



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0166978
(43) 공개일자 2022년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01H 1/00 (2006.01) G01H 1/12 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01H 1/003 (2013.01)
G01H 1/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0075934
(22) 출원일자 2021년06월11일
심사청구일자 2021년06월11일

(71) 출원인
한국수력원자력 주식회사
경상북도 경주시 문무대왕면 불국로 1655
주식회사 에이티지
경기도 성남시 분당구 정자일로 100, 이동 506호, 507호, 508호, 509호, 510호(정자동, 미켈란체르빌)
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
김민호
세종특별자치시 대평로 80, 607동 1101호(대평동, 해들마을 6단지)
문병석
대전광역시 유성구 배울1로 35, 407동 1702호(관평동, 대덕테크노밸리4단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
인비전 특허법인

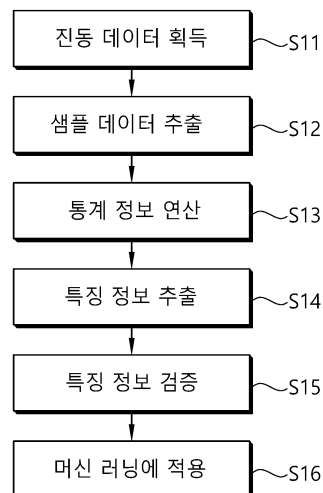
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법 및 이를 이용한 진동 측정 오류 판별 시스템

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 머신러닝 특징 추출 방법은, 구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 진동 데이터를 획득하는 진동 데이터 획득 단계, 상기 진동 데이터로부터 적어도 하나의 샘플 데이터를 추출하는 단계, 상기 샘플 데이터로부터 제1 통계 정보들을 연산하는 단계 및 상기 제1 통계 정보를 기반으로 상기 진동 데이터가 측정 오류에 의한 것인지를 판단하는 머신 러닝을 위한 특징 정보들을 추출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

(72) 발명자

전이슬

대전광역시 서구 만년남로 8, 105동 1408호(만년동, 상록수아파트)

맹효영

대전광역시 서구 청사로 160, 태산시그마빌 906호

김주식

대전광역시 유성구 엑스포로 501, 104동 602호(전민동, 청구나래아파트)

김대웅

세종특별자치시 노을3로 14, 109동 202호 (한솔동, 첫마을아파트)

양재홍

경기도 용인시 수지구 성북2로 158, 611동 1504호(성북동, 성동마을 엘지빌리지 6차)

최병근

경상남도 진주시 초장로14번길 27

유현탁

부산광역시 동래구 명안로17번길 12(안락동)

명세서

청구범위

청구항 1

구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 진동 데이터를 획득하는 진동 데이터 획득 단계;

상기 진동 데이터로부터 적어도 하나의 샘플 데이터를 추출하는 단계;

상기 샘플 데이터로부터 제1 통계 정보들을 연산하는 단계; 및

상기 제1 통계 정보를 기반으로 상기 진동 데이터가 측정 오류에 의한 것인지를 판단하는 머신 러닝을 위한 특징 정보들을 추출하는 단계;를 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 통계 정보는,

상기 샘플 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 샘플 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율 또는 상기 샘플 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 진동 데이터로부터 제2 통계 정보들을 연산하는 단계를 더 포함하고,

상기 특징 정보를 추출하는 단계에서, 상기 제1 통계 정보와 상기 제2 통계 정보를 기반으로 상기 특징 정보를 추출하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 통계 정보는,

상기 진동 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 진동 데이터의 평균의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

청구항 15

제8항에 있어서,

상기 특징 정보는,

상기 진동 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율을 포함하는, 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법 및 이를 이용한 진동 측정 오류 판별 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 진동 데이터로부터 측정 오류에 대한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 검출하는 머신러닝의 특징 추출 방법 및 이를 진동 측정 오류 판별 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 진동이 필연적으로 발생하는 구조물은 구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 현재의 구조물의 상태 및 가까운 장래의 구조물의 상태를 예측할 수 있다. 특히, 원자력 발전소에서는 설비관리를 위해서 이동식 진동측정기를 사용하여 설비들의 진동을 측정한다.

[0003] 최근, 머신러닝을 이용해 구조물로부터 발생한 진동 데이터를 분석하여 구조물의 상태를 파악하는 기술이 개발되고 있다.

[0004] 그러나 구조물의 진동을 측정하는 과정에서 발생하는 문제들로 인해 측정 오류가 포함된 진동 데이터가 수집되기도 한다. 이는 결과적으로 구조물에 대한 잘못된 분석 결과의 도출을 초래하고, 예측 진단의 신뢰성을 하락시킨다.

[0005] 예를 들어, 진동 측정 과정에서 측정자의 장비 사용 미숙, 측정 장비의 관리 소홀, 외부 신호 간섭 등으로 잘못된 진동 측정 데이터가 수집될 수 있다.

[0006] 도 7을 참조하면, (a) 및 (b)는 진동을 감지하는 센서에 충격이 발생한 후 잔류 응력에 의한 노이즈가 포함된 측정 데이터이고, (c)는 센서 부착 등의 문제로 충격 파형의 노이즈가 포함된 측정 데이터이며, (d)는 센서 및/또는 케이블 불량으로 인한 노이즈가 포함된 측정 데이터이다.

[0007] 이렇게 진동 측정 과정에서 발생한 측정 오류 데이터가 포함된 진동 데이터는 진동 구조물의 상태 분석을 위해 특화된 머신러닝을 이용하더라도, 진단의 신뢰성이 떨어지게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 진동 데이터로부터 측정 오류에 대한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 검출하는 머신러닝의 특징 추출 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝 특징 추출 방법은, 구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 진동 데이터를 획득하는 진동 데이터 획득 단계, 상기 진동 데이터로부터 적어도 하나의 샘플 데이터를 추출하는 단계, 상기 샘플 데이터로부터 제1 통계 정보들을 연산하는 단계 및 상기 제1 통계 정보를 기반으

로 상기 진동 데이터가 측정 오류에 의한 것인지를 판단하는 머신 러닝을 위한 특징 정보들을 추출하는 단계를 포함한다.

- [0011] 상기 제1 통계 정보는, 상기 샘플 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 특징 정보는, 상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 특징 정보는, 상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 특징 정보는, 상기 샘플 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율 또는 상기 샘플 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 특징 정보는, 상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 진동 데이터로부터 제2 통계 정보들을 연산하는 단계를 더 포함하고, 상기 특징 정보를 추출하는 단계에서, 상기 제1 통계 정보와 상기 제2 통계 정보를 기반으로 상기 특징 정보를 추출할 수 있다.
- [0017] 상기 제2 통계 정보는, 상기 진동 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 표준 편차의 비율을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 표준 편차에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 RMS에 대한 상기 샘플 데이터의 평균의 비율을 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 특징 정보는, 상기 샘플 데이터의 RMS에 대한 상기 진동 데이터의 평균의 비율을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 특징 정보는, 상기 진동 데이터의 분산에 대한 상기 샘플 데이터의 분산의 비율을 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명의 실시예들에 의하면 적어도 다음과 같은 효과가 있다.
- [0027] 머신 러닝을 이용해 진동 데이터로부터 측정 오류에 대한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0028] 또한, 잘못 측정된 진동 데이터를 선별하여 예측 진단의 기초 데이터인 진동 데이터의 건전성을 향상시킬 수 있다.
- [0029] 또한, 진동 데이터를 이용한 머신 러닝 기반의 예측 진단의 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0030] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 2는 정상적인 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이다.
- 도 3은 측정 오류가 포함된 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이다.
- 도 4는 측정 오류가 포함된 진동 데이터의 다른 예를 도시한 그래프이다.
- 도 5는 결함의 종류에 따른 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 7은 측정 오류가 포함된 진동 데이터들의 예들을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0033] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 개략도들을 참고하여 설명될 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 또한, 본 발명에 도시된 각 도면에 있어서 각 구성 요소들은 설명의 편의를 고려하여 다소 확대 또는 축소되어 도시된 것일 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0034] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법 및 이를 이용하는 진동 측정 오류 판별 시스템을 설명하기 위한 도면들을 참고하여 본 발명에 대하여 설명하도록 한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법은, 진동 데이터 획득 단계(S11), 샘플 데이터 추출 단계(S12), 통계 정보 연산 단계(S13) 및 특징 정보 추출 단계(S14)를 포함한다.
- [0037] 진동 데이터 획득 단계(S11)에서는 구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 진동 데이터를 획득한다. 진동 데이터는 이동식 진동 측정기를 이용해 획득되거나, 진동 데이터가 저장된 데이터베이스(DB)로부터 획득될 수 있다.
- [0038] 구조물은 회전하며 동작하는 회전 기기를 포함하는 구조물일 수 있다. 회전 기기가 동작함에 따라 구조물에서는 진동이 발생하는데, 진동을 측정하여 구조물 및 회전 기기의 현재 상태를 진단할 수 있고, 이를 기초로 구조물 및 회전 기기에 대한 예측 진단, 즉 가까운 장래 상태를 예측하여 진단할 수 있다. 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법은 원자력 발전소에서 이용되는 다양한 설비들을 대상으로 진동 데이터를 획득하여 원자력 발전소의 설비 관리에 사용될 수 있다.
- [0039] 진동 데이터 획득 단계(S11)에서 획득되는 진동 데이터는 시간파형(Time Wave Form)일 수 있다. 진동 측정기 또는 데이터베이스로부터 획득된 진동 데이터가 시간파형이 아닌 경우, 획득된 진동 데이터로부터 시간파형의 진동 데이터를 추출할 수 있다.
- [0040] 샘플 데이터 추출 단계(S12)에서는 진동 데이터 획득 단계(S11)에서 획득된 진동 데이터로부터 적어도 하나의 샘플 데이터를 추출할 수 있다. 추출되는 샘플 데이터의 수는 실시예에 따라 다양하게 선택될 수 있지만, 진동 데이터에서 측정 오류를 판별하는 머신러닝 알고리즘의 강건성을 확보하기 위해서는 진동 데이터로부터 다수의 샘플 데이터를 추출하는 것이 바람직하다. 다만, 샘플 데이터의 수가 많아짐에 따라 머신러닝 알고리즘의 특징 추출을 위한 연산에 상당한 자원이 소요되므로, 적절한 샘플 데이터 수의 선택이 요구된다. 이러한 점을 고려할 때, 샘플 데이터의 수는 수십 개, 보다 바람직하게는 20개 정도가 적절하다. 샘플 데이터의 추출 기준은 실시예에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0041] 통계 정보 연산 단계(S13)에서는 샘플 데이터 추출 단계(S12)에서 추출된 샘플 데이터로부터 제1 통계 정보를 연산하고, 진동 데이터 획득 단계(S11)에서 획득된 진동 데이터로부터 제2 통계 정보를 연산할 수 있다.
- [0042] 제1 통계 정보는 샘플 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다. 샘플 데이터 추출 단계(S12)에서 추출된 샘플 데이터가 복수 개인 경우, 제1 통계 정보는 각 샘플 데이터마다의 RMS, 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0043] 제2 통계 정보는 진동 데이터 획득 단계(S11)에서 획득된 진동 데이터의 RMS, 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0044] 도 2는 정상적인 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이고, 도 3은 측정 오류가 포함된 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이다.
- [0045] 도 2를 참고하면, 정상적인 진동 데이터는 주기적으로 +, -로 변화하는 양태를 보인다. 그러나 도 3을

참고하면, 측정 오류를 포함하는 진동 데이터는 정상적인 진동 데이터와 달리 주기성이 낮은 양태를 보인다.

[0046] 따라서, 데이터의 통계 정보 중 평균값은 정상적인 진동 데이터와 측정 오류를 포함하는 진동 데이터를 구분할 수 있는 하나의 지표가 될 수 있다.

[0047] 또한, 데이터의 통계 정보 중 RMS 값은 데이터의 진폭과 연관된 정보를 나타내는 지표가 될 수 있다.

[0048] 한편, 데이터의 분산 및 표준편차는 주기성을 갖는 정상적인 진동 데이터와 비주기성을 갖는 측정 오류를 포함하는 진동 데이터를 구별할 수 있는 지표가 될 수 있다. 특히, 하나의 진동 데이터로부터 추출된 복수의 샘플 데이터에서 측정 오류가 포함된 샘플 데이터는 다른 샘플 데이터 대비 분산 및/또는 표준 편차가 높게 나타난다. 따라서, 샘플 데이터들 사이의 분산, 표준 편차는 진동 데이터 내에 포함된 측정 오류와 관련된 데이터를 구별할 수 있는 지표가 될 수 있다. 또한, 진동 데이터와 샘플 데이터 사이의 분산 및/또는 표준 편차의 차이 역시 진동 데이터 내에 포함된 측정 오류와 관련된 데이터를 구별할 수 있는 지표가 될 수 있다.

[0049] 특징 정보 추출 단계(S14)는, 통계 정보 연산 단계(S13)에서 연산된 제1 통계 정보 및/또는 제2 통계 정보를 기반으로, 진동 데이터 내에 측정 오류에 따른 데이터가 포함되어 있는지를 판단하는 머신 러닝 알고리즘을 위한 특징 정보를 추출한다.

[0050] 특징 정보는 측정 오류를 포함하는 진동 데이터에서 상대적으로 높게 나타나는 신호 형태의 이상 특징, 분산에 대한 반응도가 높은 특징, 결함에 의해 발생하는 신호나 주기적 성분에 대해 반응성이 낮은 특징 등을 포함할 수 있다.

[0051] 이하에서는 설명의 편의를 위해, 제1 통계 정보인, 샘플 데이터의 RMS를 s_rms 이라 하고, 샘플 데이터의 평균을 s_mean 이라 하고, 샘플 데이터의 분산을 s_var 라 하고, 샘플 데이터의 표준 편차를 s_std 라 한다.

[0052] 또한, 제2 통계 정보인, 진동 데이터의 RMS를 d_rms 이라 하고, 진동 데이터의 평균을 d_mean 이라 하고, 진동 데이터의 분산을 d_var 라 하고, 진동 데이터의 표준 편차를 d_std 라 한다.

[0053] 본 명세서에서 제안하는 특징 정보는 아래의 [표 1]과 같다.

표 1

No.	Feature	No.	Feature
1	s_mean/s_rms	7	d_mean/s_rms
2	s_std/d_rms	8	s_std/s_rms
3	s_std/d_std	9	s_var/d_var
4	s_mean/d_var	10	s_std/s_var
5	s_mean/d_std	11	s_var/s_std
6	s_mean/d_rms	12	s_var/s_rms

[0055] [표 1]을 참조하면,

[0056] 제1 특징 정보는 샘플 데이터의 RMS(s_rms)에 대한 샘플 데이터의 평균(s_mean)의 비율(s_mean/s_rms)이 될 수 있다.

[0057] 제2 특징 정보는 진동 데이터의 RMS(d_rms)에 대한 샘플 데이터의 표준편차(s_std)의 비율(s_std/d_rms)이 될 수 있다.

[0058] 제3 특징 정보는 진동 데이터의 표준 편차(d_std)에 대한 샘플 데이터의 표준편차(s_std)의 비율(s_std/d_std)이 될 수 있다.

[0059] 제4 특징 정보는 진동 데이터의 분산(d_var)에 대한 샘플 데이터의 평균(s_mean)의 비율(s_mean/d_var)이 될 수 있다.

[0060] 제5 특징 정보는 진동 데이터의 표준 편차(d_std)에 대한 샘플 데이터의 평균(s_mean)의 비율(s_mean/d_std)이 될 수 있다.

[0061] 제6 특징 정보는 진동 데이터의 RMS(d_rms)에 대한 샘플 데이터의 평균(s_mean)의 비율(s_mean/d_rms)이 될 수 있다.

[0062] 제7 특징 정보는 샘플 데이터의 RMS(s_rms)에 대한 진동 데이터의 평균(d_mean)의 비율(d_mean/s_rms)이 될 수

있다.

- [0063] 제8 특징 정보는 샘플 데이터의 RMS(s_{rms})에 대한 샘플 데이터의 표준편차(s_{std})의 비율(s_{std}/s_{rms})이 될 수 있다.
- [0064] 제9 특징 정보는 진동 데이터의 분산(d_{var})에 대한 샘플 데이터의 분산(s_{var})의 비율(s_{var}/d_{var})이 될 수 있다.
- [0065] 제10 특징 정보는 샘플 데이터의 분산(s_{var})에 대한 샘플 데이터의 표준편차(s_{std})의 비율(s_{std}/s_{var})이 될 수 있다.
- [0066] 제11 특징 정보는 샘플 데이터의 표준편차(s_{std})에 대한 샘플 데이터의 분산(s_{var})의 비율(s_{var}/s_{std})이 될 수 있다.
- [0067] 제12 특징 정보는 샘플 데이터의 RMS(s_{rms})에 대한 샘플 데이터의 분산(s_{var})의 비율(s_{var}/s_{rms})이 될 수 있다.
- [0068] 4가지의 제1 통계 정보(s_{rms} , s_{mean} , s_{var} , s_{std})와 4가지의 제2 통계 정보(d_{rms} , d_{mean} , d_{var} , d_{std}) 중 2가지의 정보에 대한 비율 정보는 56가지가 도출될 수 있지만, 이 중 상술한 12가지의 특징 정보가 진동 데이터 내의 측정 오류에 민감하게 반응하는 특정 정보임을 확인하였다.
- [0069] 특징 정보 추출 단계(S14)에서 추출된 12가지의 특징 정보를 이용한 머신 러닝 알고리즘을 이용해 구조물에서 발생하는 진동을 측정한 진동 데이터에 측정 오류로 인한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 효과적으로 판단할 수 있다.
- [0070] 한편, 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법은, 특징 정보 검증 단계(S15) 및 머신 러닝 적용 단계(S16)를 더 포함할 수 있다.
- [0071] 특징 정보 검증 단계(S15)에서는 특징 정보 추출 단계(S14)에서 추출된 특징 정보들에 대한 검증이 진행될 수 있다.
- [0072] 특징 정보 검증 단계(S15)에서는 이미 측정 오류에 대한 판단을 받은 진동 데이터에 대해 추출된 특징 정보를 적용하여 측정 오류 판단 결과가 적합한 지 여부를 확인할 수 있다.
- [0073] 도 4는 측정 오류가 포함된 진동 데이터의 다른 예를 도시한 그래프이다.
- [0074] 도 4에 도시된 진동 데이터에는 점선 박스로 표시한 2개의 부분에서 측정 오류가 포함되어 있다. 특징 정보 검증 단계(S15)에서는, 예를 들어 도 4에 도시된 바와 같은, 이미 확인된 측정 오류가 포함된 검증용 진동 데이터에 추출된 특징 정보를 적용하여 이미 확인된 측정 오류를 검출할 수 있는지 여부를 확인할 수 있다.
- [0075] 한편, 도 5는 결함의 종류에 따른 진동 데이터의 일 예를 도시한 그래프이다.
- [0076] 도 5를 참조하면, 진동 데이터는 과형에 따라 정상 상태(Normal), 불균형 상태(Unbalance), 오정렬 상태(Misalign), 마찰 상태(Rubbing)가 구별된다. 불균형 상태, 오정렬 상태, 마찰 상태는 구조물 및/또는 회전 기기에 결함이 있는 상태를 의미한다.
- [0077] 특징 정보 검증 단계(S15)에서는, 추출된 특징 정보가 진동 데이터로부터 정상 상태와 결함 상태를 구별할 수 있는지 여부 또는 정상 상태, 불균형 상태, 오정렬 상태, 마찰 상태를 식별할 수 있는지 여부를 검증할 수도 있다.
- [0078] 머신 러닝 적용 단계(S16)에서는 특징 정보 검증 단계(S15)에서 검증이 완료된 특징 정보를 실제 진동 데이터에 적용되는 머신 러닝 알고리즘의 특성 정보로 적용한다.
- [0079] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법은 진동 데이터로부터 진동 데이터에 측정 오류로 인한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 판단하는 특징 정보를 추출하고, 이를 이용한 머신 러닝을 통해 진동 데이터에 측정 오류로 인한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 빠르고 정확하게 판단할 수 있다.
- [0080] 따라서, 잘못 측정된 진동 데이터를 선별하여 예측 진단의 기초 데이터인 진동 데이터의 건전성을 향상시킬 수 있다. 머신 러닝 기반의 예측 진단의 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0081] 이하에서는 상술한 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별을 위한 머신러닝 특징 추출 방법을 사용하는 일 실시

예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템에 대해 설명한다.

- [0082] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [0083] 도 7을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템은 데이터 획득부(10), 샘플링부(20), 제1 통계 정보 연산부(30), 제2 통계 정보 연산부(40) 및 특징 정보 추출부(50)를 포함한다.
- [0084] 데이터 획득부(10)는 상술한 진동 데이터 획득 단계(S11)를 수행한다. 즉, 데이터 획득부(10)는 이동식 진동 측정기로부터 진동 데이터를 획득하거나, 진동 데이터가 저장된 데이터베이스(DB)로부터 진동 데이터를 획득할 수 있다.
- [0085] 데이터 획득부(10)는 시간과형(Time Wave Form)의 진동 데이터를 획득하거나, 획득된 진동 데이터로부터 시간과형의 진동 데이터를 추출할 수 있다.
- [0086] 샘플링부(20)는 상술한 샘플 데이터 추출 단계(S12)를 수행한다. 즉, 샘플링부(20)는 데이터 획득부(10)가 획득한 진동 데이터로부터 적어도 하나의 샘플 데이터를 추출할 수 있다.
- [0087] 제1 통계 정보 연산부(30)와 제2 통계 정보 연산부(40)는 상술한 통계 정보 연산 단계(S13)를 수행한다.
- [0088] 제1 통계 정보 연산부(30)는 샘플링부(20)가 추출한 샘플 데이터로부터 제1 통계 정보를 연산한다. 제1 통계 정보는 샘플 데이터의 RMS(Root mean square), 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다. 샘플 데이터 추출 단계(S12)에서 추출된 샘플 데이터가 복수 개인 경우, 제1 통계 정보 연산부(30)는 각 샘플 데이터마다의 RMS, 평균, 분산, 표준 편차를 연산할 수 있다.
- [0089] 제2 통계 정보 연산부(40)는 데이터 획득부(10)가 획득한 진동 데이터로부터 제2 통계 정보를 연산한다. 제2 통계 정보는 진동 데이터의 RMS, 평균, 분산, 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0090] 특징 정보 추출부(50)는 상술한 특징 정보 추출 단계(S14)를 수행할 수 있다. 즉, 특징 정보 추출부(50)는 제1 통계 정보 연산부(30)가 연산한 제1 통계 정보 및/또는 제2 통계 정보 연산부가 연산한 제2 통계 정보를 기반으로 진동 데이터 내에 측정 오류에 따른 데이터가 포함되어 있는지를 판단하는 머신 러닝 알고리즘을 위한 특징 정보를 추출한다.
- [0091] 특징 정보 추출부(50)는 제1 통계 정보 및/또는 제2 통계 정보를 이용해 [표 1]에 기재된 12가지의 특징 정보를 추출할 수 있다.
- [0092] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템은 검증부(60) 및 머신 러닝 분석 데이터 베이스(70)를 더 포함할 수 있다.
- [0093] 검증부(60)는 상술한 특징 정보 추출부(50)를 수행할 수 있다. 즉, 검증부(60)는 특징 정보 추출부(50)가 추출한 특징 정보가 진동 데이터에서 측정 오류를 검출하기에 적합한지 여부를 검증할 수 있다. 이를 위해 검증부(60)는 이미 확인된 측정 오류가 포함된 검증용 진동 데이터를 보유하고, 검증용 진동 데이터에 특징 정보 추출부(50)가 추출한 특징 정보를 적용하여 특징 정보의 측정 오류 검출 능력을 검증할 수 있다.
- [0094] 또한, 검증부(60)는 특징 정보 추출부(50)가 추출한 특징 정보가 진동 데이터로부터 정상 상태와 결함 상태를 구별할 수 있는지 여부 또는 정상 상태, 불균형 상태, 오정렬 상태, 마찰 상태를 식별할 수 있는지 여부를 검증할 수도 있다. 이를 위해 검증부(60)는 정상 상태, 불균형 상태, 오정렬 상태, 마찰 상태가 이미 식별된 검증용 진동 데이터를 보유하고, 검증용 진동 데이터에 특징 정보 추출부(50)가 추출한 특징 정보를 적용하여 특징 정보의 식별 능력을 검증할 수 있다.
- [0095] 본 실시예에서는 샘플링부(20), 제1 통계 정보 연산부(30), 제2 통계 정보 연산부(40), 특징 정보 추출부(50) 및 검증부(60)를 각각 별도의 구성으로 설명하였지만, 이는 제1 통계 정보 연산부(30), 제2 통계 정보 연산부(40), 특징 정보 추출부(50) 및 검증부(60)를 기능적으로 구분하여 설명하기 위한 것이고, 제1 통계 정보 연산부(30), 제2 통계 정보 연산부(40), 특징 정보 추출부(50) 및 검증부(60)은 물리적으로 하나 또는 복수의 연산 유닛으로 구성될 수 있다.
- [0096] 머신 러닝 분석 데이터 베이스(70)는 진동 데이터에 대한 분석을 수행하는 머신 러닝 알고리즘을 포함할 수 있다. 검증부(60)는 검증이 완료된 특징 정보를 머신 러닝 분석 데이터 베이스(70)로 전송하고, 머신 러닝 분석 데이터 베이스(70)는 특징 정보를 머신 러닝 알고리즘에 반영하도록 머신 러닝 알고리즘을 업데이트 할 수 있다. 상술한 머신 러닝 적용 단계(S16)는 머신 러닝 분석 데이터 베이스(70)에 의해 수행될 수 있다.

[0097] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 진동 측정 오류 판별 시스템은 진동 데이터로부터 진동 데이터에 측정 오류로 인한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 판단하는 특징 정보를 추출하고, 이를 이용한 머신 러닝을 통해 진동 데이터에 측정 오류로 인한 데이터가 포함되어 있는지 여부를 빠르고 정확하게 판단할 수 있다.

[0098] 따라서, 잘못 측정된 진동 데이터를 선별하여 예측 진단의 기초 데이터인 진동 데이터의 건전성을 향상시킬 수 있다. 머신 러닝 기반의 예측 진단의 정확성을 향상시킬 수 있다.

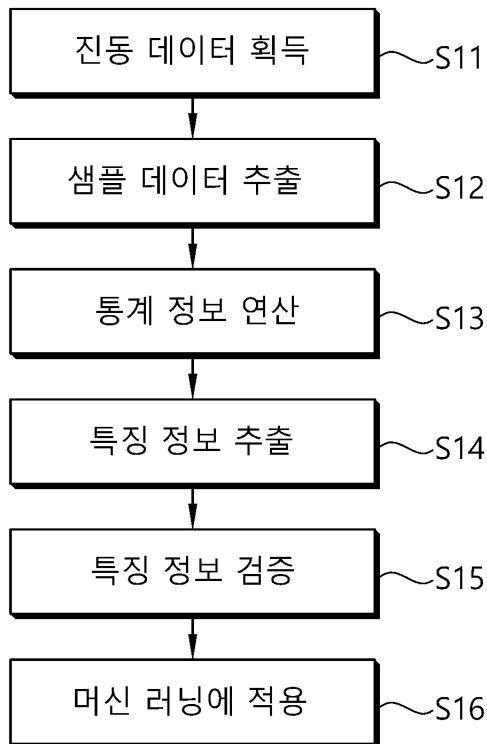
[0099] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

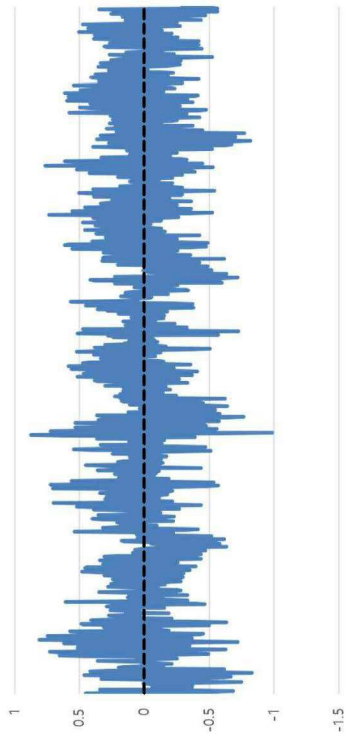
[0100] 10: 데이터 획득부 20: 샘플링부
30: 제1 통계 정보 연산부 40: 제2 통계 정보 연산부
50: 특징 정보 추출부 60: 검증부
70: 머신 러닝 분석 데이터 베이스

도면

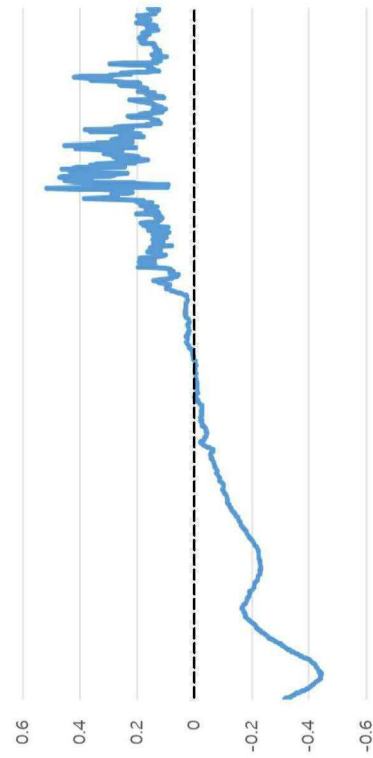
도면1



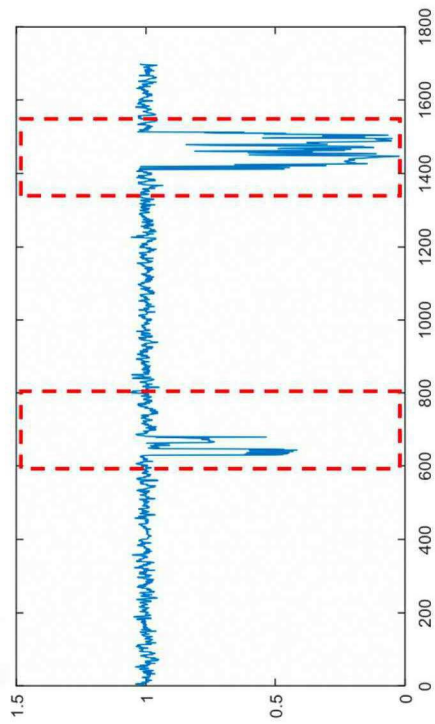
도면2



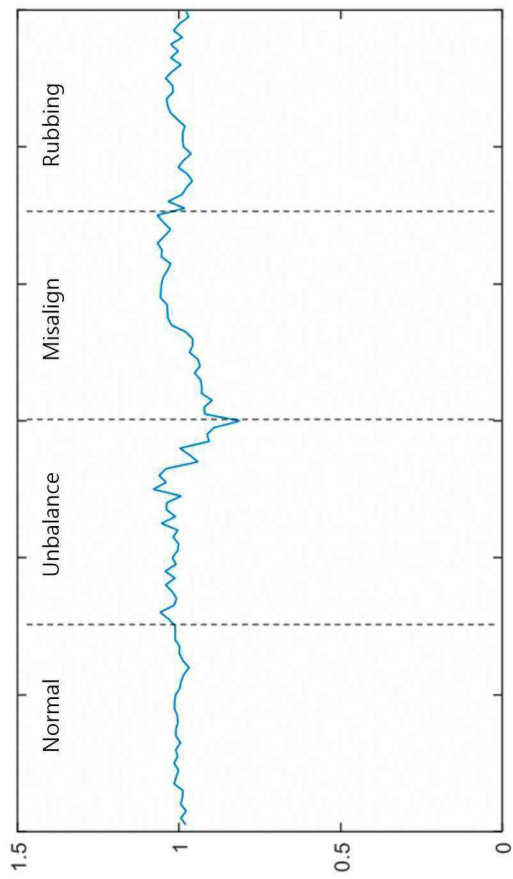
도면3



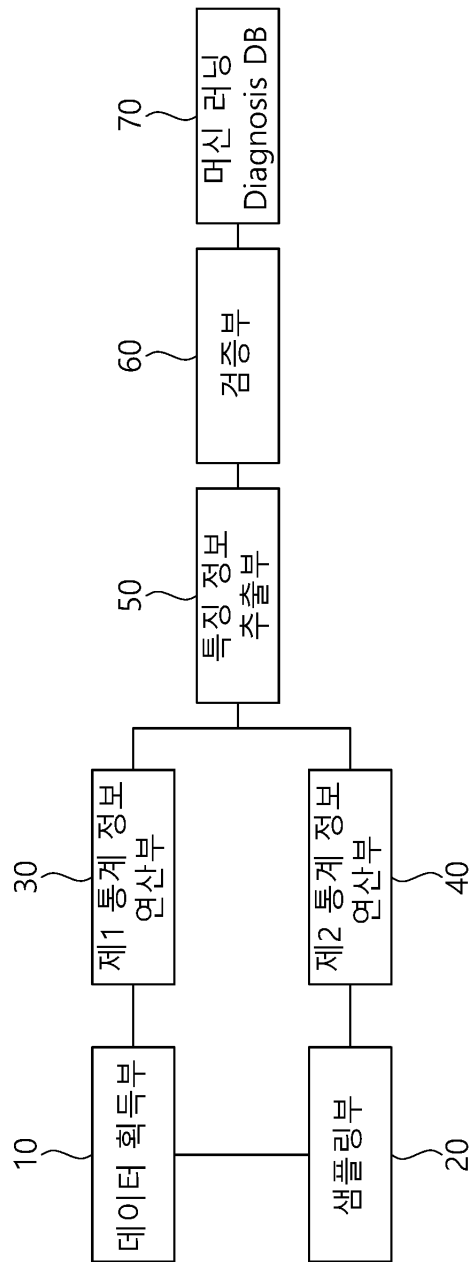
도면4



도면5



도면6



도면7

