



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0004156
(43) 공개일자 2016년01월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01M 13/04 (2006.01) G01H 1/14 (2006.01)

G01H 13/00 (2006.01) G01H 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0082695

(22) 출원일자 2014년07월02일

심사청구일자 2014년07월02일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93

(72) 발명자

김종면

경상남도 양산시 삼호로 74, 101동 303호 (삼호동, 웅상신도시푸르지오아파트)

김재영

부산광역시 금정구 금사로51번길 28-2 (서동)

강명수

울산광역시 남구 옥현로 92-13, 105동 403호 (무거동, 옥현주공1단지아파트)

(74) 대리인

김중선, 이형석

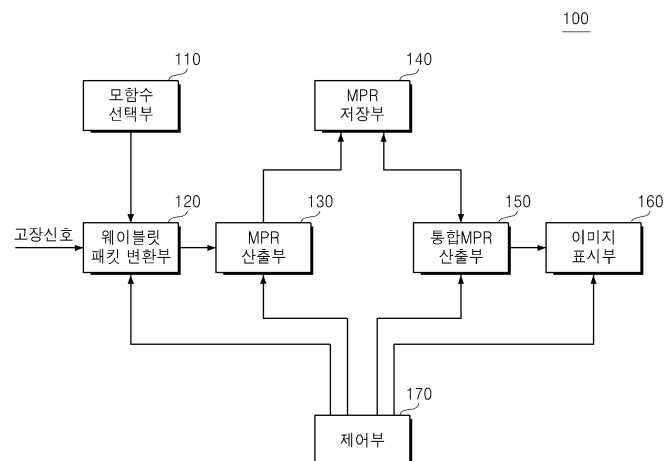
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법 및 장치

(57) 요약

베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법은 베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택하는 단계; 모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 상기 선택된 모함수 후보군에 포함된 모함수들을 기반으로 주파수 구간을 분할하여 평균 최대 비율(MPR: Mean Peak Ratio)을 산출하는 단계; 및 상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)에 기초하여, 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345205501

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원(교육부)

연구과제명 회전 기기의 다중 결합 검출 및 분류를 위한 고 신뢰성 자가 진단 및 학습 시스템 개발

기 여 율 0.7/1

주관기관 울산대학교

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415133725

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 광역경제권선도산업육성

연구과제명 SAN 인프라를 활용한 WMSN기반 선박안전 및 설비상태 감지 시스템 개발

기 여 율 0.3/1

주관기관 (주)유시스

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법에 있어서,

베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택하는 단계;

모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 상기 선택된 모함수 후보군에 포함된 모함수들을 기반으로 주파수 구간을 분할하여 평균 최대 비율(MPR: Mean Peak Ratio)을 산출하는 단계; 및

상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)에 기초하여, 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 모함수 후보군 선택 단계는

도비치(Daubechies) 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 모함수 후보군 선택 단계는

배직교(biorthogonal) 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 모함수 후보군 선택 단계는

심릿(symlet) 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 평균 최대 비율(MPR) 산출 단계는

고장신호의 입력에 응답하여 상기 선택된 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하여 주파수 구간을 분할하는 단계; 및

상기 주파수 구간 분할 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 평균 최대 비율(MPR) 산출 단계는

하기의 (수학식 1)에 의거하여 상기 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

(수학식 1)

$$MPR = 20 \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^n (P_j - A_s)}{A_s} (dB),$$

$$A_s = \frac{\sum_{k=a}^b S_k}{b-a}$$

여기서, P는 피크(peak)의 크기, a와 b는 각 밴드의 주파수 영역, n은 피크(peak)의 수를 나타내고 MPR은 높을 수록 좋은 성능을 냄.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 평균 최대 비율(MPR) 산출 단계는

이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호 및 아우터(outer) 고장신호 각각에 대하여 실시하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 모함수 및 주파수 구간 선별 단계는

상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)들의 평균값, 및 이너(inner) 고장신호의 평균 최대 비율(MPR)과 다른 고장신호들 각각의 평균 최대 비율(MPR)과의 차이값에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 단계; 및

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 산출 단계는

하기의 (수학식 2)에 의거하여 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

(수학식 2)

$$T-MPR = \frac{AVG_{total-mprs}}{AVG_{diff-mprs}},$$

$$AVG_{total-mprs} = \frac{(MPR_{COR} + MPR_{CR} + MPR_{CIR})}{3}$$

$$AVG_{diff-mprs} = \frac{(|MPR_{CIR} - MPR_{COR}| + |MPR_{CIR} - MPR_{CR}|)}{2}$$

이 때, MPR_{COR}은 아우터(outer) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CR}은 롤러(roller) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CIR}은 이너(inner) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)이고, 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 클수록 모든 고장에 대한 MPR이 높고, 효과적인 주파수 구간과 모함수의 짝

을 나타냄.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 모함수 및 주파수 구간 선별 단계는

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 가장 큰 주파수 구간과 모함수의 짝을 선별하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 모함수 및 주파수 구간 선별 단계는

상기 모함수 후보군에 포함된 모함수 각각에 대하여, 분할된 주파수 구간별로 산출된 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 이미지 픽셀 표시 단계는

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 낮을수록 파란색에 가까운 색으로 표시하고, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 높을수록 빨간색에 가까운 색으로 표시하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법.

청구항 13

베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치에 있어서,

베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택하는 모함수 선택부;

고장신호의 입력에 응답하여 상기 선택된 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하여 주파수 구간을 분할하는 웨이블릿 패킷 변환부;

상기 주파수 구간 분할 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 평균 최대 비율 산출부;

상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 저장하는 평균 최대 비율(MPR) 저장부;

상기 평균 최대 비율(MPR) 저장부에 저장된 평균 최대 비율(MPR)들 간의 관계에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 통합 평균 최대 비율 산출부; 및

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시하는 이미지 표시부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 이미지 표시부는

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 낮을수록 파란색에 가까운 색으로 표시하고, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 높을수록 빨간색에 가까운 색으로 표시하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 모함수 선택부는

도비치(Daubechies) 필터군, 배직교(biorthogonal) 필터군 및 심릿(symlet) 필터군 중 어느 하나의 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 평균 최대 비율(MPR) 산출부는

하기의 (수학식 1)에 의거하여 상기 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

(수학식 1)

$$MPR = 20 \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^n (P_j - A_s)}{A_s} (dB),$$

$$A_s = \frac{\sum_{k=a}^b S_k}{b-a}$$

여기서, P는 피크(peak)의 크기, a와 b는 각 밴드의 주파수 영역, n은 피크(peak)의 수를 나타내고 MPR은 높을수록 좋은 성능을 냄.

청구항 18

제13항에 있어서, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 산출부는

하기의 (수학식 2)에 의거하여 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

(수학식 2)

$$T-MPR = \frac{AVG_{total-mprs}}{AVG_{diff-mprs}},$$

$$AVG_{total-mprs} = \frac{(MPR_{COR} + MPR_{CR} + MPR_{CIR})}{3}$$

$$AVG_{diff-mprs} = \frac{(|MPR_{CIR} - MPR_{COR}| + |MPR_{CIR} - MPR_{CR}|)}{2}$$

이 때, MPR_{COR}은 아우터(outer) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CR}은 롤러(roller) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CIR}은 이너(inner) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)이고, 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 클수록 모든 고장에 대한 MPR이 높고, 효과적인 주파수 구간과 모함수의 짝

을 나타냄.

청구항 19

제13항에 있어서, 상기 제어부는

상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 가장 큰 주파수 구간과 모함수의 짝을 선별하는 것을 특징으로 하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 베어링 고장 진단에 관한 것으로서, 특히, 베어링 고장 진단용 모함수를 효과적으로 선택하는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 베어링이란 회전 및 직선 운동을 하는 축을 지지하는 역할을 하는 것을 말하며, 축받이라고도 한다. 베어링과 접촉하고 있는 축 부분을 저널(journal)이라고 하며, 그 접촉상태에 따라 미끄럼베어링(sliding bearing)과 구름 베어링(rolling bearing)의 두 종류로 분류한다.

[0003] 미끄럼 베어링은 베어링이 저널부의 표면 전부 또는 표면의 일부를 둘러싼 것 같이 되어 있으며, 베어링과 저널의 접촉면 사이에는 보통 윤활유가 있다. 이 베어링은 면과 면이 접촉하기 때문에 축이 회전할 때 마찰저항이 구름베어링보다 크지만 하중을 지지하는 능력은 일반적으로 크다.

[0004] 구름 베어링은 축과 베어링의 볼 또는 롤러가 접촉하여 축이 회전하면 볼 또는 롤러도 같이 회전하기 때문에 마찰저항은 작다. 회전하는 기계축에는 하중이 축과 수직으로 걸리는 경우와 축방향으로 걸리는 경우가 있으며, 베어링은 이와 같은 하중에 견디면서 회전운동을 확실히 해야 한다.

[0005] 본 발명은 이 중 구름 베어링(rolling bearing)에 관한 것으로서, 도 1은 일반적인 구름 베어링의 일 예를 도시하고 있다. 도 1을 참조하면, 예시된 구름 베어링(10)은 이너(inner)(11), 롤러(roller)(12) 및 아우터(outer)(13)로 구성되며, 롤러(roller)(12)는 다른 회전체(예컨대, 볼)로 대체 가능하다. 이러한 구성을 갖는 구름 베어링(10)은 일반적으로 고장신호가 발생하는 주파수 대역을 감지하여 베어링의 고장 여부를 진단한다.

[0006] 이때, 이너(inner)(11), 롤러(roller)(12) 및 아우터(outer)(13)의 고장 신호를 식별하기 위한 최적 주파수 대역과 모함수가 각각 상이하기 때문에, 종래에는 이너(inner)(11), 롤러(roller)(12) 및 아우터(outer)(13) 각각의 고장을 진단하기 위해서는 매번 상이한 주파수 대역과 상이한 모함수를 이용하여 고장을 진단해야 하는 번거로움이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명은 베어링에서 발생하는 서로 다른 고장 신호들을 절충할 수 있는 밴드 및 모함수를 선택하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법 및 그 장치를 제공하고자 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 베어링에서 발생할 수 있는 각 고장별 평균 최대 비율(MPR: Mean Peak Ratio) 관계를 이미지로 나타냄으로써 베어링 고장 진단용 모함수를 효과적으로 선택할 수 있는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법 및 그 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법은 베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택하는 단계; 모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 상기 선택된 모함수 후보군에 포함된 모함수들을 기반으로 주파수 구간을 분할하여 평균 최대 비율(MPR: Mean Peak Ratio)을 산출하는 단계; 및 상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)에 기초하여, 모든 종

류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 단계를 포함한다.

[0010] 이 때, 상기 모함수 후보군 선택 단계는 도비치(Daubechies) 필터군, 배직교(biorthogonal) 필터군 및 심릿(symlet) 필터군 어느 하나의 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 평균 최대 비율(MPR) 산출 단계는 고장신호의 입력에 응답하여 상기 선택된 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하여 주파수 구간을 분할하는 단계; 및 상기 주파수 구간 분할 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 모함수 및 주파수 구간 선별 단계는 상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)들의 평균값, 및 이너(inner) 고장신호의 평균 최대 비율(MPR)과 다른 고장신호들 각각의 평균 최대 비율(MPR)과의 차이값에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 단계; 및 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 이 때, 상기 모함수 및 주파수 구간 선별 단계는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 가장 큰 주파수 구간과 모함수의 짝을 선별하는 것이 바람직하며, 상기 모함수 후보군에 포함된 모함수 각각에 대하여, 분할된 주파수 구간별로 산출된 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 한편, 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치는 베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택하는 모함수 선택부; 고장신호의 입력에 응답하여 상기 선택된 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하여 주파수 구간을 분할하는 웨이블릿 패킷 변환부; 상기 주파수 구간 분할 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 평균 최대 비율 산출부; 상기 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 저장하는 평균 최대 비율(MPR) 저장부; 상기 평균 최대 비율(MPR) 저장부에 저장된 평균 최대 비율(MPR)들 간의 관계에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하는 통합 평균 최대 비율 산출부; 및 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 이 때, 상기 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시하는 이미지 표시부를 더 포함하고, 상기 이미지 표시부는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 낮을수록 파란색에 가까운 색으로 표시하고, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 높을수록 빨간색에 가까운 색으로 표시할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명은 베어링에서 발생할 수 있는 각 고장별 평균 최대 비율(MPR: Mean Peak Ratio) 관계를 이미지로 나타냄으로써, 서로 다른 고장 신호들을 절충할 수 있는 밴드 및 모함수를 직관적으로 선택할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 베어링의 고장 유형(이너, 아우터, 롤러)에 무관하게 고장 진단을 용이하게 할 수 있으며, 이로 인해 고장 발생시 대처를 신속히 할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 일반적인 구름 베어링의 일 예를 도시하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치에 대한 개략적인 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따라 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 설명하되, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 한편 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여

- [0019] 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한 상세한 설명을 생략하여도 본 기술 분야의 당업자가 쉽게 이해할 수 있는 부분의 설명은 생략하였다.
- [0020] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0021] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치에 대한 개략적인 블록도이다. 도 2를 참조하면 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치(100)는 모함수 선택부(110), 웨이블릿 패킷 변환부(120), MPR 산출부(130), MPR 저장부(140), 통합 MPR 산출부(150), 이미지 표시부(160) 및 제어부(170)를 포함한다.
- [0022] 모함수 선택부(110)는 베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택한다. 이 때, 모함수 선택부(110)는 도비치(Daubechies) 필터군, 배직교(biorthogonal) 필터군 및 심릿(symlet) 필터군 중 어느 하나의 필터군 중 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택할 수 있다. 예를 들어, 모함수 선택부(110)는 도비치(Daubechies) 필터군 중 일부(예컨대, 45개의 필터를 후보군으로 선별)를 모함수 후보군으로 두고 각 탭(1~45)을 평가할 수 있다.
- [0023] 웨이블릿 패킷 변환부(120)는 고장신호의 입력에 응답하여, 모함수 선택부(110)에서 선택한 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행한다. 예를 들어, 모함수 선택부(110)에서 도비치(Daubechies) 필터 1~45를 모함수로 선택한 경우, 웨이블릿 패킷 변환부(120)는 입력된 고장신호에 도비치(Daubechies) 필터 1~45를 기반으로 각각 5레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하고, 그 결과로 32개 주파수 밴드의 웨이블릿 계수에 대한 파워 스펙트럼을 산출한다.
- [0024] MPR 산출부(130)는 웨이블릿 패킷 변환부(120)에서 주파수 구간 분할을 수행한 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 모든 종류의 고장신호(예컨대, 이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호, 아우터(outer) 고장신호) 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 산출한다. 이 때, MPR 산출부(130)는 하기의 수학적 식 1에 의거하여 상기 평균 최대 비율(MPR)을 산출하는 것이 바람직하다.

수학적 식 1

$$MPR = 20 \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^n (P_j - A_s)}{A_s} (dB),$$

$$A_s = \frac{\sum_{k=a}^b S_k}{b - a}$$

- [0025]
- [0026] 여기서, P는 피크(peak)의 크기, a와 b는 각 밴드의 주파수 영역, n은 피크(peak)의 수를 나타내고 MPR은 높을수록 좋은 성능을 낸다. 이때, MPR의 산출 방식은 당업자에게 자명한 사실로서 구체적인 설명은 생략한다.
- [0027] MPR 저장부(140)는 MPR 산출부(130)의 처리 결과, 즉, 모든 종류의 고장신호(예컨대, 이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호, 아우터(outer) 고장신호)에 대한 평균 최대 비율(MPR)을 저장한다.
- [0028] 통합 MPR 산출부(150)는 MPR 저장부(140)에 저장된 고장신호 종류별 평균 최대 비율(MPR)들 간의 관계에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출한다. 즉, 통합 MPR 산출부(150)는 모든 종류의 고장신호(예컨대, 이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호, 아우터(outer) 고장신호) 각각에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)들의 평균값(AVG_{total_mprs}), 및 이너(inner) 고장신호의 평균 최대 비율(MPR)과 다른 고장신호들 각각의 평균 최대 비율(MPR)과의 차이값(AVG_{diff_mprs})에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출한다. 이를 위해, 통합 MPR 산출부(150)는 하기의 수학적식2에 나타난 바와 같이, 모든 종류의 고장신호(예컨대, 이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호, 아우터(outer) 고장신호) 각각에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)들의 평균값(AVG_{total_mprs})을 이너(inner) 고장신호의 평균 최대 비율(MPR)과 다른 고장신호들 각각의 평균 최대 비율(MPR)과의 차이값(AVG_{diff_mprs})으로 나누어 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출한다.

수학식 2

$$T-MPR = \frac{AVG_{total-mprs}}{AVG_{diff-mprs}},$$

$$AVG_{total-mprs} = \frac{(MPR_{COR} + MPR_{CR} + MPR_{CIR})}{3}$$

$$AVG_{diff-mprs} = \frac{(|MPR_{CIR} - MPR_{COR}| + |MPR_{CIR} - MPR_{CR}|)}{2}$$

[0029]

[0030]

이 때, MPR_{COR} 은 아우터(outer) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CR} 은 롤러(roller) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR), MPR_{CIR} 은 이너(inner) 고장신호에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)이고, 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 클수록 모든 고장에 대한 MPR이 높고, 효과적인 주파수 구간과 모함수의 짝을 나타낸다.

[0031]

이미지 표시부(160)는 통합 MPR 산출부(150)의 처리 값인 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시한다. 도 4는 이미지 표시부(160)의 처리 결과를 예시한 도면으로서, 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 이미지 픽셀로 표시한 예를 나타내고 있다. 특히, 도 4는 입력된 고장신호에 상기 선택된 모함수인 도비치(Daubechies) 필터 1~45를 기반으로 각각 5레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행한 경우의 예로써, 32개 주파수 밴드의 웨이블릿 계수에 대한 파워 스펙트럼의 MPR을 계산하고, 이들 각각에 대한 통합 MPR을 이미지 픽셀로 나타난 예이다. 이 때, 이미지 표시부(160)는 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 낮을수록 파란색에 가까운 색으로 표시하고, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 높을수록 빨간색에 가까운 색으로 표시하는 것이 바람직하다.

[0032]

제어부(170)는 미리 설정된 제어 프로그램에 의거하여 베어링 고장 진단용 모함수 선택 장치(100)를 구성하는 각 장치들(예컨대, 웨이블릿 패킷 변환부(120), MPR 산출부(130), 통합 MPR 산출부(150) 및 이미지 표시부(160)의 동작을 제어한다. 특히, 제어부(170)는 통합 MPR 산출부(150)에서 산출된 통합 평균 최대 비율(T-MPR)에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별한다. 이 때, 제어부(170)는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 가장 큰 주파수 구간과 모함수의 짝을 선별하는 것이 바람직하다.

[0033]

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도이다. 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 베어링 고장 진단용 모함수 선택 방법은 다음과 같다.

[0034]

먼저, 모함수 선택부(110)는 베어링에서 발생할 수 있는 고장신호를 검출하기 위한 모함수 후보군을 선택한다(S110). 이 때, 모함수 후보군 선택 과정(S110)은 도비치(Daubechies) 필터군, 배직교(biorthogonal) 필터군 및 심릿(symlet) 필터군 중 어느 하나의 필터군 적어도 하나를 모함수 후보군으로 선택할 수 있다. 다만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 베어링 고장 진단에 적용될 수 있는 모든 종류의 필터들이 모함수 후보군으로 선택될 수 있다.

[0035]

이와 같이 모함수 후보군을 선택한 후, 임의의 고장 신호가 입력되면 웨이블릿 패킷 변환부(120)는 상기 고장 신호의 입력에 응답하여 상기 선택된 모함수 후보군을 기반으로 소정 레벨의 웨이블릿 패킷 변환을 수행하여 주파수 구간을 분할한다(S120). 예컨대, 5 레벨 웨이블릿 패킷 변환이 수행되면 주파수 대역인 32개의 구간으로 분할되게 된다.

[0036]

다음으로, MPR 산출부(130)는 상기 주파수 구간 분할(S120) 결과로 얻어진 주파수 구간별 파워 스펙트럼에 기초하여 평균 최대 비율(MPR)을 산출한다(S130). 이를 위해, MPR 산출부(130)는 상기 수학식 1을 적용한다. 한편, 상기 과정(S130)은 모든 종류의 고장신호, 즉, 이너(inner) 고장신호, 롤러(roller) 고장신호 및 아우터(outer) 고장신호 각각에 대하여 실시하는 것이 바람직하다.

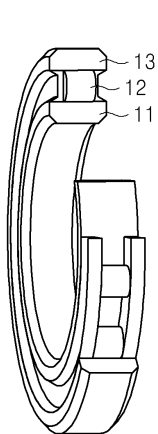
[0037]

상기 과정(S130)에서 모든 종류의 고장신호들(이너 고장신호, 롤러 고장신호 및 아우터 고장신호) 각각에 대한 MPR이 산출되면, 통합 MPR 산출부(150)는 모든 종류의 고장신호 각각에 대한 평균 최대 비율(MPR)에 기초하여, 통합 MPR을 산출하고(S140), 이미지 표시부(160)는 그 결과를 도 4에 예시된 바와 같은 이미지 픽셀로 표시한다(S150).

- [0038] 이 때, 상기 과정(S140)은 모든 종류의 고장신호 각각에 대하여 산출한 평균 최대 비율(MPR)들의 평균값(AVG_{total_mprs}), 및 이너(inner) 고장신호의 평균 최대 비율(MPR)과 다른 고장신호들 각각의 평균 최대 비율(MPR)과의 차이값(AVG_{diff_mprs})에 기초하여 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하되, 상기 수학적 2를 적용하는 것이 바람직하다. 한편, 상기 과정(S150)에서 이미지 표시부(160)는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 낮을수록 파란색에 가까운 색으로 표시하고, 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR) 값이 높을수록 빨간색에 가까운 색으로 표시하는 것이 바람직하다.
- [0039] 상기와 같이 통합 평균 최대 비율(T-MPR)을 산출하고, 그 결과를 이미지 픽셀로 표시하면, 제어부(170)는 그 결과에 의거하여 모든 종류의 고장신호를 검출할 수 있는 모함수 및 주파수 구간을 선별한다(S160). 이 때, 제어부(170)는 상기 통합 평균 최대 비율(T-MPR)이 가장 큰 주파수 구간과 모함수의 짝을 선별하는 것이 바람직하다.
- [0040] 상술한 예시적인 시스템에서, 방법들은 일련의 단계 또는 블록으로써 순서도를 기초로 설명되고 있지만, 본 발명은 단계들의 순서에 한정되는 것은 아니며, 어떤 단계는 상술한 바와 다른 단계와 다른 순서로 또는 동시에 발생할 수 있다.
- [0041] 또한, 당업자라면 순서도에 나타난 단계들이 배타적이지 않고, 다른 단계가 포함되거나 순서도의 하나 또는 그 이상의 단계가 본 발명의 범위에 영향을 미치지 않고 삭제될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

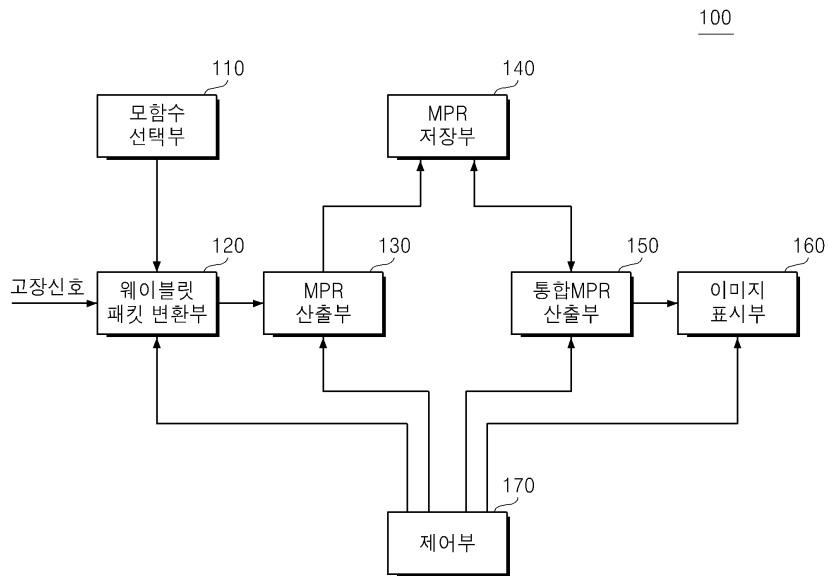
도면

도면1

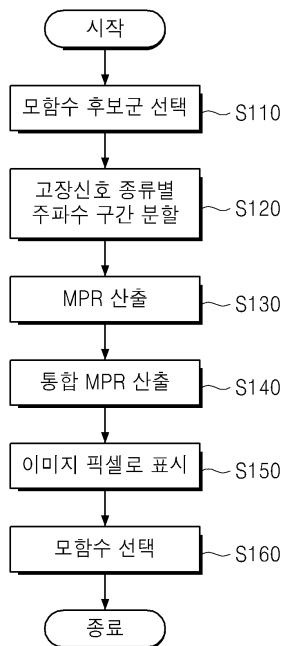


10

도면2



도면3



도면4

