



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월02일

(11) 등록번호 10-2473194

(24) 등록일자 2022년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01M 3/24 (2006.01) G01N 29/14 (2006.01)

G01N 29/38 (2006.01) G01N 29/44 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01M 3/24 (2013.01)

G01N 29/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0157897

(22) 출원일자 2021년11월16일

심사청구일자 2021년11월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020210062262 A*

W02015194137 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

(주)예측진단기술

울산광역시 남구 대학로 93, 울산대학교 산학협동
관 711호 (무거동)

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

김중면

울산광역시 울주군 범서읍 장검길 88, 106동 180
2호 (문수산 더샵)

김재영

울산광역시 남구 대학로121번길 59, 103동 906호
(무거동, 무거현대아파트)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 9 항

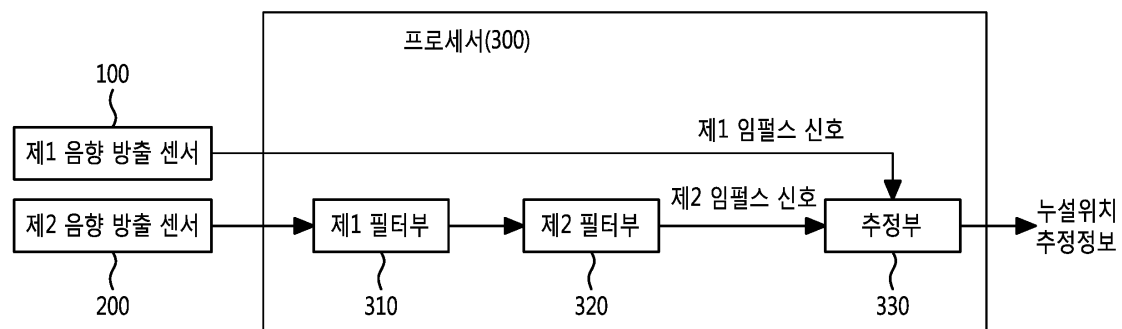
심사관 : 백재홍

(54) 발명의 명칭 음향방출센서를 이용한 누설 위치 추정장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 적어도 2개의 음향방출센서에서 수집된 임펄스 신호를 이용하여 구조물의 미세균열 등으로 인해 발생 하는 누설 위치를 정확하게 추정하는 장치 및 그 방법을 제안한다. 본 발명의 누설 위치 추정장치는, 구조물의 일 측에 장착되어 하나의 제1 임펄스 신호를 감지하는 제1 센서와, 구조물의 타 측에 장착되어 복수 개의 임펄스

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

신호를 감지하는 제2 센서를 포함한다. 그리고 상기 제2 센서에 의한 임펄스 신호들 중 상기 구조물내에서 신호의 도달시간을 고려하여 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터부, 상기 제1 필터부에 의해 제거되고 남은 후보 임펄스 신호들 중 상기 제1 임펄스 신호의 패턴과 가장 유사도가 높은 제2 임펄스 신호를 선택하는 제2 필터부, 그리고 상기 제1 임펄스 신호와 상기 제2 임펄스 신호를 이용하여 상기 누설 위치를 추정하는 추정부를 포함하는 프로세서가 구비된다. 이에 따라 어느 하나의 센서가 복수 개의 임펄스 신호를 감지하더라도, 구조물에서의 누설 위치를 정확하게 추정할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 29/38 (2013.01)

G01N 29/44 (2013.01)

G01N 2291/011 (2013.01)

G01N 2291/023 (2013.01)

G01N 2291/0289 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1052010101
과제번호	2021EG052010101
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학협력선도대학육성사업
연구과제명	음향방출 기술을 활용한 선박 엔진 구동부품 내마모 고장진단 및 예지기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교 산학협력단
연구기간	2021.07.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

구조물에 장착된 적어도 2개의 센서들; 및

상기 센서들이 감지한 임펄스 신호를 이용하여 구조물에서의 누설 위치를 추정하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

어느 하나의 센서가 누설된 위치에서 임펄스 신호가 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지한 경우, 물리적으로 발생할 수 없는 임펄스 신호들을 제거한 후 제거된 임펄스 신호들 중에서 다른 센서가 감지한 임펄스 신호와 유사도가 가장 높은 하나의 임펄스 신호를 $\text{유사도} = \sqrt{(C1-C2)^2 + (R1-R2)^2 + (F1-F2)^2}$ 을 이용하여 선택한 후 상기 누설 위치를 추정하는 것을 특징으로 하는 누설 위치 추정장치.

여기서, C1은 어느 하나의 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, C2j는 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지한 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, R1은 어느 하나의 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, R2j는 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지한 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, F1은 어느 하나의 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, F2j는 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지한 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수 개의 임펄스 신호 중 신호의 도달시간을 기준으로 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터부;

상기 제1 필터부에 의해 제거되고 남은 임펄스 신호들 중 상기 어느 하나의 센서가 감지한 제1 임펄스 신호의 패턴과 가장 유사도가 높은 제2 임펄스 신호를 상기 $\text{유사도} = \sqrt{(C1-C2)^2 + (R1-R2)^2 + (F1-F2)^2}$ 을 이용하여 선택하는 제2 필터부; 및

상기 제1 임펄스 신호와 상기 제2 임펄스 신호를 이용하여 상기 누설 위치를 추정하는 추정부를 포함하는, 누설 위치 추정장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 센서는,

음향방출센서인, 누설 위치 추정장치.

청구항 4

구조물의 일 측에 장착되어 하나의 제1 임펄스 신호를 감지하는 제1 센서;

구조물의 타 측에 장착되어 누설된 위치에서 임펄스 신호가 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지하는 제2 센서;

상기 제2 센서에 의한 임펄스 신호들 중 상기 구조물내에서 신호의 도달시간을 고려하여 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터부;

상기 제1 필터부에 의해 제거되고 남은 후보 임펄스 신호들 중 상기 제1 임펄스 신호의 패턴과 가장 유사도가 높은 제2 임펄스 신호를 $\text{유사도} = \sqrt{(C1-C2)^2 + (R1-R2)^2 + (F1-F2)^2}$ 을 이용하여 선택하는 제2 필터부; 및

상기 제1 임펄스 신호와 상기 제2 임펄스 신호를 이용하여 상기 누설 위치를 추정하는 추정부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 누설 위치 추정장치.

여기서, C1은 제1 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, C2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, R1은 제1 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, R2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, F1은 제1 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, F2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제1 필터부는, 식 $|dt| < d/V$ 을 만족하는 신호만 남기고 모두 제거하는, 누설 위치 추정장치.

여기서 'dt'는 제1 센서의 신호 도달시간(t1)에서 제2 센서의 신호 도달시간(t2)을 차감한 값(t1-t2)이고, 'd'는 제1 센서와 제2 센서 사이의 거리, 'V'는 신호전파속도를 말한다.

청구항 6

삭제

청구항 7

제4 항에 있어서,

상기 제1 센서 및 제2 센서는, 음향방출센서인, 누설 위치 추정장치.

청구항 8

구조물에 장착된 제1 센서가 제1 임펄스 신호를 감지하는 제1 감지단계;

구조물에 장착된 제2 센서가 누설된 위치에서 임펄스 신호가 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호를 감지하는 제2 감지단계; 및

프로세서가 상기 2회 이상 연속해서 발생하는 임펄스 신호들 중 제1 필터링 단계 및 제2 필터링 단계를 통해 상기 제1 임펄스 신호와 유사도가 가장 높은 제2 임펄스 신호를 이용하여 누설 위치를 추정하는 추정단계를 포함하되,

상기 제2 임펄스 신호는, 유사도 = $\sqrt{(C1-C2j)^2 + (R1-R2j)^2 + (F1-F2j)^2}$ 을 이용하여 선택하는 것을 특징으로 하는 누설 위치 추정방법.

여기서, C1은 제1 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, C2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, R1은 제1 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, R2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, F1은 제1 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, F2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제1 필터링 단계는, 상기 복수 개의 임펄스 신호들 중 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 것이고,

상기 제2 필터링 단계는, 상기 제거되고 남은 적어도 2개의 임펄스 신호들 중 상기 유사도 = $\sqrt{(C1-C2j)^2 + (R1-R2j)^2 + (F1-F2j)^2}$ 을 이용하여 상기 제1 임펄스 신호와 유사도가 가장 큰 제2 임펄스 신호를 선택하는, 누설 위치 추정방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제1 필터링 단계는, 식 $|dt| < d/V$ 을 만족하는 신호만 남기고 모두 제거하는, 누설 위치 추정방법.

여기서 'dt'는 제1 센서의 신호 도달시간(t1)에서 제2 센서의 신호 도달시간(t2)을 차감한 값(t1-t2)이고, 'd'는 제1 센서와 제2 센서 사이의 거리, 'V'는 신호전파속도를 말한다.

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적어도 2개의 음향방출센서에서 수집된 임펄스 신호를 이용하여 구조물의 미세균열 등으로 인해 발생하는 누설 위치를 정확하게 추정하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 배관이나 탱크, 건축물 등과 같은 다양한 구조물에서 미세 균열 등의 누설 유무 등을 초기에 검사하여 적절히 대처하는 것은 매우 중요하다. 그리고 이러한 누설 유무 등의 검사에는 구조물에 손상을 주지 않고 검사가 가능한 비파괴 검사(non-destructive inspection) 방법이 있다.

[0003] 비파괴 검사방법의 예로 음향방출신호(Acoustic Emission: AE)를 이용한 검사방법이 있다. 이 방법은 구조물의 변형 또는 균열 시 수반되는 탄성파(elastic wave)로서 대상물의 내부를 따라 전파되는 음향방출신호를 이용하여 결함이나 누설여부를 판단하는 방법으로, 구조물에서의 결함 크기, 방향 등에 크게 영향을 받지 않으면서 검사가 가능하여 널리 사용되고 있다.

[0004] 그리고 이러한 음향방출신호를 이용한 검사에는 최소한 2개 이상의 음향방출센서를 이용하게 된다. 2개 이상의 음향방출센서가 각각 검출한 임펄스 신호를 이용하여 누설 위치를 정확하게 추정할 수 있다.

[0005] 그런데 종래에는 어느 하나의 음향방출센서가 1개의 임펄스 신호를 검출하더라도 다른 위치에 있는 음향방출센서가 복수 개의 임펄스 신호를 검출하는 경우가 발생하였다. 즉 누설된 위치에서 임펄스 신호가 1회만 발생하는 것이 아니고 2회 이상 연속해서 발생하는 경우가 있을 수 있으며, 이 경우 음향방출센서는 2개 이상의 임펄스 신호를 검출하게 된다. 이 경우 구조물에서의 정확한 누설 위치를 추정하지 못하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2020-0040553

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 복수 개의 센서 중 적어도 하나의 센서가 여러 개의 임펄스 신호를 검출하더라도 임펄스 신호의 발생위치, 누설 위치를 정확하게 추정할 수 있도록 한 누설 위치 추정장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 누설 위치 추정장치는, 구조물에 장착된 적어도 2개의 센서들; 및 상기 센서들이 감지한 임펄스 신호를 이용하여 구조물에서의 누설 위치를 추정하는 프로세서를 포함하고,

[0010] 상기 프로세서는, 어느 하나의 센서가 복수 개의 임펄스 신호를 감지한 경우, 복수 개의 임펄스 신호 중 하나의

임펄스 신호를 선택한 후 상기 누설 위치를 추정하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 프로세서는, 상기 복수 개의 임펄스 신호 중 신호의 도달시간을 기준으로 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터부; 상기 제1 필터부에 의해 제거되고 남은 임펄스 신호들 중 다른 센서가 감지한 제1 임펄스 신호의 패턴과 가장 유사도가 높은 제2 임펄스 신호를 선택하는 제2 필터부; 상기 제1 임펄스 신호와 상기 제2 임펄스 신호를 이용하여 상기 누설 위치를 추정하는 추정부를 포함한다.

[0012] 상기 센서는, 음향방출센서이다.

[0013] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 누설 위치 추정장치는, 구조물의 일 측에 장착되어 하나의 제1 임펄스 신호를 감지하는 제1 센서; 구조물의 타 측에 장착되어 복수 개의 임펄스 신호를 감지하는 제2 센서; 상기 제2 센서에 의한 임펄스 신호들 중 상기 구조물 내에서 신호의 도달시간을 고려하여 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터부; 상기 제1 필터부에 의해 제거되고 남은 후보 임펄스 신호들 중 상기 제1 임펄스 신호의 패턴과 가장 유사도가 높은 제2 임펄스 신호를 선택하는 제2 필터부; 및 상기 제1 임펄스 신호와 상기 제2 임펄스 신호를 이용하여 상기 누설 위치를 추정하는 추정부를 포함하여 구성된다.

[0014] 상기 제1 필터부는, 식 $|dt| < d/V$ 을 만족하는 신호만 남기고 모두 제거한다. 여기서 'dt'는 제1 센서의 신호 도달시간(t_1)에서 제2 센서의 신호 도달시간(t_2)을 차감한 값($t_1 - t_2$)이고, 'd'는 제1 센서와 제2 센서 사이의 거리, 'V'는 신호전파속도를 말한다.

[0015] 상기 제2 필터부는, 상기 제1 임펄스 신호의 피크값을 기준으로 미리 정해진 임계치 이상인 신호를 카운팅한 횟수, 상기 임계치를 초과한 시점부터 최대점까지 도달하기까지의 상승 기울기 값, 상기 최대점에서 임계치까지 도달하는 하강 기울기 값을 고려한 식
$$\text{유사도} = \sqrt{(C1 - C2j)^2 + (R1 - R2j)^2 + (F1 - F2j)^2}$$
을 이용하여 유사도가 높은 임펄스 신호를 선택한다. 여기서, C1은 제1 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, C2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, R1은 제1 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, R2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, F1은 제1 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, F2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

[0016] 상기 제1 센서 및 제2 센서는, 음향방출센서이다.

[0017] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 누설 위치 추정방법은, 구조물에 장착된 제1 센서가 제1 임펄스 신호를 감지하는 제1 감지단계; 구조물에 장착된 제2 센서가 복수 개의 임펄스 신호를 감지하는 제2 감지단계; 및 프로세서가 상기 제1 임펄스 신호와 상기 복수 개의 임펄스 신호들 중 선택된 제2 임펄스 신호를 이용하여 누설 위치를 추정하는 추정단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 제2 감지단계는, 상기 복수 개의 임펄스 신호들 중 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 제1 필터링단계; 및 상기 제거되고 남은 적어도 2개의 임펄스 신호들 중 상기 제1 임펄스 신호와 유사도가 가장 큰 제2 임펄스 신호를 선택하는 제2 필터링 단계를 포함한다.

[0019] 상기 제1 필터링 단계는, 식 $|dt| < d/V$ 을 만족하는 신호만 남기고 모두 제거한다. 여기서 'dt'는 제1 센서의 신호 도달시간(t_1)에서 제2 센서의 신호 도달시간(t_2)을 차감한 값($t_1 - t_2$)이고, 'd'는 제1 센서와 제2 센서 사이의 거리, 'V'는 신호전파속도를 말한다.

[0020] 상기 제2 필터링 단계는, 상기 제1 임펄스 신호의 피크값을 기준으로 미리 정해진 임계치 이상인 신호를 카운팅한 횟수, 상기 임계치를 초과한 시점부터 최대점까지 도달하기까지의 상승 기울기 값, 상기 최대점에서 임계치까지 도달하는 하강 기울기 값을 고려한 식
$$\text{유사도} = \sqrt{(C1 - C2j)^2 + (R1 - R2j)^2 + (F1 - F2j)^2}$$
을 이용하여 유사도가 높은 임펄스 신호를 선택한다.

[0021] 여기서, C1은 제1 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, C2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, R1은 제1 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, R2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, F1은 제1 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, F2j는 제2 센서의 j번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

발명의 효과

[0022] 이와 같은 본 발명에 따르면, 2개의 음향방출센서 중 제1 센서는 하나의 임펄스 신호를 검출하고, 제2 센서는

여러 개의 임펄스 신호를 검출하더라도, 필터링 과정을 통해 정확한 누설 위치를 추정할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 본 발명에 따르면 3차원 및 4차원의 구조물에도 3개 또는 4개, 또는 그 이상의 음향방출센서를 적용하고, 하나 이상의 센서가 여러 개의 임펄스 신호를 검출하는 경우에도 누설 위치를 정확하게 계산할 수 있어, 연료탱크나 건축 구조물 등과 같은 다차원 구조물의 누설 위치나 결함 위치를 추정하는 것이 가능한 효과가 있다. 따라서 누설이나 결함으로 인한 문제 발생을 초기에 방지할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 누설 위치 추정장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 누설 위치 추정방법을 보인 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 누설 위치를 추정하는 과정을 설명하는 예시도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0026] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0027] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0029] 본 발명에서 사용되는 “부” 또는 “부분” 등의 일부분을 나타내는 표현은 해당 구성요소가 특정 기능을 포함할 수 있는 장치, 특정 기능을 포함할 수 있는 소프트웨어, 또는 특정 기능을 포함할 수 있는 장치 및 소프트웨어의 결합을 나타낼 수 있음을 의미하나, 꼭 표현된 기능에 한정된다고 할 수는 없으며, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0030] 또한, 본 발명에서 사용되는 모든 전기 신호들은 일 예시로서, 본 발명의 회로에 반전기 등을 추가적으로 구비하는 경우 이하 설명될 모든 전기 신호들의 부호가 반대로 바뀔 수 있음을 유의해야 한다. 따라서, 본 발명의 권리범위는 신호의 방향에 한정되지 않는다.

[0031] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

[0032] 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0033] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 누설 위치 추정장치의 구성도이다.

[0034] 본 발명의 실시 예는 일정 길이로 된 배관(파이프)에서의 누설 위치를 추정하기 위한 것이고, 이에 음향방출센

서는 2개만 사용하는 것으로 설명한다. 그러나 본 발명은 3개 이상의 음향방출센서를 사용하여 3차원, 4차원의 구조물에 대한 누설 위치를 추정할 수 있음은 자명하다 할 것이다.

[0035] 도 1에서 보듯이 본 발명의 누설 위치 추정장치는, 배관의 소정 위치에 장착되는 제1 음향방출센서(100)와 제2 음향방출센서(200)를 포함한다. 이하에는 음향방출센서는 센서로 약칭하여 설명한다. 본 실시 예에서 제1 센서(100) 및 제2 센서(200)는 배관의 양 끝단에 장착되는 것이 바람직하다. 그리고 제1 센서(100)는 하나의 임펄스 신호만을 검출하고 제2 센서(200)는 여러 개의 임펄스 신호를 검출하는 경우를 가정한다.

[0036] 본 발명의 누설 위치 추정장치는, 제1 센서(100) 및 제2 센서(200)가 수집한 임펄스 신호를 기초로 하여 누설 위치를 추정하는 프로세서(300)를 포함한다. 프로세서(300)는 제1 필터부(310)와 제2 필터부(320), 그리고 추정부(330)를 포함할 수 있다.

[0037] 제1 필터부(310)는 제2 센서(200)가 수집한 임펄스 신호들 중 물리적으로 발생할 수 없는 신호들을 제거하는 역할을 수행하고, 제2 필터부(320)는 1차 필터링 된 후보군의 임펄스 신호들 중 제1 센서(100)의 임펄스 신호와 가장 유사한 임펄스 신호를 선택하는 역할을 한다. 그리고 추정부(330)는 제1 센서(100)의 신호 도달시간(t_1)과 상기 제2 필터부(320)에 의해 최종 선택된 제2 센서(200)의 신호 도달시간(t_2)을 이용하여 임펄스 발생 위치(즉 누설 위치)를 추정하는 역할을 한다.

[0038] 본 실시 예에서 제1 필터부(310)는 다음 수학적 식 1의 조건을 만족하는 모든 신호만 남기고 모두 제거한다. 다시 말해 제1 필터부(310)는 신호의 도달 시간을 기준으로 하여 필터링 하는 것이라 할 수 있다.

수학적 식 1

$$|dt| < d/V$$

[0039]

[0040] 여기서 ' dt '는 제1 센서의 신호 도달시간(t_1)에서 제2 센서의 신호 도달시간(t_2)을 차감한 값($t_1 - t_2$)이고, ' d '는 제1 센서와 제2 센서 사이의 거리, ' V '는 신호전파속도를 말한다.

[0041] 그리고 제2 필터부(320)는 신호의 특성(모양)을 기초로 하여 제2 센서(200)가 수집한 임펄스 신호 중 하나를 선택한다. 여기서 신호의 모양을 단순히 비교하여 하나의 신호를 선택하는 것이 아니다. 구체적으로 임펄스 신호의 피크(peak) 값을 기준으로 피크 신호의 소정값, 예컨대 0.1(10%)을 임계치로 정하고 그 임계치 이상의 신호들을 카운트한 횟수, 임계치를 초과한 시점부터 최대점까지 도달하기까지의 상승 기울기 및 최대점에서 임계치까지 도달하는 하강 기울기를 고려하여 유사도를 계산하고 하나의 임펄스 신호를 선택한다. 여기서 임계치는 더 크거나 작게 변경할 수 있음은 당연하다 할 것이다.

[0042] 이에 제2 필터부(320)는 유사도 계산기능을 포함한다고 할 수 있고, 실시 예에서 다음의 수학적 식 2을 이용할 수 있다.

수학적 식 2

$$\text{유사도} = \sqrt{(C1 - C2j)^2 + (R1 - R2j)^2 + (F1 - F2j)^2}$$

[0043]

[0044] 여기서, $C1$ 은 제1 센서의 임펄스 신호의 카운트 값, $C2j$ 는 제2 센서의 j 번째 후보 임펄스 신호의 카운트 값, $R1$ 은 제1 센서의 임펄스 신호의 상승 기울기 값, $R2j$ 는 제2 센서의 j 번째 후보 임펄스 신호의 상승 기울기 값, $F1$ 은 제1 센서의 임펄스 신호의 하강 기울기 값, $F2j$ 는 제2 센서의 j 번째 후보 임펄스 신호의 하강 기울기 값을 말한다.

[0045] 상기 수학적 식 2의 결과값이 '0'이 가까울수록 유사도가 높음을 의미하고, 유사도가 가장 높은 임펄스 신호를 최종적으로 선택한다.

[0046] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 누설 위치 추정방법을 보인 흐름도이다.

[0047] 누설 위치 추정방법은 우선 추정부(330)가 제1 센서(100)가 감지한 임펄스 신호의 신호도달시간(t_1)을 전달받는

다(S100). 그런 다음 추정부(330)는 제2 센서(200)가 감지한 신호도달시간(t_2)을 전달받아야 하는데, 이 경우 제2 센서(200)가 감지한 임펄스 신호는 복수 개일 수 있고 따라서 제1 센서(100)와 가장 유사한 임펄스 신호를 선택해야 한다.

[0048] 제1 필터부(310)가 제2 센서(200)가 감지한 복수 개의 임펄스 신호들 중(S200), 물리적으로 발생할 수 없는 임펄스 신호들을 제거한다(제1 필터링 단계, S210).

[0049] 그런 다음 제2 필터부(320)가 제1 필터부(310)에 의해 제거되어 남은 후보군의 임펄스 신호들 중 제1 센서(100)의 임펄스 신호와 가장 유사한 임펄스 신호를 선택한다(제2 필터링 단계, S220). 이때 유사도는 임펄스 신호의 특성, 예컨대 카운트 횟수, 상승 기울기, 하강 기울기를 모두 고려하여 유사도 값을 계산하여 선택할 수 있다.

[0050] 이처럼 제2 필터부(320)가 하나의 임펄스 신호를 선택하면 제2 센서(200)의 신호도달시간(t_2)을 알 수 있다(S230). 그러면 추정부(330)는 제1 센서(100)의 신호도달시간(t_1)과 제2 센서(200)의 최종 선택된 신호도달시간(t_2)을 계산하여 누설위치인 임펄스 신호의 발생위치를 추정한다(S300).

[0051] 이와 같은 누설 위치 추정방법은 도 3의 예시 도면들을 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0052] 도 3a를 보면, 배관의 양 단부에 제1 센서(S1, 100)와 제2 센서(S2, 200)가 장착되고, 배관의 소정 위치인 L 지점에서 임펄스 신호가 발생한다고 가정한다. 이럴 경우 제1 센서(S1, 100)의 신호도달시간(t_1)과 제2 센서(S2, 200)의 신호도달시간(t_2)의 시간차(Δt)를 이용하면 상기 임펄스 신호의 발생 위치를 알 수 있다.

[0053] 상기 신호도달시간(t_1), 신호도달시간(t_2)을 확인하기 위해서는 제1 센서(S1, 100) 및 제2 센서(S2, 200)와 임펄스 신호의 발생 위치까지의 거리 d_1 , d_2 를 알아야 한다. 그러나 실제로 임펄스 신호의 발생 위치는 알지 못한 상태이다.

[0054] 도 3b를 보면, 상기 d_1 , d_2 는 임펄스 신호의 실제 발생시간(t_r)과 신호의 전파 속도(V)를 이용하여 식 $(t_1 - t_r)V = d_1$, $(t_2 - t_r)V = d_2$ 을 구한다.

[0055] 그리고 상기 $(t_1 - t_r)V = d_1$, $(t_2 - t_r)V = d_2$ 을 이용하면 d_1 을 구할 수 있다. 도 3b에서 제1 센서(S1, 100)과 제2 센서(S2, 200)의 거리(d)는 $d_1 + d_2$ 이고, 아래의 방정식을 계산하는 것으로 도출할 수 있다.

[0056] $(t_1 - t_r)V = d_1$ 을 풀면 $Vt_1 - Vt_r = d_1$ - (1), $(t_2 - t_r)V = d_2$ 을 풀면 $Vt_2 - Vt_r = d_2$ - (2)가 된다. 그리고 (1) - (2)를 계산하면 $Vt_1 - Vt_2 = d_1 - d_2$ 가 되고, 이 식은 $V(t_1 - t_2) = d_1 - d_2$, $V(t_1 - t_2) = 2d_1 - d$, $V(t_1 - t_2) + d = 2d_1$ 과 같이 정리할 수 있고, 최종적으로 $(V(t_1 - t_2) + d)/2 = d_1$ 과 같은 식을 도출할 수 있다. 따라서 실제 임펄스 신호의 발생시간(t_r)을 알지 못하더라도 d_1 값을 계산할 수 있는 것이다. 위에서 계산한 방정식은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{array}{r} Vt_1 - Vt_r = d_1 \\ - Vt_2 - Vt_r = d_2 \\ \hline Vt_1 - Vt_2 = d_1 - d_2 \\ \\ V(t_1 - t_2) = d_1 - d + d_1 \\ V(t_1 - t_2) = 2d_1 - d \\ V(t_1 - t_2) + d = 2d_1 \\ (V(t_1 - t_2) + d)/2 = d_1 \end{array}$$

[0057]

[0058] 이처럼 d_1 값을 구하더라도 본 발명은 도 3c와 같이 제2 센서(S2, 200)가 복수 개의 임펄스 신호(t_{21} , t_{22} , t_{23} , ..., t_{2N})를 감지할 수 있다.

[0059] 제1 필터부(310)는 이러한 임펄스 신호(t_{21} , t_{22} , t_{23} , ..., t_{2N}) 중 상기 수학식 1의 $|dt| < d/V$ 조건을 만족하는 임펄스 신호들만을 남기고 나머지 신호들은 모두 제거한다.

[0060] 상기 수학식 1의 $|dt| < d/V$ 은 다음의 방법으로 계산된다.

[0061] $(V(t_1 - t_2) + d)/2 = d_1$, 여기서 d_1 은 0보다 크고 d 보다는 작아야 한다($0 < d_1 < d$). 그래서 상기 식은 $0 < (V(t_1 - t_2) + d)/2 < d$, $0 < V(t_1 - t_2) + d < 2d$, $-d < V(t_1 - t_2) < d$, $-d/V < t_1 - t_2 < d/V$ 와 같이 정리되어 계산된다.

[0062] 따라서 도 3d에 도시한 바와 같이 제2 센서(S2, 200)가 감지한 임펄스 신호들 중 예컨대, t_{22} , t_{23} , t_{24} 의 신호만 남기고 나머지 신호들은 모두 제거한다. 도 3d에서 t_{21} 와 t_{25} 이후 신호들은 물리적으로 발생할 수 없는 신

호들로서, 예를 들면 이러한 신호들은 소정 길이(d)을 가지는 배관 길이보다 더 외측에 있는 지점에서 발생하는 신호들로 볼 수 있는 것이다. 이렇게 하여 후보군들의 임펄스 신호를 추출한다.

[0063] 이후 제2 필터부(320)는 유사도 계산을 통해 제1 센서(S1, 100)의 임펄스 신호와 가장 유사한 임펄스 신호를 선택한다.

[0064] 유사도는 도 3e와 같이 임펄스 신호의 피크 값의 10%를 임계치로 정한 다음, 도 3f의 임계치 이상의 카운트 횟수, 도 3g의 상승 기울기 시간, 도 3h의 하강 기울기 시간을 체크하고, 상기 수학적 2의 유사도 계산식을 이용하여 후보군 들 중 가장 유사도 높은 임펄스 신호를 선택한다. 즉 t22, t23, t24 중 어느 하나의 신호가 최종적으로 선택되는 것으로 도 3i에서는 t2i가 선택되었다.

[0065] 이에 t2에 따른 d2 값을 알 수 있고, 추정부(330)는 d1과 d2를 이용하여 배관에서의 누설 위치를 정확하게 추정할 수 있게 된다.

[0066] 이와 같이 본 발명은 두 개의 센서가 제공되고, 그 중 하나의 센서가 다수의 임펄스 신호를 감지한 경우, 필터링 과정을 통해 하나의 임펄스 신호를 선택하고, 선택된 임펄스 신호와 다른 하나의 센서가 감지한 임펄스 신호를 이용하여 누설 위치를 정확하게 추정할 수 있음을 확인할 수 있다.

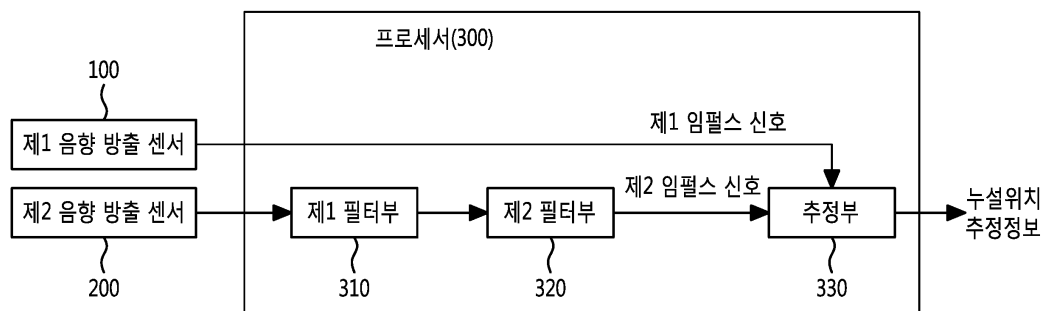
[0067] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

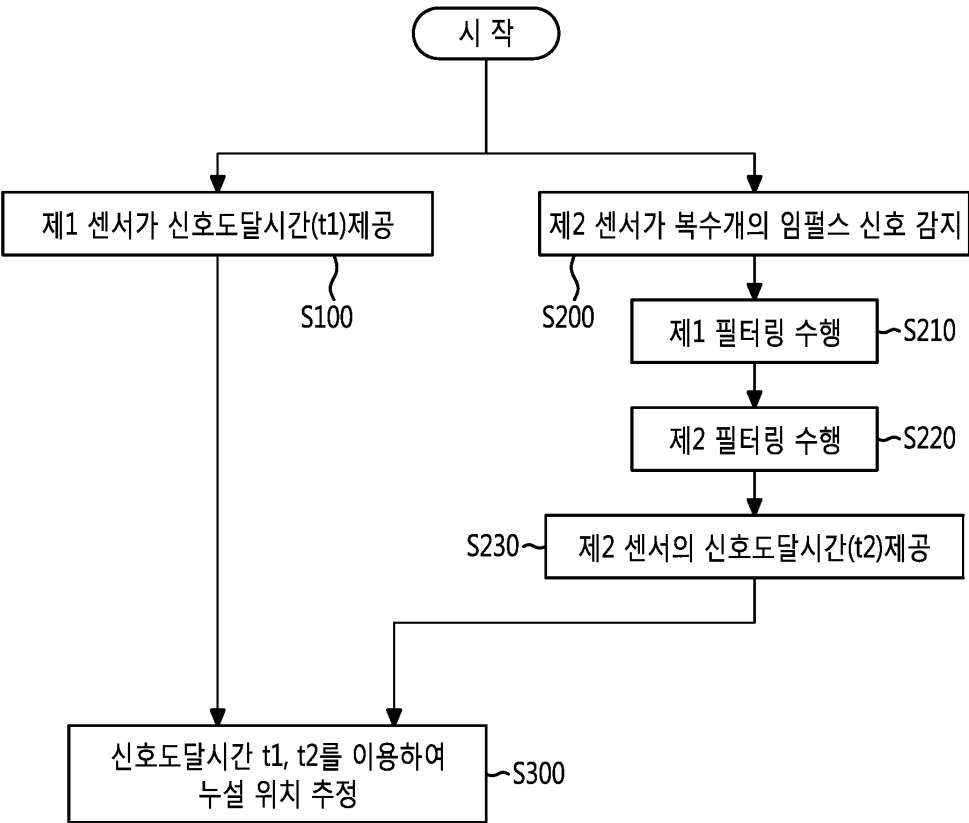
- [0069] 100: 제1 음향방출센서
200: 제2 음향방출센서
300: 프로세서
310: 제1 필터부
320: 제2 필터부
330: 추정부

도면

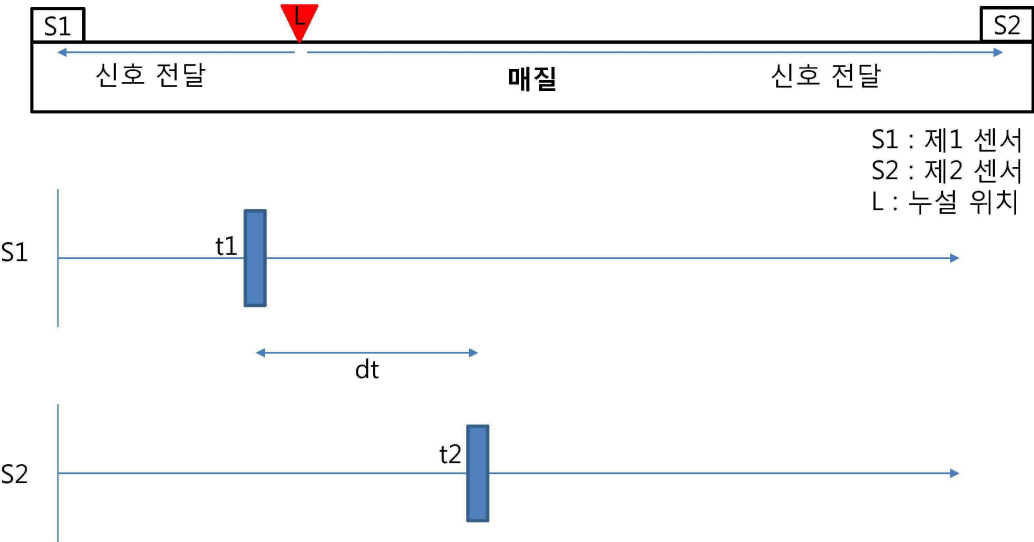
도면1



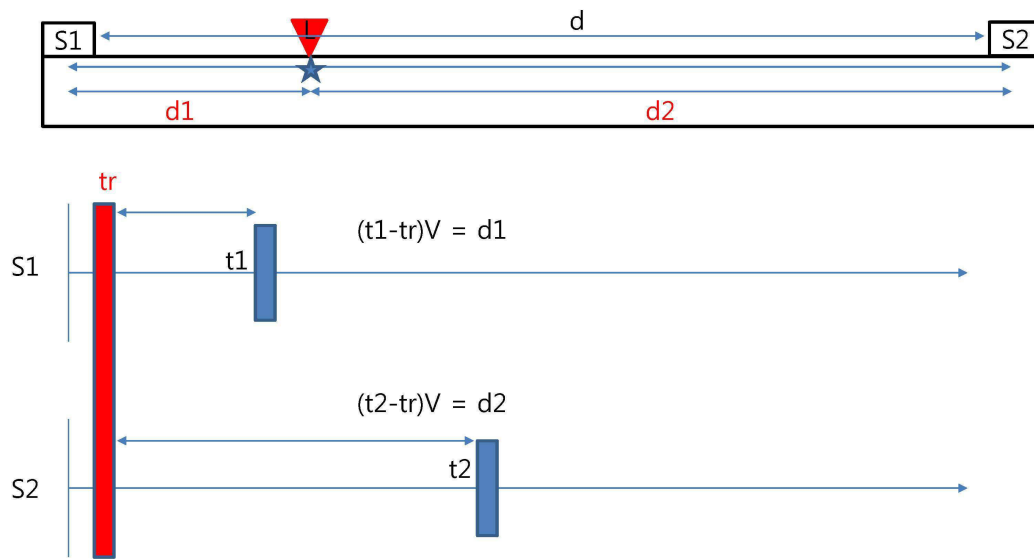
도면2



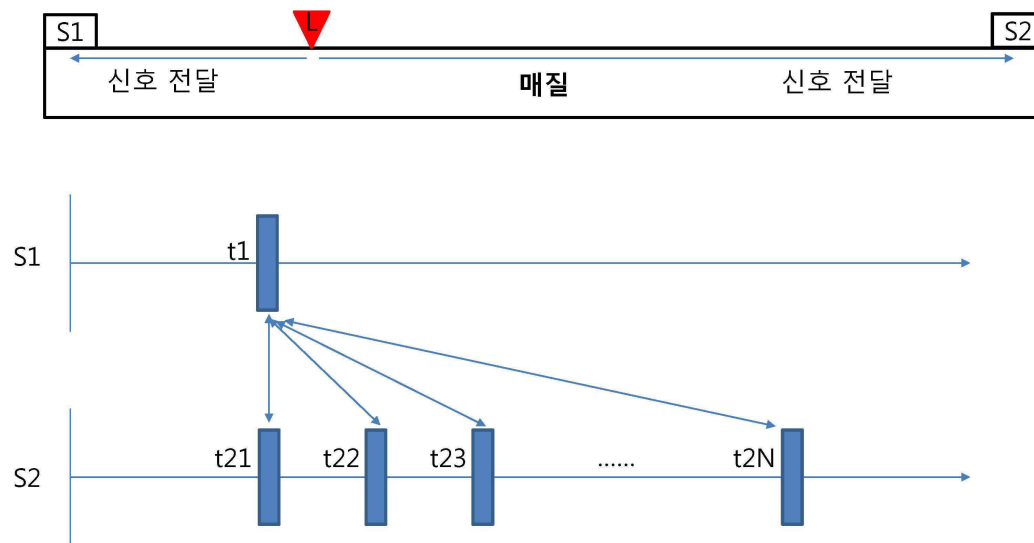
도면3a



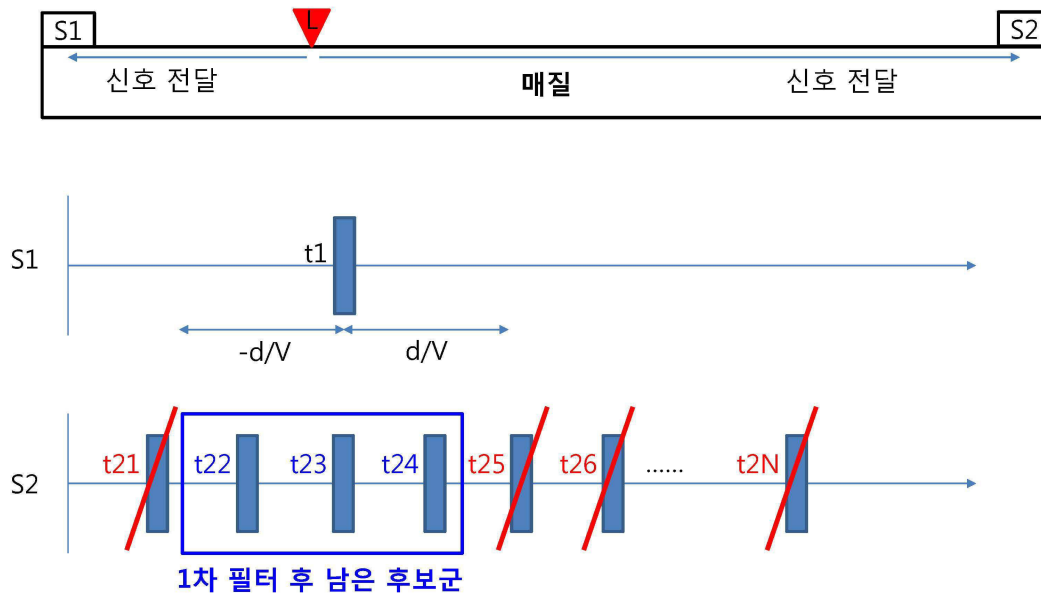
도면3b



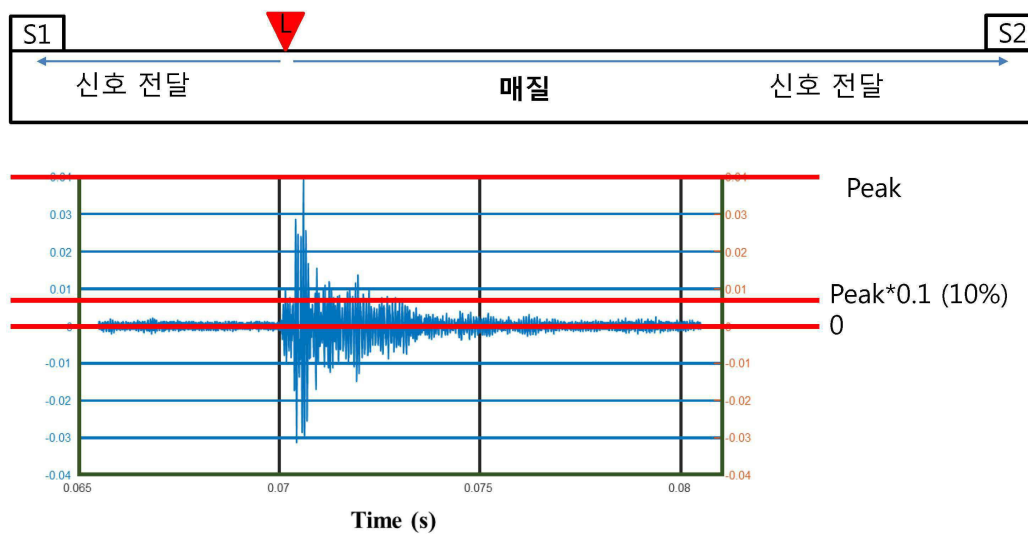
도면3c



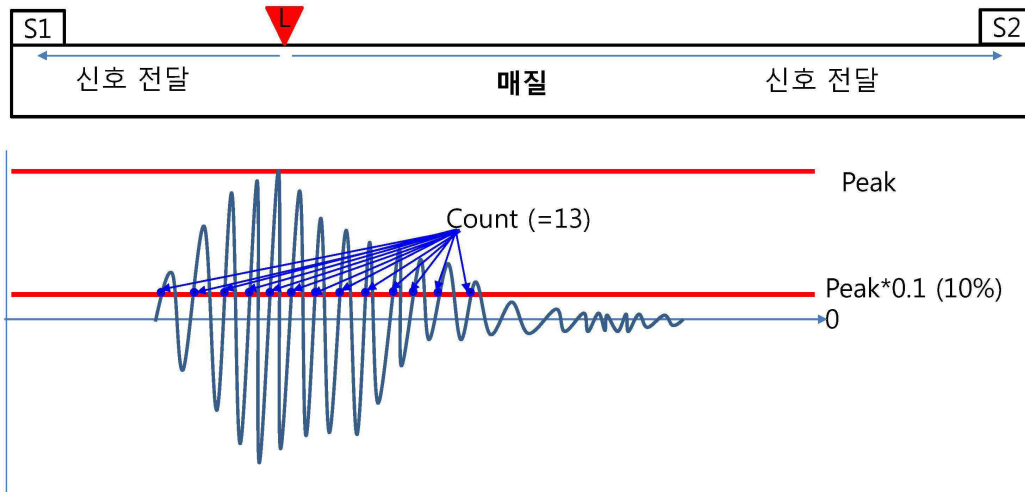
도면3d



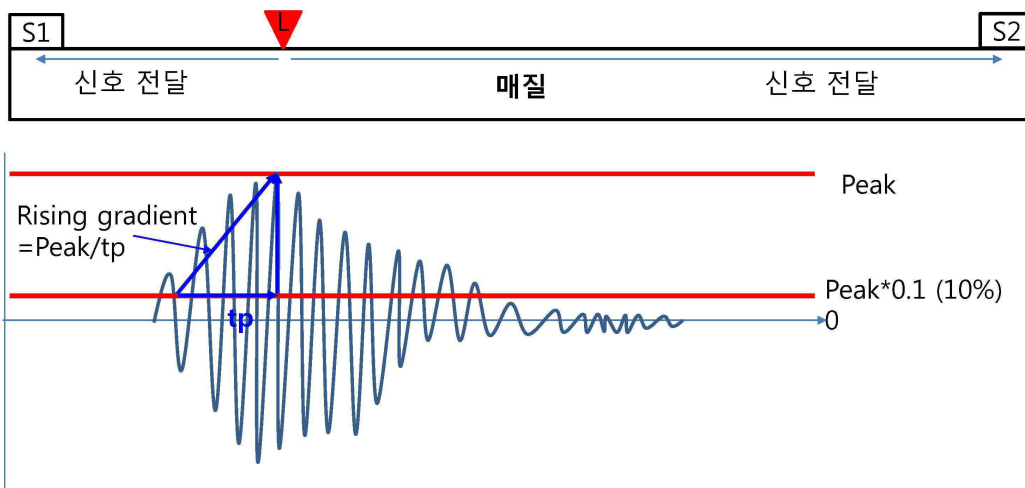
도면3e



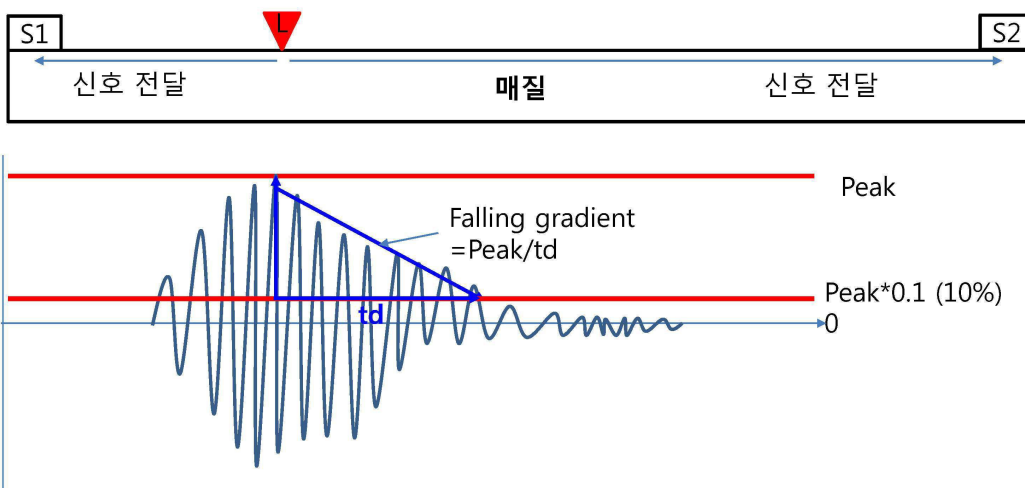
도면3f



도면3g



도면3h



도면3i

