(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월11일
(11) 등록번호 10-1877265
(24) 등록일자 2018년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01D 21/02 (2006.01) *G01M 1/00* (2006.01)
G01S 19/01 (2010.01) *G08C 17/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01D 21/02 (2013.01)
G01M 1/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0148712(분할)
(22) 출원일자 2017년11월09일
심사청구일자 2017년11월09일
(62) 원출원 특허 10-2017-0054061
원출원일자 2017년04월27일
심사청구일자 2017년04월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR101644311 B1*
KR101709897 B1*
'An Artificial Filter Bank (AFB) for Structural Health Monitoring of Civil Structures' ,Gwanghee Heoa, Joonryong Jeon, Procedia Engineering 114, (2015) p. 555-563
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
건양대학교산학협력단
충청남도 논산시 대학로 121 (내동)
(72) 발명자
허광희
대전광역시 서구 관저북로 52 대자연마을아파트 108- 103
전준용
대전광역시 중구 목동로 70 올리브힐아파트 105-1301
(74) 대리인
특허법인 플러스

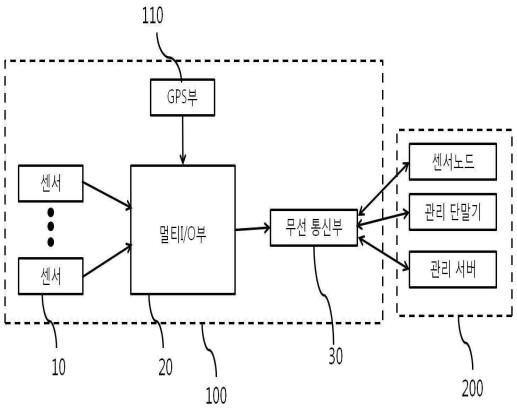
전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 김려원

(54) 발명의 명칭 **IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 건설구조물에 위치하여, 상기 건설구조물의 상태평가를 위한 구조응답 데이터를 획득하는 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드에 있어서, 상기 건설구조물의 구조응답 데이터를 계측하는 다수의 센서부(10), 상기 센서부(10)에서 계측한 다종의 구조응답 데이터를 다중 센싱하는 멀티I/O부(20) 및 기설정된 외부 단말기 또는 주변에 위치한 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드와 통신을 수행하여, 상기 멀티I/O부(20)에서 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 전달하는 무선 통신부(30)를 포함하는 것을 특징으로 하는 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드에 관한 것이다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
G01S 19/01 (2013.01)
G08C 17/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NRF-2016R1A2A1A05005499
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업
연구과제명 대형재난 예방을 위한 생체센싱 및 생체구조시스템에 관한 연구
기 여 율 1/1
주관기관 건양대학교
연구기간 2016.06.01 ~ 2019.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

건설구조물에 위치하여, 상기 건설구조물의 상태평가를 위한 구조응답 데이터를 획득하는 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드; 및

상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드로부터 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 이용하여, 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행하는 분석부;를 포함하고,

상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드는,

상기 건설구조물의 구조응답 데이터를 계측하는 다수의 센서부;

상기 센서부에서 계측한 다종의 구조응답 데이터를 다중 센싱하는 멀티I/O부;

기설정된 외부 단말기 또는 주변에 위치한 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드와 통신을 수행하여, 상기 멀티I/O부에서 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 전달하는 무선 통신부;

태양광을 이용하여 비상시, 동작 전원을 공급하는 자가 전원부; 및

위치 정보 및 시간 정보를 획득할 수 있는 GPS부;를 포함하고,

상기 분석부는,

상기 먼저 GPS부로부터 전달받은 각각의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드의 시간 정보 및 위치 정보를 이용하여 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 간의 통신루트를 설정하고,

설정한 통신루트를 이용하여 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드로부터 다종의 구조응답 데이터를 일괄 전달받아, 인공필터뱅크(AFB, Artificial Filter Bank) 기술을 이용하여 건설구조물별 또는 계측조건별로 최적화를 위한 실시간 데이터 분할 및 압축을 수행한 후, 기설정된 해석적, 실험적 응답 실험을 통해 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행하되,

작동불능의 센서노드를 회피하여 목적된 위치까지 구조응답 데이터를 송수신하도록, 다수의 대역통과필터를 병렬로 연결하여 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 간의 통신루트를 설정하며,

상기 건설구조물별 또는 계측조건별 최적화는 El-Centro 지진파형을 기준으로 수행되며, 기준 설계응답을 결정한 후, 대역통과필터의 개수, 대역폭 범위, 개수를 설정하고, 수량 대비 최적 간격 및 대역폭을 결정하고, 결정이 이루어진 후의 대역통과필터를 통과한 필터링 신호의 시간응답/주파수응답을 분석한 후, 기준 설계응답 대비 필터링 신호의 정확도를 평가하여 미리 설정된 소정의 평가지표를 달성할 경우, 결정한 대역통과필터로 필터뱅크 구성하여 최적의 인공필터뱅크 설계가 수행되는 것을 특징으로 하는, IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 이용한 센싱 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 분석부는,

대역통과필터의 개수, 대역폭, 간격 중 적어도 하나 이상을 입력받아 상기 인공필터뱅크 기술의 필터뱅크 구성을 설정하는 것을 특징으로 하는 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 이용한 센싱 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 인터넷을 통해 가능한 모든 정보를 활용하여 건설구조물의 대형 재난과 재해를 사전 예방할 수 있도록 구조물의 구조응답 정보를 효율적이고 정확하게 획득할 수 있는 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 10여 년 동안, 대형재난이 빈번하자 이러한 위기상황에 대응하기 위한 연구가 진행되었고, 무선 계측기술의 발전과 더불어 재난대응기술이 꾸준히 연구되었다.

[0003] 대표적인 연구로, 일반적인 전자부품을 이용하여 개념증명용 무선센서장치인 WiMMS(Wireless Modular Monitoring System)가 있으며, 또다른 연구로 대형구조물의 특성상 다양한 종류의 계측을 요구하는 점을 착안하여 다종의 계측이 가능하고, 실시간 통제용 CPU를 내장하여 시스템과 시스템간의 통신이 가능하도록 시스템 능력을 보강한 CUMS(Custom-made Unified Measurement System)가 있다.

[0004] 하지만 상술한 두가지의 연구는 충분한 기술적 진보성과 융합성을 갖고 있음에도 불구하고, 제한된 계측기의 성능, 획일적인 정보(데이터) 획득 방법, 인위적이고 수동적인 대응 체계 등으로 인해 지진이나 해일과 같이, 광범위한 지역에 걸쳐 짧은 시간 내에 발생하는 대형재난을 예방하기에는 역부족이다.

[0005] 결국 대형재난 예방을 실현하기 위해서는, 재난상황에서의 대용량 데이터 수집 및 처리기술, 정확한 재난상황 인식 및 판단기술, 적절한 위기상황 제어기술, 비상 구동전원 확보 기술 등 다양한 요소기술들이 완성되어야 한다. 무엇보다도 이들 각 분야별로 분산된 요소기술들을 상호 융합하여 대형재난 예방을 위한 최적화/지능화된 생체적 개념의 토탈 케어 솔루션을 제공하는 것이 가장 중요하다.

[0006] 그러나, 건설분야에서는 대형재난의 예방 및 대응을 위한 생체모방센싱 및 생체모방대응 기술에 대한 연구는 거의 부재하다. 특히, 범국가적 전략산업으로 육성하고 있는 IoT 기술의 건설분야 연구는 걸음마 단계이며, '건설-IoT 기술'은 관련 분야에 적용된 사례도 극히 미비한 실정이다. 현재 '건설-IT 융합기술'이 토목산업에 적용중에 있으며, 지능형 건설기술, 건설-IT 인프라 기술, 에너지 저감/친환경 건설 및 신소재 기술 등의 분야에서 일부 활용되는 수준에 불과하다.

[0007] 따라서, IoT 기술을 건설/토목분야에 도입 및 적용성에 관한 연구가 반드시 필요하며, 건설-IT 융합 기술을 바탕으로 IoT 기술을 적용한다면 구조물 스마트 유지관리, 구조물 스마트 제어 등의 분야에서 효과적으로 사용할 수 있다.

[0008] 결국, 대형재난 예방을 위한 생체센싱 및 생체구조 시스템의 완성을 위해 '건설-IoT 기술'의 선구적 연구가 반드시 필요하다.

[0009] 이와 관련해서, 국내 공개 특허 제10-2009-0065694호("구조물의 모니터링을 위한 무선 계측 방법 및 그 장치")에서는 센서 모듈, 제어 모듈 및 무선 통신 모듈을 하나의 장치내에서 일체화하여 하나의 센서 장치로부터 다중의 정보를 획득할 수 있어, 계측항목간의 상관관계나 보정관계를 이용하여 계측 데이터의 질적 향상이나 새로운 정보의 분석 및 획득을 수행할 수 있는 방법 및 장치를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 국내 공개 특허 제10-2009-0065694호(공개일 2009.06.23.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 인터넷을 통해 가능한 모든 정보를 활용하여 건설구조물의 대형 재난과 재해를 사전 예방할 수 있도록 구조물의 구조응답 정보를 효율적이고 정확하게 획득할 수 있는 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드는, 건설구조물에 위치하여, 상기 건설구조물의 상태평가를 위한 구조응답 데이터를 획득하는 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드; 및 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드로부터 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 이용하여, 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행하는 분석부;를 포함하고, 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드는, 상기 건설구조물의 구조응답 데이터를 계측하는 다수의 센서부; 상기 센서부에서 계측한 다종의 구조응답 데이터를 다중 센싱하는 멀티I/O부; 기설정된 외부 단말기 또는 주변에 위치한 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드와 통신을 수행하여, 상기 멀티I/O부에서 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 전달하는 무선 통신부; 태양광을 이용하여 비상시, 동작 전원을 공급하는 자가 전원부; 및 위치 정보 및 시간 정보를 획득할 수 있는 GPS부;를 포함하고, 상기 분석부는, 상기 먼저 GPS부로부터 전달받은 각각의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드의 시간 정보 및 위치 정보를 이용하여 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 간의 통신루트를 설정하고, 설정한 통신루트를 이용하여 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드로부터 다종의 구조응답 데이터를 일괄 전달받아, 인공필터뱅크(AFB, Artificial Filter Bank) 기술을 이용하여 건설구조물별 또는 계측조건별로 최적화를 위한 실시간 데이터 분할 및 압축을 수행한 후, 기설정된 해석적, 실험적 응답 실험을 통해 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행하되, 작동불능의 센서노드를 회피하여 목적된 위치까지 구조응답 데이터를 송수신하도록, 다수의 대역통과필터를 병렬로 연결하여 다수의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 간의 통신루트를 설정하며, 상기 건설구조물별 또는 계측조건별 최적화는 El-Centro 지진파형을 기준으로 수행되며, 기준 설계응답을 결정한 후, 대역통과필터의 개수, 대역폭 범위, 개수를 설정하고, 수량 대비 최적 간격 및 대역폭을 결정하고, 결정이 이루어진 후의 대역통과필터를 통과한 필터링 신호의 시간응답/주파수응답을 분석한 후, 기준 설계응답 대비 필터링 신호의 정확도를 평가하여 미리 설정된 소정의 평가지표를 달성할 경우, 결정한 대역통과필터로 필터뱅크 구성하여 최적의 인공필터뱅크 설계가 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 삭제

[0014] 삭제

[0015] 삭제

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 더 나아가, 상기 분석부(200)는 대역통과필터의 개수, 대역폭, 간격 중 적어도 하나 이상을 입력받아 상기 인공필터뱅크 기술의 필터뱅크 구성을 설정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템은 IoT 기술을 이용하여 인터넷을 통해 가능한 모든 정보를 활용하여 건설구조물의 대형 재난과 재해를 사전 예방할 수 있도록 구조물의 구조응답 정보를 효율적이고 정확하게 획득할 수 있는 효과가 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템을 통해서 획득/분석한 데이터를 활용하여 구조물의 잔존 수명을 연장하고, 사용자의 안전을 도모할 수 있으며, 장/대형화 구조물에 적용될 경우, 수많은 시스템이 독립적으로 작동할 수 있는 기반을 구축할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 나타낸 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드의 성능을 평가하기 위한 동적응답 실험을 수행하는 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드의 성능을 평가하기 위한 동적응답 실험의 결과값을 나타낸 그래프이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 이용한 제어 시스템을 나타낸 구성도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 이용한 제어시스템에서, 인공필터뱅크 기술을 최적화하는 과정을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 또한, 명세서 전반에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0025] 이 때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0026] 더불어, 시스템은 필요한 기능을 수행하기 위하여 조직화되고 규칙적으로 상호 작용하는 장치, 기구 및 수단 등을 포함하는 구성 요소들의 집합을 의미한다.

[0027] 건설 구조물은 지진, 태풍 등 대형 재난상황으로부터 늘 위험에 노출되어 있을 뿐만 아니라 구조물 자체의 노후화와 같은 문제로 재난이 항상 내재되어 있다. 더욱이 재난을 받는 무-생명체인 구조물은 스스로 이동하거나 상황에 대처를 할 수 있는 능력이 없을 뿐 아니라, 현재와 같이 위험을 일일이 수작업이나 반자동 정도의 기계적인 방법으로 대응하는 것만으로는 대형재난을 예방하기에는 역부족이다.

[0028] 이에 따라, 생체적인 개념과 기능을 건설 산업에도 접목하여 건설 구조물의 생체화를 완성하고, 구조물 스스로가 대형재난에 능동적으로 대처할 수 있는 능력을 부여하는 것은 매우 중요하고 반드시 필요하다.

[0029] 이와 함께, 세계 주요 국가들이 범국가적 차원에서 IoT 기술(Internet of Things)을 전략산업으로 육성하고자 발빠르게 움직이고 있는 바, IoT를 통해 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물 간의 통신과 상호작용, 그리고 정보 공유가 가능해진다면, 인간은 고해상도의 물리적 환경정보를 얻음으로써 자신의 행동을 더욱 최적화할 수 있으며, 시스템 스스로가 상황 판단을 정확하게 하도록 하여 사람의 직접적인 개입 없이도 동작을 자율적으로 수행할 수도 있다.

[0030] 이러한 IoT 기술을 생체모방 센싱 및 대응기술과 접목한다면, 인공지능적 사물 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드 및 이를 이용한 센싱 시스템의 최종 목표인 '구조물의 생체화를 위한 정보수집, 정보분석, 상황판단, 위기대응, 정보공유 등의 일련의 작업을 빅데이터를 활용해 최적화할 수 있으며, 이때, 구조물은 직접적인 인간(관리자)의 개입 없이도 지능화된 의사결정과 자기방어를 위한 필요 동작을 스스로 수행'을 완성시킬 수 있다.

[0031] 이를 위해, IoT 기술을 구조물의 생체모방 센싱기술과 결합함으로써, 기존 획일적인 유선 입력중심의 모니터링 시스템을 효과적으로 대체할 수 있을 뿐 아니라, 실시간 양방향 무선 Multi I/O 기술을 적용시켜 하나의 데이터 로거를 사용하여 다양한 구조응답을 일괄 획득할 수 있어 데이터의 동기화 문제, 시스템 구축에 따른 초기비용 문제를 원천적으로 해결할 수 있다.

[0032] 특히, 실시간 양방향 통신 기술을 통해서, 기존 모니터링 시스템에 비해 재난 발생 시 적극적이고도 능동적인 유지관리가 가능하도록 할 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 건설구조물의 미리 설정된 위치, 즉, 최적의 계측 위치에 위치하여, 상기 건설구조물의 상태평가를 위한 구조응답 데이터를 획득할 수 있으며, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 다수의 센서부(10), 멀티I/O부(20), 무선 통신부(30)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0034] 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 일명, 생체적 무선 송수신 기능을 갖는 시스템으로서, 데이터 로깅&컨트롤러 기술, 멀티 무선계측 기술, 멀티 무선제어 기술, 중앙관리 시스템, 양방향 RF 기술 등을 융합하여 동작되도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0035] 기존 유선 계측(제어) 시스템의 복잡한 케이블링과 지속적인 현장설치 및 관리 등의 제약을 효율적으로 해결할 수 있어, 사용자 중심에서 편의적으로 온전한 RTOS(Real-Time Operation System) 기반의 디지털 소프트웨어 디자인 방식을 통한 통합 무선 계측-제어 시스템을 구축할 수 있다.

[0036] 이러한 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 생체모방 센싱 및 제어를 위하여 상술한 바와 같이, 각각의 I/O 모듈을 구성하는 MIMO 시스템을 포함하여 구성되는 것이 바람직하며, 이를 통해서 다중계측시 발생할 수 있는 병목현상 및 다중제어시 발생할 수 있는 양방향 통신장애 등으로부터 데이터 손실 및 피드백 불능 등의 기술적 문제를 최소화할 수 있다.

[0037] 각 구성에 대해서 자세히 알아보자면,

[0038] 상기 다수의 센서부(10)는 각자 위치한 자리에서 건설구조물에서 발생하는 구조응답, 즉, 동적응답 데이터를 계측할 수 있으며,

[0039] 상기 멀티I/O부(20)는 상기 센서부(10)에서 계측한 다종의 구조응답 데이터를 다중 센싱할 수 있다.

[0040] 상기 멀티I/O부(20)는 상술한 바와 같이, 각각의 I/O 모듈을 구성하는 MIMO 시스템으로서, 상기 다수의 센서부(10)에서 계측한 다양한 종류의 구조응답 데이터를 동시에 전달받더라도, 각각의 I/O 모듈을 통해서 다중 센싱을 수행하게 된다.

[0041] 상기 무선 통신부(30)는 미리 설정된 외부 단말기, 즉, 사용자가 소지하고 있는 단말기, 별도의 단말기, 관리서버 등과 통신을 수행하거나, 주변에 위치하고 있는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)와 통신을 수행하여, 상기 멀티I/O부(20)에서 전달받은 다양한 종류의 구조응답 데이터를 전달할 수 있다.

[0042] 이 때, 주변에 위치하고 있는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)와 통신을 수행할 경우, 주변에 위치하고 있는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 무선 통신부(30)를 통해서 통신이 이루어지게 된다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)가 실제 재난 등의 발생 시, 온전히 독립적으로 운영될 수 있도록 도 2에 도시된 바와 같이, 자가 전원부(40)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0044] 상기 자가 전원부(40)는 태양광 등의 별도의 외부 공급 전력 없이 동작 전원을 생산할 수 있는 전력 생산 장치로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 무선 시스템으로 이루어지는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 성능을 평가하기 위하여 도 3에 도시된 바와 같이, 유선 계측 시스템과 병용하여 동적응답 실험을 수행하여 그 결과를 비교할 수 있다.

[0046] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 상기 다수의 센서부(10)의 계측 위치는 Short-span 수평 방향, Long-span 수평 방향, 가진 테이블의 수평 방향에 대한 가속도 응답을 획득하는 것이 바람직하며, 2-span 교량의 El-Centro 및 Kobe 지진파 가진조건에 대한 동적 응답 획득 실험을 수행하는 것이 바람직하다. 이는 유선 계측 시스템 역시 마찬가지다.

[0047] 무선으로 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 성능 평가 결과는 도 4에 도시된 바와 같다.

[0048] 자세하게는, a) 내지 f)는 El-Centro 지진파 가진조건에 대한 동적응답 획득 데이터이며, g) 내지 l)은 Kobe 지진파 가진조건에 대한 동적응답 획득 데이터이다.

[0049] 도 4의 a), d)는 El-Centro 지진파 가진조건에 따른 Ground의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것이며, g), j)는 Kobe 지진파 가진조건에 따른 Ground의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것으로, 각각 영역에 대한 응답은 초기 설계응답과 우수한 일치도를 보였으며, 특히, 무선으로 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로 획득한 원시 신호가 유선 계측 시스템의 신호를 온전히 추종함에 따라 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 타당함을 확인할 수 있다.

[0050] 또한, 도 4의 b), e)는 El-Centro 지진파 가진조건에 따른 Short-span의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것이며, h), k)는 Kobe 지진파 가진조건에 따른 Short-span의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것이며, c), f)는 El-Centro 지진파 가진조건에 따른 Long-span의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것이며, i), l)은 Kobe 지진파 가진조건에 따른 Long-span의 시간과 주파수 응답을 나타낸 것이다.

[0051] 이를 통해서 무선으로 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로 획득한 원시 신호가 유선 계측 시스템의 신호를 온전히 추종함을 확인할 수 있으며, 특히, Short-span과 Long-span의 고유진동수 대역을 함께 확인할 수 있다.

[0052] 이 때, Short-span과 Long-span의 고유진동수는 각각 5Hz 및 2Hz 내외로 확인할 수 있으며, 건설구조물의 주기성에는 영향을 주지 않지만, 두 span의 충돌(이벤트) 정보를 도 4의 c) 및 i)의 급격한 가속도 상승으로 확인할 수 있다.

[0053] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)를 이용한 센싱 시스템을 구성하여, 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행할 수 있으며, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100) 및 분석부(200)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)를 이용한 센싱 시스템은 간략하게는 구조물의 상태를 모니터링하는 센싱 시스템과 재난/재해 등 위기상황 발생 시, 대처할 수 있는 제어 시스템을 결합한 생체구조 시스템에 관한 것입니다. 이를 위해 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)를 통해서 구조물의 상태정보(구조응답 정보)를 획득함에 있어서, 마치 생체의 다양한 감각으로부터 상태를 파악하듯, 건설구조물로부터 다양한 응답정보를 다수의 센서부(10)와 멀티I/O부(20)를 이용하여 통합적으로 획득할 수 있으며, 무선 통신부(30)를 이용하여 다양한 응답정보를 신속하게 전달할 수 있도록 하여 센싱 시스템과 제어 시스템을 효과적으로 결합하여 구성할 수 있습니다.

[0055] 특히, 건설구조물의 온전한 건전도 모니터링을 수행하기 위하서는, 건설 구조물로부터 대용량의 계측 데이터가 요구되기 때문에 이를 효율적으로 획득하기 위해서는, 하기의 분석부(200)와 같이, 생체의 달팽이관의 원리로부터 원하는 주파수 대역 신호만을 필터링하듯 데이터 압축센싱기술(AFB)을 적용시켜,(시스템에 내장시켜) 무선 통신의 통신량 한계를 극복하고 유효한, 즉, 의미있는 데이터만을 획득할 수 있도록 하고 있습니다.

[0056] 각 구성에 대해서 자세히 알아보자면,

[0057] 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 상술한 바와 같이, 다수의 센서부(10), 멀티I/O부(20), 무선 통신부(30) 및 자가 전원부(40)를 포함하여 구성될 수 있으며, 각 구성의 동작은 전술한 바와 같다.

[0058] 상기 분석부(200)는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로부터 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 이용하여, 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행하는 것이 바람직하다.

[0059] 상기 분석부(200)는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 무선 통신부(30)가 통신을 수행하는 사용자가 소지하고 있는 단말기, 별도의 단말기, 관리 서버 등으로 이루어지는 것이 가장 바람직하다.

[0060] 상기 분석부(200)는 전달받은 다종의 구조응답 데이터에 대해서 인공필터뱅크(AFB, Artificial Filter Bank) 기

술을 이용하여 건설구조물별 또는 계측조건별로 최적화를 위한 실시간 데이터 압축을 수행할 수 있다.

[0061] 상기 분석부(200)는 상기 인공필터뱅크 기술을 이용하여 데이터 압축을 수행한 구조응답 데이터에 대해서 미리 설정된 해석적, 실험적 응답 실험을 통해 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행할 수 있다.

[0062] 미리 설정된 해석적, 실험적 응답 실험으로는, 개선된 NExT/ERA을 이용한 실시간 SI, 생체적 Hybrid 진동제어, 실시간 구조물 잔존수명 평가 등이 있으며, 널리 이용되고 있는 다양한 건전도 모니터링 소프트웨어에 적용시켜 해석적, 실험적 응답 실험을 수행할 수 있다.

[0063] 상기 해석적, 실험적 응답 실험은 종래에 널리 이용되고 있는 응답 실험인 것이 바람직하다.

[0064] 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 도 6에 도시된 바와 같이, GPS부(110)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0065] 상기 GPS부(110)를 통해서 획득된 각각의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 위치 정보 및 시간 정보는 상기 분석부(200)로 전달되는 상기 구조응답 데이터와 함께 전달되게 된다.

[0066] 즉, 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로부터 전달받은 상기 구조응답 데이터마다 각각의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 위치 정보 및 시간 정보가 포함되어 전달되는 것이 가장 바람직하다.

[0067] 상기 분석부(200)는 전달받은 상기 구조응답 데이터에 포함되어 있는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)의 위치 정보 및 시간 정보를 이용하여, 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100) 간의 통신 루트를 설정할 수 있다.

[0068] 상세하게는, 무선으로 이루어진 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로부터 전달받은 상기 구조응답 데이터를 가장 효과적으로 전달하기 위하여, 상기 GPS부(110)를 더 구비하여 GPS 동기화 기술을 융합하는 것이 바람직하다. 즉, 기존의 유선 센싱 시스템과는 달리 무선으로 이루어진 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)는 유선이 접근하기 어려운 적재적소에 배치되어 다양한 구조응답 데이터를 계측하는 멀티 센서노드로 활용되기 때문에, 환경적 요건을 고려하여 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100) 간의 최적통신 루트(root)를 찾고, 작동불능의 센서노드 등을 회피하여 온전히 목적된 위치까지 구조응답 데이터를 송수신할 수 있도록 최적 네트워크 기술을 적용시킬 수 있다.

[0069] 다시 말하자면, 상기 분석부(200)는 다수의 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로부터 상기 건설구조물의 구조 동적(가속도) 응답을 효율적으로 전달받기 위하여, 목적(target) 모드를 위한 다수의 대역통과필터를 병렬로 연결한 필터뱅크의 구성이 요구된다. 이러한 필터뱅크는 다양한 주파수성분을 갖는 초기 입력(원시) 신호 중 특정 주파수 성분만을 선택하고, 이를 여러개로 분할하여 필터링할 수 있다.

[0070] 상기 분석부(200)는 기 인공필터뱅크 기술의 필터뱅크 구성을 설계하기 위하여, 대역통과필터의 개수, 대역폭, 간격 중 적어도 하나 이상을 입력받는 것이 바람직하며, 상기 인공필터뱅크 기술을 최적화 시켜 건설구조물별 또는 계측조건별로 실시간 데이터 압축을 수행할 수 있다.

[0071] 필터뱅크의 최적화를 위한 상기 대역통과필터의 3가지 조건을 입력받기 위하여 대역통과필터 최적화 알고리즘을 수행할 수 있다.

[0072] 대역통과필터 최적화 알고리즘은 도 7에 도시된 최적화 과정에 따라 이루어지는 것이 바람직하다.

[0073] 도 7에 도시된 바와 같이, 널리 이용되고 있는 대표 랜덤파 중 특정 랜덤파를 선택하여 최적화를 수행할 수 있으며, 본 발명에서는 El-Centro 지진파형을 기준으로 최적화를 수행하였다.

[0074] 기준 설계응답을 결정한 후, 대역통과필터의 개수, 대역폭 범위, 개수를 설정하고, 수량 대비 최적 간격 및 대역폭을 결정할 수 있다.

[0075] 또한, 대역통과필터 최적 간격 및 대역폭 대비 수량을 변경할 수 있다.

[0076] 결정이 이루어진 후의 대역통과필터를 통과한 필터링 신호의 시간응답/주파수응답을 분석한 후, 기준 설계응답 대비 필터링 신호의 정확도를 평가하여 미리 설정된 소정의 평가지표를 달성할 경우, 결정한 대역통과필터로 필터뱅크 구성하여 최적의 인공필터뱅크 기술을 설계하고, 소정의 평가지표를 달성하지 못할 경우, 다시 설계를 수행하게 된다.

[0077] 본 발명에서는 El-Centro 지진파형을 기준으로 최적화를 수행한 결과, 인공필터뱅크의 대역통과필터수는 6개,

대역폭은 0.6Hz, 간격은 1.0Hz이 최적화 조건으로 도출되었다.

[0078] 이를 통해, 상기 분석부(200)는 상기 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드(100)로부터 전달받은 다종의 구조응답 데이터를 상기 GPS부(110)에 의해서 획득한 위치 정보 및 시간 정보를 이용하여 설정한 최적 통신루트를 이용하여 일괄 전달받을 수 있다. 전달받은 상기 구조응답 데이터를 상기 인공필터뱅크 기술을 이용하여 건설구조물별 또는 계측조건별로 최적화를 위한 실시간 데이터 압축을 수행한 후, 미리 설정된 해석적, 실험적 응답 실험을 통해 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행할 수 있다.

[0079] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드를 이용한 센싱 시스템은 상기 분석부(200)에서의 상기 건설구조물의 건전도 모니터링 결과값에 따라서, 건설구조물의 재난/재해를 사전에 예방할 수 있도록 댐퍼 등의 위치, 동작 상태를 실시간으로 제어할 수 있다.

[0080] 즉, 상기 분석부(200)는 이러한 최적의 인공필터뱅크 기술을 이용하여 건설구조물별 또는 계측조건별로 실시간 데이터 압축을 수행한 후, 미리 설정된 해석적, 실험적 응답 실험을 통해 상기 건설구조물의 건전도 모니터링을 수행할 수 있으며, 이를 통해서 진동 제어까지 수행할 수 있다.

[0081] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것 일 뿐, 본 발명은 상기의 일 실시예에 한정되는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0082] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허 청구 범위뿐 아니라 이 특허 청구 범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0083] 100 : IoT 기반 MIMO형 생체모방 센서노드

10 : 센서부 20 : 멀티 I/O부

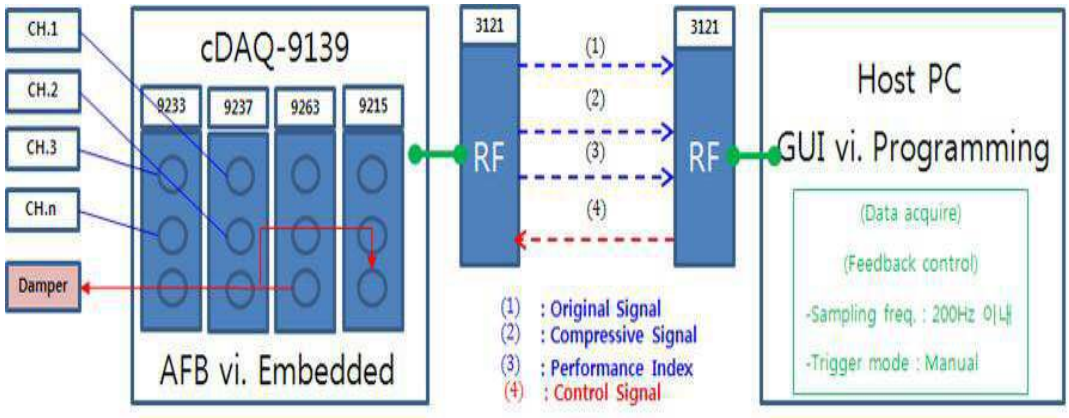
30 : 무선 통신부 40 : 자가 전원부

110 : GPS부

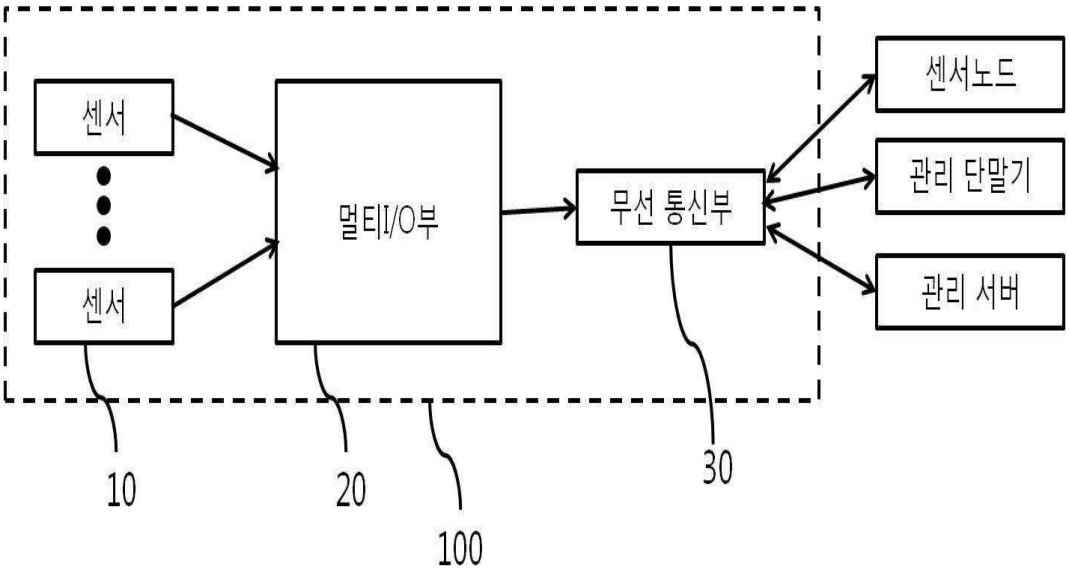
200 : 분석부

도면

도면1



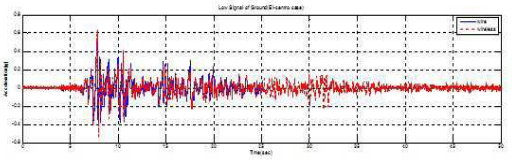
도면2



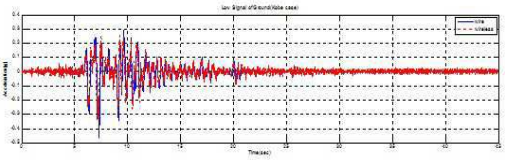
도면3



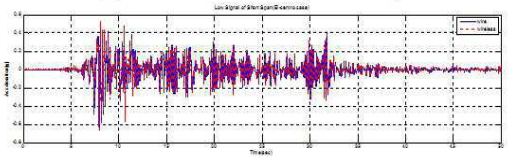
도면4



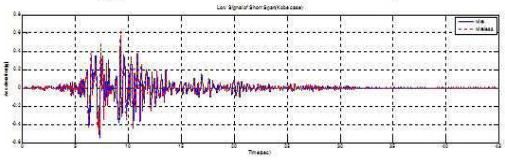
(a) Time domain(Ground)



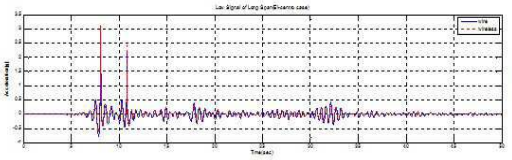
(g) Time domain(Ground)



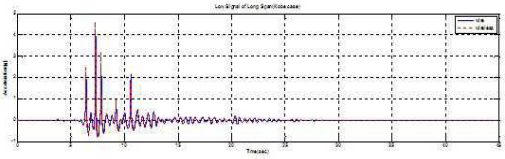
(b) Time domain(Short-span)



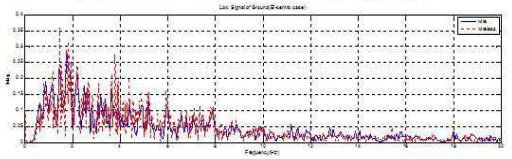
(h) Time domain(Short-span)



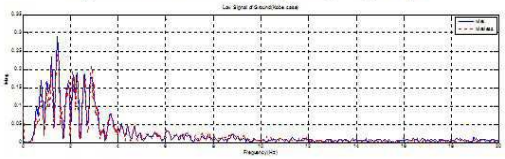
(c) Time domain(Long-span)



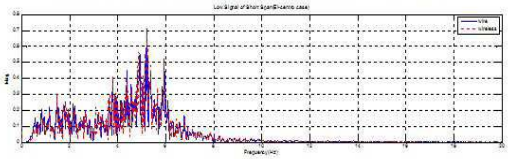
(i) Time domain(Long-span)



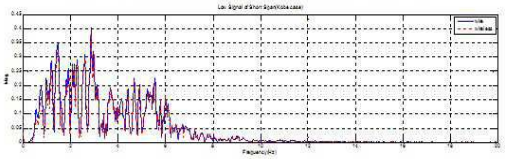
(d) Frequency domain(Ground)



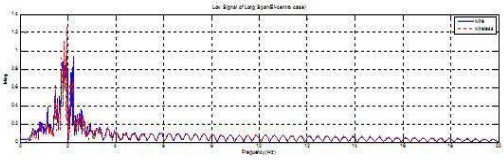
(j) Frequency domain(Ground)



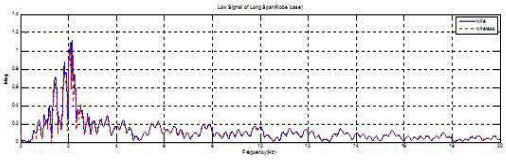
(e) Frequency domain(Short-span)



(k) Frequency domain(Short-span)

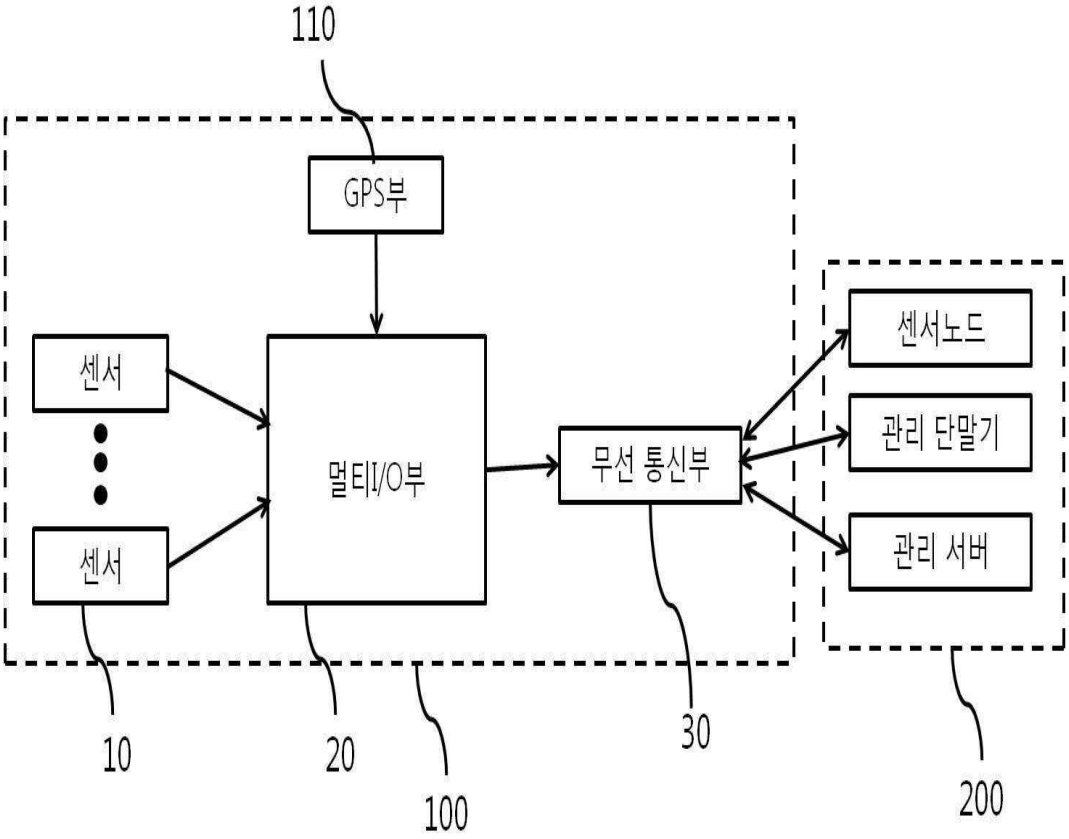


(f) Frequency domain(Long-span)

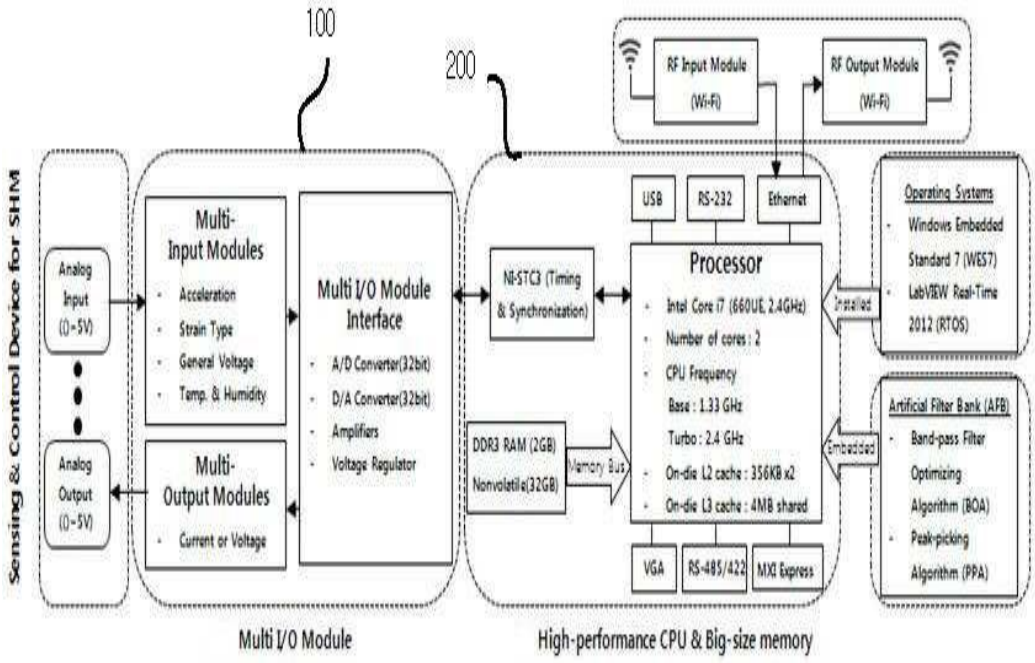


(l) Frequency domain(Long-span)

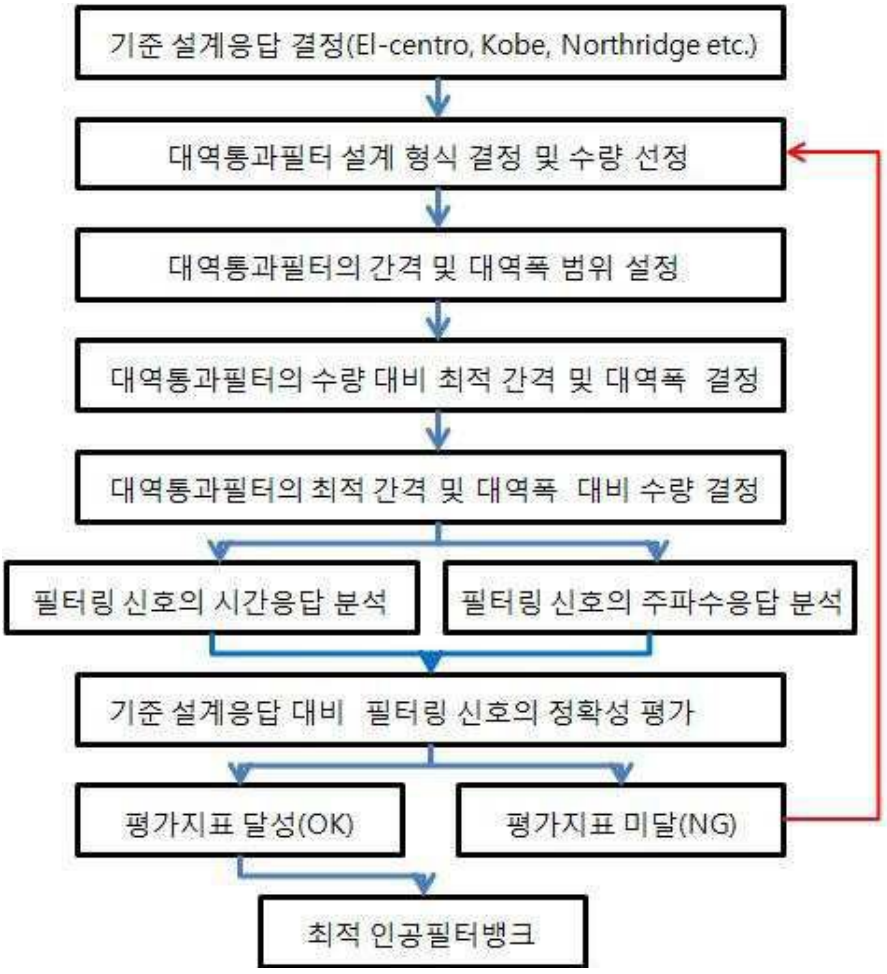
도면5


110
GPS부
센서
센서
멀티I/O부
무선 통신부
센서노드
관리 단말기
관리 서버
10
20
100
30
200

도면6


100
200
RF Input Module (Wi-Fi)
RF Output Module (Wi-Fi)
Sensing & Control Device for SHM
Analog Input (0~5V)
Analog Output (0~5V)
Multi-Input Modules
Acceleration
Strain Type
General Voltage
Temp. & Humidity
Multi-Output Modules
Current or Voltage
Multi I/O Module Interface
A/D Converter(32bit)
D/A Converter(32bit)
Amplifiers
Voltage Regulator
NI-STC3 (Timing & Synchronization)
DDR3 RAM (2GB)
Nonvolatile(32GB)
Memory Bus
USB
RS-232
Ethernet
Processor
Intel Core i7 (660UE, 2.4GHz)
Number of cores : 2
CPU Frequency
Base : 1.33 GHz
Turbo : 2.4 GHz
On-die L2 cache : 356KB x2
On-die L3 cache : 4MB shared
VGA
RS-485/422
MXI Express
Installed
Embedded
Operating Systems
Windows Embedded Standard 7 (WES7)
LabVIEW Real-Time 2012 (RTOS)
Artificial Filter Bank (AFB)
Band-pass Filter Optimizing Algorithm (BOA)
Peak-picking Algorithm (PPA)
Multi I/O Module
High-performance CPU & Big-size memory

도면7


기준 설계응답 결정(El-centro, Kobe, Northridge etc.)
대역통과필터 설계 형식 결정 및 수량 선정
대역통과필터의 간격 및 대역폭 범위 설정
대역통과필터의 수량 대비 최적 간격 및 대역폭 결정
대역통과필터의 최적 간격 및 대역폭 대비 수량 결정
필터링 신호의 시간응답 분석
필터링 신호의 주파수응답 분석
기준 설계응답 대비 필터링 신호의 정확성 평가
평가지표 달성(OK)
평가지표 미달(NG)
최적 인공필터뱅크