(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0060192
(43) 공개일자 2021년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 99/00 (2011.01) *G06Q 50/10* (2012.01)
(52) CPC특허분류
G01M 99/005 (2013.01)
G06Q 50/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0147931
(22) 출원일자 2019년11월18일
심사청구일자 2019년11월18일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김종면
울산광역시 울주군 범서읍 장검길 88, 106동 1802호 (문수산 더샵)
김재영
부산광역시 수영구 과정로73번길 33-1, 2층 (망미동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

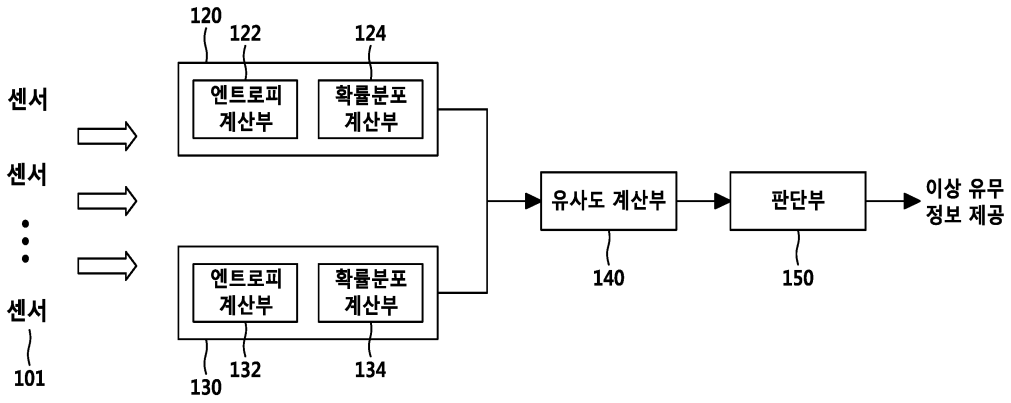
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **산업설비의 이상유무 진단장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 산업설비의 비정상 구동상태나 결함과 같은 이상유무를 진단하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 이러한 본 발명은 산업설비에 설치된 센서로부터 오프라인에서 정상신호를 인가받는 제1 처리부와, 산업설비에 설치된 센서로부터 실시간으로 센서신호를 인가받는 제2 처리부, 상기 제1 처리부와 제2 처리부가 처리한 신호의 유사도를 계산하는 유사도 계산부, 및 계산된 상기 유사도 결과에 따라 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단부를 포함한다. 그리고 상기 제1 처리부 및 제2 처리부는, 정상신호 및 센서신호의 엔트로피를 계산하는 엔트로피 계산부와, 계산된 엔트로피의 확률분포를 계산하는 확률분포 계산부를 포함하며, 따라서 유사도 계산부는, 정상신호의 엔트로피의 확률분포와 센서신호의 엔트로피의 확률분포의 유사도를 계산하게 된다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415163561
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	자원개발기술개발(R&D)
연구과제명	IoT 기반 유·가스 수송/처리시스템 진단 및 통합운영기술 개발
기 여 율	20/100
과제수행기관명	(주)지티씨
연구기간	2017.05.01 ~ 2020.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415159397
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	원자력핵심기술개발(R&D)
연구과제명	원전 회전기기 복합고장 알고리즘 및 데이터베이스 개발
기 여 율	80/100
과제수행기관명	영진(주)
연구기간	2018.05.01 ~ 2021.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

산업설비에 설치된 센서로부터 오프라인에서 정상신호를 인가받는 제1 처리부;

산업설비에 설치된 센서로부터 실시간으로 센서신호를 인가받는 제2 처리부;

상기 제1 처리부와 제2 처리부가 처리한 신호의 유사도를 계산하는 유사도 계산부; 및

계산된 상기 유사도 결과에 따라 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업설비의 이상유무 진단장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 처리부 및 제2 처리부는,

정상신호 및 센서신호의 엔트로피를 계산하는 엔트로피 계산부; 및

계산된 엔트로피의 확률분포를 계산하는 확률분포 계산부를 포함하여 구성되고,

상기 유사도 계산부는, 정상신호의 엔트로피의 확률분포와 센서신호의 엔트로피의 확률분포의 유사도를 계산하는 산업설비의 이상유무 진단장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 엔트로피 계산부는, 식 $\text{Entropy} = -\log(p2/p1)$ 에 의해 엔트로피를 계산하는 산업설비의 이상유무 진단장치.

여기서 p1은 m 길이의 거리 행렬에서, 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체개수, p2는 m+1 길이의 거리 행렬에서 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체 개수를 의미하고, 상기 r은 표준편차 ×0.2임.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 유사도 계산부는, 식 $\text{유사도} = \int |pdf1 - pdf2|\, dx$ 에 의해 유사도를 계산하는 산업설비의 이상유무 진단장치.

여기서 상기 $pdf1$, $pdf2$는 각각 정상신호 및 실시간신호로부터 소정 개수의 엔트로피 계산 값을 기반으로 한 정규분포 계산값을 의미함

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 판단부는,

현재 유사도 값이 최근 소정 개수의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 큰 횟수를 카운팅하여, 이상유무를 판단하는 산업설비의 이상유무 진단장치.

청구항 6

산업설비에 설치된 센서를 통해 정상신호 및 실시간 신호를 측정하는 신호 측정 단계;

상기 정상신호 및 실시간 신호에 대한 엔트로피(Entropy)를 계산하는 엔트로피 계산 단계;

상기 계산된 엔트로피의 확률분포를 각각 계산하는 확률분포 계산단계;

상기 정상신호 및 실시간 신호의 확률분포의 유사도를 계산하는 확률분포 유사도 계산 단계; 및

상기 계산된 유사도를 통해 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업설비 이상 진단방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 엔트로피 계산단계는,

식 $\text{Entropy} = -\log(p2/p1)$ 에 의해 계산하며, 여기서 p1은 m 길이의 거리 행렬에서, 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체개수, p2는 m+1 길이의 거리 행렬에서 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체 개수를 의미하고, 상기 r은 표준편차 ×0.2인 산업설비의 이상유무 진단방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 확률 분포 유사도 계산 단계는, $\text{유사도} = \int |pdf1 - pdf2|\, dx$ 에 의해 유사도를 계산하며, 여기서 상기 *pdf*1, *pdf*2는 각각 정상신호 및 실시간신호로부터 소정 개수의 엔트로피 계산 값을 기반으로 한 정규분포 계산 값을 의미하는 산업설비의 이상유무 진단방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 판단단계는,

현재 유사도 값이 최근 소정 개수의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 소정 횟수 이상이면 산업 설비의 이상발생으로 판단하고, 상기 횟수 미만이면 일시적인 이상점(outlier)로 판단하는 산업설비의 이상유무 진단방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 산업설비의 비정상 구동상태를 감지하는 것으로서, 더욱 상세하게는 산업설비의 운전 중 그 산업설비에 설치된 센서의 신호를 통해 산업설비의 이상이나 결함 등을 진단할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 각종 산업설비의 관리는 오랫동안 인간의 고유영역으로 인식되어 왔다. 많은 경험을 쌓은 작업자들은 각종 산업설비에서 획득한 데이터를 분석하여 그 설비의 이상상태를 발견하고, 결함의 원인을 찾아 심각한 고장이 생기거나 설비의 가동이 갑자기 중단되기 전에 조치를 취하게 된다.

[0003] 그러나 복잡하고 다양한 설비에서 발생하는 데이터들을 정확하게 수집하기 힘들다는 점, 이를 평가하고 분석하는데 적지않은 시간이 소요된다는 여러 문제점이 있다. 또한, 작업자가 경험해보지 못한 상황이 발생하거나 데이터를 잘못 해석하는 경우 오진이 발생하는 문제점도 있다.

[0004] 따라서 기업들은 생산성 향상과 기업의 경쟁력 확보를 위한 방안으로 각종 산업 설비들을 보다 효율적이고 안전하게 관리하기 위한 새로운 방법들을 도입하고 있고, 이러한 예로 산업설비의 이상 유무를 더 쉽게 진단할 수 있는 선행기술들이 공개된 바 있다.

[0005] 예를 들어 한국등록특허 10-1302519호(선행문헌 1)는 설비의 이상 유무를 진단하는 발명으로, 여기에는 산업설비의 진동을 분석하여 설비의 이상 유무 및 수명을 예측하는 구성이 공개되고 있다. 그러나 선행문헌 1은 실질적으로 산업 설비들이 구동되는 과정에서 필수적으로 발생하는 기계적인 진동 정보만을 기반으로 하여 이상 유무를 진단하는 기술로서, 적용범위가 극히 제한적이다. .

[0006] 다른 예로, 한국등록특허 10-1271993호는 산업 플랜트 설비 감시를 위한 이상신호 디스플레이 방법을 개시하고 있는 발명으로 설비 계통에 설치된 검출센서의 신호를 분석하여 고장발생 기기를 찾아내고 있다.

[0007] 그러나 선행문헌 2는 설비들의 운전상태 정보에서 이상신호 발생 여부를 확인하고, 이러한 이상신호가 발생하면 해당위치에서 계통 흐름의 역방향과 순방향으로 이상신호를 추적하여 고장발생 기기를 색출하는 방식이다. 그만큼 이상신호 추적이 번거로울 수 있고, 소정 계통에 둘 이상의 설비에서 이상신호가 발생하면 고장발생 기기를 색출하기 어렵다.

[0008] 그리고 선행문헌들은 정상 구동과 관련없는 순간적인 노이즈가 발생할 경우 이를 이상신호로 잘못 판단하여 설비 구동을 중지시키는 경우도 있다. 이 경우 설비 구동이 자동 또는 수동방식으로 중단되며, 일련의 점검이 완료된 이후에 다시 구동시켜야 하는 번거로운점이 있었던 것이고, 이는 실질적으로 산업 설비의 운영, 관리적인 측면에서 비생산적, 비효율적인 문제를 여전히 탈피하지 못하는 문제를 가지고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명의 목적은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 산업설비의 이상 유무를 정확하게 진단할 수 있는 산업설비의 이상유무 진단장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 발생된 일부 노이즈를 결함이 아닌 노이즈로 판단하도록 하여 산업설비의 연속적이고 안정적인 구동이 수행될 수 있도록 하는 산업설비의 이상유무 진단장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 산업설비에 설치된 센서로부터 오프라인에서 정상신호를 인가받는 제1 처리부; 산업설비에 설치된 센서로부터 실시간으로 센서신호를 인가받는 제2 처리부; 상기 제1 처리부와 제2 처리부가 처리한 신호의 유사도를 계산하는 유사도 계산부; 및 계산된 상기 유사도 결과에 따라 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단부를 포함하는 산업설비의 이상유무 진단장치를 제공한다.

[0012] 상기 제1 처리부 및 제2 처리부는, 정상신호 및 센서신호의 엔트로피를 계산하는 엔트로피 계산부 및 계산된 엔트로피의 확률분포를 계산하는 확률분포 계산부를 포함하고, 상기 유사도 계산부는, 정상신호의 엔트로피의 확률분포와 센서신호의 엔트로피의 확률분포의 유사도를 계산한다.

[0013] 상기 엔트로피 계산부는, 식 $\text{Entropy} = -\log(p2/p1)$ 에 의해 엔트로피를 계산한다. 여기서 p1은 m 길이의 거리 행렬에서, 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체개수, p2는 m+1 길이의 거리 행렬에서 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체 개수를 의미하고, 상기 r은 표준편차 ×0.2이다.

[0014] 상기 유사도 계산부는, 식 $\text{유사도} = \int |pdf1 - pdf2|\, dx$ 에 의해 유사도를 계산한다. 여기서 상기 $pdf1$, $pdf2$는 각각 정상신호 및 실시간신호로부터 소정 개수의 엔트로피 계산 값을 기반으로 한 정규분포 계산값을 의미한다.

[0015] 상기 판단부는, 현재 유사도 값이 최근 갯수의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 큰 횟수를 카운팅하여, 이상유무를 판단한다.

[0016] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 산업설비에 설치된 센서를 통해 정상신호 및 실시간 신호를 측정하는 신호 측정단계; 상기 정상신호 및 실시간 신호에 대한 엔트로피(Entropy)를 계산하는 엔트로피 계산 단계; 상기 계산된 엔트로피의 확률분포를 각각 계산하는 확률분포 계산단계; 상기 정상신호 및 실시간 신호의 확률분포의 유사도를 계산하는 확률분포 유사도 계산 단계; 및 상기 계산된 유사도를 통해 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단단계를 포함하는 산업설비 이상 진단방법을 제공한다.

[0017] 상기 엔트로피 계산단계는, 식 $\text{Entropy} = -\log(p2/p1)$ 에 의해 계산하며, 여기서 p1은 m 길이의 거리 행렬에서, 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체개수, p2는 m+1 길이의 거리 행렬에서 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체 개수를 의미하고, 상기 r은 표준편차 ×0.2이다.

[0018] 상기 확률분포 유사도 계산 단계는, $\text{유사도} = \int |pdf1 - pdf2|\, dx$ 에 의해 유사도를 계산하면, 여기서 상기 *pdf*1, *pdf*2는 각각 정상신호 및 실시간 신호로부터 소정 개수의 엔트로피 계산 값을 기반으로 한 정규분포 계산 값을 의미한다.

[0019] 상기 판단단계는, 현재 유사도 값이 최근 소정 개수의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 소정 횟수 이상이면 산업 설비의 이상발생으로 판단하고, 상기 횟수 미만이면 일시적인 이상점(outlier)로 판단한다.

발명의 효과

[0020] 이상과 같은 본 발명의 산업설비 이상유무 진단 장치 및 방법에 따르면, 산업설비의 운전 중 이상 발생시 그 이상유무를 진단할 수 있는 효과가 있다.

[0021] 그리고 본 발명은 노이즈 등이 발생하더라도 소정 조건을 만족할 경우 이를 산업설비의 이상이나 결함이 아닌 일반적인 노이즈로 판단하여 무시하는 패턴으로 진단장치를 동작시키고 있어, 산업설비의 정상구동과 관련없는 노이즈 등으로 인해 산업설비의 운전이 중단되는 문제를 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 산업설비 이상 감지장치를 설명하는 구성도

도 2는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 산업설비 이상 감지 방법을 설명하는 흐름도

도 3 내지 도 5는 도 2의 엔트로피 계산과정을 설명하기 위한 예시 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0024] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

[0025] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 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. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0026] 본 발명은 산업설비의 운전 중에 발생하는 이상 유무 및 그 정도를 판별하는 것으로서, 이하에서 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0027] 도 1에 도시된 바와 같이 산업설비 이상 감지 장치는, 제1 처리부(120) 및 제2 처리부(130)를 포함한다. 제1 처리부(120)는 오프라인 상태에서 산업설비에 설치된 센서(101)가 취득하는 정상신호를 처리하는 부분이고, 제2 처리부(130)는 산업설비의 구동에 따라 실시간으로 센서(101)들이 취득하는 실시간 신호를 처리하는 부분을 말한다.

[0028] 이러한 제1 처리부(120) 및 제2 처리부(130)는 각각 엔트로피 계산부(122, 132) 및 확률분포 계산부(124, 134)를 구비한다.

[0029] 제1 처리부(120)의 엔트로피 계산부(122) 및 확률분포 계산부(124)는, 오프라인 상태에서 센서(101)들이 취득한 정상신호(실시 예에서는 20개로 한정함)에 대한 각각의 엔트로피와 확률분포를 미리 계산하여 가지고 있다. 이러한 제1 처리부(120)에 의한 엔트로피 값 및 확률분포 값이 레퍼런스 신호가 될 수 있다.

[0030] 제2 처리부(130)의 엔트로피 계산부(132) 및 확률분포 계산부(134)는, 온라인에서 실시간(real time)으로 센서 신호를 취득하여 엔트로피 값 및 확률분포 값을 계산한다.

[0031] 엔트로피 계산부(122, 132)는 다음 수학식 1에 의해 엔트로피 값을 계산한다.

수학식 1

[0032] $$Entropy = -\log (p2/p1)$$

[0033] 여기서, p1은 m 길이의 거리 행렬에서, 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체개수를 말하고, p2는 m+1 길이의 거리 행렬에서 행렬의 각 수가 r보다 큰 개수/전체 개수를 말한다. 그리고 상기 r은 표준편차 ×0.2이다.

[0034] 상기 제1 처리부(120)의 확률 분포값과 제2 처리부(130)의 확률 분포값의 유사도를 계산하는 유사도 계산부(140)가 구비된다. 유사도 계산부(140)는 하기 수학식 2에 의해 구해진다.

수학식 2

[0035] $$유사도 = \int |pdf1 - pdf2|\, dx$$

[0036] 여기서 상기 *pdf*1, *pdf*2는 각각 정상신호 및 실시간 신호로부터 소정 개수의 엔트로피 계산 값을 기반으로 한 정규분포 계산값을 말한다. 그리고 상기 *pdf*1, *pdf*2는 평균(μ) 및 표준편차(σ)를 이용하여 구할 수 있으며, 상기 평균 및 표준편차는 상기한 20개의 엔트로피 계산값으로부터 알 수 있다.

[0037] 상기 유사도 계산부(140)에 의해 계산된 유사도를 기초로 하여 산업설비의 이상, 결함 유무를 판단하는 판단부(150)가 구비된다. 여기서 판단부(150)는, 단순히 산업설비의 이상, 결함만을 판단하지 않고, 갑작스럽게 발생하는 신호를 산업설비의 정상 구동과 관련없는 노이즈로 판단하여 산업설비의 이상이 발생한 것으로 판단하지 않도록 한다. 즉 순간적이고 갑작스럽게 발생하는 노이즈를 모두 이상, 결함신호로 판단한다면, 산업설비의 정상적인 구동이 어려울 수 있기 때문이다. 물론, 이러한 노이즈는 실질적으로 산업설비의 정상 구동과 관련없는 신호이어야 할 것이다.

[0038] 본 발명의 실시 예에 따른 판단부(150)는, 상기 계산된 유사도 값이 최근 소정 개수의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 큰 신호가 소정 횟수 미만일 경우 노이즈로 판단하여 이를 무시한다. 즉 결함이나 이상이 없는 것으로 간주하는 것이다. 그리고 상기 계산된 유사도 값이 전체 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 큰 신호가 소정 횟수 이상일 경우에만 이상, 결함이 있는 것으로 판단한다. 실시 예에서 상기 횟수는 5회를 기준으로 하나, 이는 산업설비의 특성에 따라 상이하게 적용될 수 있음은 당연하다.

[0039] 다음에는 이와 같이 구성된 산업설비 이상 진단장치를 이용하여 설비들의 이상상태나 결함상태를 진단하는 방법에 대해 설명한다.

[0040] 본 발명의 산업설비 이상 진단방법은 크게 신호 측정단계(s100), 엔트로피 계산단계(s110), 확률분포 계산단계(s120), 확률분포에 대한 유사도 계산단계(s130) 및 이를 통해 산업설비의 이상 유무를 판단하는 판단 단계(s140)를 포함하여 수행되며, 이러한 각각의 단계에 대해 구체적으로 살펴보기로 한다.

[0041] 산업설비의 미 구동상태(예를 들면 오프라인 상태)에서 제1 처리부(120)는 산업설비에 설치된 센서(101)들로부터 소정 개수, 예를 들면 20개의 정상신호를 취득하고(s101), 이를 기초로 하여 엔트로피 계산부(122) 및 확률분포 계산부(124)는 각각 엔트로피 값과 확률분포 계산값을 계산한다(s111)(s121). 계산된 값들은 일련의 메모리(미도시) 등에 저장된다.

[0042] 이와 같이 오프라인에서 정상신호에 대한 엔트로피 값과 확률분포 값이 저장된 상태에서, 산업설비가 구동되면, 상기 산업설비에 설치된 센서(101)들은 산업설비의 각종 신호를 실시간 감지하게 될 것이다(s102). 그리고 감지된 실시간 신호를 기초로 하여, 제2 처리부(130)의 엔트로피 계산부(132)는 상기 수학식 1을 이용하여 엔트로피를 계산한다(s112).

[0043] 엔트로피는 실시간 센서 신호가 일정 패턴대로 인가되지 않고 무작위로 인가될 경우 높게 나오고, 반면 일정 주

기를 가지면 반복적인 패턴인 경우 낮게 나온다. 따라서 정상신호일수록 엔트로피는 높고, 이상이나 결함 있는 경우 엔트로피는 낮게 나옴을 알 수 있다. 즉 정상신호는 센서에서 무작위로 인가되고, 이상이나 결함이 있는 경우에는 이에 따른 신호가 주기적으로 발생하기 때문이다.

[0044] 이와 같은 엔트로피 값을 구하는 이유는 정상신호와 결함신호에 대한 특성을 추출하기 위함이다.

[0045] 엔트로피 계산과정은, 도 3과 같이 샘플신호가 N개인 상태에서, 1/5만큼을 m신호로 설정한다. 그런 다음 도 4와 같이 전체 신호길이에 대한 i 신호 및 총 신호 길이의 1/5인 j 신호에 대하여 값을 1씩 계속 증가하면서 두 신호의 차이를 계산한다. 이를 행렬로 나타내면 도 5와 같다. 도 5는 m 길이의 거리 행렬을 나타낸다.

[0046] 그리고 도 5의 행렬을 이용한 계산과정을 보면, 대각선 성분(A)들은 같은 신호들[즉, (1,1), (2,2)…]로서 계산할 필요가 없다. 불필요한 계산이다. 또한 대각선을 기준으로 상/하측의 신호(B, C)들은 서로 동일하다. 따라서 이들 신호들을 모두 계산하지 않아도 된다. 즉 B 부분 또는 C 부분과 같이 전체 행렬 중에서 일부만 계산하면 된다. 이처럼 본 발명은 불필요한 계산 및 중복되는 부분의 계산을 1번만 함으로써, 연산시간을 단축할 수 있음을 알 수 있다.

[0047] 따라서 엔트로피 계산부(132)는 수학식 1을 이용하여 실시간 신호에 대한 엔트로피를 계산할 수 있다.

[0048] 이후 실시간 신호에 대한 엔트로피가 계산되면 확률분포 계산부(134)는 계산된 엔트로피의 확률분포를 계산한다(s122). 즉 최근 20개의 신호에 대한 계산된 엔트로피의 확률 분포값이 계산된다. 이와 같은 과정에 따라 정상신호의 엔트로피 확률분포 값과 실시간 신호에 대한 엔트로피 확률분포 값이 모두 구해진 상태가 된다.

[0049] 유사도 계산부(140)는 상기 구해진 정상신호의 엔트로피 확률분포 값과 실시간 신호에 대한 엔트로피 확률분포 값의 유사도를 계산한다(s130). 유사도는 상기한 수학식 2를 이용하여 구하면 된다.

[0050] 그리고 계산된 유사도 값은 판단부(150)로 전달된다. 이에 판단부(150)는 미리 셋팅된 판단 조건에 따라 산업설비의 이상이나 결함 유무를 판단하게 된다(s140). 즉, 판단부(150)는 현재 유사도 값이 최근 20개의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 소정 횟수, 예를 들면 횟수가 5회 이상인 경우에는 산업 설비에 이상이나 결함이 있는 것으로 판단한다. 판단 결과는 작업자 등이 알 수 있도록 제공될 것이다.

[0051] 그러나 소정 횟수 이하인 경우에는 이상이나 결함이 아닌 일시적인 노이즈로 판단하고 이를 무시한다. 즉 현재 유사도 값이 최근 20개의 유사도 값들의 '평균 + 표준편차 ×3'보다 큰 횟수가 5회 미만이다면, 산업설비에 이상이 있거나 결함이 있다고 보지 않고 일시적인 이상점(outlier)로 판단한다. 따라서 이런 조건에서는 산업설비의 구동이 중단되지 않고 계속 수행될 수 있다.

[0052] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 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.

부호의 설명

[0053] 101: 센서

120, 130: 제1, 제2 처리부

122, 132: 엔트로피 계산부

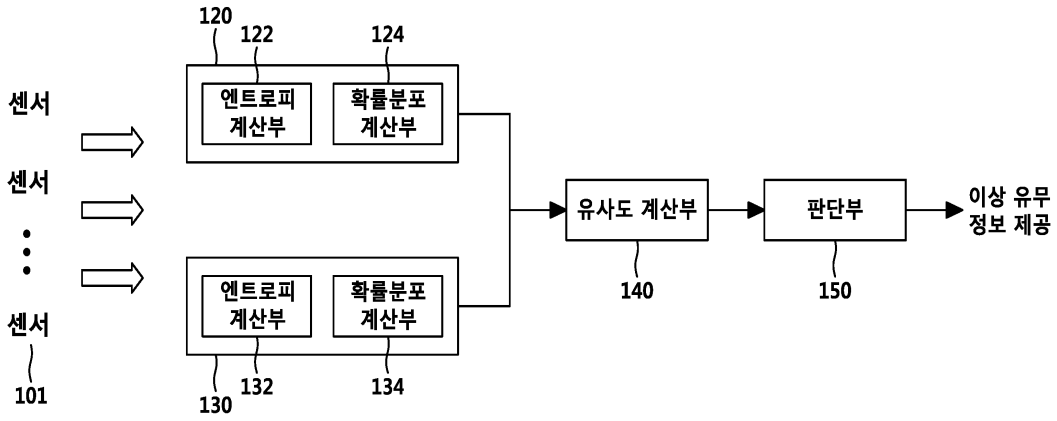
124, 134: 확률분포 계산부

140: 유사도 계산부

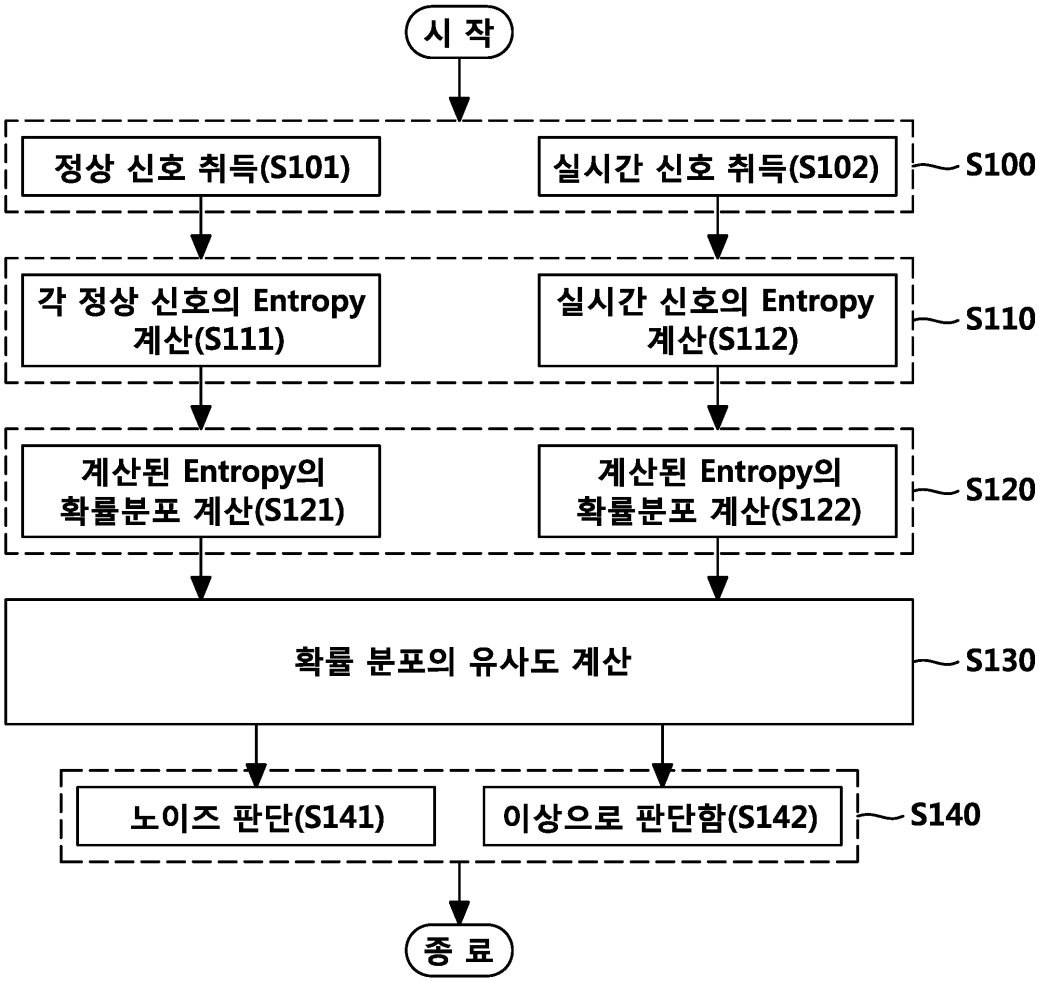
150: 판단부

도면

도면1


120
122
124
센서
센서
센서
101
엔트로피 계산부
확률분포 계산부
엔트로피 계산부
확률분포 계산부
130
132
134
유사도 계산부
140
판단부
150
이상 유무 정보 제공

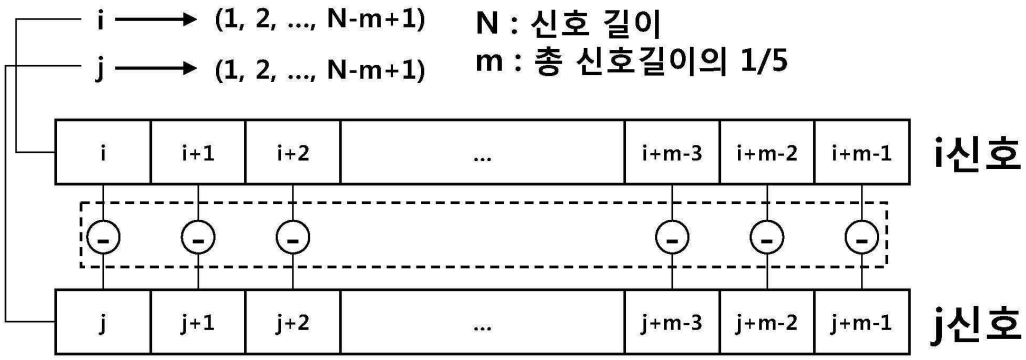
도면2


시 작
정상 신호 취득(S101)
실시간 신호 취득(S102)
S100
각 정상 신호의 Entropy 계산(S111)
실시간 신호의 Entropy 계산(S112)
S110
계산된 Entropy의 확률분포 계산(S121)
계산된 Entropy의 확률분포 계산(S122)
S120
확률 분포의 유사도 계산
S130
노이즈 판단(S141)
이상으로 판단함(S142)
S140
종 료

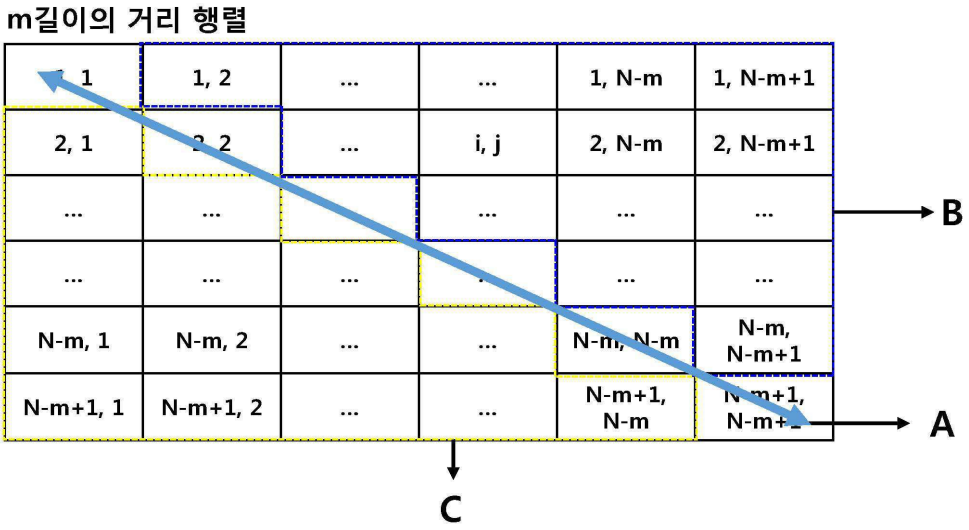
도면3


1
2
3
N-2
N-1
N

도면4


i → (1, 2, ..., N-m+1)
j → (1, 2, ..., N-m+1)
N : 신호 길이
m : 총 신호길이의 1/5
i
i+1
i+2
...
i+m-3
i+m-2
i+m-1
i신호
j
j+1
j+2
...
j+m-3
j+m-2
j+m-1
j신호

도면5


m길이의 거리 행렬
1, 1
1, 2
...
...
1, N-m
1, N-m+1
2, 1
2, 2
...
i, j
2, N-m
2, N-m+1
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
N-m, 1
N-m, 2
...
...
N-m, N-m
N-m, N-m+1
N-m+1, 1
N-m+1, 2
...
...
N-m+1, N-m
N-m+1, N-m+1
B
A
C