



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0156542
(43) 공개일자 2023년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) G06F 11/30 (2006.01)
G06F 11/34 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
G06F 11/3072 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0056076
(22) 출원일자 2022년05월06일
심사청구일자 2022년05월06일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
최요순
부산광역시 남구 분포로 111, 134동 303호(용호동, 엘지메트로시티)
김다원
경상북도 경주시 현곡면 안현로 43-4, 111동 104호
(74) 대리인
김정수

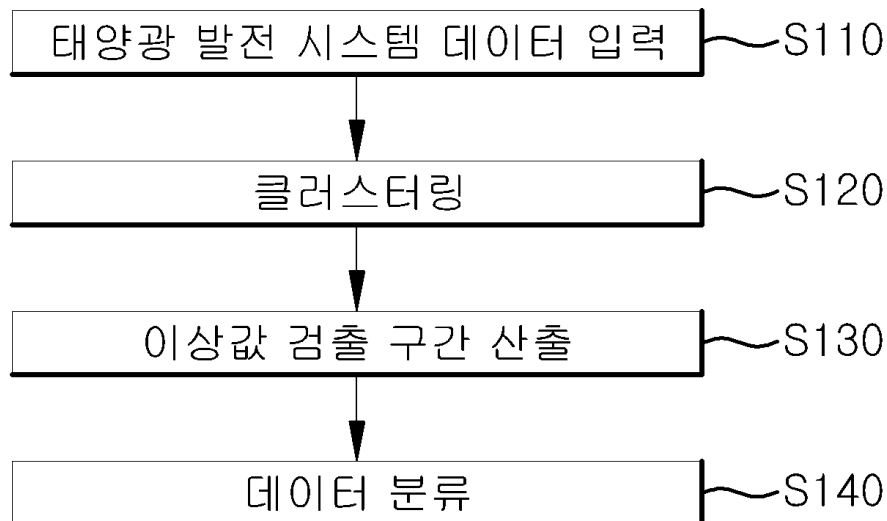
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 장치 및 방법

(57) 요약

신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 장치 및 방법이 개시된다. 이상감지 방법은, 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는 단계, 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계, 불린저밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출하는 단계 및 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 11/3419 (2013.01)

G06F 11/3452 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

Y02E 10/50 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711138763
과제번호	2021-0-01886-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICTR&D혁신바우처지원
연구과제명	태양광 발전 사업 설계, 분석, 운영, 유지관리를 위한 UAV-GIS-IoT-AI-M&S 융합형
디지털 트윈 웹 애플리케이션 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	신성이엔에스(주)
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치가 수행하는 이상감지 방법에 있어서,

상기 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는 단계;

상기 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계;

볼린저밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 상기 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계를 포함하는 이상감지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 클러스터링 변수는 설치위치, 설치높이, 방위각, 경사각 및 그림자 면적을 포함하는 것을 특징으로 하는 이상감지 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계는,

실루엣 계수(Silhouette Coefficient)를 이용하여 클러스터 개수의 우선순위를 결정하고, 각 클러스터에 최소 10개 이상의 데이터가 포함되도록 하여, 최적의 클러스터 개수를 선정하는 것을 특징으로 하는 이상감지 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이상값 검출 구간을 산출하는 단계는,

상기 클러스터링을 통해 산출된 클러스터 별 발전량 데이터의 평균 및 표준편차를 이용하여 상기 볼린저밴드를 산출하는 것을 특징으로 하는 이상감지 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 이상값 검출 구간을 산출하는 단계는,

20일동안 누적된 발전량 데이터를 이용하여 제1 볼린저밴드를 산출하고, 당일 발전량 데이터를 이용하여 제2 볼린저밴드를 산출하여, 상기 이상값 검출 구간을 산출하되,

상기 제2 볼린저밴드는 상기 정규분포의 신뢰구간(confidence interval)을 산출하는 방식을 이용하여 산출되는

것을 특징으로 하는 이상감지 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계는,

상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드에 모두 발전량 데이터가 속하는 경우, 정상 데이터로 분류하고,

상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드 중 하나에만 발전량 데이터가 속하는 경우, 주의 및 관찰이 필요한 제1 이상 데이터로 분류하고,

상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드 모두 발전량 데이터가 속하지 않는 경우, 확인 또는 현장 검증이 필요한 제2 이상 데이터로 분류하는 것을 특징으로 하는 이상감지 방법.

청구항 7

신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치에 있어서,

명령어를 저장하는 메모리; 및

상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 명령어는,

상기 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는 단계;

상기 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계;

볼린저밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 상기 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계를 포함하는 이상감지 방법을 수행하는 것을 특징으로 하는 이상감지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지구 온난화로 폭염, 폭설, 태풍, 산불 등의 이상기후 현상이 세계 곳곳에서 나타나고 있다. 국제사회는 기후변화 문제의 심각성을 인식하고, 이를 해결하기 위해 국제적으로 합의한 교토의정서(1997년)에 이어, 2015년 파리협정을 채택하였다. 파리협정은 산업화 이전 대비 지구 평균 온도상승을 2℃ 보다 훨씬 아래(well below)로 유지하기 위해 강화된 목표를 설정하였으며, 이를 위해 2050년까지 탄소중립(Net-Zero)을 달성하고자 장기저탄소 발전전략(LEDS: Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)과 국가온실가스 감축목표(NDC: Nationally Determined Contribution)를 제출하였다. 헝가리, 프랑스, 호주 등은 이미 탄소중립 목표가 법제화되었고, 대한민국 정부도 2050년 탄소중립 추진전략을 발표하였다. 대한민국 정부의 탄소중립은 신재생에너지 정책이 주를 이루고 있으며, 2050년 재생에너지 비중을 56.6~70.8%로 높일 계획이다. 특히, 대한민국 정부의 탄소중립은 태양광 비중이 높을 것으로 전망되며, 태양광 보급확대를 위해 주민 참여형 사업을 추진하고 있다. 이 중 신재생에너지 융복합지원사업은 상호보완되는 2종 이상의 재생에너지원을 주택, 공공, 산업건물 등에 설치하여 에너지 자립을 확대하는 사업이다. 유사한 설비조건을 가진 태양광발전 시스템이 각 지역별로 적게는 약 30개소 많게는 약 9천개소가 설치되어 있다.

- [0003] 전 세계적으로 태양광발전 시스템의 누적 설치량이 증가하면서, 시스템 사후관리 문제가 꾸준히 지적되고 있다. 이를 위한 효과적인 관리 체계가 필요한 실정이다. 최근에는, 태양광 발전 시스템 모니터링을 최적화하고, 효율적인 유지 관리를 위하여 다양한 머신러닝 기법을 이용하고 있다.
- [0004] 예를 들어, 눈과 같이 불안정한 기후에 설치된 태양광 발전 시스템에 대한 안정적인 모니터링을 위해 머신러닝을 기반으로 특정 발전량 및 성능 지수를 비교하는 기술, 주성분분석(PCA)과와 이상 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 머신러닝 도구를 도입해 비선형 프로세스에 대한 태양광 발전 시스템을 다중모니터링하는 기술, 확률적 모델링에 기반한 semi-supervised 머신러닝을 활용하여 적은 양의 데이터로 태양광 발전 시스템을 조건 모니터링하는 기술, 인공신경망(ANN), 지원벡터 회귀(SVR), 회귀 트리(RT) 등의 머신러닝 기법을 이용하여 태양광 발전 시스템 전력출력량을 예측 비교 및 평가하는 기술 등이 개발된바 있다.
- [0005] 모니터링에서 이상감지는 태양광발전 시스템의 효율성을 높이고 유지보수 비용을 줄이고 생산성 손실을 줄이는데 필수적이다. 타 분야에서, 주식시장에서 많이 사용되는 볼린저밴드(Bollinger Bands)를 이용하여 이상감지 기준을 설정한 연구사례가 다수 있다.
- [0006] 예를 들어, 스마트 미터링 인프라를 위한 네트워크 트래픽 이상감지를 위한 모델의 예측 변동 가능성을 추정하기 위해 볼린저밴드를 사용하거나, 패턴 직물의 결함 검출을 위해 볼린저밴드의 상부밴드(Upper Band)와 하부밴드(Lower Band)를 이용해 패턴의 결함 영역을 표시하는데 사용한 바 있다.
- [0007] 한편, 태양광발전 시스템에 볼린저 밴드가 활용된 사례로는, 발전량 변동성 누적 데이터의 기간에 차이를 두고, 기간별 누적 데이터와 볼린저밴드를 이용하여 태양광 발전 시스템 성능을 모니터링 한 연구사례가 있다.
- [0008] 최근, 대한민국에서는 신재생에너지 융복합지원사업을 통해 3kW수준의 발전량을 가지며, 유사한 설비 시스템을 가진 태양광 발전 시스템을 근접한 지역에 다수 설치하고 있다. 그리고, 자체적인 모니터링 시스템을 구축하였지만, 공통된 하나의 이상값 검출기준을 사용하고 있으며, 단순히 발전량만 파악하고 있는 실정이다. 발전량 모니터링과 이를 통해 빠르게 이상값을 감지하는 것은 장기적인 에너지 손실이 발생하는 것을 방지하고, 태양광 패널 수명 감소를 예방할 수 있기 때문에 매우 중요하다. 따라서, kW급 비교적 작은 발전량을 가지며, 유사설비 시스템을 가진 신재생에너지 융복합지원 사업지와 같은 환경의 태양광발전효율을 높이기 위해서는, 사업지의 설비환경에 따른 특징을 구분한 다음 명확한 이상감지 기준을 설정해야 할 필요가 있다. 그럼에도 불구하고, 태양광발전 시스템을 군집화하여 이상을 검출하는 기술은 전무한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허공보 제10-1775065호(2017.08.30)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 머신러닝 비지도학습 방법 중 하나인 클러스터링(Clustering)과 볼린저밴드(Bollinger Bands)를 이용하여 신재생에너지 융복합지원 사업지의 태양광 발전 시스템의 안정성을 평가하고 이상값을 검출하는 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치가 수행하는 이상감지 방법이 개시된다.
- [0012] 본 발명의 실시예에 따른 이상감지 방법은, 상기 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는 단계, 상기 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계, 볼린저 밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 상기 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출하는 단계 및 상기 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는

이상 데이터로 분류하는 단계를 포함한다.

- [0013] 상기 클러스터링 변수는 설치위치, 설치높이, 방위각, 경사각 및 그림자 면적을 포함한다.
- [0014] 상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계는, 실루엣 계수(Silhouette Coefficient)를 이용하여 클러스터 개수의 우선순위를 결정하고, 각 클러스터에 최소 10개 이상의 데이터가 포함되도록 하여, 최적의 클러스터 개수를 선정한다.
- [0015] 상기 이상값 검출 구간을 산출하는 단계는, 상기 클러스터링을 통해 산출된 클러스터 별 발전량 데이터의 평균 및 표준편차를 이용하여 상기 볼린저밴드를 산출한다.
- [0016] 상기 이상값 검출 구간을 산출하는 단계는, 20일동안 누적된 발전량 데이터를 이용하여 제1 볼린저밴드를 산출하고, 당일 발전량 데이터를 이용하여 제2 볼린저밴드를 산출하여, 상기 이상값 검출 구간을 산출하되, 상기 제2 볼린저밴드는 상기 정규분포의 신뢰구간(confidence interval)을 산출하는 방식을 이용하여 산출된다.
- [0017] 상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계는, 상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드에 모두 발전량 데이터가 속하는 경우, 정상 데이터로 분류하고, 상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드 중 하나에만 발전량 데이터가 속하는 경우, 주의 및 관찰이 필요한 제1 이상 데이터로 분류하고, 상기 제1 볼린저밴드 및 상기 제2 볼린저밴드 모두 발전량 데이터가 속하지 않는 경우, 확인 또는 현장 검증이 필요한 제2 이상 데이터로 분류한다.
- [0018] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치가 개시된다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 이상감지 장치는, 명령어를 저장하는 메모리 및 상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 명령어는, 상기 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는 단계, 상기 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 상기 태양광 발전 시스템을 클러스터링하는 단계, 볼린저밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 상기 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출하는 단계 및 상기 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 상기 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류하는 단계를 포함하는 이상감지 방법을 수행한다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치 및 방법은, 머신러닝 비지도학습 방법 중 하나인 클러스터링(Clustering)과 볼린저밴드(Bollinger Bands)를 이용하여 신재생에너지 융복합지원 사업지의 태양광 발전 시스템의 안정성을 평가하고 이상값을 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치가 수행하는 볼린저 밴드 기반 이상감지 방법을 나타낸 흐름도.
- 도 2 내지 도 5는 도 1의 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 방법을 설명하기 위한 도면.
- 도 6 내지 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 방법에 대한 실험 및 검증 결과를 나타낸 도면.
- 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 볼린저 밴드 기반 이상감지 장치의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명

세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

- [0023] 이하, 본 발명의 다양한 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상술하겠다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 장치가 수행하는 불린저 밴드 기반 이상감지 방법을 나타낸 흐름도이고, 도 2 내지 도 5는 도 1의 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 방법을 설명하기 위한 도면이다. 이하, 도 1을 중심으로, 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 방법을 설명하되, 도 2 내지 도 5를 참조하기로 한다.
- [0025] S110 단계에서, 이상감지 장치는, 신재생에너지 융복합지원 사업지에 설치된 복수의 태양광 발전 시스템으로부터 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터를 입력받는다.
- [0026] 예를 들어, 태양광 발전 시스템 데이터는 대한민국에서 가장 오랜 기간 신재생에너지 융복합지원 사업지로 선정된 경상남도 거창군 지역에서 수집된 것일 수 있다. 거창군 지역은 해발이 높고 산간오지로, 기온이 낮은 편이며, 기온의 일교차와 연교차가 큰 지역이다. 거창군 신원면의 북쪽에는 감악산(951m)이 솟아있어 겨울철에 눈이 많이 내리며, 대부분의 주택이 해발 600m 이상에 위치하고 있어, 여름철에는 다른 지역보다 기온이 5℃ 이상 낮은 지역이다.
- [0027] 거창군은 대한민국에서 가장 오랜 기간 신재생에너지 융복합지원 사업지로 선정되어, 2013년부터 2022년 현재까지 꾸준히 태양광 발전 시스템의 설치량이 증가하고 있다. 2022년 2월 기준으로 거창군에는 654개소의 태양광 발전 시스템이 설치되어 있으며, 이 중 데이터 수집대상 지역에는 205개의 태양광 발전 시스템이 설치되어 있다. 이 태양광 발전 시스템은 발전된 전력을 기존 계통선로에 송전하는 계통 연계형으로 설계되었으며, 고정형 시스템이다. 각 주택은 모두 동일 모델의 모듈과 인버터가 사용되었으며, 모듈의 설치용량은 2.1~2.6kW, 인버터의 정격용량은 3.1kW이다. 어레이의 설치 위치와 각도는 환경 조건에 맞춰 경사지붕, 옥상 및 옥외등에 설치되었고, 음영을 최소화하도록 방위각과 경사각이 조절되었다. 본 발명의 실시예에 따른 이상감지 장치는 74개의 주택으로부터 수집된 태양광 발전 시스템 데이터를 이용하여 실험 및 검증되었다.
- [0028] S120 단계에서, 이상감지 장치는, 입력된 태양광 발전 시스템 데이터를 기반으로, 미리 설정된 클러스터링(Clustering) 변수 및 머신러닝 알고리즘을 이용하여 복수의 태양광 발전 시스템을 클러스터링한다.
- [0029] 수집되는 태양광 발전 시스템 데이터는 설비 데이터, 환경 데이터 및 발전량 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 설비 데이터는 설치된 태양광 발전 모듈의 수량, 위치, 방위각, 경사각, 출력량 등을 포함할 수 있고, 환경 데이터는 날씨, 그림자의 유무 등을 포함할 수 있다.
- [0030] 이와 같은 태양광 발전 시스템 데이터를 이용하여 클러스터링 변수가 산출될 수 있다. 신재생에너지 융복합지원사업지에 설치되는 태양광 발전 시스템은 모두 동일한 제품의 모듈과 인버터가 사용되나, 각 설치위치마다 환경이 달라 설치위치, 설치높이, 방위각 및 경사각이 차이가 있고, 설치위치별로 설치된 모듈의 수량에도 차이가 있다. 그래서, 물리적인 클러스터링 변수는 설치위치, 설치높이, 방위각 및 경사각으로 설정될 수 있다.
- [0031] 한편, 환경적인 클러스터링 변수는 태양광 발전 시스템의 발전량을 좌우하는 실시간 날씨에 따른 일사량 및 그림자를 고려한 각 설치위치별 일사량으로부터 산출되는 그림자 면적으로 설정될 수 있다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 도 2의 (a)는 각 설치위치에서 정동과 정서 방향을 바라보았을 때 운전자의 시야각에 들어오는 태양의 시간 밀도로 나타내는 썬맵(Sun map)을 나타낸 것으로, GIS 소프트웨어인 ArcGIS 프로그램을 이용하여 산출될 수 있다. 이러한 썬맵을 통해 태양의 위치를 중심으로 각 설치위치의 일사량 분포가 확인될 수 있다.
- [0033] 그리고, 도 2의 (b)는 지형적 특성을 고려하여 각 설치위치별 음영(그림자)의 정량적 수치를 산정하기 위하여, 수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model)을 이용하여 산출되는 뷰맵(View map)을 나타낸다. 뷰맵은 썬맵과 반대로, 각 설치위치의 하늘 영역에서 가려진 정도를 나타낸다.
- [0034] 그리고, 도 2의 (c)에 도시된 바와 같이, 썬맵의 좌표 상에 뷰맵을 투과시켜 투과 여부에 따라 0 및 1로 분류하여 각 설치위치의 일사량에 미치는 그림자 면적(범위)이 산출될 수 있다.
- [0035] 클러스터링은 객체들의 거리(유사성)에 기초하여 n개의 군집으로 집단화하여 집단의 특성을 분석하는 것을 말한다. 클러스터링은 어떤 변수와 분석법을 사용했는지에 따라 결과가 다르게 나타나기 때문에, 적절한 변수와 분

석법을 선택해야한다. 클러스터링의 종류는 계층적/분할방법, 밀도기반/모델기반/그리드기반의 구분 방법 등의 구분 기준에 따라 다르게 구분될 수 있다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에서는, 대표적으로 사용되는 비계층적 방법(Non-Hierarchical Clustering)과 계층적 방법(Hierarchical Clustering)으로 구분하고, 각각 K-means 클러스터링과 계층적 클러스터링 방식을 사용하여 신재생에너지 융복합지원 사업지에 설치된 태양광 발전 시스템을 클러스터링한다.

[0036] 일반적으로, 비계층적 클러스터링은, 모든 점이 중심점과 관련될 때까지 중심을 변경한다. 비계층적 클러스터링의 가장 대표적인 방법으로는 K-means 클러스터링이 있다. K-means 클러스터링은 매개변수로 사용될 클러스터의 개수 k를 사전에 결정해야한다. 그리고, 임의로 설정된 초기 중심점과 각 객체 사이의 거리를 계산하여 가장 가까운 클러스터(Cluster)로 할당시킨 후(Expectation), 다시 평균을 계산(Maximization)한다. 클러스터링 결과는 수행할 때마다 다르게 나타나며, 클러스터링 결과의 변화가 없을 때까지 이 과정을 반복한다.

[0037] 한편, 계층적 클러스터링은, 각 데이터를 비교하여 가장 높은 유사도를 가진 데이터를 병합(agglomerative)하거나 분리(divisive)하고, 계층적으로 클러스터를 형성하는 방법이다. 여기서, 병합에 의한 방법은, 가까운 객체끼리 묶어 클러스터를 이루어 나가는 것으로, 최종적으로 한 개의 클러스터가 되며, 트리 형태의 덴드로그램(dendrogram)을 통해 결과를 시각적으로 보여준다. 계층적 클러스터링은 사전에 클러스터 수에 대한 설정이 필요하지 않으며, 객체 간의 거리(유사성)를 계산하는 방식에 따라 데이터를 구성하고 분석할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는, 객체 간의 거리를 계산하기 위하여 클러스터의 객체들 중 거리가 가장 먼 객체 간의 거리를 이용하는 최장 연결법이 사용된다. 거리계산 방식에는 도 3에 도시된 바와 같이, 최단 연결법(Single linkage method), 평균 연결법(Average linkage method), 최장 연결법(Complete linkage method), 와드 연결법(Ward linkage method), 중심 연결법(Centroid method) 등이 있다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따르면, 실루엣 계수(Silhouette Coefficient)를 이용하여 클러스터 개수의 우선순위를 결정하고, 각 클러스터에 최소 10개 이상의 데이터(객체)가 포함되도록 하여, 최적의 클러스터 개수가 선정 및 설정될 수 있다.

[0039] 실루엣 기법은 클러스터링의 품질을 정량적으로 계산하는 방식으로, 하기 수학식을 이용하여 실루엣 계수가 산출될 수 있다.

수학식 1

$$s^{(i)} = \frac{b^{(i)} - a^{(i)}}{\max \{a^{(i)}, b^{(i)}\}}$$

[0040]

[0041] 여기서, s는 실루엣 계수이고, b는 클러스터 간의 분리도(separation)이고, a는 클러스터 내의 데이터 응집도(cohesion)이다.

[0042] 즉, 1번째 데이터(객체) x(1)에 대한 실루엣 계수 s(1)은 수학식 1을 통해 계산될 수 있다. 만약, 클러스터 개수가 최적화되어 있다면, 클러스터 간의 분리도 b(1)은 값이 크고, 클러스터 내의 데이터 응집도 a(1)은 값이 작아져서, s(1)의 값은 1에 가까운 수가 된다. 반면에, 클러스터 내의 데이터 응집도 a(1)과 클러스터 간의 분리도 b(1)이 동일하면, 실루엣 계수 s(1)은 0이 된다. 실루엣 계수가 높은 클러스터 개수에 대하여 우선순위가 높게 설정될 수 있다.

[0043] 그리고, 클러스터링을 통해 클러스터별 데이터를 이상감지 기준에 적용하기 위하여, 각 클러스터별 최소 데이터 양이 설정되어야 한다. 이상감지 기준은 각 클러스터의 평균과 표준편차를 이용하기 때문에, 지나치게 적은 데이터가 이용될 경우, 객관적이고 정량적인 분석이 불가능하다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 각 클러스터에 최소 10개 이상의 데이터가 포함되도록 설정될 수 있다.

[0044] S130 단계에서, 이상감지 장치는, 볼린저밴드(BB: Bollinger Bands)와 정규분포를 혼합하여 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터에 대한 이상값 검출 구간을 산출한다.

[0045] 태양광 발전은 인위적으로 조절이 불가능하며, 기상상태에 따라 전력 생산량이 달라지는 전력 생산 변동성을 지닌다. 그래서, 안정적이고 효율적인 데이터 이상감지를 위해서는, 기존의 데이터를 기반으로 정확한 예측은 물

론, 변수로 인한 데이터 패턴 변화도 고려할 수 있어야 한다.

[0046] 본 발명에서는, 이상 데이터를 객관적으로 진단 및 검출하기 위하여, 불린저밴드(BB)를 만드는 데이터의 기간을 다르게 설정하여 두개의 기준을 설정하고 이상 데이터를 검토한다. 불린저밴드는 예측구간을 벗어난 이상 데이터를 검출하는데 유용하지만, 환경적 영향 및 기술적 영향으로 데이터가 예측패턴을 벗어나는 경우, 검출하지 못하는 문제가 있다. 반면에, 당일 데이터를 이용한 불린저밴드는 클러스터의 실시간 이상값 검출 구간을 생성하면서, 예상치 못한 급격한 환경적 영향 및 기술적 영향을 반영하기 때문에, 정확하게 이상 데이터를 감지할 수 있다.

[0047] 일반적으로, 불린저밴드는 금융시장에서 주식 추세와 가격을 예측하는데 사용된다. 과거 데이터를 기반으로 가격의 평균과 표준편차와 같이 통계적 방법을 사용한 미래 가격 변동에 대한 예측 덕분에 투자 기회가 식별될 수 있다. 즉, 기술적 분석은 금융시장이 식별되고, 예측될 수 있는 반복적인 패턴으로 특징지을 수 있으며, 기술적 지표가 정확히 식별할 수 있는 도구가 될 수 있다고 가정한다. 이러한 가정은, 가격을 발전량으로 대체하여, 태양광 발전 시스템에서 생산된 에너지도 유효하다. 가격은 추세에 따라 변동되고, 과정이 반복되며, 가격변동을 연구하면 미래 수요와 공급의 변화도 예측할 수 있다는 3가지 가정이 적용된다. 그래서, 본 발명의 실시예에서는, 각 클러스터 내의 발전량 데이터를 불린저밴드에 적용하여, 예측 발전량 기준이 설정될 수 있다.

[0048] 불린저밴드는 획득된 발전량 데이터의 평균과 표준편차를 이용하여 총 3개의 밴드를 산출할 수 있다. 먼저, 가중 평균은 중간 밴드로 간주되며, 하기 수학식으로 산출될 수 있다.

수학식 2

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{c=1}^n x_i^c}{n}$$

[0049]

[0050] 여기서, n 은 각 변수의 사용가능한 샘플 수이다.

[0051] $\bar{x}_i$ 의 표준편차 σ_i 는 하기 수학식으로 산출될 수 있다.

수학식 3

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^n (x_i^c - \bar{x}_i)^2}{n}}$$

[0052]

[0053] $\bar{x}_i$ 와 σ_i 에 대하여 상위 밴드 UB_i 및 하위 밴드 LB_i 는 하기 수학식으로 산출될 수 있다.

수학식 4

$$UB_i = \bar{x}_i + (k \cdot \sigma_i)$$

$$LB_i = \bar{x}_i - (k \cdot \sigma_i)$$

[0054]

[0055] 여기서, k 는 상수값으로, 1과 2 사이의 값을 가진다.

[0056] 본 발명의 실시예에서는, n 및 k 의 값이 각각 일반적으로 가장 많이 사용되는 20 및 2로 설정될 수 있다.

[0057] 20일 동안 누적된 발전량 데이터를 이용한 불린저밴드(20BB)는, 변수로 인하여 예측을 벗어난 경우를 반영하지

못하는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위하여, 실시간(당일) 발전량 데이터만을 이용한 불린저밴드(1BB)가 이용된다. 1BB는 당일 데이터만을 이용하므로, 정규분포의 신뢰구간(confidence interval)을 산출하는 방식과 동일하다. 신뢰구간은 모수가 실제로 포함될 것으로 예측되는 범위를 말하며, 평균과 표준편차를 이용하여 산출될 수 있다. 신뢰구간에 모집단의 실제 평균값이 포함될 확률을 신뢰수준이라 말한다. 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에서는, 20BB와 같이 k 값에 2를 적용하여, 신뢰수준 95.5%를 기준으로, $\mu \pm 2\sigma$ 이 이상값 검출 구간으로 설정될 수 있다.

[0058] S140 단계에서, 이상감지 장치는, 산출된 이상값 검출 구간을 이용하여 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터를 정상 데이터 또는 이상 데이터로 분류한다.

[0059] 예를 들어, 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터는 도 5에 도시된 바와 같이 분류될 수 있다. 도 5는, 당일 발전량 데이터만을 이용한 불린저밴드(1BB) 및 n 일간의 지난 데이터를 이용한 불린저밴드(nBB)를 융합하여 태양광 발전 시스템의 발전량 데이터를 분류한 것을 나타낸다.

[0060] 도 5를 참조하면, 1BB의 구간과 nBB에 모두 속하는 경우 제1 유형(Type1), 둘 중 하나의 구간에만 속하는 경우 제2 유형 또는 제3 유형(Type2 또는 Type3), 둘 중 어느 구간에도 속하지 않는 경우 제4 유형(Type4)의 4가지 유형으로 분류된다. 여기서, Type1은 지난 데이터를 기반으로 예측한 구간을 벗어나지 않고 클러스터 내 데이터들과 동일한 패턴(양상)을 따르는 것을 의미하므로, 정상적인 데이터로 분류될 수 있다. 그리고, Type2는 군집 내 나머지 데이터들과 동일한 패턴을 나타내지만, n 일 상위 밴드(nUB_i) 및 하위 밴드(nLB_i)보다 크거나 낮은 값을 가지고, Type3는 상위 밴드(nUB_i)와 하위 밴드(nLB_i) 사이의 값을 가지지만, 클러스터 내 데이터들의 패턴을 따르지 않으므로, 주의 및 관찰이 필요한 데이터를 의미한다. 그리고, Type4는 예측은 물론, 클러스터 내 다른 데이터들과도 다른 패턴을 나타내는 데이터로서, 확인을 필요로 한다. 즉, Type1은 정상 데이터이고, Type2, Type3 및 Type4는 문제가 있는 이상 데이터로서, 확인 또는 현장 검증이 필요한 데이터를 의미한다.

[0061] 도 6 내지 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 방법에 대한 실험 및 검증 결과를 나타낸 도면이다.

[0062] 태양광 발전 시스템의 발전효율을 진단하기 위하여, 물리적 변수 및 환경적 변수에 대한 데이터를 분석하였다. 물리적 변수는 설치위치, 설치높이, 방위각, 경사각 및 설비용량으로 구성된다. 환경적 변수로서 그림자의 영향을 확인하기 위하여 도 6에 도시된 바와 같이, 썬맵 및 뷰맵을 이용하여 각 설치위치의 그림자 면적을 계산하고, 정동과 정서의 비율에 따라 4가지 유형(Type1~type4)으로 분류하였다. 따라서, 클러스터링을 위한 변수는 설치위치, 설치높이, 방위각, 경사각, 설비용량 및 그림자 면적의 총 6개로 구성되었다.

[0063] K-means 클러스터링과 계층적 클러스터링의 2가지 기법을 이용하였다. 최적의 클러스터링 방법을 선정하기 위하여, 두 기법의 실루엣 계수를 비교하고, 최적의 클러스터 개수를 선정하였다. 클러스터 개수에 따른 실루엣 계수의 계산 결과는 도 7과 같다. 도 7에서, a, b, c, d는 계층적 클러스터링의 결과이고, e, f, g, h는 K-means 클러스터링의 결과이다. 클러스터링 개수에 상관없이, 계층적 클러스터링이 K-means 클러스터링 보다 실루엣 계수가 높게 나타났다. 실루엣 계수의 값은 K-means 클러스터링에서는 모든 경우에서 0.3이하의 결과를 나타냈고, 계층적 클러스터링에서는 하기 표 1과 같이, 클러스터의 개수가 8개 일 때 가장 높게 나타났다.

표 1

Hierarchical Clustering Silhouette Coefficient	Custer number	K-means Clustering Silhouette Coefficient
0.656	5	0.242
0.697	6	0.267
0.676	7	0.288
0.813	8	0.280

[0064]

[0065] 계층적 클러스터링이 K-means 클러스터링 보다 높은 실루엣 계수를 가지므로, 계층적 클러스터링을 이용하여 74개의 태양광발전 시스템을 클러스터링하였다. 그리고, 도 7에 도시된 계층적 클러스터링 결과를 참조하면, 클러스터의 개수가 7개 이상이 되었을 때, 클러스터에 최소 10개 이상의 데이터가 포함되지 않음을 확인할 수 있다. 따라서, 74개의 태양광발전 시스템을 6개의 클러스터로 분류하였다.

- [0066] 각 클러스터는 11개, 10개, 10개, 15개, 16개 및 12개의 태양광발전 시스템으로 구성된다. 이 데이터를 이용하여 계층적 클러스터링한 결과는 도 8에 도시된 바와 같은 위성 이미지를 통해 각 클러스터별 특징을 확인할 수 있다. 각 클러스터의 특징을 확인하기 위한 클러스터링 결과를 산점도(scatter plot)로 시각화하면, 도 9와 같이 나타낼 수 있다.
- [0067] 도 9를 참조하면, C1 및 C2는 그림자 유형 중 Type 1에 속하며, 그 중 왼쪽에 조금 더 그림자 영역이 넓은 시스템들이 C1으로 구분되었다. C3, C4, C5는 Type 3와 비슷한 그림자 영역을 가지고 있으나, 방위각과 그림자 면적에 대하여 세부적으로 구분되었다. 그리고, C6은 대부분 그림자 유형 중 Type 4에 속하며, 비교적 높은 곳에 설치된 시스템들로 구분되었다.
- [0068] 발전량 데이터를 이용한 태양광 발전 시스템의 검증을 위하여, 31개월(2019년 1월 ~ 2021년 7월) 동안 수집된 일발전량 데이터를 분석에 사용하였다. 그리고, 각 클러스터의 이상값 검출 구간을 설정하기 위하여, 당일 발전량 평균, 당일 발전량 표준편차, 20일 발전량 평균 및 20일 발전량 표준편차를 계산한 1BB와 20BB를 산출하였다. 6개의 클러스터 내에서 31개월 동안 4개의 이상값 유형이 모두 검출되었다. 도 10은 4개의 이상값 유형별 발전량 데이터를 나타낸 그래프이다.
- [0069] 도 10을 참조하면, 도 10의 (a)는 클러스터 내 발전량 데이터가 두 기준 구간을 벗어나는 것 없이 모두 정상적인 상태를 보여준다(Type1만 있는 정상적인 상태).
- [0070] 그리고, 도 10의 (b)에서는, 1BB 기준에는 속하지만, 20BB 기준을 벗어나는 Type2의 데이터가 검출되었다. 클러스터 내의 데이터 패턴을 따르지만, 20UB보다 높은 발전량이 지속적으로 기록된 2개의 태양광 발전 시스템이 발견되었다.
- [0071] 그리고, 도 10의 (c)에서는, Type3의 태양광 발전 시스템이 발견되었다. 발견된 태양광 발전 시스템은 예측 발전량에는 속하지만, 클러스터 내 데이터들에 비하여 지속적으로 낮은 발전량을 보이고 있다.
- [0072] 그리고, 도 10의 (d)에서는 1BB와 20BB의 모든 기준 구간을 벗어나는 Type4 형태의 태양광 발전 시스템이 발견되었다. 후반부에 모든 기준 구간을 벗어난 데이터가 발견되었으며, 특히 7월 18일에는 발전량이 0이었다. 그리고, 20일에는 급격하게 높은 발전량을 기록하는 등 이상 패턴을 보였다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따른 이상감지 방법을 통해 검출된 4가지 유형의 데이터 중 기준보다 낮게 기록된 태양광 발전 시스템은 문제로 판단할 수 있으나, 높게 기록된 데이터는 이상값이라 판단하기 어려울 수 있다. 따라서, 정확한 판단 및 원인 규명을 위한 현장 검증이 필요할 수 있다.
- [0074] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 장치의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면이다.
- [0075] 도 11을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 장치는 프로세서(10), 메모리(20), 통신부(30) 및 인터페이스부(40)를 포함한다.
- [0076] 프로세서(10)는 메모리(20)에 저장된 처리 명령어를 실행시키는 CPU 또는 반도체 소자일 수 있다.
- [0077] 메모리(20)는 다양한 유형의 휘발성 또는 비휘발성 기억 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(20)는 ROM, RAM 등을 포함할 수 있다.
- [0078] 예를 들어, 메모리(20)는 본 발명의 실시예에 따른 신재생에너지 주택지원사업지에 설치된 태양광 발전 시스템의 불린저 밴드 기반 이상감지 방법을 수행하는 명령어들을 저장할 수 있다.
- [0079] 통신부(30)는 통신망을 통해 다른 장치들과 데이터를 송수신하기 위한 수단이다.
- [0080] 인터페이스부(40)는 네트워크에 접속하기 위한 네트워크 인터페이스 및 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0081] 한편, 전술된 실시예의 구성 요소는 프로세스적인 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 즉, 각각의 구성 요소는 각각의 프로세스로 파악될 수 있다. 또한 전술된 실시예의 프로세스는 장치의 구성 요소 관점에서 용이하게 파악될 수 있다.
- [0082] 또한 앞서 설명한 기술적 내용들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예들을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

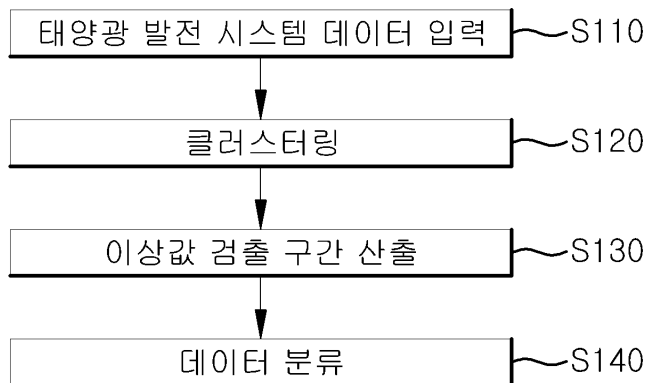
[0083] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

부호의 설명

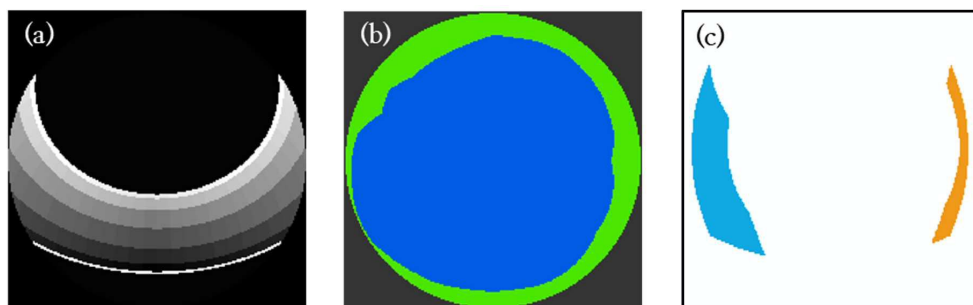
[0084] 10: 프로세서
20: 메모리
30: 통신부
40: 인터페이스부

도면

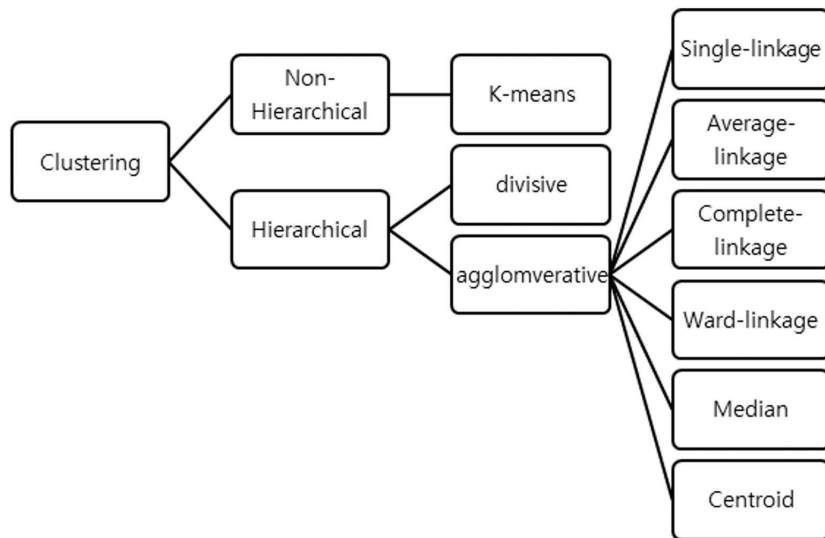
도면1



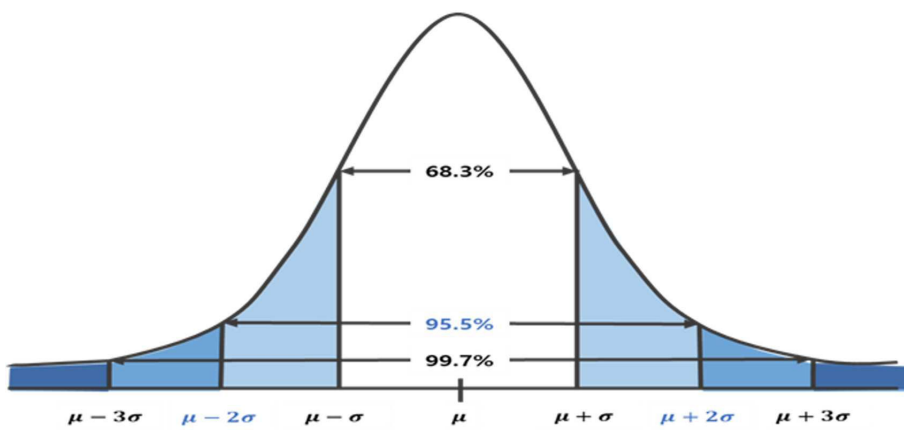
도면2



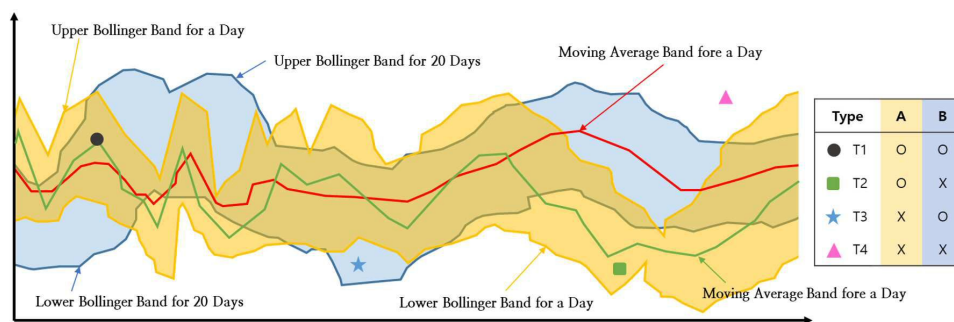
도면3



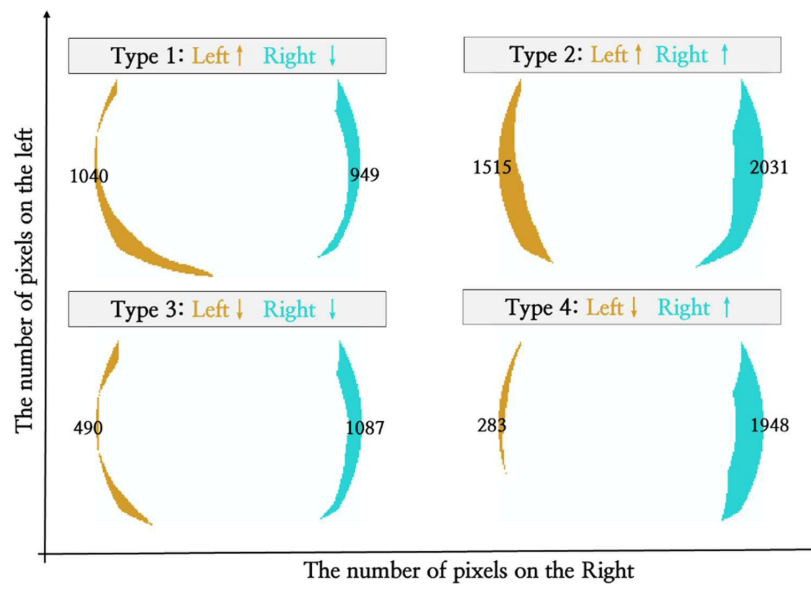
도면4



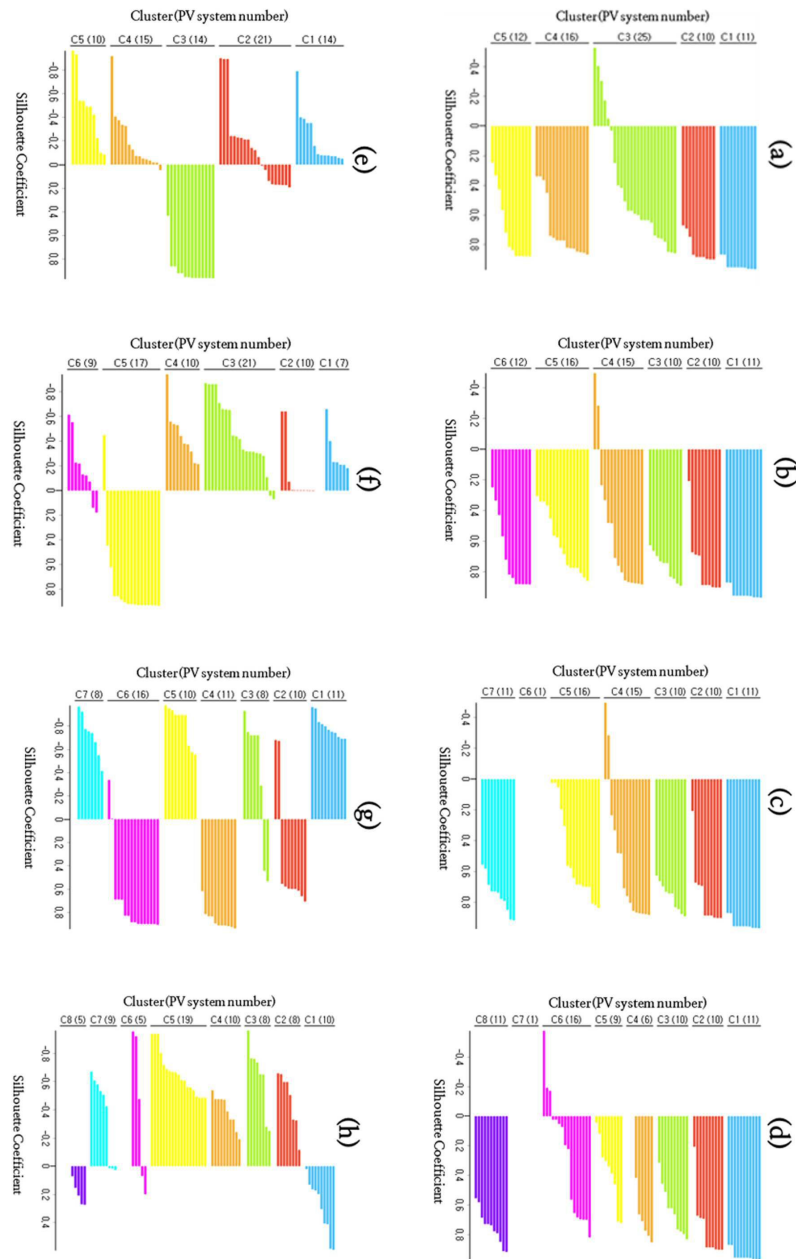
도면5



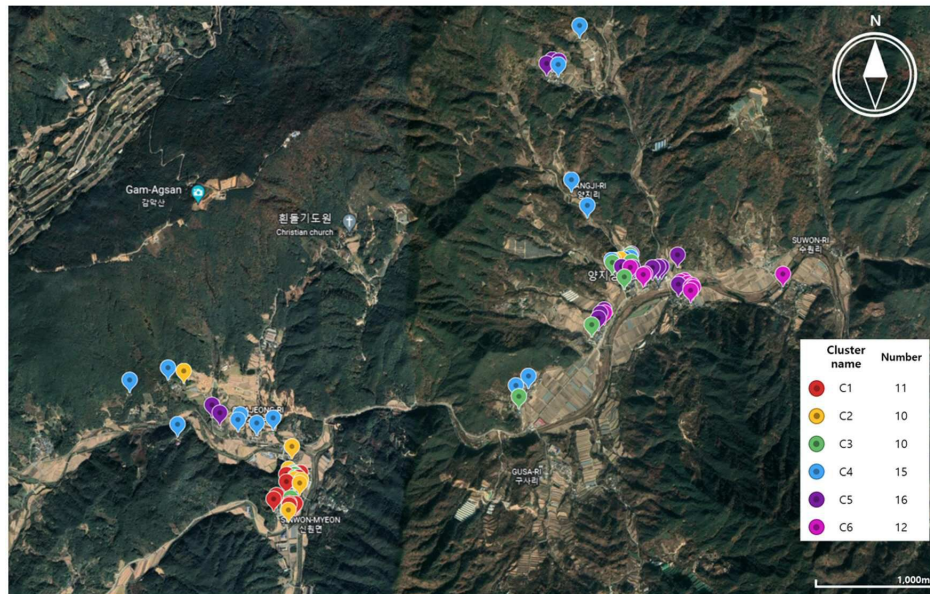
도면6



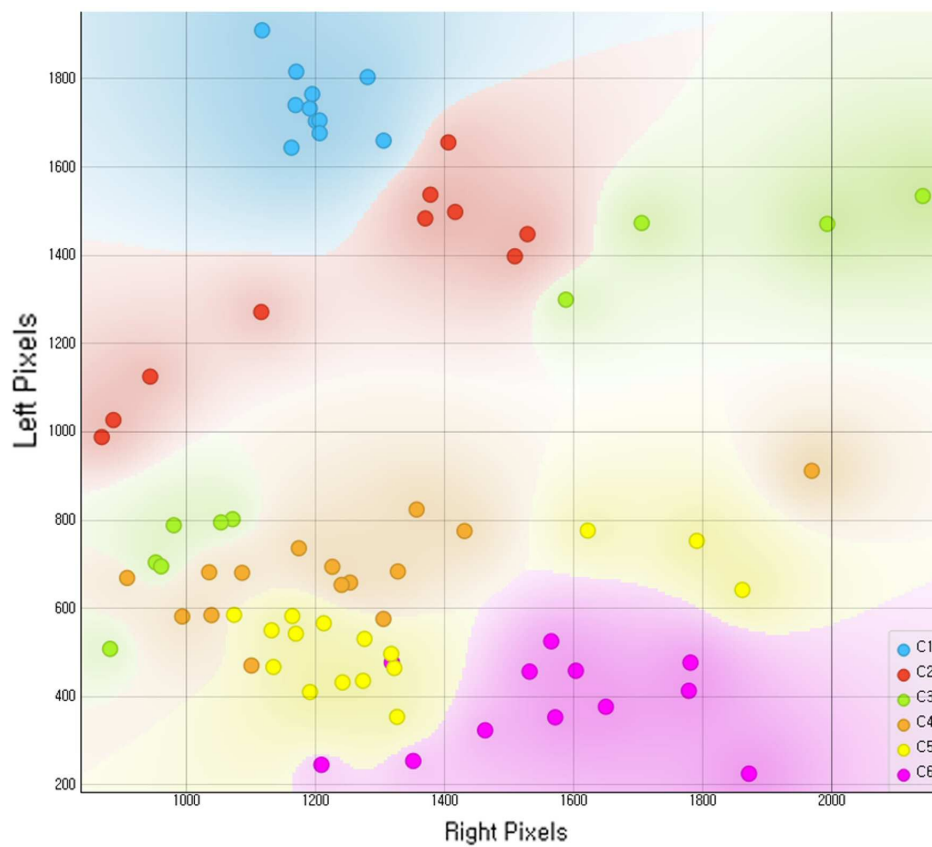
도면7



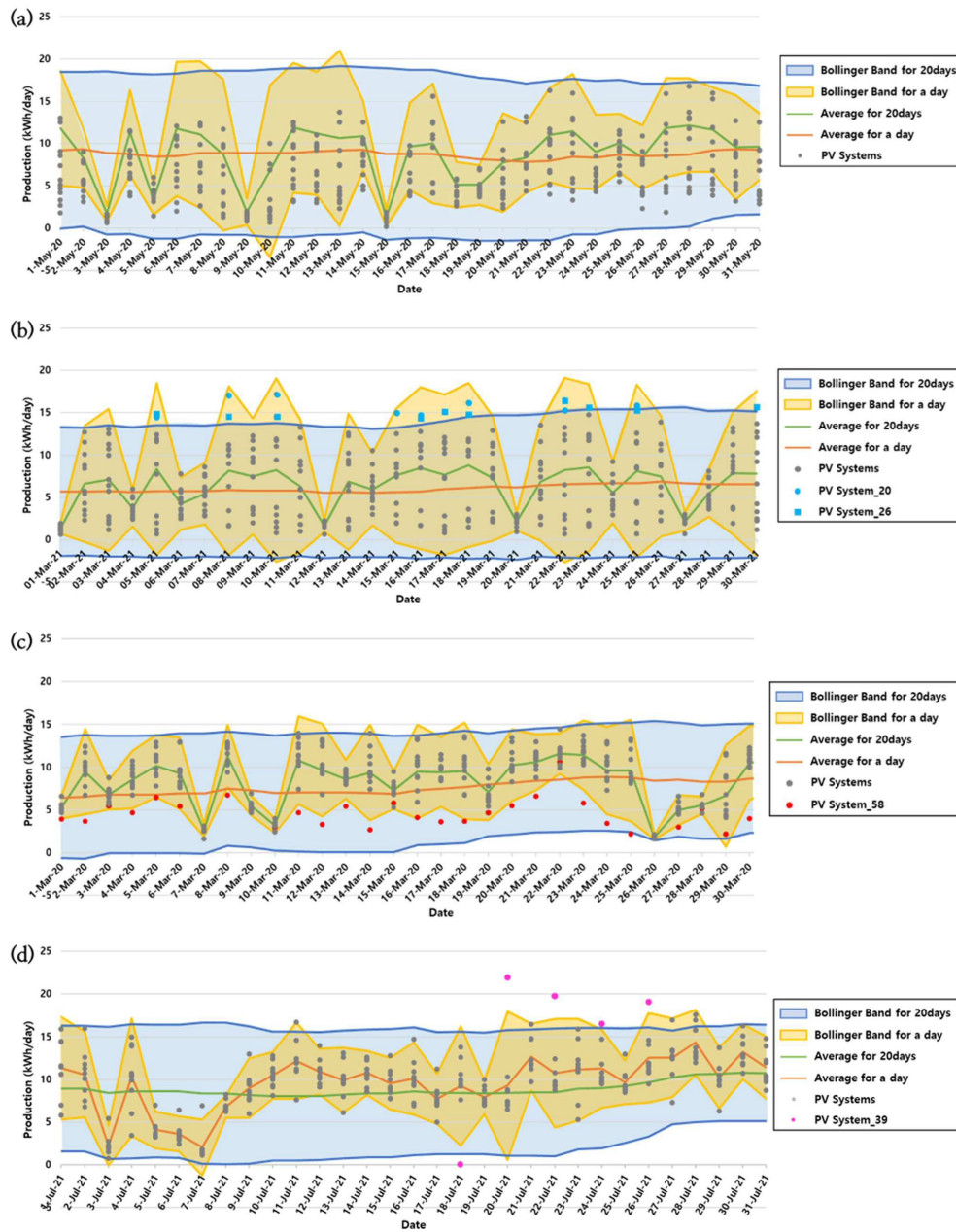
도면8



도면9



도면10



도면11

