(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0131550
(43) 공개일자 2023년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 17/00 (2016.01) *G06N 20/00* (2019.01)
(52) CPC특허분류
F03D 17/00 (2023.08)
G06N 20/00 (2021.08)
(21) 출원번호 10-2022-0028567
(22) 출원일자 2022년03월07일
심사청구일자 2022년03월07일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박민원
경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)
딘민차우
경상남도 김해시 관동로 138, 1401동 1201호 (관동동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종선, 이형석

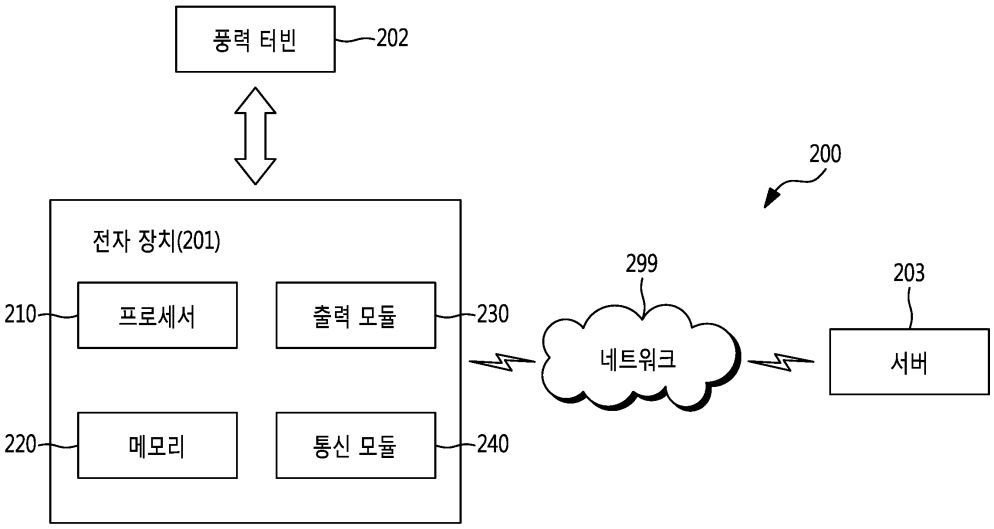
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법 및 이를 지원하는 상태 진단 시스템**

(57) 요 약

풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계하고, 상기 풍력 터빈으로부터 제2 운전 정보를 검출하고, 상기 상태 진단 모델을 이용하여 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인하고, 상기 풍력 터빈으로부터 제2 상태 정보를 검출하고, 상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 결정하도록 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템이 개시된다. 이 외에도 본 문서를 통해 파악되는 다양한 실시 예가 가능하다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
F05B 2260/80 (2023.08)
F05B 2270/301 (2013.01)
F05B 2270/303 (2023.08)
F05B 2270/32 (2013.01)
F05B 2270/327 (2013.01)
Y02E 10/70 (2013.01)

(72) 발명자
김창현
경상남도 창원시 성산구 대암로 64, 6동 501호 (남양동, 상남동성아파트)

박진제
부산광역시 부산진구 거제대로 37, 215동 1808호 (양정동, 현대아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415174524
과제번호	20203010020050
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(R&D)
연구과제명	디지털트윈 기술에 기반한 부유식 해상풍력 시스템의 예지적 유지보수 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)울산테크노파크
연구기간	2020.10.01 ~ 2022.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템에 있어서,

메모리; 및

상기 메모리와 전기적으로 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는:

풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 적어도 하나의 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계하고,

상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 운전 정보와 다른 제2 운전 정보를 검출하고,

상기 상태 진단 모델을 이용하여 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인하고,

상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 상태 정보와 다른 제2 상태 정보를 검출하고,

상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 결정하도록 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 운전 정보 및 상기 제2 운전 정보 각각은, 상기 풍력 터빈과 연관된 적어도 하나의 부품에 가해지는 압력, 상기 풍력 터빈의 회전 속도 및 풍속 중 적어도 하나를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 상태 정보 및 상기 제2 상태 정보 각각은, 상기 풍력 터빈의 온도 및 상기 풍력 터빈의 블레이드 각도 중 적어도 하나를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1 운전 정보는 상기 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 수집된 운전 정보이고,

상기 제2 운전 정보는 상기 풍력 터빈으로부터 실시간(real time)으로 검출되는 운전 정보인, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 지정된 주기에 따라 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제2 운전 정보를 검출하도록 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는:

상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출하고,

상기 편차값이 상태 진단 기준 이하인지 여부에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 정상 운전 상태 또는

이상 운전 상태 중 어느 하나의 운전 상태로 결정하도록 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 상태 진단 기준은 상기 풍력 터빈이 이상 상태일 때 수집된 정보에 기반하여 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 메모리에는 상기 적어도 하나의 가중치에 따라 상기 제1 상태 정보가 상기 제1 운전 정보에 대응하도록 저장된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템.

청구항 9

머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법에 있어서,

풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 적어도 하나의 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계하는 단계;

상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 운전 정보와 다른 제2 운전 정보를 검출하는 단계;

상기 상태 진단 모델을 이용하여 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인하는 단계;

상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 상태 정보와 다른 제2 상태 정보를 검출하는 단계; 및

상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 결정하는 단계를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제1 운전 정보 및 상기 제2 운전 정보 각각은, 상기 풍력 터빈과 연관된 적어도 하나의 부품에 가해지는 압력, 상기 풍력 터빈의 회전 속도 및 풍속 중 적어도 하나를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 제1 상태 정보 및 상기 제2 상태 정보 각각은, 상기 풍력 터빈의 온도 및 상기 풍력 터빈의 블레이드 각도 중 적어도 하나를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 제1 운전 정보는 상기 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 수집된 운전 정보이고,

상기 제2 운전 정보는 상기 풍력 터빈으로부터 실시간(real time)으로 검출되는 운전 정보인, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법은,

상기 제2 운전 정보를 검출하는 단계, 상기 제1 상태 정보를 확인하는 단계, 상기 제2 상태 정보를 검출하는 단계 및 상기 운전 상태를 결정하는 단계 중에서 적어도 하나의 단계 이후, 지정된 주기에 따라 상기 풍력 터빈으

로부터 상기 제2 운전 정보를 검출하는 단계를 더 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 운전 상태를 결정하는 단계는,

상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출하는 단계; 및

상기 편차값이 상태 진단 기준 이하인지 여부에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태 중 어느 하나의 운전 상태로 결정하는 단계를 포함하는, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 상태 진단 기준은 상기 풍력 터빈이 이상 상태일 때 수집된 정보에 기반하여 설정된, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 문서에서 개시되는 실시 예들은 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법 및 이를 지원하는 상태 진단 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 화력발전은 환경 문제를 비롯해 화석 연료 등 지하 지원의 부족으로 인하여 지열에너지, 태양광에너지 및 풍력에너지와 같은 신재생 에너지 자원으로 대체되는 추세이다. 이러한 신재생 에너지 자원 중에서 특히 풍력에너지는 산업계에서 큰 주목을 받고 있다. 해상풍력 기술은 육상풍력보다 더욱 풍부하게 바람을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 소음이나 자연 훼손 문제로부터 자유롭고, 민원 발생률 또한 낮으며, 부지 확보에 용이한 장점 덕분에 대규모 단지 건설에 유리할 수 있다. 상술한 해상풍력 기술은 풍력 터빈 및 풍력 단지를 대형화로 구축할 수 있다는 점에서 신재생 발전원으로 떠오르고 있다.

[0003] 해상풍력 기술과 관련된 수요의 증가로 인하여 풍력 발전기의 유지보수와 관련된 수요 또한 꾸준히 증가하는 추세이다. 풍력 발전기의 유지보수 방법은 사후 유지보수(post maintenance), 예방 유지보수(preventive maintenance) 및 예측 유지보수(predictive maintenance) 등으로 분류될 수 있다. 사후 유지보수는 풍력 발전기에 고장이 발생되는 경우에 부품 수급 및 수리를 진행하는 방안이다. 예방 유지보수는 정기적인 일정이 도래하는 경우에 풍력 발전기의 부품을 교체하는 방안이다. 예측 유지보수는 풍력 발전기의 운전 상태를 실시간으로 확인하여 고장이 발생될 것으로 예상되는 부분을 수리하는 방안이다.

[0004] 상술한 풍력 발전기의 유지보수 방법들은 각기 다른 방법만큼 서로 다른 문제점들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 사후 유지보수는 풍력 발전기에 이미 고장이 발생된 이후 진행되는 방안으로써, 부품 납기 및 수리 준비에 많은 시간을 허비할 수 있고, 이에 따라 풍력 발전기의 운전 중단에 따른 경제적 손실을 초래할 수 있다. 또한, 예방 유지보수는 얼마든지 사용 가능한 부품을 불필요하게 교체할 가능성이 있으므로, 소모품 지출 비용을 증가시킬 수 있다. 반면, 예측 유지보수는 상술한 사후 유지보수 및 예방 유지보수의 문제점들을 해소할 수 있다는 점에서 보다 유효한 유지보수 방법일 수 있다.

[0005] 예측 유지보수는 조기에 고장을 예측하여 풍력 발전기의 치명적인 고장을 예방할 수 있고, 상기 예측을 통한 풍력 발전기의 상태에 따라 부품 납기 및 수리 준비에 대한 시간을 확보할 수 있다. 뿐만 아니라, 예측 유지보수는 조기에 고장을 예측하여 풍력 발전기의 운전 중단 시간(downtime)을 줄일 수 있음은 물론이고, 사용 가능한 부품과 교체를 필요로 하는 부품을 구별하여 소모품 지출 비용을 감소시킬 수 있다.

[0006] 다만, 예측 유지보수는 풍력 발전기에서 실시간으로 검출되는 데이터의 수가 수백여 개에 달하고, 상기 수백여 개의 데이터들을 작업자에게 의존하여 모니터링한다는 한계점이 존재한다. 더욱이, 예측 유지보수는 작업자의

판단에만 의존하여 상기 수백여 개에 달하는 데이터들을 판단하는 경우, 풍력 발전기의 정상 운전 상태와 이상 운전 상태를 오판할 가능성을 배제할 수 없다. 즉, 예측 유지보수는 사용자에 의한 작업 의존도를 줄이는 동시에 풍력 발전기의 상태를 진단하는 기능에 대한 높은 신뢰성이 요구될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이에 따라 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에서는, 풍력 발전기로부터 검출되는 수많은 데이터들을 모니터링 해야 하는 작업자의 의존도를 낮출 수 있는 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법 및 이를 지원하는 상태 진단 시스템을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 실시 예에 따르면, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템은, 메모리, 및 상기 메모리와 전기적으로 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 적어도 하나의 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계하고, 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 운전 정보와 다른 제2 운전 정보를 검출하고, 상기 상태 진단 모델을 이용하여 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인하고, 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 상태 정보와 다른 제2 상태 정보를 검출하고, 상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 결정하도록 설정될 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 운전 정보 및 상기 제2 운전 정보 각각은, 상기 풍력 터빈과 연관된 적어도 하나의 부품에 가해지는 압력, 상기 풍력 터빈의 회전 속도 및 풍속 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 상태 정보 및 상기 제2 상태 정보 각각은, 상기 풍력 터빈의 온도 및 상기 풍력 터빈의 블레이드 각도 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 운전 정보는 상기 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 수집된 운전 정보이고, 상기 제2 운전 정보는 상기 풍력 터빈으로부터 실시간(real time)으로 검출되는 운전 정보일 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 따르면, 상기 적어도 하나의 프로세서는 지정된 주기에 따라 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제2 운전 정보를 검출하도록 설정될 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출하고, 상기 편차값이 상태 진단 기준 이하인지 여부에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태 중 어느 하나의 운전 상태로 결정하도록 설정될 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 상태 진단 기준은 상기 풍력 터빈이 이상 상태일 때 수집된 정보에 기반하여 설정될 수 있다.

[0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 메모리에는 상기 적어도 하나의 가중치에 따라 상기 제1 상태 정보가 상기 제1 운전 정보에 대응하도록 저장될 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 따르면, 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법은, 풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 적어도 하나의 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계하는 단계, 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 운전 정보와 다른 제2 운전 정보를 검출하는 단계, 상기 상태 진단 모델을 이용하여 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인하는 단계, 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제1 상태 정보와 다른 제2 상태 정보를 검출하는 단계, 및 상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 결정하는 단계를 포함를 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 운전 정보 및 상기 제2 운전 정보 각각은, 상기 풍력 터빈과 연관된 적어도 하나의 부품에 가해지는 압력, 상기 풍력 터빈의 회전 속도 및 풍속 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 상태 정보 및 상기 제2 상태 정보 각각은, 상기 풍력 터빈의 온도 및 상기 풍력 터빈의 블레이드 각도 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 운전 정보는 상기 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 수집된 운전 정보이고, 상기 제2 운전 정보는 상기 풍력 터빈으로부터 실시간(real time)으로 검출되는 운전 정보일 수 있다.

[0020] 일 실시 예에 따르면, 상기 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법은, 상기 제2 운전 정보를 검출하는 단계, 상기 제1 상태 정보를 확인하는 단계, 상기 제2 상태 정보를 검출하는 단계 및 상기 운전 상태를 결정하는 단계 중에서 적어도 하나의 단계 이후, 지정된 주기에 따라 상기 풍력 터빈으로부터 상기 제2 운전 정보를 검출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0021] 일 실시 예에 따르면, 상기 운전 상태를 결정하는 단계는, 상기 확인된 제1 상태 정보 및 상기 검출된 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출하는 단계, 및 상기 편차값이 상태 진단 기준 이하인지 여부에 기반하여 상기 풍력 터빈의 운전 상태를 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태 중 어느 하나의 운전 상태로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 상태 진단 기준은 상기 풍력 터빈이 이상 상태일 때 수집된 정보에 기반하여 설정될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법 및 이를 지원하는 상태 진단 시스템은 풍력 발전기로부터 검출되는 수많은 데이터들을 모니터링해야 하는 작업자의 의존도를 낮춤으로써, 작업자의 모니터링 피로도 또한 낮출 수 있다.

[0024] 또한 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따르면, 풍력 발전기로부터 검출되는 수많은 데이터들을 실시간으로 검사하여 풍력 발전기의 실시간 운전 상태를 확인할 수 있다.

[0025] 뿐만 아니라 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따르면, 낮은 작업자의 의존도에 비례하여 작업자에 의한 오판 가능성 또한 낮춤으로써, 예측 유지보수의 정확성 및 신뢰성을 높일 수 있다.

[0026] 더 나아가 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따르면, 풍력 발전기로부터 검출되는 수많은 데이터들을 작업자의 감시에 의한 수작업 대신 학습 모델에 기반하여 능동적으로 진단함으로써, 인건비 감소 및 시간 단축 등 예측 유지보수의 효율성을 높일 수 있다.

[0027] 이 외에도 본 문서를 통해 직접적 또는 간접적으로 파악되는 다양한 효과가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 다양한 실시 예에 따른 풍력 발전기 상태 진단 모델에 활용되는 머신 러닝의 구조를 예시적으로 도시한 도면이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템의 블록도이다.

도 3은 일 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법을 도시한 흐름도이다.

도 4는 다양한 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기의 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태를 결정하는 방법을 도시한 도면이다.

도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 대응되는 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호가 부여될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 이하에서 동일한 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0030] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.

[0031] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "이루어지다(made of)"는 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0032] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성에 대하여 상세히 설명한다.

[0035] 도 1은 다양한 실시 예에 따른 풍력 발전기 상태 진단 모델에 활용되는 머신 러닝의 구조를 예시적으로 도시한 도면이다.

[0036] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 머신 러닝 구조(100)는 후술할 풍력 발전기 상태 진단 모델에 활용될 수 있다. 예를 들어, 풍력 발전기 상태 진단 모델은 머신 러닝 구조(100)에 기반하여 풍력 발전기의 예측 유지보수와 관련된 학습 모델로 설계될 수 있다.

[0037] 일 실시 예에 따르면, 머신 러닝 구조(100)는 입력층(input layer)(110), 은닉층들(hidden layers)(120), 및 출력층(output layer)(130)를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 머신 러닝 구조(100)는 상술한 구성요소들 중 적어도 하나를 생략하거나 또는 다른 적어도 하나의 구성요소를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 머신 러닝 구조(100)는 입력층(110) 및 출력층(130) 사이에 단일의 은닉층(hidden layer)만을 포함할 수 있다.

[0038] 일 실시 예에 따르면, 입력층(110)은 출력층(130)의 출력 변수를 예측하기 위한 적어도 하나의 입력 변수를 입력 받을 수 있다. 예를 들어, 입력층(110)에는 적어도 하나의 노드(node)를 통해 풍력 터빈의 입력 변수(예: 풍력 터빈의 운전 정보)가 저장될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 입력층(110)의 노드들 각각에는 서로 다른 입력 변수들이 저장될 수 있다. 예를 들어, 입력층(110)의 제1 노드에는 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제1 운전 정보가 저장되고, 입력층(110)의 제2 노드에는 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제2 운전 정보가 저장될 수 있다.

[0039] 일 실시 예에 따르면, 은닉층들(120)은 입력층(110)으로부터 적어도 하나의 입력 변수를 수신하여 출력층(130)으로 전달할 수 있다. 예를 들어, 은닉층들(120)은 입력층(110)으로부터 수신된 입력 변수의 가중합을 계산하고, 상기 계산된 가중합을 전이함수(예: 비선형 함수)에 적용하여, 출력 변수를 출력층(130)으로 전달할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 은닉층들(120)은 입력층(110)으로부터 서로 다른 변수들을 수신하는 경우, 상기 서로 다른 변수들 각각에 대하여 가중합들을 계산하고, 상기 계산된 가중합들을 전이함수에 적용하여 서로 다른 복수의 출력 변수들을 출력층(130)으로 전달할 수 있다. 예를 들어, 은닉층들(120)은 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제1 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보, 및 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제2 운전 정보에 대응하는 제2 상태 정보를 출력층(130)으로 전달할 수 있다.

[0040] 일 실시 예에 따르면, 출력층(130)은 은닉층들(120)로부터 계산 및 적용된 값을 수신하여 출력 변수를 출력할 수 있다. 예를 들어, 출력층(130)은 풍력 터빈의 입력 변수에 대응하는 풍력 터빈의 출력 변수(예: 풍력 터빈의 상태 정보)를 예측값으로써 출력할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 출력층(130)은 은닉층들(120)로부터 계산 및 적용된 값을 수신하여 복수의 출력 변수를 출력할 수 있다. 예를 들어, 출력층(130)은 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제1 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보, 및 풍력 터빈이 정상 운전 상태일 때 제2 운전 정보에 대응하는 제2 상태 정보를 예측값으로써 출력할 수 있다.

[0041] 다양한 실시 예에 따르면, 상술한 제1 운전 정보, 제2 운전 정보, 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보에서 사용되는 제1 및 제2 등의 표현들은 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계할 때 복수의 예측값들을 추론하기 위하여 입력 변수 및 출력 변수들을 예시적으로 구분하는 표현일 수 있다. 또한, 위에서 사용되는 제1 및 제2 등의 표현들은 후술하는 풍력 발전기 상태 진단 모델을 활용할 때 사용되는 제1 및 제2 표현들과 구별될 수 있다.

[0043] 도 2는 일 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템의 블록도이다.

[0044] 도 2를 참조하면, 일 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 풍력 터빈(202)의 상태를 진단하기 위하여, 전자 장치(201) 및 인공지능 서버(203)를 포함할 수 있다. 전자 장치(201)는 네트워크(299)(예: 원거리 무선 통신 네트워크)를 통해 인공지능 서버(203)와 연결될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 전자 장치(201)는 인공지능 서버(203)와 통합되어 하나의 장치로 구현될 수도 있다.

[0045] 일 실시 예에 따르면, 전자 장치(201)는 적어도 하나의 프로세서(210), 메모리(220), 출력 모듈(230) 및 통신 모듈(240)을 포함할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 전자 장치(201)는 상술한 구성요소들 중 적어도 하나를 생략하거나 또는 적어도 하나의 구성요소를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치(201)는 운전 상태를 진단하고자 하는 풍력 터빈(202)의 부품을 설정하거나 해당 풍력 터빈(202)과 다른 풍력 터빈을 진단하고자 하는 경우 등 적어도 하나의 프로세서(210)에 사용될 명령 또는 데이터를 외부(예: 사용자)로부터 수신하기 위하여, 입력 모듈(미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0046] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 터빈(202)의 정상 운전 상태일 때 운전 정보(이하, 제1 운전 정보) 및 가중치에 기반하여 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계할 수 있다. 여기서 제1 운전 정보는 풍력 터빈(202)을 감시하기 위한 풍력 터빈(202)의 운전 정보, 예컨대 풍력 터빈(202)과 연관된 적어도 하나의 부품에 가해지는 압력, 풍력 터빈(202)의 회전 속도 및 풍속 중 적어도 하나를 포함하는 SCADA(supervisory control and data, SCADA) 데이터일 수 있다.

[0047] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계하기 위하여, 다음과 같은 동작들을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서는(210)는 풍력 터빈(202)의 제1 운전 정보를 입력 변수로써 입력층(110)에 입력할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서(210)는 상기 입력층(110)에 입력된 제1 운전 정보를 은닉층들(120)을 통해 가중치와 연산하여, 제1 운전 정보에 대응하는 풍력 터빈(202)의 정상 운전 상태일 때 상태 정보(이하, 제1 상태 정보)로써 출력층(130)을 통해 도출할 수 있다. 여기서 제1 상태 정보는 풍력 터빈(202)의 부품 상태를 나타내는 정보, 예컨대 풍력 터빈(202)의 온도 및 풍력 터빈(202)의 블레이드 각도 중 적어도 하나를 포함하는 예측 데이터일 수 있다.

[0048] 다양한 실시 예에서, 적어도 하나의 프로세서(210)는 복수의 가중치에 기반하여 상기 제1 운전 정보를 입력하는 동작과 상기 제1 상태 정보를 도출하는 동작을 반복할수록 상기 제1 상태 정보를 높은 정확도로 예측할 수 있다. 상기 복수의 가중치는 상술한 학습 알고리즘이 반복되는 동안 계속해서 수정될 수 있다.

[0049] 다양한 실시 예에 따르면, 풍력 발전기 상태 진단 모델의 설계에 따른 데이터들은 지정된 형태로 구조화될 수 있다. 예를 들어, 구조화된 테이블 상에서, 복수의 제1 운전 정보들 중 하나는 복수의 제1 상태 정보들 중 하나와 맵핑되고, 상기 복수의 제1 운전 정보들 중 다른 하나는 상기 복수의 제1 상태 정보들 중 다른 하나와 맵핑될 수 있다.

[0050] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 터빈(202)의 실시간(real time) 운전 정보(이하, 제2 운전 정보)를 검출할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 지정된 주기(예: 10분)에 따라 지정된 시점에 풍력 터빈(202)으로부터 제2 운전 정보를 검출할 수 있다. 여기서 검출된 제2 운전 정보는 상술한 풍력 발전기 상태 진단 모델의 학습에 이용된 적어도 하나의 제1 운전 정보와 동일 또는 유사한 정보일 수 있다.

[0051] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 터빈(202)으로부터 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 상술한 풍력 발전기 상태 진단 모델에 기반하여, 상기 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 획득할 수 있다. 여기서 획득되는 제1 상태 정보는 풍력 터빈(202)의 정상 운전 상태일 때 획득될 수 있는 상태 정보를 예측한 기준값으로써, 제1 운전 정보에 따라 결정된 정보일 수 있다.

[0052] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 터빈(202)의 실시간 상태 정보(이하, 제2 상태 정보)를 검출할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 지정된 주기에 따른 지정된 시점들 중 어느 한 시점에 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제2 상태 정보를 풍력 터빈(202)으로부터 검출할 수 있다. 여기서 검출되는 제2 상태 정보는 풍력 터빈(202)의 실시간 운전 상태에 해당하는 실제값일 수 있다.

[0053] 일 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보를 비교한 결과에 기반하여 풍력 터빈(202)의 운전 상태를 결정할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보의 차이를 나타내는 편차값을 산출하고, 상기 산출된 편차값이 상태 진단 기준 이상인지 여부에 따라 풍력 터빈(202)의 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태를 결정할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서

(210)는 상기 산출된 편차값이 상태 진단 기준 이하인 경우, 풍력 터빈(202)의 운전 상태가 정상 운전 상태인 것으로 결정할 수 있다. 또는, 적어도 하나의 프로세서(210)는 상기 산출된 편차값이 상태 진단 기준 초과인 경우, 풍력 터빈(202)의 운전 상태가 이상 운전 상태인 것으로 결정할 수 있다. 여기서 상태 진단 기준은 풍력 터빈(202)의 운전 이력들 중 이상 운전 상태를 참고하여 결정될 수 있다.

[0054] 다양한 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 발전기 상태 진단 모델의 처리에 특화된 하드웨어 구조(예: 신경망 처리 장치)를 포함할 수 있다. 풍력 발전시 상태 진단 모델의 기계 학습은 상기 특화된 하드웨어 구조에서 수행되거나, 또는 별도의 서버(예: 인공지능 서버(203))를 통해 수행돌 수도 있다.

[0055] 풍력 발전기 상태 진단 모델의 학습 알고리즘은 예를 들어, 지도형 학습(supervised learning), 비지도형 학습(unsupervised learning), 준지도형 학습(semi-supervised learning), 강화 학습(reinforcement learning), 또는 회귀 학습(regression learning)을 포함할 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 풍력 발전기 상태 진단 모델은 복수의 인공 신경망 레이어들을 포함할 수 있다. 인공 신경망은 심층 신경망(DNN: deep neural network), CNN(convolutional neural network), RNN(recurrent neural network), RBM(restricted boltzmann machine), DBN(deep belief network), BRDNN(bidirectional recurrent deep neural network), 심층 Q-네트워크(deep Q-networks) 또는 상기 중 둘 이상의 조합 중 하나일 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 풍력 발전기 상태 진단 모델은 하드웨어 구조 이외에, 추가적으로 또는 대체적으로, 소프트웨어 구조를 포함할 수 있다.

[0056] 다양한 실시 예에서, 적어도 하나의 프로세서(210)는 도 1에 도시된 머신 러닝 구조(100)에 기반하여 상술한 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계할 수 있다.

[0057] 다양한 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서(210)는 메모리(220)로부터 명령(command) 또는 인스트럭션들(instructions)을 수신하고, 수신된 명령 또는 인스트럭션들에 따라 각 구성요소들을 제어하여, 다양한 기능들을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서(210)는 중앙 처리 장치(central processing unit, CPU), 마이크로 컨트롤 유닛(micro control unit, MCU), 마이크로 프로세서 유닛(micro processor unit, MPU) 등으로 구현될 수 있다.

[0058] 일 실시 예에 따르면, 메모리(220)에는 풍력 발전기 상태 진단 모델과 관련된 다양한 데이터들이 저장될 수 있다. 예를 들어, 메모리(220)에는 풍력 터빈(202)이 정상 운전 상태일 때 수집된 운전 정보(제1 운전 정보에 해당), 상기 수집된 운전 정보와 연산되는 복수의 가중치들이 저장될 수 있다. 또한, 메모리(220)에는 상기 수집된 운전 정보 및 상기 복수의 가중치들의 연산 결과에 따른 예측값(제1 상태 정보에 해당)이 더 저장될 수 있다. 상술한 데이터들은 에컨대 테이블과 같이 구조화된 데이터로써 메모리(220)에 저장될 수 있다.

[0059] 다양한 실시 예에 따르면, 메모리(220)는 적어도 하나의 프로세서(210)와 전기적으로 연결될 수 있다. 메모리(220)에는 전자 장치(201)를 동작시키기 위한 다양한 프로그램들, 적어도 하나의 프로세서(210)를 동작시키기 위한 다양한 명령 및/또는 인스트럭션들이 저장될 수 있다. 메모리(220)는 내장 메모리 또는 외장 메모리 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 내장 메모리는 휘발성 메모리(예: DRAM, SRAM, 또는 SDRAM 등), 비휘발성 메모리(예: OTPROM(one time programmable ROM), PROM, EPROM, EEPROM, mask ROM, flash ROM, 플래시 메모리, 하드 드라이브, 또는 솔리드 스테이트 드라이브 (SSD) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 외장 메모리는 다양한 인터페이스를 통하여 전자 장치(201)와 연결될 수 있는 SD(secure digital), Micro-SD, Mini-SD, 또는 USB(universal serial bus) 메모리 등을 포함할 수 있다.

[0060] 일 실시 예에 따르면, 출력 모듈(230)은 풍력 발전기 상태 진단 모델에 기반하여 도출된 풍력 터빈(202)의 운전 상태와 관련된 정보를 출력할 수 있다. 예를 들어, 출력 모듈(230)은 풍력 발전기 상태 진단 모델에 기반하여 풍력 터빈(202)의 운전 상태가를 이상 운전 상태라고 판단하는 경우, 디스플레이를 통해 해당 상태를 시각적으로 제공할 수 있다.

[0061] 일 실시 예에 따르면, 통신 모듈(240)은 전자 장치(201)와 인공지능 서버(203) 간의 직접(예: 유선) 통신 채널 또는 무선 통신 채널의 수립, 및 수립된 통신 채널을 통한 통신 수행을 지원할 수 있다. 통신 모듈(240)은 프로세서(210)와 독립적으로 운영되고, 직접(예: 유선) 통신 또는 무선 통신을 지원하는 하나 이상의 커뮤니케이션 프로세서를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 통신 모듈(240)은 무선 통신 모듈(예: 셀룰러 통신 모듈, 근거리 무선 통신 모듈, 또는 GNSS(global navigation satellite system) 통신 모듈) 또는 유선 통신 모듈(예: LAN(local area network) 통신 모듈, 또는 전력선 통신 모듈)을 포함할 수 있다.

[0062] 다양한 실시 예에 따르면, 전자 장치(201)는 상기 전자 장치(201)와 물리적으로 분리된 인공지능 서버(203)로부

터 풍력 발전기 상태 진단 모델과 관련된 다양한 데이터를 송신 및/또는 수신할 수 있다. 예를 들어, 인공지능 서버(203)는 풍력 발전기 상태 진단 모델의 기계 학습과 관련된 환경을 구축하고, 풍력 터빈(202)의 운전 상태를 판단하기 위한 데이터들(예: 제1 상태 정보)을 네트워크(299)를 통해 전자 장치(201)로 전송할 수 있다.

[0063] 다양한 실시 예에 따르면, 풍력 터빈(202)은 풍력 발전기의 또는 풍력 발전기에 포함된 구성을 포함할 수 있다. 풍력 터빈(202)은 운전 상태를 진단하기 위한 다양한 데이터들(예: 제2 운전 정보 및 제2 상태 정보)을 전자 장치(201)로 전송할 수 있다.

[0065] 도 3은 일 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기 상태 진단 방법을 도시한 흐름도이다.

[0066] 단계 S310을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 풍력 터빈(202)의 제1 운전 정보 및 가중치에 기반하여 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 발전기 상태 진단 모델을 설계하기 위하여, 다음과 같은 동작들을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서는(210)는 풍력 터빈(202)의 제1 운전 정보를 입력 변수로써 입력층(110)에 입력할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서(210)는 상기 입력층(110)에 입력된 제1 운전 정보를 은닉층들(120)을 통해 가중치와 연산하여, 제1 운전 정보에 대응하는 풍력 터빈(202)의 정상 운전 상태일 때 상태 정보(이하, 제1 상태 정보)로써 출력층(130)을 통해 도출할 수 있다.

[0067] 단계 S320을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 풍력 터빈(202)으로부터 제2 운전 정보를 검출할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 지정된 주기(예: 10분)에 따라 지정된 시점에 풍력 터빈(202)으로부터 제2 운전 정보를 검출할 수 있다.

[0068] 단계 S330을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 상기 단계 S310에서 설계된 풍력 발전기 상태 진단 모델을 이용하여, 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 풍력 발전기 상태 진단 모델의 학습에 이용된 제1 운전 정보들 중 상기 단계 S320에서 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제1 운전 정보를 확인하고, 상기 확인된 제1 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 기준값으로써 획득할 수 있다.

[0069] 단계 S340을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 풍력 터빈(202)으로부터 제2 상태 정보를 검출할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 지정된 주기에 따른 지정된 시점들 중 어느 한 시점에 검출된 제2 운전 정보에 대응하는 제2 상태 정보를 풍력 터빈(202)으로부터 검출할 수 있다. 여기서 검출되는 제2 상태 정보는 풍력 터빈(202)의 실시간 운전 상태에 해당하는 실제값일 수 있다.

[0070] 단계 S350을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 풍력 터빈(202)의 운전 상태를 결정할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보의 차이와 풍력 터빈(202)의 운전 이력들 중 이상 운전 상태를 비교한 결과에 따라, 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태를 결정할 수 있다.

[0071] 다양한 실시 예에 따르면, 단계 S310 내지 단계 350은 상술한 순서에 제한되지 않는다. 예를 들어, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 단계 S340 이후 단계 S330을 수행하거나, 또는 단계 S320 및 단계 S340을 통합하여 수행할 수도 있다.

[0072] 다양한 실시 예에 따르면, 단계 S320 내지 단계 S350은 지정된 주기(예: 10분)에 따라 반복적으로 수행될 수 있다.

[0074] 도 4는 다양한 실시 예에 따른 머신 러닝에 기반하는 풍력 발전기의 정상 운전 상태 또는 이상 운전 상태를 결정하는 방법을 도시한 도면이다. 도 4의 단계 S410 내지 단계 S440은 도 3의 단계 S340 이후 수행될 수 있다.

[0075] 단계 S410을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 제1 상태 정보 및 제2 상태 정보의 차이를 나타내는 편차값을 산출할 수 있다.

[0076] 단계 S420을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 상기 단계 S410에서 산출된 편차값이 상태 진단 기준 이하인지 여부를 확인할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(210)는 상기 산출된 편차값을 풍력 터빈(202)의 운전 이력들 중 이상 운전 상태일 때 상태 정보과 비교할 수 있다.

[0077] 단계 S430을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 상기 단계 S420에서 편차값이 상태 진단 기준 이하인 것으로 확인되면, 풍력 터빈(202)의 운전 상태를 정상 운전 상태인 것으로 결정할 수 있다.

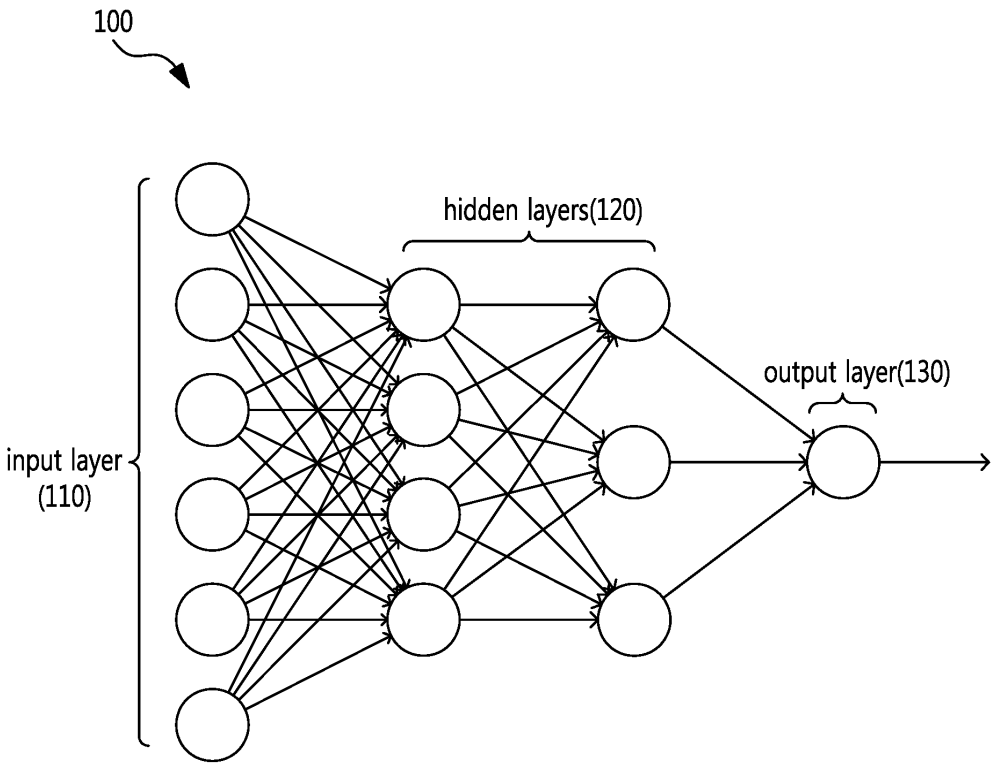
[0078] 단계 S440을 참조하면, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 상기 단계 S420에서 편차값이 상태 진단 기준 이하가 아닌 것(즉, 초과인 것)으로 확인되면, 풍력 터빈(202)의 운전 상태를 이상 운전 상태인 것으로 결정할 수 있다.

[0079] 다양한 실시 예에서, 풍력 발전기 상태 진단 시스템(200)은 단계 S430 및/또는 단계 S440 이후, 출력 모듈(230)을 통해 풍력 터빈(202)의 운전 상태와 관련된 정보를 사용자에게 제공할 수 있다.

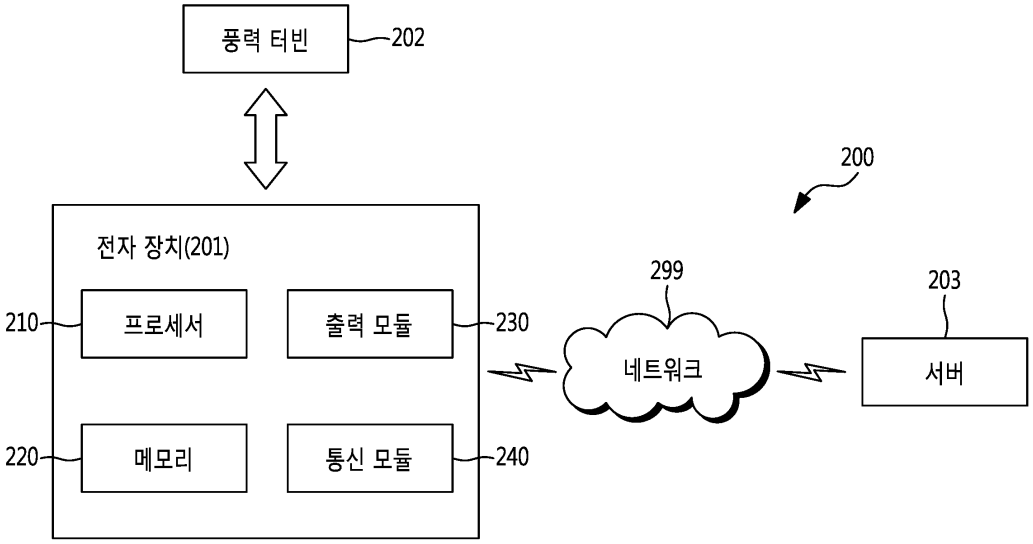
[0081] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 다양한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

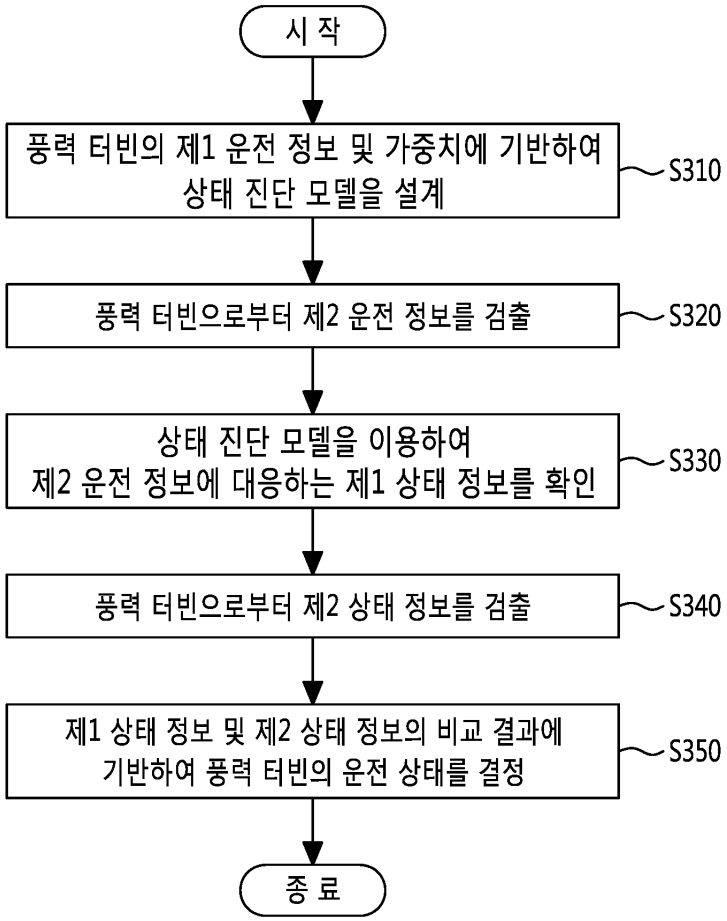
도면1



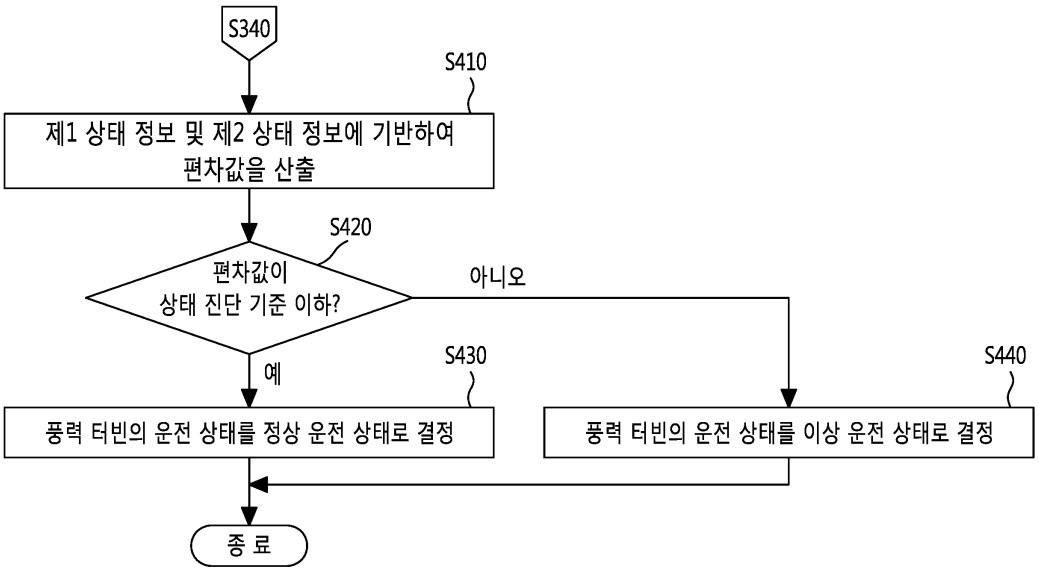
도면2


풍력 터빈
202
200
전자 장치(201)
299
203
210
프로세서
출력 모듈
230
네트워크
서버
220
메모리
통신 모듈
240

도면3


시 작
풍력 터빈의 제1 운전 정보 및 가중치에 기반하여 상태 진단 모델을 설계
S310
풍력 터빈으로부터 제2 운전 정보를 검출
S320
상태 진단 모델을 이용하여 제2 운전 정보에 대응하는 제1 상태 정보를 확인
S330
풍력 터빈으로부터 제2 상태 정보를 검출
S340
제1 상태 정보 및 제2 상태 정보의 비교 결과에 기반하여 풍력 터빈의 운전 상태를 결정
S350
종 료

도면4


S340
S410
제1 상태 정보 및 제2 상태 정보에 기반하여 편차값을 산출
S420
편차값이 상태 진단 기준 이하?
아니오
예
S430
풍력 터빈의 운전 상태를 정상 운전 상태로 결정
S440
풍력 터빈의 운전 상태를 이상 운전 상태로 결정
종 료