



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월19일
 (11) 등록번호 10-1364516
 (24) 등록일자 2014년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01H 17/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0150384
 (22) 출원일자 2013년12월05일
 심사청구일자 2013년12월05일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2003098004 A
 JP2003348695 A
 KR1019970016548 A
 KR1020100054381 A

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
 (72) 발명자
 김태성
 대전광역시 서구 청사서로 65 한아름아파트 101동 1405호
 (74) 대리인
 차상윤, 남건필, 박종수

전체 청구항 수 : 총 6 항

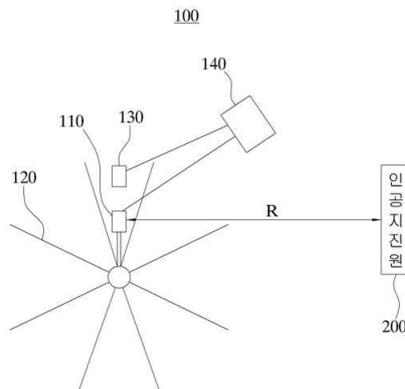
심사관 : 오경환

(54) 발명의 명칭 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법

(57) 요약

음압 측정장치, 배경잡음 제거장치 및 지반진동속도 측정장치를 포함하는 초저주파 음파 감지 시스템을 보정하는 방법이 개시된다. 이러한 시스템을 보정하기 위하여 음압 측정장치로부터 특정 거리만큼 이격된 위치에서 인공지진원을 이용하여 인공지진파를 생성하고, 음압 측정장치 및 지반진동속도 측정장치를 이용하여 인공지진파에 의해 야기되는 대기압 변화 및 지반 진동 속도를 각각 측정하며, 음압 측정장치에 의해 측정된 대기압 변화값과 대기압 변화 이론값을 비교하여 음압 측정장치의 측정 민감도를 보정할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 GP2012-040
부처명 산업통상자원부
연구사업명 주요사업-기관고유업무형
연구과제명 한반도 동부지역 잠재적 위험 지진원 평가
기여율 1/1
주관기관 한국지질자원연구원
연구기간 2012.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

음압 측정장치, 상기 음압 측정장치에 결합된 배경잡음 제거장치 및 상기 음압 측정장치와 인접하게 배치된 지반진동속도 측정장치를 포함하는 초저주파 음파 감지 시스템을 보정하는 방법에 있어서,

상기 음압 측정장치로부터 제1 거리만큼 이격된 위치에서 인공지진원을 이용하여 인공지진파를 생성하는 단계;

상기 음압 측정장치 및 상기 지반진동속도 측정장치를 이용하여 상기 인공지진파에 의해 야기되는 대기압 변화 및 지반 진동 속도를 각각 측정하는 단계; 및

상기 음압 측정장치에 의해 측정된 대기압 변화값과 하기 수식 1에 의해 계산된 대기압 변화 이론값을 비교하여 상기 음압 측정장치의 측정 민감도를 보정하는 단계를 포함하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법:

[수식 1]

$$\Delta P = \rho c V$$

상기 수식 1에서, ' ΔP ' 및 ' V '는 상기 대기압 변화 이론값 및 상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측정된 상기 지반 진동 속도를 각각 나타내고, ' ρ ' 및 ' c '는 측정시의 대기밀도 및 소리의 속도의 이론값들을 각각 나타낸다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 인공지진원은 상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측정되는 지반 진동 속도가 기 설정된 지반진동속도의 목표값이 되는 위치에 설치되는 것을 특징으로 하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 지반진동속도의 목표값은 0.5cm/s 이상 5cm/s 이하인 것을 특징으로 하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측정되는 지반 진동 속도가 상기 지반진동속도의 목표값이 되도록 하기 위하여 상기 인공지진원과 상기 음압 측정장치 사이의 이격거리 또는 상기 인공지진파의 진폭을 변경시키는 것을 특징으로 하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 음압 측정장치의 측정 민감도에 대한 보정은 1 내지 10Hz 주파수의 음파 측정에 대해 이루어지고,

이 경우 상기 인공지진원은 1Hz 이하의 하한 주파수와 10Hz 보다 큰 상한 주파수 사이의 주파수를 갖는 인공지진파를 스위프 방식으로 생성하는 것을 특징으로 하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 음압 측정장치의 측정 민감도에 대한 보정은 3 내지 10Hz 주파수의 음파 측정에 대해 이루어지고,

이 경우 상기 인공지진원은 3Hz 이하의 하한 주파수와 10Hz 보다 큰 상한 주파수 사이의 주파수를 갖는 인공지

진파를 스윙 방식으로 생성하는 것을 특징으로 하는 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법에 관한 것으로서, 초저주파 음파 감지 시스템의 특정 주파수 범위의 음파에 대한 민감도를 필드 측정 전에 보정할 수 있다

배경기술

[0002] 초저주파 음파(Infrasound)는 사람의 가청영역 이하인 0.01~20 Hz 사이의 낮은 주파수 대역의 음파이다. 초저주파 음파(Infrasound) 관측은 지진파(seismic), 수중음파(hydroacoustic), 핵종감시(radionuclides)와 함께 CTBT(Comprehensive Test Ban Treaty)의 감시체제인 IMS(International Monitoring System)의 일부로서 전세계에서 발생하는 핵실험 감시에 이용되는 기술 중의 하나이다. 현재 초저주파 음파는 핵실험 감시 이외에도 지표나 대기에서 인공발파를 자연지진과 구별하는 연구에 중요 정보를 제공하고 있다. 초저주파 음파에 대한 연구는 1940~1950년대에 대기권 핵실험감시에 중요한 방법으로 대두되었으나 1963년 대기권 및 수중 핵실험 금지조약에 의해 연구가 위축되었다. 그러나, 1996년 유엔에서 포괄적핵실험금지조약(Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty;CTBT)이 제의되고 이를 위해 전세계의 핵실험 탐지업무를 위한 국제탐지시스템(International Monitoring System;IMS)이 가동됨에 따라 초저주파 음파 관측소가 IMS의 구축계획에 따라 전세계에 설치되고 있으며 현재는 획득된 자료를 이용한 연구가 국제적으로 활발히 수행되고 있다. 초저주파 음파의 음원은 핵실험, 화산폭발, 운석의 이동, 태풍, 산사태, 오로라, 지진, 인공발파, 초음속 비행기, 미사일 발사, 산악지대에서의 대기흐름 변화, 대기권에서의 비행체 등을 예로 들 수 있다. 관측대상은 이러한 음원에 의해 발생하는 대기압의 변화이며, IMS 초저주파 음파 관측장비는 대기압에 의한 표준부피 변위를 정밀기압계(microbarometer)로 0.01 microbar까지 측정할 수 있어야 하고 0.01~20 Hz의 저주파대역에서 일정한 반응을 나타내야 한다. 관측소 주변의 바람의 영향으로 발생하는 잡음을 줄이기 위해 정밀기압계는 특수한 대기 배경잡음 제거장치와 연결되어 있으며, 신호 대 잡음비를 높이기 위한 대기 배경잡음 제거장치의 개발과 배열에 관한 연구가 계속 수행되고 있다.

[0003] 다만, 대기 배경잡음 제거장치를 정밀기압계에 결합시킬 경우, 이들 사이의 결합에 의하여 정밀기압계의 대기압 변화 측정에 영향을 미치게 되고, 필드 측정 전 이러한 영향을 보상하는 보정이 이루어져야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 인공지진원을 이용하여 필요시 간단하게 초저주파 음파 감지 시스템을 보정하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 실시예에 따른 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법은 음압 측정장치, 상기 음압 측정장치에 결합된 배경잡음 제거장치 및 상기 음압 측정장치와 인접하게 배치된 지반진동속도 측정장치를 포함하는 초저주파 음파 감지 시스템을 보정하는데 적용될 수 있다.

[0006] 상기 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법은 상기 음압 측정장치로부터 제1 거리만큼 이격된 위치에서 인공 지진원을 이용하여 인공지진파를 생성하는 단계; 상기 음압 측정장치 및 상기 지반진동속도 측정장치를 이용하여 상기 인공지진파에 의해 야기되는 대기압 변화 및 지반 진동 속도를 각각 측정하는 단계; 및 상기 음압 측정장치에 의해 측정된 대기압 변화값과 상기 수식 1에 의해 계산된 대기압 변화 이론값을 비교하여 상기 음압 측정장치의 측정 민감도를 보정하는 단계를 포함한다.

[0007] [수식 1]

[0008]
$$\Delta P = \rho c V$$

[0009] 상기 수식 1에서, 'ΔP'는 상기 대기압 변화 이론값을 나타내고, 'V'는 상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측

정된 지반진동속도를 나타내며, 'ρ' 및 'c'는 대기 밀도 및 소리 속도의 이론값을 각각 나타낸다.

- [0010] 일 실시예에 있어서, 상기 인공지진원은 상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측정되는 지반 진동 속도가 기 설정된 지반진동속도의 목표값이 되는 위치에 설치될 수 있다. 이 경우, 상기 지반진동속도의 목표값은 약 0.5cm/s 이상 약 5cm/s 이하일 수 있다.
- [0011] 일 예로, 상기 지반진동속도 측정장치에 의해 측정되는 지반 진동 속도가 상기 지반진동속도의 목표값이 되도록 하기 위하여 상기 인공지진원과 상기 음압 측정장치 사이의 이격거리 또는 상기 인공지진파의 진폭을 변경시킬 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 있어서, 상기 음압 측정장치의 측정 민감도에 대한 보정은 1 내지 10Hz 주파수의 음파 측정에 대해 이루어지고, 이 경우 상기 인공지진원은 1Hz 이하의 하한 주파수와 10Hz 보다 큰 상한 주파수 사이의 주파수를 갖는 인공지진파를 스위프 방식으로 생성할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 있어서, 상기 음압 측정장치의 측정 민감도에 대한 보정은 3 내지 10Hz 주파수의 음파 측정에 대해 이루어지고, 이 경우 상기 인공지진원은 3Hz 이하의 하한 주파수와 10Hz 보다 큰 상한 주파수 사이의 주파수를 갖는 인공지진파를 스위프 방식으로 생성할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따르면, 초저주파 음파 감지 시스템을 필드(Field)에 설치한 후 보정이 이루어지므로 상기 시스템에 대한 정확한 보정을 수행할 수 있고, 인공지진파를 이용하여 보정이 수행되므로 원하는 시간에 간단한 방법으로 상기 시스템을 보정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 인공 지진원을 이용한 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 상기 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예를 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [0017] 본 출원에서 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 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 인공 지진원을 이용한 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 상기 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0020] 본 발명의 보정대상인 초저주파 음파 감지 시스템(100)은 음압 측정장치(110), 배경잡음 제거장치(120), 지반진동속도 측정장치(130) 및 기록장치(140)를 포함한다.

- [0021] 상기 음압 측정장치(110)는 초저주파 음파에 의해 야기되는 대기압 변화를 측정한다. 이러한 음압 측정장치(110)로는 공지의 압력 센서가 제한 없이 사용될 수 있다. 일 예로, 상기 음압 측정장치(110)로는 공지의 기압계가 사용될 수 있다.
- [0022] 상기 배경잡음 제거장치(120)는 상기 음압 측정장치(110)에 연결되어 바람과 같은 외부 환경에 의한 잡음을 감소시킨다. 상기 배경잡음 제거장치(120)는 상기 음압 측정장치(110)를 기준으로 지표면에 방사상으로 배열된 복수개의 호스 또는 파이프 배열을 포함한다. 일반적으로 각각의 길이가 약 8m 이상인 복수개의 호스 또는 파이프들을 상기 배경잡음 제거장치(120)로 사용한다.
- [0023] 상기 지반진동속도 측정장치(130)는 상기 음압 측정장치(110)와 인접하게 배치되고, 배치된 위치에서의 지반의 진동 속도를 측정한다. 여기서 '지반의 진동 속도'라 함은 상기 지반에 속하는 임의의 한 점이 상기 지반의 진동에 의해 단위 시간당 움직인 거리를 의미한다. 상기 지반진동속도 측정장치(130)로는 공지의 지진계가 제한 없이 사용될 수 있다.
- [0024] 상기 기록장치(140)는 상기 음압 측정장치(110)에서 측정된 결과 및 상기 지반진동속도 측정장치(130)에서 측정된 결과를 기록한다.
- [0025] 이와 같은 초저주파 음파 감지 시스템(100)은 필드 측정(Field Measurement)에 들어가기 전에 보정될 필요가 있다. 이러한 초저주파 음파 감지 시스템(100)의 보정 방법으로는 단순히 음압 측정장치(110)만을 다른 구성요소들과 분리하여 실험실 내에서 보정 하는 방법이 고려될 수 있으나, 이 경우 배경잡음 제거장치(120)와의 결합에 의한 영향이 무시되어 정확한 보정이 이루어지지 않는 문제점이 있다. 그리고 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100) 전체를 실험실 내에 설치한 후 이를 보정하는 방법이 고려될 수 있으나, 이는 상기 배경잡음 장치(120)의 길이가 길어서 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)의 설치 면적이 넓으므로, 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100) 전체를 실험실 내에 설치할 수 없는 문제점이 있다.
- [0026] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)을 필드(Field)에 설치한 후 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)에 대해 보정하는 방법을 제공한다. 일 실시예로, 본 발명은 특정 주파수 범위의 초저주파 음파에 대한 민감도를 보정하는 방법을 제공한다. 일 예로, 본 발명은 약 1 내지 10Hz 범위의 초저주파 음파의 민감도에 대한 보정 방법을 제공할 수 있다. 약 1Hz 이하의 주파수를 갖는 음파의 경우, 신호 대 잡음비(Signal-to-Noise Ratio)가 상대적으로 높고, 상기 음압 감지장치(110)에 결합된 상기 배경잡음 제거장치(120)가 초저주파 음파 감지 시스템(100)의 초저주파 음파의 감지에 거의 영향을 미치지 않기 때문이다. 다른 예로, 본 발명은 약 3 내지 10Hz 범위의 초저주파 음파의 민감도에 대한 보정 방법을 제공할 수 있다. 현재의 기술로는 3Hz 이하의 인공지진파를 생성하는 것이 용이하지 않고, 자연 지진파에서는 진원과 관측 지점 사이의 거리로 인한 지진파 감쇄 때문에 약 3Hz 이상의 주파수를 갖는 신호가 거의 관측되지 않아 자연 지진파를 이용한 보정 방법은 약 3Hz 이상의 주파수 범위에는 적용되기 어렵기 때문이다.
- [0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초저주파 음파 감지 시스템의 보정 방법은 초저주파 음파 감지 시스템(100)을 설치하는 단계(S110); 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)의 음압 측정장치(110)로부터 기 설정된 거리(R)만큼 이격된 위치에서 인공지진원(200)을 이용하여 인공지진파를 생성하는 단계(S120); 상기 음압 측정장치(110) 및 상기 지반진동속도 측정장치(130)를 이용하여 상기 인공지진파에 의해 야기되는 대기압 변화 및 지반 진동 속도를 측정하는 단계(S130); 및 하기 수식 1을 이용하여 상기 음압 측정장치(110)의 측정 민감도를 보정하는 단계를 포함한다.
- [0028] [수식 1]
- [0029]
$$\Delta P = \rho c V$$
- [0030] 상기 수식 1에 있어서, ' ΔP '는 '대기압 변화의 이론값'을 나타내고, ' V '는 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 '지반의 진동 속도'를 나타내며, ' ρ ' 및 ' c '는 측정시의 온도, 습도 등을 고려한 '대기밀도' 및 '소리의 속도'의 이론값들을 각각 나타낸다.
- [0031] 이하 본 발명의 각 단계에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0032] 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)을 설치하는 단계(S110)에 있어서, 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)이 설치되는 장소는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면, 상기 초저주파 감지 시스템(100)이 설치되는 장소는 상기 시스템(100)을 실제 설치하여 이를 가동시키고자 하는 장소일 수도 있고, 단순히 상기 시스템(100)을 보정

하기 위해 선택된 임의의 장소일 수도 있다.

- [0033] 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)의 음압 측정장치(110)로부터 기 설정된 거리(R)만큼 이격된 위치에서 인공지진원(200)을 이용하여 인공지진파를 생성하는 단계(S120)에 있어서, 상기 인공지진원(200)은 지표면에 기계적 진동을 인가하여 인공 지진파를 생성할 수 있다. 일 실시예로, 상기 인공지진원(200)은 일정한 진폭(amplitude)을 갖고, 기 설정된 범위의 주파수를 갖는 인공 지진파를 일정 시간동안 스위프(sweep) 방식으로 생성할 수 있다. 일 예로, 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)에 대해 약 1 내지 10Hz 범위에서의 민감도를 보정하는 경우, 상기 인공지진원(200)은 일정 시간동안 약 0.5 내지 20 Hz 범위의 주파수를 연속적으로 변화시키면서 인공 지진파를 생성할 수 있다. 다른 예로, 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)에 대해 약 3 내지 10Hz 범위에서의 민감도를 보정하는 경우, 상기 인공지진원(200)은 일정 시간동안 약 2 내지 20 Hz 범위의 주파수를 연속적으로 변화시키면서 인공 지진파를 생성할 수 있다. 인공지진파의 하한 주파수 및 상한 주파수에서는 인공 지진파가 외부 환경에 의해 왜곡될 수 있을 뿐만 아니라 측정 오차가 발생할 가능성이 높기 때문이다.
- [0034] 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(130) 사이의 이격 거리(R)는 인공지진파가 이동하는 지반 매질의 특성, 배경잡음 제거장치(120)의 길이, 인공지진원(200)이 생성하는 인공지진파의 진폭 등을 고려하여 설정될 수 있다. 일 실시예로, 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(200) 사이의 이격 거리(R)는 상기 지반진동 속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 진동 속도가 특정 목표값을 갖도록 설정될 수 있다. 본 발명에 있어서는, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 진동 속도와 상기 목표값의 차이가 허용 오차 범위 이내에 있는 경우, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 진동 속도가 상기 목표값이 되는 것으로 간주한다. 상기 허용 오차범위는 상기 목표값의 약 5% 이내, 약 3% 이내 또는 약 1% 이내일 수 있다. 이와 같이 지반운동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 운동 속도를 특정 목표값이 되도록 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(200) 사이의 이격 거리가 설정될 경우, 상기 수식 1을 이용한 상기 음압 측정장치(110)의 측정 민감도 보정이 용이하게 수행될 수 있다.
- [0035] 상기 초저주파 음파 감지 시스템(100)에 대한 정확한 보정이 이루어지기 위해서는 상기 음압 측정장치(110)에서 측정되는 음파의 진폭이 약 2 내지 20 파스칼(Pascal)의 범위 안에 있어야 한다. 그리고 상기 수식 1의 우항 ' ρc '는 일반적으로 약 $400 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 값을 가진다. 따라서 상기 수식 1을 이용하면, 상기 지반진동속도의 목표값은 약 0.5 내지 5 cm/s의 범위 안에서 설정될 수 있다.
- [0036] 일 예로, 상기 지반운동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 운동 속도가 특정 목표값이 되도록 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(200) 사이의 이격 거리를 설정하기 위하여, 상기 음압 측정장치(110)로부터 임의의 거리만큼 이격된 위치에 상기 인공지진원(200)을 설치하고 이를 이용하여 인공지진파를 생성할 수 있다. 상기 임의의 거리는, 예를 들면, 지반 매질의 특성, 배경잡음 제거장치(120)의 길이 등을 고려하여 약 50m일 수 있다. 이와 같이 상기 음압 측정장치(110)로부터 임의의 거리만큼 이격된 위치에서 인공 지진파를 생성하였으나 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 지반 진동 속도의 목표값과 다른 경우, 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(200) 사이의 이격 거리를 조정하여 상기 지반운동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 운동 속도가 상기 목표값이 되도록 할 수 있다. 예를 들면, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 목표값보다 작은 경우, 상기 인공지진원(200)과 상기 음압 측정장치(110) 사이의 이격 거리를 감소시킴으로써 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정되는 상기 지반 진동 속도를 증가시킬 수 있다. 이와 달리, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 목표값보다 큰 경우, 상기 인공지진원(200)과 상기 음압 측정장치(110) 사이의 이격 거리를 증가시킴으로써 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정되는 상기 지반 진동 속도를 감소시킬 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 지반 진동 속도의 목표값과 다른지 여부는 인공지진파를 복수회, 예를 들면, 약 10회 발생시킨 후 측정된 지반운동속도들의 평균값과 지반운동속도의 목표값을 비교하여 판단할 수 있다.
- [0037] 한편, 상기 지반운동속도 측정장치(130)에서 측정된 지반 운동 속도가 상기 지반운동속도의 목표값이 되도록 조정하기 위하여, 상기 인공지진원(200)과 상기 음압 측정장치(130) 사이의 이격 거리를 조정하는 것과 함께 또는 이와 독립적으로 인공지진파의 진폭을 조정할 수 있다. 예를 들면, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 목표값보다 작은 경우, 상기 인공지진파의 진폭을 증가시킴으로써 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정되는 상기 지반 진동 속도를 증가시킬 수 있다. 이와 달리, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도가 상기 목표값보다 큰 경우, 상기 인공지진파의 진폭을 감소시킴으로써 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정되는 상기 지반 진동 속도를 감소시킬 수 있다. 다만, 인공

지진원(200)에 의해 생성되는 인공지진파의 진폭은 상기 음압 측정장치(110)에 의해 측정되는 음파의 진폭이 앞에서 설명한 바와 같이 약 2 내지 20 파스칼(Pascal)의 범위 안에 있도록 변경되어야 하므로, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정되는 지반 진동 속도가 상기 지반 진동 속도의 목표값이 되도록 조정하기 위해 변경될 수 있는 범위가 제한된다.

[0038] 상기 음압 측정장치(110) 및 상기 지반진동속도 측정장치(130)를 이용하여 상기 인공지진파에 의해 야기되는 대기압 변화 및 지반 진동 속도를 측정하는 단계(S130)에 있어서, 상기 인공지진원(200)을 이용하여 복수회 인공지진파를 생성한 후 상기 대기압 변화 및 상기 지반 진동 속도를 복수회 측정하고, 이들의 평균값을 측정 대기압 변화 값 및 측정 지반 진동 속도 값으로 이용할 수 있다. 예를 들면, 상기 대기압 변화 및 상기 지반 진동 속도는 약 10회 정도 측정될 수 있고, 이들의 평균값을 측정 대기압 변화 값 및 측정 지반 진동 속도 값으로 이용할 수 있다.

[0039] 일 실시예로, 상기 지반운동속도 측정장치(130)에서 측정되는 지반의 운동 속도가 상기 목표값이 되도록 상기 음압 측정장치(110)와 상기 인공지진원(200) 사이의 이격 거리가 설정된 경우, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도는 정확한 측정이 이루어졌는지 확인하는 용도로 사용될 수 있다. 예를 들면, 상기 지반진동속도 측정장치(130)에 의해 측정된 지반 진동 속도 값이 상기 목표값과 허용 오차 범위보다 큰 차이를 보이는 경우, 상기 지반진동속도와 함께 측정된 상기 대기압 변화값은 상기의 평균값을 산정하는 자료에서 제외될 수 있다.

[0040] 상기 수식 1을 이용하여 상기 음압 측정장치(110)의 측정 민감도를 보정하는 단계(S140)에 있어서, 상기 음압 측정장치(110)에 의해 측정된 대기압 변화값과 상기 수식 1을 이용하여 계산된 대기압 변화의 이론값을 비교하고, 이들 사이의 차이값을 보정하고자 하는 전체 주파수 범위에서 보정하는 방식으로 상기 음압 측정장치의 측정 민감도를 보정한다. 본 발명에 있어서, 측정 대기압 변화값과 이론 대기압 변화값의 차이를 보정한다고 함은 측정 대기압 변화값과 이론 대기압 변화값의 차이가 허용 오차 범위 내에 있도록 상기 음압 측정장치(110)에 의해 측정된 값을 보정하는 것을 의미한다.

[0041] 상기와 같이 본 발명에 따른 초저주파 음파 감지 시스템을 보정하는 경우, 상기 시스템을 필드에 설치한 후 보정이 이루어지므로 정확한 보정을 수행할 수 있고, 인공지진파를 이용하여 보정이 수행되므로 원하는 시간에 간단한 방법으로 시스템을 보정할 수 있다.

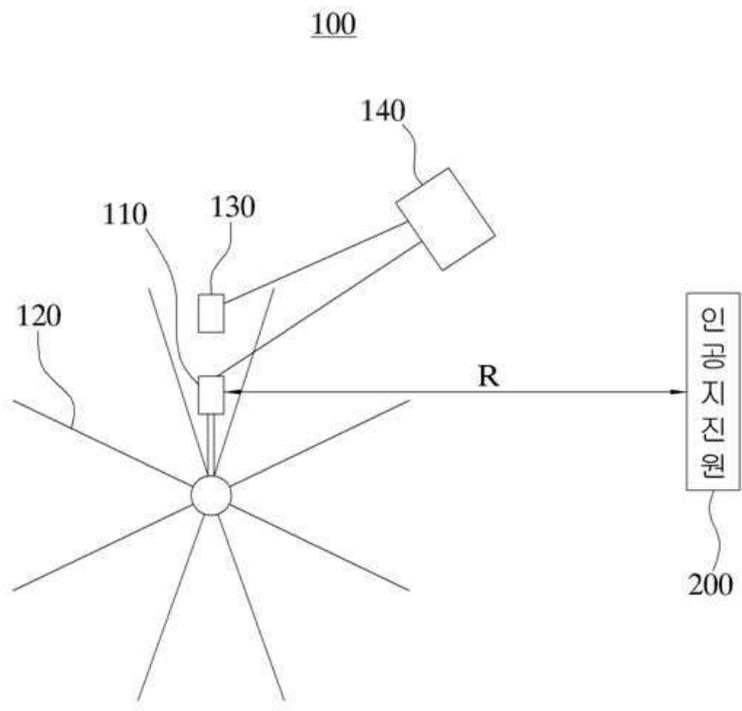
[0042] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0043] 100: 초저주파 음파 감지 시스템 110: 음압 측정장치
- 120: 배경잡음 제거장치 130: 지반진동속도 측정장치
- 140: 기록장치 200: 인공지진원

도면

도면1



도면2

