(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0085193
(43) 공개일자 2018년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 17/02 (2006.01) *G01N 27/04* (2006.01)
G01N 33/38 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 17/02 (2013.01)
G01N 27/041 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0008520
(22) 출원일자 2017년01월18일
심사청구일자 2017년01월18일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
한양대학교 에리카산학협력단
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
(72) 발명자
김선국
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 전자정보대 516호(서천동)
이한승
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55, 초대형구조실험동 301호(사동, 한양대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

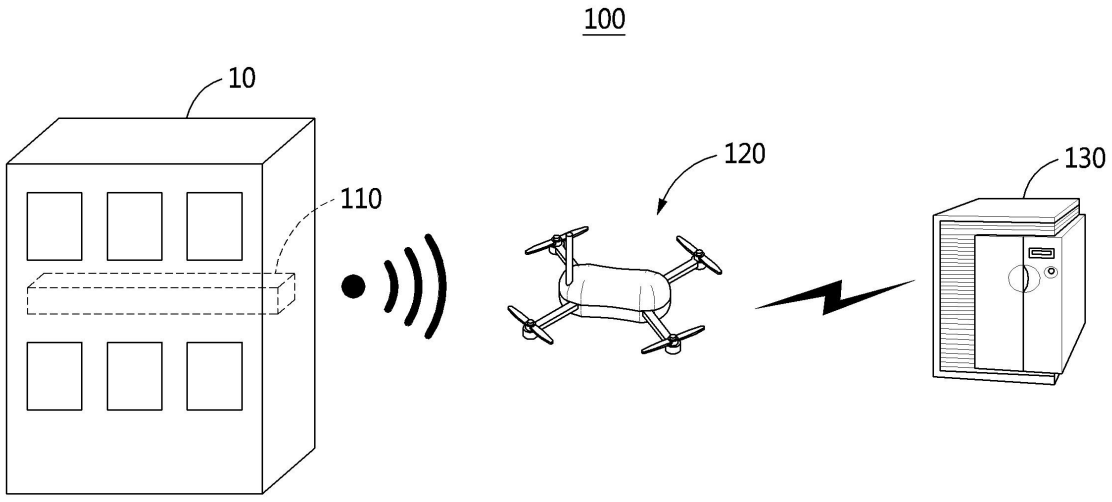
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 콘크리트 구조물에 설치된 다채널 센서 장치로부터 철근 콘크리트 내 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 드론 유닛을 이용하여 계측자가 접근하기 어려운 콘크리트 구조물의 철근 콘크리트 내의 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
G01N 33/383 (2013.01)
(72) 발명자
김도형
울산광역시 동구 화암4길 3, 401호 (방어동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1A5A1037548
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 선도연구센터지원사업
연구과제명 건설구조물 내구성 혁신 연구센터
기 여 율 1/1
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2016.10.17 ~ 2016.10.20

정의현
경기도 용인시 기흥구 보정로 87, 201동 703호(보정동, 죽현마을 아이파크)

명 세 서

청구범위

청구항 1

콘크리트 구조물 내에 매립 설치되어 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링하는 다채널 센서 장치;

상기 콘크리트 구조물 주변 반경에서의 자율 이동을 수행하면서 상기 다채널 센서 장치로부터 측정되는 상기 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신하는 드론 유닛; 및

상기 드론 유닛을 제어하기 위한 제어 커맨드를 송신하며, 상기 드론 유닛으로부터 수신되는 상기 모니터링 데이터를 이용하여 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 외부 서버

를 포함하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다채널 센서 장치는

상기 철근 콘크리트 내에 일 방향으로 매립된 기둥 형상의 바디(body);

상기 바디 상에서 일정 간격으로 이격된 복수의 영역에 배치되고, 각 영역에서 상기 바디의 외부면을 둘러싸도록 배치되어 저항값을 측정하는 복수의 다채널 센서;

상기 복수의 다채널 센서에서 측정된 상기 저항값을 이용하여 상기 철근 콘크리트 내에서 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 모니터링 모듈; 및

상기 바디의 외부면에 배치되고, 상기 모니터링 모듈에서 생성된 상기 모니터링 데이터를 전송하는 통신 모듈

을 포함하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 모니터링 모듈은

상기 복수의 다채널 센서에서 측정된 상기 저항값을 이용하여 각 센서 그룹 별로 평균 저항값을 산출하고, 상기 평균 저항값과 기 저장된 초기 평균 저항값을 비교하여 상기 열화 인자의 침투 여부를 판단하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 모니터링 모듈은

상기 열화 인자의 침투 여부가 감지되면, 상기 바디에서 해당 센서 그룹이 위치하는 영역을 이용하여 상기 열화 인자의 침투 위치를 측정하고, 상기 열화 인자의 침투 위치 별 상기 열화 인자의 침투 소요 시간을 기반으로 상기 열화 인자의 침투 속도를 측정하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 다채널 센서 장치는

상기 복수의 다채널 센서, 상기 모니터링 모듈 및 상기 통신 모듈에 전력을 공급하는 전력 공급 모듈

을 더 포함하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전력 공급 모듈은

외부 전력 공급 장치로부터 무선으로 전력을 수신하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 드론 유닛은

상기 철근 콘크리트 내에 일정 간격으로 이격되어 설치된 상기 다채널 센서 장치의 위치에 따라 이동하며, 상기 다채널 센서 장치로부터 상기 모니터링 데이터와, 위치 정보 및 일련 번호 중 적어도 어느 하나 이상을 수신하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 드론 유닛은

GPS를 이용하여 상기 콘크리트 구조물이 포함된 미리 설정된 지역 내를 자율 이동하도록 구성되는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 드론 유닛의 행동 상태를 감지하여 상기 외부 서버에 드론 상태 정보를 송신하고, 상기 드론 유닛의 복귀를 보조하는 보조 드론 유닛

을 더 포함하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 보조 드론 유닛은

외부 전력 공급 장치를 이용하여 상기 드론 유닛에 무선으로 전력을 송신하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 외부 서버는

상기 드론 상태 정보에 기초하여 상기 드론 유닛 및 상기 보조 드론 유닛을 제어하고, 상기 수신되는 모니터링 데이터에 기초하여 상기 철근 콘크리트를 부식시키는 상기 열화 인자의 침투 위치 및 침투 속도를 모니터링하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템.

청구항 12

철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링할 수 있는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 동작 방법에 있어서,

콘크리트 구조물 주변 반경에서의 자율 이동을 수행하는 드론 유닛으로부터 다채널 센서 장치에 의해 측정된 상기 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신하는 단계; 및

상기 수신되는 모니터링 데이터를 이용하여 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 단계를 포함하되,

상기 다채널 센서 장치는 상기 콘크리트 구조물 내에 매립 설치되어 상기 철근 콘크리트를 부식시키는 상기 열화 인자를 모니터링하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 콘크리트 구조물에 설치된 다채널 센서 장치로부터 철근 콘크리트 내 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의해 우리나라는 1종 및 2종 건축물에 대한 주기적이고 지속적인 진단이 필수적이다.

[0003] 건설교통부가 제시한 건축물 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에는 『건축물의 효과적인 안전 및 유지관리를 위해서는 설계, 시공 및 사용의 각 단계에서의 상세한 관련 정보의 체계적인 관리가 필요하다. 상세 정보의 기록과 자료는 관리주체가 관리하여야 하며, 기록의 갱신은 점검자 및 진단자가 성실히 이행하여야 한다. 관리방법은 원칙적으로 전산화 혹은 마이크로필름화하여 효율성을 높이도록 한다』고 명시되어 있다.

[0004] 최근 ICT 기술과 건축이 융합되면서 M2M 기반의 건축물 안전관리가 뜨거운 감자로 대두되고 있다. M2M 기술이란 Machine to Machine 기술로 MEMS 기술을 이용하여 구조물의 특성을 고감도로 감지하는 캡슐형 임플란트 센서 분야와 노이즈의 크기와 형태를 측정하는 측정분야를 포함한다.

[0005] 이에 따른 M2M 기반의 건축물 안전관리 시스템은 MEMS 기술을 이용하여 측정된 그 계측 값을 분리 추출함으로써 구조물의 현재 및 향후 거동을 예측할 수 있는 고감도 계측 데이터 기반의 안전성 평가 알고리즘 분야, 및 다양한 방법으로 개발된 네트워크 상의 센서 데이터 통합을 위한 지능적 데이터 처리 엔진 기술인 센서네트워크 통합형 프로파일링 프레임워크 시스템 분야 등의 다양한 기술을 통합한다.

[0006] 다만, 기존의 M2M 기반의 건축물 안전관리 시스템은 철근 콘크리트 내부에 침투되는 열화 인자에 관한 정보를 획득 및 측정하기 어렵다는 한계가 존재하였다.

[0007] 일반적으로 철근 콘크리트는 압축에 잘 견디는 콘크리트와 인장에 잘 견디는 철근으로 구성되어 대형 건축물이나 토목 구조물 등에 널리 사용되고 있다.

[0008] 철근 콘크리트 내부에 사용되는 철근은 정상적인 경우에는 콘크리트의 강알칼리 환경에서 부동태 보호 피막을 형성하므로 잘 부식되지 않는다. 그러나, 철근 콘크리트 내의 균열 또는 미세 공극을 통해 염화 이온(Cl^-), 이

상화탄소(CO_2), 황산이온(SO_4^{2-}) 등의 열화 인자가 침투할 경우, 철근이 부식될 수 있다.

[0009] 열화 인자는 철근 콘크리트 내부에 침투되어 소정 시간의 잠복기를 거친 후 철근을 부식시키게 되는데, 철근이 부식되면 부식으로 인한 생성물의 부피가 불어나면서 내부의 압력이 증가하게 되어 철근을 둘러싸고 있는 콘크리트를 파손시킨다.

[0010] 콘크리트가 파손되면 열화 인자들이 철근에 더 쉽게 도달할 수 있으므로 철근의 부식은 더욱 가속화된다. 따라서, 콘크리트 표면에서 균열이나 녹이 발견되었다면, 내부에서 철근의 부식이 상당히 진전되었음을 의미한다. 따라서, 철근 콘크리트 내 열화 인자를 모니터링하여 철근 콘크리트의 부식을 예측하고 조기 발견할 필요가 있다. 특히, 철근 콘크리트의 부식 예측 및 조기 발견은 건물의 보수 및 보강계획을 수립하여 건물의 붕괴를 미연에 방지할 수 있다는 점에서 중요하다 할 수 있다.

[0011] 이런 이유로 철근 콘크리트 내의 열화 인자를 모니터링하기 위한 연구가 계속되고 있으며, 특히, 철근 콘크리트에 영향을 끼치지 않는 비파괴 방식으로 모니터링하기 위한 연구가 진행되고 있다.

[0012] 또한, 계측자가 접근하기 어려운 콘크리트 구조물, 예를 들면, 장대교량 주탑의 상당부, 고층건물 또는 댐 등의 수명이 단축되는 경우, 유지관리 비용의 측면에서 막대한 비용이 발생할 우려가 있으므로, 이러한 콘크리트 구조물을 진단 모니터링하기 위한 연구가 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1658785호, "콘크리트 구조물의 중성화 측정장치, 드론 또는 로봇을 이용한 콘크리트 구조물의 중성화 측정 시스템 및 그 방법"

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1638500호, "드론을 이용한 감시 시스템 및 방법"

(특허문헌 0003) 한국공개특허 제2012-0029303호, "박막 센서를 이용한 콘크리트 부식 손상 측정용 부식탐지기 및 시스템, 이를 이용한 측정 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 실시예들의 목적은 드론 유닛을 이용하여 계측자가 접근하기 어려운 콘크리트 구조물의 철근 콘크리트 내의 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0016] 또한, 본 발명의 실시예들의 목적은 바디의 외부면을 둘러싸도록 배치된 복수의 다채널 센서를 이용하여 철근 콘크리트 내에서 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 실시예들의 목적은 콘크리트 구조물 내에 매립 설치된 복수의 다채널 센서 장치로부터 수집되는 일련번호 및 위치정보에 기초하여 부식된 콘크리트 구조물의 위치, 부식 상태 및 침투 속도를 분석 및 측정할 수 있는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0018] 또한, 본 발명의 실시예들의 목적은 복수의 다채널 센서 장치로부터 수집된 모니터링 데이터를 이용하여 구조물의 부식을 관리하고 내구성을 분석할 수 있는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템은 콘크리트 구조물 내에 매립 설치되어 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링하는 다채널 센서 장치, 상기 콘크리트 구조물 주변 반경에서의 자

율 이동을 수행하면서 상기 다채널 센서 장치로부터 측정되는 상기 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신하는 드론 유닛 및 상기 드론 유닛을 제어하기 위한 제어 커맨드를 송신하며, 상기 드론 유닛으로부터 수신되는 상기 모니터링 데이터를 이용하여 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 외부 서버를 포함한다.

[0020] 상기 다채널 센서 장치는 상기 철근 콘크리트 내에 일 방향으로 매립된 기둥 형상의 바디(body), 상기 바디 상에서 일정 간격으로 이격된 복수의 영역에 배치되고, 각 영역에서 상기 바디의 외부면을 둘러싸도록 배치되어 저항값을 측정하는 복수의 다채널 센서, 상기 복수의 다채널 센서에서 측정된 상기 저항값을 이용하여 상기 철근 콘크리트 내에서 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 모니터링 모듈 및 상기 바디의 외부면에 배치되고, 상기 모니터링 모듈에서 생성된 상기 모니터링 데이터를 전송하는 통신 모듈을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 모니터링 모듈은 상기 복수의 다채널 센서에서 측정된 상기 저항값을 이용하여 각 센서 그룹 별로 평균 저항값을 산출하고, 상기 평균 저항값과 기 저장된 초기 평균 저항값을 비교하여 상기 열화 인자의 침투 여부를 판단할 수 있다.

[0022] 상기 모니터링 모듈은 상기 열화 인자의 침투 여부가 감지되면, 상기 바디에서 해당 센서 그룹이 위치하는 영역을 이용하여 상기 열화 인자의 침투 위치를 측정하고, 상기 열화 인자의 침투 위치 별 상기 열화 인자의 침투 소요 시간을 기반으로 상기 열화 인자의 침투 속도를 측정할 수 있다.

[0023] 상기 다채널 센서 장치는 상기 복수의 다채널 센서, 상기 모니터링 모듈 및 상기 통신 모듈에 전력을 공급하는 전력 공급 모듈을 더 포함할 수 있다.

[0024] 상기 전력 공급 모듈은 외부 전력 공급 장치로부터 무선으로 전력을 수신할 수 있다.

[0025] 상기 드론 유닛은 상기 철근 콘크리트 내에 일정 간격으로 이격되어 설치된 상기 다채널 센서 장치의 위치에 따라 이동하며, 상기 다채널 센서 장치로부터 상기 모니터링 데이터와, 위치 정보 및 일련 번호 중 적어도 어느 하나 이상을 수신할 수 있다.

[0026] 상기 드론 유닛은 GPS를 이용하여 상기 콘크리트 구조물이 포함된 미리 설정된 지역 내를 자율 이동하도록 구성될 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템은 상기 드론 유닛의 행동 상태를 감지하여 상기 외부 서버에 드론 상태 정보를 송신하고, 상기 드론 유닛의 복귀를 보조하는 보조 드론 유닛을 더 포함할 수 있다.

[0028] 상기 보조 드론 유닛은 외부 전력 공급 장치를 이용하여 상기 드론 유닛에 무선으로 전력을 송신할 수 있다.

[0029] 상기 외부 서버는 상기 드론 상태 정보에 기초하여 상기 드론 유닛 및 상기 보조 드론 유닛을 제어하고, 상기 수신되는 모니터링 데이터에 기초하여 상기 철근 콘크리트를 부식시키는 상기 열화 인자의 침투 위치 및 침투 속도를 모니터링할 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링할 수 있는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 동작 방법은 콘크리트 구조물 주변 반경에서의 자율 이동을 수행하는 드론 유닛으로부터 다채널 센서 장치에 의해 측정된 상기 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신하는 단계 및 상기 수신되는 모니터링 데이터를 이용하여 상기 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 단계를 포함한다.

[0031] 여기서, 상기 다채널 센서 장치는 상기 콘크리트 구조물 내에 매립 설치되어 상기 철근 콘크리트를 부식시키는 상기 열화 인자를 모니터링한다.

발명의 효과

[0032] 본 발명의 실시예에 따르면, 드론 유닛을 이용하여 계측자가 접근하기 어려운 콘크리트 구조물의 철근 콘크리트 내의 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 바디의 외부면을 둘러싸도록 배치된 복수의 다채널 센서를 이용하여 철근 콘크리트 내에서 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 콘크리트 구조물 내에 매립 설치된 복수의 다채널 센서 장치로부터 수집되는 일련번호 및 위치정보에 기초하여 부식된 콘크리트 구조물의 위치, 부식 상태 및 침투 속도를 분석 및 측정할

수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 다채널 센서 장치로부터 수집된 모니터링 데이터를 이용하여 구조물의 부식을 관리하고 내구성을 분석할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 구성을 설명하기 위해 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 드론 유닛의 자율 이동의 예를 설명하기 위해 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 나타내는 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 도 3에 도시된 다채널 센서 장치에 이용되는 다채널 센서의 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 다채널 센서 장치가 철근에 부착된 예를 나타낸 도면이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 이용하여 측정된 저항값을 나타내는 그래프이다.

도 10은 $[Cl^-]/[OH^-]$ 비율에 따른 철근 콘크리트 부식도(rate of corrosion)를 나타내는 그래프이다.

도 11은 철근 콘크리트 내 거리에 따른 염화 이온 농도를 나타내는 그래프이다.

도 12는 철근 콘크리트 내 위치에 따른 열화 인자 침투 시간을 나타내는 그래프이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 동작 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0038] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0039] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

[0040] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0041] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0042] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 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.

[0043] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0044] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0046] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 구성을 설명하기 위해 도시한 것이다.

[0047] 도 1a를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)은 콘크리트 구조물(10)에 설치된 다채널 센서 장치(110)로부터 획득된 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 드론 유닛(120)을 통해 수신하고, 수신된 모니터링 데이터를 이용하여 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 외부 서버(130)를 포함한다.

[0048] 도 1a 및 도 1b에 도시된 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)은 구조물(10)을 구성하는 철근 콘크리트에 매립되어 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링하고, 모니터링 데이터에 기반하여 철근 콘크리트의 부식 상태를 관리하며, 구조물의 내구성을 분석한다.

[0049] 일반적으로 철근 콘크리트 부식은 콘크리트 자체의 물리적 특성이 퇴화되는 것을 말하는 것이 아니라, 콘크리트 내부에 보강재로 삽입된 철근 등의 부식을 의미한다.

[0050] 실제 철근 콘크리트가 설치된 후, 일정 시간이 경과되면 노후화되어 파손이 일어나는데, 이러한 원인의 대부분은 콘크리트 내부의 철근 등의 부식으로 인한 것임은 자명한 사항이다. 따라서, 콘크리트의 부식도를 측정하는 것은 그 내부에 삽입된 보강 철근 등의 부식도를 측정하는 것을 의미한다.

[0051] 일반적으로 정상적인 조건에서 콘크리트 내 철근의 부식은 잘 일어나지 않는다. 콘크리트를 구성하는 시멘트에서는 가수분해가 일어나며, 사용된 시멘트의 약 30%가 $Ca(OH)_2$로 변하여 오염되지 않은 시멘트에 의해 완전히 둘러 쌓인 철근은 pH 12 이상의 강한 알칼리성 분위기에 존재하게 된다. 이 경우, 콘크리트 내의 철근 표면에는 철산화물 피막이 매우 얇게 형성되는데, 비록 얇은 피막이라 하더라도 철근 표면의 전극전위를 크게 바꾸어 양극이 되는 것을 저지하여 부식을 방지할 수 있다.

[0052] 그러나, 내재염분 및 외래염분으로 인하여 콘크리트 내에 염화 이온(Cl^-) 또는 황산이온(SO_4^{2-})이 존재하게 되거나, 콘크리트 미세 공극 내의 수산화칼슘과 공기중의 이산화탄소(CO_2)가 반응하여 콘크리트 내의 알칼리도를 떨어뜨리게 될 경우, 중성화 또는 탄산화가 발생하여 위와 같은 철 +3의 부동태 피막이 파괴되면서 철근이 부식된다. 이 같이, 염화 이온(Cl^-), 이산화탄소(CO_2), 황산이온(SO_4^{2-}) 등의 열화 인자는 철근 콘크리트에 침투하여 부동태 피막을 파괴할 때까지 잠복기를 거치게 된다. 따라서, 철근 콘크리트의 부식이 상당히 진행되기 전에 부식을 예측하고 조기 발견하기 위하여 열화 인자를 모니터링하는 것이 중요하다.

[0053] 본 발명의 실시예에서는 다채널 센서 장치(110)를 이용하여 철근 콘크리트 내의 열화 인자를 모니터링할 수 있다. 구체적으로, 다채널 센서 장치(110)는 열화 인자가 철근 콘크리트 내에 침투되었는지 여부와, 열화 인자가 어디까지 침투되었는지, 어느 정도의 속도로 침투되었는지 등을 포함하는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

[0054] 또한, 부식 상태에 따른 보수 및 보강 작업의 필요성을 판단하기 위하여 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 철근 콘크리트 외부 또는 콘크리트 구조물 외부에 존재하는 외부 서버(130)로 전송하는 것이 필수적이다.

[0055] 기존의 모니터링 데이터 전송 기술들은 센서 장치에 구비된 별도의 안테나 또는 AP(Access Point)를 이용하여 모니터링 데이터를 전송하였다. 그러나, 별도의 안테나는 무선 신호 전송을 위하여 철근 콘크리트 벽면을 통해 노출되어야 하고, 철근 콘크리트에 의한 신호 세기 저하 및 주파수 대역 쉬프트가 발생하며, AP는 내벽 배선을 필요로 한다.

[0056] 따라서, 철근 콘크리트 내 열화 인자의 침투 상태를 정확히 파악하고, 모니터링 데이터의 무선 전송이 용이한 형태의 진단 모니터링 시스템 기술이 필요하다.

[0057] 도 1a을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)은 다채널 센서 장치(110), 드론 유닛(120) 및 외부 서버(130)를 포함한다.

[0058] 다채널 센서 장치(110)는 콘크리트 구조물(10) 내에 매립 설치되어 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링한다.

[0059] 콘크리트 구조물(10)은 예를 들면, 장대교량 주탑의 상당부, 고층건물, 건축물, 건물 또는 댐 등일 수 있으나, 이에 한정되지 않으며 철근 콘크리트를 사용한 구조물이면 가능하다.

[0060] 예를 들면, 다채널 센서 장치(110)는 철근 콘크리트 내에 일 방향으로 매립된 기둥 형상의 바디(body), 바디 상에서 일정 간격으로 이격된 복수의 영역에 배치되고, 각 영역에서 바디의 외부면을 둘러싸도록 배치되어 저항값을 측정하는 복수의 다채널 센서, 복수의 다채널 센서에서 측정된 저항값을 이용하여 철근 콘크리트 내에서 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는 모니터링 모듈, 및 바디의 외부면에 배치되고, 모니터링 모듈에서 생성된 모니터링 데이터를 전송하는 통신 모듈을 포함할 수 있다.

[0061] 상기 모니터링 모듈은 복수의 다채널 센서에서 측정된 저항값을 이용하여 각 센서 그룹 별로 평균 저항값을 산출하고, 평균 저항값과 기 저장된 초기 평균 저항값을 비교하여 열화 인자의 침투 여부를 판단할 수 있다.

[0062] 예를 들면, 상기 모니터링 모듈은 열화 인자의 침투 여부가 감지되면, 바디에서 해당 센서 그룹이 위치하는 영역을 이용하여 열화 인자의 침투 위치를 측정하고, 열화 인자의 침투 위치 별 열화 인자의 침투 소요 시간을 기반으로 열화 인자의 침투 속도를 측정할 수 있다.

[0063] 또한, 다채널 센서 장치(110)는 복수의 다채널 센서, 모니터링 모듈 및 통신 모듈에 전력을 공급하는 전력 공급 모듈을 더 포함할 수 있다.

[0064] 상기 전력 공급 모듈은 외부 전력 공급 장치로부터 무선으로 전력을 수신할 수 있다.

[0065] 이하의 도 3 내지 도 7을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치(110)를 상세히 설명하기로 한다.

[0066] 드론 유닛(120)은 콘크리트 구조물(10) 주변 반경에서의 자율 이동을 수행하면서 다채널 센서 장치(110)로부터 측정되는 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신한다.

[0067] 도 1b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)의 드론 유닛(120)은 철근 콘크리트 내에 일정 간격으로 이격되어 설치된 다채널 센서 장치(110)의 위치에 따라 이동하며, 다채널 센서 장치(110)로부터 모니터링 데이터와, 위치 정보 및 일련 번호 중 적어도 어느 하나 이상을 수신할 수 있다.

[0068] 예를 들면, 드론 유닛(120)은 콘크리트 구조물(10) 내에 매립되어 설치된 복수 개의 다채널 센서 장치(110_1, 110_2,…, 110_n)의 위치에 따른 트래킹 라인에 따라 이동하며 다채널 센서 장치(110)로부터 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신할 수 있다. 또한, 드론 유닛(120)은 다채널 센서 장치(110)의 위치 정보와 장치 각각에 부여된 일련 번호를 수신할 수 있으며, 각 센서 그룹 별 그룹 정보를 수신할 수 있다.

[0069] 실시예에 따라서, 드론 유닛(120)은 콘크리트 구조물(10) 내의 통신 모듈과 근거리 무선통신을 수행할 수 있다. 통신 모듈은 드론 유닛(120)이 근거리 무선통신이 가능한 통신반경 이내로 접근할 경우, 다채널 센서 장치(110)를 측정 온(on) 상태로 전환시킬 수 있는 제어신호를 드론 유닛(120)으로부터 수신하거나 다채널 센서 장치(110)에 의해 측정된 모니터링 데이터를 전송할 수 있도록 드론 유닛(120)과 근거리 무선통신을 수행할 수 있다.

[0070] 예를 들면, 통신 모듈은 근거리 무선통신모듈로서, RFID(Radio Frequency Identification), 비콘(Beacon), 블루투스(Bluetooth) 또는 지그비(Zigbee) 모듈일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0071] 드론 유닛(120)은 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 콘크리트 구조물이 포함된 미리 설정된 지역 내를 자율 이동하도록 구성될 수 있다.

[0072] 예를 들면, 드론 유닛(120)은 미리 설정된 지역 내를 순찰하도록 자율 이동을 수행할 수 있다. 드론 유닛(120)은 거리 감지 센서를 이용하여 사물을 파악하고 충돌을 피하면서 설정된 지역 내를 비행하고, 위성을 통한 GPS를 이용하여 설정된 지역을 벗어나지 않도록 자율 이동을 수행할 수 있다.

[0073] 또한, 드론 유닛(120)은 지역을 순찰하면서 적외선 카메라, RGB 카메라, 음성 인식 센서 등을 이용하여 지역 내의 사람이나 동물 및 환경 상황 등을 감시하고, 기준치 이상의 크기나 주파수를 가진 소리를 인식하여 위치 상

황을 검출할 수도 있다.

[0074] 드론 유닛(120)에 의해 획득된 모니터링 데이터는 유선 및/또는 무선 네트워크를 통하여 외부 서버(130)에 전송될 수 있다. 한편, 드론 유닛(120)은 평상시에는 자율 이동을 하지만, 외부 서버(130)로부터 수신되는 제어 커맨드에 따라 관리자(또는 건물주, 계측자, 사용자) 명령에 의해 주행할 수도 있다.

[0075] 실시예에 따라서, 드론 유닛(120)은 하나 이상의 센서를 이용하여 콘크리트 구조물(10) 주변 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어, 드론 유닛(120)에 구비된 센서는 적외선 카메라, RGB 카메라, 마이크를 포함하는 음성 인식 센서, 음파 등을 이용한 레이더(radar), 거리 감지 및 충돌 방지 센서, 고도 감지 및 조절 센서 등일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0076] 다른 실시예에 따라서, 드론 유닛(120)은 콘크리트 구조물(10) 부근의 영상 및 주변 정보를 획득하여 주변 환경의 급격한 변화, 예컨대, 사물의 변화나, 인체/사물의 급격한 움직임 등을 측정하고, 변화된 정도가 사전에 설정된 기준치를 넘을 경우 현재 상황이 위기 상황에 해당하는 것으로 결정하고, 외부 서버(130)에 긴급 정보를 송신할 수 있다.

[0077] 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)은 드론 유닛(120)의 행동 상태를 감지하여 외부 서버에 드론 상태 정보를 송신하고, 드론 유닛(120)의 복귀를 보조하는 보조 드론 유닛(121)을 포함할 수 있다.

[0078] 보조 드론 유닛(121)은 외부 전력 공급 장치를 이용하여 드론 유닛(120)에 무선으로 전력을 송신할 수 있다.

[0079] 예를 들면, 드론 유닛(120)은 하나 이상의 보조 드론 유닛(121)과 통신을 수행할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0080] 구체적으로, 드론 유닛(120)은 드론 유닛(120)의 에너지 잔량을 자체적으로 감지하고, 감지한 결과에 기초하여 하나 이상의 보조 드론 유닛(121)을 호출하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 드론 유닛(120)의 에너지 잔량 및 드론 유닛(120)과 충전기지(미도시) 사이의 거리를 계산하고, 에너지 잔량으로부터 충전기지까지의 복귀에 소요되는 에너지 만큼을 제외한 후 나머지가 미리 설정된 문턱값 이하일 경우 보조 드론 유닛(121)을 호출할 수 있다.

[0081] 호출된 보조 드론 유닛(121)이 드론 유닛(120)에 근접하면, 보조 드론 유닛(121)은 외부 전력 공급 장치를 이용하여 드론 유닛(120)에 무선으로 전력을 송신할 수 있다. 다만 또 다른 예로, 드론 유닛(120)은 충전기지로 복귀하여 대기 및 충전을 수행하고 호출된 보조 드론 유닛(121)이 드론 유닛(120)의 동작을 이어받아 수행할 수도 있다.

[0082] 도 1b에 도시된 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)의 수는 단지 예시적인 것이며, 2대 이상의 드론 유닛을 이용하여 전술한 교대 방식으로 동작을 수행함으로써, 콘크리트 구조물(10)에 대한 감시가 중단되는 일 없이 24시간 감시 체계를 유지할 수 있다.

[0083] 다른 실시예에 따라서, 보조 드론 유닛(121)은 드론 유닛(120)의 고장 및 구조물에 끼이는 상태를 감지하고, 드론 유닛(120)의 상태 정보를 외부 서버(130)로 전송할 수 있다.

[0084] 다시 도 1a를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템(100)의 외부 서버(130)는 드론 유닛(120)을 제어하기 위한 제어 커맨드를 송신하며, 드론 유닛(120)으로부터 수신되는 모니터링 데이터를 이용하여 열화 인자의 침투 상태를 모니터링한다.

[0085] 외부 서버(130)는 드론 상태 정보에 기초하여 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)을 제어하고, 수신되는 모니터링 데이터에 기초하여 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 위치 및 침투 속도를 모니터링할 수 있다.

[0086] 예를 들면, 외부 서버(130)는 유선 및/또는 무선 네트워크를 통하여 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)과 데이터를 송수신하면서, 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)을 제어하기 위한 제어 커맨드를 전송하거나 모니터링 데이터와, 위치 정보 및 일련 번호 등의 정보를 수신할 수 있다.

[0087] 또 다른 예로, 외부 서버(130)는 드론 유닛(120) 또는 보조 드론 유닛(121)이 위기 상황을 검출하였거나, 드론 유닛(120)의 고장 또는 끼임 등의 긴급 상태 정보를 획득하였을 경우, 해당 드론 유닛(120) 및 해당 드론 유닛(120) 부근에 위치하는 보조 드론 유닛(121)과 긴급 정보를 송수신할 수도 있다.

[0088] 이에 따른 외부 서버(130)는 위기 상황 또는 긴급 상태 정보에 따른 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)의

작동을 제어하는 제어 커맨드를 드론 유닛(120) 및 보조 드론 유닛(121)에 송신할 수 있으며, 외부 관제 센터(또는 외부 관제 서버)로 도움을 요청할 수도 있다.

[0089] 외부 서버(130)는 복수의 다채널 센서 장치(110)로부터 모니터링 데이터를 수집하여 콘크리트 구조물(10)의 각 지점에서 열화 인자의 침투 상태를 관리하고, 열화 인자의 침투 상태로부터 부식 상태 및 콘크리트 구조물(10)의 내구성을 분석할 수 있다.

[0090] 실시예에 따라서, 외부 서버(130)는 모바일 장치로, 개인이 소지한 스마트폰이나 부식 상태 검침용 장치가 될 수 있고, 서버로서 구조물의 관리 사무소 또는 부식 상태를 집중 관리하는 사설 기관이나 국가 기관에서 운영하는 서버일 수도 있다.

[0091] 구체적으로, 외부 서버(130)는 모니터링 데이터가 수집되면, 모니터링 데이터를 기반으로 철근 콘크리트에 대한 부식 상태를 분석하고 콘크리트 구조물(10)의 내구성을 분석할 수 있다. 모니터링 데이터는 철근 콘크리트 내 열화 인자의 침투 위치 및 열화 인자의 침투 속도를 포함하는 것으로, 침투 위치 및 침투 속도를 이용하여 철근 콘크리트의 부식 상태에 대한 단계를 산출할 수 있다.

[0092] 예를 들어, 외부 서버(130)는 "상, 중, 하" 또는 "높음, 낮음" 또는 "5, 4, 3, 2, 1" 등으로 철근 콘크리트의 부식 상태를 분석하여 건물주 또는 관리자에게 통지할 수 있으며, 보수 및 보강에 대한 필요 여부를 안내할 수 있다.

[0093] 실시예에 따라서, 외부 서버(130)은 콘크리트 구조물(10)의 건축 연도 또는 경과 년 수에 따른 부식 상태를 고려하여 구조물의 내구성 등급을 평가할 수 있다. 구조물의 내구성은 건축법에 따른 평가 방식을 이용하거나, 시설 안전 관리 기관에서 정한 평가 방식을 따르는 것이 바람직하다.

[0094] 또한, 외부 서버(130)는 분석된 부식 상태 및 구조물의 내구성에 기반하여 콘크리트 구조물의 수명을 평가할 수 있어 재건축 시기를 제공하거나, 건물 붕괴와 같은 사고를 사전에 대처할 수 있도록 유도할 수 있다.

[0096] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 드론 유닛의 자율 이동의 예를 설명하기 위해 도시한 것이다.

[0097] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템 내의 드론 유닛(220)은 초기 지점(210)에서 콘크리트 구조물인 목표 지점(230)까지 GPS를 통해 이동하며, 어느 정도 목표 지점(230)에 도달하면 라인트레이싱 기술을 이용하여 트레킹 라인을 따라 다채널 센서 장치(110)가 설치된 위치를 이동하며 모니터링 데이터를 획득한다. 이후, 드론 유닛(220)은 데이터 획득을 끝마치면 다시 GPS를 통해 초기지점(210)으로 돌아간다.

[0099] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 나타내는 도면이다.

[0100] 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 다채널 센서 장치(300)는 열화 인자가 철근 콘크리트 내에 침투되었는지 여부와, 열화 인자가 어디까지 침투되었는지, 어느 정도의 속도로 침투되었는지 등을 포함하는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

[0101] 도 3에 도시된 다채널 센서 장치(300)는 기둥 형상의 바디(body)(310), 복수의 다채널 센서(320) 및 모니터링 모듈(330)을 포함할 수 있다.

[0102] 바디(310)는 유전율이 큰 물질로 이루어지며, 사각 기동 또는 원기둥 형상을 가질 수 있다. 바디(310)는 다양한 다각 기둥의 형상을 가질 수도 있으나, 철근 콘크리트 내에 매립이 용이하도록 사각 기둥인 것이 바람직하다.

[0103] 복수의 다채널 센서(320)는 철근 콘크리트 내에서 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하는데 이용될 저항값을 측정하는 단자를 포함한다. 또한, 복수의 다채널 센서(320)는 바디(310) 상에 일정 간격으로 이격된 복수의 영역에 배치되고, 각 영역에서 바디(310)의 외부면을 둘러싸도록 배치된다.

[0104] 도 3을 참조하면, 바디(310) 상에는 일정 간격으로 이격된 제1 내지 제4 영역(320a, 320b, 320c, 320d)이 있다.

[0105] 복수의 다채널 센서(320)는 제1 내지 제4 영역(320a, 320b, 320c, 320d)에서 바디(310)의 외부면을 둘러싸도록 배치될 수 있다. 도 3에서와 같이 바디(310)가 사각 기둥인 경우, 바디(310)에서 제1 영역(320a)의 사면을 둘

러싸도록 4개의 다채널 센서(320)가 배치될 수 있다.

[0106] 제1 영역(320a)에 배치된 4개의 다채널 센서(320)는 제1 영역(320a)에서 열화 인자에 따른 저항값을 측정하는 제1 센서 그룹이 될 수 있다. 이와 마찬가지로, 바디(310)에서 제2 영역(320b)의 사면을 둘러싼 4개의 다채널 센서(320)는 제2 영역에서 열화 인자에 따른 저항값을 측정하는 제2 센서 그룹이 될 수 있으며, 바디(310)에서 제3 영역(320c)의 사면을 둘러싼 4개의 다채널 센서(320)는 제3 영역에서 열화 인자에 따른 저항값을 측정하는 제3 센서 그룹이 될 수 있다. 그리고, 바디(310)에서 제4 영역(320d)의 사면을 둘러싼 4개의 다채널 센서(320)는 제4 영역에서 열화 인자에 따른 저항값을 측정하는 제4 센서 그룹이 될 수 있다.

[0107] 이하에서는 도 4a 및 도 4b를 참조하여 다채널 센서(320)의 구조에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0109] 도 4a 및 도 4b는 도 3에 도시된 다채널 센서 장치에 이용되는 다채널 센서의 구조를 나타내는 도면이다.

[0110] 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서(320)는 복수의 채널(321)과 채널들의 저항값을 측정할 수 있는 2개의 단자(322)를 포함한다.

[0111] 다채널 센서(320)는 PET(polyester) 기판 상에 철(Fe)로 이루어진 금속 박막을 증착시킨 후 패터닝하여 제조된다. 여기서, 금속 박막은 500nm 두께로, 보다 작은 양의 염화 이온(Cl^-), 이산화탄소(CO_2), 황산이온(SO_4^{2-}) 등의 침투로 인한 저항값 변화를 측정할 수 있어 센서 민감도를 향상시킨다.

[0112] 다채널 센서(320)는 세로 약 3cm, 가로 약 3cm일 수 있다. 그러나, 다채널 센서(320)의 사이즈는 이에 한정되지 않으며 3cm보다 더 작거나 더 클 수 있다. 다만, 다채널 센서(320)의 세로와 가로의 길이 비율은 100 이하인 것이 바람직하다.

[0113] 철근 콘크리트 내에 열화 인자가 침투할 경우, 다채널 센서(320)의 저항값이 변하게 된다.

[0114] 도 4b를 참조화면, 다채널 센서(320)에서 2개의 단자(322) 각각에 저항값 전달을 위한 전선(324)이 연결되어 있으며, 전선(324)은 카본 테이프와 같은 전도성 테이프(323)에 의해 각 단자(322)에 고정될 수 있다.

[0115] 한편, 다채널 센서(320)가 손상되는 것을 방지하기 위하여, 다채널 센서(320)는 음이온 교환막(325) 또는 그 외 다른 보호막으로 씰링될 수 있다.

[0117] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치(300)의 모니터링 모듈(330)은 복수의 다채널 센서(320)에 포함된 단자(322)로부터 측정된 저항값을 이용하여 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다. 여기서 침투 상태 란, 열화 인자의 침투 여부, 열화 인자의 침투 위치 및 열화 인자의 침투 속도를 포함할 수 있다.

[0118] 모니터링 모듈(330)은 바디(310)에 배치될 수 있으나, 이에 한정되지 않으며, 각 다채널 센서(320)와 연결된 전선(324)은 철근 콘크리트를 향해 매립되고, 모니터링 모듈(330)은 철근 콘크리트 외부에 유출되는 형태로 배치될 수도 있다.

[0119] 모니터링 모듈(330)은 각 다채널 센서(320)와 연결된 전선(324)을 통해 저항값을 수신할 수 있다. 이때, 모니터링 모듈(330)은 복수의 다채널 센서들(320)의 각 센서 그룹을 식별하여 각 센서 그룹에 포함된 다채널 센서들(320)의 평균 저항값을 산출할 수 있다.

[0120] 또한, 모니터링 모듈(330)은 모니터링 모듈(330) 내에 기 저장된 초기 평균 저항값과, 각 센서 그룹 별 평균 저항값을 비교하여 철근 콘크리트 내 열화 인자의 침투 여부를 판단할 수 있다. 여기서, 초기 평균 저항값은 다채널 센서 장치(300) 제조시, 열화 인자에 의한 영향을 전혀 받지 않은 상태에서 각 센서 그룹에 포함된 다채널 센서들(320)의 평균 저항값을 측정한 값이 될 수 있다.

[0121] 예를 들어, 제1 센서 그룹에 포함된 다채널 센서들(320)의 평균 저항값이 초기 저항값보다 클 경우, 모니터링 모듈(330)은 제1 센서 그룹에 열화 인자가 침투한 것으로 판단할 수 있고, 초기 평균 저항값과의 차이가 클수록 열화 인자의 침투 정도(또는 침투 농도)가 심각한 것으로 판단할 수 있다. 참고로, 측정된 평균 저항값과 초기 평균 저항값의 차이에 따라 침투 정도(또는 침투 농도)를 수치화하여 판단할 수 있다.

[0122] 이 같이, 바디(310)에서 제1 내지 제4 영역을 둘러싸는 복수의 다채널 센서(320)를 통해 열화 인자의 침투 여부

를 측정하기 때문에, 동일 영역에서 발생하는 열화 인자의 침투 여부를 세분화하여 보다 정확히 감지할 수 있다. 예를 들어, 바디(310)에서 제1 영역 중 어느 한 면에 1개의 다채널 센서가 배치될 경우, 나머지 3면에서는 열화 인자의 침투 여부를 감지할 수 없다.

[0123] 한편, 모니터링 모듈(330)은 각 센서 그룹 중 적어도 어느 하나의 센서 그룹에서 열화 인자의 침투 여부가 감지되면, 바디(310)에서 해당 센서 그룹이 위치하는 영역을 이용하여 열화 인자의 침투 위치를 측정할 수 있다.

[0124] 예를 들어, 제1 및 제2 영역(320a, 320b)에 배치된 제1 및 제2 센서 그룹의 평균 저항값이 초기 평균 저항값과 다르고, 제3 및 제4 영역(320c, 320d)에 배치된 제3 및 제4 센서 그룹의 평균 저항값이 초기 평균 저항값과 동일한 경우, 모니터링 모듈(330)은 제2 영역(320b)까지 열화 인자가 침투한 것으로 판단할 수 있다. 즉, 열화 인자의 침투 위치를 제2 영역(320b)으로 측정할 수 있다.

[0125] 모니터링 모듈(330)은 각 센서 그룹 중 적어도 어느 하나의 센서 그룹에서 열화 인자의 침투 위치가 측정되면, 열화 인자의 침투 위치 별 열화 인자의 침투 소요 시간을 기반으로 열화 인자의 침투 속도를 측정할 수 있다.

[0126] 예를 들어, 열화 인자의 침투 위치가 제2 영역이고, 열화 인자가 제2 영역까지 침투하는데 소요된 시간(즉, 침투 소요 시간)이 30일인 경우, 제2 영역까지의 길이와, 30일의 시간을 이용하여 열화 인자의 침투 속도를 측정할 수 있다.

[0127] 도 3에 도시된 다채널 센서 장치(300)에 따르면, 복수의 영역 별로 바디의 외부면을 둘러싼 복수의 다채널 센서를 이용하여 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 상태를 측정할 수 있다.

[0128] 한편, 다채널 센서 장치(300)는 복수의 다채널 센서(320), 모니터링 모듈(330) 및 통신 모듈(미도시)에 전력을 공급하는 전력 공급 모듈(미도시)를 포함하며, 전력 공급 모듈은 다채널 센서 장치(300)에 내장될 수도 있으나, 철근 콘크리트 외부에 유출되는 형태로 배치될 수도 있다.

[0130] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 나타내는 도면이다.

[0131] 도 5에 도시된 다채널 센서 장치(500)는 기둥 형상의 바디(body)(510), 복수의 다채널 센서(520) 및 모니터링 모듈(530)을 포함하며, 도 3에 도시된 다채널 센서 장치(300)와 바디(510) 형상만 다를 뿐, 다채널 센서(520) 및 모니터링 모듈(530)의 동작은 동일하므로, 그와 관련된 구체적인 설명은 생략한다.

[0132] 바디(510)는 유전율이 큰 물질로 이루어지며, 원기둥 형상을 가질 수 있다.

[0133] 바디(510) 상에는 일정 간격으로 이격된 제1 내지 제4 영역(521, 522, 523, 524)이 있으며, 원기둥 바디(510)에서 제1 내지 제4 영역(521, 522, 523, 524) 각각을 둘러싸도록 3개 이상의 다채널 센서(520)이 배치될 수 있다.

[0135] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0136] 도 6을 참조하면, 다채널 센서 장치(600)는 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링하고, 열화 인자의 침투 상태로부터 열화 인자에 따른 부식 상태 정보를 생성할 수 있다.

[0137] 이에 따른, 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치(600)는 복수의 다채널 센서(610), 모니터링 모듈(620) 및 통신 모듈(630)을 포함한다. 복수의 다채널 센서(610), 모니터링 모듈(620) 및 통신 모듈(630)과, 전력 공급 모듈(640)은 도 3 및 도 5에 도시된 바디(310, 510) 상에 배치될 수 있다.

[0138] 복수의 다채널 센서(610) 및 모니터링 모듈(620)의 동작은 도 3 및 도 5에 도시된 구성들과 동일하므로, 구체적인 설명은 생략한다.

[0139] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치(600)는 모니터링 모듈(620) 및 통신 모듈(630) 사이에 정보 생성 모듈(미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0140] 정보 생성 모듈은 모니터링 모듈(620)에서 측정된 열화 인자의 침투 위치 및 침투 속도를 이용하여 열화 인자에 따른 부식 상태 정보를 생성할 수 있다. 열화 인자의 침투 위치가 콘크리트 구조물 내부에 가까워질수록, 또는 열화 인자의 침투 속도가 빠를수록 부식 가능성이 크므로, 열화 인자의 침투 위치 열화 인자의 침투 속도를 이용하여 부식 상태에 대한 단계를 산출할 수 있다.

[0141] 예를 들어, 정보 생성 모듈은 부식 단계를 "상, 중, 하" 또는 "높음, 낮음" 또는 "5, 4, 3, 2, 1" 등으로 판단

하여 부식 상태 정보를 생성할 수 있다.

[0142] 부식 상태 정보는 다채널 센서 장치(600)가 매립된 콘크리트 구조물의 식별 보, 다채널 센서 장치(600)의 식별 정보 및 위치 정보, 부식 단계를 포함할 수 있다.

[0143] 다만, 정보 생성 모듈의 구성 및 동작은 모니터링 모듈(620)에 의해 수행될 수 있다.

[0144] 통신 모듈(630)은 유선 또는 무선 통신 방식으로 부식 상태 정보를 외부 서버(외부의 부식 관리 서버 또는 건물 관리 서버)로 전송할 수 있다. 따라서, 외부 서버는 부식 상태 정보를 수신하여 콘크리트 구조물의 부식을 예측하고 조기 발견하여 보수 및 보강 계획을 수립할 수 있다.

[0145] 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치(600)는 복수의 다채널 센서(610), 모니터링 모듈(620) 및 통신 모듈(630)에 전력을 공급하는 전력 공급 모듈(640)을 더 포함할 수 있다.

[0146] 전력 공급 모듈(640)은 외부 전력 공급 장치로부터 무선을 전력을 수신할 수 있으며, 수신된 전력을 복수의 다채널 센서(610), 모니터링 모듈(620) 및 통신 모듈(630) 중 적어도 어느 하나 이상에 공급할 수 있다.

[0148] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 다채널 센서 장치가 철근에 부착된 예를 나타낸 도면이다.

[0149] 도 7을 참조하면, 철근(720)으로 보강된 콘크리트(710) 내에 도 1에 도시된 다채널 센서 장치(110)가 일 방향으로 매립될 수 있다. 이 같이 다채널 센서 장치(110)가 철근(720)에 부착되면, 철근(720) 상에 시멘트 몰탈을 붓고 양생 작업을 거쳐 철근 콘크리트를 완성하게 된다. 여기서, 다채널 센서 장치(110)는 철근(720) 상에 부착되어 콘크리트 구조물의 내부 벽면에 수직한 방향으로 위치될 수 있다.

[0150] 다채널 센서 장치(110)는 철근(720)에 부착된 위치에서 열화 인자가 침투되었는지를 판단할 수 있고, 열화 인자가 어디까지 침투되었는지, 어느 정도의 속도로 침투되었는지 등을 포함하는 열화 인자의 침투 상태를 모니터링할 수 있다.

[0151] 다채널 센서 장치(110)는 모니터링 결과인 열화 인자의 침투 상태를 내부 통신 모듈을 통해 외부로 전송할 수 있으며, 철근에 부착된 통신 모듈(예를 들어, RFID 태그)(730)를 통해 외부로 전송할 수도 있다.

[0152] 도 7에 도시된 다채널 센서 장치(110)는 비파괴 방식으로 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 상태를 정확히 모니터링하기 때문에, 콘크리트 구조물의 부식을 예측하고 조기 발견하여 철근 콘크리트 부식으로 인한 건물 붕괴를 미연에 방지할 수 있다.

[0154] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 다채널 센서 장치를 이용하여 측정된 저항값을 나타내는 그래프이다.

[0155] 도 8은 pH 7 환경에서 염분 농도(NaCl)를 달리하여 시간에 따른 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)를 측정한 그래프이다. 여기서, 다채널 센서는 보호막에 의해 씰링되지 않은 센서를 포함하는 제1 다채널 센서 장치와, 보호막에 의해 씰링된 센서를 포함하는 제2 다채널 센서 장치가 이용되었다.

[0156] 먼저, 제1 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)를 살펴보면, 제1 다채널 센서 장치는 0.3M NaCl, 0.6M NaCl 및 0.9M NaCl에서 6시간 내에 모두 100 이상의 저항 변화(R/R_0)를 나타낸다. 특히, 제1 다채널 센서 장치는 0.6M NaCl에서 8시간 내에 600 이상의 저항 변화(R/R_0)를 나타냄, 0.9M NaCl에서는 6시간 내에 600 이상의 저항 변화(R/R_0)를 나타낸다. 이 같이 제1 다채널 센서 장치는 저항 측정에 있어서 염분 농도에 영향을 받는 것으로, 센서가 보호막으로 씰링되지 않은 상태에서는 염분과 같은 요인에 의해 손상되거나 센서 정확도가 떨어질 수 있음을 의미한다.

[0157] 한편, 제2 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)를 살펴보면, 제2 다채널 센서 장치는 0.3M NaCl, 0.6M NaCl 및 0.9M NaCl에서 8시간 경과 후에도 100 미만의 저항 변화(R/R_0)를 갖는다. 특히, 제2 다채널 센서 장치는 0.3M NaCl에서 12시간 경과 후에도 100 미만의 저항 변화(R/R_0)를 나타내는 것으로, 제1 다채널 센서 장치에 비해 현저히 낮은 저항 변화(R/R_0)를 나타낸다. 이는 제2 다채널 센서 장치에 포함된 센서가 보호막에 의해 씰링되어 염분에 의한 손상이 방지되기 때문으로, 센서 정확도가 향상될 수 있음을 의미한다.

[0158] 도 9는 pH 12 환경에서 염분 농도(NaCl)을 달리하여 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)를 측정한 그래프이다. 여기서, 다채널 센서는 보호막에 의해 씰링된 센서를 포함한다.

[0159] 도 9는 pH 12 환경에서 염분 농도를 0, 0.15M NaCl, 0.3M NaCl, 0.45M NaCl, 0.6M NaCl, 0.75M NaCl, 0.9M NaCl으로 하여 시간에 따른 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)를 측정한 그래프이다.

[0160] 다채널 센서 장치는 0, 0.15M NaCl, 0.3M NaCl 및 0.45M NaCl에서 50시간 경과 후에도 5 미만의 저항 변화(R/R_0)를 나타낸다. 또한, 0.6M NaCl, 0.75M NaCl 및 0.9M NaCl에서는 50시간 경과 후에 저항 변화(R/R_0)가 증가하기는 하나, 10 전후의 값을 나타낸다. 이는 도 8에서 다른 조건은 동일하되 pH 환경만을 달리하여 측정한 제2 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)와 비교하더라도, 그 값이 현저히 낮은 것을 알 수 있다.

[0161] 이 같이 도 9에서 다채널 센서 장치의 저항 변화(R/R_0)가 상대적으로 작게 나타나는 것은 pH 12의 강한 알칼리성 환경에서 다채널 센서 장치 상에 철산화물 피막이 형성되어 부식이 방지되기 때문으로 이해될 수 있다. 다만, 시간이 흘러 다채널 센서 장치 주변의 알칼리도가 떨어질 경우에는 철산화물 피막이 파괴되어 염분에 의한 저항 변화가 나타날 수 있다.

[0163] 도 10은 $[Cl^-]/[OH^-]$ 비율에 따른 철근 콘크리트 부식도(rate of corrosion)를 나타내는 그래프이다.

[0164] 보다 상세하게는 공극수 내에 NaCl을 혼입한 용액의 $[Cl^-]/[OH^-]$ 비율을 0에서 0.15, 0.3, 0.45, 0.6, 0.75, 0.9까지 조절하였다. 이 용액에 철근 콘크리트를 침지시킨 후 철근 콘크리트 부식도를 측정하였다.

[0165] 도 10을 참조하면, $[Cl^-]/[OH^-]$ 비율이 높아질수록 철근 콘크리트 부식도가 증가하는 양상을 나타내는 것으로, $[Cl^-]/[OH^-]$ 비율 상승이 철근 콘크리트 부식에 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.

[0167] 도 11은 철근 콘크리트 내 거리에 따른 염화 이온 농도를 나타내는 그래프이다.

[0168] 구체적으로, 도 11은 다채널 센서 장치가 설치되고 10일, 20일, 50일, 100일이 경과될 때 철근 콘크리트 벽면에서 10㎜ 거리 단위로 염화 이온 농도를 측정한 그래프이다.

[0169] 도 11을 참조하면, 10일이 경과되었을 때, 철근 콘크리트 벽면(즉, 콘크리트 구조물 외벽)으로부터 10㎜ 거리 내에서 약 0.1~1.4의 염화 이온 농도가 측정되었고, 15㎜ 내지 50㎜ 거리에서는 염화 이온이 측정되지 않았다. 즉, 10일이 경과했을 때는 염화 이온이 10㎜ 내외로 침투한 것을 알 수 있다.

[0170] 한편, 20일이 경과되었을 때, 철근 콘크리트 벽면으로부터 20㎜ 거리 내에서 약 0.1~1.4의 염화 이온 농도가 측정되었고, 20㎜ 내지 50㎜ 거리에서는 염화 이온이 측정되지 않았다.

[0171] 또한, 50일이 경과되었을 때, 철근 콘크리트 벽면으로부터 30㎜ 거리 내에서 약 0.1~1.4의 염화 이온 농도가 측정되었고, 30㎜ 내지 50㎜ 거리에서는 염화 이온이 측정되지 않았다.

[0172] 그리고, 100일이 경과되었을 때, 철근 콘크리트 벽면으로부터 40㎜ 거리 내에서 약 0.1~1.5의 염화 이온 농도가 측정되었고, 40㎜ 내지 50㎜ 거리에서는 염화 이온이 측정되지 않았다.

[0173] 도 11에서와 같이, 염화 이온은 시간이 경과할수록 철근 콘크리트 벽면으로 깊이 침투하며, 시간이 경과할수록 각 거리 별 염화 이온 농도가 높게 측정되는 것을 알 수 있다. 이 같이 시간이 경과하여 염화 이온이 철근 콘크리트 벽면에 깊이 침투할 경우 부식 가능성이 높아지므로, 철근 콘크리트 벽면 내의 다양한 거리(또는 위치)에서 염화 이온을 모니터링하여 철근 콘크리트의 부식을 예측하고 조기 발견할 필요가 있다.

[0175] 도 12는 철근 콘크리트 내 위치에 따른 열화 인자 침투 시간을 나타내는 그래프이다.

[0176] 구체적으로, 도 12는 다채널 센서 장치(110)가 철근 콘크리트 내에 설치된 후 다채널 센서 장치(110)의 4개의 영역(x_1, x_2, x_3, x_4)에 배치된 다채널 센서에서 신호(저항 변화 신호)가 측정된 시간(t_1, t_2, t_3, t_4)을 나타낸 그래프로, 열화 인자의 침투 속도를 나타낸다.

[0177] 여기서, 4개의 영역(x_1, x_2, x_3, x_4)은 열화 인자가 침투된 거리가 될 수 있으며, 신호가 측정된 시간(t_1, t_2, t_3, t_4)은 각 영역에 열화 인자가 침투되는데 소요된 시간이 될 수 있다. 만약, 철근 콘크리트 벽면(즉, 콘크리트 구조물 외벽)으로부터 가장 먼 x_4 영역에서도 열화 인자가 침투되었다면, 해당 콘크리트 구조물의 부식이 이미 진행되고 있을 수 있으므로, x_1 영역에 열화 인자가 침투되었을 때 콘크리트 구조물의 보수 및 보강 계획을 수립할 수 있도록 부식 상태 정보를 외부 서버로 전송할 수 있다.

[0179] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 동작 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

[0180] 도 13은 도 1에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링할 수 있는 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템의 동작 방법을 나타낸다.

[0181] 도 13을 참조하면, 단계 1310에서 콘크리트 구조물 주변 반경에서의 자율 이동을 수행하는 드론 유닛으로부터 다채널 센서 장치에 의해 측정된 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신한다.

[0182] 여기서, 상기 다채널 센서 장치는 콘크리트 구조물 내에 매립 설치되어 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자를 모니터링한다.

[0183] 상기 콘크리트 구조물은 예를 들면, 장대교량 주탑의 상당부, 고층건물, 건축물, 건물 또는 댐 등일 수 있으나, 이에 한정되지 않으며 철근 콘크리트를 사용한 구조물이면 가능하다.

[0184] 상기 드론 유닛은 콘크리트 구조물 내에 매립되어 설치된 복수 개의 다채널 센서 장치의 위치에 따른 트래킹 라인에 따라 이동하며 다채널 센서 장치로부터 열화 인자의 침투 상태에 대한 모니터링 데이터를 수신할 수 있다. 또한, 드론 유닛은 다채널 센서 장치의 위치 정보와 장치 각각에 부여된 일련 번호를 수신할 수 있으며, 각 센서 그룹 별 그룹 정보를 수신할 수 있다.

[0185] 단계 1320에서 수신되는 모니터링 데이터를 이용하여 열화 인자의 침투 상태를 모니터링한다.

[0186] 단계 1320은 드론 상태 정보에 기초하여 드론 유닛 및 보조 드론 유닛을 제어하고, 수신되는 모니터링 데이터에 기초하여 철근 콘크리트를 부식시키는 열화 인자의 침투 위치 및 침투 속도를 모니터링하는 단계일 수 있다.

[0187] 구체적으로, 단계 1320은 복수의 다채널 센서 장치로부터 모니터링 데이터를 수집하여 콘크리트 구조물의 각 지점에서 열화 인자의 침투 상태를 관리하고, 열화 인자의 침투 상태로부터 부식 상태 및 콘크리트 구조물의 내구성을 분석하는 단계일 수 있다.

[0189] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0190]

[0191] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될

수 있다.

[0192]

[0193] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0195] 100: 콘크리트 구조물 진단 모니터링 시스템

10: 콘크리트 구조물

110, 300, 500: 다채널 센서 장치

120, 220: 드론 유닛

121: 보조 드론 유닛

130: 외부 서버

310, 510: 바디

320, 520: 다채널 센서

321: 복수의 채널

322: 단자

323: 전도성 테이프

324: 전선

325: 음이온 교환막

330, 530: 모니터링 모듈

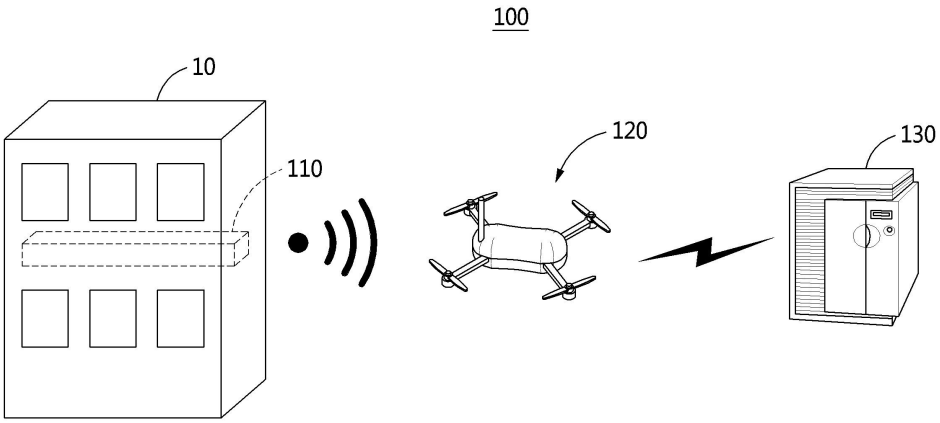
710: 콘크리트

720: 철근

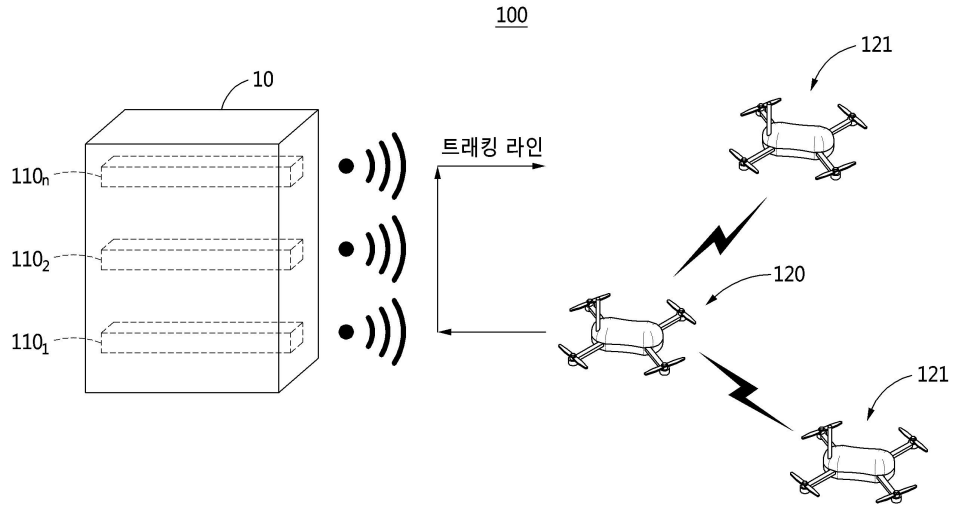
730: 통신 모듈

도면

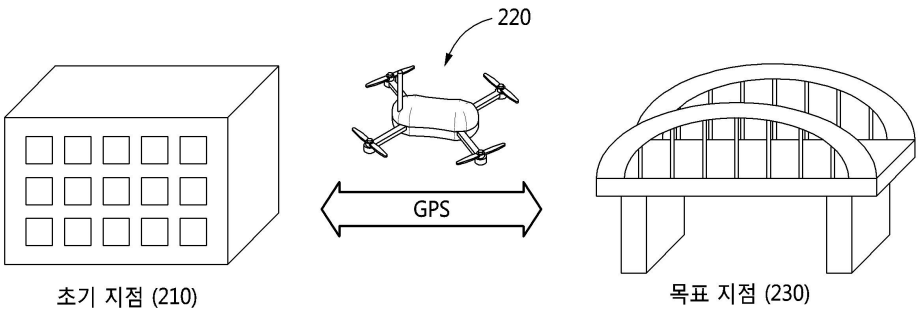
도면1a



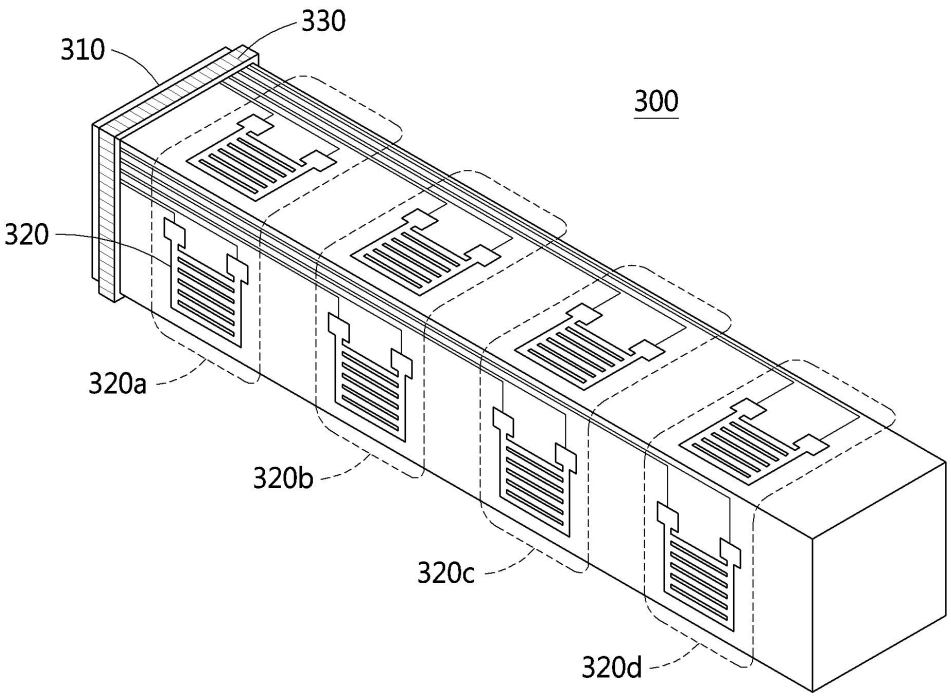
도면1b


100
10
110_n
110_2
110_1
트래킹 라인
121
120
121

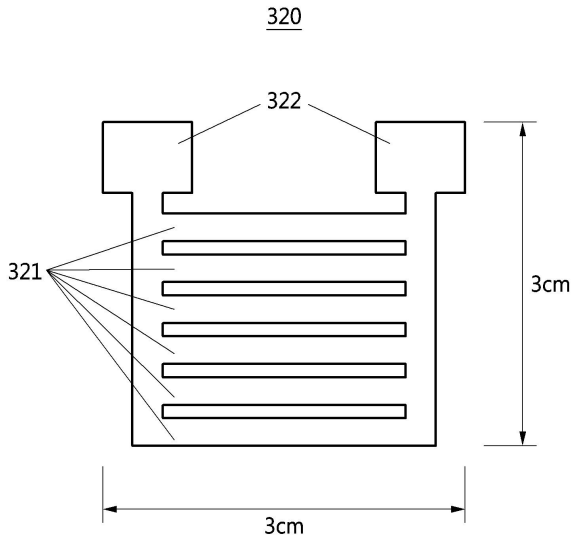
도면2


220
GPS
초기 지점 (210)
목표 지점 (230)

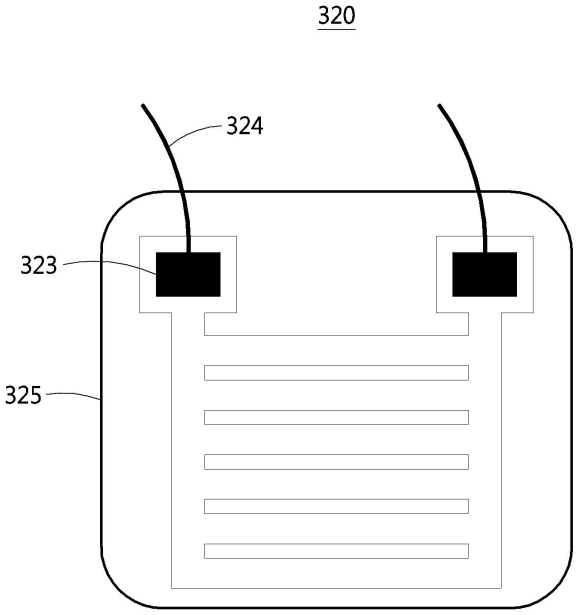
도면3


330
310
300
320
320a
320b
320c
320d

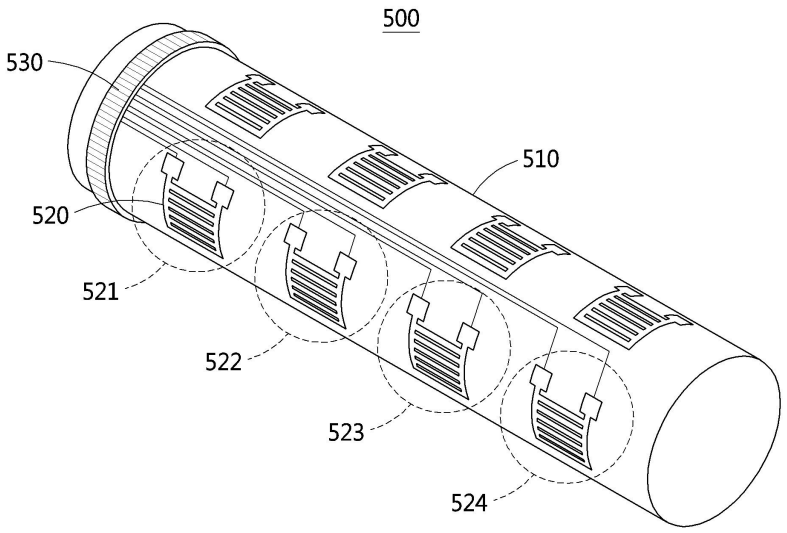
도면4a



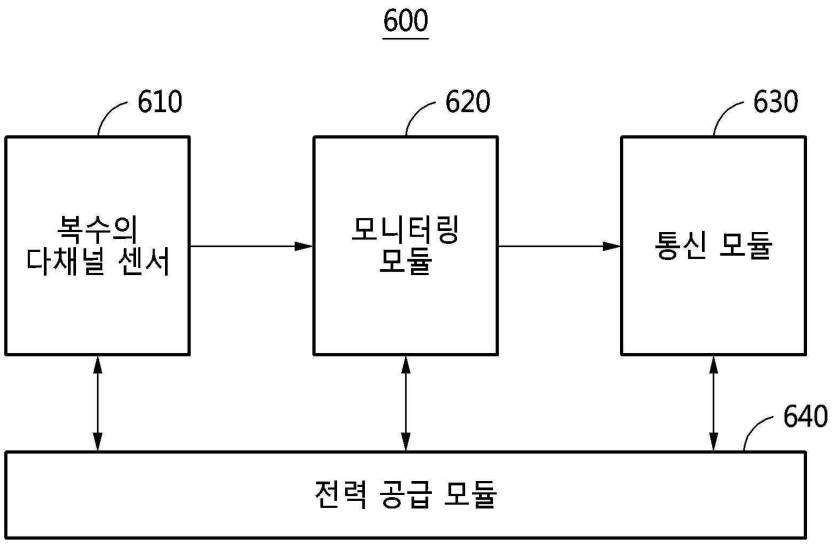
도면4b



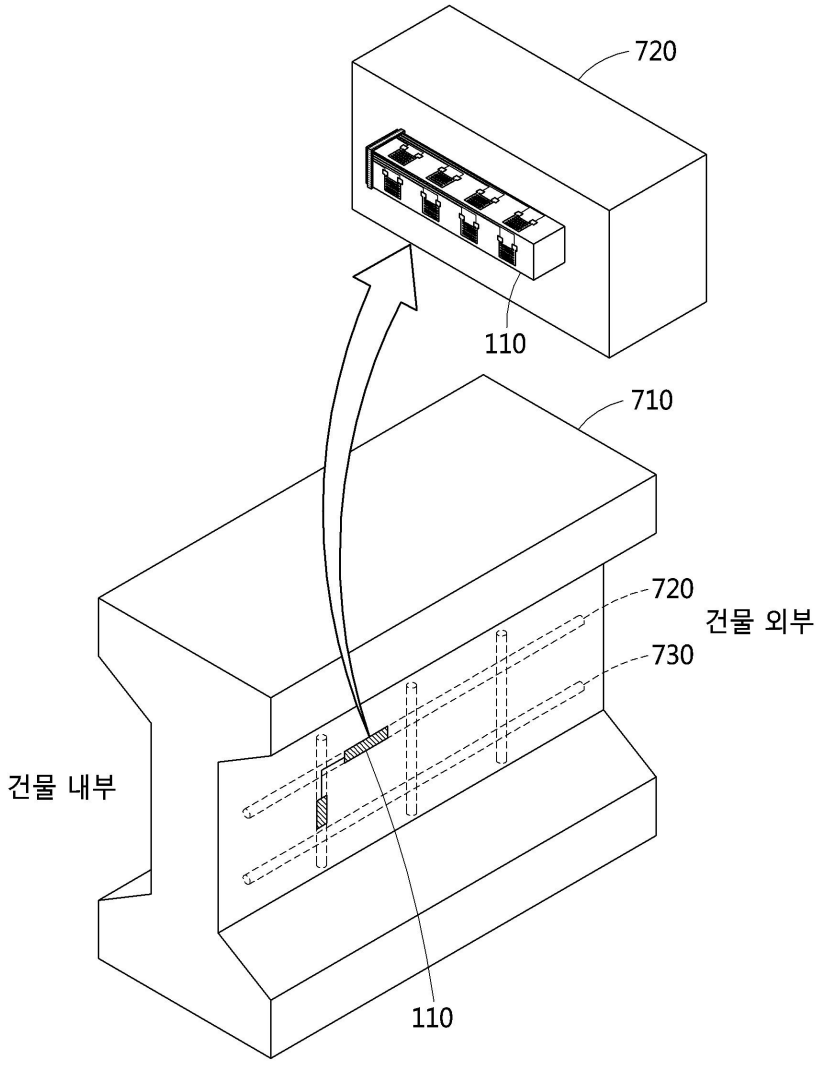
도면5


500
530
510
520
521
522
523
524

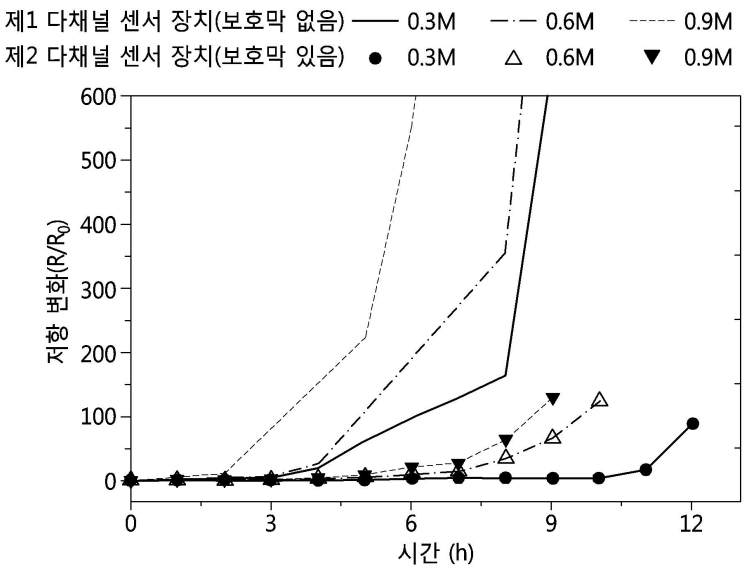
도면6


600
610
620
630
복수의
다채널 센서
모니터링
모듈
통신 모듈
640
전력 공급 모듈

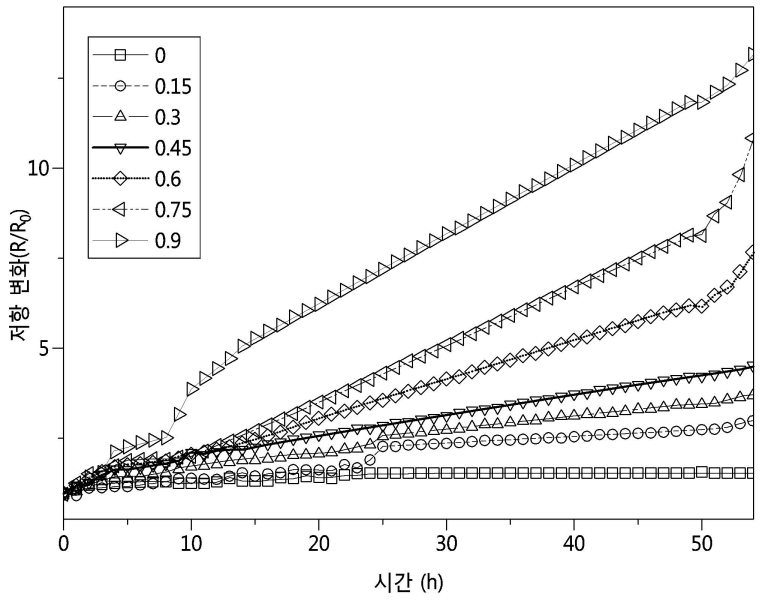
도면7


720
110
710
720
건물 외부
730
건물 내부
110

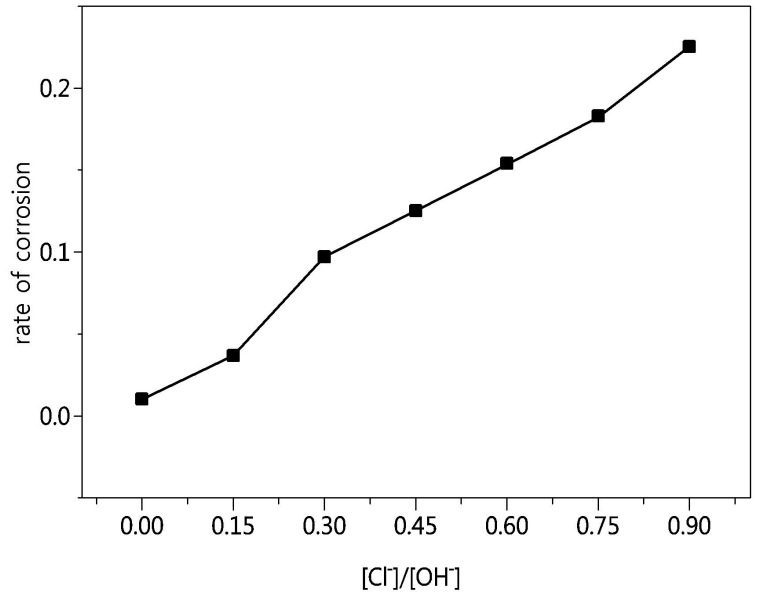
도면8


제1 다채널 센서 장치(보호막 없음) 0.3M 0.6M 0.9M
제2 다채널 센서 장치(보호막 있음) 0.3M 0.6M 0.9M
600
500
400
300
200
100
0
저항 변화(R/R0)
0
3
6
9
12
시간 (h)

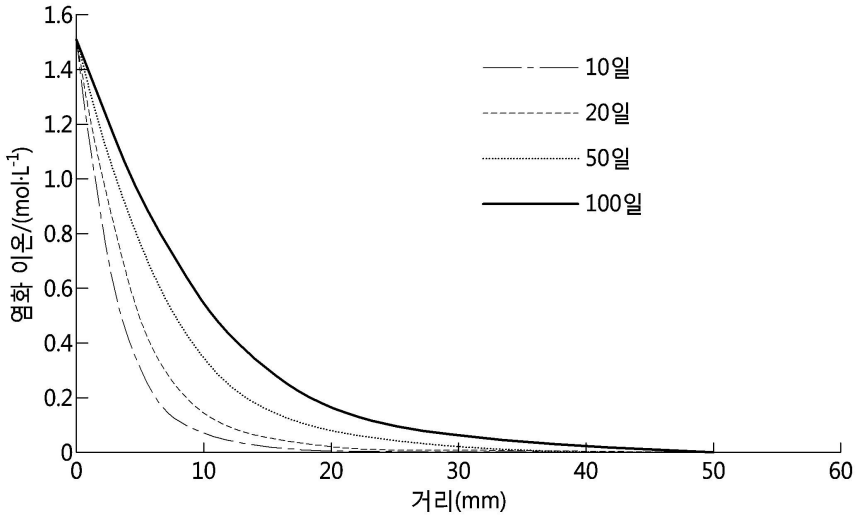
도면9


0
0.15
0.3
0.45
0.6
0.75
0.9
저항 변화(R/R0)
10
5
0
10
20
30
40
50
시간 (h)

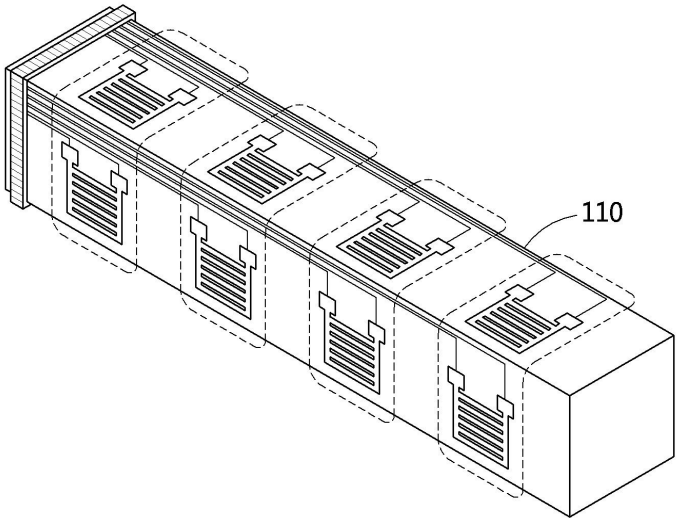
도면10

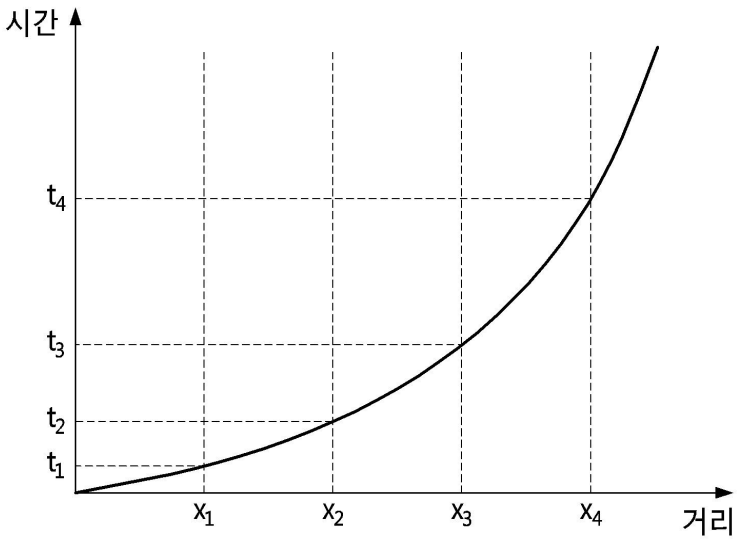

rate of corrosion
0.2
0.1
0.0
0.00
0.15
0.30
0.45
0.60
0.75
0.90
[Cl-]/[OH-]

도면11

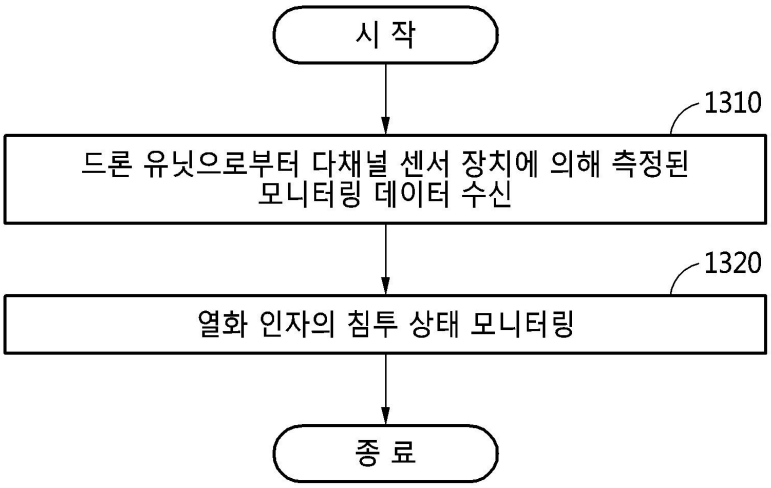

염화 이온/(mol·L-1)
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
60
거리(mm)
10일
20일
50일
100일

도면12


110


시간
t4
t3
t2
t1
x1
x2
x3
x4
거리

도면13


시 작
1310
드론 유닛으로부터 다채널 센서 장치에 의해 측정된 모니터링 데이터 수신
1320
열화 인자의 침투 상태 모니터링
종 료