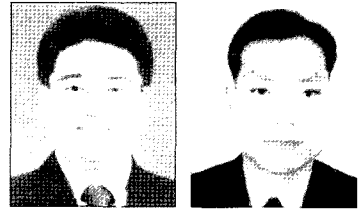


Smart Material을 이용한 무전선-무전원 건설계측기 개발에 따른 도로계측 활용



최준성 | 정회원 · 인덕대학 건설환경설계학과 교수 · 편집간사
이근호 | 정회원 · (주)호승시스템 대표이사

1. 서론

1990년대 후반~2000년대 초반의 IT(Internet Technology) 기술의 혁명적 발전이 새로운 기술 사조(유비쿼터스 센서 네트워크)를 만들어내는 밑바탕이 되었으며 현재 기술의 핫이슈는 바로 “유비쿼터스”라고 할 수 있다. “유비쿼터스”는 라틴어의 “언제(Any)”에 어원을 두고 있으며 “언제, 어디서나, 동시에 존재하는”으로 직역할 수 있다. 결국, 다가올 미래 기술의 핵심은 사물의 지능화를 위해 매우 작은 크기의 시스템이 내장됨을 알 수 있다. 그러나 사람이 인지할 수 없는 정도의 시스템의 소형화가 이루어지고 USN(Ubiquitous Sensor Network)이 궁극적으로 추구하는 바와 같이 생활 주변 어디서든 네트워크화가 수행되기 위해서는 전원 공급 문제를 반드시 해결해야 하며 USN 시장이 가장 활발하게 열릴 것으로 예측되는 건설/건축 계측 분야의 경우 특히 전원 공급의 문제해결이 시급한 상황이다.

현재 건설구조물 및 건설현장의 건설계측에 첨단 IT기술을 이용하고자 하는 많은 노력이 이루어지고

있으며, 그 중 센서시스템의 무선화는 센서 계측 값의 장거리 전송과 센서의 네트워크화를 촉발시키는 계기가 되었으며, 현재는 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous sensor network)의 상용화를 위한 많은 연구 결과가 도출하고 있다. 본 고에서는 우리 학회 회원들과 함께 현재 건설계측기 연구와 발달현황 및 이러한 기술발전을 도로계측에 활용하는 방안에 대하여 기술하고자 한다.

2. 센서의 무선화 현황

현재 국내의 건설분야에서는 센서로부터 수집한 데이터로거의 데이터를 표 1과같이 상용 유선통신망(전화망을 이용한 PC 통신망, 인터넷 통신망)을 이용하여 원격지의 메인PC에 자료를 전송하는 방법이 활용중에 있다. 표 1의 건설 분야에 활용되고 있는 통신시스템에서와 같이 아직 최신 IT 기술을 접목시키지 못하고 있으나, 최근에는 IT 기술발전에 힘입어 데이터 수집시스템으로부터 근, 원거리에 관계없이

하나의 방법으로 자료를 전송할 수 있는 IMT 2000 기술을 이용한 무선데이터 통신시스템 구축 개발가능성이 제시되고 있다. 또한 최근 정보통신 기술의 하나인 IMT 2000의 초기기술을 건설 자동화 계측 시스템에 이용하기 위하여 CDMA 기술(최대 2Mbps 이상의 데이터 전송율)을 접목하고, 초기의 EV-DO 방식을 도입하여 이미 상용통신망과 전파법에 위반되지 않는 상용통신모형을 이용하여 데이터 로거로부터 축적된 자료를 무선 전송할 수 있도록 그림 1과 같이 개발되어 있다. 이러한 센서측정데이터

의 무선전송방식을 활용하여 그림 2와 같이 도로사면 무인감시에 활용하기 위한 많은 노력등이 진행중이며, 실제 무인감시시스템으로서 도로사면에 적극 활용되기 위해서는 그림 3의 예경보시스템의 보완이 필요하다.

미래의 데이터통신망을 이용한 데이터 획득시스템은 휴대인터넷(와이브로)과 더불어 국내에서 상용화 준비중인 지상파/위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)을 이용하여 새로운 건설분야에 무선 데이터통신의 새로운 발전가능성을 이룩할 것이다.

표 1. 건설 분야에서 활용되고 있는 통신시스템

구 분	유 선 통 신			유 선 통 신		
	RS-232C	광모뎀	전화모뎀	RF 무선모뎀	PCS폰 모뎀	무선 LAN
방 법	- 데이터로거에 직접 RS232C 케이블 연결하여 통신	- 데이터로거와 운영PC를 직접광케이블로 연결하여 통신	- 전화선 모뎀으로 데이터로거와 운영PC에 전화연결 통신	- 데이터로거와 운영PC에 무선 모뎀을 연결하여 통신	- 데이터로거와 운영PC에 PCS폰모뎀을 연결하여 통신	- 로거측 PC에 무선LAN카드 설치후 운영PC는 인터넷 통신
장 점	- 데이터 손실이 적다(15m이내) - 가격 저렴	- 약 5Km 이내 통신 - 고속통신 가능 - 노이즈영향이 적다	- 국내 모든곳 전화가 있는 곳은 통신가능	- 무허가조건에서 2Km까지 가능	- 국내 PCS 기지국이 있는 곳은 통신가능	- 사내 근거리 통신망으로 적합
단 점	- 짧은 거리에서 측정(15m이내)	- 광케이블 포설 비용 고가	- 전화비용 추가 - 전화국 통신품질에 따라 오류 발생가능	- 장거리일 경우 허가를 득해야함 - 노이즈로 인한 데이터 손실	- 핸드폰기지국이 없는 곳에서 통신불가	- 측정PC와 운영PC 모두 데이터를 공유할 수 있는 접속지역내에 있어야 통신 가능
경제성	- 비용은 저렴하나 인건비 상승	- 광케이블 포설 비용 고가	- 전화선로 구축 비용 증가	- 허가사항에 따른 사용 규제로 비업무적임	- 일반 핸드폰 요금수준으로 저렴하나 기지국이 있어야함	- 무선 인터넷 접속 요금 수준(일반 통신보다 고가)
검토안	- 현장 접근이 어려운 곳은 불가함	- 전용선모뎀을 사용하므로 데이터는 안정적이거나 비용이 증가함	- 데이터로거마다 전화선로를 포설해야 하므로 비업무적임	- 짧은거리는 무난하나 먼거리와 현장 특성상 사용에 제약이 따름	- 현장이 광범위하여 PCS폰 모뎀 사용이 유리함 - 최근 사용 증대	- 광범위한 현장에서는 부적합
검토 의견	데이터 통신의 안정성 측면에서는 유선통신인 광모뎀 방식이 가장 우수하나, 비용이 매우 고가이므로 경제성에서 적용성이 떨어지는 반면, 일반 무선통신인 PCS폰 모뎀방식은 통신거리에 관계없이 데이터를 비교적 안정적으로 통신할 수 있는 방식으로, 현재 건설계측업무에 사용되는 추세이나 바로 RS232C에서 데이터망에 접근할 수 없고 연계모듈이 필요함. 또한 동적 이동형 센서는 측정불가한 단점이 있음					

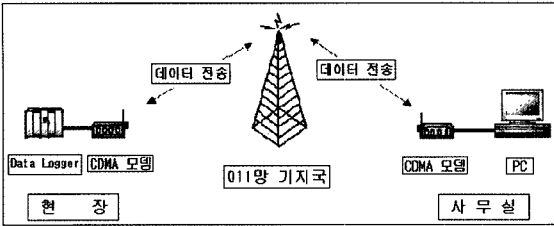


그림 1. CDMA 모듈을 이용한 011 망 기지국으로부터의 데이터통신시스템

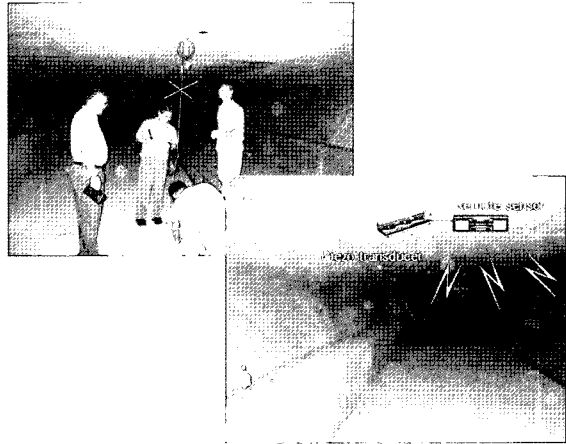
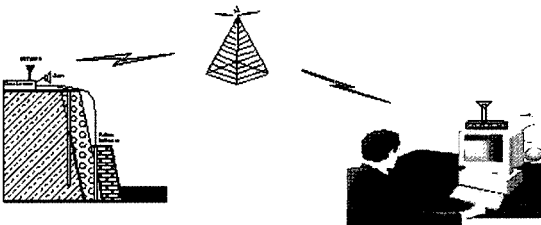


그림 5. 스마트물질을 활용한 무선센서의 도로구조물 교량계측 활용방안



〈현 장〉 〈원격지 사무실〉

그림 2. 센서의 무선화를 활용한 도로사면 감시시스템 개요도

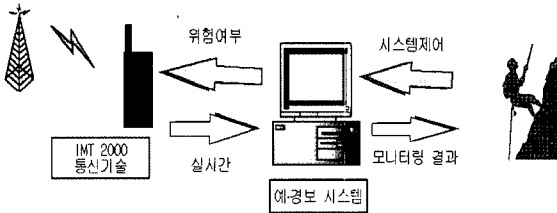


그림 3. 예·경보 시스템 전개도

그러나 이러한 방식은 센서와 데이터로거를 유선으로 연결하여야 하는 방식으로 최근에는 그림 4와 같이 센서자체를 무선화하는 연구들도 활발히 전개되고 있다. 이러한 연구들은 그림 5와 같이 도로구조물 교량계측이나 도로지반조성시 연약지반 계측시 활용될 수 있을 것이다.

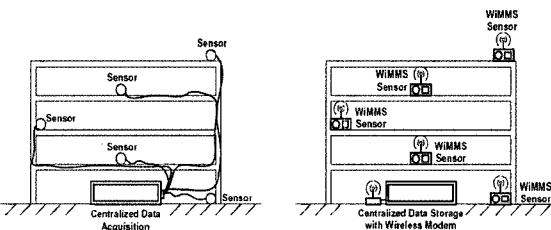


그림 4. 센서의 무선화 구축

3. 센서의 무전원화 현황

최근 자연의 힘(태양열, 풍력등)을 이용하여 전선으로 전원공급을 하는 시도로부터 건설구조물에 가해지는 하중(교통진동등)에 의해 발생하는 건설구조물 주위의 진동에너지를 변환하여 마이크로 시스템이나 저전력을 구동할 수 있는, 스마트물질(Smart Material)을 이용한 초소형 동력원 개발연구등이 활발히 연구되고 있다. 이러한 경향은 10년 이상 장기적인 작동을 요구하는 곳에서 전원을 공급해주는 시스템은 현실적으로 영구 사용에 제한적이라고 할 수 있으며, 또한 전력시스템을 구성하는 것은 공사비에 많은 부담을 주기 때문이다.

센서 계측값의 무선전송은 전원 인가 방식에 따라 능동 센서(Active sensor)와 수동 센서(Passive sensor)로 크게 나눌 수 있으며, 최근 무전원 센서시스템 구축을 위해 압전체로 전달되는 진동을 이용하거나 무선 전력 전송방식에 의하여 센서시스템을 구동시키는 준능동 센서(pseudo-active sensor)가 개발중에 있다.

무선 전력 전송방법을 이용한 무전원 시스템의 개발되는 그림 6과 같이 실제 센서에 전원이 인가되지 않은 상태에서 센서 값을 계측하기 위해서 외부에

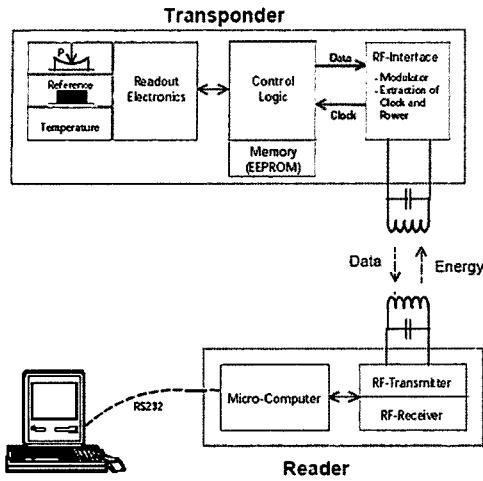


그림 6. 무선전력전송방식의 무전원 계측감지 개념도

서 특정한 초고주파 신호를 센서쪽으로 전송하여 센서값을 수신하는 방법으로, 외부에서 도선을 통한 전원 공급 혹은 건전지를 이용한 방법을 전혀 이용하지 않으면서 계측할 수 있는 방법이다. 그러나 무선 전력 전송방법의 경우 현재 RFID(Radio Frequency Identification, 전파 식별) 대역으로 13.56MHz 대역을 많이 사용하고 있으나 이 대역에서이 무선 전력 전송의 경우 전력 효율은 그리 높지 않으며 특히 거리에 따른 전력 전송에 제약이 따른다. 즉 저주파 Tag 시스템이 근거리에서만 적용 가능하지만 특수한 분야에서는 근거리 검출만으로도 충분한 경우가 있다. 즉, 도로의 아스팔트 표면의 온도를 계측하고자 하는 경우, 센서와 Reader 사이의 거리가 가까워도 충분히 계측을 수행할 수 있으므로 저주파 Tag 시스템을 응용한 무전원/무선 센서 시스템을 적용할 수

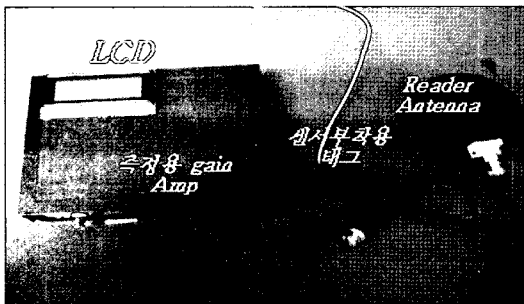


그림 7. 능동 무선 전송 무전원/무선 센서 시스템

있다. 그림 7은 연구개발된 실제사례로서, 시스템 제작 및 측정 결과 Reader 안테나와 센서 사이의 감지 거리가 5cm 이내일 때에만 측정이 가능하여 현장에서 사용하기 위해서는 개선이 필요함을 알 수 있다.

현재 연구되고 있는 스마트 물질을 이용한 무전원 센서개발은 스마트물질로부터 발생한 전기 에너지를 이용하여 건설분야에 적용하여 진동이 지속적으로 발생하는 교량과 같은 건설구조물 내부의 상태를 감지하고 무선을 통하여 데이터를 전송시키는 방법이다. 그림 8은 개발된 스마트물질을 활용한 전원공급 장치이며, 그림 9는 이를 통해 측정된 측정값을 나타낸다. 이처럼 스마트물질을 이용한 준능동센서 시스템은 그림 10과 같이 실제 적용하고자 하는 장소(건물, 교량, 터널 및 철로 등 진동이 늘 발생하는 곳)의 상황 및 환경적 특성에 맞추어 진동에 의한 자가 발전이 가능한 압전 발전기 시스템을 갖추고자 하는 것이다.

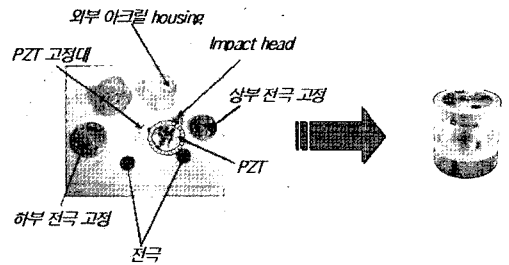


그림 8. 개발된 스마트물질을 이용한 압전타격장치의 모습

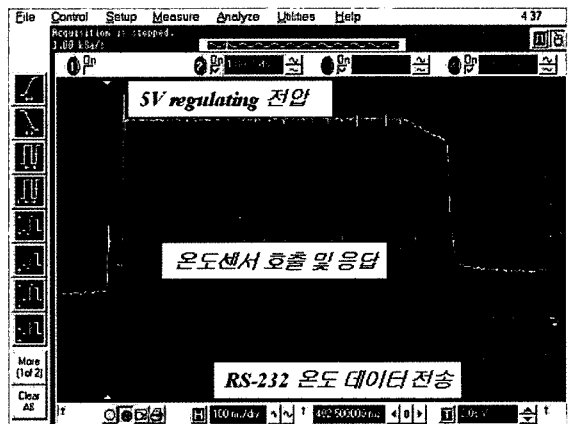


그림 9. 응용 실험중 5V 유지, 온도 센서 호출 및 응답 신호 예

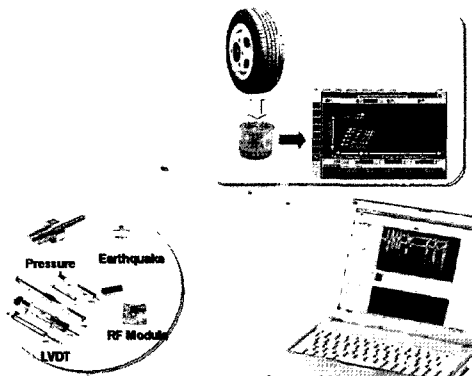


그림 10. 스마트물질을 활용한 무전원센서의 도로계측 활용

4. 결론

이러한 계측기술의 발달로 인한 무선/무전원센서를 위한 자가발전 전원장치는 전선을 이용한 전원공급이 어려운 지역과 실시간 계측이 필요한 지역의 계측을 위하여 건설계측기의 무전선 전원 공급이 가능할 것이며, 전기공사 및 계측기 유지관리등 공사비 절감과 공기단축으로 인한 예산 절감 및 전선길이에 따른 노이즈 제거등 국내기술력 확보에 따른 국가경쟁력 강화가 기대되며, 또한 산사태유발지역등 전선을 이용한 전원공급이 어려운 지역에서도 실시간 계측을 할 수 있는 계측기법의 초석이 될 수 있을 것이다.

이와같이 우리 도로분야에 기계, 전자 및 정보통신 기술을 도입하여 이학문간의 교류를 통한 첨단화·활성화를 도모하고, 정보화 기술도입을 촉진시키므로써 기술력향상에 기여할 수 있다고 사료된다. 앞으

로 미래지향적 연구들을 통하여 대외적으로 열악한 환경들을 극복하면서, 국내기술 개발과 연구로 인하여 외국 선진국들에 의한 기술독점과 기술종속을 탈피하면서 자주적 기술독립을 통한 특허료 및 기술이전료의 외화낭비 방지, 추후 발전된 연구기술을 접목할 수 있는 토양을 구축하기를 기대한다.

참고문헌

1. 이영완(2002), "걸기만 해도 전기 발생하는 도로", 매경이코노미 9월 13일자 기사
2. 최준성(2003), "IMT 2000을 응용한 도로사면 무인 감시시스템 요소기술 개발", 중소기업청
3. 최준성 (2004), "Smart Material을 이용한 무전선 토목계측기 전원공급장치 개발에 관한 기초 연구". 인덕대학 부설산업기술연구원 논문집 제 11집
4. 최준성(2005) "건설계측개론", 구미서관
5. John German, "Vibration-powered sensor harvests structural shakes, stores data for later readout", Sandia_Lab_News
6. Lynch,J.P외 5인, "The design of a wireless sensing unit for Structural Health Monitoring, Proceedings of the 3rd international Workshop on Structural Health Monitoring, Stanford, CA, USA, September 12-14, 2001
7. Mensah. S, "Civil Infrastructure Monitoring Using Microelectromechanical Systems (MEMS):A Case Study for Concrete Microcracking", TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM