



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0079647
(43) 공개일자 2017년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 13/00 (2006.01) G01H 1/00 (2006.01)
G01M 13/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01M 13/00 (2013.01)
G01H 1/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0190438
(22) 출원일자 2015년12월30일
심사청구일자 2015년12월30일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김종면
경상남도 양산시 삼호로 74, 101동 303호 (삼호동, 웅상신도시푸르지오아파트)
김재영
부산광역시 수영구 과정로73번길 30, 2층 (망미동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

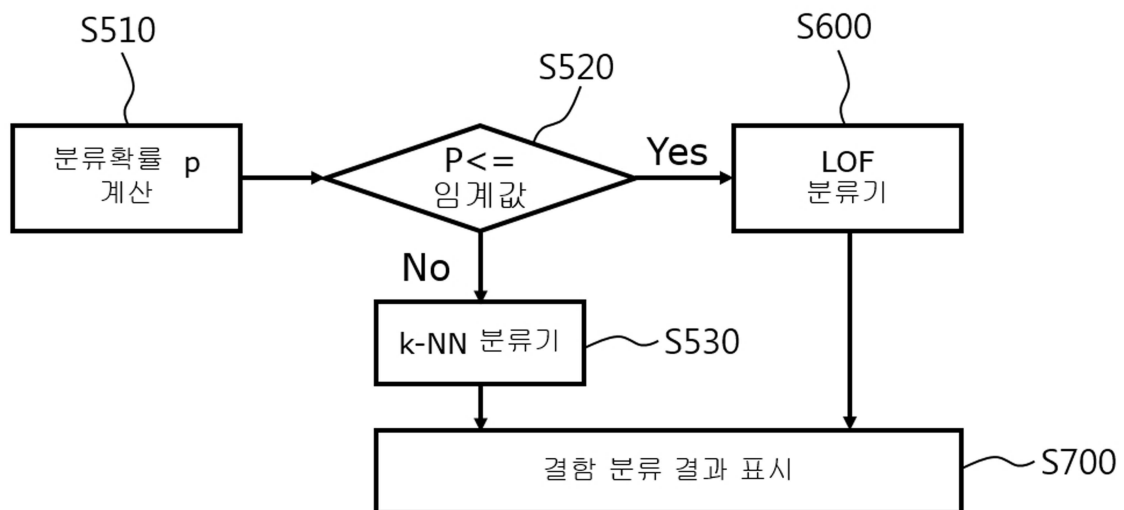
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 기계 고장 진단 방법

(57) 요약

발명의 실시예에 따른 기계 고장 진단 방법은 진단 대상인 기계에 설치된 센서에 의하여 신호를 측정하고 측정된 신호의 특징을 추출하여 특징벡터를 생성하는 단계; 및 상기 특징벡터로부터 얻은 분류확률 및 미리 학습된 분류기를 이용하여 상기 기계의 정상 상태 또는 다수의 비정상 결함을 진단하는 단계를 포함하며, 상기 진단하는 단계는 상기 분류기에 포함되는 제1 분류기에 의해 제1 분류를 실시하는 단계; 및 상기 제1 분류기의 결과값에 따라 상기 분류기에 포함되는 제2 분류기에 의해 제2 분류를 실시하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G01M 13/045 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711022714

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 모바일 멀티미디어 신호처리를 위한 최적의 매니코어-CPU 이기종 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

진단 대상인 기계에 설치된 센서에 의하여 신호를 측정하고 측정된 신호의 특징을 추출하여 특징벡터를 생성하는 단계; 및

상기 특징벡터로부터 얻은 분류확률 및 미리 학습된 분류기를 이용하여 상기 기계의 정상 상태 또는 다수의 비정상 결함을 진단하는 단계를 포함하며,

상기 진단하는 단계는 상기 분류기에 포함되는 제1 분류기에 의해 제1 분류를 실시하는 단계; 및

상기 제1 분류기의 결과값에 따라 상기 분류기에 포함되는 제2 분류기에 의해 제2 분류를 실시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기계 고장 진단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 분류기는 k-nn 분류기이고, 상기 제2 분류기는 LOF 분류기인 것을 특징으로 하는 기계 고장 진단 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 비정상 결함을 진단하는 단계는,

상기 분류확률과 미리 정해진 임계값을 제1 분류기를 통해 비교하여 상기 분류확률이 상기 임계값을 초과하면 제1 분류기에 의해 분류한 결과값을 출력하는 것을 특징으로 하는 기계 고장 진단 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 비정상 결함을 진단하는 단계는,

상기 제1 분류기에 의한 분류확률과 미리 정해진 임계값을 비교하여 상기 분류확률이 상기 임계값 이하이면 제2 분류기에 의해 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기계 고장 진단 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 분류기에 의해 분류하는 단계는,

상기 결함별 그룹에 대한 상기 특징벡터의 LOF 값과 상기 결함별 그룹 각각의 LOF 최대값의 비교를 통해 이루어지는 것을 특징으로 하는 기계 고장 진단 방법.

발명의 설명

기술분야

- [0001] 본 발명은 기계 고장 진단 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기계의 고장 또는 결함을 조기에 검출 및 대처하여 기술적, 경제적인 피해를 최소화하기 위한 기계 고장 진단 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0003] 베어링의 결함 검출에 있어, 실제 산업현장에서는 소음과 진동의 특성을 이용하여 비파괴검사에 이용함으로써 베어링부의 수명연장 등 유지 보전에 큰 도움을 주고 있다.
- [0004] 베어링 고장원인으로는 불충분한 윤활, 부적절한 윤활재의 사용, 베어링의 잘못된 설치, 축계의 과도한 변형 등이 있다. 과거에는 숙련된 기술자에 의하여 이러한 문제들을 진단하고 고장 여부를 판단하였으나, 대부분 진단 시간이 길고, 주관적이며, 경우에 따라 기기 시스템의 작동을 중단해야 하는 단점을 지니고 있다. 최근에는 기기 시스템의 작동을 유지하면서, 베어링의 고장을 진단할 수 있는 시스템이 요구됨에 따라 지속적으로 베어링 작동 상태를 진단하여 고장 전에 미리 이상을 발견할 수 있는 형태의 기술로 발전되고 있다.
- [0005] 도 1은 종래기술에 따른 고장 진단 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다. 도 1의 (a)는 베어링의 구조를, (b) 베어링 외륜 결함을, (c)는 베어링 내륜 결함을 나타냄으로, 이와 같이 고장이 발생할 수 있는 기계의 위치에 센서를 부착하여 신호를 취득하고, (d)에 도시된 바와 같이 취득된 신호로부터 특징을 추출하고 상태 진단 영역에서 특징의 패턴을 분석하여 고장을 진단할 수 있다.
- [0006] 한편, 신뢰성 있는 기계 고장 진단을 위해서는 입력 신호(진동, 전류, 전압, 음향 방출 등)로부터 포락 분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하는 것이 중요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호(1998년10월26일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 진동 혹은 음향신호로부터 각 결함들을 구분할 수 있는 특징들을 추출하고 k-NN 분류 및 지역 특이요소 값(Local outlier factor) 방법을 사용하여 현재 결함을 진단하는 기계 고장 진단 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 발명의 실시예에 따른 기계 고장 진단 방법은 진단 대상인 기계에 설치된 센서에 의하여 신호를 측정하고 측정된 신호의 특징을 추출하여 특징벡터를 생성하는 단계; 및 상기 특징벡터로부터 얻은 분류확률 및 미리 학습된 분류기를 이용하여 상기 기계의 정상 상태 또는 다수의 비정상 결함을 진단하는 단계를 포함하며, 상기 진단하는 단계는 상기 분류기에 포함되는 제1 분류기에 의해 제1 분류를 실시하는 단계; 및 상기 제1 분류기의 결과값에 따라 상기 분류기에 포함되는 제2 분류기에 의해 제2 분류를 실시하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0013] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 기계 고장 진단 장치 및 방법에 따르면 사전에 미리 취득한 결함별 분석신호로부터 각 결함들을 구분하고 분류기로부터 얻은 결함 분류 결과를 통해 현재 베어링의 상태를 진단

할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 종래기술에 따른 고장 진단 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 발명의 일실시예에 따른 기계 고장 진단 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 발명의 일실시예에 따른 상태별 분석신호에 대한 특징벡터의 분포를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 발명의 일실시예에 따라 특이요소 (outlier)의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 발명의 일실시예에 따라 하나의 특징벡터가 특이요소로 판단되는 정도를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 및 LOF 분류를 구체적으로 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 분류기의 k값에 따른 분류 확률을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 분류기 및 LOF 분류기의 분류 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0017] 또한, 본 발명에서 사용되는 단어의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계를 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.
- [0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0021] 도 2는 발명의 일실시예에 따른 기계 고장 진단 방법을 나타낸 흐름도이다. 발명의 실시예에 따른 기계 고장 진단 방법은 결함별 분석신호를 취득하는 단계(S100), 상기 결함별 분석신호에서 특징을 추출하고 학습하는 단계(S200), 신호를 취득하는 단계(S300), 특징을 추출하는 단계(S400), k-nn 분류(최근접 이웃 알고리즘; k-nearest neighbor algorithm)하는 단계(S500), LOF(local outlier factor) 분류하는 단계(S600) 및 결함을 분류하여 표시하는 단계(S700)를 포함한다.
- [0022] 결함별 분석신호를 취득하는 단계(S100)에서는 결함별 신호를 취득한다. 취득하는 신호는 베어링을 비롯한 회전체 등의 물체에서 방출되는 진동, 전류, 전압, 음향 방출 등의 신호를 포함할 수 있다.
- [0023] 다음으로, 결함별 분석신호에서 특징을 추출하고 학습한다(S200). 즉, 사전에 미리 취득한 결함별 분석신호로부터 각 결함들을 구분할 수 있는 특징들을 추출하고, 추출한 특징들을 발명의 실시예에 따른 k-NN 분류기에 학습시킨다.
- [0024] 즉, 결함정보를 가진 입력신호로부터 결함정보의 특징을 연산하여 추출한 뒤, 해당 결함정보의 클래스와 추출한

결합정보의 특징으로 구성된 특징벡터를 생성하여 이를 k-NN 분류기에 학습시킨다.

- [0025] 다음으로, 기계로부터 실시간으로 신호를 취득한다(S300). 취득하는 신호는 베어링을 비롯한 회전체 등의 물체에서 방출되는 진동, 전류, 전압, 음향 방출 등의 신호를 포함할 수 있고 센서에 의해 측정된다.
- [0026] 다음으로, 취득한 신호의 특징을 추출한다(S400). S300의 단계에서 취득한 취득 신호로부터 각 결합들을 구분할 수 있는 특징들을 추출하고, 추출된 특징들을 발명의 실시예에 따라 개선된 k-NN 분류기에 입력시킨다(S500).
- [0027] k-nn 분류기는 S200 단계에서 학습한 특징과, S500 단계에서 입력된 특징을 비교하여 결합을 분류한다(S500). 이때, 필요에 따라 LOF 분류 방법을 이용할 수도 있다(S600). 이에 대해서는 이하의 도면을 이용하여 설명한다. 다음으로, 이렇게 분류된 결합을 출력함으로써(S700), 현재 베어링의 상태를 진단할 수 있다.
- [0028] 도 3은 발명의 일실시예에 따른 상태별 분석신호에 대한 특징벡터의 분포를 나타내는 그래프이다. 도 3에서 푸른색 원은 상태 1의 분석 신호에 대한 특징벡터를 나타내고, 황색 사각형은 상태 2의 분석 신호에 대한 특징 벡터를 나타낸다.
- [0029] 이는 S200의 단계에서 학습된 것으로, 상호 구별되는 다른 특징을 나타내는 특징 벡터의 그룹을 나타낸다. 또한, 그래프에서 삼각형은 취득 신호에 대한 특징벡터를 나타낸다.
- [0030] 도면에서와 같은 k-nn 분류는 취득 신호의 특징벡터와 분석신호의 특징벡터들 사이의 유클리디안 거리를 계산하고, 취득 신호의 특징벡터와 거리가 가장 가까운 k개의 이웃한 벡터들 선택하여, 2개의 그룹(상태1, 상태2) 중 이웃한 벡터들을 가장 많이 포함하고 있는 상태로 취득 신호의 특징벡터를 분류한다.
- [0031] 도면에서는 k가 3인 경우, 즉, 이웃하는 특징벡터의 수가 3개인 경우를 나타내고 있으며, 취득 신호에 대한 특징벡터와 이웃하는 3개의 특징벡터가 전부 상태 1의 분석신호에 대한 특징벡터이므로, S300에서 취득한 취득 신호의 특징벡터는 상태 1로 분류할 수 있다.
- [0032] 도 4는 발명의 일실시예에 따라 특이요소 (outlier)의 예를 나타내는 도면이고, 도 5는 발명의 일실시예에 따라 하나의 특징벡터가 특이요소로 판단되는 정도를 나타내는 도면이다. 특이요소는 같은 그룹 내에서 대부분의 특징벡터들이 일반적으로 따르는 분포를 따르지 않기 때문에 분류기를 통해 해당 그룹으로 분류하기가 어려운 특징벡터를 의미한다.
- [0033] 도면에서는 특이요소(10)가 특징벡터의 그룹과 이격되어 있음을 확인할 수 있다. 도 5(a)는 LOF(local outlier factor)가 높은 경우를 나타내고, 도 5(b)는 LOF가 상대적으로 낮은 경우를 나타낸다. LOF는 하나의 샘플이 특정 그룹 내에서 특이요소(outlier)의 구별 기준을 나타내는 지표로, 대상 샘플 주변 밀도와 나머지 샘플들의 주변 밀도의 비율을 나타낸다.
- [0034] 도 5(a)는 가장 좌측에 있는 원의 주변 밀도가 모여있는 원들의 주변 밀도보다 낮고, 도 5(b)는 가장 좌측에 있는 원의 주변 밀도가 파란 점들의 주변 밀도와 비슷하다.
- [0035] 즉, 도 5(a)는 상대적으로 LOF가 높다고 할 수 있고, 도 5(b)는 상대적으로 LOF가 낮다고 할 수 있다. LOF를 높게 설정하면 그룹 벡터와 멀리 이격된 점들에 대해서 특이요소인 것으로 판단하고, LOF를 낮게 설정할수록 특이요소로 판단되는 그룹 벡터와의 거리가 짧아지게 된다.
- [0036] LOF는 하나의 샘플이 특정 그룹 내에서 특이요소인 정도를 나타내는 지표이며, 대상 샘플 주변 밀도와 나머지 샘플들의 주변 밀도의 비율을 의미하고, 하기의 수학적식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{reachability-distance}_k(A, B) = \max\{k\text{-distance}(B), d(A, B)\}$$

$$\text{lrd}(A) := 1 / \left(\frac{\sum_{B \in N_k(A)} \text{reachability-distance}_k(A, B)}{|N_k(A)|} \right)$$

$$\text{LOF}_k(A) := \frac{\sum_{B \in N_k(A)} \frac{\text{lrd}(B)}{\text{lrd}(A)}}{|N_k(A)|} = \frac{\sum_{B \in N_k(A)} \text{lrd}(B)}{|N_k(A)|} / \text{lrd}(A)$$

[0037] 수학적식

(1)

- [0038] 도 6은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 및 LOF 분류를 구체적으로 나타내는 흐름도이다. 이는 도 2에서 S500 내지 S600을 세분화하여 나타낸 것이다.
- [0039] k-nn 분류기에서 분류확률을 계산한다(S510). 분류확률은 하기의 수학식으로 나타낼 수 있다.
- [0040] $p = \max(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$, $p_i = k_i/k$ 수학식(2)
- [0041] 상기의 수학식에서 p는 분류확률이고 p_i 는 i번째 클래스의 분류확률을 나타낸다. 또한, k는 k-nn을 통해 계산된 이웃한 샘플들의 개수를 나타내고, k_i 는 이웃한 샘플들 중 i번째 클래스의 샘플들의 개수를 나타내며, n은 그룹의 개수를 나타낸다.
- [0042] 다음으로, 상기의 과정에서 구한 분류확률의 값과 미리 정해진 임계값을 비교하여(S520), 분류확률의 값이 임계값 이하이면 LOF 분류기를 통해 분류하고(S600), 분류확률의 값이 임계값을 초과하면 k-nn 분류기를 통해 분류한다(S530).
- [0043] S600의 단계에서, $LOF1(s) \leq \max(LOF1(x))$, $\forall x \in G1$ 이면, s는 G1에 포함되고, $LOF2(s) \leq \max(LOF2(x))$, $\forall x \in G2$ 이면, s는 G2에 포함된다. 여기서 s는 취득 신호의 특징벡터이고, x는 특정 그룹에 포함된 특징벡터이다. G_i 는 i번째 그룹의 특징벡터 집합이며, LOF_i 는 i번째 그룹에 대한 LOF 값을 나타낸다.
- [0044] 도 7은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 분류기의 k값에 따른 분류 확률을 나타내는 도면이다. 도 7(a)는 k-nn 분류기에서 k가 3인 경우의 분류확률을 나타낸다. 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 1에 두 개가 인접하고, 그룹 2에 하나가 인접한다. 즉, 그룹 1에 대한 분류확률이 2/3이므로 66.6%인 것으로 판단한다.
- [0045] 도 7(b)는 k-nn 분류기에서 k가 4인 경우의 분류확률을 나타낸다. 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 1에 두 개가 인접하고, 그룹 2에 두 개가 인접한다. 즉, 그룹 1에 대한 분류확률이 2/4이므로 50%인 것으로 판단한다.
- [0046] 도 7(c)는 k-nn 분류기에서 k가 3인 경우의 분류확률을 나타낸다. 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 1에 세 개가 인접하고, 그룹 2에 0개가 인접한다. 즉, 그룹 1에 대한 분류확률이 3/3이므로 100%인 것으로 판단한다.
- [0047] 도 7(d)는 k-nn 분류기에서 k가 4인 경우의 분류확률을 나타낸다. 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 1에 네 개가 인접하고, 그룹 2에 0 개가 인접한다. 즉, 그룹 1에 대한 분류확률이 4/4이므로 역시 100%인 것으로 판단한다. 도 7(a) 및 7(b)와 같이 100%로 명확하게 나타나지 않는 경우의 LOF 분류 방법을 도 8을 이용하여 설명한다.
- [0048] 도 8은 발명의 일실시예에 따라 k-nn 분류기 및 LOF 분류기의 분류 결과를 나타내는 도면이다. 도 8(a)에는 k-nn 분류기에서 k가 3인 경우의 분류확률을 나타낸다. 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 1에 두 개가 인접하고, 그룹 2에 하나가 인접한다. 즉, 그룹 1에 대한 분류확률이 2/3이므로 66.6%인 것으로 판단한다.
- [0049] 도시된 바와 같이, 그룹 1에 속할 분류확률이 66.6%인 경우, k-nn 분류 만으로는 정확한 판단이 어려우므로, 도 8(b)에서와 같이 LOF 분류과정을 통해 판단한다. 도 6의 S520에서 k-nn 분류기뿐만 아닌 LOF 분류기까지 사용하게 되는 분류확률 임계값은 필요에 따라 다르게 설정될 수 있다.
- [0050] 도 8(b)에 도시된 바와 같이, 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터의 그룹 1에 대한 LOF 값($LOF1(s)$)은 1.2이고, 그룹 2에 대한 LOF 값($LOF2(s)$)은 0.2이다.
- [0051] 또한, 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터의 그룹 1 및 2에 대한 LOF 값은 각각 그룹 1의 최대값인 $\max(LOF1(x))$ 이 0.2이고, 그룹 2의 최대값인 $\max(LOF2(x))$ 은 0.4이며 하기의 수학식을 만족함을 확인할 수 있다.

$$LOF_1(s) > \max(LOF_1(x)), \forall x \in G_1$$

$$LOF_2(s) \leq \max(LOF_2(x)), \forall x \in G_2$$

[0052] 수학적

(3)

[0053] 따라서, 도 8(b)에서 삼각형으로 나타내는 취득신호에 대한 특징벡터는 그룹 2에 속하는 것으로 판단할 수 있다.

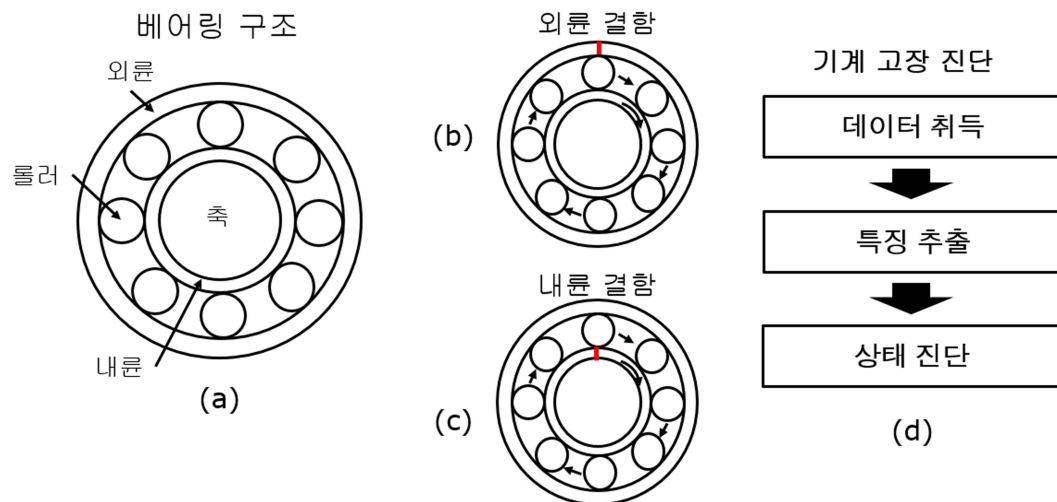
[0054] 상기에서 검토한 바와 같이, k-mn 분류기 및 분류확률에 따라 LOF 분류기를 사용하여 특징벡터가 속하는 그룹을 판단하므로 현재의 결함을 보다 정확하게 진단할 수 있는 효과가 있다.

[0055] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

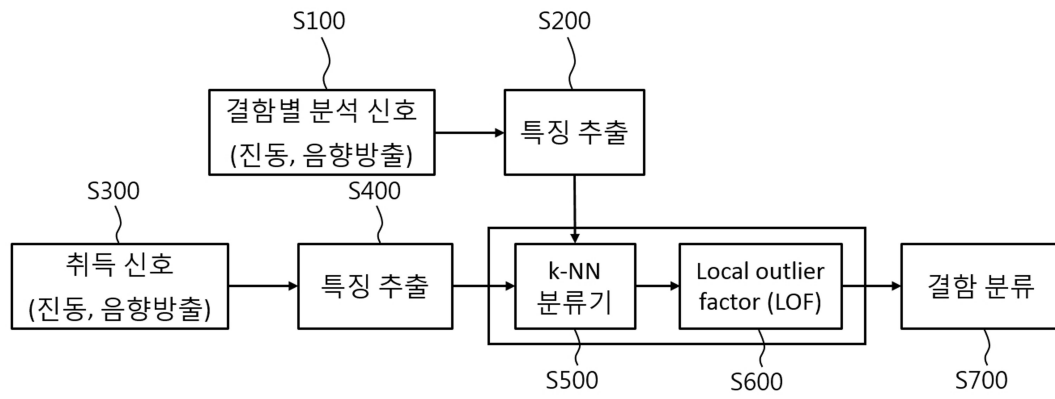
[0056] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

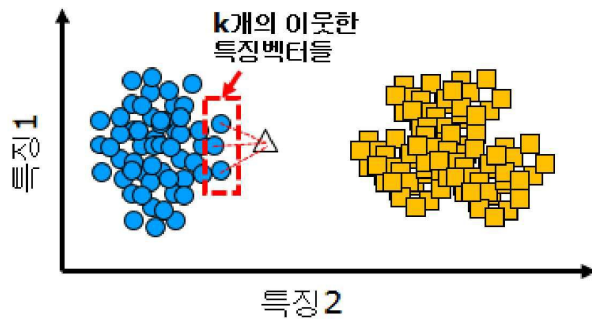
도면1



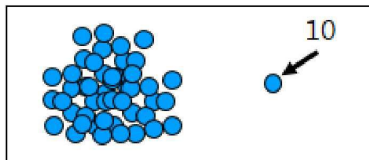
도면2



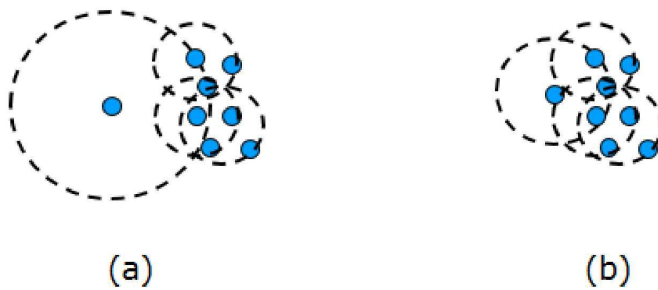
도면3



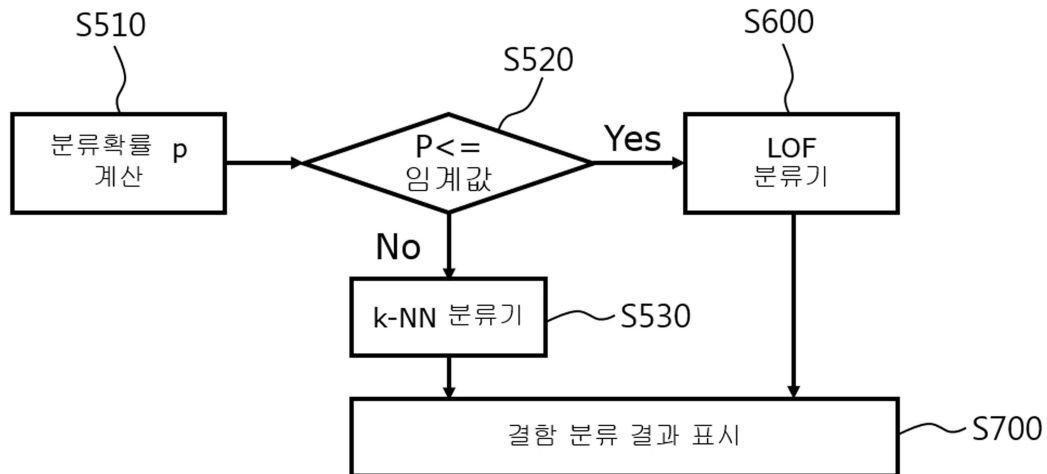
도면4



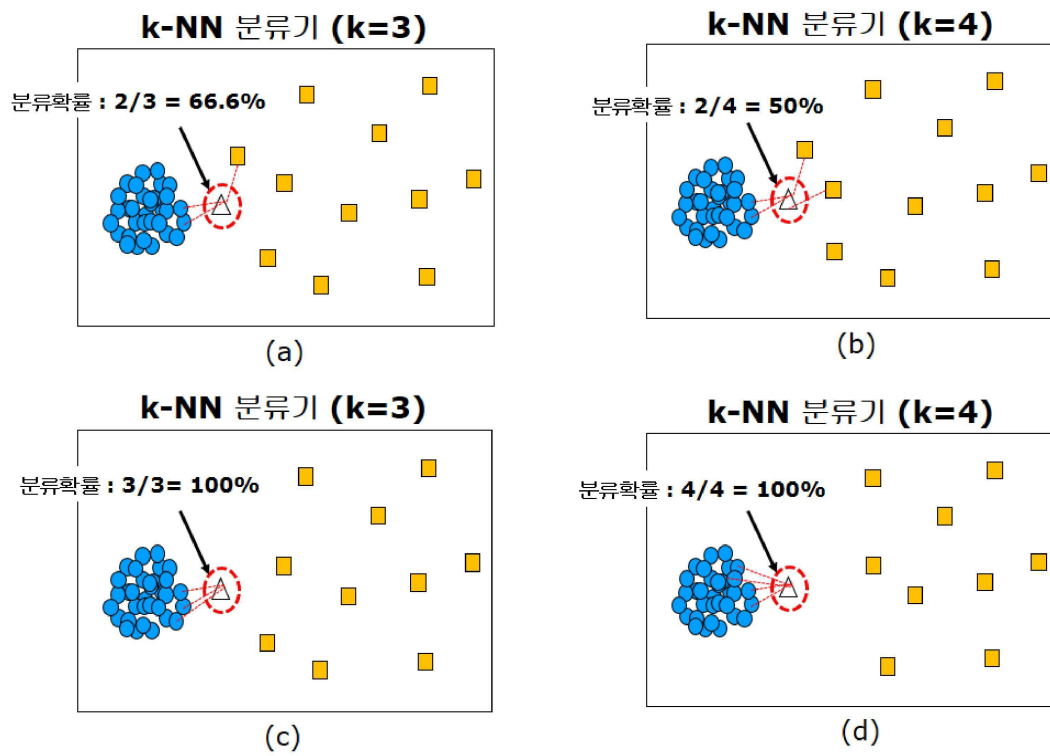
도면5



도면6



도면7



도면8

