



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0104053
(43) 공개일자 2024년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/30 (2006.01) B81B 7/02 (2024.01)
G01P 15/00 (2006.01) G01V 1/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01V 1/301 (2013.01)
B81B 7/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0192524
(22) 출원일자 2023년12월27일
심사청구일자 2023년12월27일
(30) 우선권주장
1020220186234 2022년12월27일 대한민국(KR)

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
장원석
인천광역시 미추홀구 인주대로11번길 42, 707호(송의동, 진성투토편리체)
정성훈
인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 35, 220 4동 2005호(송도동, 송도 더샵 마스터뷰)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 11 항

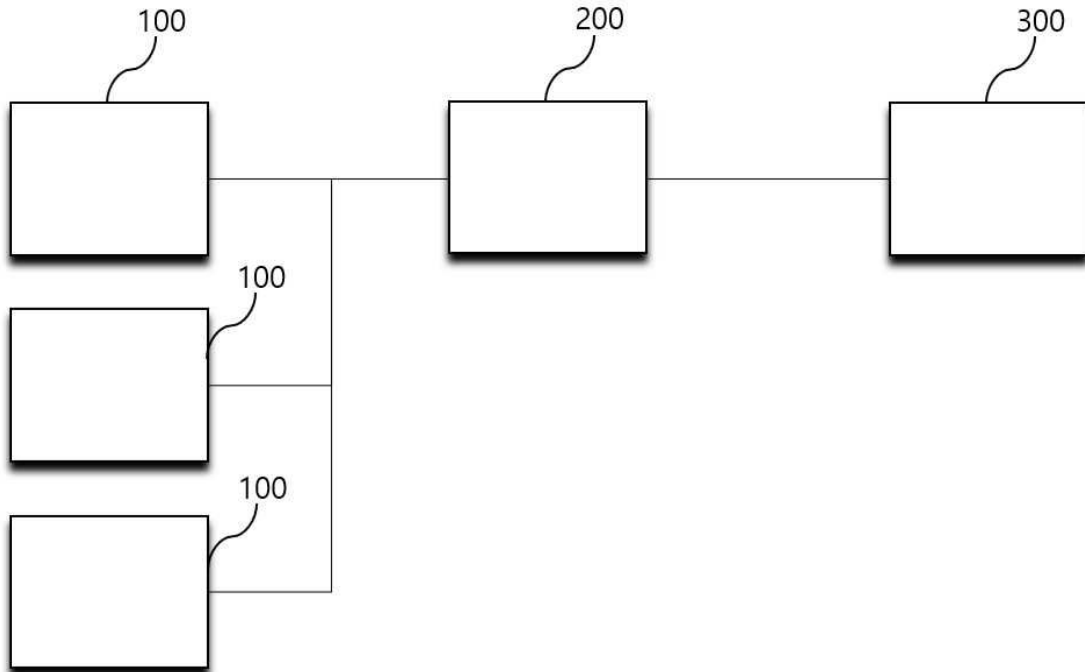
(54) 발명의 명칭 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치 및 그 방법, 그리고 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템

(57) 요약

본 발명은 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치에 있어서, 지반의 상측에 위치하여 지반의 상시 미진동을 실시간으로 측정하고, 상기 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 가속도값으로 변환하는 MEMS 센서; 상기 측정된 지반의

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



상시 미진동 측정 결과를 복수 장비 연계 허브에 전달하는 통신 모듈; 현재 수평 조건을 달성했는지 여부를 확인하는 수평 확인 모듈; 상기 MEMS 센서의 방위각을 확인하는 방위각 확인 모듈; 및 상기 MEMS 센서, 통신 모듈, 수평 확인 모듈 및 방위각 확인 모듈을 지면에 고정하는 고정 모듈을 포함할 수 있다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다. 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템의 MEMS 센서 고정 장치를 이용하여 특정 지점의 지반 미진동을 수집하고, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01P 15/006 (2013.01)

G01V 1/162 (2013.01)

G01V 1/303 (2013.01)

B81B 2201/0235 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012806
과제번호	164148
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구
연구과제명	상시미진동 예측 모바일 MEMS 가속도계 시스템 및 3D 지반주상도 생성 인공지능 알고리즘 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한양대학교산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

지반의 상측에 위치하여 지반의 상시 미진동을 실시간으로 측정하고, 상기 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 가속도값으로 변환하는 MEMS 센서;

상기 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 복수 장비 연계 허브에 전달하는 통신 모듈;

현재 수평 조건을 달성했는지 여부를 확인하는 수평 확인 모듈;

상기 MEMS 센서의 방위각을 확인하는 방위각 확인 모듈; 및

상기 MEMS 센서, 통신 모듈, 수평 확인 모듈 및 방위각 확인 모듈을 지면에 고정하는 고정 모듈을 포함하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 MEMS 센서는,

3축 방식을 적용하여 모든 방향에서 측정되는 지반의 상시 미진동을 수집하여 가속도값으로 변환하고, 상기 변환된 가속도값을 전기적 신호로 전환하여 통신 모듈에 전달하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고정 모듈은,

상기 MEMS 센서, 통신 모듈, 수평 확인 모듈 및 방위각 확인 모듈을 각각 결합하는 장비 결합용 고정판;

포장된 노면에 상기 장비 결합용 고정판을 고정하는 포장 노면용 고정 Pin; 및

비포장 노면에 상기 장비 결합용 고정판을 고정하는 비포장 노면용 고정 Pin을 포함하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 포장 노면용 고정 Pin은,

뾰족한 단부 형태이고

상기 비포장 노면용 고정 Pin은,

쐐기 형태인 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 포장 노면용 고정 Pin 또는 상기 비포장 노면용 고정 Pin은,

상기 장비 결합용 고정판의 일 측에 위치한 볼트홀을 통해 장비 결합용 고정판과 결합하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치;

적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치와 유선으로 통신을 수행하여 실시간으로 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 전달받는 복수 장비 연계 허브; 및

상기 복수 장비 연계 허브로부터 실시간으로 전달된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 저장하는 자료 수집 장치를 포함하는 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템.

청구항 7

하나의 프로세서나 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법에 있어서,

MEMS 센서 고정 장치의 개수 및 배치 레이어 수를 입력받는 단계; 및

상기 입력된 배치 레이어 수에 따라 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하는 단계를 포함하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 배치하는 단계는,

적어도 하나의 가상의 단일 원에 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고,

상기 가상의 단일 원은,

지반의 상시 미진동에 대한 샘플링 속도에 대응하여 결정되는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 배치하는 단계는,

상기 배치 레이어의 수가 1이고 상기 MEMS 센서 고정 장치의 개수가 1인 경우, 상기 가상의 단일 원의 중심에 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고,

상기 배치 레이어의 수가 1이고 상기 MEMS 센서 고정 장치의 개수가 2 이상인 경우, N개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 배치하는 단계는,

상기 배치 레이어의 수가 2인 경우, 상기 가상의 단일 원의 중심에 1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, N-1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 배치하는 단계는,

상기 배치 레이어의 수가 3 이상인 경우, 상기 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하거나, 가상의 원의 중심에 1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, N-1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 등간격으로 배치하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치 및 그 방법, 그리고 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지반의 상시 미진동을 수집하고 지반 내부의 구조를 파악하기 위해 고성능 MEMS 센서를 배치하여 고정하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치 및 그 방법, 그리고 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지반의 구조를 탐사하는 기술은 지난 수십 년간 전통적인 방식을 지속적으로 활용하고 있다.

[0003] 여기서, 전통적인 방식의 지반 구조 탐사 기술은 특정 지역의 지반을 대상으로 표준 현장 관입 시험을 수행하여 실제 지반의 정보를 파악하는 것이며 Krigging 등의 보간법을 이용해 지반의 층별 구성을 추정할 수 있다.

[0004] 여기서, 현장 관입 시험을 통해 수집된 지반의 N치, 더 상세히는 지반의 단단한 정도를 파악하여 지반의 전단파 속도를 층별로 수집하고, 전단파 속도의 범위를 통해 지반의 구성을 추정할 수 있다.

[0005] 이때, 전통적인 방식의 지반 구조 탐사 기술을 실행하는 데 전문적인 장비와 기술 인력이 필요해 지반 구조 탐사 대상지의 특정 지점을 설정하고 이 지점의 탐사 결과를 기반으로 보간한 자료를 활용하고 있다.

[0006] 이 경우, 지반 구조의 급격한 변화가 발생하는 특이 지질 구조를 파악하기 어렵고, 건축물 설계 시 이러한 지반 구조를 반영하지 못해 건축물의 부등침하, 전도침하 등이 발생할 수 있는 문제점이 있다.

[0007] 여기서, 부등침하는 지반이 불균질한 경우 발생하는 것으로 건축물이 사전으로 기울어지며 가라앉는 것이며, 전도침하는 지반의 불균질성이 높음과 동시에 지반 위에 설치된 구조물이 좁고 높아 전도되는 형태로 가라앉는 것을 의미한다.

[0008] 여기서, 건축물의 부등침하, 전도침하 등으로 인해 건축물의 균열 또는 붕괴가 발생할 가능성이 높으며, 건축물 설계 과정에서 상세한 지반 검토를 통해 방지할 수 있으나, 상기 보간 방식의 한계로 인해 지반의 불균질성을 사전 검토할 수 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 이와 같이 본 발명에 따르면, 지반의 상시 미진동을 수집하고 지반 내부의 구조를 파악하기 위해 고성능 MEMS 센서를 배치하여 고정하는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치 및 그 방법, 그리고 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치에 있어서, 지반의 상층에 위치하여 지반의 상시 미진동을 실시간으로 측정하고, 상기 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 가속도값으로 변환하는 MEMS 센서; 상기 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 복수 장비 연계 허브에 전달하는 통신 모듈; 현재 수평 조건을 달성했는지 여부를 확인하는 수평 확인 모듈; 상기 MEMS 센서의 방위각을 확인하는 방위각 확인 모듈; 및 상기 MEMS 센서, 통신 모듈, 수평 확인 모듈 및 방위각 확인 모듈을 지면에 고정하는 고정 모듈을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 MEMS 센서는, 3축 방식을 적용하여 모든 방향에서 측정되는 지반의 상시 미진동을 수집하여 가속도값으로 변환하고, 상기 변환된 가속도값을 전기적 신호로 변환하여 통신 모듈에 전달할 수 있다.

[0012] 상기 고정 모듈은, 상기 MEMS 센서, 통신 모듈, 수평 확인 모듈 및 방위각 확인 모듈이 각각 결합되는 장비 결합용 고정판; 포장된 노면에 상기 장비 결합용 고정판을 고정하는 포장 노면용 고정 Pin; 및 비포장 노면에 상기 장비 결합용 고정판을 고정하는 비포장 노면용 고정 Pin을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 포장 노면용 고정 Pin은, 뾰족한 단부 형태이고, 상기 비포장 노면용 고정 Pin은, 쐈기 형태일 수 있다.

[0014] 상기 포장 노면용 고정 Pin 또는 상기 비포장 노면용 고정 Pin은, 상기 장비 결합용 고정판의 일 측에 위치한 볼트홀을 통해 장비 결합용 고정판과 결합할 수 있다.

- [0015] 본 발명의 다른 실시예에 따른 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템에 있어서, 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치; 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치와 유선으로 통신을 수행하여 실시간으로 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 전달받는 복수 장비 연계 허브; 및 상기 복수 장비 연계 허브로부터 실시간으로 전달된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 저장하는 자료 수집 장치를 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 하나의 프로세서나 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 방법에 있어서, MEMS 센서 고정 장치의 개수 및 배치 레이어 수를 입력받는 단계; 및 상기 입력된 배치 레이어 수에 따라 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 배치하는 단계는, 적어도 하나의 가상의 단일 원에 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, 상기 가상의 단일 원은, 지반의 상시 미진동에 대한 샘플링 속도에 대응하여 결정될 수 있다.
- [0018] 상기 배치하는 단계는, 상기 배치 레이어의 수가 1이고 상기 MEMS 센서 고정 장치의 개수가 1인 경우, 상기 가상의 단일 원의 중심에 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, 상기 배치 레이어의 수가 1이고 상기 MEMS 센서 고정 장치의 개수가 2 이상인 경우, N개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치할 수 있다.
- [0019] 상기 배치하는 단계는, 상기 배치 레이어의 수가 2인 경우, 상기 가상의 단일 원의 중심에 1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, N-1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치할 수 있다.
- [0020] 상기 배치하는 단계는, 상기 배치 레이어의 수가 3 이상인 경우, 상기 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 상기 MEMS 센서 고정 장치를 등간격으로 배치하거나, 가상의 원의 중심에 1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 배치하고, N-1개의 상기 MEMS 센서 고정 장치를 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 등간격으로 배치할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 이와 같이 본 발명에 따르면, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다. 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템의 MEMS 센서 고정 장치를 이용하여 특정 지점의 지반 미진동을 수집하고, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다.
- [0022] 또한, 복수의 MEMS 센서 고정 장치를 조합하여 동시 측측을 수행할 수 있으며, 측측자료를 통해 지반 구조 추정 기술 적용이 가능하다.
- [0023] 또한, 시간과 비용 문제로 인해 보간 방식을 적용하던 지반 구조 탐사 과정에 있어 낮은 비용과 짧은 시간에 지반 구조 추정에 활용되는 자료를 수집할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지반 구조 측정을 위한 MEMS 센서 고정 장치를 이용한 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 센서 고정 장치의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 센서 고정 장치의 일 예를 도시하는 예시도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고정 모듈을 도시하는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하는 방법에 대한 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라 지반 구조 측정을 위하여 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0026] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한

다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [0027] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지반 구조 측정용을 위한 MEMS 센서 고정 장치를 이용한 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템의 구성도이다.
- [0029] 도 1에서 도시한 바와 같이, 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템은 지반의 상시 미진동을 측정하는 복수의 MEMS 센서 고정 장치(100), 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치(100)와 유선으로 통신을 수행하여 실시간으로 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 전달받는 복수 장비 연계 허브(200) 및 복수 장비 연계 허브(200)로부터 실시간으로 전달된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 저장하는 자료 수집 장치(300)를 포함할 수 있다. 이때, MEMS 센서 고정 장치(100)는 USB 및 RS-232, 485 등의 방법을 통해 복수 장비 연계 허브(200)와 유선 연결되고, 자료 수집 장치(300)는 유선으로 복수 장비 연계 허브(200)와 연결된다.
- [0030] 먼저, MEMS 센서 고정 장치(100)는 지반의 상시 미진동을 측정하고, 지반의 상시 미진동에 대한 가속도 정보를 포함하는 지반의 상시 미진동 측정 결과를 복수 장비 연계 허브(200)에 전달할 수 있다. 여기서, MEMS 센서 고정 장치(100)는 상시 미진동의 상관 관계를 이용하여 표면파의 위상속도를 추정함으로써 가속도 정보를 측정할 수 있다.
- [0031] 또한, 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템은 복수 장비 연계 허브(200)를 통해 복수의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 연계하여 지반의 상시 미진동에 대해 동시 수집할 수 있다.
- [0032] 또한, 자료 수집 장치(300)는 복수 장비 연계 허브(200)를 통해 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치(100)로부터 전달된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 전달받아 동기화를 수행하고 자료를 저장할 수 있다.
- [0033] 또한, 자료 수집 장치(300)는 지반의 상시 미진동 측정 결과를 텍스트(Text) 파일 방식으로 저장할 수 있다.
- [0034] 이하에서는 도 2 내지 도 4를 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 센서 고정 장치(100)의 상세 구성을 설명한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 센서 고정 장치의 구성도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 센서 고정 장치의 일 예를 도시하는 예시도이다.
- [0036] 도 2에서 도시한 바와 같이, MEMS 센서 고정 장치(100)는 MEMS 센서(110), 고정 모듈(120), 통신 모듈(130), 수평 확인 모듈(140) 및 방위각 확인 모듈(150)을 포함할 수 있다.
- [0037] 먼저, MEMS 센서(110)는 지반의 상측에 위치하여 지반의 상시 미진동을 실시간으로 측정하고, 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 가속도값으로 변환할 수 있다.
- [0038] 구체적으로, MEMS 센서(110)는 실시간으로 측정된 지반의 상시 미진동을 가속도값으로 변환하고, 가속도값을 전기적 신호로 전환하여 통신 모듈(130)에 전달할 수 있다. 이때, MEMS 센서(110)는 3축 방식을 적용하여 모든 방향에서 측정되는 지반의 상시 미진동을 수집하고, 지반과 견고히 고정될 수 있다.
- [0039] 다음으로, 고정 모듈(120)은 MEMS 센서(110), 통신 모듈(130), 수평 확인 모듈(140) 및 방위각 확인 모듈(150)을 지면에 고정할 수 있다.
- [0040] 구체적으로, 고정 모듈(120)은 MEMS 센서 고정 장치(100)의 각 구성요소가 결합되는 장비 결합용 고정판(123), 포장된 노면에 장비 결합용 고정판(123)을 고정하는 포장 노면용 고정 Pin(121) 및 비포장 노면에 장비 결합용 고정판(123)을 고정하는 비포장 노면용 고정 Pin(122)을 포함할 수 있다. 여기서, 포장 노면용 고정 Pin(121) 및 비포장 노면용 고정 Pin(122)은 높이 및 위치를 조절할 수 있다. 이를 통해 MEMS 센서(110)는 수평 상태를 유지할 수 있다.
- [0041] 이때, 포장된 노면은 콘크리트, 아스팔트 등 다양한 재질로 포장되어 있는 노면이고, 비포장 노면은 흙, 점토, 모래 등 포장되지 않아 자료 계측 중 변형될 수 있는 노면이다.
- [0042] 또한, 장비 결합용 고정판(123)은 포장 노면용 고정 Pin(121) 또는 비포장 노면용 고정 Pin(122) 중 어느 하나를 견고히 결합할 수 있도록 사전 설계된 고정부(미도시)를 포함한다.
- [0043] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 장비 결합용 고정판을 도시하는 도면이다.

- [0044] 도 4에 도시된 바와 같이, 장비 결합용 고정판(123)은 적어도 일 측에 볼트홀이 위치하고, 적어도 일 측에 위치한 볼트홀을 통해 포장 노면용 고정 Pin(121) 또는 비포장 노면용 고정 Pin(122) 중 어느 하나를 결합할 수 있다.
- [0045] 이때, 장비 결합용 고정판(123)은 지반의 특성 주파수와 상이한 고유 진동수로 설계되어 지반의 상시 미진동을 계측할 때 노이즈를 방지할 수 있다.
- [0046] 또한, 장비 결합용 고정판(123)은 적어도 MEMS 센서(110) 질량의 100배 이상의 질량을 갖음으로써 지반의 상시 미진동을 측정하는 동안 MEMS 센서 고정 장치(100)의 이동을 방지할 수 있다.
- [0047] 또한, 포장 노면용 고정 Pin(121) 및 비포장 노면용 고정 Pin(122)은 볼트 체결 방식으로 현장 상황에 따라 신속하게 교체할 수 있다.
- [0048] 또한, 포장 노면용 고정 Pin(121) 및 비포장 노면용 고정 Pin(122)은 현장의 노면 기울기 및 높이에 따라 Pin 길이를 조절하여 MEMS 센서 고정 장치(100)를 두들기지 않고도 견고하게 고정할 수 있다.
- [0049] 또한, 포장 노면용 고정 Pin(121)은 뾰족한 단부 형태이고 단단한 노면에서의 이동을 방지하며 계측을 수행하는 동안 MEMS 센서 고정 장치(100)를 견고히 지지할 수 있다.
- [0050] 또한, 비포장 노면용 고정 Pin(122)은 켜기 형태이고 무른 노면에서의 이동을 방지하며 계측을 수행하는 동안 MEMS 센서 고정 장치(100)를 견고히 지지할 수 있다.
- [0051] 다음으로, 통신 모듈(130)은 MEMS 센서(110)에서 측정된 지반의 상시 미진동 측정 결과를 복수 장비 연계 허브(200)에 전달할 수 있다. 이때, 통신 모듈(130)은 USB 및 RS-232, 485 등의 규격에 맞도록 제어하여 통신을 수행할 수 있다.
- [0052] 또한, 통신 모듈(130)은 MEMS 센서(110)의 상시 미진동 측정 속도에 맞추어 상시 미진동 측정 결과 전송 속도를 제어할 수 있다.
- [0053] 또한, 통신 모듈(130)은 유선 연결을 위한 통신 단자를 포함하고, 통신 단자를 통해 복수 장비 연계 허브(200)와 연결될 수 있다.
- [0054] 다음으로, 수평 확인 모듈(140)은 현재 수평 조건을 달성했는지 여부를 확인할 수 있다.
- [0055] 이를 통해, 수평 확인 모듈(140)은 일정 수준 이상의 지반의 상시 미진동 측정을 보조할 수 있다.
- [0056] 이때, 수평 조건은 MEMS 센서 고정 장치(100)를 설치할 때 3축의 MEMS 센서(110)가 지반의 미진동을 의도한 바와 같이 분리하여 계측할 수 있도록 하는 것이고, 그 수평도는 후처리가 가능한 범위 내에서 달라질 수 있다.
- [0057] 다음으로, 방위각 확인 모듈(150)은 MEMS 센서(110)가 동일한 방향을 가리키는지 방위각을 확인할 수 있다.
- [0058] 구체적으로, 방위각 확인 모듈(150)은 복수의 MEMS 센서 고정 장치(100)가 동시에 운영될 수 있는 고성능 MEMS 센서 기반 지반 추정 시스템의 특성에 맞추어 각각의 MEMS 센서 고정 장치(100)가 동일한 좌표계를 가질 수 있도록 보조할 수 있다. 이를 통해 방위각 확인 모듈(150)은 계측된 지반의 상시 미진동 측정 결과의 일정 수준 이상의 신뢰성을 확보할 수 있다.
- [0059] 이때, 각각의 MEMS 센서 고정 장치(100)는 장비 결합용 고정판(123)에 표시된 방위각 확인 모듈(150)의 좌표 축 중 Y+ 방향이 자북 방향을 향하도록 설치하나, 현장의 상황에 따라 Y+ 방향이 나타내는 방향은 달라질 수 있다.
- [0060] 이하에서는 도 5 및 도 6을 이용하여 본 발명의 다른 실시예에 따라 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 고정하는 방법에 대해 보다 구체적으로 설명한다.
- [0061] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하는 방법에 대한 순서도이고, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라 지반 구조 측정을 위하여 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치를 배치하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 하나의 프로세서나 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 배치하는 방법은 MEMS 센서 고정 장치(100)의 개수 및 배치 레이어 수를 입력받는 단계(S510) 및 입력된 배치 레이어의 수에 따라 MEMS 센서 고정 장치(100)를 등간격으로 배치하는 단계(S520)를 포함할 수 있다. 여기서, MEMS 센서 고정 장치(100)의 개수와 배치 레이어(Layer)의 수를 고려하여 적어도 하나의 MEMS 센서 고정 장치(100)의 위치를 배치할 수 있다.

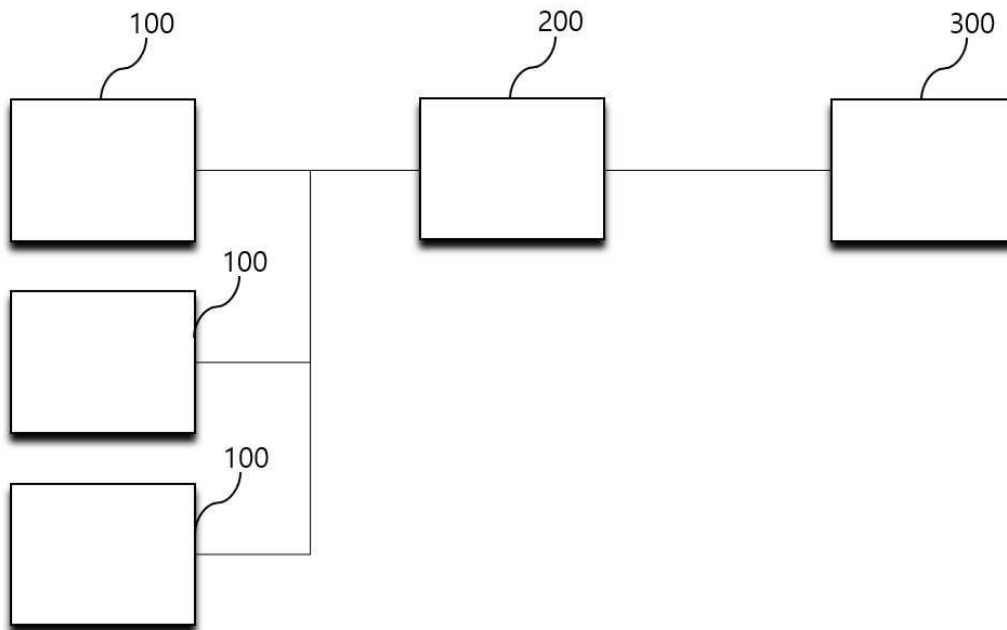
- [0063] 구체적으로, 배치 레이어의 수가 1인 경우 가상의 단일 원의 원주 상에 N개의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 등간격으로 배치할 수 있다. 이때, N은 3 이상의 자연수일 수 있다.
- [0064] 또한, 배치 레이어 수가 2인 경우 가상의 단일 원의 중심에 1개의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 배치하고, N-1개의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 등간격으로 배치할 수 있다. 이때, N은 4 이상의 자연수 일 수 있다.
- [0065] 또한, 배치 레이어 수가 3 이상인 경우 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 MEMS 센서 고정 장치(100)를 등간격으로 배치하거나 가상의 원의 중심에 1개의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 배치하고, N-1개의 MEMS 센서 고정 장치(100)를 2 이상의 가상의 원의 원주 상에 등간격으로 배치할 수 있다. 이때, N은 6 이상의 자연수일 수 있다.
- [0066] 이때, 가상의 원의 반지름은 MEMS 센서 고정 장치(100)가 측정하는 지반의 상시 미진동에 대한 샘플링 속도 (Sampling rate)에 대응하여 결정될 수 있다.
- [0067] 다시 말해, 도 6은 설치 예정인 MEMS 센서 고정 장치(100)의 수량과 분할 구분에 따른 배치 예시로, L은 배치 레이어의 수(또는, 중심 축의 수)이고, N은 MEMS 센서 고정 장치(100)의 수이다.
- [0068] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다. 고성능 MEMS 센서 기반 지반 구조 추정 시스템의 MEMS 센서 고정 장치를 이용하여 특정 지점의 지반 미진동을 수집하고, 동시 다지점에서 지반의 미소 진동인 상시 미진동을 수집하고, 이를 지반공학, 동역학적 분석에 활용할 수 있다.
- [0069] 또한, 복수의 MEMS 센서 고정 장치를 조합하여 동시 측측을 수행할 수 있으며, 측측자료를 통해 지반 구조 추정 기술 적용이 가능하다.
- [0070] 또한, 시간과 비용 문제로 인해 보간 방식을 적용하던 지반 구조 탐사 과정에 있어 낮은 비용과 짧은 시간에 지반 구조 추정에 활용되는 자료를 수집할 수 있다.
- [0071] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

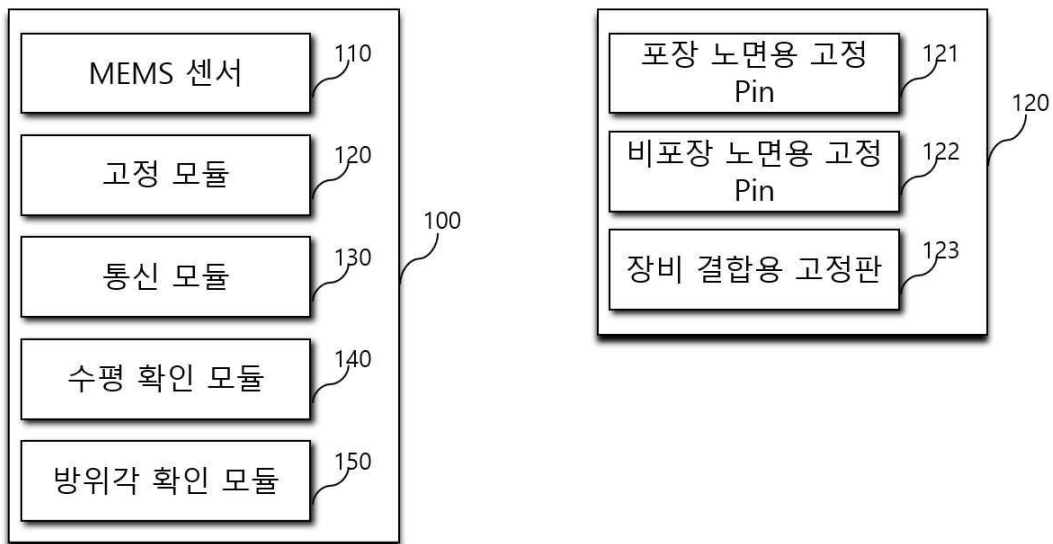
- [0072] 100: MEMS 센서 고정 장치
- 110: MEMS 센서
- 120: 고정 모듈
- 121: 포장 노면용 고정 Pin 122: 비포장 노면용 고정 Pin
- 123: 장비 결합용 고정판
- 130: 통신 모듈
- 140: 수평 확인 모듈
- 150: 방위각 확인 모듈
- 200: 복수 장비 연계 허브
- 300: 자료 수집 장치

도면

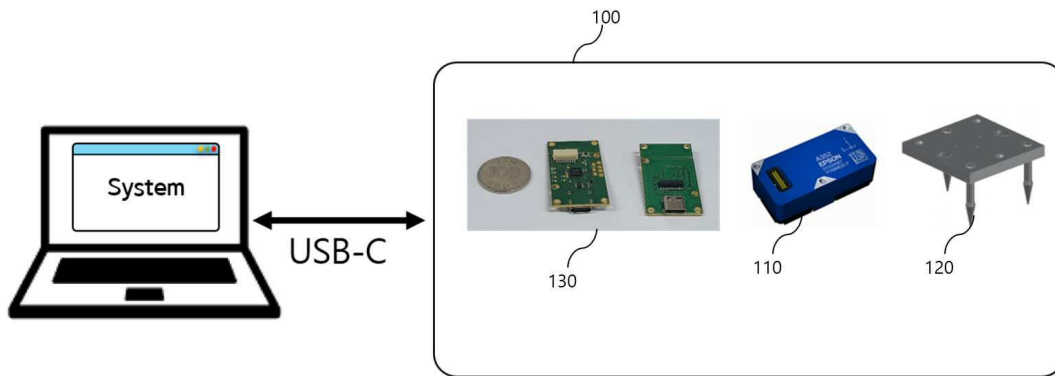
도면1



도면2



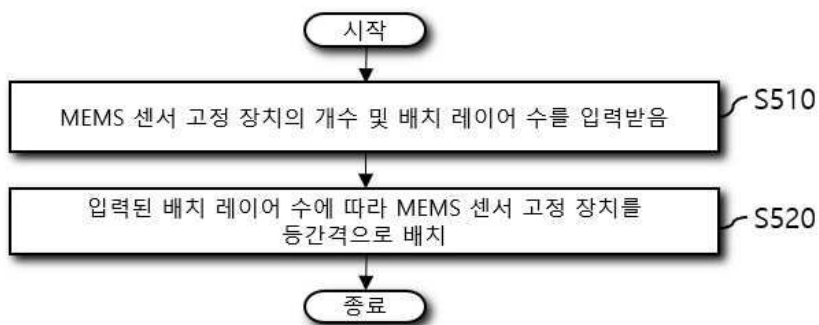
도면3



도면4



도면5



도면6

