



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월13일
 (11) 등록번호 10-1897181
 (24) 등록일자 2018년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01M 7/02 (2006.01) G01H 11/06 (2006.01)
 G01M 17/007 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01M 7/025 (2013.01)
 G01H 11/06 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0104546
 (22) 출원일자 2017년08월18일
 심사청구일자 2017년08월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101041037 B1*
 KR101491911 B1*
 KR100831539 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 크레스프리
 경기도 성남시 분당구 정자일로 177, 디동 315호
 (정자동, 인텔리지2)
 (72) 발명자
권진만
 경기도 용인시 수지구 상현로 59, 151동 1604호
 (상현동, 상현마을금호베스트빌1단지(아))
이지현
 경기도 성남시 수정구 모란로87번길 3-1 102호 (태평동)
 (74) 대리인
박건우, 이윤직

전체 청구항 수 : 총 11 항

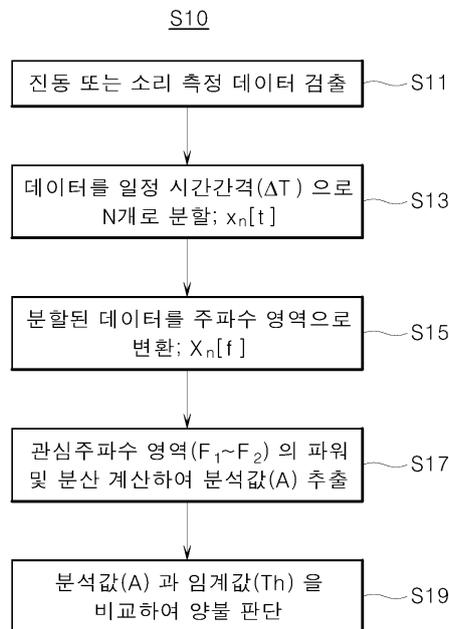
심사관 : 홍기정

(54) 발명의 명칭 **액츄에이터 분석 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명에 따른 액츄에이터 분석 방법과 장치는, 액츄에이터의 데이터를 특정 시간간격으로 분할하고, 분할된 데이터를 주파수 영역으로 변환하고, 변환된 데이터를 신호처리하여 관심주파수 구간에서 분석값을 추출하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 액츄에이터에서 발생하는 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



하여, 양불 또는 고장 여부 판단을 위해, 데이터를 주파수 영역으로 변환하고 파워와 분산 등의 신호처리 기법을 사용함으로써, 일반적인 불량품은 물론이고 치명적인 결함이 있음에도 불구하고 소리나 진동의 절대크기가 작거나 미세하게 나타나는 등의 경우도 걸러낼 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명에 따른 분석방법으로 반복적인 학습을 통해 더욱 정교한 판단 기준을 결정할 수 있게 함으로써, 양불 또는 고장 여부 판단의 정밀도를 향상시키는 효과가 있다. 또한, 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하기 때문에 주변에 소음이 많은 공장 라인 같은 장소에서도 분석 정밀도가 높다는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류

G01M 17/007 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10071665
부처명	주관: 중소벤처기업부(벤처정책과) / 운영 : 창업 진흥원
연구관리전문기관	대구경북과학기술원
연구사업명	2016년 창업도약 패키지 지원사업
연구과제명	ALOOH IIoT(Industrial IoT) Solution
기 여 율	1/1
주관기관	(주)크레스프리
연구기간	2016.10.14 ~ 2017.10.13

명세서

청구범위

청구항 1

액츄에이터 분석 방법에 있어서,

상기 액츄에이터에서 검출된 데이터를 특정 시간간격으로 N개로 분할하여(N은 자연수) 분할된 데이터($x_n[t]$)를 구하는 단계;

상기 분할된 데이터($x_n[t]$)를 주파수 영역으로 변환하여 변환된 데이터($X_n[f]$)를 취득하는 단계; 및

상기 변환된 데이터($X_n[f]$)로부터 관심주파수 구간에서 분석값(A)을 추출하는 단계;

를 포함하고,

상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고,

상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용하는 액츄에이터 분석 방법.

$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(X_n[f]) \right) \text{ 또는 } A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(X_n[f]));$$

$$n = 1, 2, \dots, N;$$

$$\text{Power}(X) = X_{\text{real}}^2 + X_{\text{imag}}^2;$$

$$\text{Var}_n(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X}_n)^2.$$

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주파수 영역으로 변환하는 것은 고속 푸리에 변환($FFT(x_n[t])$)을 사용하는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 검출된 데이터는 상기 액츄에이터의 동작시 발생하는 소리 또는 진동 데이터인 것을 특징으로 하는, 액츄

에이터 분석 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 분석값(A)과 소정의 임계값을 비교하여 상기 액츄에이터의 양불 또는 고장 여부를 판단하는 단계를 더 포함하되,

상기 임계값은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 정해지는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 관심주파수 구간과 상기 특정 시간간격은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 상기 분석 방법에 의한 반복 학습으로 정해지는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 방법.

청구항 9

청구항 제1항, 제2항, 제6항 내지 제8항 중의 어느 한 항에 따른 방법을 실행시키기 위한, 컴퓨터-판독가능한 기록매체에 저장된 프로그램.

청구항 10

청구항 제1항, 제2항, 제6항 내지 제8항 중의 어느 한 항에 따른 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된, 컴퓨터-판독가능한 기록매체.

청구항 11

액츄에이터 분석 장치에 있어서,

메모리; 및

상기 메모리와 커플링된 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는,

상기 액츄에이터에서 검출된 데이터를 특정 시간간격으로 N개로 분할하여(N은 자연수) 분할된 데이터($x_n[t]$)를 구하고,

상기 분할된 데이터($x_n[t]$)를 주파수 영역으로 변환하여 변환된 데이터($X_n[f]$)를 취득하고,

상기 변환된 데이터($X_n[f]$)로부터 관심주파수 구간에서 분석값(A)을 추출하고,

상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고,

상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용하는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 장치.

$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(X_n[f]) \right) \Leftrightarrow A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(X_n[f]));$$

$n = 1, 2, \dots, N;$

$$Power(X) = X_{real}^2 + X_{imag}^2;$$

$$Var_n(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X}_n)^2.$$

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 주파수 영역으로 변환하는 것은 고속 푸리에 변환($FFT(x_n[t])$)을 사용하는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 검출된 데이터는 상기 액츄에이터의 동작시 발생하는 소리 또는 진동 데이터인 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 장치.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 분석값(A)과 소정의 임계값을 비교하여 상기 액츄에이터의 양불 또는 고장 여부를 판단하되,

상기 임계값은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 정해지는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 장치.

청구항 18

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 액츄에이터의 양불여부를 분석하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 액츄에이터에서 발생하는 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하여 양불여부 판단의 정밀도를 향상시키는 방법

[0001]

및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 액츄에이터(actuator)는 동력을 이용하여 기계를 동작시키는 구동 장치로서, 메카트로닉스 분야에서는 제어 기구를 갖고 있는 전기 모터 혹은 유압이나 공기압으로 작동하는 피스톤 또는 실린더 기구를 가리킨다. 액츄에이터는 자동차의 도어, 트렁크, 테일게이트(tailgate)의 개폐 등에 많이 사용되고 있다. 최근에는 신소재를 이용한 인공 근육이나 초소형 액츄에이터의 개발 등이 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 액츄에이터는 모터나 스위치, 스피커, 램프처럼 전기적인 신호의 변화를 이용하여 물리적인 상태를 바꿔줄 수 있기 때문에 IoT(Internet of Things) 장치에도 폭넓게 사용된다.

[0004] 일반적으로 액츄에이터는 내부에 톱니를 가진 기어를 포함하는데, 동력의 회전수, 톱니의 간격, 톱니의 정밀도 등에 의해 다양한 소리, 소음 또는 진동이 발생한다. 액츄에이터가 불량이나 고장으로 인하여 비정상적인 동작을 나타내는 경우에는 주로 이러한 소리나 진동이 정상 제품과는 다른 양상으로 발생한다. 그런데, 소리나 진동이 미세하게 발생하여 잘 감지가 안되는 경우가 있는데, 이러한 경우에도 액츄에이터의 정상적인 동작에 심각한 영향을 미치거나, 부품 마모나 고장의 원인이 되는 등의 문제를 유발시킬 수 있다. 따라서, 부품 제공 단계에서부터 품질 검사를 거쳐 문제가 있는 제품들을 걸러내야 한다. 또한, 액츄에이터가 이미 장착되어 있는 자동차 등에서 마모 등의 이유로 고장이 발생하였을 경우에도 고장의 원인이 액츄에이터 때문인지를 판단해야 하는 경우도 있다.

[0005] 이처럼 양품과 불량품 여부 또는 고장여부를 판별할 때, 보통은 동작 소리나 진동을 사람이 직접 듣거나 접촉하여 판단을 하는 감성 테스트를 하는데, 이 테스트에는 오랜 경험을 가진 전담 인력이 있어야 하고, 사람의 판단에 전적으로 의존해야 하는 문제가 있다. 또한, 소리나 진동을 검출하여 소리나 진동의 절대크기로 양불 판정을 하기도 하는데, 치명적인 결함이 있음에도 불구하고 소리나 진동의 절대크기가 작거나 미세하게 나타나는 등의 경우에는 결함을 걸러내기 어렵다는 문제가 있다. 액츄에이터의 고장을 진단하는 방법들은 대한민국 등록특허 제10-1655570호에서처럼 주로 액츄에이터가 장착되어 있을 때 시스템과의 관련 정보로부터 액츄에이터의 고장을 판단하는 기술들이 주로 공지되어 있어서, 상술한 바와 같은 액츄에이터 자체의 미세한 불량이나 고장을 분석하고 판단하는 기술은 그 필요성이 높다고 할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-1655570 B1.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 종래기술의 문제점들을 해결하는 것을 목적으로 하는 것으로, 액츄에이터에서 발생하는 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하여 양불 또는 고장 여부 판단의 정밀도를 향상시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 액츄에이터 분석 방법에 있어서, 상기 액츄에이터에서 검출된 데이터를 특정 시간간격으로 N개로 분할하여(N은 자연수) 분할된 데이터($x_n[t]$)를 구하는 단계; 상기 분할된 데이터($x_n[t]$)를 주파수 영역으로 변환하여 변환된 데이터($X_n[f]$)를 취득하는 단계; 및 상기 변환된 데이터($X_n[f]$)로부터 관심주파수 구간에서 분석값(A)을 추출하는 단계를 포함하는 액츄에이터 분석 방법이 제공된다.

[0011] 상기 주파수 영역으로 변환하는 것은 고속 푸리에 변환($FFT(x_n[t])$)을 사용하는 것일 수 있다.

[0012] 상기 분석값(A)은, 상기 관심주파수 구간에서 상기 변환된 데이터 각각의 파워의 합을 구한 후 분산을 구한 것;

또는 상기 변환된 데이터 각각의 파워를 구한 후 상기 관심주파수 구간에서 분산의 합을 구한 것일 수 있다.

[0013] 상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고, 상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용할 수 있다.

[0014]
$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(X_n[f]) \right), n = 1, 2, \dots, N$$

[0015] 상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고, 상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용할 수 있다.

[0016]
$$A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(X_n[f])), n = 1, 2, \dots, N$$

[0017] 상기 검출된 데이터는 상기 액츄에이터의 동작시 발생하는 소리 또는 진동 데이터일 수 있다.

[0018] 상기 액츄에이터 분석 방법은 상기 분석값(A)과 소정의 임계값을 비교하여 상기 액츄에이터의 양불 또는 고장 여부를 판단하는 단계를 더 포함하되, 상기 임계값은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 정해질 수 있다.

[0019] 상기 관심주파수 구간과 상기 특정 시간간격은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 상기 분석 방법에 의한 반복 학습으로 정해질 수 있다.

[0020] 또한, 다른 일 실시예에 따르면, 전술한 각 방법에 따른, 액츄에이터 분석 방법을 실행하기 위해 설정된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.

[0021] 또한, 다른 일 실시예에 따르면, 상기 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 제공된다.

[0022] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명의 또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 액츄에이터 분석 장치에 있어서, 메모리; 및 상기 메모리와 커플링된 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는, 상기 액츄에이터에서 검출된 데이터를 특정 시간간격으로 N개로 분할하여(N은 자연수) 분할된 데이터($x_n[t]$)를 구하고, 상기 분할된 데이터($x_n[t]$)를 주파수 영역으로 변환하여 변환된 데이터($X_n[f]$)를 취득하고, 상기 변환된 데이터($X_n[f]$)로부터 관심주파수 구간에서 분석값(A)을 추출하는 것을 특징으로 하는, 액츄에이터 분석 장치가 제공된다.

[0023] 상기 주파수 영역으로 변환하는 것은 고속 푸리에 변환($FFT(x_n[t])$)을 사용할 수 있다.

[0024] 상기 분석값(A)은, 상기 관심주파수 구간에서 상기 변환된 데이터 각각의 파워의 합을 구한 후 분산을 구한 것; 또는 상기 변환된 데이터 각각의 파워를 구한 후 상기 관심주파수 영역에서 분산의 합을 구한 것일 수 있다.

[0025] 상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고, 상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용할 수 있다.

[0026]
$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(X_n[f]) \right), n = 1, 2, \dots, N$$

[0027] 상기 관심주파수 구간은 F1 이상, F2 이하인 영역이고, 상기 분석값(A)은 아래의 수학적식을 사용할 수 있다.

[0028]
$$A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(X_n[f])), n = 1, 2, \dots, N$$

[0029] 상기 검출된 데이터는 상기 액츄에이터의 동작시 발생하는 소리 또는 진동 데이터일 수 있다.

[0030] 상기 프로세서는, 상기 분석값(A)과 소정의 임계값을 비교하여 상기 액츄에이터의 양불 또는 고장 여부를 판단 하되, 상기 임계값은 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 정해질 수 있다.

[0031] 상기 관심주파수 구간과 상기 특정 시간간격은, 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 상기 분석 방법에 의한 반복 학습으로 정해질 수 있다.

발명의 효과

[0033] 이상과 같이, 본 발명에 따른 분석방법과 장치는, 액츄에이터에서 발생하는 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하여 양불 또는 고장 여부 판단을 위해, 데이터를 주파수 영역으로 변환하고 파워와 분산 등의

신호처리 기법을 사용함으로써, 일반적인 불량품은 물론이고 치명적인 결함이 있음에도 불구하고 소리나 진동의 절대크기가 작거나 미세하게 나타나는 등의 경우도 걸러낼 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명에 따른 분석방법으로 반복적인 학습을 통해 더욱 정교한 판단 기준을 결정할 수 있게 함으로써, 양불 또는 고장 여부 판단의 정밀도를 향상시키는 효과가 있다. 또한, 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하기 때문에 주변에 소음이 많은 공장라인 같은 장소에서도 분석 정밀도가 높다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 도 1은 일반적인 액츄에이터의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 대한 구체적인 일례를 나타내는 순서도(S10)이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 따라 데이터를 일정 시간간격으로 분할하는 과정의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 따라 분할된 데이터를 주파수 영역으로 변환한 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 따라 양품과 불량품의 주파수 영역에서의 양태를 예시로 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 따라 양불 판단을 할 수 있는 임계값을 예시로 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용하여 학습하는 과정에 대한 구체적인 일례를 나타내는 순서도(S20)이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용한 학습을 위해 양품과 불량품의 데이터를 수집한 표본을 예시로 나타내는 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용한 학습에 위해 결정된 양품과 불량품의 경계 영역을 예시로 나타내는 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 장치(50)를 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 하기의 설명에서는 본 발명의 실시예에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않도록 생략하였다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0037] 또한, 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 본 발명을 가장 적절하게 표현할 수 있도록 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0038] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우만을 한정하는 것이 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0039] 설명의 간략함을 위해, 본 명세서에서는 예시를 들어 순서도 또는 플로우 차트의 형태로 하나 이상의 방법이 일련의 단계로서 도시되고 기술되어 있지만, 본 발명이 단계들의 순서에 의해 제한되지 않는데 그 이유는 본 발명에 따라 본 명세서에 도시되고 기술되어 있는 것과 다른 순서로 또는 다른 단계들과 동시에 행해질 수 있기 때문이라는 것을 잘 알 것이다. 또한, 예시된 모든 단계들이 본 발명에 따라 방법을 구현해야만 하는 것은 아닐 수 있다.
- [0041] 도 1은 일반적인 액츄에이터(1)의 구조를 나타내는 도면이다. 도 1을 참조하면, 모터(3), 기어(5) 및 로드(rod, 7)가 도시되어 있다.

- [0042] 도시된 액츄에이터(1)는 모터로 구동되지만, 유압이나 공기압 등으로도 구동이 될 수 있으며, 본 발명은 모터로 구동되는 것으로 한정되지는 않는다.
- [0043] 일반적으로 액츄에이터(1)의 내부에는 톱니를 가진 기어(5)가 장착되어 있어서, 동력의 방향을 바꾸어 주거나, 동력의 회전수를 변환하거나, 회전 운동을 직진 운동으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 모터의 회전수, 톱니의 간격, 톱니의 정밀도 등에 의해 액츄에이터(1)에서는 다양한 소리, 소음 또는 진동이 발생할 수 있다.
- [0044] 그런데, 액츄에이터(1)가 불량이나 고장으로 인하여 비정상적인 동작을 나타내는 경우에는 주로 이러한 소리나 진동이 정상 제품과는 다른 양상으로 발생한다. 그리고, 이러한 소리나 진동은 미세하게 발생하여 잘 감지가 안 되는 경우가 있는데, 이러한 경우에도 액츄에이터(1)의 정상적인 동작에 심각한 영향을 미치거나, 부품 마모나 고장의 원인이 되는 등의 문제를 유발시킬 수 있다. 따라서, 부품 제공 단계에서 품질 검사를 거쳐 이러한 증상이 있는 제품들을 걸러내야 한다. 또한, 액츄에이터가 연결되어 있는 자동차 등에서 고장이 발생하였을 경우 액츄에이터의 고장인지를 판단해야하는 경우도 있다.
- [0045] 액츄에이터(1)의 양품과 불량품 여부 또는 고장여부를 판단하는 경우에, 오랜 경험을 가진 전담 인력의 주관적인 판단에 의존하거나, 소리나 진동을 검출하여 소리나 진동의 절대크기로 양불 판단을 하기도 한다. 이러한 방법으로는 치명적인 결함이 있음에도 불구하고 소리나 진동의 절대크기가 작거나 미세하게 나타나는 등의 경우에는 걸러내기 어려운 문제가 있다.
- [0046] 미세한 소리나 진동을 주파수 영역(frequency domain)으로 변환을 하여 상대적인 주파수 성분의 크기를 비교하면, 소리나 진동의 절대크기가 아닌 상대 특성 변화를 분석할 수 있다. 즉, 소리나 진동의 절대 크기가 미세하다 하더라도 주파수 영역에서는 그 절대 크기에 상관없이 상대변화가 주파수 대역별로 파악이 된다. 따라서, 주파수 영역으로의 변환을 사용하면, 사람이 인지하지 못할 정도의 미세한 소리도 파악할 수 있다.
- [0047] 본 발명은 상술한 바와 같이, 소리나 진동의 절대크기가 미세하다 하더라도 주파수 영역에서는 큰 차이로 구별할 수 있다는 점에 착안하여 착안된 것이라고 할 수 있다.
- [0049] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 대한 구체적인 일례를 나타내는 순서도(S10)이다. 도 3 내지 도 6을 참조하면서 S10에 대하여 설명하기로 한다. 도 3 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법에 따라, 데이터를 일정 시간간격으로 분할하는 과정, 분할된 데이터를 주파수 영역으로 변환한 예시, 양품과 불량품의 주파수 영역에서의 양태의 예시, 양불 판단을 할 수 있는 임계값의 예시를 각각 나타내는 도면이다.
- [0050] S11 단계에서는 액츄에이터(1)가 동작하면서 발생하는 진동 또는 소리를 측정된 데이터를 검출할 수 있다. 검출한 데이터는 일정한 시간 동안의 진동 또는 소리의 절대크기를 측정된 데이터일 수 있으나, 본 발명은 진동이나 소리에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0051] 도 3의 (a)는 검출한 소리 데이터(31)의 예이다. 마이크를 액츄에이터(1)에 가까이 놓을 때와 멀리 놓을 때 소리의 절대크기가 달라질 수는 있지만, 주파수에 따른 특성 성분은 달라지지 않는다. 따라서, 주파수 영역의 분산을 사용하는 본 발명에서는 데이터 값의 절대크기는 분석에 큰 영향을 주지 않는다는 장점이 있다.
- [0052] S13 단계에서는 액츄에이터(1)의 소리 데이터(31)를 일정 시간간격(ΔT)으로 분할할 수 있다. 시간간격(ΔT)은 모터의 회전주기, 내부 기어의 톱니 수 등에 기초하여 최적의 시간 구간을 구할 수 있다. 그러나, 시간간격(ΔT)은 반드시 일정 간격으로 분할될 필요는 없으며 신호 특성에 맞게 일정하지 않은 간격(ΔT_n)으로 분할될 수도 있다. 또한, 시간간격(ΔT)은 본 발명에 따른 분석 방법으로 학습하여 결정할 수도 있는데, 학습하는 방법은 도 7에서 설명하기로 한다.
- [0053] S13 단계에서 분할된 데이터(31)는 도 3의 (b)와 같은 양태일 수 있다.
- [0054] 분할된 데이터(32)는 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.
- [0056] <수학적 식 1>
- [0057] $x_n [t], \quad n = 1, 2, \dots, N$
- [0059] 수학적 식 1에서 N 은 분할된 데이터(32)의 개수이다. N 은 입력된 데이터의 시간 구간을 시간간격(ΔT)으로 나눈 값일 수 있으며, ΔT 가 작은 값일수록 N 은 커질 수 있다.

[0060] S15 단계에서는 분할된 데이터(32)를 주파수 영역으로 변환할 수 있으며, 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[0062] <수학식 2>

[0063]
$$X_n[f], \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0065] 분할된 데이터(32)를 주파수 영역으로 변환하는 것은 다양한 방법을 사용할 수 있다. 본 실시예에서는 고속 푸리에 변환을 사용하였지만, 반드시 이에 한정되지는 않는다. 예를 들어 푸리에 변환 대신 웨이블릿 변환(wavelet transform)과 같은 변환을 사용할 수도 있다. 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform)은 함수의 근사값을 계산하는 알고리즘으로서, 푸리에 변환에 근거하여 근사공식을 이용한 이산 푸리에 변환(discrete Fourier transform)을 계산할 때 연산횟수를 줄일 수 있도록 제시된 것이다.

[0066] 고속 푸리에 변환을 사용하여 분할된 데이터(32)를 주파수 영역으로 변환한 것은 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0068] <수학식 3>

[0069]
$$X_n[f] = FFT(x_n[t]), \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0071] 도 4를 참조하면, 분할된 데이터(32)를 주파수 영역으로 변환한 예시를 나타내고 있다. 즉, $x_n[t]$ 가 각각 $X_n[f]$ 로 변환된 것이다.

[0072] S17 단계에서는 주파수 영역으로 변환된 데이터($X_n[f]$)를 신호처리하여 관심주파수 구간($F_1 \leq f \leq F_2$)에서 분석값(A: analysis value)을 추출할 수 있다.

[0073] 관심 주파수 구간이란 양품과 불량품의 데이터가 서로 다른 양상을 보이는 주파수 구간을 의미한다. 주파수 영역에서 정상인 액츄에이터와 불량인 액츄에이터가 보이는 데이터 양태를 분석하면, 정상 제품들이 주파수 영역에서 보이는 양태와 불량 제품들이 주파수 영역에서 보이는 양태가 특정 주파수 대역에서 크게 다르게 나타난다.

[0074] 도 5를 참조하면, 일 실시예로서, (a)는 정상 제품들이 주파수 영역에서 보이는 양태이고, (b)는 불량 제품들이 주파수 영역에서 보이는 양태이다. 즉, 도 5에서는 특정 주파수 구간(33, 35)에서 보이는 양태가 크게 다를 수 있는데, 이 구간이 바로 관심주파수 구간($F_1 \leq f \leq F_2$)임을 알 수 있다. 또한, 관심주파수 구간은 본 발명에 따른 분석 방법으로 학습할 수 있는데, 학습하는 방법은 도 7에서 설명하기로 한다.

[0075] 신호처리는 다양한 방법을 사용할 수 있는데, 본 발명에서는 다음의 두 가지 방법을 사용하였지만, 이에 반드시 한정되지는 않는다.

[0076] <신호처리 방법 1>

[0077] 주파수 영역의 각 세그먼트(segment; $X_n[f]$)의 관심주파수 구간($F_1 \leq f \leq F_2$)에서의 파워의 합을 구한 후 변화량 또는 분산을 구할 수 있다. 즉, 특정 주파수 대역의 신호가 분할 단위의 시간 영역(n)에서 얼마나 많이 변화하는지를 측정하는 원리이다.

[0078] 본 실시예에서 사용한 파워와 변화량은 각각 수학식 4 및 5와 같이 나타낼 수 있다. 파워와 변화량(분산)은 통계 기법에 따라 수학식 4 및 5가 아닌 다른 수학식을 사용할 수도 있다.

[0080] <수학식 4>

[0081]
$$Power(X) = X_{real}^2 + X_{imag}^2$$

[0083] <수학식 5>

[0084]
$$Var_n(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X}_n)^2$$

[0086] 그리고, 최종적으로 분석값(A)을 구하는 식은 수학식 6 및 7과 같이 나타낼 수 있다.

[0088] <수학식 6>

$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(X_n[f]) \right), n = 1, 2, \dots, N$$

[0089]

[0091] <수학식 7>

$$A = \text{Var}_n \left(\sum_{F_1}^{F_2} \text{Power}(\text{FFT}(x_n[t])) \right), n = 1, 2, \dots, N$$

[0092]

[0094] <신호처리 방법 2>

[0095] 주파수 영역의 각 세그먼트($X_n[f]$)의 파워를 구한 후 관심주파수 구간($F_1 \leq f \leq F_2$)에서 변화량 또는 분산의 합을 구할 수 있다. 즉, 각 세그먼트의 파워가 주파수 영역에서 얼마나 많이 변화하는지를 측정하는 원리이다.

[0096] 방법 2에 따른 분석값(A)을 구하는 식은 수학식 8 및 9와 같다.

[0098] <수학식 8>

$$A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(X_n[f])), n = 1, 2, \dots, N$$

[0099]

[0101] <수학식 9>

$$A = \sum_{F_1}^{F_2} \text{Var}_n(\text{Power}(\text{FFT}(x_n[t])), n = 1, 2, \dots, N$$

[0102]

[0104] S19 단계에서는 상기와 같이 구한 분석값(A)을 특정 임계값(Th; threshold value)과 비교하여 양불 판단을 할 수 있다. 분석값(A)이 작다는 것은 액츄에이터(1)의 소리 또는 진동이 일정하게 나온다는 의미이고, 크다는 것은 액츄에이터(1)의 소리 또는 진동의 변화가 크다는 의미이다. 예를 들면, 분석값(A)이 임계값(Th) 이하이면 양품 또는 정상 제품으로 판단할 수 있다.

[0105] 여기에서 분석값(A)은 정상인 액츄에이터들과 불량인 액츄에이터들의 분석값(A)을 추출하여 분석하면 미리 결정할 수 있다.

[0106] 도 6을 참조하면, 일 실시예로서, 액츄에이터(1)의 로드(7)가 바깥쪽으로 움직일 때의 소리인 씰칭(cinching)과 안쪽으로 움직일 때의 소리인 클린칭(clinching)을 각각 방법 1(수학식 7)에 따라 계산한 분석값(A)을 x축과 y축으로 매핑을 한 것이다.

[0107] 도 6에서 알 수 있듯이 양품들의 분석값(A)들이 일정 영역(41)에 모여 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 분석값(A)들이 양품인 경우에는 양품영역(41)에 위치하고, 불량품인 경우에는 불량품영역(43)에 위치함을 확인할 수 있다.

[0108] 즉, 도 6의 분석결과에서처럼, 미리 표본 집단으로 수집한 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 상술한 분석 방법에 의한 반복 학습으로 씰칭의 임계값(39)과 클린칭의 임계값(37)을 구할 수 있는 것이다.

[0110] 도 7은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용하여 학습하는 과정에 대한 구체적인 일례를 나타내는 순서도(S20)이다. 도 8과 도 9를 참조하면서 S20에 대하여 설명하기로 한다. 도 8은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용한 학습을 위해 양품과 불량품의 데이터를 수집한 표본을 예시로 나타내는 도면이고, 도 9는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 방법을 이용한 학습에 의해 결정된 양품과 불량품의 경계 영역을 예시로 나타내는 도면이다.

[0111] 도 7을 참조하면, 단계 S13, S15, S17, S19는 도 2의 순서도(S10)과 동일하고, 학습을 위해 미리 검출하여 수집한 많은 수의 표본이 사용된다는 점이 다르다. 즉, 표본 집단에 있는 많은 수의 데이터를 사용하여, 최적의 판단기준($\Delta T, F_1, F_2, Th$)을 정할 때까지 반복적으로 학습하는 것이다.

[0112] 도 8을 참조하면, 본 실시예에서 사용한 수집된 데이터의 예가 도시되어 있다. 8개의 액츄에이터에서 데이터를

수집하였으며, 맨 위 행부터 순서대로 #1, #2, ..., #8 이다. 8개의 표본 데이터 중에서 #1, #6, #8 은 양품데이터이고, #2, #3, #4, #5, #7은 불량품의 데이터이다. 각 액츄에이터에서 씰칭과 클린칭 데이터를, 마이크를 이용하여 각각 9개씩 검출한 것이다. 따라서, 총 144개(씰칭 데이터 72개, 클린칭 데이터 72개)의 데이터를 수집하였다.

- [0113] S21 단계에서는, 양품과 불량품으로 구분된 액츄에이터(1) 표본 집단으로부터 검출한 데이터를 수집할 수 있다. 이 데이터 표본은 이미 양품인지 불량품인지 판단이 되어있는 표본들로부터 검출한 것으로서, 최적의 판단기준 ($\Delta T, F_1, F_2, Th$)을 정하기 위한 학습용 데이터로 사용하는 것이다. 표본들의 수는 많을수록 바람직하다.
- [0114] S23 단계에서는, S13 내지 S19를 거쳐 추출된 분석값(A)과 임계값(Th)을 비교한 결과가, 미리 알고 있는 양품과 불량품을 정상적으로 구분하였는지를 판단한다. 즉, 기준이 표본 집단과 양불판단 결과와 일치하는지를 판단할 수 있다.
- [0115] 만약 일치하지 않으면, 표본 데이터를 분석하여 4개의 판단기준($\Delta T, F_1, F_2, Th$)을 조정한다(S27). 그리고, 다시 S13 단계로 가서 신호처리 과정을 반복한다.
- [0116] 이러한 과정을 반복하면, 최적의 판단기준($\Delta T, F_1, F_2, Th$)을 찾을 수 있다. 결국 미리 알고 있는 양품과 불량품이 추출된 판단기준($\Delta T, F_1, F_2, Th$)에 의해 정상적으로 구분되었으면(S23), 이 판단기준 값들을 최종 판단기준 값으로 확정할 수 있다(S25).
- [0117] 도 9는 도 8의 표본 데이터의 분석값(A)들을 매핑한 것이다. 도 9에서 알 수 있듯이 양품들의 분석값(A)들이 일정 영역(41)에 모여 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 분석값(A)들이 양품인 경우에는 양품영역(41)에 위치하고, 불량품인 경우에는 불량품영역(43)에 위치함을 확인할 수 있었다.
- [0118] 임계값(Th)의 설정은, 도 9에 도시된 양품영역(41)과 불량품영역(43)의 경계(45)처럼 임계값(Th)을 도 6과는 다른 양태로 설정할 수도 있다. 즉, 임계값(Th)은 도 6 또는 도 7과같은 양태로만 한정되지는 않는다.
- [0120] 도 10은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 액츄에이터 분석 장치(50)를 나타내는 블록도이다.
- [0121] 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 액츄에이터 분석 장치(50)는 프로세서(51)와 메모리(53)를 포함하여 구성된다. 또한, 검출부(55), 디스플레이(57) 또는 통신부(59)를 더 포함하여 구성될 수도 있으나, 이에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0122] 프로세서(51)는 도 2에서 설명한, 본 발명에 따른 액츄에이터 분석 방법을 수행할 수 있다. 즉, 액츄에이터의 데이터를 일정 시간간격으로 분할하고, 상기 분할된 데이터($x_n^{[t]}$)를 주파수 영역으로 변환하고, 상기 변환된 데이터($X_n^{[f]}$)를 신호처리하여 관심주파수 구간($F_1 \leq f \leq F_2$)에서 분석값(A)을 추출할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 전술하였으므로 생략하기로 한다. 프로세서(51)는 DSP, CPU, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 혹은 어플리케이션 프로세서일 수 있으나, 이에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0123] 또한, 프로세서(51)는 S10에서 설명한 분석 방법 수행을 이용하여 양불 또는 고장 여부를 판정을 수행할 수도 있다.
- [0124] 양불판정은, 도 7에서 설명한 바와 같이, 미리 수집된 양품과 불량품의 데이터에 기초하여 프로세서(51)에 의한 반복 학습으로 정해진 임계값(Th)과 수학적 6 내지 9 중의 하나에 의해 계산된 분석값(A)을 비교하여 수행될 수 있다. 또한, 이러한 학습 과정을 거쳐 최적의 판단기준($\Delta Y, F_1, F_2, Th$)을 찾아서 결정할 수도 있다.
- [0125] 메모리(53)는 프로세서(51)와 연결되고, 본 발명에 따른 액츄에이터 분석 방법을 수행하는 프로세싱 인스트럭션을 저장하는 프로그램 메모리 영역과 액츄에이터 데이터를 저장하는 데이터 메모리 영역으로 구분될 수 있으나 이에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0126] 액츄에이터 분석 장치(50)는 검출부(55)를 더 포함하여 구성될 수도 있는데, 검출부(55)는 액츄에이터(1)의 동작시 발생하는 소리 또는 진동 데이터를 검출하여 메모리(53)로 전달할 수 있다. 검출부(55)는 데이터 검출을 위해 마이크 또는 진동센서 등을 구비할 수 있다.
- [0127] 액츄에이터 분석 장치(50)는 디스플레이(57)를 더 포함하여 구성될 수도 있는데, 디스플레이(57)는 측정 값, 중간 과정 데이터들의 분포, 도출된 결과 등을 표시할 수 있으며, LED나 LCD로 구현될 수 있지만, 이에 반드시 한정되지는 않는다.

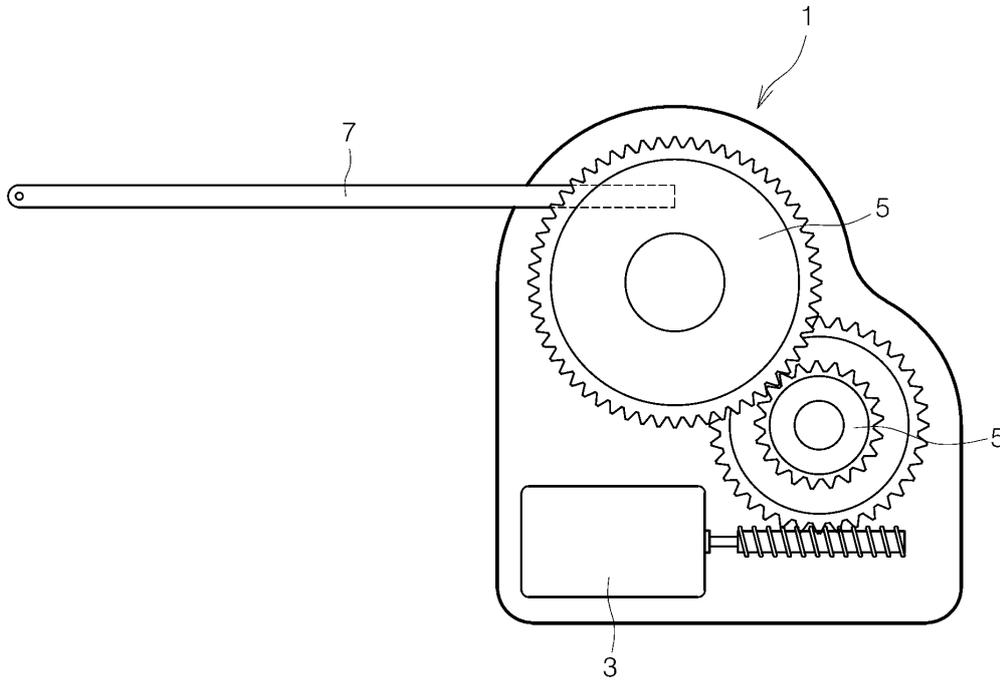
- [0128] 액츄에이터 분석 장치(50)는 통신부(59)를 더 포함하여 구성될 수도 있는데, 통신부(59)는 다양한 종류의 네트워크에 연결이 되어 측정값, 중간 과정 데이터들의 분포, 도출된 결과 등을 서버 또는 사용자 장치로 전송할 수 있다.
- [0130] 이상과 같이, 본 실시예들에 의하면, 본 발명에 따른 분석방법(S10, S20)과 장치(50)는, 액츄에이터에서 발생하는 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하여 양불 또는 고장 여부 판단을 위해, 데이터를 주파수 영역으로 변환하고 파워와 분산 등의 신호처리 기법을 사용함으로써, 일반적인 불량품은 물론이고 치명적인 결함이 있음에도 불구하고 소리나 진동의 절대크기가 작거나 미세하게 나타나는 등의 경우도 걸러낼 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명에 따른 분석방법(S10, S20)으로 반복적인 학습을 통해 더욱 정교한 판단 기준을 결정할 수 있게 함으로써, 양불 또는 고장 여부 판단의 정밀도를 향상시키는 효과가 있다. 또한, 소음 또는 진동의 절대크기가 아닌 상대변화를 분석하기 때문에 주변에 소음이 많은 공장라인 같은 장소에서도 분석 정밀도가 높다는 장점이 있다.
- [0131] 이상에서 설명된 액츄에이터 분석 방법의 실시예는 다양한 컴퓨터 구성요소들을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현될 수 있다. 또한 명령어의 형태로 구현된 프로그램은 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수도 있다. 언급된 기록 매체는 ROM, 자기 디스크 혹은 콤팩트 디스크, 광 디스크 등 일 수 있으나, 이에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0133] 이상에서와같이, 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

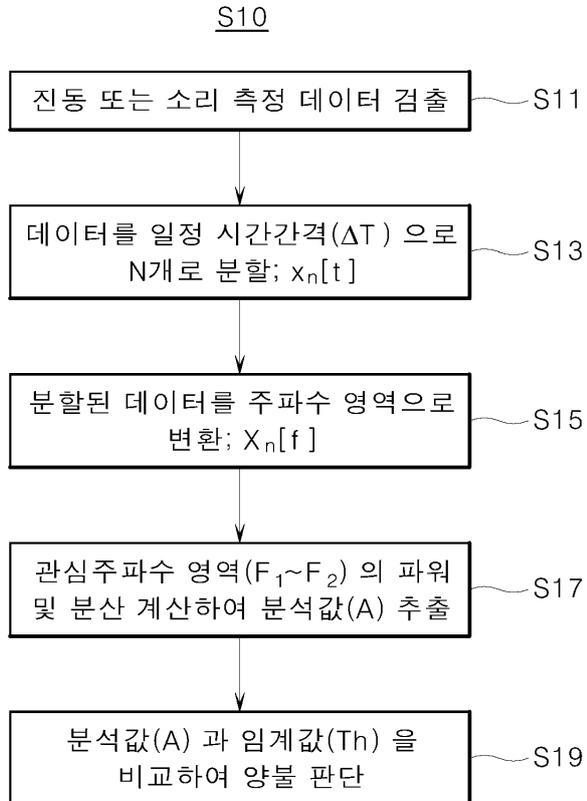
- [0135] 1: 액츄에이터
 3: 모터
 5: 기어
 7: 로드
 31, 32: 데이터
 33, 41: 양품 영역
 35, 43: 불량품 영역
 37, 39, 45: 임계값
 50: 액츄에이터 분석 장치
 51: 프로세서
 53: 메모리
 55: 김출부
 57: 디스플레이
 59: 통신부

도면

도면1



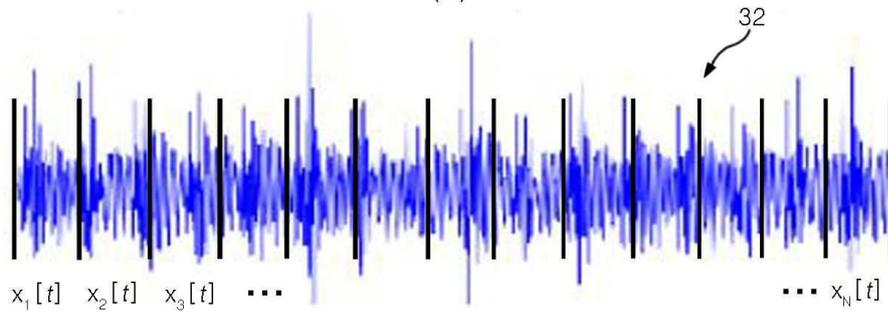
도면2



도면3

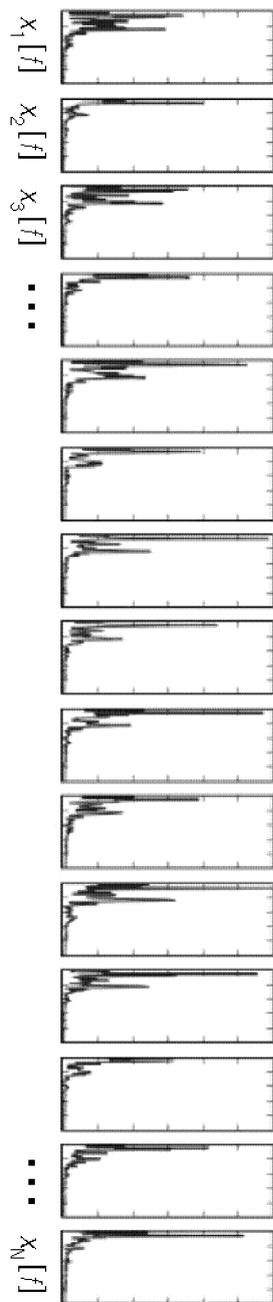


(a)

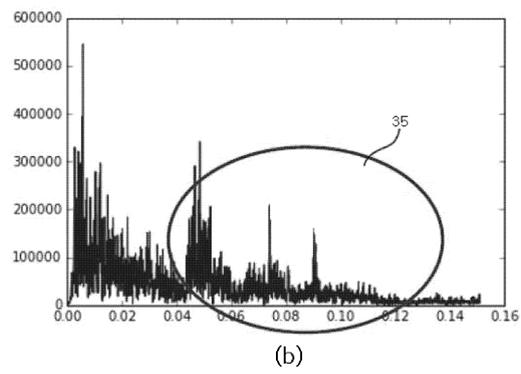
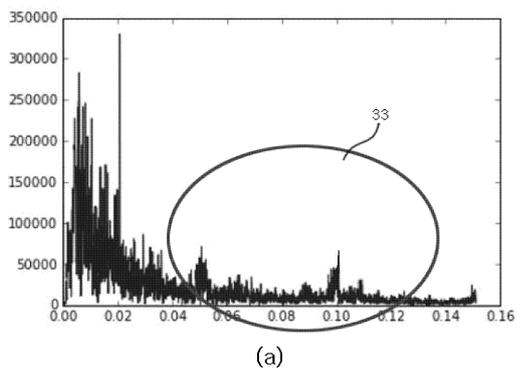


(b)

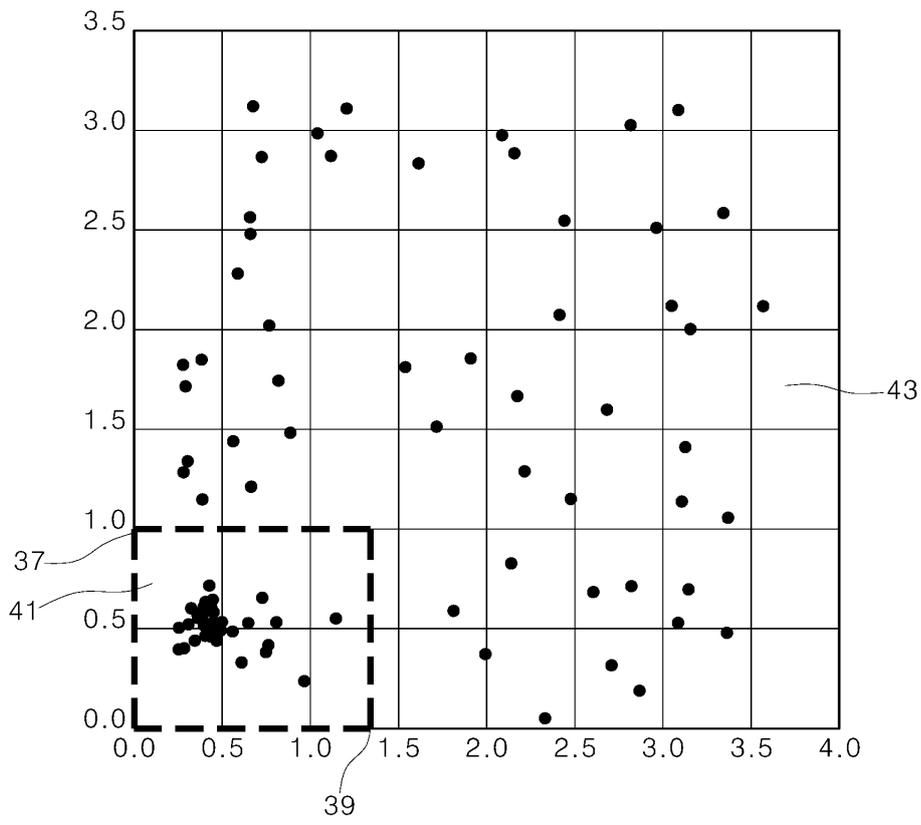
도면4



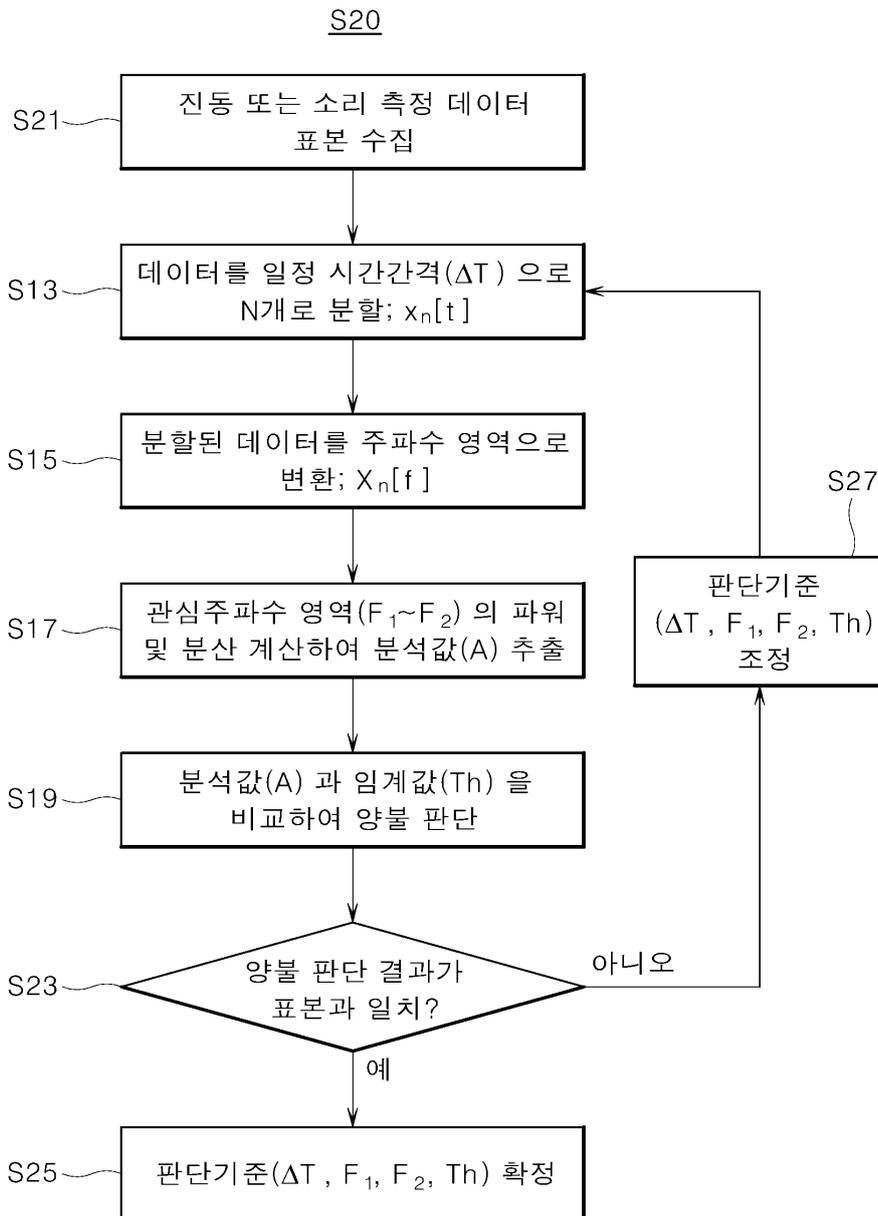
도면5



도면6



도면7



도면10

