

셀프센싱 탄소나노튜브 복합체를 활용한 IoT 기반 구조물 건전성 모니터링 기술 개발

Development of IoT based Structural Health Monitoring Techniques integrated with Self-Sensing Carbon Nanotube Reinforced Composites

남상혁* · 김성곤** · 박승희*** · 장승환****

Nam, Sang-Hyeok · Kim, Seonggon · Park, Seunghee · Jang, Sung-Hwan

최근에는 신개념의 건설재료에 대한 연구가 활발하게 이루어지면서 기능성을 갖는 스마트 복합재료를 구성하기 위해 탄소나노튜브, 카본블랙, 그래핀 등과 같은 탄소계열의 나노물질들이 다양한 형태로 사용되고 있다. 또한, 구조물의 유지관리 기술은 4차산업혁명과 함께 무선통신이나 첨단센서들을 활용하는 원격 모니터링 시스템으로 전환되고 있다. 본 연구에서는 탄소나노튜브를 이용한 스마트 센서블록 및 탄소나노튜브 폴리머 복합체를 이용하여 구조물이 셀프센싱 기능을 갖도록 하고, 이를 IoT 기반의 모니터링 시스템과 연계하여 새로운 개념의 구조물 건전성 모니터링 시스템을 구축하고자 한다.

핵심용어 : 셀프센싱, 탄소나노튜브, CNT 복합체, 사물인터넷, 구조물 건전성 모니터링

1. 서 론

탄소나노튜브는 우수한 역학적, 전기적, 열적 특성을 가지고 있고, 상대적으로 적은 양으로도 전도성 복합체를 만들 수 있기 때문에 다양한 응용분야에서 널리 사용되고 있으며, 이와 같은 전도성 재료들은 외력이나 환경 변화에 따라 다른 전기적 신호를 가지게 되어 구조물의 손상 및 내구성 변화에 따른 구조물의 건전성을 평가하는 획기적인 방법으로 제안되고 있다. 또한, 구조물의 건전성 모니터링 기술은 첨단센서나 ICT 기술의 발전과 함께 IoT 기술을 통해 다양한 사물, 데이터, 프로세스 등을 유기적으로 연결하여 지능화된 융합 서비스를 자율적으로 제공하도록 하는 기술들을 재난·안전 등의 분야에서도 적용하고자 하는 시도가 늘고 있다. 본 연구에서는 탄소나노튜브(Carbon Nanotube; CNT)를 이용한 셀프센싱 기술과 IoT 기반의 모니터링 기술을 융합하여 기존의 센서 부착이 필요 없는 새로운 개념의 구조물 건전성 모니터링 시스템에 대해 소개한다.

2. 탄소나노튜브를 이용한 셀프센싱 기법

2.1 CNT 시멘트 센서 블록

탄소나노튜브를 활용한 센서블록 모듈을 제작하여 콘크리트 부재 내부에 매립시키고, CNT 센서블록의 전기저항 임피던스 변화량을 측정함으로써 양생과정에서의 콘크리트의 강도 변화를 측정하며, 콘크리트 내부에서의 손상이나 상태 변화 등을 모니터링 할 수 있다.

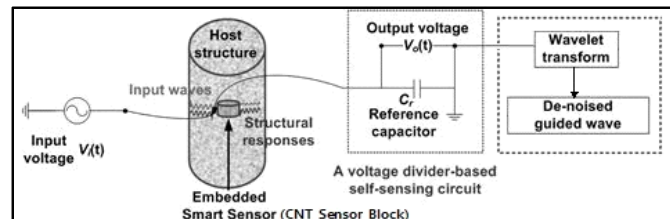


그림 1 CNT 시멘트 센서 블록 셀프센싱 개념도

* 정회원 · (주)이엔지소프트, 대표, 공학박사 (E-mail:shnam@engsoft.kr) - 발표자
 ** 정회원 · (주)이엔지소프트, 대표, 공학석사 (E-mail:ksg@engsoft.kr)
 *** 정회원 · 성균관대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사 (E-mail:shparkpc@gmail.com)
 **** 정회원 · 영국 Univ. of Plymouth, Dept. of Civil & Coastal Engr. 교수, 공학박사 (E-mail:sung-hwan.jang@plymouth.ac.uk)

2.2 CNT 폴리머 복합체

CNT 폴리머 복합체는 폴리머에 탄소나노튜브를 혼입시켜 전도 특성을 갖도록 한 것으로, 이를 콘크리트 표면에 도포 또는 부착한 후 외력이나 환경의 변화에 따른 전기 저항의 변화를 측정함으로써 콘크리트 부재의 균열이나 손상 등을 감지하고 분석할 수 있도록 한다.

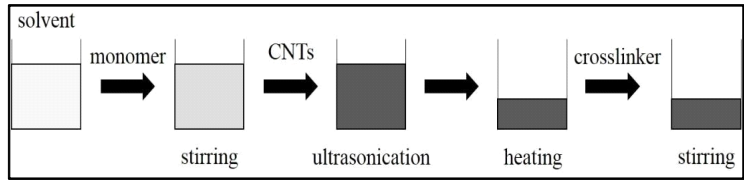


그림 2 CNT 폴리머 복합체 제작 과정

3. IoT 기반 셀프센싱 데이터 모니터링 시스템

기존의 유선기반 데이터 계측 방식에서 벗어나 Single board computer라 불리는 라즈베리파이를 통해 셀프센싱 정보를 분석하고 의미 있는 모니터링 정보를 가시화하여 현장에서 간편하게 구조물의 상태를 확인할 수 있도록 함과 동시에 셀프센싱 데이터를 DB로 자동 전송하고 시스템에서 통합 관리하도록 함으로써 보다 효율적인 실시간 구조물 건전성 모니터링을 가능하게 한다. 이를 통해 구조물의 노후화 사고의 징후를 나타내는 결함 및 위험요인 등을 조기에 감지할 수 있도록 하여 보다 안전하고 효과적인 구조물 유지관리가 이루어 질 수 있다.

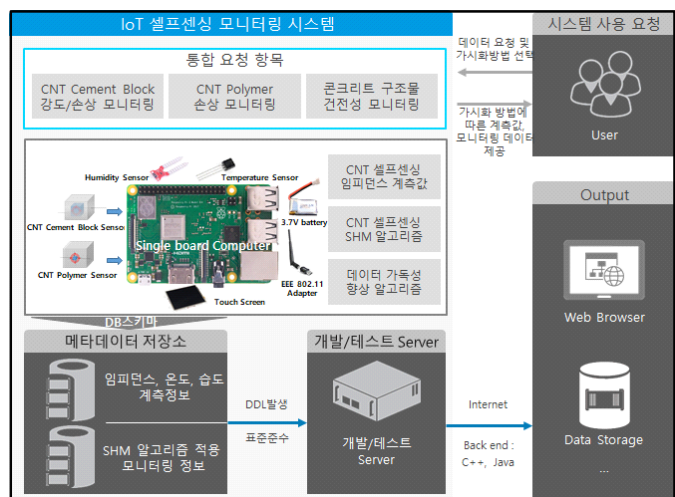


그림 3 IoT기반 셀프센싱 모니터링 시스템 개요도

4. 결 론

본 연구는 탄소나노튜브를 이용하여 구조물이 스마트 셀프센싱 기능을 갖도록 하고, 이를 IoT 기술과 연계하는 플랫폼을 개발함으로써 새로운 개념의 구조물 건전성 모니터링 시스템을 구축하는 내용을 포함하고 있다. 이와 같은 기술 개발을 통해 구조물의 유지관리 기술 뿐 만 아니라 재난·안전 관련 기술을 비약적으로 발전시킬 수 있을 것이며, 더 나아가 스마트 시티에도 다양하게 적용할 수 있는 기반 기술로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 19CTAP-C151808-01).

참고문헌

1. Jang, SH and Yin, HM. (2015). "Effective Electrical Conductivity of Carbon Nanotube-polymer Composites: A Simplified Model and its Validation." *Materials Research Express*, 2, 045602.
2. 박승희, 김동진, 홍석인, 이창길 (2011). "콘크리트 양생 강도 모니터링을 위한 매립형 지능형 센서의 적용성 연구." 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 23, No. 2, pp.219-224 .