



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0120842
(43) 공개일자 2009년11월25일

(51) Int. Cl.

G01H 1/00 (2006.01) G01H 1/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0046863

(22) 출원일자 2008년05월21일

심사청구일자 2008년05월21일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

정의필

서울특별시 종로구 명륜동4가 125

도 반 투안

울산광역시 남구 무거동 울산대학교컴퓨터정보통신공학부 7-318-1호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김수진, 윤의섭

전체 청구항 수 : 총 12 항

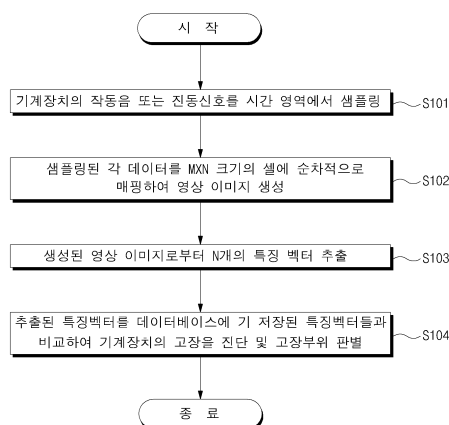
(54) 기계 작동음 및 진동 신호의 영상 신호 변환을 통한 고장진단 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 기계 장치의 작동음 및 진동 신호로부터 고장 여부를 진단하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

더욱 상세하게는, 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 입력받아 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링 처리하는 샘플링부와, 상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 $M \times N$ 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하는 영상 이미지 생성부와, 상기 생성된 영상 이미지로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 특징 벡터 추출부와, 및 상기 특징 벡터 추출부에서 추출된 방향 특징 벡터를 데이터베이스에 저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판별하는 신호 판별부를 포함하여 이루어지는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치와 그 진단 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

노창수

울산광역시 남구 무거동 울산대학교컴퓨터정보통신
공학부 7-318-1호

손창호

울산광역시 남구 무거동 울산대학교컴퓨터정보통신
공학부 7-318-1호

특허청구의 범위

청구항 1

기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치에 있어서,

상기 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 입력받아 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링 처리하는 샘플링부;

상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 $M \times N$ 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하는 영상 이미지 생성부;

상기 생성된 영상 이미지로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 특징 벡터 추출부; 및

상기 특징 벡터 추출부에서 추출된 방향 특징 벡터를 데이터베이스에 저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판별하는 신호 판별부;를 포함하여 이루어지는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 특징 벡터 추출은,

크기 불변 특징 변환 알고리즘을 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 특징 벡터 추출은,

상기 영상 이미지를 세로 방향으로 N 개의 블록으로 구분하고, 상기 각 블록당 하나의 방향 특징 벡터를 추출하는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 추출된 특징 벡터는,

128 차원의 방향 특징 벡터인 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 샘플링 데이터의 영상 이미지 매핑은 상기 영상 이미지의 제1행 제1열부터 각 행마다 순차적으로 매핑하고,

상기 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는 상기 샘플링된 데이터의 크기를 기준으로 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는,

0~255의 그레이스케일 값으로 데이터의 크기를 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치.

청구항 7

기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법에 있어서,

(a) 상기 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 입력받아 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링 처리하는 단계;

- (b) 상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 $M \times N$ 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하는 단계;
- (c) 상기 생성된 영상 이미지로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 단계; 및
- (d) 상기 추출된 방향 특징 벡터를 데이터베이스에 기저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판별하는 단계;를 포함하여 이루어지는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 특징 벡터 추출은,

크기 불변 특징 변환 알고리즘을 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 특징 벡터 추출은,

상기 영상 이미지를 세로 방향으로 N 개의 블록으로 구분하고, 상기 각 블록당 하나의 방향 특징 벡터를 추출하는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 추출된 특징 벡터는,

128 차원의 방향 특징 벡터인 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

청구항 11

제7항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 샘플링 데이터의 영상 이미지 매핑은 상기 영상 이미지의 제1행 제1열부터 각 행마다 순차적으로 매핑하고,

상기 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는 상기 샘플링된 데이터의 크기를 기준으로 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는,

0~255의 그레이스케일 값으로 데이터의 크기를 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 하는 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 기계 장치의 작동음 및 진동 신호로부터 고장 여부를 진단하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장 진단과 고장 부위를 판별하는 고장 진단 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 산업 현장에 설비되어 있는 각종의 기계 장치는 작동 시간이 오래될수록 부품의 마모 등으로 인하여 고장이 발생할 가능성에 노출되어 있을 뿐만 아니라, 기계 장치를 구성하는 부품들 중 소모품의 경우에는 주기적인 점검

이나 교체가 이루어지는 것이 바람직하다.

- <3> 특히, 대형의 기계 장치는 주변 부품과 마찰하면서 회전하거나 이동하는 부분이 많이 포함되어 있기 때문에 유지 및 보수 관리가 소홀히 이루어질 경우에는 특정 부분에서의 고장 발생으로 인하여 기계 장치 전체의 구동이 이루어지지 못하게 되는 현상이 발생할 수도 있다.
- <4> 그동안 산업 설비의 고장을 예측하거나 진단하기 위한 시스템으로 알려진 방식으로는 기계 장치로부터 발생하는 진동이나 소음 등을 모니터링하여 디지털 신호로 변환시킨 후, 정상 상태의 디지털 신호와 비정상 상태의 디지털 신호를 비교 판단하는 방식이 주로 적용되어왔다.
- <5> 또한, 지금까지 기계 장치의 고장 진단에서 사용된 신호 처리 기술은 시간 영역의 실효치(RMS), 첨두치(Peak-to-peak), 크레스트 팩터(Crest factor) 등과 주파수 영역에서의 스펙트럼 분석이 사용되고 있는 실정이다. 이와 같이 기계 장치 등에서 발생하는 진동이나 소음의 신호를 주파수 영역에서 분석해보면 신호의 전체적인 특징과 오류를 찾아내는 데 적합하게 적용할 수가 있게 된다.
- <6> 그런데 상기와 같이 기계 장치로의 진동이나 소음에 대한 스펙트럼을 주파수 영역에서 분석하는 기술에는 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform) 방식이 일반적으로 사용되는데, 이러한 변환 방식은 데이터량이 많을 때에 연산 속도가 너무 느리다는 단점이 있을 뿐만 아니라 연산한 데이터를 추론 시스템의 입력 값으로 쓰게 될 경우에는 또 다른 연산이 필요하다는 문제점이 있다.
- <7> 한편, 기계 장치의 상태를 진단하거나 고장을 예측하기 위한 종래의 기술들로는 대한민국 특허청 공개특허공보 10-2004-0015339호에 게재된 '기계장치에서 예측적 유지관리를 위한 진동 분석'과, 대한민국 특허청 등록특허공보 10-0666452호에 게재된 '회전기계의 상태 진단방법 및 그 방법을 사용하는 진단시스템' 등이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <8> 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 시간 영역 상에서 영상 신호로 변환하고, 상기 변환된 영상 신호의 특징 벡터를 추출하여 분석함으로써 상기 기계 장치의 고장을 진단하는 장치 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <9> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 고장 진단 장치는, 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 장치에 있어서, 상기 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 입력받아 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링 처리하는 샘플링부; 상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 $M \times N$ 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하는 영상 이미지 생성부; 상기 생성된 영상 이미지로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 특징 벡터 추출부; 및 상기 특징 벡터 추출부에서 추출된 방향 특징 벡터를 데이터베이스에 기저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판별하는 신호 판별부;를 포함하여 이루어진다.
- <10> 또한, 상기 특징 벡터 추출은, 크기 불변 특징 변환 알고리즘을 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하며, 게다가, 상기 영상 이미지를 세로 방향으로 N 개의 블록으로 구분하고, 상기 각 블록당 하나의 방향 특징 벡터를 추출하는 것을 특징으로 한다.
- <11> 그리고, 상기 추출된 특징 벡터는, 128 차원의 방향 특징 벡터인 것을 특징으로 한다.
- <12> 게다가, 상기 매핑은, 상기 영상 이미지의 제1행 제1열부터 각 행마다 순차적으로 매핑하는 것을 특징으로 하며, 상기 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는, 상기 샘플링된 데이터의 크기를 기준으로 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 한다.
- <13> 그리고, 각 픽셀 단위로 저장되는 데이터는 0~255의 그레이스케일 값으로 데이터의 크기를 정규화하여 저장되는 것을 특징으로 한다.
- <14> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 고장 진단 방법은, 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 영상 신호로 변환하여 고장을 진단하는 방법에 있어서, (a) 상기 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 입력받아 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링 처리하는 단계; (b) 상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 M

×N 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하는 단계; (c) 상기 생성된 영상 이미지로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 단계; 및 (d) 상기 추출된 방향 특징 벡터를 데이터베이스에 기저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판별하는 단계;를 포함하여 이루어진다.

효 과

- <15> 상술한 바와 같이 본 발명은 기계 장치로부터 측정된 작동음 또는 진동 신호를 주파수 분석을 하지 않고 시간 영역 상에서 그대로 샘플링함으로써 연산 속도가 향상되며 불필요한 연산을 줄일 수가 있게 되는 효과가 있고,
- <16> 다른 효과로는, 작동음과 진동음을 영상 신호로 변환하여 고장 여부를 판별함으로써 고장 진단의 새로운 응용 분야를 창출할 수 있게 되는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <17> 본 발명은 각종 기계 장치가 작동되는 과정에서 발생하는 고유의 작동음 또는 진동 신호로부터 취득 신호를 샘플링하여 순차적으로 영상 신호로 좌표 변환하고, 상기 변환된 영상 신호로부터 특징 벡터를 추출하여 데이터베이스에 기저장된 각종 고장 부위별 특징 벡터들의 값들과 비교함으로써 고장 부위를 판별하게 된다.
- <18> 이때, 본 발명에서는 상기 영상 신호로부터 특징 벡터를 추출하는 방법으로 크기 불변 특징 변환(Scale Invariant Feature Transform; 이하, 'SIFT'라 한다.) 알고리즘을 적용하여 추출하게 된다.
- <19> 즉, 본 발명은 상기 기계 장치로부터 획득한 취득 신호(예컨대, 고유의 작동음(machine sound signals) 또는 진동 신호(vibration signals))를 시간축에서 샘플링하고, 가로 M 및 세로 N(즉 M×N) 크기를 가지는 셀에 상기 샘플링 순서대로 순차적으로 매핑시켜 영상 이미지 신호로 변환시키게 된다.
- <20> 그런 다음, 상기 M×N 크기로 변환된 영상 이미지 신호를 세로방향 셀들을 한 블록으로 하는 N개의 블록 단위로 특징 벡터를 추출하게 되며, 이때 상술한 바와 같이 SIFT 알고리즘을 적용하여 각 블록별로 128 차원의 특징 벡터를 산출하게 된다.
- <21> 상기 추출된 각 특징 벡터값은 기계 장치의 종류별 또는 고장 부위별로 데이터베이스화하여 누적 저장하게 되며, 상기 누적 저장된 특징 벡터값들은 이후 산출된 특징 벡터값과 비교함으로써 고장 진단을 위해 사용된다.
- <22> 예컨대, 기계 장치의 작동음에서 변환 추출된 특징 벡터값을 각 기계 장치별로 데이터베이스에 저장하여 비교함으로써, 다양한 기계 장치로부터 획득한 작동음의 특징 벡터로부터 상기 획득한 작동음이 어느 기계 장치로부터 발생하는 작동음인지를 판별할 수가 있게 된다. 마찬가지로 방법으로 해당 기계 장치의 고장 발생시 생성되는 진동 신호로부터 변환 추출된 특징 벡터값을 각 해당 고장 부위별로 데이터베이스에 저장하여 비교함으로써, 특정 기계 장치로부터 발생하는 진동음으로부터 특정 고장 부위를 진단할 수가 있게 된다.
- <23> 이하에서는 상술한 본 발명에 따른 기계 작동음 및 진동 신호를 영상 신호로 변환하는 방법과 변환된 영상 신호의 특징 벡터를 추출하는 방법 및 특징 벡터를 비교 판별함으로써 기계 장치의 고장 진단과 고장 부위를 판별하는 고장 진단 방법에 대해서 첨부한 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- <24> 도 1은 본 발명에 따른 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 이용한 고장 진단 방법을 나타내는 흐름도이다. 상기 도 1을 참조하면, 먼저 기계 장치의 작동음 또는 진동 신호를 시간 영역에서 샘플링(S101)하고, 상기 샘플링된 각 데이터를 M×N 크기의 셀에 순차적으로 매핑하여 영상 이미지를 생성(S102)하게 된다.
- <25> 그런 다음, 상기 생성된 영상 이미지로부터 N 개의 특징 벡터를 추출(S103)한 후, 상기 추출된 특징 벡터를 데이터베이스에 기 저장된 특징 벡터들과 비교하여 기계 장치의 고장을 최종적으로 진단(S104)하게 된다.
- <26> 도 2는 본 발명에 따른 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 이용한 고장 진단 장치를 나타내는 도면이다. 상기 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 고장 진단 장치는 샘플링부(201), 영상 이미지 생성부(202), 특징 벡터 추출부(203) 및 신호 판별부(204) 등으로 구성될 수 있으며, 각 기계 장치 또는 고장 부위별 특징 벡터값들을 누적하여 저장하는 특징 벡터 데이터베이스(205)를 더 구비하게 된다.
- <27> 먼저, 상기 기계 장치에서 발생하는 기계 작동음 또는 진동 신호를 샘플링부(201)로 입력하게 되면, 상기 샘플링부(201)에서는 상기 입력된 기계 작동음 또는 진동 신호를 시간 영역에서 일정한 시간 간격으로 샘플링하게 된다.
- <28> 상기 샘플링부(201)에서 샘플링된 데이터는 영상 이미지 생성부(202)로 입력되며, 상기 영상 이미지 생성부

(202)에서는 상기 샘플링된 데이터를 순차적으로 $M \times N$ 크기의 영상 이미지에 매핑함으로써 영상 이미지를 생성하게 된다. 즉, $M \times N$ 개의 샘플링된 데이터로 하나의 영상 이미지를 생성하게 된다. 이때, 상기 샘플링된 데이터로 영상 이미지를 생성하는 구체적인 방법은 도 3a 및 3b의 설명에서 후술하기로 한다.

- <29> 상기 영상 이미지 생성부(202)에서 생성된 영상 이미지는 특징 벡터 추출부(203)로 입력되며, 상기 특징 벡터 추출부(203)에서는 상기 입력된 영상 이미지를 세로 방향으로 N 개의 블록으로 구분하고, 상기 각 블록당 128 차원(128-dimension)의 방향 특징 벡터를 추출하게 된다. 이때, 상기 각 영상 신호로부터 방향 특징 벡터를 추출하는 방법으로는 상술한 바와 같이 영상 이미지 인식으로 사용되고 있는 SIFT 알고리즘이 적용될 수가 있다.
- <30> 상기 특징 벡터 추출부(203)에서 추출된 N 개의 특징 벡터들은 신호 판별부(204)로 입력되며, 상기 신호 판별부(204)에서는 상기 특징 벡터 데이터베이스(205)에 기저장된 특징 벡터들의 값과 비교하여 기계 장치의 종류 및 고장 부위를 판별하게 된다. 상기 판별 방법은 도 4 내지 도 7의 설명에서 보다 구체적으로 후술하기로 한다.
- <31> 도 3a는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 샘플링 신호를 영상 이미지에 매핑하는 방법을 나타내는 도면이고, 도 3b는 도 3a에 따른 하나의 실시예로 회전축 고장시 사운드 취득신호와 그를 매칭한 영상이미지를 나타내는 도면이다. 상기 도 3a 및 3b를 참조하면, 기계 장치로부터 획득한 작동음 또는 진동 신호는 시간 영역에서 샘플링되어 영상 이미지에 매핑하게 된다.
- <32> 이때, 상기 샘플링된 데이터는 상기 영상 이미지의 각 픽셀(Pixel)에 순차적으로 매핑될 수 있다. 즉, 시간 0에서의 샘플링된 데이터는 [0,0]의 픽셀에 매핑되고, 시간 1에서의 샘플링된 데이터는 [0,1]의 픽셀에 매핑된다. 동일한 방법으로 시간 $N-1$ 에서의 샘플링된 데이터가 [0, $N-1$]의 픽셀에 매핑되어 첫 번째 행의 매핑이 완료된다.
- <33> 그런 다음, 시간 N 에서 샘플링된 데이터는 다음 행의 첫째 열인 [1,0]의 픽셀에 매핑되고, 다음 데이터들도 동일한 방법으로 순차적으로 매핑된다. 이렇게 함으로써, 총 $M \times N$ 시간 동안 샘플링된 $M \times N$ 개의 데이터를 순차적으로 매핑하면, $M \times N$ 크기의 영상 이미지가 생성된다.
- <34> 한편, 상기 샘플링된 데이터를 각 픽셀에 매핑하여 영상 이미지를 생성하는 방법은 다양하게 구현할 수가 있다. 즉, 상기 매핑 규칙을 다양하게 변형시켜 생성하는 것도 가능하다. 또한, 상기 각 픽셀 단위로 저장되는 값들은 상기 샘플링된 데이터의 크기별로 구분하여 저장되는 것이 바람직하다.
- <35> 예컨대, 상기 시간 영역에서 샘플링된 각 신호의 크기는 최댓값을 기준으로 정규화(Normalize)시키고, 0~255의 그레이 스케일(gray scale)로 변환하여 각 픽셀에 매핑할 수 있다. 즉, 가장 큰 크기의 샘플링 신호는 255의 그레이 스케일 값을 가지며, 상기 크기에 비례하여 변환된 그레이 스케일 값으로 매핑될 수 있다.
- <36> 상기 생성된 $M \times N$ 크기의 영상 이미지는 세로 방향의 셀들을 한 블록으로 하여 N 개의 블록으로 만들고, 상기 각 블록당 SIFT 알고리즘에 의해 128-차원의 방향 특징 벡터를 추출하게 된다. 즉, 최종적으로 하나의 영상 이미지로부터 N 개의 방향 특징 벡터가 추출되게 된다.
- <37> 이하, 영상 이미지로부터의 물체 인식 및 분석에 활용되고 있는 상기 SIFT 알고리즘에 대해 설명하기로 한다. 상기 SIFT 알고리즘이란 영상 이미지로부터 크기와 회전에 불변한 특징을 추출하고, 이를 이용하여 물체를 감지(detection)하거나 인식(recognition)하는 데 활용하는 알고리즘이다.
- <38> 『D.G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", Int. J. Comput. Vision 60 (2), 91-110(2004).』에서 Lowe는 상기 SIFT를 제안하였으며, 이미지 회전, 스케일링, 이동, 부분 조명 변화 및 투영 변환(projective transform)에 불변인 특징을 갖고 있다. 국소 이미지 특징을 고려하여, SIFT는 특정 위치(t_1, t_2), 스케일 s 및 방향 θ 등 그의 속성을 추출한다.
- <39> SIFT는 스케일 공간(scale-space)에서 안정점(stable point)을 식별하는 일련의 단계적 필터링 과정을 통해서 특징을 추출한다. 즉, (1) DoG(difference-of-Gaussian) 함수로부터 생성한 스케일 공간에서 국부 최대 혹은 최소점을 탐색함으로써 특정 후보를 선택하고, (2) 그의 안정도(stability)의 치수를 사용하여 각 특징을 국소화하며, (3) 인접 픽셀들의 방향성 정보에 기반하여 해당 특정 방향을 할당한다.
- <40> 구체적으로 설명하면, 특징의 후보 위치를 추출하기 위해, DoG 함수를 사용하여 스케일 공간 $D(x, y, \sigma)$ 이 계산된다. 가변 스케일 가우시안 함수로 원본 이미지를 연속적으로 평활화하고 2개의 연속적인 평활화된 이미지를 차감함으로써 스케일-공간 이미지를 계산한다. 스케일-공간 이미지의 스케일은 가우시안 평활화된 이미지의 인접 스케일에 의해 결정된다. 이 스케일-공간 이미지에서 모든 국소 최대 및 최소를 검색한다. 이들 극한값(extrema)은 이미지의 스케일 및 방향 변화에 불변인, SIFT 특징의 위치(t_1, t_2) 및 스케일 s 특징을 결정한다. 후보 위치가 발견된 후에, 각각의 특징의 위치 (t_1, t_2) 및 스케일 s 를 3-D 이차 함수(quadratic function)

로 상세한 모델링 수행한 후에 정확한 값을 계산한다. 또한 낮은 콘트라스트를 갖거나 에지를 따라 열악하게 국소화된 후보 위치는 2×2 헤시안 행렬(Hessian matrix) H 를 사용하여 각 특징의 안정도(Stability)를 측정한 후에 제거된다. 이미지 회전에 대한 불변성을 달성하기 위해, 각 특징에 일관된 방향을 할당한다. 추출된 SIFT 특징의 스케일을 갖는 가우시안 평활화된 이미지에서, 특징 위치의 원형 윈도우 내의 모든 샘플점의 방향성 정보를 계산하고 이를 사용하여 방향 히스토그램을 형성한다. 이 히스토그램에서의 최대점이 그 특징의 우세 방향(dominant direction)에 대응한다.

- <41> 보다 구체적으로 설명하면, 예컨대, 우선 원영상을 다양한 스케일의 분산값을 갖는 가우시안 필터에 통과시키고, 이 결과 영상들을 인접하는 스케일에 따라서 순차적으로 서로 뺀다. 이 차이 영상을 가우시안 차이(Difference Of Gaussian, DOG) 영상이라 하는데, DOG 영상을 2:1로 부표본화 하고 다시 다양한 스케일을 갖는 가우시안 필터를 통과시킨다.
- <42> 이러한 과정을 통하여 피라미드 구조의 DOG 영상들을 얻은 후에, 각 DOG 영상의 극대 또는 극소에 해당하는 핵심 위치를 찾는다. 예컨대, 상기 극대 또는 극소 위치는 주변의 8 화소와 위 아래 스케일 DOG 영상의 9 화소씩, 모두 26 화소와 비교하여 최대이거나 최소인 경우로 선택될 수 있다. 그리고 잡음에 의한 요소를 제거하기 위하여 강한 에지선 상에 있거나 그 DOG 값의 크기가 작은 핵심 위치는 제거한다.
- <43> 최종 선택된 핵심 위치를 중심으로 16×16 크기의 블록을 설정하고, 그 블록 내의 화소에 대하여 방향성을 측정한다. 화소마다 방향 및 그 크기를 측정하여 해당 블록에서 가장 크게 존재하는 방향을 추정한다. 이 방향을 그 핵심 위치의 방향으로 설정한다.
- <44> 최종적인 SIFT 특징벡터를 구하기 위해서는 다시 각 핵심 위치를 중심으로 16×16 블록을 설정하고 다시 4×4 블록 단위로 나누어 그 블록 내의 각 화소에 대하여 화소 값의 변화 방향을 측정한다. 상기 변화 방향은 변화 기울기에 비례하도록 설정하여 변화의 크기가 클수록 해당 방향의 확률분포도 커지도록 방향에 대한 확률분포를 구한다.
- <45> 상기 방향성 확률분포는, 예컨대, 8개의 방향으로 구분되어 저장되는데, 결국 16×16 블록에 대하여 128 차원의 벡터 형태로 표현된다. 이 방향성 확률분포를 나타내는 벡터가 SIFT 특징벡터의 구조이며, 핵심 위치의 영상좌표, 중심 위치의 방향성, 가우시안 스케일 등의 파라미터와 함께 저장된다. 이와 같이 얻어진 128 차원의 SIFT 특징 벡터는 벡터 양자화를 수행하여 코드북으로 표현될 수 있다. 128차원의 SIFT 특징 벡터의 경우 많은 시간이 소요될 수 있으므로, 각 8 방향 단위로 구분된 SIFT의 8차원 벡터에 대하여 벡터 양자화를 수행하고 실수값으로 표현되는 8차원 방향분포를 1차원의 코드북으로 대응시켜 128차원의 실수계수 SIFT 특징벡터는 16차원의 정수계수의 벡터로 변환될 수도 있다.
- <46> 도 4 및 도 5는 본 발명의 실시 예들에 따른 기계 작동음으로부터 기계 장치의 종류 또는 고장 부위를 판단하는 장치를 나타내는 도면이며, 도 6 및 도 7은 상기 도 4 및 도 5의 각 장치에 의해 분석된 결과를 나타내는 그래프이다.
- <47> 도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 기계 작동음으로부터 기계 장치의 종류를 판단하는 장치를 나타내는 도면이다. 상기 도 4를 참조하면, 특정 기계 장치로부터 발생하는 기계 작동음으로부터 상기 도 2의 설명에서 상술한 바와 같이 샘플링부(401), 영상 이미지 생성부(402), 특징 벡터 추출부(403) 등을 거쳐 특징 벡터를 추출하게 된다.
- <48> 상기 추출된 특징 벡터는 기계 장치 판단부(404)에서 기계 특징 벡터 데이터베이스(405)에 기저장되어 데이터베이스화되어 있는 5가지 중 어떤 종류의 신호인지 판별해 내게 된다.
- <49> 예컨대, 판단 가능한 기계로서 Fan, Generator, Pump, Turbine #3, Turbine #4 등과 같은 5개의 장치가 있다고 할 경우(여기에서 상기 5개의 장치는 도 6에서의 분류항목 1 내지 5에 각각 대응한다), 상기 기계 특징 벡터 데이터베이스(405)에 기저장된 상기 5개의 장치별 누적된 특징 벡터들과 비교하여 가장 일치하는 장치를 해당 장치에서 발생하는 작동음으로 판별하게 된다.
- <50> 이때, 상술한 영상 이미지 신호 $M \times N$ 의 세로축에서 128-차원의 특징 벡터를 추출한 후, 이를 V_1 이라 하고 상기 데이터베이스에 기저장되어 있는 특징 벡터를 V_2 라 하면, 이를 각각 좌표로 표시하면 $\{V_1^1, V_1^2, \dots, V_1^{128}\}$ 및 $\{V_2^1, V_2^2, \dots, V_2^{128}\}$ 이 된다.
- <51> 상기 두 특징 벡터의 차이는 하기 <수학식 1>에 의해 산출될 수 있으며, 상기 두 특징 벡터의 차가 영이면 두

벡터는 같게 된다. 즉, 기계 장치로부터 취득한 신호와 데이터베이스에 기저장되어 있는 신호는 같은 신호로 판별된다.

수학식 1

$$D_{12} = \sqrt{\sum_{i=1}^{128} Q(V_1^i - V_2^i)^2}$$

<52>

<53>

즉, 상기 도 6을 참조하면, 상기 비교 결과 분류 항목 1로 설정된 'Fan'의 특징 벡터가 393개로 가장 많이 일치하므로, 상기 취득 신호는 'Fan'의 신호로 최종 판별하게 된다.

<54>

도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 기계 작동음으로부터 기계 장치의 고장 부위를 판단하는 장치를 나타내는 도면이다. 상기 도 5를 참조하면, 특정 기계 장치로부터 발생하는 진동 신호로부터 상기 도 2의 설명에서 상술한 바와 같이 샘플링부(501), 영상 이미지 생성부(502), 특징 벡터 추출부(503) 등을 거쳐 특징 벡터를 추출하게 된다.

<55>

상기 추출된 특징 벡터는 고장 부위 판단부(504)에서 진동 특징 벡터 데이터베이스(505)에 기저장되어 데이터베이스화되어 있는 8가지 고장 부위 중 어떤 종류의 신호인지 판별해 내게 된다.

<56>

예컨대, 판단 가능한 고장 부위로서 Angular misalignment, Bowed rotor shaft, Broken rotor bar, Faulty bearing, Rotor unbalance, Normal rotor, Parallel misalignment, Phase unbalance 등과 같은 8가지 고장 부위가 있다고 할 경우(여기에서 상기 8가지 고장부위는 도 7에서의 분류항목 1 내지 8에 각각 대응한다), 상기 진동 특징 벡터 데이터베이스(505)에 기저장된 상기 8가지 고장 부위별 누적된 특징 벡터들과 비교하여 가장 일치하는 고장 부위를 해당 고장 부위에서 발생하는 진동 신호로 판별하게 된다.

<57>

상기 두 특징 벡터의 차이는 상술한 <수학식 1>에 의해 산출될 수 있으며, 상기 두 특징 벡터의 차가 영이면 두 벡터는 같게 된다. 즉, 기계 장치로부터 취득한 신호와 데이터베이스에 기저장되어 있는 신호는 같은 신호로 판별된다.

<58>

즉, 상기 도 7을 참조하면, 상기 비교 결과 분류 항목 3으로 설정된 'Broken rotor bar'의 특징 벡터가 207개로 가장 많이 일치하므로, 상기 취득한 진동 신호는 'Broken rotor bar'의 고장에 의한 진동 신호로 최종 판별하게 된다.

<59>

이상 도면과 명세서에서 최적 실시예들이 개시되었다. 여기서 사용된 특정한 용어는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것이 아니다.

<60>

그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<61>

도 1은 본 발명에 따른 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 이용한 고장 진단 방법을 나타내는 흐름도이다.

<62>

도 2는 본 발명에 따른 기계 장치의 작동음 및 진동 신호를 이용한 고장 진단 장치를 나타내는 도면이다.

<63>

도 3a는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 샘플링 신호를 영상 이미지에 매칭하는 방법을 나타내는 도면이다.

<64>

도 3b는 도 3a에 따른 하나의 실시예로 회전축 고장시 사운드 취득신호와 그를 매칭한 영상이미지를 나타내는 도면이다.

<65>

도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 기계 작동음으로부터 기계 장치의 종류를 판단하는 장치를 나타내는 도면이다.

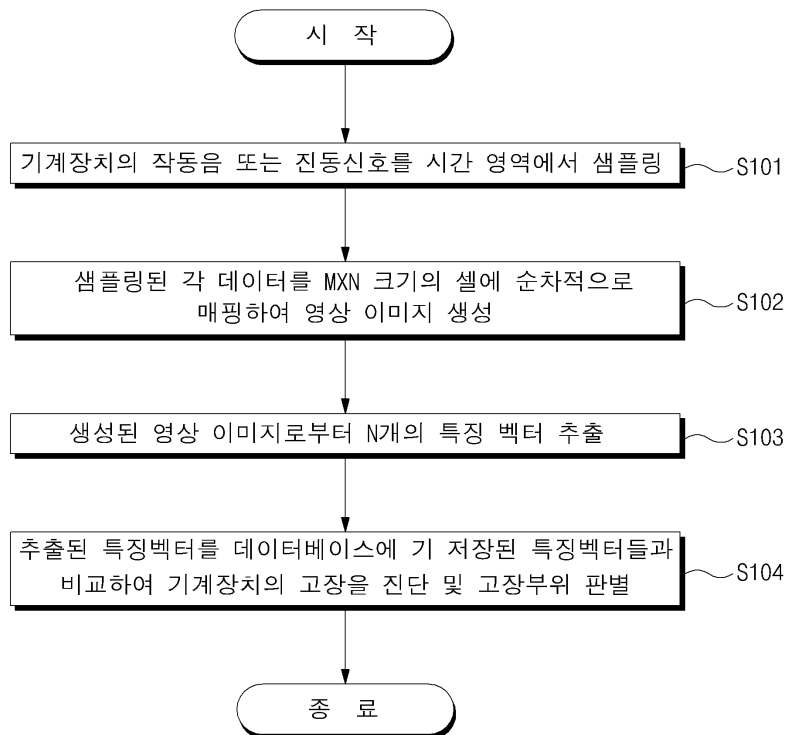
<66>

도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 기계 작동음으로부터 기계 장치의 고장 부위를 판단하는 장치를 나타내는 도면이다.

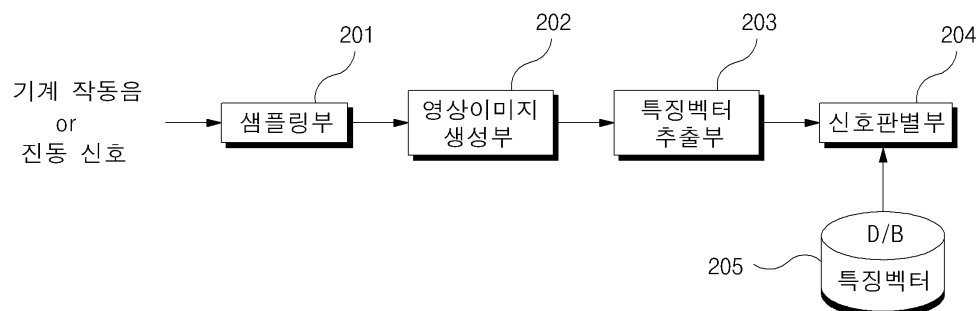
- <67> 도 6은 상기 도 4의 장치에 의해 분석된 결과를 나타내는 그래프이다.
- <68> 도 7은 상기 도 5의 장치에 의해 분석된 결과를 나타내는 그래프이다.
- <69> *** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***
- <70> 201, 401, 501 : 샘플링부 202, 402, 502 : 영상 이미지부
- <71> 203, 403, 503 : 특징 벡터 추출부 204 : 신호 판별부
- <72> 205 : 특징 벡터 데이터베이스 404 : 기계 장치 판단부
- <73> 405 : 기계 특징 벡터 데이터베이스
- <74> 504 : 고장 부위 판단부 505 : 진동 특징 벡터 데이터베이스

도면

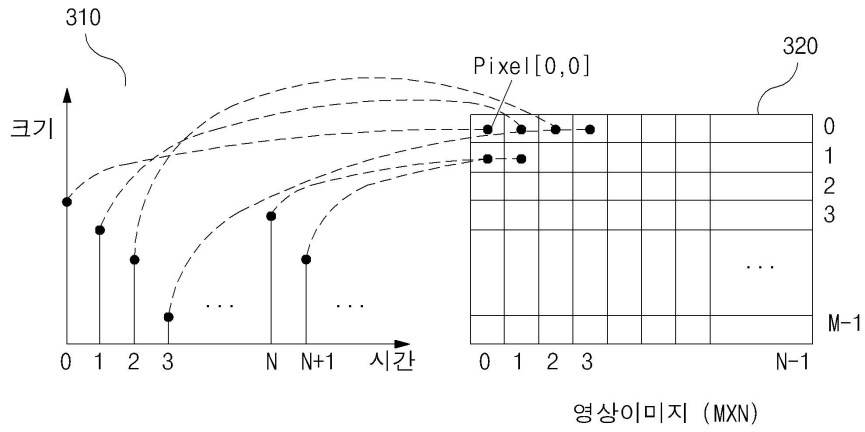
도면1



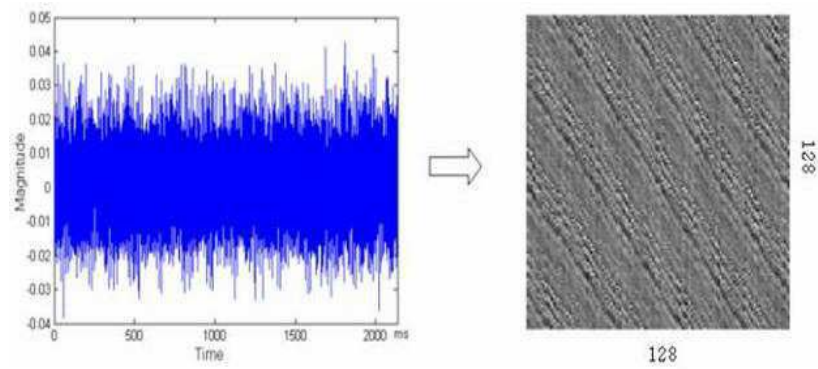
도면2



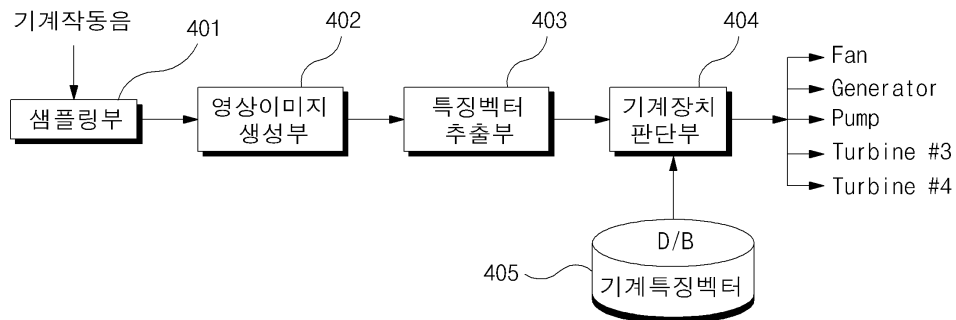
도면3a



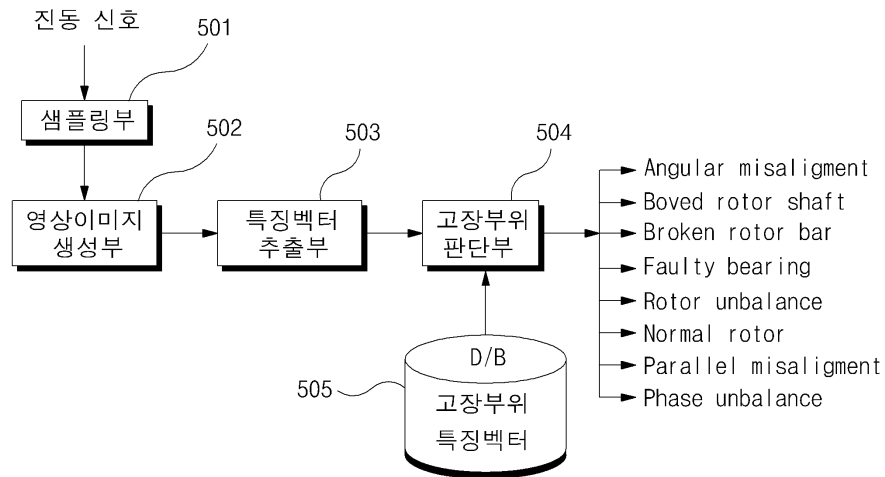
도면3b



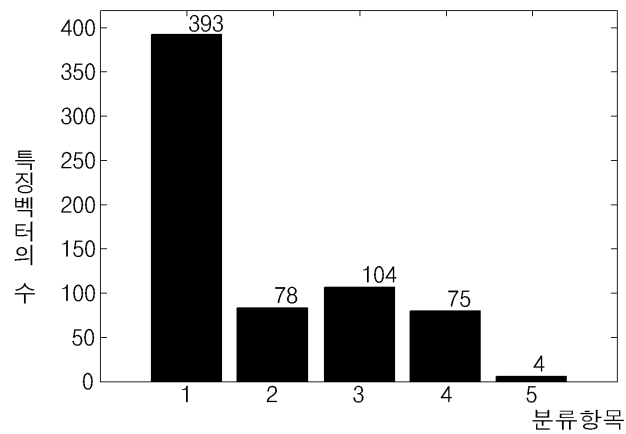
도면4



도면5



도면6



도면7

