

명세서

발명의 명칭: 설비 고장 예측 진단 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 설비단에서 제공받은 데이터를 활용하여 설비의 상태를 실시간으로 모니터링함으로써 설비의 예지 보전이 가능하도록 하는 설비 고장 예측 진단 장치 및 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 설비 분야에서는 진단 대상 설비의 현재 상태를 파악하고 고장을 예측하기 위해 고장 예지 관리(Prognostics and Health Management: PHM)의 적용이 증가하고 있는 추세이다.

- [4] 고장 예지 관리는 비용의 절감뿐만 아니라, 시스템이 안정적으로 동작할 수 있도록 하며 비용 효율적이고 다운 타임(Down time) 없는 유지 보수 체계를 실현하기 위해 빠르게 성장하고 있다.

- [5] 이와 같이 진단 대상 설비의 고장을 사전에 탐지하기 위해, 진단 대상 설비에 연결된 센서의 측정결과를 사용자가 설정한 상한치와 비교하는 방식이 활용될 수 있다.

- [6] 한편, 설비 분야의 기술 발전으로 인해 하나의 설비가 다양한 작업을 수행할 수 있게 되었으며, 설비의 구조가 복잡해지게 되어 상한치를 일괄적으로 설정하거나, 사용자가 직접 설정하는 것이 점점 어려워지고 있다.

- [7] 따라서, 다양한 조건에서 설비의 상태를 보다 정밀히 파악할 수 있도록 하는 고장 예지 관리 방안이 제시될 필요가 있다.

[8]

- [9] 상기의 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

[10]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명의 목적은 진단 대상 설비의 동작 특성에 따라 센싱된 정보를 가공하고, 이를 활용하여 학습 및 고장 예측을 수행함으로써, 보다 정확하고 효율적인 예지 보전이 가능해지도록 하는 설비 고장 예측 진단 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[12]

- [13] 본 발명의 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

[14]

과제 해결 수단

- [15] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치는, 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 상기 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득하는 수집부; 상기 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하고, 상기 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 각 구간에 대한 유효 정보를 추출하는 전처리부; 및 상기 추출된 유효 정보를 기반으로 상기 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하고, 상기 학습된 정상 동작 기준과 상기 학습 이후 추출된 유효 정보에 기반하여 상기 진단 대상 설비의 고장을 예측하고, 상기 예측의 결과를 출력하는 진단부를 포함한다.
- [16] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 진단 대상 설비가 변속 동작할 경우, 상기 동작 상태 정보의 단위 패턴을 판단하고, 상기 동작 상태 정보를 상기 판단된 단위 패턴별로 분할할 수 있다.
- [17] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 동작 상태 정보로부터 복수의 패턴을 추출하고, 상기 추출된 복수의 패턴 중 어느 하나와 나머지 중 적어도 일부 간의 유사도 판단에 기반하여 상기 단위 패턴을 판단할 수 있다.
- [18] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 진단 대상 설비가 정속 동작할 경우, 기 설정된 시간 간격에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할할 수 있다.
- [19] 예를 들어, 상기 전처리부는 외부로부터 전달받은 상기 진단 대상 설비에 대한 시작 신호 및 종료 신호를 반영하여 상기 분할을 수행할 수 있다.
- [20] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 동작 상태 정보 중, 외부로부터 전달받은 상기 진단 대상 설비의 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 상기 유효 정보를 추출할 수 있다.
- [21] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 진단 대상 설비의 구동축 개수에 기반하여 상기 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 주파수 값을 포함하는 유효 정보를 추출할 수 있다.
- [22] 예를 들어, 상기 전처리부는 상기 진단 대상 설비의 구동축이 기 설정된 개수를 초과하는 경우, 상기 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 시간값을 더 포함하는 유효 정보를 추출할 수 있다.
- [23] 예를 들어, 상기 진단부는 상기 정상 동작 기준 및 상기 유효 정보 간의 불일치도에 기반하여 상기 예측을 수행할 수 있다.
- [24] 예를 들어, 상기 진단부는 상기 유효 정보의 특징값을 기반으로 상기 정상 동작 기준을 학습할 수 있다.

- [25] 예를 들어, 상기 진단부는 상기 유효 정보의 차원 축소를 통해 상기 특징값을 추출하고, 상기 추출된 특징값을 복원하는 과정을 통해 상기 학습 및 예측을 수행할 수 있다.
- [26] 예를 들어, 상기 진단부는 상기 유효 정보를 소정의 인공지능 알고리즘에 입력함으로써 상기 학습 및 진단을 수행할 수 있다.
- [27] 예를 들어, 상기 진단부는 복수 종류의 설비에 대한 정상 동작 기준을 각각 학습하고, 상기 학습된 정상 동작 기준 중에서 상기 진단 대상 설비의 종류에 대응되는 정상 동작 기준에 기반하여 상기 예측을 수행할 수 있다.
- [28] 예를 들어, 상기 진단부는 외부로부터 상기 진단 대상 설비의 동작 변경 신호를 획득한 경우 상기 동작 변경 신호의 획득 이후에 상기 수집부가 획득한 동작 상태 정보를 기반으로 상기 정상 동작 기준을 재학습할 수 있다.
- [29] 예를 들어, 상기 진단부는 상기 진단 대상 설비의 고장이 예측될 경우, 상기 진단 대상 설비의 보전을 위한 작업 신호를 출력할 수 있다.

[30]

- [31] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 방법은, 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 상기 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득하는 단계; 상기 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하는 단계; 기 설정된 조건에 기반하여 상기 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 각 구간에 대한 유효 정보를 추출하는 단계; 상기 추출된 유효 정보를 기반으로 상기 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하는 단계; 상기 학습된 정상 동작 기준과 상기 학습 이후 추출된 유효 정보에 기반하여 상기 진단 대상 설비의 고장을 예측하는 단계; 및 상기 예측의 결과를 출력하는 단계를 포함한다.

[32]

발명의 효과

- [33] 상술한 바와 같은 본 발명의 다양한 실시예에 의해, 진단 대상 설비의 고장을 사전에 예측하고, 정상 가동을 위해 보전 활동이 수행될 수 있게 된다.
- [34] 이를 통해, 설비 가동 중단으로 인한 생산 효율 저하를 방지할 수 있게 된다.
- [35] 특히, 진단 대상 설비로부터 수집되는 높은 품질의 정보를 통해 실시간으로 진단 대상 설비의 상태를 정밀히 모니터링함으로써 고장 예측 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

[36]

- [37] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

[38]

도면의 간단한 설명

- [39] 도 1은 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 설비 고장 예측 진단 시스템의 구현 예시를 나타낸 도면.
- [40] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치의 구성을 나타낸 도면.
- [41] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 동작 상태 정보의 분할 과정을 설명하기 위한 도면.
- [42] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 유효 정보 추출 과정을 설명하기 위한 도면.
- [43] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 학습 및 진단 과정을 설명하기 위한 도면.
- [44] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 방법을 설명하기 위한 도면.

[45]

발명의 실시를 위한 형태

- [46] 본 명세서 또는 출원에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서 또는 출원에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.
- [47] 본 발명에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [48] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이 상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [49] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [50] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.

- [51] 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [52] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [53] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [54] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [55] 본 명세서에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [56] 제어기(Controller)는 담당하는 기능의 제어를 위해 다른 제어기나 센서와 통신하는 통신 장치, 운영체제나 로직 명령어와 입출력 정보 등을 저장하는 메모리 및 담당 기능 제어에 필요한 판단, 연산, 결정 등을 수행하는 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다.
- [57]
- [58] 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치 및 방법은, 진단 대상 설비의 동작 특성을 반영하여 수집된 정보를 전처리함으로써 진단 대상 설비의 동작 상태를 보다 정밀히 분석하고, 각 설비의 종류별로 동작 상태를 학습 및 진단하며, 이를 통해 보다 정확하고 효율적인 예지 보전이 가능해지도록 할 것을 제안한다.
- [59] 본 발명에 따른 설비 고장 예측 진단 장치 및 방법을 설명하기에 앞서, 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 설비 고장 예측 진단 시스템의 구현 예시를 먼저 설명하도록 한다.
- [60]

- [61] 도 1은 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 설비 고장 예측 진단 시스템의 구현 예시를 나타낸 도면이다.
- [62] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 설비 고장 예측 진단 시스템은, 서로 다른 설비들에 연결된 설비 센서들(11-13), 엣지 컴퓨팅 장치(20) 및 클라우드(30)를 포함하여 구현될 수 있다. 다만, 이와 같은 구성은 예시일 뿐, 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 설비 고장 예측 진단 시스템의 구성은 반드시 이와 같은 것으로 한정되는 것은 아니다. 이하, 각 구성에 대하여 설명하도록 한다.
- [63] 먼저, 제1 설비 센서(11), 제2 설비 센서(12), 제3 설비 센서(13)는 각각 다른 종류의 설비에 연결될 수 있으며, 연결된 설비로부터 진동, 전류, 속도, 온도 등의 정보를 취득하는데 활용될 수 있다. 또한, 제1 설비 센서(11), 제2 설비 센서(12), 제3 설비 센서(13) 각각은 각 설비에 연결되어 서로 다른 종류의 정보를 취득하는데 활용되는 복수의 센서들의 집합으로 구현될 수도 있다.
- [64] 예를 들어, 제1 설비 센서(11)는 컨베이어 벨트 등과 같은 물류/운반 설비에, 제2 설비 센서(12)는 리프터 등의 생산 설비에, 제3 설비 센서(13)는 조립 로봇 등의 생산 설비에 연결되어 일련의 공정에 활용되는 설비들에 대한 정보를 수집하는데 활용될 수 있다.
- [65] 제1 내지 제3 설비 센서(11-13)를 통해 수집된 정보들은 엣지 컴퓨팅 장치(20)에 전달될 수 있으며, 엣지 컴퓨팅 장치(20)는 수집된 정보들을 바탕으로 설비에 대한 상태를 진단할 수 있다.
- [66] 보다 구체적으로, 엣지 컴퓨팅 장치(20)는 서로 다른 기능을 수행하는 제1 모듈(21) 및 제2 모듈(22)로 구성될 수 있다.
- [67] 예를 들어, 제1 모듈(21)은 설비단과 연결되어 제1 내지 제3 설비 센서(11-13)들로부터 정보를 수집하고, 수집된 정보를 제2 모듈(22)에 전달하는 기능을 수행할 수 있다. 이 경우, 제1 모듈(21)에는 각 개별 보드는 진단 대상 설비의 종류에 대응되고, 적어도 하나의 입력 채널을 갖는 복수의 개별 보드로 구현될 수 있다. 여기서, 제1 모듈(21)은 정보 수집 기능을 수행한다는 점에서 DAQ(Data acquisition) 모듈로 표현될 수도 있다.
- [68] 제1 모듈(21)은 진단의 대상이 되는 설비에 대응되도록 가변적으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 개별 보드가 탈부착 가능하도록 형성되어 진단의 대상이 되는 설비에 따라 개별 보드를 교체할 수 있도록 구성될 수 있다.
- [69] 한편, 제2 모듈(22)은 제1 모듈(21)로부터 전달받은 정보를 전처리하고, 전처리된 정보를 통해 설비의 상태를 학습 및 진단하는 기능을 수행할 수 있다. 이 경우 제2 모듈(22)은 복수의 입력 채널 중 적어도 하나로부터 입력된 진단 대상 설비의 정보를, 해당 채널에 대응되는 진단 모델을 통해 실시간으로 진단하는 공통 보드를 포함하여 구현될 수 있다.

- [70] 제2 모듈(21)은 제1 모듈(22)의 개별 보드 구성과 무관하게 공용으로 동작될 수 있으며, 후술할 클라우드(30)로부터 진단 모델을 전달받아 설비 상태의 학습 및 진단을 수행하고, 학습 및 진단의 결과를 출력할 수 있다.
- [71] 제1 모듈(21)의 개별 보드 및 제2 모듈(22)의 공용 보드에는 각 기능의 수행을 위해 판단, 연산, 결정 등을 수행하는 하나 이상의 프로세서가 구비될 수 있다.
- [72] 한편, 클라우드(30)는 무선 통신망 등을 통해 접근 가능한 서버 및 서버에서 작동되는 진단 모델과 데이터 베이스로 구현될 수 있다. 클라우드(30)는 전송한 바와 같이 진단 모델을 배포할 수 있으며, 엣지 컴퓨팅 장치(20)에서 출력된 학습 및 진단의 결과를 수집하여 데이터 베이스에 저장할 수 있다. 특히, 클라우드(30)는 진단 대상 설비에 대응되는 진단 모델을 엣지 컴퓨팅 장치(20)에 전달하여, 엣지 컴퓨팅 장치(20)가 설비의 종류에 한정되지 않고 공용으로 활용되면서, 각 진단 대상 설비에 최적화된 고장 예측 진단을 수행할 수 있도록 할 수 있다.
- [73] 이와 같은 설비 고장 예측 진단 시스템의 구성에 의할 경우, 진단 시스템의 범용성을 증대시킬 수 있으며, 설비단 부근에서 대용량의 정보를 수집하고, 신속하게 처리할 수 있게 되어 고장 예측 진단 성능을 향상시킬 수 있게 된다. 특히, 이러한 설비 고장 예측 진단 시스템이 고도의 자동화가 구현된 스마트 팩토리에 구현될 경우, 스마트 팩토리의 관제가 보다 용이해지게 되며, 지속적인 보전 활동을 통해 생산성을 향상시킬 수 있게 된다.
- [74] 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치는 이와 같은 시스템에 적용될 수 있으며, 특히 엣지 컴퓨팅 장치(20)를 포함하여 구현될 수 있다.
- [75] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치의 구성에 대하여 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [76]
- [77] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- [78] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치(100)는 수집부(110), 전처리부(120) 및 진단부(130)를 포함할 수 있다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 장치(100)와 관련된 구성 요소를 위주로 나타낸 것으로, 실제 설비 고장 예측 진단 장치(100)는 이보다 많거나 적은 구성 요소를 포함하여 구현될 수 있음은 물론이다.
- [79] 먼저, 수집부(110)는 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득할 수 있다. 진단 대상 설비의 동작 상태 정보는 예를 들어, 진단 대상 설비의 동작에 따른 진동, 온도, 전류, 속도 등의 정보를 포함할 수 있다.
- [80] 수집부(110)는 복수의 진단 대상 설비에 대한 동작 상태 정보를 수집할 수 있으며, 하나의 진단 대상 설비에 연결된 복수의 센서를 통해 서로 다른 종류의 정보를 수집할 수도 있다. 예를 들어, 수집부(110)는 진단 대상 설비가 자동 조립 로봇

일 경우, 로봇의 각 축에 연결된 센서를 통 각 축에 대한 진동 정보를 포함한 동작 상태 정보를 수집할 수 있다.

- [81] 전처리부(120)는 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하고, 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 각 구간에 대한 유효 정보를 추출할 수 있다.
- [82] 여기서, 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부는 동작 상태 정보에 기반하여 판단되거나, 외부로부터 입력받는 식으로 획득될 수 있다.
- [83] 또한, 여기서의 유효 정보는 학습 및 진단에 활용되는 정보로서, 학습 및 진단에 불필요하거나 정확도를 저해하는 노이즈 등의 요소를 필터링한 정보를 의미할 수 있으며, 원본 정보인 동작 상태 정보의 전처리를 통해 획득될 수 있다.
- [84] 전처리부(120)가 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 전처리를 수행함으로써 설비 고장 예측 진단에 있어서 진단 대상 설비의 동작 특성을 반영할 수 있게 되며, 그에 따라 각 설비에 최적화된 진단이 수행될 수 있게 된다.
- [85] 예를 들어, 전처리부(120)는 진단 대상 설비가 변속 동작할 경우, 동작 상태 정보의 단위 패턴을 판단하고, 판단된 단위 패턴별로 동작 상태 정보를 분할할 수 있다.
- [86] 산업용 로봇이나 무선 이동체 등과 같이 변속 동작하는 설비는 주기적으로 반복되는 동작 패턴을 가지므로, 동작 상태 정보의 단위 패턴을 판단하고, 패턴 별로 분할함으로써 고장 예측 진단의 정확도를 향상시킬 수 있게 된다.
- [87] 특히, 위와 같이 단위 패턴을 판단하고 그에 따라 동작 상태 정보를 분할함으로써 외부로부터 신호를 입력받아 동작 상태 정보를 처리하는 경우에 비해 동작 상태 정보의 샘플링률을 높일 수 있으며, 외부 신호에 종속되지 않고 동작 상태 정보를 처리할 수 있게 된다.
- [88] 동작 상태 정보의 분할 과정에 대한 보다 상세한 내용은 도 3을 참조하여 이하 설명하도록 한다.
- [89] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 동작 상태 정보의 분할 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [90] 도 3을 참조하면, 전처리부(120)는 동작 상태 정보(Raw data Date 1-3)로부터 복수의 패턴을 추출하고, 추출된 복수의 패턴 중 어느 하나(ref)와 나머지 중 적어도 일부(target) 간의 유사도 판단에 기반하여 단위 패턴(Cycle index)을 판단할 수 있다.
- [91] 다시 도 2로 돌아와서, 전처리부(120)는 진단 대상 설비가 정속 동작할 경우, 기 설정된 시간 간격에 기반하여 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할할 수 있다.
- [92] 또한, 전처리부(120)는 진단 대상 설비가 정속 동작할 경우뿐만 아니라 변속 동작할 경우에도, 단위 패턴에 따라 분할된 동작 상태 정보를 기 설정된 시간 간격에 기반하여 다시 복수의 구간으로 분할할 수 있다.

- [93] 한편, 동작 상태 분할 과정에 있어서, 외부로부터 진단 대상 설비의 시작/종료 신호를 수신할 수 있는 경우, 전처리부(120)는 시작/종료 신호를 동작 상태 분할에 반영할 수 있다.
- [94] 예를 들어 외부로부터의 시작/종료 신호는 PLC(Programmable Logic Controller) 신호 또는 MES(Manufacturing Execution System)에 의해 전달될 수 있다.
- [95] 동작 상태 정보의 분할 및 처리에 관련하여는 도 4를 참조하여 이하 보다 구체적으로 설명하도록 한다.
- [96] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 유효 정보 추출 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [97] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전처리부(120)는 동작 상태 정보를 기 설정된 시간 간격에 따라 분할할 수 있다(Time Windowing). 이와 같은 과정은 window size 설정에 의해 이루어질 수 있으며, 시간 간격의 설정에 따라 학습 및 진단에 활용되는 유효 정보의 양을 조절할 수 있다.
- [98] 보다 구체적으로, 시간 간격이 작게 설정될수록 동작 상태 정보가 더 많은 구간으로 분할되게 되어 학습 및 진단에 활용할 수 있는 유효 정보의 양이 증가될 수 있다. 반면, 시간 간격이 크게 설정될 경우, 동작 상태 정보가 비교적 적은 구간으로 분할되게 되어 학습 및 진단에 활용할 수 있는 유효 정보의 양이 감소하게 될 수 있다. 시간 간격이 작게 설정될수록 구간 내부의 변화를 포착하기에 유리해지며, 시간 간격이 크게 설정될수록 분해능이 향상될 수 있다.
- [99] 한편, 전처리부(120)는 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 유효 정보를 추출할 수 있으며, 이 경우 전처리는 동작 상태 정보를 주파수 영역으로 변환하는 과정을 포함할 수 있다.
- [100] 보다 구체적으로, 전처리부(120)는 FFT(Fast Fourier Transform) 또는 STFT(Short Term Fourier Transform)을 통해 동작 상태 정보를 변환하여 FFT Spectrum 또는 STFT Colormap을 산출하고, 산출된 결과로부터 유효 정보를 추출할 수 있다.
- [101] 특히, 전처리부(120)는 외부로부터 전달받은 진단 대상 설비의 특성 정보에 대응되는 범위에 대하여 유효 정보를 추출할 수 있다. 특성 정보에 대응되는 범위는 주파수 대역으로 나타낼 수 있으며, 전처리부(120)는 진단 대상 설비의 특성 정보에 대응되는 주파수 대역 내의 주요 주파수 값을 포함하여 유효 정보를 추출할 수 있다. 이 경우, 유효 정보의 추출에 있어서는 샘플링 주파수 및 변환 해상도가 더 반영될 수 있다.
- [102] 한편, 유효 정보의 추출 과정에서는 진단 대상 설비의 구동축 개수가 더 고려될 수 있다. 진단 대상 설비의 구동축이 기 설정된 개수 이하인 경우, 전처리부(120)는 FFT spectrum으로부터 주요 주파수 값을 포함하는 1차원 형태(1D vector)의 유효 정보를 추출할 수 있으며, 진단 대상 설비의 구동축이 기 설정된 개수를 초과하는 경우에는 STFT 변환을 통해 시간값을 더 포함하는 2차원 형태(2D vector)의 유효 정보를 추출하여 학습 및 진단에 활용되는 정보의 양을 추가적으로 확보할 수 있다.

- [103] 추출된 유효 정보는 학습을 위한 Train set과 검증을 위한 Test set으로 나눠 활용될 수 있다.
- [104] 다시 도 2로 돌아와서, 진단부(130)는 추출된 유효 정보를 기반으로 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하고, 학습된 정상 동작 기준과 학습 이후 추출된 유효 정보에 기반하여 진단 대상 설비의 고장을 예측할 수 있다.
- [105] 여기서, 정상 동작 기준의 학습은 유효 정보의 특징값을 기반으로 수행될 수 있으며, 진단부(130)는 유효 정보의 차원 축소를 통해 특징값을 추출할 수 있다.
- [106] 또한, 진단 대상 설비의 고장 예측은 정상 동작 기준 및 유효 정보 간의 불일치도에 기반하여 수행될 수 있으며, 이를 위해 진단부(130)는 유효 정보의 차원 축소를 통해 특징값을 추출하고, 추출된 특징값을 복원하는 과정을 수행할 수 있다.
- [107] 특히 이러한 학습 및 진단 과정은 추출된 유효 정보를 소정의 인공지능 알고리즘에 입력함으로써 수행될 수 있다. 인공지능 알고리즘은 기계학습, 신경망, 딥러닝, 분류 알고리즘 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 예를 들어 오토 인코더(Auto-Encoder) 구조의 딥러닝으로 구현될 수 있다.
- [108] 나아가, 진단부(130)는 복수 종류의 설비에 대한 정상 동작 기준을 각각 학습할 수 있으며, 학습된 정상 동작 기준 중에서 진단 대상 설비의 종류에 대응되는 정상 동작 기준에 기반하여 고장 예측을 수행할 수 있다.
- [109] 한편, 진단부(130)는 외부로부터 진단 대상 설비의 동작 변경 신호를 획득한 경우, 동작 변경 신호의 획득 이후에 수집된 동작 상태 정보를 기반으로 정상 동작 기준을 재학습할 수 있다.
- [110] 상술한 바와 같은 과정에 의해 진단의 결과가 도출되면, 진단부(130)는 진단 결과를 출력하여 진단 대상 설비의 상태를 표시할 수 있으며, 출력된 진단 결과에 기반하여 설비의 보전 활동이 연계될 수 있게 된다.
- [111] 진단부(130)의 학습 및 진단 과정에 대한 보다 상세한 내용에 대하여는 이하 도 5를 참조하여 설명하도록 한다.
- [112]
- [113]
- [114] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단에 있어서, 학습 및 진단 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [115] 진단부(130)는 전처리부(120)를 거쳐 추출된 유효 정보(Feature vector)를 오토 인코더 모델에 입력하여 진단 대상 설비에 대한 학습 및 진단을 수행할 수 있다.
- [116] 입력된 유효 정보(Feature vector)는 차원 축소 과정(Encoder)을 통해 특징값으로 압축되며, 압축된 특징값을 복원하는 과정(Decoder)을 통해 복원된 결과가 입력된 유효 정보와 얼마나 유사한지 즉, 복원이 얼마나 잘 수행되었는지 여부에 따라 학습 및 진단이 수행되게 된다.
- [117] 진단부(130)는 추출된 특징값에 기반하여 정상 동작 기준을 학습하며, 새롭게 수집되는 동작 상태 정보에 대한 특징값 및 정상 동작 기준 간의 불일치도에 따

라 진단 대상 설비의 고장 예측 진단을 수행할 수 있다. 이 과정에서 정상 동작 기준과 새롭게 수집되는 동작 상태 정보에 대한 특징값의 불일치도는 평균절대오차(MAE)를 통해 판단될 수 있으며, 불일치도는 Anomaly Score로 표현 또는 변환될 수 있다.

- [118] 이하에서는 상술한 설비 고장 예측 진단 과정에 대하여 순서도를 참조하여 설명하도록 한다.
- [119]
- [120] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [121] 도 6을 참조하면, 먼저, 수집부(110)는 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득한다(S310).
- [122] 전처리부(120)는 수집부(110)를 통해 획득된 동작 상태 정보를 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 복수의 구간으로 분할하며(S320), 분할된 동작 상태 정보로부터 학습 및 진단에 활용될 유효 정보를 추출한다(S330).
- [123] 진단부(130)는 전처리부(120)를 통해 추출된 유효 정보에 기반하여 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하고(S340), 학습된 정상 동작 기준에 기반하여 진단 대상 설비의 고장 예측 진단을 수행한다(S350). 이후, 진단의 결과가 도출되면 진단부(130)는 고장 예측 결과를 출력하여 진단 대상 설비의 예지 보전이 이루어질 수 있도록 한다(S360).
- [124] 위와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 설비 고장 예측 진단 방법은 상술한 설비 고장 예측 진단 장치에 의해 수행될 수 있다. 설비 고장 예측 진단 방법에 대한 보다 구체적인 사항들에 대하여는 상술한 설비 고장 예측 진단 장치와 관련하여 상술한 바 있으므로, 이하에서는 생략하도록 한다.
- [125]
- [126] 상술한 바와 같은 본 발명의 다양한 실시예에 의해, 진단 대상 설비의 고장을 사전에 예측하고, 정상 가동을 위해 보전 활동이 수행될 수 있게 된다.
- [127] 이를 통해, 설비 가동 중단으로 인한 생산 효율 저하를 방지할 수 있게 된다.
- [128] 특히, 진단 대상 설비로부터 수집되는 높은 품질의 정보를 통해 실시간으로 진단 대상 설비의 상태를 정밀히 모니터링함으로써 고장 예측 성능을 향상시킬 수 있게 된다.
- [129]
- [130] 상기한 바와 같이 본 발명의 특정한 실시예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.
- [131]
- [132] [부호의 설명]
- [133] 100: 설비 고장 예측 진단 장치

WO 2024/214904**PCT/KR2023/020672**

- [134] 110: 수집부
- [135] 120: 전처리부
- [136] 130: 진단부

청구범위

- [청구항 1] 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 상기 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득하는 수집부;
상기 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하고, 상기 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 각 구간에 대한 유효 정보를 추출하는 전처리부; 및
상기 추출된 유효 정보를 기반으로 상기 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하고, 상기 학습된 정상 동작 기준과 상기 학습 이후 추출된 유효 정보에 기반하여 상기 진단 대상 설비의 고장을 예측하고, 상기 예측의 결과를 출력하는 진단부를 포함하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 전처리부는,
상기 진단 대상 설비가 변속 동작할 경우, 상기 동작 상태 정보의 단위 패턴을 판단하고, 상기 동작 상태 정보를 상기 판단된 단위 패턴별로 분할하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 3] 청구항 2에 있어서,
상기 전처리부는,
상기 동작 상태 정보로부터 복수의 패턴을 추출하고, 상기 추출된 복수의 패턴 중 어느 하나와 나머지 중 적어도 일부 간의 유사도 판단에 기반하여 상기 단위 패턴을 판단하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 전처리부는,
상기 진단 대상 설비가 정속 동작할 경우, 기 설정된 시간 간격에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 전처리부는,
외부로부터 전달받은 상기 진단 대상 설비에 대한 시작 신호 및 종료 신호를 반영하여 상기 분할을 수행하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,
상기 전처리부는,
상기 동작 상태 정보 중, 외부로부터 전달받은 상기 진단 대상 설비의 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 상기 유효 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 7] 청구항 6에 있어서,

상기 전처리부는,

상기 진단 대상 설비의 구동축 개수에 기반하여 상기 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 주파수 값을 포함하는 유효 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 8]

청구항 7에 있어서,

상기 전처리부는,

상기 진단 대상 설비의 구동축이 기 설정된 개수를 초과하는 경우, 상기 특성 정보에 대응되는 범위의 동작 상태 정보로부터 시간값을 더 포함하는 유효 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 9]

청구항 1에 있어서,

상기 진단부는,

상기 정상 동작 기준 및 상기 유효 정보 간의 불일치도에 기반하여 상기 예측을 수행하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 10]

청구항 1에 있어서,

상기 진단부는,

상기 유효 정보의 특징값을 기반으로 상기 정상 동작 기준을 학습하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 11]

청구항 10에 있어서,

상기 진단부는,

상기 유효 정보의 차원 축소를 통해 상기 특징값을 추출하고, 상기 추출된 특징값을 복원하는 과정을 통해 상기 학습 및 예측을 수행하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 12]

청구항 1에 있어서,

상기 진단부는,

상기 유효 정보를 소정의 인공지능 알고리즘에 입력함으로써 상기 학습 및 진단을 수행하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 13]

청구항 1에 있어서,

상기 진단부는,

복수 종류의 설비에 대한 정상 동작 기준을 각각 학습하고, 상기 학습된 정상 동작 기준 중에서 상기 진단 대상 설비의 종류에 대응되는 정상 동작 기준에 기반하여 상기 예측을 수행하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

[청구항 14]

청구항 1에 있어서,

상기 진단부는,

외부로부터 상기 진단 대상 설비의 동작 변경 신호를 획득한 경우 상기 동작 변경 신호의 획득 이후에 상기 수집부가 획득한 동작 상태 정보를 기반으로 상기 정상 동작 기준을 재학습하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.

- [청구항 15] 청구항 1에 있어서,
상기 진단부는,
상기 진단 대상 설비의 고장이 예측될 경우, 상기 진단 대상 설비의 보전을 위한 작업 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 설비 고장 예측 진단 장치.
- [청구항 16] 진단 대상 설비에 연결된 센서를 통해 상기 진단 대상 설비의 동작 상태 정보를 획득하는 단계;
상기 진단 대상 설비의 정속 또는 변속 동작 여부에 기반하여 상기 동작 상태 정보를 복수의 구간으로 분할하는 단계;
기 설정된 조건에 기반하여 상기 분할된 동작 상태 정보를 전처리하여 각 구간에 대한 유효 정보를 추출하는 단계;
상기 추출된 유효 정보를 기반으로 상기 진단 대상 설비의 정상 동작 기준을 학습하는 단계;
상기 학습된 정상 동작 기준과 상기 학습 이후 추출된 유효 정보에 기반하여 상기 진단 대상 설비의 고장을 예측하는 단계; 및
상기 예측의 결과를 출력하는 단계를 포함하는 설비 고장 예측 진단 방법.