



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월15일
 (11) 등록번호 10-1958628
 (24) 등록일자 2019년03월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 GO1H 11/06 (2006.01) GO1M 99/00 (2011.01)
- (52) CPC특허분류
 GO1H 11/06 (2013.01)
 GO1M 99/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0117912
- (22) 출원일자 2017년09월14일
 심사청구일자 2017년09월14일
- (56) 선행기술조사문헌
 마이크로폰 어레이 측정에서의 도플러 효과와 자체소음 제거에 관한 실험적 연구(2006.7.31.)*
 비정상 음향신호 필터링을 통한 플랜트 가스누출 위치 탐지기법(2012.04.04.)*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 한국원자력연구원
 대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
- (72) 발명자
 윤두병
 대전광역시 유성구 엑스포로123번길 65-38(도룡동, 스마트시티) 201동 2304호
 문순성
 대전광역시 유성구 유성대로 1741(전민동, 세종아파트), 105동1308호
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 8 항

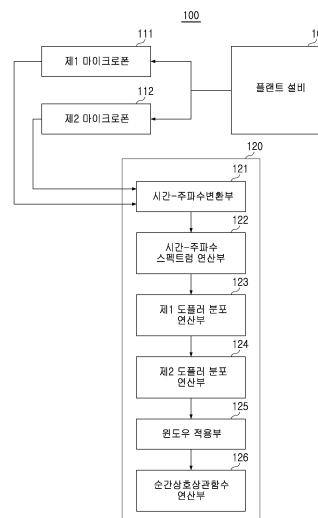
심사관 : 김기환

(54) 발명의 명칭 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치는, 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰과, 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제2 마이크로폰과, 제1 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호 및 제2 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호의 시간-주파수 변환을 이용하여 플랜트 설비의 누출음을 탐지하는 누출음 탐지 모듈을 포함할 수 있으며, 주기적인 잡음신호는 물론 과도적인 분산 잡음신호가 큰 경우에도 누출음의 탐지가 가능한 이점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

양봉수

제주특별자치도 제주시 신성로 14-27(도남동)

박진호

대전광역시 유성구 관평1로 12(관평동, 대덕테크노밸리7단지아파트), 701-1301

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CRC-15-05-ETRI

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 융합연구사업(미래선도형 융합연구단사업)

연구과제명 자가학습형 지식융합 슈퍼브레인 핵심기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

연구기간 2015.12.01 ~ 2018.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰;

상기 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제2 마이크로폰; 및

상기 제1 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호로부터 상기 플랜트 설비의 누출음을 탐지하는 누출음 탐지 모듈을 포함하며,

상기 누출음 탐지 모듈은, 상기 제1 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호에 대한 시간-주파수 변환을 수행하여 생성된 상호 도플러 분포 또는 순간 상호 상관 함수를 이용하여 상기 누출음을 탐지하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 누출음 탐지 모듈은, 각각의 마이크로폰을 통해 서로 다른 두 시점에서 측정된 음향 신호를 시간-주파수 변환한 후, 변환된 음향 신호 중 각각의 마이크로폰을 통해 동일한 시점에서 측정하여 시간-주파수 변환된 음향 신호간의 상호 시간-주파수 스펙트럼과 각각의 마이크로폰을 통해 서로 다른 시점에서 측정하여 시간-주파수 변환된 음향 신호 간의 상호 시간-주파수 스펙트럼을 구하고, 상기 두 상호 시간-주파수 스펙트럼을 신호 처리하여 상기 누출음을 탐지하는, 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 누출음 탐지 모듈은,

상기 두 상호 시간-주파수 스펙트럼의 상호 도플러 분포를 각각 구하고, 이를 감산하여 누출음의 도플러 분포를 구한 후, 구한 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT를 수행하여 얻은 순간 상호 상관함수로부터 상기 누출음을 탐지하는, 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 누출음 탐지 모듈은,

상기 제1 마이크로폰을 통해 제1 시점에서 측정된 제1 음향 신호, 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점에서 측정된 제2 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점부터 일정 시간이 경과한 제2 시점에서 측정된 제3 음향 신호를 시간-주파수 변환하는 시간-주파수 변환부;

시간-주파수 변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제2 음향 신호의 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼 및 시간-주파수 변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제3 음향 신호의 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼을 연산하는 시간-주파수 스펙트럼 연산부;

상기 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제1 상호 도플러 분포와 상기 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제2 상호 도플러 분포를 구하는 제1 도플러 분포 연산부;

상기 제1 상호 도플러 분포로부터 상기 제2 상호 도플러 분포를 감산하여 누출음의 도플러 분포를 구하는 제2

도플러 분포 연산부; 및

상기 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT를 수행하여 순간 상호 상관함수를 구하고, 상기 순간 상호 상관함수로부터 누출음을 탐지하는 순간 상호 상관함수연산부;를 포함하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 누출음 탐지 장치는,

상기 누출음의 도플러 분포에 윈도우 함수를 적용하여 누출음을 제외한 영역을 제거하는 윈도우 적용부를 더 포함하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 시간-주파수 변환부는,

STSF(Short Time Fourier Transform), 웨이블릿 변환(Wavelet Transform) 및 위그너빌 분포(WignerVille Distribution) 중 어느 하나를 이용하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 누출음은,

상기 상호 도플러 분포에서 수직선의 형태로 디스플레이되거나, 또는 상기 순간 상호 상관함수에서 수평선의 형태로 디스플레이되는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치.

청구항 8

플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰 및 제2 마이크로폰을 구비한 누출음 탐지 장치를 이용하여 누출음을 탐지하는 방법에 있어서,

시간-주파수 변환부에서, 상기 제1 마이크로폰을 통해 제1 시점에서 측정된 제1 음향 신호, 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점에서 측정된 제2 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점부터 일정 시간이 경과한 제2 시점에서 측정된 제3 음향 신호를 시간-주파수 변환하는 제1 단계;

시간-주파수 스펙트럼 연산부에서, 시간-주파수 변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제2 음향 신호의 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼 및 시간-주파수 변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제3 음향 신호의 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼을 연산하는 제2 단계; 및

제1 도플러 분포 연산부에서, 상기 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제1 상호 도플러 분포와 상기 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제2 상호 도플러 분포를 구하는 제3 단계;

제2 도플러 분포 연산부에서 상기 제1 상호 도플러 분포로부터 상기 제2 상호 도플러 분포를 감산하여 누출음의 도플러 분포를 구하고 구한 상기 누출음의 도플러 분포로부터 누출음을 탐지하거나 또는 순간 상호 상관함수연산부에서 상기 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT를 수행하여 순간 상호 상관함수를 구하고 구한 상기 순간 상호 상관함수로부터 누출음을 탐지하는 제4 단계;를 포함하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 노후화된 플랜트 설비에서 발생할 수 있는 누출음 감시하기 위한 방법으로 마이크로폰을 활용하여 누출음 발생을 감시하는 방법을 고려할 수 있다. 음향 신호를 이용하면 원거리에서의 누출감시가 가능하다는 장점이 있으나, 음향 신호의 경우, 누출음 이외의 주변 소음에도 영향을 받는 단점이 있다. 특히 발전소를 비롯한 플랜트의 경우 대부분 기계운전 등에 의한 주변소음이 존재하며, 이러한 소음환경에서 미세한 누출음을 탐지하려면 주변소음의 영향을 제거하거나 감소시킬 수 있는 신호처리기술이 필요하다.

[0003] 기존에는 노치 필터(notch filter) 등의 필터링 기법을 이용하여, 측정된 음향신호 중 기계운전소음에 해당하는 특정한 주파수 성분들을 제거하는 방법을 이용하였으나, 이 경우 어떤 주파수 성분(주파수 대역)을 제거할 것인가를 사전에 결정하여야 하며, 이러한 주파수 대역을 결정하려면 음향 신호에 대한 사전분석을 통해 주기적인 기계소음성분을 찾아내야 한다는 단점이 있었다.

[0004] 또한, 플랜트 설비의 경우 다양한 회전체 기계들이 각기 다른 회전속도로 운전되고 있으므로, 기존의 노치 필터링 방법을 활용하려면, 음향신호 측정 구역별로 각각 기계운전소음을 분석하고, 각각 측정구역별로 다른 노치 필터 조건을 설정하여야 한다는 단점이 있었다. 따라서 기계운전소음에 대한 별도의 사전 정보 없이, 측정된 음향신호로부터 주기적인 기계운전소음 성분을 제거할 수 있는 방법을 고안할 필요가 있다.

[0005] 누출음 탐지와 관련된 기술로는, 예를 들면, 일본공개특허 특1993-0016769호(“매설관체의 이상위치 검출방법 및 장치”, 공개일: 1993년08월30일)이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본공개특허 특1993-0016769호(“매설관체의 이상위치 검출방법 및 장치”, 공개일: 1993년08월30일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 회전체에 의한 기계운전소음이 큰 경우에도 누출음의 탐지가 가능한 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰; 상기 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제2 마이크로폰; 및 상기 제1 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호로부터 상기 플랜트 설비의 누출음을 탐지하는 누출음 탐지 모듈을 포함하며, 상기 누출음 탐지 모듈은, 상기 제1 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호의 시간-주파수 변환을 이용하여 상기 누출음을 탐지하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치가 제공된다.

[0009] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 플랜트 설비로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰 및 제2 마이크로폰을 구비한 누출음 탐지 장치를 이용하여 누출음을 탐지하는 방법에 있어서, 시간-주파수 변환부에서, 상기 제1 마이크로폰을 통해 제1 시점에서 측정된 제1 음향 신호, 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점에서 측정된 제2 음향 신호 및 상기 제2 마이크로폰을 통해 상기 제1 시점부터 일정 시간이 경과한 제2 시점에서 측정된 제3 음향 신호를 시간-주파수 변환하는 제1 단계; 시간-주파수 스펙트럼 연산부에서, 시간-주파수 변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제2 음향 신호의 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼 및 시간-주파수

변환된 상기 제1 음향 신호와 시간-주파수 변환된 제3 음향 신호의 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼을 연산하는 제2 단계; 제1 도플러 분포 연산부에서, 상기 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제1 상호 도플러 분포와 상기 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제2 상호 도플러 분포를 구하는 제3 단계; 제2 도플러 분포 연산부에서, 상기 제1 상호 도플러 분포로부터 상기 제2 상호 도플러 분포를 감산하여 누출음의 도플러 분포를 구하는 제4 단계; 및 순간 상호 상관함수연산부에서, 상기 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT를 수행하여 순간 상호 상관함수를 구하고, 상기 순간 상호 상관함수로부터 누출음을 탐지하는 제5 단계;를 포함하는 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 마이크로폰을 통해 측정된 음향 신호에 대한 시간-주파수 변환을 이용함으로써, 주파수 변환만을 이용하는 경우에 비해, 주기적인 잡음신호는 물론 과도적인 분산(dispersive) 잡음신호가 큰 경우에도 누출음의 탐지가 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치의 전체 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 방법의 흐름도이다.

도 3은 누출음만 존재하는 경우의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 4는 주기적인 기계운전소음만 있는 경우의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 5는 누출음과 주기적인 기계운전소음이 함께 있는 경우 본 발명의 적용 전의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 6은 누출음과 주기적인 기계운전소음이 함께 있는 경우 본 발명의 적용 후의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 7은 도 6에 윈도우 함수를 추가 적용한 경우 본 발명에 따른 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 8은 누출음과 주기적인 기계운전소음 외에 과도적인 분산 신호가 존재하는 경우 본 발명의 적용 전의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

도 9는 도 8에 본 발명의 방법을 적용한 경우의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다. 그러나 본 발명의 실시형태는 여러 가지의 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로만 한정되는 것은 아니다. 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 더욱 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치(100)의 전체 구성도이다. 한편, 도 2는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비(10)의 누출음 탐지 방법의 흐름도이다.

[0014] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치(100)는 플랜트 설비(10)로부터 발생하는 음향 신호를 측정하는 제1 마이크로폰(111) 및 제2 마이크로폰(112)과, 제1 마이크로폰(111) 및 제2 마이크로폰(112)을 통해 측정된 음향 신호의 시간-주파수 변환을 이용하여 플랜트 설비(10)의 누출음을 탐지하는 누출음 탐지 모듈(120)을 포함할 수 있다.

[0015] 한편, 상술한 누출음 탐지 모듈(120)은 후술하는 바와 같이, 시간-주파수 변환부(121)와, 시간-주파수 스펙트럼

연산부(122)와, 제1 도플러 분포 연산부(123)와, 제2 도플러 분포 연산부(124)와, 윈도우 적용부(125)와, 순간 상호 상관함수연산부(126)를 포함할 수 있다.

[0016] 이하, 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시 형태에 따른 시간-주파수 변환을 이용한 플랜트 설비의 누출음 탐지 장치(100) 및 이를 이용한 누출음 탐지 방법을 상세하게 설명한다.

[0017] 플랜트 설비(10)는 배관 등을 포함하는 플랜트 설비로, 원자력 또는 화학 플랜트 등과 같은 설비이다. 상술한 플랜트 설비(10)는 플랜트의 내부에 존재하고, 상술한 플랜트의 내부에는 소정 간격 이격되게 배치된 제1 마이크로폰(111) 및 제2 마이크로폰(112)이 구비될 수 있다.

[0018] 마이크로폰들(111, 112)을 통해 플랜트 설비(10)로부터 발생하는 음향 신호가 측정되며(S211, S212), 측정된 음향 신호는 누출음 탐지 모듈(120)로 전달될 수 있다(도 2에서 음향 센서는 도 1의 마이크로폰을 의미함).

[0019] 구체적으로, 기계운전소음 환경에서 플랜트 설비(10)에서 누출이 발생하는 경우, 마이크로폰(111, 112) 각각에서 측정되는 음향 신호는 하기 수학식 1과 같이 누출음과 주기적인 기계운전소음의 합으로 표현될 수 있다.

[0020] [수학식 1]

[0021]
$$x(t) = s(t) + n(t)$$

[0022] $x(t)$ 는 마이크로폰들(111, 112) 각각에서 측정되는 음향 신호, $s(t)$ 은 플랜트 설비(10)의 누출부에서 발생한 누출음, $n(t)$ 는 플랜트 설비(10)의 기계운전에 의해 발생하는 주기적인 기계운전소음을 나타낸다.

[0023] 예를 들면, 시간 $t=T_a$ 시점에 제1 마이크로폰(111)(도 2의 음향 센서 1)에서 측정된 신호는 $x_{1a}(t)$ (111a), 시간 $t=T_a$ 시점에 제2 마이크로폰(112)(도 2의 음향 센서 2)에서 측정된 신호는 $x_{2a}(t)$ (112a), 시간 $t=T_b$ 시점에 제1 마이크로폰(111)에서 측정된 신호는 $x_{1b}(t)$ (111b), 시간 $t=T_b$ 시점에 제2 마이크로폰(112)에서 측정된 신호는 $x_{2b}(t)$ (112b)라 하면, $x_{1a}(t)$ (111a), $x_{2a}(t)$ (112a), $x_{1b}(t)$ (111b), $x_{2b}(t)$ (112b)는 하기 수학식 2와 같이 누출음 성분과 기계운전소음 성분의 합으로 표현될 수 있다.

[0024] [수학식 2]

[0025]
$$x_{1a}(t) = s_{1a}(t) + n_{1a}(t)$$

[0026]
$$x_{2a}(t) = s_{2a}(t) + n_{2a}(t)$$

[0027]
$$x_{1b}(t) = s_{1b}(t) + n_{1b}(t)$$

[0028]
$$x_{2b}(t) = s_{2b}(t) + n_{2b}(t)$$

[0029] 누출음은 랜덤 신호(random signal)의 특성을 가지며, “동 시간($t=T_a$)” 에 제1 마이크로폰(111)에서 측정된 누출음($s_{1a}(t)$)과 제2 마이크로폰(112)에서 측정된 누출음($s_{2a}(t)$)는 상관관계(correlation)를 갖는다. 반면에 $t=T_a$ 에 하나의 마이크로폰(예를 들어, 제1 마이크로폰(111))에서 측정된 누출음(예를 들어 $s_{1a}(t)$)과 일정시간 후(예를 들어 $t=T_b$)에 다른 마이크로폰(예를 들어, 제2 마이크로폰(112))에서 측정된 누출음(예를 들어, $s_{2b}(t)$) 간에는 상관관계(correlation)가 없는 랜덤신호의 특성을 가진다.

[0030] 반면, 기계운전소음은 주기적인(periodic) 신호로 표현되므로, $t=T_a$ 에 하나의 마이크로폰(예를 들어, 제1 마이크로폰(111))에서 측정된 기계운전소음(예를 들어, $n_{1a}(t)$)과 일정시간 후(예를 들어 $t=T_b$) 다른 마이크로폰(예를 들어, 제2 마이크로폰(112))에서 측정된 기계운전소음(예를 들어, $n_{2b}(t)$) 간에는 상관관계가 있다고 가정할 수 있다. 또한, $t=T_a$ 에 하나의 마이크로폰(예를 들어, 제1 마이크로폰(111))에서 측정된 기계운전소음(예를 들어, $n_{1a}(t)$)와 $t=T_a$ 에 다른 마이크로폰(예를 들어, 제2 마이크로폰(112))에서 측정된 기계운전소음(예를 들어, $n_{2a}(t)$) 간에는 상관관계가 있다고 가정할 수 있다.

[0031] 상술한 제1 마이크로폰(111) 및 제2 마이크로폰(112)에서 측정된 음향 신호는 누출음 탐지 모듈(120)로 전달될 수 있다.

[0032] 누출음 탐지 모듈(120)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 시간-주파수 변환부(121)와, 시간-주파수 스펙트럼 연산부

(122)와, 제1 도플러 분포 연산부(123)와, 제2 도플러 분포 연산부(124)와, 윈도우 적용부(125)와, 순간 상호 상관함수연산부(126)를 포함할 수 있다.

[0033] 누출음 탐지 모듈(120)은 시간-주파수 변환부(121)에서 각각의 마이크로폰을 통해 서로 다른 두 시점에서 측정된 음향 신호를 시간-주파수 변환(Time-Frequency Transform)할 수 있고, 다음으로, 시간-주파수 스펙트럼 연산부(122)에서 각각의 마이크로폰을 통해 동일한 시점에서 측정된 음향 신호로서 시간-주파수 변환된 음향 신호간의 상호 시간-주파수 스펙트럼(Cross Time-Frequency Spectrum) 및 각각의 마이크로폰을 통해 서로 다른 시점에서 측정된 음향 신호로서 시간-주파수 변환된 음향 신호간의 상호 시간-주파수 스펙트럼을 각각 구할 수 있고, 다음으로, 제1 도플러 분포 연산부(123)에서 시간(t)에 대한 FFT를 수행하여 상기 두 상호 시간-주파수 스펙트럼의 상호 도플러 분포(Cross Doppler Distribution)를 각각 구할 수 있고, 다음으로, 제2 도플러 분포 연산부(124)에서 두 상호 도플러 분포를 감산하여 누출음의 도플러 분포를 구할 수 있고, 다음으로, 순간 상호 상관함수연산부(126)에서 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT(2 Dimensional Inverse FFT)를 수행하여 순간 상호 상관함수(Instantaneous Cross-Correlation Function)를 구하고 이로부터 누출음을 탐지할 수 있다. 또한, 누출음 탐지 모듈(120)은 상기 누출음의 도플러 분포에 윈도우 함수를 적용하여 수직선 형태로 표현되는 누출음을 제외한 영역을 제거하는 윈도우 적용부(125)를 더 포함할 수 있고, 이 경우 윈도우 적용부(125)에서 누출음을 제외한 영역이 제거된 누출음의 도플러 분포에 2D IFFT를 수행하여 순간 상호 상관함수를 구할 수 있다.

[0034] 이하에서는, 동일한 시점에서 측정된 두 음향 신호로서 제1 마이크로폰(111)을 통해 제1 시점(T_a)에서 측정된 제1 음향 신호(111a)와 제2 마이크로폰(112)을 통해 제1 시점(T_a)에서 측정된 제2 음향 신호(112a)를 활용하고, 서로 다른 시점에서 측정된 두 음향 신호로서 제1 마이크로폰(111)을 통해 제1 시점(T_a)에서 측정된 제1 음향 신호(111a)와 제2 마이크로폰을 통해 제1 시점(T_a)부터 일정 시간이 경과한 제2 시점(T_b)에서 측정된 제3 음향 신호(112b)를 활용하여 누출음을 탐지하는 과정에 대해 서술한다.

[0035] 누출음 탐지 모듈(120) 중 시간-주파수 변환부(121)는, 제1 마이크로폰(111)을 통해 제1 시점(T_a)에서 측정된 제1 음향 신호(111a), 제2 마이크로폰(112)을 통해 제1 시점(T_a)에서 측정된 제2 음향 신호(112a) 및 제2 마이크로폰을 통해 제1 시점(T_a)부터 일정 시간이 경과한 제2 시점(T_b)에서 측정된 제3 음향 신호(112b) 각각을 시간-주파수 변환할 수 있다(S221). 각각에 대한 시간-주파수 변환된 결과는 $X_{1a}(t, f)$, $X_{2a}(t, f)$, $X_{2b}(t, f)$ 로 표현될 수 있다. 여기서, t는 시간(time)을, f는 주파수(frequency)를 나타낸다.

[0036] 여기서, 시간-주파수 변환 방법으로는, STSF(Short Time Fourier Transform), 웨이블릿 변환(Wavelet Transform) 및 위그너빌 분포(Wigner Ville Distribution) 등을 이용할 수 있다.

[0037] 다음, 누출음 탐지 모듈(120) 중 시간-주파수 스펙트럼 연산부(122)는, 하기 수학식 3에 따라 시간-주파수 변환된 제1 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 제2 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$ 및 시간-주파수 변환된 제1 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 제3 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$ 을 연산할 수 있다(S222). 여기서, 위첨자 *는 공액복소수(complex conjugate)를 나타낸다.

[0038] [수학식 3]

[0039]
$$F_{1a2a}(t, f) = X_{1a}(t, f)^* \cdot X_{2a}(t, f)$$

[0040]
$$F_{1a2b}(t, f) = X_{1a}(t, f)^* \cdot X_{2b}(t, f)$$

[0041] 다음, 누출음 탐지 모듈(120) 중 제1 도플러 분포 연산부(123)는, 하기 수학식 4에 따라 시간(t)에 대하여 FFT를 수행하여 제1 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제1 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$ 와 제2 상호 시간-주파수 스펙트럼에 대한 제2 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$ 를 구할 수 있다(S223).

[0042] [수학식 4]

[0043]
$$D_{1a2a}(v, f) = \text{FFT}_t\{F_{1a2a}(t, f)\}$$

- [0044] $D_{1a2b}(v, f) = \text{FFT}_t\{F_{1a2b}(t, f)\}$
- [0045] 여기서, v 는 주파수 변화량(frequency shift)을 나타낸다.
- [0046] 동 시간($t=T_a$)에서 측정된 제1 마이크로폰(111)과 제2 마이크로폰(112)의 신호가 포함되어 있으므로, $D_{1a2a}(v, f)$ 에는 누출음 성분과 주기적인 기계운전소음 성분이 함께 나타나며, 특히 누출음 성분은 $D_{1a2a}(0, f)$ 부근에서 수직선 형태로 나타나고, 주기적인 기계운전소음 성분은 주로 점 형태로 나타난다(후술할 도 5 및 도 6의 123a 참조).
- [0047] 한편, 다른 시간대에서 취득한 누출음 간에는 상관관계가 없으므로, $D_{1a2b}(v, f)$ 에는 누출음 성분은 나타나지 않는다. 반면에 주기적인 기계운전소음 성분은 다른 시간대에 취득하더라도 서로 상관관계가 있으므로, $D_{1a2b}(v, f)$ 에는 주기적인 기계운전소음 성분이 점 형태로 나타난다(후술할 도 5 및 도 6의 123b 참조).
- [0048] $D_{1a2a}(v, f)$ 에는 누출음 성분과 주기적인 기계운전소음 성분이 나타나며, $D_{1a2b}(v, f)$ 에는 주기적인 기계운전소음 성분만 나타나므로, 상호 도플러 분포에서의 누출음 성분을 $S_{1a2a}(v, f)$ 라고 정의하면, $S_{1a2a}(v, f)$ 의 크기는 하기 수학적 식 5와 같이 가정할 수 있다.
- [0049] 또한 $S_{1a2a}(v, f)$ 의 위상정보는 기계운전소음에 의해서는 큰 영향을 받지 않으며, 누출음 성분의 위상정보에 주로 영향을 받는다고 가정($\angle S_{1a2a}(v, f) \approx \angle D_{1a2a}(v, f)$)하면, $S_{1a2a}(v, f)$ 의 위상(phase)은 $S_{1a2a}(v, f)$ 의 위상정보로 대체할 수 있다.
- [0050] [수학적 식 5]
- [0051] $|S_{1a2a}(v, f)| = |D_{1a2a}(v, f)| - |D_{1a2b}(v, f)|$
- [0052] $\angle S_{1a2a}(v, f) \approx \angle D_{1a2a}(v, f)$
- [0053] 누출음 탐지 모듈(120) 중 제2 도플러 분포 연산부(124)는, 제1 상호 도플러 분포로부터 제2 상호 도플러 분포를 감산하여 누출음의 도플러 분포인 $S_{1a2a}(v, f)$ 를 구할 수 있다(S224).
- [0054] 누출음 탐지 모듈(120) 중 윈도우 적용부(125)는, 누출음의 도플러 분포에 윈도우 함수를 적용하여 누출음을 제외한 영역을 제거할 수 있다(S225).
- [0055] 구체적으로, 누출음 성분은 $D_{1a2a}(0, f)$ 부근에 주로 분포하므로, 윈도우 함수(window function, $W(v, f)$)를 적용하여 이 외 부분을 제거하는 방법을 고려할 수 있으며, 상호도플러영역(Cross Doppler domain)에서 윈도우 함수를 적용한 누출음 성분을 $S'_{1a2a}(v, f)$ 라고 정의하면, 하기 수학적 식 6과 같이 표현된다.
- [0056] [수학적 식 6]
- [0057] $S'_{1a2a}(v, f) = S_{1a2a}(v, f) \cdot W(v, f)$
- [0058] 누출음 탐지 모듈(120) 중 순간 상호 상관함수연산부(126)는, 누출음을 제외한 영역이 제거된 누출음의 도플러 분포인 $S'_{1a2a}(v, f)$ 에 2D IFFT를 수행하여 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 를 구할 수 있다(S226).
- [0059] 구체적으로, $S'_{1a2a}(v, f)$ 에 대해 v 및 f 에 대한 2D IFFT를 통해 하기 수학적 식 7과 같은 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 를 구할 수 있다. 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 에는 주기적인 기계운전소음 성분이 제거된 누출음 성분만이 존재한다. 여기서 타우(τ)는 시간 지연(time delay)을 나타낸다.
- [0060] [수학적 식 7]
- [0061] $I'_{1a2a}(t, \tau) = \text{IFFT}_{v, f}\{S'_{1a2a}(v, f)\}$
- [0062] 마지막으로, 누출음 탐지 모듈(120) 중 순간 상호 상관함수연산부(126)는, 수학적 식 7에 따라 구한 순간 상호 상관함수로부터 누출음을 탐지할 수 있다(S227).
- [0063] 즉, 누출음은 한번 발생하면 지속적으로 발생하며 위치(방향)가 변하지 않으므로, 상술한 순간 상호 상관함수에

수평선(직선 형태)이 존재하는 것으로 누출음이 존재하는 것으로 판단할 수 있다. 또한, 순간 상호 상관함수의 시간지연(τ) 정보로부터 누출 위치(방향)를 탐지할 수도 있으며, 발명의 간명화를 위해 여기서는 구체적인 설명을 생략한다,

- [0064] 도 3은 누출음만 존재하는 경우의 상호시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.
- [0065] 도 3에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122a는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 301은 $D_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2a}(t, \tau)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 302은 $D_{1a2b}(t, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2b}(t, \tau)$ 이다.
- [0066] 도 3에 도시된 바와 같이, 동시간대에 측정된 누출음간에는 상관관계가 있으므로, $D_{1a2a}(v, f)$ (123a)에는 누출음 성분이 나타나지만, 다른 시간대에서 취득한 누출음간에는 상관관계가 없으므로, $D_{1a2b}(v, f)$ (123b)에는 누출음 성분은 나타나지 않음을 관찰할 수 있다. 또한, 순간 상호 상관함수(301)에서 누출음 성분은 시간지연(τ)이 일정한 지속적인 수평선(직선) 형태로 나타남을 확인할 수 있다.
- [0067] 도 4는 주기적인 기계운전소음만 있는 경우의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.
- [0068] 도 3과 마찬가지로, 도 4에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122a는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 401은 $D_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2a}(t, \tau)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 402은 $D_{1a2b}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2b}(t, \tau)$ 이다.
- [0069] 도 4에 도시된 바와 같이, 주기적인 신호만 있는 경우, 주기적인 신호는 측정시간대가 다르더라도 유사한 상호 도플러 분포 형태(123a, 123b)를 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0070] 도 5는 누출음과 주기적인 기계운전소음이 함께 있는 경우 본 발명의 적용 전의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시물레이션 파형을 도시한 것이다.
- [0071] 도 5에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122a는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 501은 $D_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2a}(t, \tau)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 502은 $D_{1a2b}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2b}(t, \tau)$ 이다.
- [0072] 도 5에 도시된 바와 같이, 누출음과 주기적인 신호가 함께 있는 경우, 본 발명의 적용 전의 순간 상호 상관함수(501)에는 누출음성분과 주기적인 기계운전소음이 함께 나타나므로, 누출음 성분을 쉽게 찾기 어려움을 확인할 수 있다.
- [0073] 도 6은 누출음과 주기적인 기계운전소음이 함께 있는 경우 본 발명의 적용 후의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상

호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시뮬레이션 과정을 도시한 것이다.

- [0074] 도 6에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122a는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 124a는 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$ 로부터 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$ 를 감산한 누출음의 도플러 분포인 $S_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 126a는 누출음의 도플러 분포인 $S_{1a2a}(v, f)$ 에 대한 2D IFFT를 수행하여 구한 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 이다.
- [0075] 도 6에 도시된 바와 같이, 도 5와 달리, 본 발명에 의해 제안된 신호처리알고리즘을 적용함으로써, 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 에서 누출음 성분(τ 가 일정한 수평선)을 용이하게 확인할 수 있다(126a 참조).
- [0076] 도 7은 도 6에 윈도우 함수를 추가 적용한 경우 본 발명에 따른 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시뮬레이션 과정을 도시한 것이다.
- [0077] 도 7에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 125a는 누출음의 도플러 분포에 윈도우 함수를 적용한 결과인 $S'_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 126a는 윈도우를 적용한 누출음의 도플러 분포인 $S'_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 이다.
- [0078] 도 7에 도시된 바와 같이, 도 6에 비해 순간 상호 상관함수에서 누출음 성분을 보다 명확하게 관찰할 수 있다(126a 참조).
- [0079] 도 8은 누출음과 주기적인 기계운전소음 외에 과도적인 분산 신호가 존재하는 경우의 본 발명의 적용 전의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시뮬레이션 과정을 도시한 것이다.
- [0080] 도 8에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 801은 $D_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2a}(t, \tau)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 802은 $D_{1a2b}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I_{1a2b}(t, \tau)$ 이다.
- [0081] 도 8에 도시된 바와 같이, 과도적인 분산 신호가 추가로 발생한 경우, 누출음성분을 판별하기 어려움을 관찰할 수 있다(801 및 802 참조).
- [0082] 도 9는 도 8에 본 발명의 적용한 경우의 상호 시간-주파수 스펙트럼, 상호 도플러 분포 및 순간 상호 상관함수의 시뮬레이션 과정을 도시한 것이다.
- [0083] 도 9에서 도면부호 111a는 음향 신호 $x_{1a}(t)$, 도면부호 111b는 음향 신호 $x_{1b}(t)$, 도면부호 112a는 음향 신호 $x_{2a}(t)$, 도면부호 112b는 음향 신호 $x_{2b}(t)$, 도면부호 122a는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2a}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2a}(t, f)$, 도면부호 123a는 $F_{1a2a}(t, f)$ 에

대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 122b는 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{1a}(t, f)$)와 시간-주파수 변환된 음향 신호($X_{2b}(t, f)$)의 상호 시간-주파수 스펙트럼인 $F_{1a2b}(t, f)$, 도면부호 123b는 $F_{1a2b}(t, f)$ 에 대한 상호 도플러 분포인 $D_{1a2b}(v, f)$, 도면부호 125a는 누출음의 도플러 분포에 윈도우 함수를 적용한 결과인 $S'_{1a2a}(v, f)$, 도면부호 126a는 윈도우를 적용한 누출음의 도플러 분포인 $S'_{1a2a}(v, f)$ 의 순간 상호 상관함수인 $I'_{1a2a}(t, \tau)$ 이다.

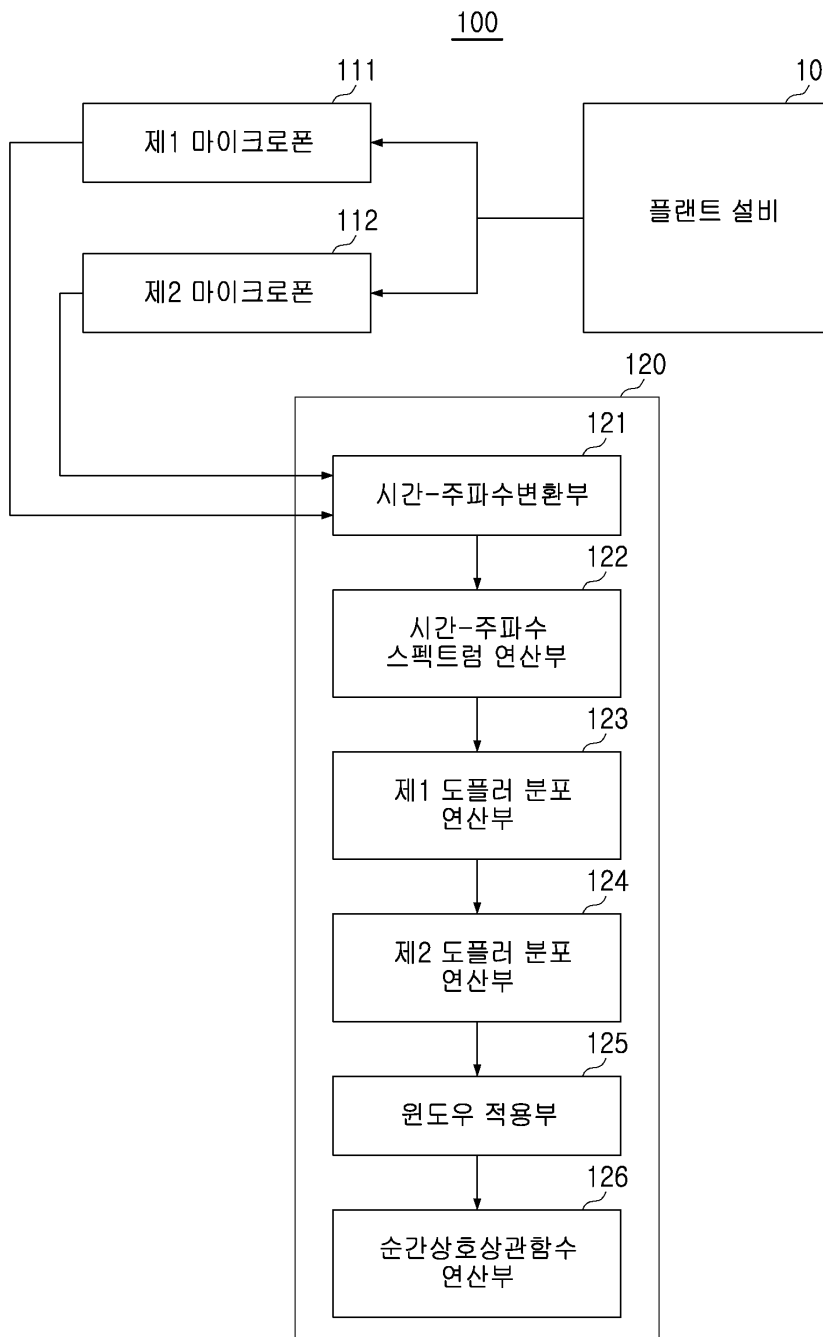
- [0084] 도 9에 도시된 바와 같이, 과도신호는 순간 상호 상관함수에서 지속적으로 발생하지 않으므로, 제안된 방법을 이용하면 과도적인 분산신호가 포함된 경우에도 누출음 성분의 탐지가 가능함을 확인할 수 있다(126a 참조).
- [0085] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 마이크론을 통해 측정된 음향 신호에 대한 시간-주파수 변환을 이용함으로써, 주파수 변환만을 이용하는 경우에 비해, 주기적인 잡음신호는 물론 과도적인 분산 잡음신호가 큰 경우에도 누출음의 탐지가 가능한 이점이 있다.
- [0086] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되지 아니한다. 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

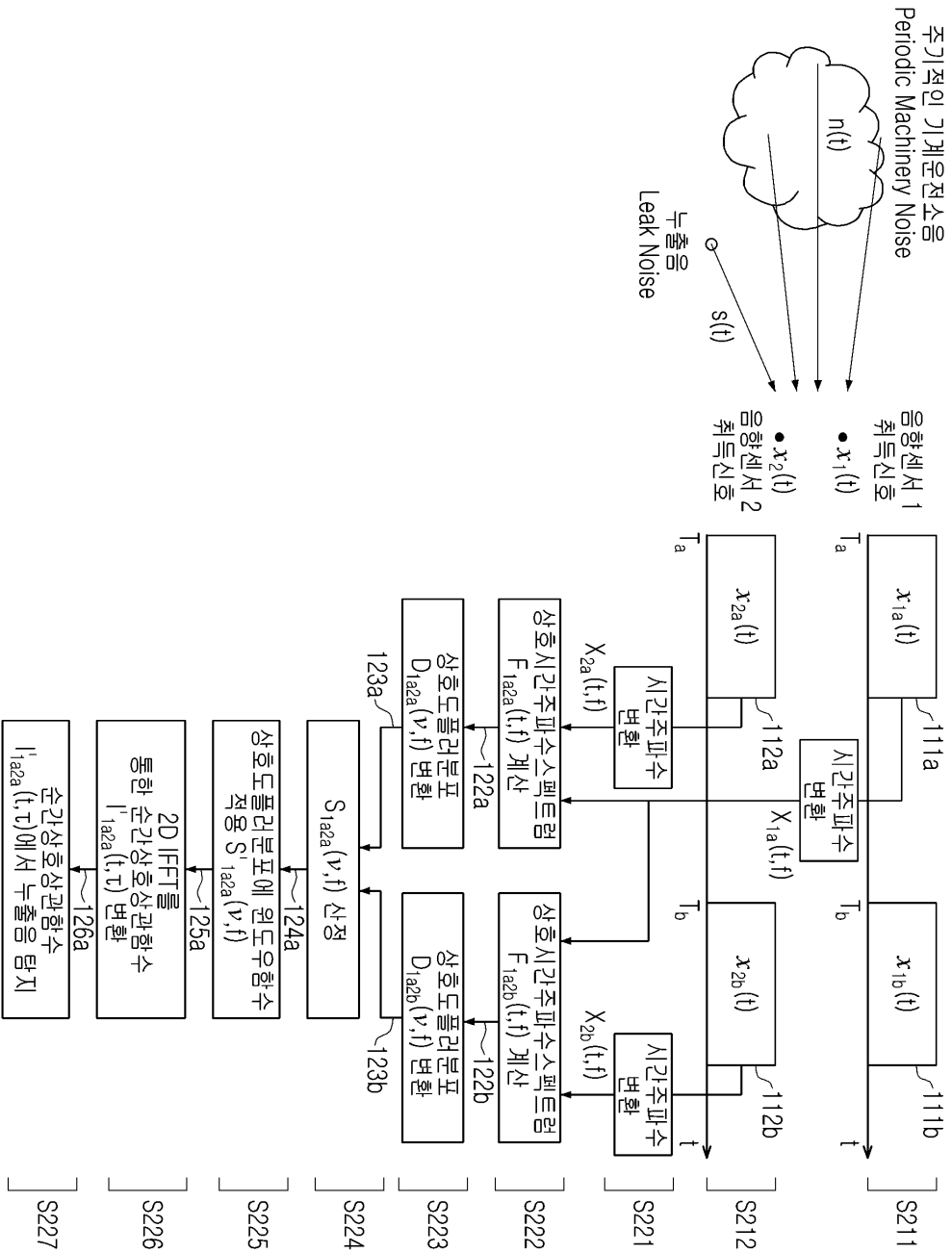
부호의 설명

- [0087] 10: 플랜트 설비
- 111: 제1 마이크론
- 112: 제2 마이크론
- 120: 누출음 탐지 모듈
- 121: 시간-주파수 변환부
- 122: 시간-주파수 스펙트럼 변환부
- 123: 제1 도플러 분포 연산부
- 124: 제2 도플러 분포 연산부
- 125: 윈도우 적용부
- 126: 순간 상호 상관함수 연산부

도면

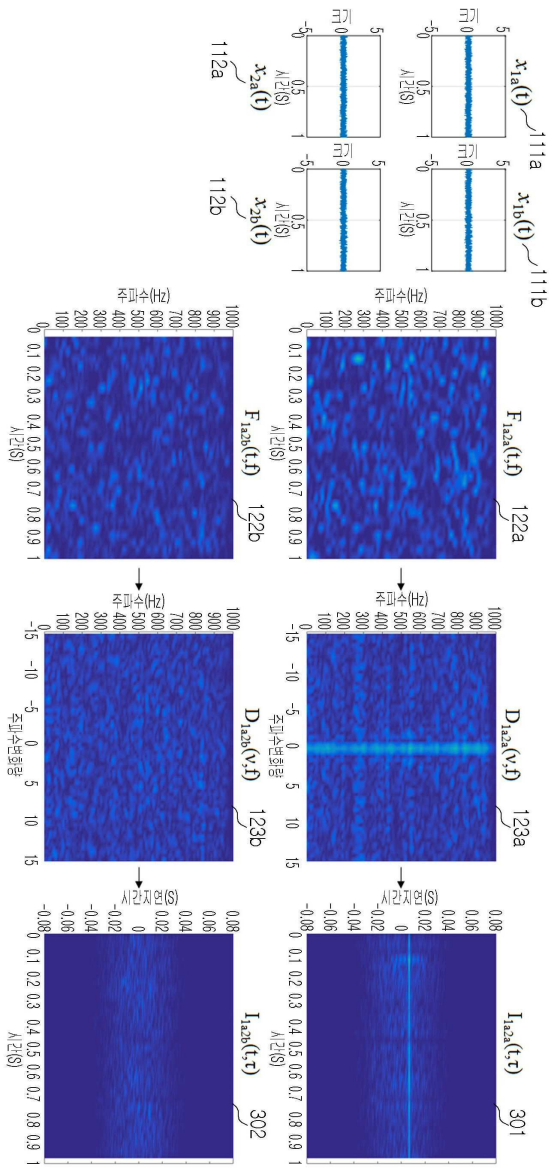
도면1



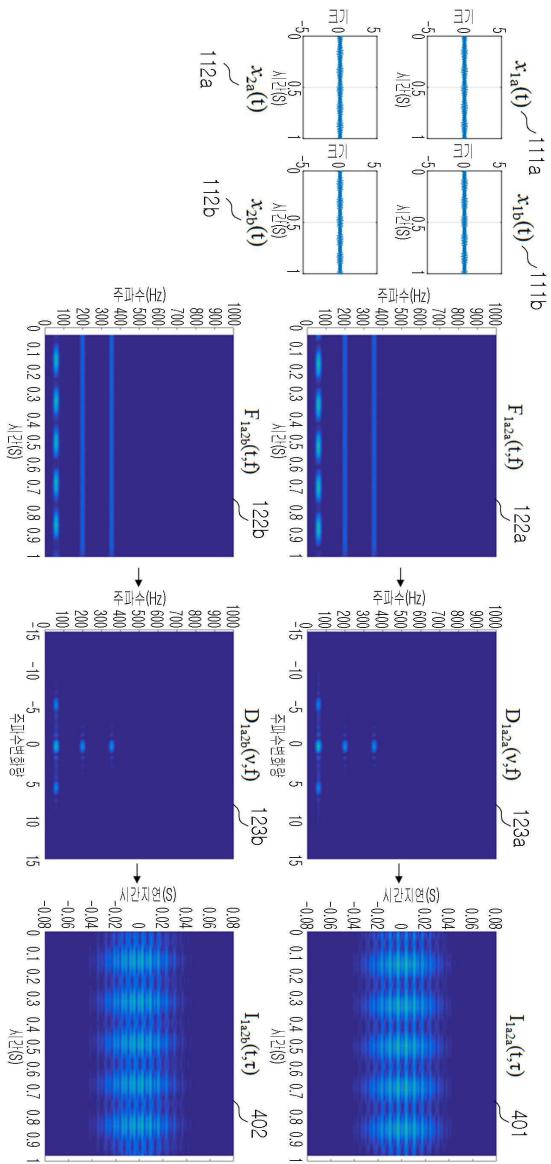


도면2

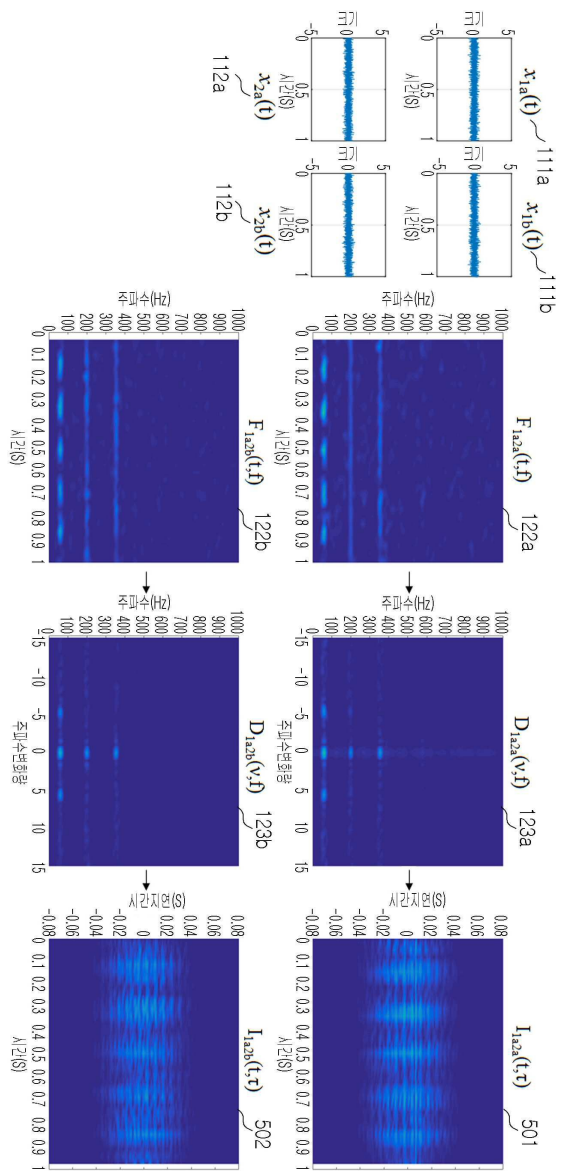
도면3



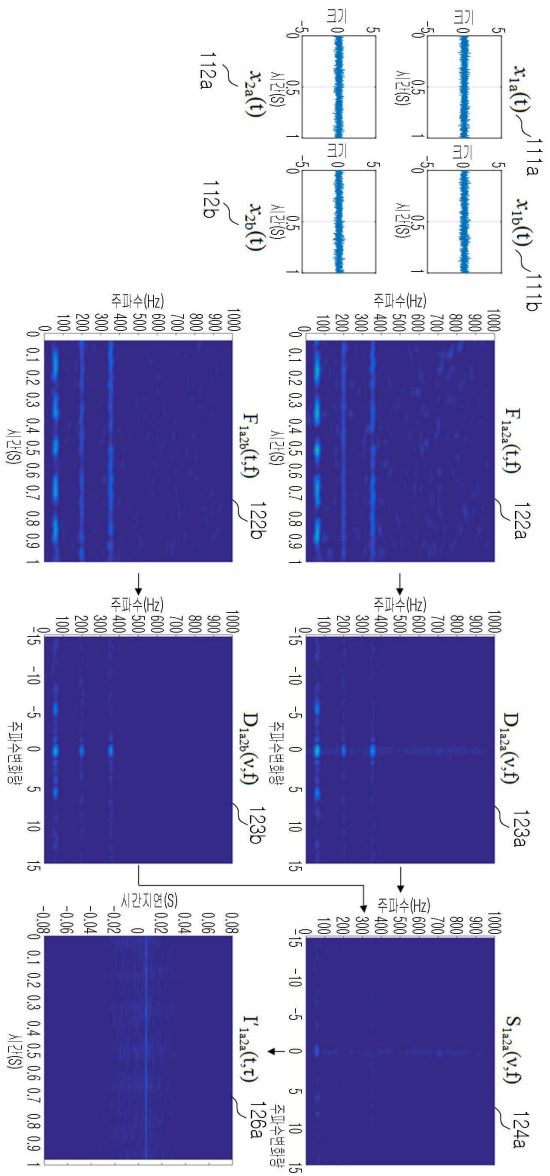
도면4



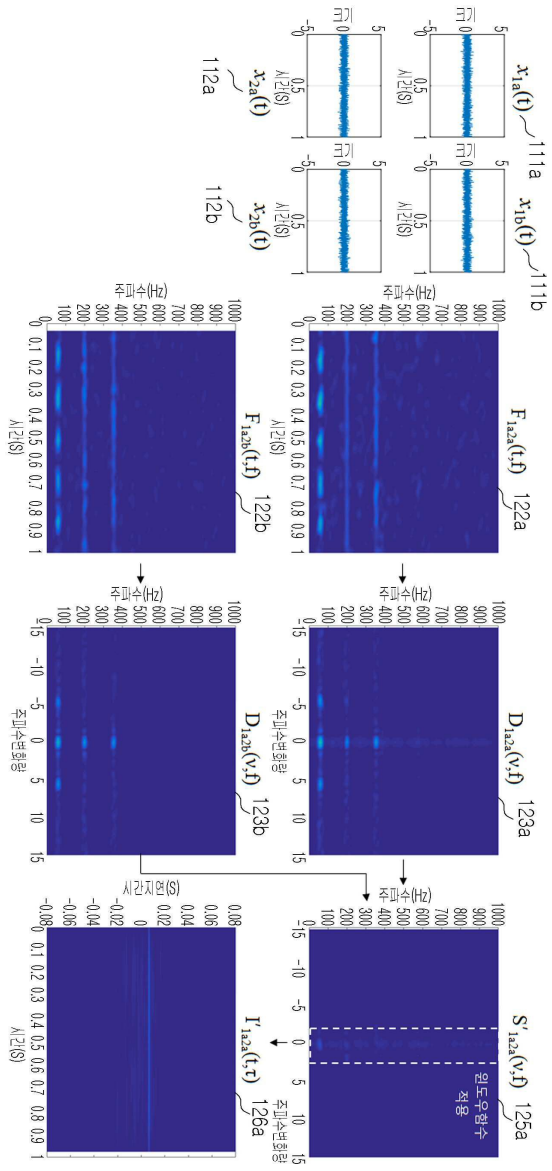
도면5



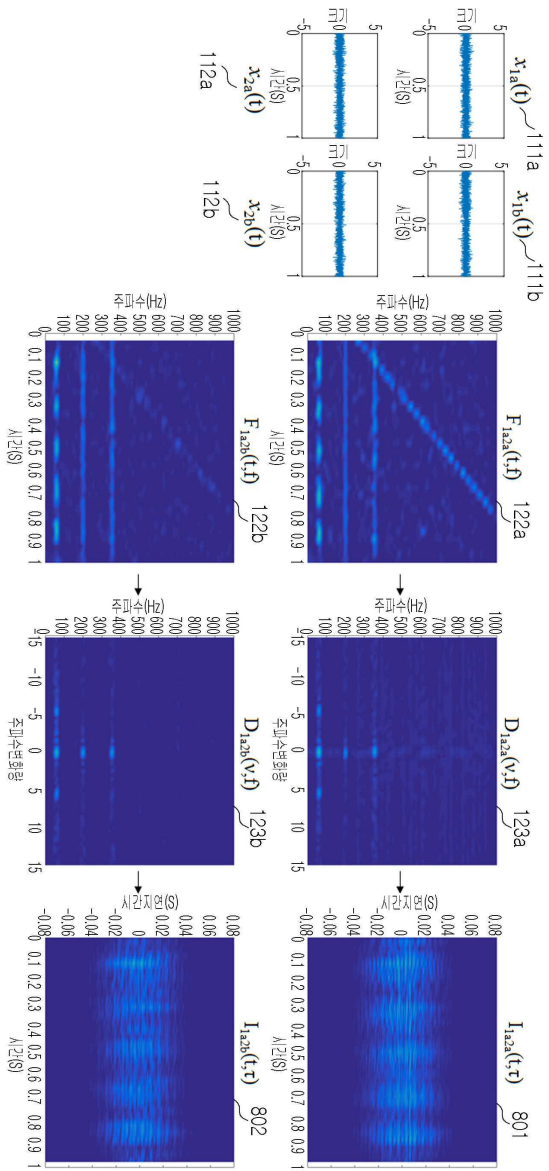
도면6



도면7



도면8



도면9

