 제1 지점들 중 하나가 제1 스마트 미터들에 대한 제1 지점들의 클러스터 보다 제2 스마트 미터들에 대한 제2 지점들의 클러스터와 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정하기 위한 클러스터 분석을 수행하도록 실행 가능한 명령을 더 포함할 수 있다.
- [0017] 예 14에서, 예 13의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 선택적으로 클러스터 분석을 더 포함할 수 있으며, 클러스터 분석은 제1 지점들 및 제2 지점들에 의해 나타나는 차원 특성의 감속되지 않은 클러스터링을 수행하는 k 최근접 이웃 알고리즘(k nearest neighbors algorithm)이 포함된다.
- [0018] 예 15에서, 예 10 내지 14의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 선택적으로, 주요 구성 요소 분석을 사용하는 제1 스마트 미터들에 대한 제1 시계열 전압 데이터에 기초하여, 생성된 시계열 전압 파형을 식별하는 상위 주요 구성 요소를 추출하도록 실행 가능한 명령을 더 포함한다.
- [0019] 예 16은, 컴퓨터 시스템 내에서 하나 이상의 프로세서 회로를 사용하는 배전 시스템 내의 스마트 미터들로부터 수신된 시계열 전압 데이터 내에서 이상치를 식별하기 위한 방법으로서, 방법은: 제1 스마트 미터들로부터 수신된 제1 시계열 전압 데이터에 기초하여, 배전 시스템 내에서 제1 변압기에 연결된 제1 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계; 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형 기울기의 극성이 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형 기울기의 극성과 반대인 미리 정의된 시간 간격 각각을 제1 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및 제1 식별된 간격들 중 하나에서 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 크기가 대부분의 제1 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치(outlier)인 경우마다 제1 스마트 미터들 중 최초 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0020] 예 17에서, 예 16의 방법은 선택적으로: 플래그들의 가장 많은 수와 관련된 제1 스마트 미터들 중 하나를 잘못

할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별하는 단계; 배전 시스템 내에서 제1 변압기 근처에 있는 제2 변압기를 식별하는 단계; 및 제2 스마트 미터들로부터 수신된 제2 시계열 전압 데이터에 기초하여, 제2 변압기에 연결된 제2 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0021] 예 18에서, 예 17의 방법은 선택적으로: 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 대부분의 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 미리 정의된 시간 간격 각각을 제2 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및 제2 식별된 간격들 중 하나에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형 기울기의 크기가 대부분의 제2 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기 크기에 비해 이상치인 경우마다 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 예 19에서, 예 18의 방법은 선택적으로: 배전 시스템 내에서 제1 변압기 근처에 있는 제3 변압기를 식별하는 단계; 및 제3 스마트 미터들로부터 수신된 제3 시계열 전압 데이터에 기초하여, 제3 변압기에 연결된 제3 스마트 미터들 각각에 대한 전압 파형을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 예 20에서, 예19의 방법은 선택적으로: 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형의 기울기의 극성이 대부분의 제3 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 극성과 반대인 각각의 미리 정의된 시간 간격을 제3 식별된 간격으로 식별하는 단계; 및 제3 식별된 간격들 중 하나에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 파형 기울기의 크기가 대부분의 제3 스마트 미터들의 전압 파형의 기울기의 크기와 비교하여 이상치인 경우마다 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 예 21은, 프로세서 회로에 의해 실행될 경우, 프로세서 회로가 예 1 내지 9 또는 예 16 내지 20중 어느 하나의 예를 실행하게 하는 명령을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체이다.
- [0025] 예 22는 예 10 내지 20 중 임의의 것을 실행하기 위한 컴퓨터 시스템이다.
- [0026] 예 23은 예 1 내지 15 중 임의의 것을 실행하기 위한 방법이다.
- [0027] 예 24는 적어도 하나의 프로세서 장치를 포함하는 컴퓨터 시스템이며, 컴퓨터 시스템은: 배전 시스템에 연결된 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터가 스마트 미터가 배전 시스템에 전력을 보내고 있는 태양광 발전 시스템을 구비한 고객 위치(site)에 위치하고 있음을 나타내는지 여부를 결정하고; 스마트 미터로부터 수신된 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 배전 시스템으로부터 충전되는 전기 차량을 보유한 고객 위치에 위치하고 있음을 나타내는지 여부를 결정하며; 전압 데이터 또는 스마트 미터로부터 수신된 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 로컬 영역(local area) 내의 다른 스마트 미터들 보다 실질적으로 더 많은 전력을 사용하는 재배 하우스(grow house)에 위치하고 있음을 나타내는지 여부를 결정하고; 전압 데이터 및 스마트 미터로부터 수신된 전력 사용량을 나타내는 데이터가, 전력 도난을 식별하기 위해, 스마트 미터의 전력 사용량이 스마트 미터에 의해 측정된 전압 강하를 설명하는 것을 나타내는지 여부를 결정하도록 구성된다.
- [0028] 예 25에서, 예 24의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 스마트 미터에 의해 측정된 전압이 여러 날 기간 중 여러 날의 정오 시간 동안 로컬 영역 내의 나머지 다른 스마트 미터들 중 적어도 일부의 전압보다 반복적으로 증가하는지 여부를 결정하기 위해 스마트 미터로부터의 전압 데이터를 분석함으로써, 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터가 스마트 미터는 태양광 발전 시스템을 구비하고 있는 고객 위치에 위치하고 있다는 것을 나타내는지 여부를 결정하도록 더 구성된다.
- [0029] 예 26에서, 예 24와 25 중 어느 하나의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 전력 사용량이 급격히 증가하며 로컬 영역 내의 대부분의 나머지 다른 스마트 미터들 보다 실질적으로 더 많은 전력을 나타내고, 이어서 여러 날 기간 중 여러 날 동안 급격하게 감소하는지 여부를 결정함으로써, 스마트 미터로부터 수신된 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 전기 차량을 보유한 고객 위치에 위치한다는 것을 나타내는지 여부를 결정하도록 더 구성된다.
- [0030] 예 27에서, 예 24 내지 예 26 중 어느 하나의 컴퓨터 시스템은 선택적으로: 전력 사용량이 여러 날 기간 중 여러 날의 몇 시간 동안 로컬 영역 내의 나머지 다른 스마트 미터들에 의해 나타난 전력 사용량 보다 실질적이고 지속적으로 더 큰지 여부를 결정함으로써, 전압 데이터 또는 스마트 미터로부터 수신된 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 재배 하우스에 위치하고 있다는 것을 나타내는지 여부를 결정하도록 더 구성된다.
- [0031] 예 28에서, 예 24 내지 예 27 중 어느 하나의 컴퓨터 시스템은 선택적으로:
- [0032] 전압 데이터 또는 스마트 미터로부터의 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 배전 시스템으로부터 충전되는 대형 현장 배터리를 구비한 고객 위치에 위치한다는 것을 나타내는지 여부를 결정하도록 더 구성되며,

전압 데이터 또는 스마트 미터의 전력 사용량을 나타내는 데이터가 스마트 미터가 대형 현장 배터리를 구비한 고객 위치에 위치하지 않음을 나타내는 경우, 프로세서 장치는 스마트 미터를 전력 품질 문제 가능성과 관련된 것으로 표시하도록 더 구성된다.

- [0033] 예 29는, 하나 이상의 프로세서 회로에 의해 실행될 경우, 하나 이상의 프로세서 회로가 예 24 내지 28 중 임의의 하나를 실행하게 하는 명령을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체이다.
- [0034] 예 30은 예 24 내지 28 중 임의의 것을 실행하기 위한 방법이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은, 일 실시예에 따른, 스마트 미터를 사용하여 유틸리티 고객 위치에서 전압, 전류, 및 전력 사용량을 측정하는 시스템을 도시하는 다이어그램이다.
- 도 2a, 2b는, 일 실시예에 따른, 배전 시스템에 연결된 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터 내의 이상치(outliers)를 식별하는 데 사용될 수 있는 동작의 예를 보여주는 순서도이다.
- 도 3a는, 예시적인 실시예에 따른, 4일에 걸친 4개의 스마트 미터로부터의 시간별 전압 데이터의 그래프이다.
- 도 3b는, 또다른 예시적인 실시예에 따른, 8시간 동안 5개의 스마트 미터로부터의 시간별 전압 데이터의 그래프이다.
- 도 4는, 일 실시예에 따른, 배전 시스템에서 유틸리티 배전 변전소와 6개의 배전 변압기 간의 연결의 예를 도시하는 다이어그램이다.
- 도 5a, 5b는, 일 실시예에 따른, 배전 시스템에 연결된 스마트 미터로부터 수신된 데이터의 이상을 식별하기 위해 수행될 수 있는 동작의 예를 보여주는 흐름도를 도시한다.
- 도 6은, 예시적인 실시예에 따른, 5개의 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터의 주요 구성 요소를 나타내는 예시적인 3D 지점을 나타내는 3차원(3D) 그래프이다.
- 도 7은, 일 실시예에 따른, 낮 시간 동안 배전 시스템에 전력을 보내는 고객 위치의 태양 전지패널을 나타내는 스마트 미터의 전압 프로파일의 예를 도시한다.
- 도 8a는, 일 실시예에 따른, 전기 차량을 보유한 고객 위치에서 하루 동안 스마트 미터로 측정 한 전력 사용량을 나타내는 그래프이다.
- 도 8b는, 일 실시예에 따른, 며칠 동안 전기 자동차를 보유한 고객 위치에서 스마트 미터로 측정 한 전력 사용량을 나타내는 그래프이다.
- 도 9는, 일 실시예에 따른, 재배 하우스(grow house)가 있는 고객 위치에서 스마트 미터로 측정 한 전력 사용량의 예를 도시하는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 전력 회사는 배전 시스템의 구성 요소 연결에 관한 정확한 정보를 식별하고 유지하는 데 어려움을 겪고 있다. 본원에서는 전기 분배 시스템을 전력 그리드(electric grid)이라고도 한다. 전기 설비는 이상적으로는 설비로부터 전력(즉, 전기)을 받는 고객 위치(site)가 각각의 배전 변전소의 다운 스트림에서 상호 연결되는 방식을 나타내는 정확한 연결 정보를 가지고 있다. 연결 정보는 유틸리티 배전 라인을 통해 각각의 배전 변전소의 다운 스트림에 연결된 각각의 배전 변압기에 연결된 고객 위치를 정확하게 나타내야 한다.
- [0037] 전기 유틸리티가 직면하는 일반적인 문제는 배전 시스템에 대한 정확한 연결 정보를 유지하는 것이다. 유틸리티 고객 위치와 배전 변압기 간의 연결은 배전 시스템의 유지 보수 또는 수리 중에 변경될 수 있다. 예를 들어, 정전 후 전기 서비스를 복구하는 동안 배전 시스템을 긴급 수리하면 고객과 배전 변압기 간의 연결이 변경될 수 있다. 폭풍우 동안 배전 시스템의 비상 복구 이후, 설계된 작업과 일치하지 않는 잘못된 구성, 지리 정보 시스템(geographical information system, GIS) 매핑 중에 발생한 데이터 오류 등과 같은, 새로운 미터 대 변압기 연결 오류가 유틸리티의 연결 정보에 비해 배전 시스템에 의도치 않게 도입될 수 있다. 전력 회사가 고객 위치와 배전 변압기 간의 연결에 대해 가지고 있는 정보가 배전 시스템에 존재하는 고객 위치와 배전 변압기 간의 연결과 비교할 때 시간이 지남에 따라 정확도가 떨어질 수 있다. 정확한 연결 정보를 유지하기 위해 시간이 지남에 따라 발생하는 전력 그리드의 모든 변경 사항을 추적하는 것은 어려울 수 있다. 전기 회사는 각각의 고객

의 전기 미터가 연결된 배전 변압기를 식별하기 위해 각각의 지하 유틸리티 라인을 추적하지 못할 수 있다. 각각의 고객의 전기 미터에 대한 육안 검사는 일반적으로 비용이 많이 들고 느리고 노동 집약적이다.

[0038] 전기 유틸리티는 전력 그리드의 각각의 배전 변압기와 관련된 전기 미터의 세트(예: 스마트 미터)에 대한 유틸리티 데이터를 수집할 수 있다. 예를 들어, 유틸리티 데이터는 배전 변압기에 연결된 각각의 전기 미터에 대해 적어도 1시간 단위로 수집되는 정보를 포함할 수 있다. 유틸리티 데이터는 각각의 전기 미터에 대한 시간별 평균 전압 및 각각의 전기 미터에 대한 시간별 전력 소비 데이터를 포함할 수 있다.

[0039] 고객에게 전기를 분배하는 전력 그리드의 전력 도난은 종종 전기 유틸리티의 주요 수익 손실 원인이다. 대형 전력 그리드의 여러 단부 지점에서 전기가 도난당할 수 있으므로, 전력 도난의 각각의 원인을 식별하는 것이 어려울 수 있다. 예로서, 일부 유틸리티 고객은 전력 그리드에서 전기를 훔치기 위해 전기 미터 주변에 불법 우회선을 연결하는 것으로 알려져 있다. 우회선은 전기 미터가 고객의 전기 사용량 중 적어도 일부를 감지하지 못하도록 하기 위한 것이다. 따라서, 우회선은 전기 미터가 고객 현장의 전력 소비를 정확하게 모니터링하지 못하게 할 수 있다.

[0040] 고객 위치의 전기 미터가 감지한 전압은 전력 그리드에서 고객 위치에 의해 소비된 전력의 변화에 대응하여 변화한다. 예를 들어, 전력 그리드에서 고객의 전력 소비가 증가하면, 해당 고객 위치의 전기 미터가 더 낮은 전압을 감지한다. 고객의 전력 소비가 감소하면, 전기 미터가 더 큰 전압을 감지한다. 전기 미터 주변에 우회선이 불법적으로 연결되면, 전기 미터는 고객 현장에서 부하(load)에 의해 소비되는 모든 전력을 감지하지 못할 수 있다. 그러나, 전기 미터 주위에 우회선이 연결되어 있어도, 전기 미터는 고객 위치에서 부하에 의해 소비되는 전력의 변화로 인한 전압 변화를 감지한다. 고객 위치에서 전력 도난이 발생하는 경우, 전기 미터들 간의 분배 라인의 임피던스로 인해, 해당 고객 위치에서의 전기 미터는 같은 로컬 영역 및/또는 동일한 배전 변압기에 연결된 다른 고객 위치에서의 전기 미터에 의해 생성된 전압 프로파일과 상당히 다른 전압 프로필을 생성할 수 있다.

[0041] 따라서, 고객 위치에서 전기 미터가 감지한 전압 프로파일은 전력 그리드에서의 전력 도난을 나타낼 수 있다. 예로서, 고객 위치가 전력 그리드의 동일한 변압기에 연결되어 있고/있거나 동일한 지리적 영역에 있는 다른 고객 위치보다 매일 몇 시간 동안 전력 그리드에서 더 많은 전력을 소비하는 경우, 고객 위치의 전기 미터는 다른 고객 위치의 전기 미터가 감지한 전압보다 이러한 시간 동안 전압이 더 많이 감소하고 있음을 나타낼 것이다.

[0042] 본원에 개시된 일부 실시예에 따르면, 스마트 미터의 전압 데이터를 모니터링하여 하나 이상의 고객 위치에서 전력 도난 발생 가능성을 확인한다. 동일한 배전 변압기에 연결되어 있거나 동일한 지리적 영역에 있는 다른 고객의 스마트 미터와 비교하여 고객의 스마트 미터의 전압 데이터에서 이상이 식별되는 경우, 추가 조사를 위해 고객의 스마트 미터가 플래그될(flagged) 수 있다. 전압 데이터의 이상에 대한 하나의 가지 가능한 원인은 전술한 이유로 유틸리티의 연결 정보가 부정확할 수 있다는 것이며, 전압 데이터의 이상을 감지하는 스마트 미터가 현재 유틸리티의 연결 정보가 나타내는 것과 다른 배전 변압기에 연결될 수 있다는 것이다. 또 다른 가능성은 전압 데이터의 이상이 고객 위치의 전력 그리드에서 전력 도난으로 인해 발생한다는 것이다.

[0043] 도 1은, 일 실시예에 따른, 유틸리티 고객 위치에서 전압, 전류, 및 전기 사용량을 측정하기 위해 스마트 미터를 사용하는 시스템을 도시하는 다이어그램이다. 도 1의 실시예에서, 스마트 미터(102A, 102B, 102C, 102D)(본원에서는 스마트 미터(102)로 총칭) 각각과 관련된 유틸리티 고객 위치(101A, 101B, 101C, 101D)(본원에서는 유틸리티 고객 위치(101)로 총칭)는 네트워크(103)를 통해 컴퓨터 시스템(104)에 연결된다. 각각의 스마트 미터(102)는 전력 그리드로부터 전력을 수신하도록 연결되고, 연결된 고객 위치(101) 중 하나에 전력을 제공하도록 연결된다. 전력 그리드는 도 1에 도시되어 있지 않다. 4개의 유틸리티 고객 위치(101) 및 4개의 연관된 스마트 미터(102)가 예로서 도 1에 도시되어 있다. 전력 그리드는 일반적으로 수백, 수천, 또는 수백만 개의 고객 위치에 전력을 제공하기 위해 연결되어 있음을 이해해야 한다. 각각의 고객 위치(101)는 전기 사용량 및 전압을 모니터링하는 스마트 미터와 같은 전기 미터를 갖는다.

[0044] 각각의 스마트 미터(102)는 처리를 위해 네트워크(103)를 통해 전압(즉, 전압 데이터), 전류, 및/또는 전력 소비의 측정치를 주기적으로 컴퓨터 시스템(104)에 전송한다. 각각의 스마트 미터(102)는 연관된 고객 위치(101)에서 전력 그리드에 대한 연결에서 전압을 측정한다. 예로서, 각각의 스마트 미터(102)는 매일 매시간 컴퓨터 시스템(104)에 전압 데이터를 전송할 수 있다. 스마트 미터(102)로부터 컴퓨터 시스템(104)으로의 데이터 통신은 네트워크(103) 내에서 무선 연결, 유선, 전력선, 또는 이들의 임의의 조합을 통해 이루어질 수 있다.

[0045] 컴퓨터 시스템(104)은 하나 이상의 입력/출력(I/O) 인터페이스(111), 하나 이상의 프로세서 장치(112), 하나 이

상의 저장 장치(113), 분석 소프트웨어(114), 및 하나 이상의 데이터베이스(115)를 포함한다. 컴퓨터 시스템(104)의 구성요소(111-115)는 연결(116)을 통해 통신할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(104)은 전기 유틸리티에 의해 운영되는 시설에 위치할 수 있다. 프로세서(112)는, 예를 들어, CPU(중앙 처리 장치), 마이크로 프로세서, 그래픽 처리 장치(GPU), 필드 프로그래밍 가능 게이트 어레이, 및/또는 다른 형태의 프로세서 회로와 같은 임의의 처리 회로 또는 장치를 포함할 수 있다. 저장소(113)는 솔리드 스테이트 장치, 디스크 저장 장치, 자기 테이프 등과 같은 메모리 장치를 포함할 수 있다. 저장 장치(113)는, 예를 들어, 저장 영역 네트워크와 같은 임의의 적절한 구성으로 구성될 수 있다. 입력/출력 인터페이스(111)는, 예를 들어, 프로세서(112)에 데이터를 입력하기 위한 장치(예를 들어, 마우스 및 키보드), 및 프로세서(112)로부터의 결과를 제공하기 위한 기구(예를 들어, 프린터 및 컴퓨터 모니터)를 포함할 수 있다.

[0046] 네트워크(103)를 통해 스마트 미터(102)로부터 제공되는 전압, 전류, 및/또는 전력 사용량 데이터가 컴퓨터 시스템(104) 내의 저장 장치(113)에 저장될 수 있다. 분석 소프트웨어(114)는 데이터베이스(115)를 사용하여 저장 장치(113)에 저장된 전압, 전류, 및/또는 전력 사용 데이터에 액세스할 수 있다. 분석 소프트웨어(114)는 전압, 전류, 및/또는 전력 사용 데이터를 분석하고 본원에 개시된 결과를 생성할 수 있다. 분석 소프트웨어(114)는 메모리에 저장될 수 있다. 분석 소프트웨어(114)는 하나 이상의 프로세서(112) 상에서 실행될 수 있다. 하나 이상의 사용자는 하나 이상의 I/O 인터페이스(111)를 사용하여 분석 소프트웨어(114)와 인터페이스 할 수 있다. 도 2a, 2b는 일 실시예에 따른, 전력 그리드에 연결된 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터의 이상치를 식별하는 데 사용할 수 있는 동작의 예를 도시하는 순서도이다. 예를 들어, 도 2a, 2b의 동작은 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터 내의 이상치를 식별하기 위해 수행되는 다중 검사의 하나의 검사로서 수행될 수 있다. 대안적으로, 도 2a, 2b는 추가적인 검사 없이 단독으로 수행될 수 있다.

[0047] 도 2a, 2b의 실시예에서, 각각의 스마트 미터(102)는 측면 및/또는 피더와 같은 하나 이상의 유틸리티 분배 라인을 통해 전력 그리드의 분배 변압기에 연결된다. 예를 들어, 도 2a, 2b의 동작은 도 1에 도시된 I/O 인터페이스(111), 프로세서(112), 저장 장치(113), 및 데이터베이스(115)를 사용하여 컴퓨터 시스템(104)의 분석 소프트웨어(114)에 의해 수행될 수 있다.

[0048] 최초로, 전력 그리드에 연결된 스마트 미터에 의해 생성된 시계열 전압 데이터(본원에서 전압 데이터라고도 함)는 데이터베이스(115)를 사용하여 저장소(113)로부터 수집되고 분석 소프트웨어(114)에 제공된다. 또한, 전기 미터를 배전 변압기에 연결 및 전기 그리드의 배전 라인에 매핑하는 지리 정보 시스템(GIS) 데이터가 수집된다. 동작 201에서, 전력 그리드에 연결된 배전 변압기(본원에서는 단순히 변압기라고도 함)가 선택된다. 동작 201에서 선택된 변압기는 GIS 데이터가 전압 데이터가 수집된 스마트 미터 세트에 연결되어 있음을 나타내는 변압기 중 하나이다. 변압기는 분석 소프트웨어(114)에 의해 또는 사용자 입력에 응답하여 자동으로 선택될 수 있다. 전력 그리드에서 평가될 다른 변압기에 연결된 스마트 미터에 대해, 도 2a, 2b의 동작의 추가적인 반복이 수행될 수 있다.

[0049] 동작 202에서, 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터가 선택된다. 동작 202는, 미터와 변압기 연결을 나타내는 GIS 데이터를 사용하여, 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터를 결정할 수 있다. 스마트 미터가 변압기에 직접 연결되어 있지 않더라도, 스마트 미터가 변압기를 통해 전력 그리드에서 전력을 받으면 스마트 미터가 변압기에 연결된다. 전력 그리드에서 변압기를 통해 스마트 미터로 공급되는 전력은 유틸리티 고객 위치의 부하에서 수신된다. 전력 그리드의 각각의 배전 변압기는 일반적으로 복수의 고객 위치에서 복수의 스마트 미터에 연결되어 전력을 송신한다. 제한하려는 의도가 아닌 예로서, 각각의 배전 변압기는 6 내지 12개의 스마트 미터에 연결될 수 있다.

[0050] 전술한 바와 같이, 전력 그리드에 대한 전기 유틸리티의 GIS 데이터에는 어떤 스마트 미터가 어떤 배전 변압기에 연결되어 있는지에 대한 부정확한 정보가 포함될 수 있다. 도 2a, 2b의 동작은 GIS 데이터 내의 스마트 미터와 변압기 간의 부정확한 연결 정보의 존재를 식별하는 데 도움이 될 수 있다.

[0051] 도 2a의 동작 203, 204 및 도 2b의 동작 214, 215는 스마트 미터로부터 수집된 전압 데이터를 사용하여 수행된다. 각각의 스마트 미터의 시계열 전압 데이터는 시간에 따라 변화하는 전압 파형으로 표시된다. 이어서, 스마트 미터로부터의 시계열 전압 데이터를 사용하여 생성된 각각의 전압 파형의 기울기는 미리 정의된 시간 간격(예: 매시간)으로 결정된다. 스마트 미터의 시계열 전압 데이터를 사용하여 생성된 전압 파형의 기울기는 본원에서 전압 기울기라고도 한다.

[0052] 동작 203에서, 동작 202에서 선택된 스마트 미터에 대한 전압 기울기의 극성이 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 기울기 극성과 반대인, 미리 정의된 각각의 시간 간격이 식별된다.

동작 203은 미리 정의된 시간 기간(예: 일, 주, 한 달 또는 몇 달) 동안의 전압 데이터를 사용하여 각각의 시간 간격(예: 매시간, 30분마다, 15분마다 등)에서 반복된다.

[0053] 동작 204에서, 동작 203에서 식별된 미리 정의된 시간 간격 중 하나가 변압기에 연결된 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 기울기 크기와 비교하여 이상치인 전압 기울기의 크기가 매번 동작 202에서 선택된 스마트 미터에 대해 플래그가 생성된다. 동작 203에서 분석된 조건이 각각의 미리 정의된 시간 간격에서 충족된 경우에만, 동작 204에서 스마트 미터에 대한 플래그가 생성된다.

[0054] 일부 상황에서, 전압 파형들의 전압 기울기들만 서로 비교하면 너무 많은 플래그가 생성될 수 있으며, 동작 204가 생략된다. 예를 들어, 다른 스마트 미터의 전압 파형이 약간 음수인 반면에, 하나의 스마트 미터의 전압 파형이 약간 양수이면, 전압 기울기의 극성만 비교되었다면 플래그가 생성된다. 또한, 동작 204에서 전압 기울기의 크기(즉, 절대값)를 비교함으로써, 이러한 상황에서는 플래그가 생성되지 않는다. 더 구체적인 예로서, 3개의 스마트 미터의 전압 기울기는 -.3일 수 있으며, 제4 스마트 미터의 전압 기울기는 .29일 수 있다. 이러한 예에서, 제4 스마트 미터의 전압 기울기 크기가 이상치가 아니기 때문에, 동작 204에서 플래그가 생성되지 않는다. 따라서, 동작 202에서 선택된 스마트 미터의 전압 슬로프의 극성이 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 슬로프의 극성과 반대이나, 동작 202에서 선택된 스마트 미터의 전압 슬로프의 크기가 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 슬로프의 크기에 비해 이상치가 아닌 경우, 동작 204가 잘못된 플래그를 생성하는 문제를 피할 수 있다.

[0055] 스마트 미터에 대한 전압 기울기의 크기가 미리 정의된 임계값에 의한 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 기울기의 크기보다 크거나 작을 경우, 스마트 미터에 대한 전압 기울기의 크기는 동작 204에서 이상치로 정의될 수 있다. Dixon의 Q 테스트는 동작 204에서 이상치로서 스마트 미터의 전압 기울기 크기를 식별하는 데 사용될 수 있는 방정식의 예이다. Dixon의 Q 테스트는 데이터와 표본 평균 간의 차이의 제곱의 카이 제곱 분포에 기초하여 이상치에 대한 테스트를 수행한다. Dixon의 Q 테스트를 적용하려면, 데이터 세트는 값이 증가하는 순서로 정렬되며, 의심스러운 지점 Q는  $Q = \text{간격(Gap)}/\text{범위(Range)}$ 로 계산된다. Dixon의 Q 테스트에서, 간격은 문제의 이상치와 데이터 세트에서 문제의 이상치에 가장 가까운 숫자 간의 절대적인 차이로 정의되며, 범위는 데이터 세트의 값 범위이다.  $Q > Q_{\text{Table}}$ 인 경우,  $Q_{\text{Table}}$ 은 표본 크기와 신뢰 수준에 대응하는 참조값이며, 의심스러운 지점 Q는 동작 204에서 이상치로 식별된다. Dixon의 Q 테스트를 사용하여 데이터 세트로부터 하나의 지점만 거절될 수 있다. 동작 204에서 생성된 플래그는 총 플래그 수를 생성하기 위해 미리 정의된 시간 기간 동안 카운트된다. 분석 소프트웨어(114)는, 예를 들어, 동작 204에서 스마트 미터에 대해 생성된 플래그를 데이터베이스(115)에 저장할 수 있다.

[0056] 도 3a는, 예시적인 실시예에 따른, 4일 동안 4개의 스마트 미터로부터의 시간별 전압 데이터의 그래프이다. 4개의 스마트 미터 각각의 전압 데이터는 전압 파형으로 표시된다. 도 3a에 도시된 4개의 전압 파형 각각은 모두 전력 그리드에 연결되어 있으며 전력 그리드로부터 전력을 받는 4개의 스마트 미터 중 다른 하나로부터의 전압 데이터를 나타낸다. 도 3a의 실시예에서, GIS 데이터가 이러한 4개의 스마트 미터가 모두 동일한 배전 변압기를 통해 전력 그리드에 연결되어 있음을 나타내기 때문에, 4개의 스마트 미터가 함께 분석된다. 실선 파형(301)은 스마트 미터들 중 하나로부터의 전압 데이터를 나타낸다. 3개의 점선 파형은 다른 3개의 스마트 미터의 전압 데이터를 나타낸다. 도 3a에 나타난 바와 같이, 실선 전압 파형(301)은 도 3a에 도시된 4일 기간의 수 시간에 걸쳐 3개의 점선 전압 파형으로부터 벗어난다.

[0057] 도 3a의 그래프는 동작 203, 204가 4개의 스마트 미터로부터의 전압 데이터에 적용될 수 있는 방법의 예를 도시한다. 예를 들어, 도 2a, 2b의 동작이 도 3a에 그래프로 표시된 전압 데이터에 적용되는 경우, 204 단계에서 T1, T2, T3 시간마다 플래그가 생성된다. 도 3a의 각각의 시간 T1-T3에서, 실선 파형(301)의 전압 기울기의 극성은 3개의 점선 파형의 전압 기울기의 극성과 반대이다. 또한, 각각의 시간 T1-T3에서, 실선 파형(301)의 전압 기울기의 크기는 3개의 점선 파형의 전압 기울기의 크기에 비해 이상치이다.

[0058] 도 3b는, 또 다른 예시적인 실시예에 따른, 8시간 동안의 5개의 스마트 미터의 시간별 전압 데이터 그래프이다. 도 3b에서, 각각의 스마트 미터의 시간별 전압 데이터는 전압 파형으로 표시된다. 도 3b에 표시된, 모두 전력 그리드에 연결되어 전력 그리드로부터 전력을 공급받는, 5개의 전압 파형 각각은 5개의 스마트 미터 중 다른 하나의 시간별 전압 데이터를 나타낸다. 도 3b의 실시예에서, GIS 데이터가 이러한 스마트 미터가 모두 동일한 배전 변압기를 통해 전력 그리드에 연결되어 있음을 나타내기 때문에, 5개의 스마트 미터가 함께 분석된다. 실선 파형은 본원에서 및 도 3b에서 미터(5)로 지칭되는 스마트 미터 중 하나로부터의 전압 데이터를 나타낸다. 4개의 점선 파형은 본원 및 도 3b에서 미터(1-4)로 지칭되는 다른 4개의 스마트 미터로부터의 전압 데이터를 나타

낸다.

[0059] 컴퓨터 시스템은 매 시간마다 5개의 스마트 미터에 대해 도 3b에 도시된 5개의 전압 파형의 전압 기울기를 결정한다. 스마트 미터에 대한 8시간의 전압 데이터가 단지 예로서 도 3b에 도시되어 있다. 컴퓨터 시스템은 며칠, 몇 주, 몇 달, 또는 몇 년과 같이 더 오랜 기간 동안 더 많은 스마트 미터에 대한 전압 데이터를 결정할 수 있음을 이해해야 한다. 아래의 표 1은 도 3b에 도시된 5시간 및 6시간에 5개의 스마트 미터로부터의 예시적인 전압 데이터의 전압 및 전압 기울기를 포함한다.

표 1

미터	5시간에서의 전압	6시간에서의 전압	전압 기울기	전압 기울기의 크기
1	244	245.23	1.23	1.23
2	244	245.95	1.95	1.95
3	244	245.7	1.7	1.7
4	244	245.7	1.7	1.7
5	244	241	-3	3

[0061] 표 1에 나타난 바와 같이, 미터 1 내지 4에는 5시간에서 6시간 사이에 양의 전압 기울기가 있으며, 미터 5는 5시간에서 6시간 사이에 음의 전압 기울기를 갖는다. 또한, 미터 1 내지 4의 전압 기울기의 크기는 5시간에서 6시간 사이에 1.23 내지 1.95 범위에 있고, 미터 5의 전압 기울기의 크기는 5시간 내지 6시간 사이에 3이다. 표 1의 값에 기초하여, 미터 5는 5시간에서 6시간 사이의 1시간 간격 동안 미터 1 내지 4와 비교할 때 동작 204에서 이상치로 플래그될 수 있다.

[0062] 결정 동작 205에서, 동작 201에서 선택된 동일한 변압기에 연결되어 분석할 스마트 미터가 더 있는지 여부 및 동작 203, 204의 이전 반복에서 분석되지 않은 분석해야할 스마트 미터가 더 있는지 여부에 대한 결정이 이루어진다. 아직 분석되지 않은 변압기에 연결된 스마트 미터가 더 있는 경우, 이전 동작 203, 204의 반복에서 분석되지 않은 스마트 미터 중 하나는 GIS 데이터를 사용하여 동작 206에서 선택된다.

[0063] 이어서, 동작 203, 204는 동작 206에서 선택된 스마트 미터의 전압 데이터를 사용하여 반복된다. 이어서, 동작 203 내지 206은 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 다른 스마트 미터 각각에 대해 반복된다. 따라서, 변압기에 연결된 스마트 미터 각각에 대해 동작 203, 204의 반복이 수행된다. 동작 203, 204 각각의 반복은 스마트 미터 중 하나에 대한 플래그 세트를 생성하여 해당 스마트 미터의 전압 데이터가 변압기에 연결된 대부분의 다른 스마트 미터의 전압 데이터와 비교하여 이상 값인지 여부를 나타낸다.

[0064] 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 모든 스마트 미터가 동작 205의 현재 반복에서 분석되었다면, 도 2a의 프로세스는 도 2b에 상세히 도시된 동작 211로 진행한다. 이제 도 2b를 참조하면, 동작 211에서, 동작 204의 반복으로부터 가장 많은 수의 플래그를 갖는 하나 이상의 스마트 미터의 목록이 생성된다. 동작 211에서 생성된 목록은 이전의 동작 204에서 생성된 플래그 수가 가장 많은 스마트 미터를 포함한다. 동작 211에서 생성된 목록은, 예를 들어, 가장 높은 수에서 가장 낮은 수의 플래그로 스마트 미터에 순위를 부여할 수 있다.

[0065] 이전의 동작 204 중 하나에서 가장 많은 플래그를 생성하는 전압 데이터를 갖는 스마트 미터는, 예를 들어, 동작 211에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별될 수 있다. 동작 212에서, 지리 정보 시스템(GIS) 데이터가 동작 201에서 선택된 배전 변압기에 가장 가까운 배전 변압기를 결정하는 데 사용된다. 제한하려는 의도가 아닌 특정 예로서, 동작 201에서 선택된 변압기에 가장 가까운 5개의 변압기는 동작 212에서 식별될 수 있다. 가장 가까운 변압기는 GIS 데이터에 의해 표시되는 전력 그리드의 물리적 거리를 이용하여 동작 212에서 결정될 수 있다.

[0066] 도 4는, 일 실시예에 따른, 전력 그리드에서 유틸리티 배전 변전소와 6개의 배전 변압기 간의 연결 예를 보여주는 다이어그램이다. 도 4의 실시예에서, 유틸리티 배전 변전소(401)는 전기 배전 라인(410) 및 배전 변압기(402A-402F)를 통해 각각 스마트 미터(403-408)를 통해 고객 위치에 전력을 제공한다. 변압기(402A-402F)는 각각 스마트 미터(403A-403C, 404A-404C, 405A-405C, 406A-406B, 407A-407B, 408A-408B)에 연결되어 스마트 미터에 전력을 제공한다. 2개 또는 3개의 스마트 미터가 변압기(402A-402F) 각각에 연결된 것으로 도 4에 도시되어 있지만, 전력 그리드 내의 각각의 변압기(402)는 추가적인 스마트 미터에 연결될 수 있다.

[0067] 도 4는 유틸리티 분배 스테이션, 변압기, 및 스마트 미터 간의 정확한 상대적 물리적 거리를 나타내지 않을 수 있다. 그러나, 도 4의 다이어그램은 전력 그리드의 배전 변압기 중 어느 것이 동작 212에서 의심되는 잘못 할당

된 스마트 미터에 연결된 변압기에 가장 가까운 변압기인지를 결정하는 데 사용될 수 있다. 예로서, 스마트 미터(404B)가 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터인 경우, 변압기(402B)에 가장 가까운 5개의 변압기는 도 4의 다이어그램을 사용하여 동작 212에서 변압기(402A, 402C-402F)로 식별된다.

- [0068] 동작 213에서, 동작 212에서 식별된 가장 가까운 변압기 중 하나가 선택된다. 이어서, 동작 214, 215에서, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 데이터는 동작 213에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터와 비교된다. 예로서, 스마트 미터(404B)로부터의 전압 데이터는 동작 214, 215에서 변압기(402A)에 연결된 스마트 미터(403A-403C)로부터의 전압 데이터와 비교될 수 있다.
- [0069] 동작 214에서, 동작 211에서 확인된 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 전압 기울기의 극성이 동작 213에서 선택된 변압기에 연결된 대부분의 스마트 미터의 전압 기울기의 극성과 반대인, 미리 정의된 각각의 시간 간격이 식별된다. 동작 214는, 미리 정의된 시간(예: 일주일, 한 달 등) 동안 전압 데이터를 사용하여, 각각의 시간 간격, 예를 들어, 매시간, 30분마다 등으로 반복된다.
- [0070] 동작 215에서, 동작 214에서 식별된 미리 정의된 시간 간격 중 하나에서 전압 기울기의 크기가 동작 213에서 선택된 변압기에 연결된 대부분의 스마트 미터의 전압 기울기 크기와 비교하여 이상치일 때마다 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 플래그가 생성된다. 동작 214에서 분석된 조건이 각각의 미리 정의된 시간 간격에서 충족된 경우, 동작 215에서, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대해서만 플래그가 생성된다. 동작 215에서 생성된 플래그는 총 플래그 수를 생성하기 위해 미리 정의된 시간 기간 동안 카운트된다. 전압 기울기의 크기가 동작 213에서 선택된 변압기에 연결된 대부분의 스마트 미터의 전압 기울기의 크기보다 크거나 작을 경우, 동작 215에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 기울기의 크기는 이상치로 식별될 수 있다. 동작 204와 관련하여, 전술한 Dixon의 Q 테스트도 동작 215에서 이상치로서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 기울기의 크기를 식별하는 데 사용될 수 있는 방정식의 예이다. 도 3a, 3b에 개시된 예는 또한 동작 215에서 플래그가 생성될 수 있는 방법의 예이다.
- [0071] 결정 동작 216에서, 동작 212에서 식별된 가장 가까운 변환기 중 어느 하나가 동작 213에서 이전에 선택되지 않았는지 또는 동작 217의 이전 반복에서 선택되지 않았는지에 대한 결정이 이루어진다. 동작 212에서 확인된 변압기가 이전에 선택되지 않은 경우, 동작 212에서 식별된 가장 가까운 변압기 중 다음 변압기가 동작 217에서 선택된다.
- [0072] 이어서, 동작 217에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터와 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 데이터를 비교하여 동작 214, 215가 반복된다. 이어서, 동작 212에서 식별된 가장 가까운 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터가 분석될 때까지, 동작 214 내지 217의 추가적인 반복이 수행된다. 동작 214, 215의 각각의 반복에서, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 데이터를 동작 212에서 식별된 가장 가까운 변압기 중 하나에 연결된 스마트 미터로부터의 전압 데이터와 비교하여, 플래그 세트가 생성될 수 있다.
- [0073] 결정 동작 216에서, 동작 212에서 식별된 모든 변환기가 동작 213에서 또는 이전의 동작 217에서 선택되었다고 결정되는 경우, 동작 218이 수행된다. 동작 214, 215의 1회 반복에서 생성된 플래그가 동작 203, 204에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대해 생성된 플래그보다 적은 경우, 동작 218에서, 가능한 추가적인 분석을 위해 동작 214, 215에서 가장 적은 수의 플래그를 생성한 변환기가 식별된다.
- [0074] 하나의 가능성은 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터가, 동작 201에서 선택된 변압기 대신에, 동작 214, 215의 반복에서 가장 적은 수의 플래그를 생성한 변압기에 연결되어 있다는 것이다. 동작 201에서 선택된 원래 변압기가 유틸리티의 GIS 데이터가 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 연결되어 있음을 나타내는 변압기이다. 동작 218에서 또는 동작 218 이후에, 예를 들어, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터가 동작 214, 215의 반복에서 가장 적은 수의 플래그를 생성했던 변압기에 할당될 수 있다. 제한하려는 의도가 아닌 특정 예로서, 원래 변압기에 연결된 스마트 미터를 사용하여, 동작 203, 204의 반복에서, 280개의 플래그가 생성되는 경우와 가장 가까운 변압기 중 하나에 연결된 스마트 미터를 사용하여 동작 214, 215의 반복에서 3개의 플래그만 생성된 경우, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터가 가장 가까운 변압기 중 하나에 할당된다.
- [0075] 또 다른 가능성은, 스마트 미터가 잘못 할당된 것으로 의심되는 유틸리티 고객 위치에서 (예를 들어, 스마트 미터 주위의 우회선을 사용하여) 전력 도난이 발생할 수 있다는 것이다. 동작 218 이후에, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터가 동작 201에서 선택된 원래 변압기와 다른 변압기에 연결되어 있는지 또는 전력 도난이 발생하는지를 결정하기 위해 추가적인 검사가 수행될 수 있다. 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터가 다른

변압기에 연결되어 있는지 여부를 결정하기 위해 수행될 수 있는 2차 검사가 도 5a, 5b와 관련하여 본원에 개시된다.

[0076] 도 5a, 5b는, 일 실시예에 따른, 전력 그리드에 연결된 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터의 이상을 식별하기 위해 수행될 수 있는 동작의 예를 보여주는 흐름도를 도시한다. 예를 들어, 도 5a 내지 5b의 동작은, 도 2a, 2b의 동작을 이용하여 식별된, 스마트 미터 전압 데이터의 이상을 확인하기 위한 2차 검사로서 수행될 수 있다. 따라서, 일부 예시적인 실시예에서, 도 2a, 2b의 동작은 스마트 미터로부터 수신된 전압 데이터의 이상을 식별하기 위한 1차 검사로서 수행되며, 도 5a, 5b의 동작은 1차 검사에서 식별된 임의의 이상을 확인하기 위한 2차 검사로서 수행된다. 따라서, 일부 실시예에서, 컴퓨터 시스템(104)과 같은 컴퓨터 시스템은 도 2a, 2b의 동작 및 도 5a, 5b의 동작을 수행할 수 있다.

[0077] 스마트 미터의 전압 데이터가 도 2a, 2b의 1차 검사에서 식별된 변압기가 아닌 다른 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터와 더 가깝게 일치하는 상황이 있을 수 있다. 2차 검사로서 도 5a, 5b의 동작의 수행은 어떤 스마트 미터가 다른 변압기에 연결되어 있거나 전력 도난과 관련이 있는지 식별하는 프로세스의 정확도를 향상시킬 수 있다. 도 5a 내지 5b의 2차 검사는 더 많은 전압 데이터를 분석하고/분석하거나 도 2a, 2b의 프로세스보다 빠른 분석을 허용하기 위해 사용될 수 있다.

[0078] 대안적으로, 도 5a, 5b의 동작은 1차 검사로서 또는 추가적인 검사 없이 단독으로 수행될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 컴퓨터 시스템은 도 2a, 2b의 동작없이 도 5a, 5b의 동작들 중 일부 또는 전부를 수행할 수 있다. 예를 들어, 도 5a, 5b의 동작은 도 1에 도시된 I/O 인터페이스(111), 프로세서(112), 저장 장치(113), 및 데이터 베이스(115)를 사용하는 컴퓨터 시스템(104)의 분석 소프트웨어(114)에 의해 수행될 수 있다.

[0079] 동작 501에서, 변압기에 연결된 스마트 미터로부터 전압 데이터의 주요 구성 요소의 차원을 감소시키기 위해 기계 학습 알고리즘이 수행된다. 동작 501에서 분석을 위해 선택된 변압기는 전력 그리드의 임의의 배전 변압기일 수 있다. 예로서, 도 5a의 동작 501 내지 504는 동작 201에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터를 사용하여 수행될 수 있다.

[0080] 도 5a의 예시적인 실시예에서, 기존 스마트 미터와 변압기의 연결은 GIS 데이터로부터 결정되며, 선택한 시간 기간(예 : 일, 주 또는 월)에 걸쳐 스마트 미터에 대해 과거 시계열 전압 데이터가 수집된다. 전압 프로파일을 다양화하기 위해, 피더(feeder) 당 하나의 변압기를 사용하여 테스트 시트가 생성될 수 있다. 테스트 시트는 스마트 미터의 잠재적인 잘못된 할당에 대해 더 큰 과장을 허용한다. 이어서 변압기에 연결된 각각의 스마트 미터에 대한 전압 데이터의 기울기와 크기가 계산된다.

[0081] 예시적인 실시예에서, 각각의 스마트 미터에 대한 전압 데이터의 기울기와 크기가 정규화되고 주요 구성 요소 분석(PCA)을 통해 실행된다. PCA는 스마트 미터 전압 데이터에 기초하여 생성된 각각의 시계열 전압 파형을 고유하게 식별하는 상위 주요 구성 요소를 추출한다. 상위 주요 구성 요소는 일반적으로 3개 이상의 차원을 가지고 있다. 이러한 예시적인 실시예에서 상위 주요 구성 요소가 결정된 이후, 상위 주요 구성 요소는, 주요 구성 요소의 차수를 2차원 또는 3차원으로 감소시키기 위해, 동작 501에서 t-분포 확률적 최근접 이웃 임베딩(t-distribution stochastic nearest neighbor embedding, t-SNE) 알고리즘을 통해 실행된다. T-SNE는, 2차원 또는 3차원의 저 차원 공간에서 시각화를 위해 고차원 데이터를 임베딩하는 데 적합한, 비선형 차원 감소 기술을 사용하는 기계 학습 알고리즘이다. T-SNE는, 높은 확률로 유사한 객체가 그래프의 가까운 지점으로 모델링되고 유사하지 않은 객체가 그래프의 먼 지점으로 모델링되는 방식으로, 그래프의 2차원 또는 3차원 지점으로 고차원 물체를 모델링할 수 있다. t-SNE 알고리즘은, PCA를 사용하여 추출된 각 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소에 기초하여, 각각의 스마트 미터에 대한 그래프에서 저 차원 지점을 결정하는 데 사용될 수 있다. 저 차원 지점은, 예를 들어, 2D 그래프의 2차원(2D) 지점 또는 3D 그래프의 3차원 지점(3D)일 수 있다. t-SNE 알고리즘에 의해 생성된 각각의 지점은 하나의 스마트 미터의 데이터를 나타내는 데이터 지점이다. t-SNE 알고리즘은 전압 데이터에 대해 여러번 반복될 수 있다. 예로서, t-SNE 알고리즘은 스마트 미터의 시간당 전압 데이터의 차원을 약 1500회 반복 후 3개의 좌표를 갖는 3D 그래프의 3차원(3D) 지점으로 감소시킬 수 있다.

[0082] 따라서, 변압기에 연결된 각각의 스마트 미터에 대하여, 해당 스마트 미터에서 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소에 대한 그래프에 저 차원 지점이 생성된다. 이어서, 지점을 분석하여 이상치가 식별된다. 동작 502에서, 스마트 미터 전압 데이터의 주요 구성 요소에 대응하는 지점의 중심(centroid)이 계산된다. 동작 502에서 중심이 계산된 이후, 중심과 각 지점 사이의 거리가 동작 503에서 계산된다. 예로서, Mahalanobis 거리 기술을 사용하여 중심과 각각의 지점 사이의 거리가 계산될 수 있다. 동작 503에서 계산된 거리는 각각의 스마트 미터와 연관된다.

- [0083] 동작 504에서, 변압기에 연결된 스마트 미터들 중 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터를 식별하기 위해, 도심점까지의 거리를 기반으로 스마트 미터 중 다른 스마트 미터에 대해 이상이 있는지가 결정된다. 예로서, 스마트 미터들 중 하나가 변압기에 연결된 다른 스마트 미터에 대해 이상치인지를 확인하기 위해, 스마트 미터는 동작 503에서 계산된 도심점까지의 거리에 따라 순위가 결정될 수 있다. 예를 들어, 그래프에서 대응하는 지점의 거리가 임계값보다 큰 경우, 도심에서 가장 먼 지점에 대응하는 스마트 미터는 이상을 나타낼 수 있다. 이상을 나타내는 것으로 식별된 스마트 미터는, 예를 들어, 동작 501에서 선택된 변압기와 다른 변압기에 연결될 수 있다. 또다른 예로서, 이상 징후를 나타내는 것으로 식별된 스마트 미터는 유틸리티 고객 위치의 전력 도난과 연관될 수 있다. 동작 504에서 이상이있는 것으로 결정된 스마트 미터는 잘못 할당된 스마트 미터로 식별될 수 있다.
- [0084] 동작 505에서, 기계 학습 알고리즘이 501 단계에서 선택된 변압기 근처에 있는 하나 이상의 변압기에 연결된 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 차원을 감소시키기 위해 수행된다. 예로서, 동작 505는 동작 218에서 식별된 최소 플래그를 갖는 변압기에 연결된 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 주요 구성 요소를 사용하여 수행될 수 있다. 또다른 예로서, 동작 505는 GIS 데이터를 사용하여 식별되는(예: 동작 212에서 식별됨) 2, 3, 4, 5개 이상의 가장 가까운 변압기에 연결되는 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 주요 구성 요소를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0085] 예를 들어, 동작 505는 주요 구성 요소 분석(PCA)을 통해 각각의 스마트 미터에 대한 전압 데이터의 기울기 및 크기를 정규화한 다음 실행하는 것을 포함할 수 있다. 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소는, 예를 들어, 상부 주요 구성 요소의 차수를 2차원 또는 3차원으로 감소시키기 위해, t-SNE 알고리즘을 통해 실행될 수 있다. 이어서, 2차원 또는 3차원의 상부 주요 구성 요소는 각각의 스마트 미터에 대한 그래프에서 2D 또는 3D 지점을 생성하는 데 사용된다.
- [0086] 동작 506에서, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 지점이 동작 501에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터 보다 근처 변압기 중 하나에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터와 더 가깝게 일치하는지를 결정하기 위한 클러스터 분석이 수행된다. 예로서, k 최근접 이웃(k nearest neighbors, KNN) 알고리즘이 동작 506에서 사용되어, 동작 501 및 505에서 생성된 그래프의 2D 또는 3D 지점으로 표시된 차원 특성의 감득되지 않은 클러스터링이 수행될 수 있다. 감득되지 않은 클러스터링은 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 지점이 동작 501에서 선택된 변압기에 대응하는 지점의 클러스터보다 동작 505에서 평가된 근처의 변압기 중 하나에 대응하는 지점의 클러스터에 더 가깝게 일치하는지 여부를 결정할 수 있다.
- [0087] 동작 506에서, 컴퓨터 시스템이 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 대한 지점이 동작 501에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터 보다 근처 변압기 중 하나에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터와 더 가깝게 일치한다고 결정하면, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터는 동작 507에서 근처 변압기 중 해당되는 하나에 연결되었을 가능성이 있는 것으로 플래그된다. 이어서, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 프로파일은 추가적인 점검을 위해 근처의 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 프로파일과 비교된다. 이어서, GIS 데이터에 표시된 위치는 결과를 확인하기 위해 현장에서 검증 될 수 있다. 도 5a의 동작 501 내지 506의 추가적인 반복이 전력 그리드 내에서 평가될 다른 변압기에 연결된 스마트 미터의 전압 데이터를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0088] 도 6은, 일 실시예에 따른, 5개의 변압기에 연결된 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소를 나타내는, 예시적인 3D 지점을 나타내는 3차원(3D) 그래프이다. 도 6의 그래프는 TSNE1, TSNE2, 및 TSNE3로 식별되는 3차원을 갖는다. 5개의 변압기는 도 6에서 TX1, TX2, TX3, TX4, 및 TX5로 식별된다. 동작 501에서 선택된 변압기(TX1)에 연결된 스마트 미터로부터 및 동작 505에서 식별된 4개의 근처의 변압기(TX2-TX5)에 연결된 스마트 미터로부터, 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소를 사용하여, 도 6에 도시된 3D 지점이 생성된다. 도 6에서, 3D 지점(601)은 동작 504에서 식별된 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소를 나타낸다. 5개의 변압기(TX1, TX2, TX3, TX4, TX5)에 연결된 스마트 미터로부터의 전압 데이터의 상위 주요 구성 요소의 3D 지점이 도 6에서 각각 원, 삼각형, 다이아몬드, 정사각형, 및 별로 표시된다.
- [0089] 동작 506에서, 5개의 변압기(TX1-TX5) 지점(601)의 3D 지점 클러스터 중 어떤 것이(있는 경우) 상관 관계가 있는지 결정하기 위해, 클러스터 분석이 도 6에 표시된 데이터에 대해 수행될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 지점(601)은 트변압기(TX1-TX4)에 연결된 스마트 미터의 지점에 대해 이상치이다. 지점(601)에 가장 가까운 이웃은 변압기(TX5)에 연결된 스마트 미터의 지점이다. 도 6의 예에서, 도 5a의 동작은 잘못 할당된 것으로 의심

되는 스마트 미터가 동작 501에서 선택된 변압기(TX1)에 연결된 스마트 미터의 데이터 보다 변압기(TX5)에 연결된 스마트 미터의 데이터와 더 밀접하게 연관되어 있다는 것을 나타낼 수 있다. 의심되는 잘못 할당된 스마트 미터는 도 6의 예에서 변압기(TX5)에 재할당 될 수 있다.

[0090] 일부 실시예에서, 도 5a의 동작 이후 3차 점검으로 스마트 미터 전압 데이터에 대한 육안 검사 및 거리 검사가 수행될 수 있다. 스마트 미터가 검사 1(도 2a, 2b)과 검사 2(도 5a) 모두에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터로 식별 된 경우, 3차 검사가 결과를 확인하기 위해 수행될 수 있다. 이러한 3차 검사는 포함되거나 생략될 수 있는 선택적 검사이다. 3차 검사에서, 소프트웨어 틀은 동작 201 및 501에서 선택된 원래 변압기를 서브셋(subset)하고 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 프로파일에 가장 가까운 전압 프로파일을 갖는 원래 변압기에 연결된 스마트 미터 중 하나를 검색할 수 있다. 소프트웨어 틀은 또한 동작 218 및/또는 동작 506에서 식별된 예측된 변압기를 서브셋할 수 있으며, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 프로파일에 가장 가까운 전압 프로파일을 가진 예측된 변압기에 연결된 스마트 미터 중 하나를 찾는다.

[0091] 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 전압 프로파일이 원래 변압기에 연결된 스마트 미터들 중 임의의 것보다 예측된 변압기에 연결된 스마트 미터 중 하나와 더 잘 일치하는 경우, 예측된 변압기는 3차 점검에서 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 연결되어 있는 것으로 확인될 수 있다. 전압 프로파일을 검사하고 일치시키는 이러한 프로세스는 소프트웨어 틀에 의해 시각적으로 또는 자동으로 수행될 수 있다. 소프트웨어 틀은, 시각 및 거리 검사를 시각적으로 수행하기 위해, 스마트 미터들 간의 물리적 거리와 3개의 스마트 미터들 모두의 전압 파형을 표시할 수 있다. 3개의 스마트 미터에는 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터, 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 가장 가까운 전압 프로파일을 가진 원래 변압기에 연결된 스마트 미터, 및 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터에 가장 가까운 전압 프로파일을 가진 예측된 변압기에 연결된 스마트 미터가 포함된다. 3차 검사에서 사용되는 소프트웨어 틀은, 예를 들어, 도 1에 도시된 I/O 인터페이스(111), 프로세서(112), 저장 장치(113), 및 데이터베이스(115)를 사용하는 컴퓨터 시스템(104)의 분석 소프트웨어(114)일 수 있다.

[0092] 동작 506에서, 컴퓨터가 잘못 할당된 것으로 의심되는 스마트 미터의 지점이 근처의 변압기 중 하나에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터보다 동작 501에서 선택된 변압기에 연결된 스마트 미터에 대한 지점의 클러스터와 더 가깝게 일치한다고 결정할 경우, 컴퓨터 시스템은 도 5b에 도시된 동작 508으로 진행한다. 동작 508에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 전압 데이터가 배전 시스템에 전력을 보내고 있는 태양광 발전(PV) 시스템이 고객 위치에 있음을 나타내는지 여부를 결정한다. 동작 508 내지 517에서 분석된 스마트 미터는 동작 501 내지 507에서 분석된 동일한 스마트 미터이거나 또는 다른 스마트 미터일 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템은 변압기에 연결되거나 또는 로컬 영역 내에 있는 각각의 스마트 미터에 대해, 또는 변압기에 연결되거나 또는 로컬 영역 내에 있는 스마트 미터의 각각의 서브셋에 대해, 동작 508 내지 517의 반복을 수행할 수 있다.

[0093] 태양광 PV 시스템은 일반적으로 태양광 발전 중에 고객 위치에서 스마트 미터에 의해 측정된 전압을 증가시킨다. 태양광 PV 시스템에는 일반적으로 PV 연료 전지에서 생성된 직류(DC) 전력을 교류(AC)로 변환하는 인버터가 있다. 이어서, 태양광 PV 시스템은, 예를 들어, 240V의 공칭(nominal) 전압에서 배전 시스템으로 전력을 다시 보낼 수 있다. 일반적으로, 스마트 미터는 태양광 PV 시스템에서 생성된 전력을 수신하면 전압 이상을 측정한다.

[0094] 낮 시간 동안 같은 로컬 영역에 있는 다른 스마트 미터의 전압보다 전압이 반복적으로 증가하는지 여부를 결정하기 위해, 스마트 미터의 전압 데이터가 분석될 수 있다. 예로서, 변압기에 연결된 7개의 스마트 미터가 있는 경우, 7개의 스마트 미터 중 6개는 정오에 242 내지 243V의 전압을 측정하고, 제7 스마트 미터는 정오에 246 내지 247V의 전압을 측정하며, 이어서 컴퓨터 시스템은 제7 스마트 미터가 태양광 PV 시스템이 있는 고객 위치에 있다고 결론을 내릴 수 있다.

[0095] 고객 위치의 태양광 PV 시스템이 낮 시간 동안 배전 시스템에 전력을 보내고 있음을 나타내는 스마트 미터의 전압 프로파일의 예가 도 7에 도시되어 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 태양광 PV 시스템이 있는 고객 위치에서 스마트 미터로 측정된 전압(실선(701)으로 표시)이 같은 로컬 영역에 있는 다른 스마트 미터의 전압 보다 정오 무렵의 매일 정오 시간에 실질적으로 더 많이 증가한다. 점선(702, 703)은 동일한 로컬 영역에 있는 다른 두 개의 스마트 미터의 전압 데이터의 예이다.

[0096] 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 전압 데이터가 동작 508에서 고객 위치에 태양광 PV 시스템이 있음을 나타내는 것으로 결정하면, 스마트 미터는 태양광 PV 시스템을 가진 고객 위치에 있는 것으로 동작 509에서 플래그된다. 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 전압 데이터가 동작 508에서 고객 위치에 태양광 PV 시스템이 없다는 것을 나타

내는 것으로 결정하면, 컴퓨터 시스템은 동작 510으로 진행한다.

[0097] 동작 510에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터로부터의 전력 사용량 데이터가 고객 위치에 배전 시스템으로부터 충전되는 전기 자동차가 있음을 나타내는지 여부를 결정한다. 전기 차량(예: 전기 자동차)은 일반적으로 주택에서 사용되는 다른 유형의 장치에 비해 배터리를 충전하기 위해 고유한 패턴의 소비 전력을 생성한다. 전기 자동차(EV)는, 전기 자동차를 콘센트에 꽂고 배전 시스템에 연결한 후에, 일반적으로 전력 사용량을 매우 빠르게 증가시킨다. 전기 자동차(EV)용 고속 충전기는 전력 소비를 더욱 빠르게 증가시킨다. 또한, EV는 일반적으로 주택에서 사용되는 다른 유형의 장치에 비해 충전할 때 훨씬 더 많은 전력을 소비한다. EV의 배터리가 완전히 충전된 상태에 가까워지면 EV에서 소비되는 전력이 빠르게 감소한다.

[0098] 대부분의 전기 차량(EV) 운전자는 전기 차량을 운전하고 집으로 돌아온 직후 전기 자동차를 충전한다. 예를 들어, 많은 EV 운전자가 근무 시간 후에 EV를 충전한다. 또 다른 예로서, 일부 EV 운전자는 낮은 전기 요금을 위해 늦은 밤이나 이른 아침 시간에 EV를 충전한다. 고객 위치에서 전기 자동차를 충전하는 패턴은 종종 일주일, 여러 주, 또는 한 달에 걸쳐 며칠 반복되지만 충전 패턴은 매일 이루어지지 않을 수 있다. 컴퓨터 시스템은, 여러 날(예: 주 또는 월) 동안 하루 중 특정 시간 동안 같은 로컬 영역의 다른 스마트 미터에서 측정된 전력 사용량 보다 전력 사용량이 반복적으로 증가하는지 여부를 결정하기 위해, 스마트 미터의 전력 사용량 데이터를 분석할 수 있다. 다양한 유형의 EV가 충전 패턴에 따라 다양한 전력 사용 프로필을 생성하기 때문에, 스마트 미터로부터의 전력 사용량 데이터는 또한 어떤 유형의 EV가 전력 사용량을 증가시키는지 나타낼 수 있다. 스마트 미터의 전력 사용량 데이터는, 예를 들어, EV 재충전 시간에 기초하여, EV를 재충전하기 전에 EV 운전자가 주행한 거리를 나타낼 수도 있다.

[0099] 도 8a는 전기 자동차를 보유한 고객 위치에서 하루 동안 스마트 미터로 측정된 전력 사용량을 나타내는 그래프이다. 도 8a에 도시된 바와 같이, EV가 있는 고객 위치의 스마트 미터는 EV를 플러그인한 후에 거의 20킬로와트시(kWh)에 도달하는 전력 사용량(라인(801))의 급격한 증가를 측정하며, EV가 충전되는 동안 몇 시간 동안 약 18 내지 20kWh가 유지되고, 약 1시간 동안 10kWh로 감소한 다음, 거의 0kWh로 감소한다. 도 8b는 며칠 동안 전기 자동차가 있는 고객 위치에서 스마트 미터의 전력 사용량을 보여주는 그래프이다. 도 8b에 도시된 바와 같이, EV가 있는 고객 위치에서의 스마트 미터는 전력 사용량이 2일 동안 20킬로와트시 (kWh)에서 피크에 이르는 급격한 증가(피크(802, 803))를 측정하며, EV가 충전되는 동안 발생하는 다른 2일 동안 약 10kWh 내지 12kWh에서 피크를 이루는 급격한 증가(피크(804, 805))를 측정한다. 제한하려는 의도가 아닌 특정한 예로서, 이러한 피크는 각각 약 2시간 동안 지속될 수 있으며 EV 충전기는 15 내지 80 암페어의 전류를 사용할 수 있다. 도 8b는 약 8일 동안의 전력 사용량을 나타낸다. 대조적으로, EV가 없는 고객 위치의 스마트 미터는 일반적으로 전력 사용량의 훨씬 작은 증가를 측정하며, 이는, 예를 들어, 며칠에 약 3kWh 내지 4kWh에서 피크에 이를 수 있다. 도 8b의 피크(806)는 비-EV 전력 사용량으로부터 발생할 수 있는 전력 사용 피크의 예이다. 동작 510의 컴퓨터 시스템은, 해당 로컬 영역의 다른 스마트 미터 보다 실질적으로 더 많은 kWh로 급격히 증가하고 급격히 감소하는 전력 사용에 기초하여, 스마트 미터가 EV를 보유한 고객 위치에 있는지 여부를 결정할 수 있다. 동작 510에서, 컴퓨터 시스템은, 스마트 미터가 하나 이상의 EV가 있는 고객 위치에 있는지를 확인하기 위해, 이러한 전력 사용량 급등 패턴이 측정된 시간 기간(예: 여러주 또는 여러 달) 동안 며칠 동안 반복되는지 여부를 결정할 수 있다.

[0100] 동작 510에서, 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 전력 사용량 데이터가 고객 위치에 EV가 있음을 나타내는 것으로 결정한 경우, 스마트 미터는 동작 511에서 EV를 보유한 고객 위치에 있는 것으로 플래그된다. 동작 510에서, 컴퓨터가 스마트 미터로부터의 전력 사용량 데이터가 고객 위치에 EV가 없음을 나타내는 것으로 결정하면, 컴퓨터 시스템은 동작 512로 진행한다.

[0101] 동작 512에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 데이터가 고객 위치에 재배 하우스가 있음을 나타내는지 확인한다. 예를 들어, 재배 하우스는 다수의 식물(예: 수십, 수백, 또는 수천)이 실내에서 전기 조명 아래에서 재배되는 건물일 수 있다. 식물은, 예를 들어, 마리화나 식물 또는 다른 유형의 통제 물질을 생산하는 데 사용되는 식물일 수 있다.

[0102] 예를 들어, 재배 하우스가 있는 고객 위치의 스마트 미터로부터 얻어진 전력 사용 프로필은 구형파(square wave)와 유사하게 보일 수 있다. 종종, 실내 재배에 사용되는 조명은, 보통 밤과 이른 아침 시간에, 하루에 몇 시간(예: 6 내지 10 시간) 동안 지속적으로 많은 양의 전력 부하를 소비한다. 대조적으로, 일반적인 에어컨(AC) 장치는 이 기간 동안 지속적으로 많은 전력을 소비하지 않는다. 실내 재배와 관련된 전력 사용량이 전력 사용량 및 지속 시간 측면에서 극단적인 경우(예: 40kWh 초과), AC 또는 대형 모터와 용이하게 분리될 수 있다. 이러한

많은 전력의 사용은 고객 위치에서 장시간(예: 하루 평균 7시간) 지속되는 전압 강하와 관련이 있다.

- [0103] 동작 512에서의 컴퓨터 시스템은, (예를 들어, 해당 로컬 영역의 다른 스마트 미터에 의해 측정된 전력과 관련 하여) 크고 연속적인 그리고 매일 몇 시간 동안 또는 대부분의 날, 특히 밤이나 이른 아침 시간에 발생하는, 스마트 미터로 측정된 전력 사용량 증가에 기초하여, 스마트 미터가 재배 하우스에 있는지 여부를 결정할 수 있다. 재배 하우스에 의해 소비된 전력량은, 식물의 수명 주기에 걸쳐 식물당 필요로 하는 일광의 광원과 와트의 다양한 유형의 와트와 루멘과 관련된 알려진 데이터를 사용하여, 재배 하우스에서 사용되는 조명 유형, 재배 하우스 운영자가 수확에 가까운 정도, 및/또는 재배 하우스에서 재배되고 있는 식물의 수와 같은, 다른 정보를 나타낼 수도 있다.
- [0104] 도 9는, 일 실시예에 따른, 재배 하우스가 있는 고객 위치에서 스마트 미터에 의해 측정된 전력 사용량의 예를 나타내는 그래프이다. 도 9의 예에서, 재배 하우스에서의 전력 사용량이 10일 동안 표시된다. 도 9에서, 식물 재배용 실내 조명이 켜져 있을 경우, 전력 사용량은 매일 약 7 내지 8시간 동안 약 60kWh로 증가하며, 실내 조명이 꺼지면 약 1 내지 4kWh로 감소한다. 예를 들어, 심야 또는 이른 아침 시간에 많은 전력을 사용할 수 있다. 도 9는 단지 재배 하우스의 일례로서 매일 발생하는 대략 60kWh의 최대 사용량을 나타낸다. 또다른 예로서, 다른 재배 하우스의 전력 사용량은, 매일 남은 시간에 대하여 더 일반적인 전력 사용량으로 돌아간 이후, 30 내지 70kWh(또는 그 이상) 범위의 어딘가에서 피크에 달할 수 있으며 하루에 6 내지 12 시간 동안 이 범위를 유지한다(예: 1kWh 내지 5kWh).
- [0105] 위에서 논의했듯이, 고객 현장에서 전기 미터가 감지한 전압 프로파일은 배전 시스템의 전력 도난을 나타낼 수 있다. 고객 위치에서 전력 도난이 발생하는 경우, 해당 고객 위치의 스마트 미터가 동일한 로컬 영역의 다른 고객 위치에서의 스마트 미터 및/또는 동일한 배전 변압기에 연결된 스마트 미터에 의해 생성된 전압 프로파일과는 다른 전압 프로파일을 생성할 수 있다. 예를 들어, 재배 하우스에서 스마트 미터에 의해 측정된 전압은 야간과 이른 아침의 몇 시간 동안 10 내지 20볼트 강하할 수 있다. 대조적으로, 동일한 변압기 또는 동일한 영역에 연결된 다른 스마트 미터로 측정된 전압은 몇 볼트만 강하할 수 있거나, 또는 동일한 야간과 이른 아침 시간에 증가할 수 있다. 스마트 미터에 의해 측정된 전압이 매일 몇 시간에 걸쳐서 동일한 로컬 영역의 다른 스마트 미터에 의해 또는 동일한 변압기에 연결된 스마트 미터에 의해 측정된 전압 보다 현저하게 강하하는 경우, 동작 512에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터가 재배 하우스에 있다고 결정할 수 있다.
- [0106] 동작 512에서, 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 데이터가 고객 위치에 재배 하우스가 있음을 나타내는 것으로 판단하는 경우, 스마트 미터는 재배 하우스에 있는 것으로 플래그된다. 이어서, 동작 513에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 데이터가 고객 위치에서 전력 도난이 발생하고 있음을 나타내는지 여부를 확인한다. 컴퓨터 시스템이 고객 위치에서 전력 도난이 발생하는지 여부를 확인하는 방법에 대한 구체적인 예가 아래에 설명되어 있다.
- [0107] 고객 위치에서 전력 도난이 발생하는 경우, 해당 고객 위치에서 스마트 미터 간의 전압 강하가 일어나고, 가장 가까운 배전 변압기는 일반적으로 해당 고객 위치에서 스마트 미터에 의해 측정된 전류 또는 전력 사용량과 관련이 없다. 컴퓨터 시스템은 각각의 배전 변압기에 연결된 각각의 스마트 미터에 의해 측정된 순간 전류를 나타내는 값을 수신할 수 있다. 스마트 미터는 컴퓨터 시스템에 전류(암페어) 측정을 직접 제공할 수 있거나, 또는 전류를 계산할 수 있는 전력 사용량 및 전압의 측정값을 제공할 수 있다. 컴퓨터 시스템은, 해당 변압기에서 스마트 미터로 유입되는 총 전류를 결정하기 위해, 배전 변압기에 연결된 모든 스마트 미터로부터 수신된 전류값을 합산할 수 있다.
- [0108] 전기 유틸리티는 일반적으로 전기 유틸리티의, 배전 라인의 길이, 단위 길이 당 배전 라인의 저항과 같은, 배전 라인에 대한 저항 데이터를 가지고 있다. 전기 유틸리티는 또한 일반적으로, 와이어 권선의 저항, 자기 코어 손실, 및 와전류 손실을 포함하는, 전기 유틸리티의 배전 시스템 내의 배전 변압기에 대한 데이터를 가지고 있다. 컴퓨터 시스템은 와이어 권선의 저항, 자기 코어 손실, 및 와전류 손실로부터 배전 변압기의 기생 손실을 계산할 수 있다. 컴퓨터 시스템은 변압기에 대한 기생 손실과 변압기로부터 끌어온 총 전류를 사용하여 변압기의 전압을 계산할 수 있다. 컴퓨터 시스템은, 변압기와 각각의 스마트 미터 간의 분배 라인의 각각의 섹션을 통한 전압 강하를 계산하기 위해, 각각의 스마트 미터에 의해 측정된 전류와 저항 데이터를 사용할 수 있다. 일반적으로, 스마트 미터에 의해 측정된 전류를 사용하여 컴퓨터 시스템에 의해 계산된 변압기와 스마트 미터 간의 전압 강하는 변압기와 스마트 미터에 의해 측정된 전압 간의 전압 강하를 일치시킨다.
- [0109] 임의의 스마트 미터에 의해 측정된 변압기와 전압 간의 전압 강하가 측정된 전류를 사용하여 컴퓨터 시스템에 의해 계산된 각각의 전압 강하와 일치하지 않는 경우, 컴퓨터 시스템은 저항 데이터를 사용하여 변압기와 해당

스마트 미터에 의해 측정된 전압 간에 전압 강화를 유발할 전류의 양을 계산할 수 있다. 이어서, 컴퓨터 시스템은, 스마트 미터에 의해 측정된 전압을 사용하여, 스마트 미터에 의해 측정된 전류를 컴퓨터 시스템이 계산한 전류와 비교한다. 스마트 미터에 의해 측정된 전류가 스마트 미터에 의해 측정된 전압을 사용하는 컴퓨터 시스템에 의해 계산된 전류 보다 실질적으로 적은 경우, 동작 514에서, 컴퓨터 시스템은 해당 고객 위치가 전력 도난과 관련된 것으로 스마트 미터에 표시한다. 제한하려는 의도가 아닌 예로서, 스마트 미터에 의해 측정된 전류와 컴퓨터 시스템에 의해 계산된 전류의 차이는 전력 도난이 발생하는 고객 위치에서 100 암페어 이상일 수 있다.

[0110] 동작 512에서, 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 데이터가 고객 위치에 재배 하우스가 있음을 나타내지 않는다고 결정하는 경우, 컴퓨터 시스템은 동작 515로 진행한다. 동작 515에서, 컴퓨터 시스템은 스마트 미터의 데이터가 배전 시스템에서 충전하는 고객 현장d1 대형 현장 배터리를 구비하고 있음을 나타내는지 여부를 결정한다. 대형 현장 배터리는 충전하는 동안(예: 몇 시간 동안) 상당한 양의 전력을 소모할 수 있으며 고유한 충전 패턴을 가질 수 있다. 동작 515에서, 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 데이터가 고객 위치에 대형 온 사이트 배터리가 있음을 나타낸다고 결정하면, 동작 516에서, 스마트 미터는 고객 위치가 대형 현장 배터리를 구비하고 있다고 플래그된다.

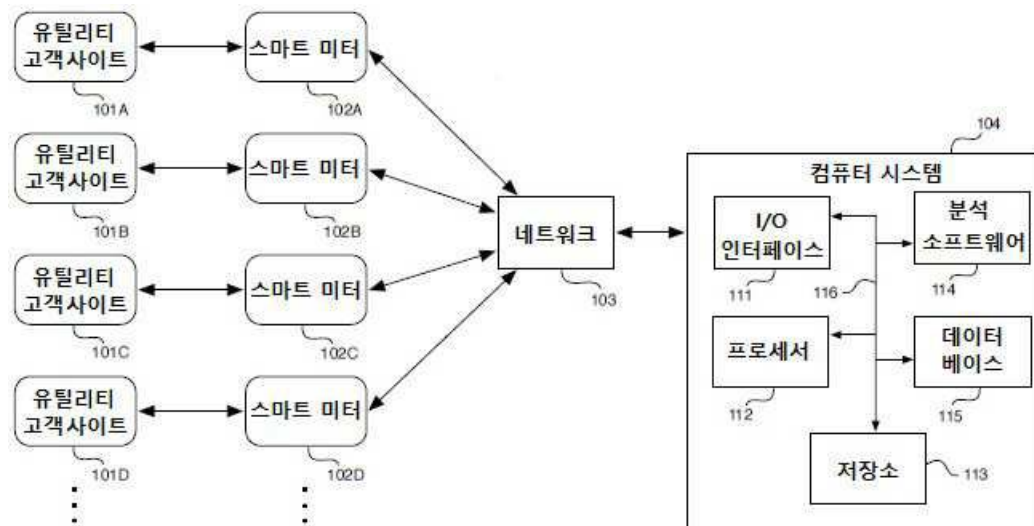
[0111] 동작 515에서, 컴퓨터 시스템이 스마트 미터의 데이터가 고객 위치의 대형 현장 배터리와 일치하지 않는다고 결정하면, 동작 517에서, 컴퓨터 시스템은 가능한 전력 품질 문제에 대해 스마트 미터에 표시한다. 저전력 품질은 변압기 과열 또는 과부하 중성점과 같은 수많은 문제로 인해 발생할 수 있다. 도 5a, 5b의 프로세스는 유틸리티가 정전, 화재, 또는 재산 피해를 일으키기 전에 전력 품질 문제를 사전에 식별할 수 있도록 할 수 있다.

[0112] 본 발명의 실시예는, 하드웨어, 소프트웨어, 프로그램 명령이 포함된 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체 또는 이들의 조합을 사용하여, 구현될 수 있다. 본 발명의 실시예에 의해 구현된 소프트웨어 또는 본 발명의 결과는, 프로세서에 의해 실행되거나 처리되고 사용자에게 표시되는 등의 후속 목적을 위한 반도체 메모리 장치, 하드 드라이브, CD-ROM, DVD 또는 기타 비일시적 매체와 같은, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체의 임의의 형태로 저장될 수 있다. 또한, 본 발명에 따라 구현된 소프트웨어 또는 본 발명의 결과는 네트워크를 통해 신호로 전송될 수 있다. 본 발명의 결과는 프로세서에 의해 실행되거나, 처리되거나, 사용자에게 표시되거나, 네트워크를 통해 신호로 전송되는 등의 다양한 목적으로 사용될 수 있다. 본 발명의 범위는 상세한 설명이 아니라 본원에 첨부된 청구항에 의해 제한되는 것으로 의도된다.

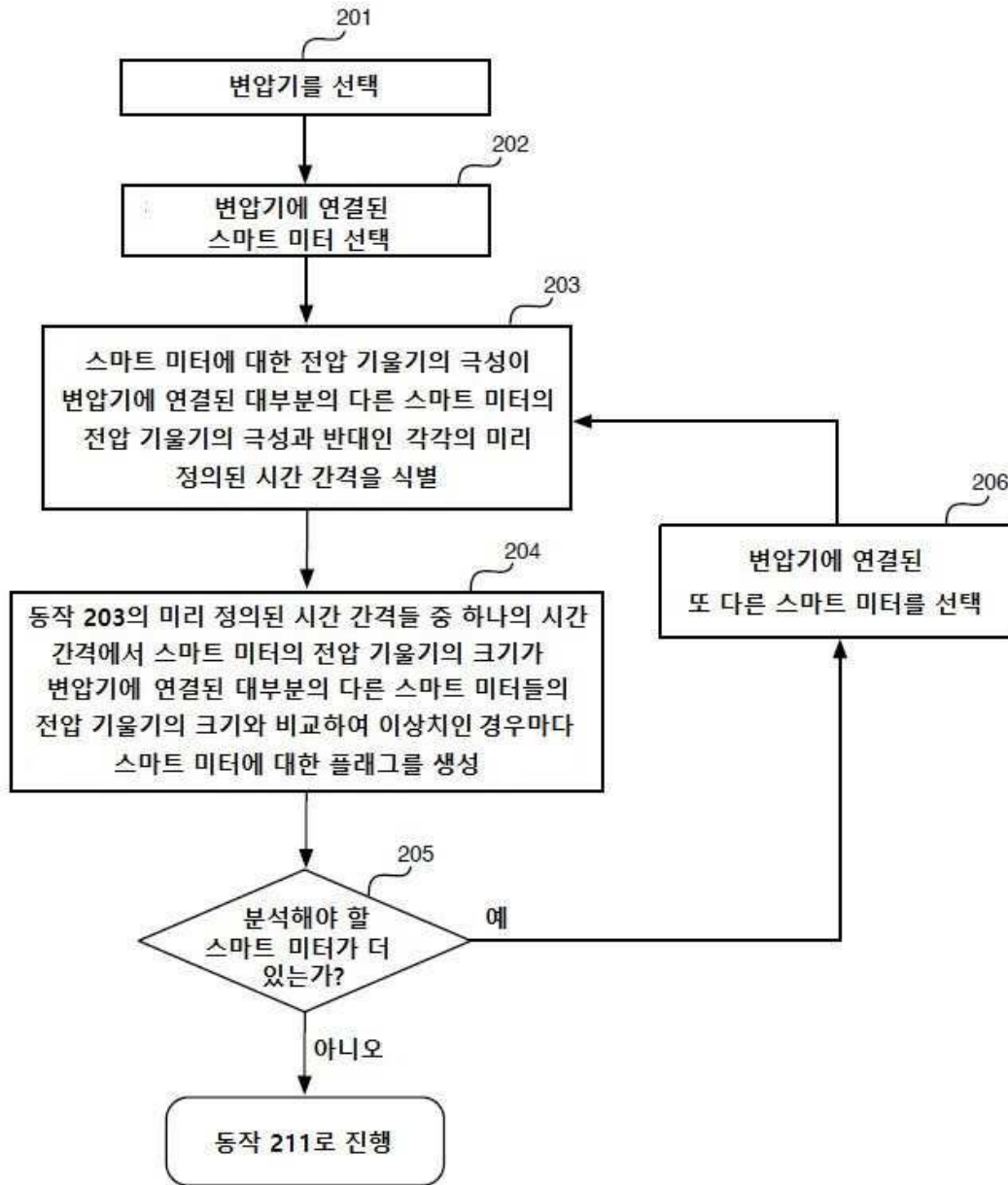
[0113] 본 발명의 예시적인 실시예에 대한 진술한 설명은 예시의 목적으로 제시되었다. 진술한 설명은 본 발명을 본원에 개시된 실시예로 제한하거나 배타적인 것으로 의도되지 않는다. 일부의 경우에, 본 발명의 특징은 설명된 다른 특징에 대응하는 사용 없이 사용될 수 있다. 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 진술한 교시에 비추어 많은 수정, 대체, 및 변경이 가능하다.

**도면**

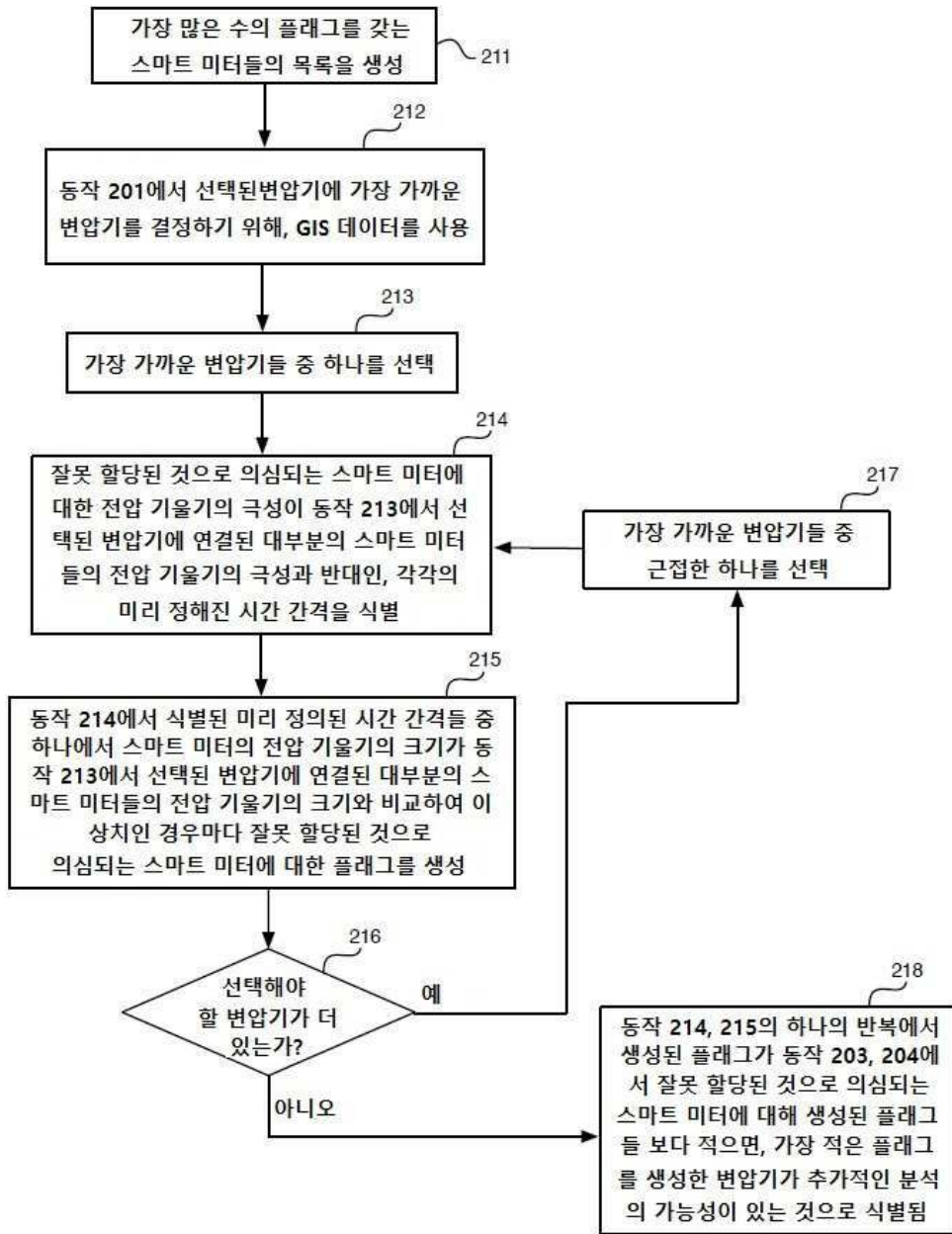
**도면1**



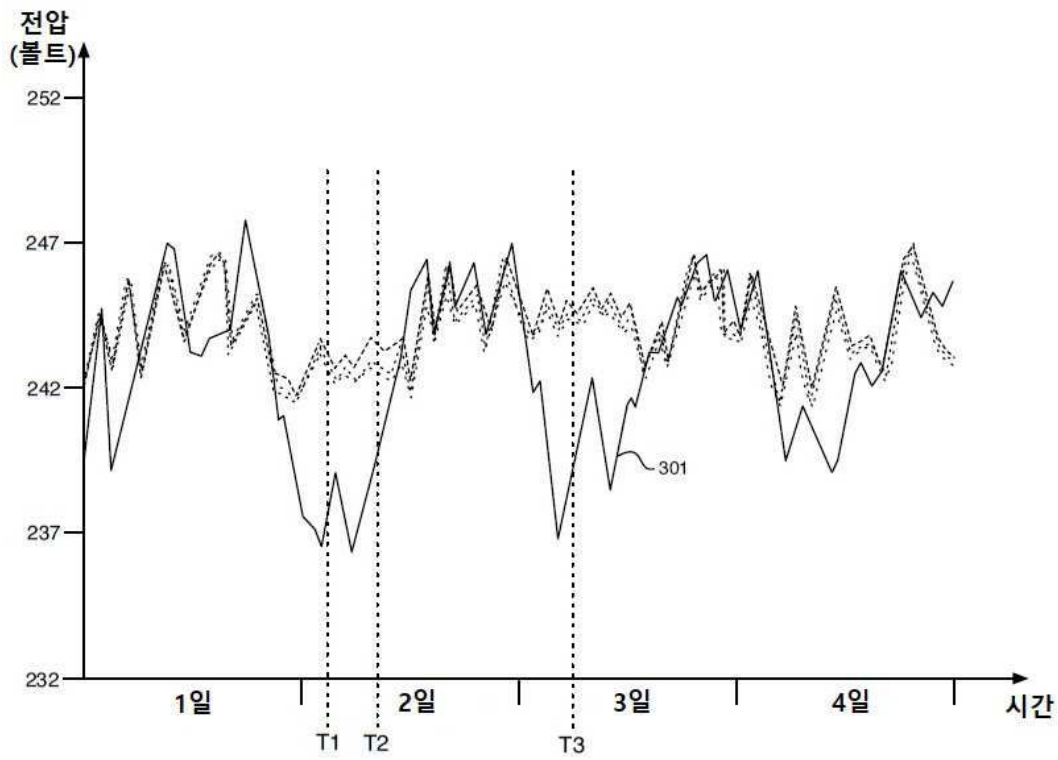
도면2a



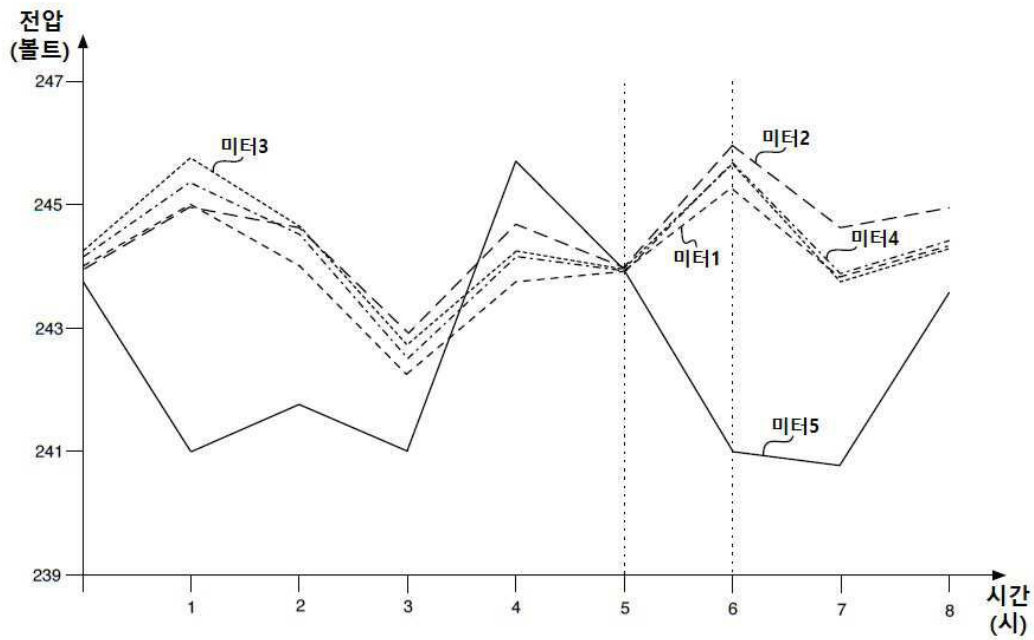
도면2b



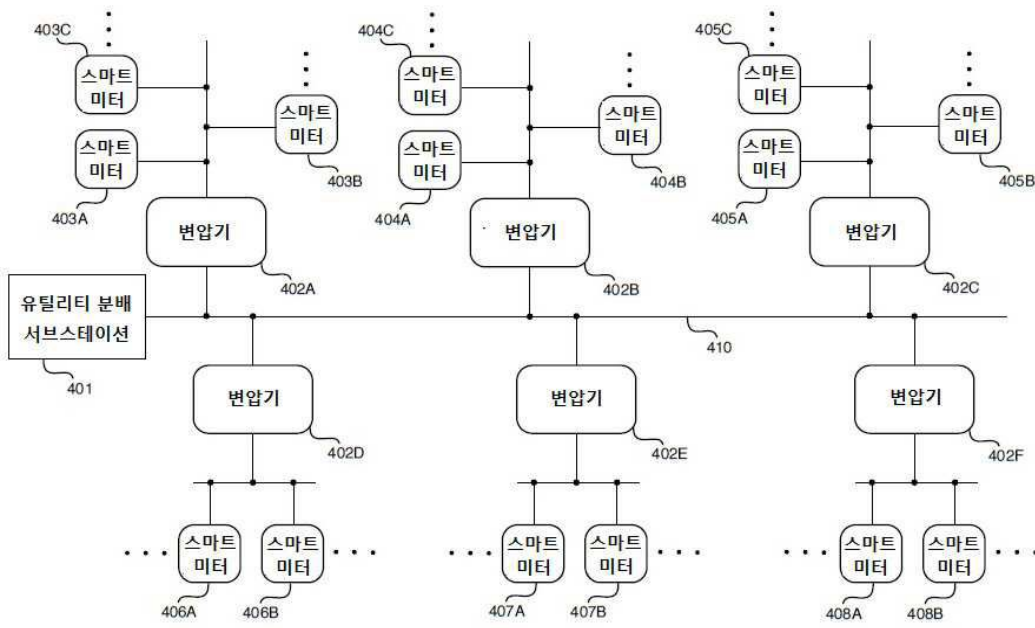
도면3a



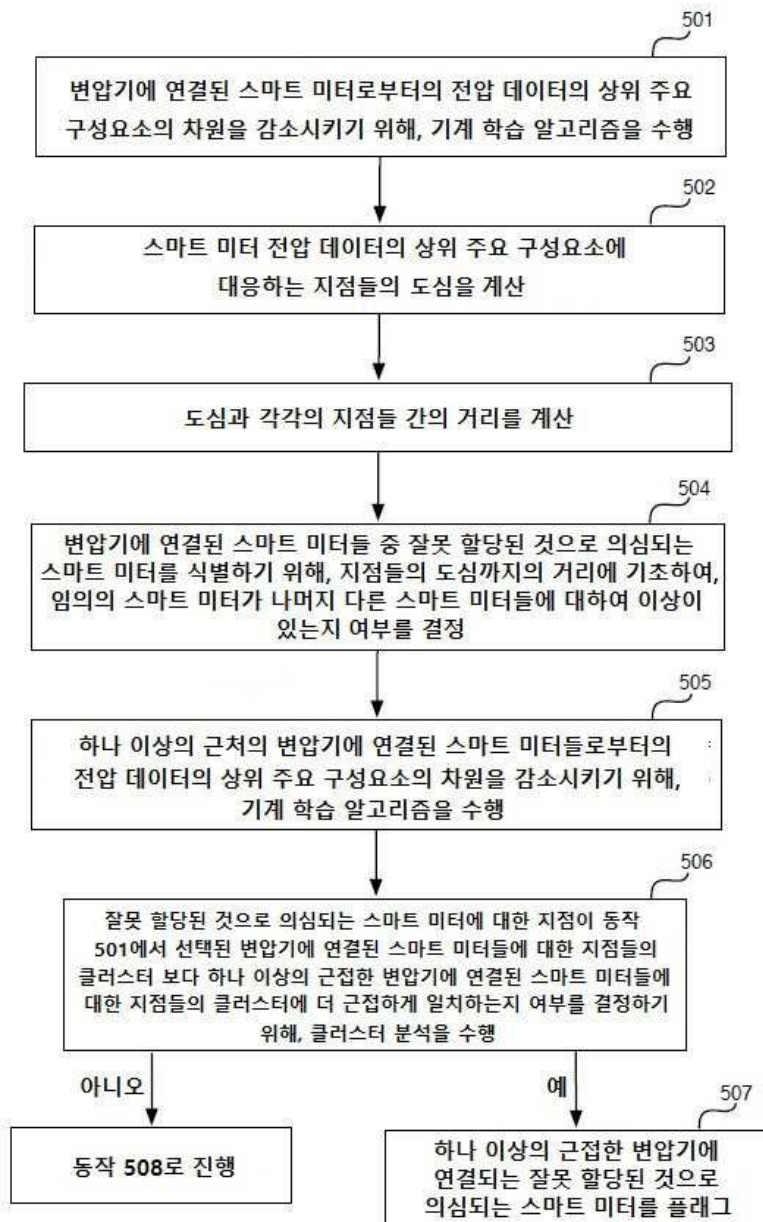
도면3b



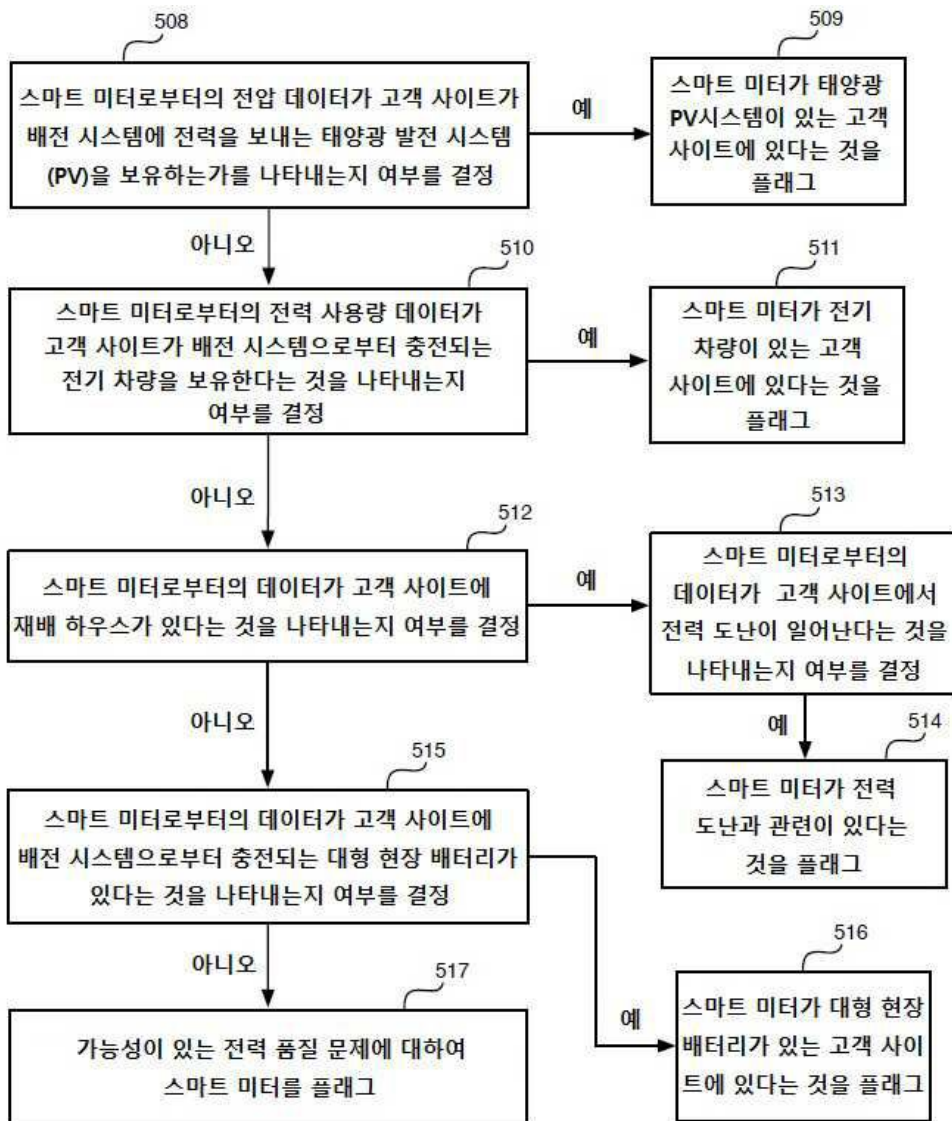
도면4



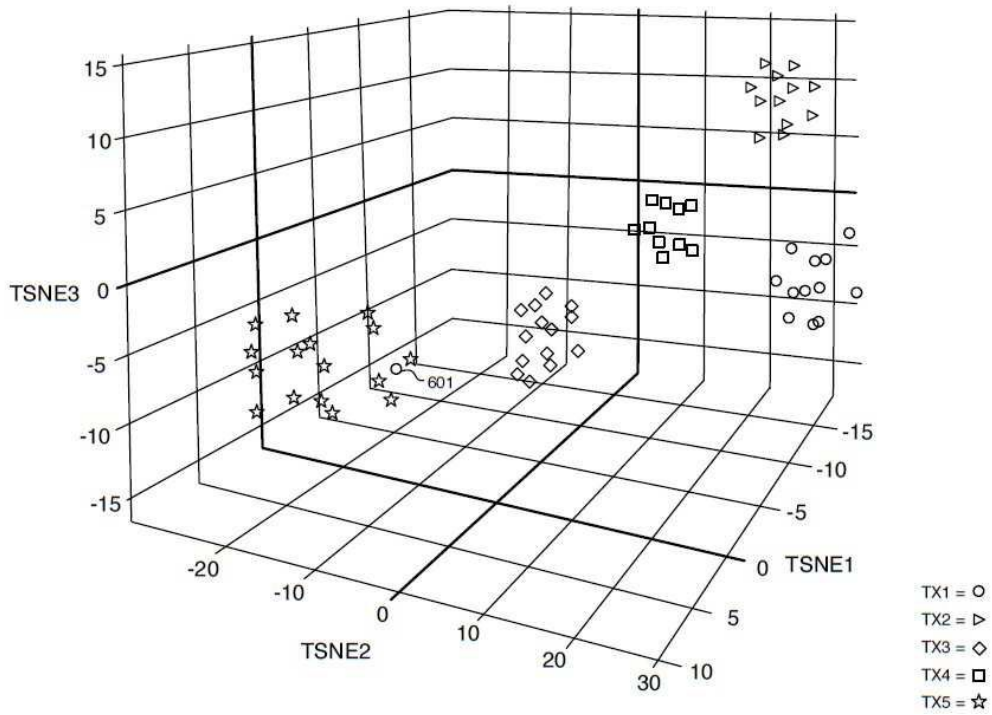
도면5a



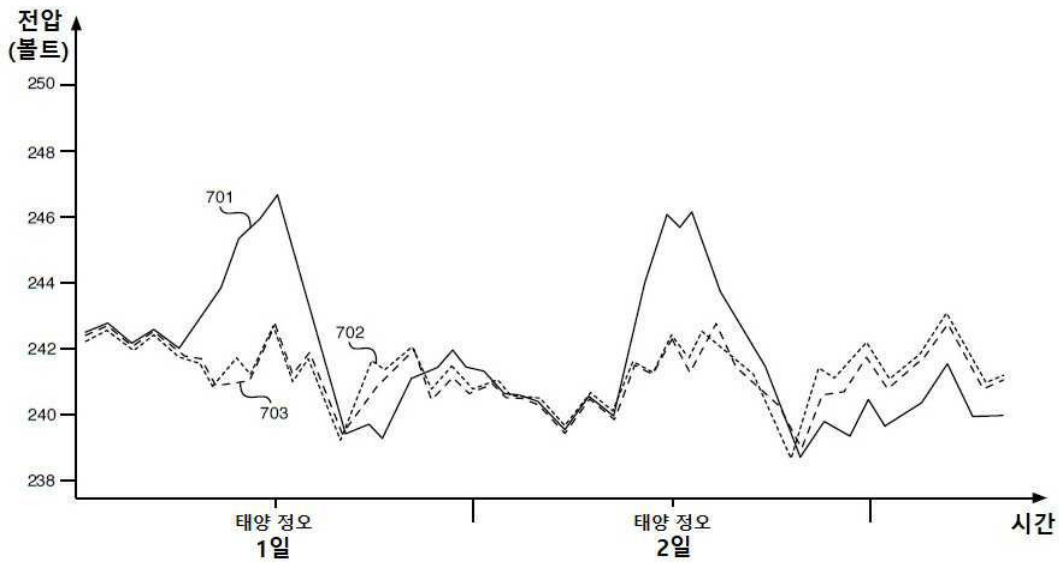
도면5b



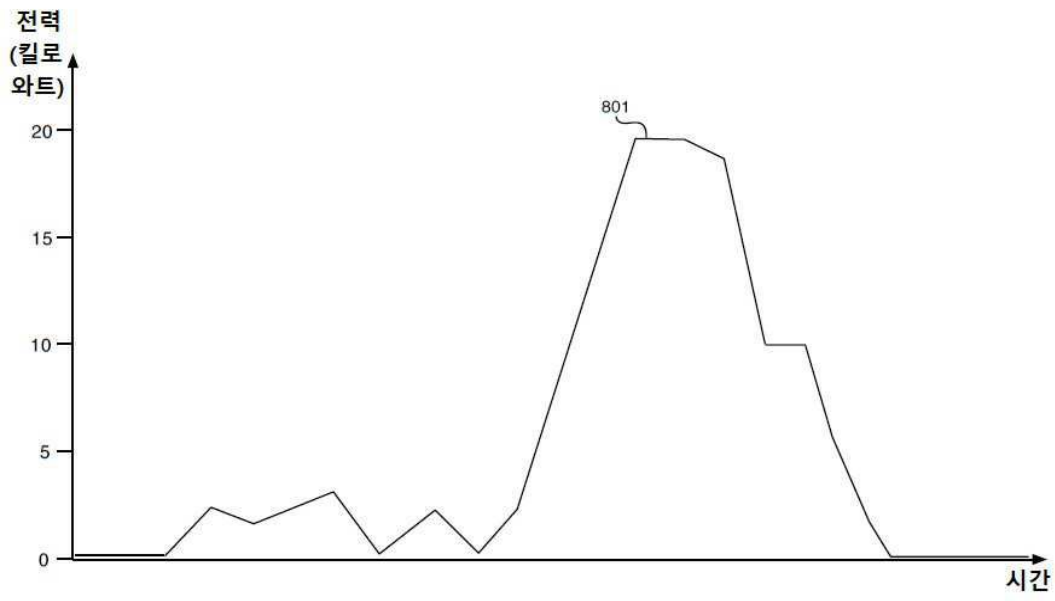
도면6



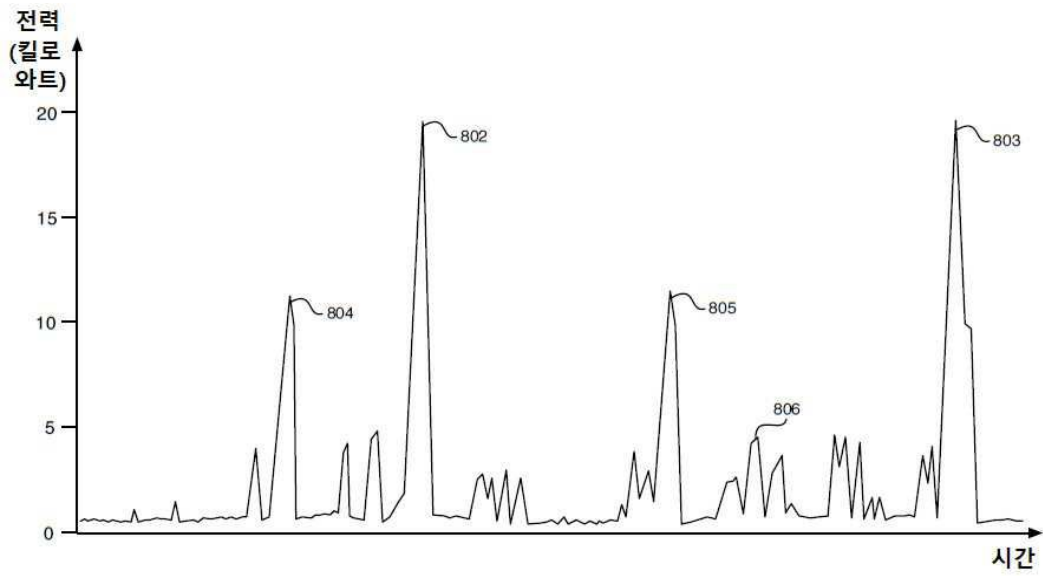
도면7



도면8a



도면8b



도면9

