

# 광섬유센서 기반 도시인프라 구조물 건전성 통합 모니터링 시스템 개발

주승환\*, 서희석\*, 이승재\*\*, 김민수\*\*\*

\* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

\*\* 한국기술교육대학교 건축공학과

\*\*\*(주)LSWare

e-mail : judeng@kut.ac.kr\*, histone@kut.ac.kr\*, leeseung@kut.ac.kr\*\*,  
lasarus@lsware.co.kr\*\*\*

## Integrated Health Monitoring System for Infra-structure based on Optical Fiber Sensor

Seung-Hwan Ju\*, Hee-Suk Seo\*, Seung-Jae Lee\*\*, Min-Soo Kim\*\*\*

\*Dept. of Computer Science Engineering, Korea University of Technology and Education

\*\*Dept. of Arcitecture Engineering, Korea University of Technology and Education

\*\*\*LSWare

### 요 약

1990년 이후 우리나라를 둘러싼 동북아시아를 비롯하여 동남아시아의 도시에 이르기까지 지진, 태풍, 쓰나미 등의 환경재해가 빈발하고 있는 상황이다. 또한 최근 아이티, 칠레에서의 지진 발생뿐만 아니라 국내 수도권에서도 지진이 발생하여 자연지해에 대한 우려가 많아지고 있다. 현대의 건축물들은 다양한 자연재해로부터 취약할 수밖에 없으므로, 이를 최대한 빠르게 확인하여 경보하는 것만이 인명 및 재산의 피해를 최소화할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 구조물 건전성 진단을 위한 통합 모니터링 시스템에 대하여 소개한다. PDA나 스마트폰을 갖고 있는 관리자는 실시간으로 통합 모니터링 시스템에 접근하여, 해당 구조물의 상태를 확인함으로써 피해 상황을 파악한다. 시설물 유지 관리자에게 건전성 유무를 판단할 자료를 실시간으로 제공하는 것은 조기대응으로 인한 현재의 피해를 최소화할 수 있으며, 추후 발생할 수 있는 추가적인 피해를 예방할 수 있는 장점이 있다.

### 1. 서론

본 연구의 목적은 도시 인프라 통합 모니터링 기술을 개발하여 친환경 및 장수명 도시를 구현하는 것이다. 현대 도시의 기능은 개인의 편리하고 안전한 생활, 쾌적한 환경, 재해예방과 복구 등을 아우르는 복합적인 사회적 니즈 해결 및 지구온난화 등과 같은 전 인류적 니즈에 부응하여야 한다. 1990년 이후 우리나라를 둘러싼 동북아시아를 비롯하여 동남아시아의 도시에 이르기까지 지진, 태풍, 쓰나미 등의 환경재해가 빈발하고 있다. 재해가 발생한 후의 도시에서 발생하는 2차 재해의 경감을 목적으로, 재해지역의 병원, 방송국, 학교 등의 방재거점의 확보 및 도로, 교량, 상하수도 등의 라이프라인의 신속한 복구가 최우선 사항이다.

이러한 상황에서 구조물에 대한 점검은 주로 현장에서의 육안 검사가 주를 이루고 있었으나 최근에는 선진국을 중심으로 시설물 유지관리를 위한 계측 시스템이 도입되고 있는 상황이다. 그러나 지금까지의 시설물 유지관리를 위한 계측 연구는 개개의 교량 및 구조물을 대상으로 적용 및 운영되어 왔다. 하지만 이러한 구조물에 대한 건전

성 모니터링 및 경보 시스템은 여러 가지 이유로 인해 그 활용도가 저조한 상황이다. 가장 큰 이유는 건전성 모니터링을 위한 센서의 정확도가 떨어짐으로써, 시스템의 오작동 및 오탐지로 인한 경보의 남발이 가장 큰 이유라고 할 수 있다. 또한 경보시스템이 제대로 구축되지 않아 실시간 경보를 PDA나 스마트폰으로 확인하지 못하는 문제가 있었다.

본 연구에서는 도시단위의 도시 인프라 건전성 계측시스템의 상용화를 연구목적으로, 계측용 센서로서는 현존하는 센서 중 가장 탁월한 정확도를 구현하는 광섬유센서를 사용하여 실시간 계측한다. 계측센서의 출력값을 실시간으로 관리자 서버에 전송하여 원격지에서 계측관리가 가능하고, 장기적으로는 안정된 도시 인프라 건전성 감시 시스템을 구축하는 것이 연구의 목적이다.

### 2. 고내구성 및 고감도의 광섬유 센서의 개발

본 연구에서 적용하고자 하는 광섬유센서의 품질 및 성능은 기존의 전자식 혹은 전기식 저항센서와 비교하면 월등한 감도를 가지고 있다. 성능은 기존의 광섬유센서와

동등 혹은 그 이상으로 유지하면서, 센서 자체의 내구성 향상, 설치 및 유지보수의 편리성 등 장기적인 계측에 필요하도록 개발하였다. 구조물의 기울어짐을 측정할 수 있는 고내구성 및 고감도의 광섬유 각도센서 개발하였는데 1/500 ° 이상의 각도 센서의 분해능과 1/100 ° 이상의 각도 센서의 정확도를 확보하였다.

### 3. 도시 인프라 구조물 건전성 모니터링 시스템



<b>건축물 및 기간 시설물</b> -노화진단, 도괴 가능성 -화재경보, 무인경비	<b>교통/도로/철도</b> -교통량 파악, 해저드 감시, 구조물의 안전성, 관로 손상 -운용상황 파악, 공급매니지먼트	<b>해안/하천/자연환경</b> -대기 및 하천오염 -식재 등의 상황, 제방의 붕괴
---	--	--

(그림 1) 도시 인프라 건전성 통합관리 시스템의 구축 개념도

본 연구진이 구축한 광섬유센서 기반 도시인프라 구조물 건전성 통합 모니터링 시스템(FSHMS)은 모니터링이 필요한 구조물에 성능이 우수한 광센서를 부착하고 이를 실시간으로 모니터링 함으로써 이상 징후 발생 시 해당 내용을 관리자에게 전송하고 관리자는 PC나 모바일 기기를 통해 시설물의 센서계측정보를 실시간으로 조회하는 시스템이다. 또한 도시의 성장 및 변화에 대응하기 위한 확장 가능형 도시 인프라 건전성 관리 시스템의 구축을 목표로 하고 있다.

도시 인프라 구조물 건전성 모니터링 시스템은 크게 계측 데이터 획득 모듈, 통합 계측 데이터 획득 모듈, 도시 인프라 건전성 관리 포털, 도시 인프라 건전성 관리 PDA 인터페이스로 이루어져 있으며, 계측 데이터 획득 모듈(Sensor Data Collect Agent)은 도시인프라 구조물로부터 계측데이터 획득모듈 개발, 또한 획득된 계측데이터는 통합 계측 데이터 획득 모듈에 전송된다.

통합 계측 데이터 획득 모듈은 각 센서들이 수집한 데이터를 한데 모아 이상 징후를 판별하고 데이터들을 조합하여 정보를 생성하는 모듈이다.

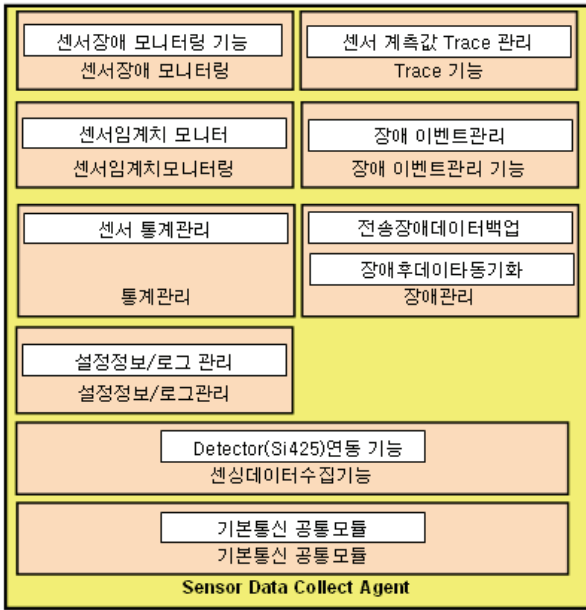
도시 인프라 건전성 관리 통합 포털은 웹기반 통합관리시스템으로 구축되며, 관리자가 인터넷이 가능한 곳에서 항상 감시 구조물에 대한 정보를 조회하도록 하는 기능을 제공하여 통합포털 상의 관리자는 PC에서 인터넷을 통해 도시 인프라 구조물들의 센서 계측 데이터 조회 및 센서

이력을 조회하는 기능 등을 제공 받을 수 있도록 하였다.

인프라 건전성 관리 PDA 인터페이스는 인프라 건전성 관리 포털을 PDA에 맞게 최적화 한 것으로 작은 화면에서도 가독성이 좋도록 하였다.

#### 3.1 계측데이터 획득모듈

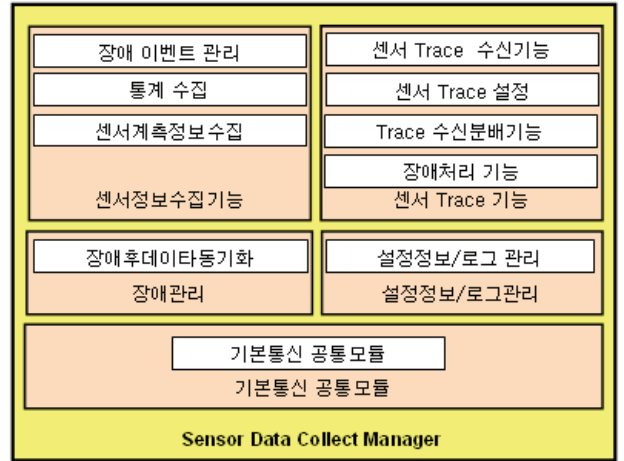
계측 데이터 획득모듈(Sensor Data Collect Agent)은 도시 인프라 구조물(예를 들어 빌딩, 교량, 터널 등) 별로 설치되는 센서의 계측데이터를 획득하는 모듈이며, 획득된 계측데이터는 광섬유 센서군으로 부터 Detector를 통하여 통합계측데이터 획득모듈 전송한다. 계측데이터 획득모듈에서는 센서에 문제가 발생하는지 모니터링한 센서장에 관리와 센서의 데이터 전송 상태를 관리한다.



(그림 2) 계측데이터 획득모듈

### 3.2 통합계측데이터 획득모듈

통합 계측 데이터 획득모듈(Sensor Data Collect Manager)은 각 도시 인프라 구조물의 계측 데이터 획득 모듈로부터 전송된 계측 데이터를 통합하여 수집하는 모듈이다. 통합 계측 데이터 획득모듈은 계측데이터 처리모듈과 도시인프라 구조물 해석 모듈로 이루어져 있는데, 이것들은 수집한 계측 데이터를 통해 구조물의 위험 여부를 판단하고 구조물 정보 발생에 사용되는 모듈이다.

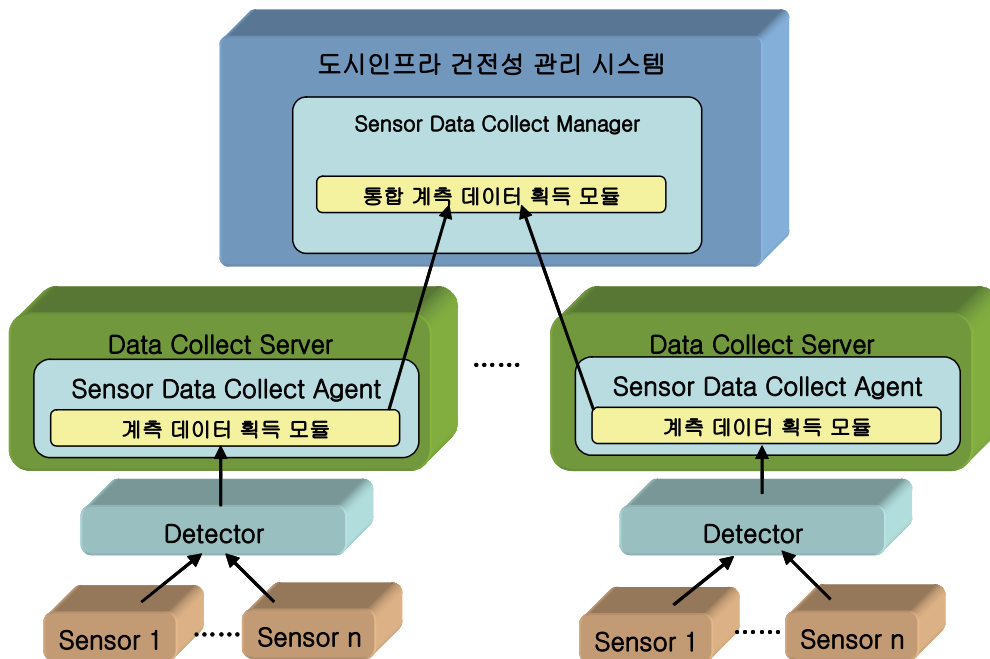


(그림 4) 통합계측데이터 획득모듈

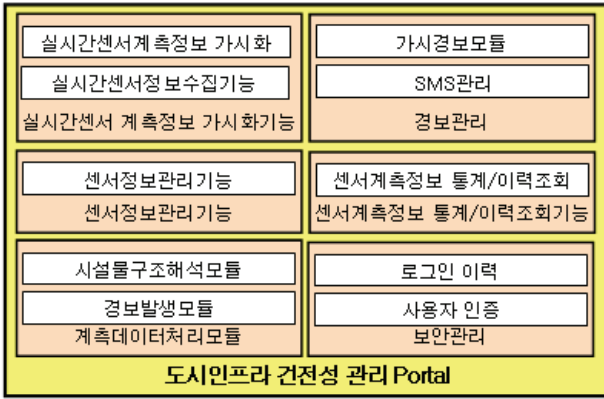
### 3.3 도시 인프라 건전성 관리 포탈

도시 인프라 건전성 관리 포탈에서는 구조물을 등록/수정할 수 있고 각 구조물 정보를 열람할 수 있다. 또한 각 센서를 등록/수정하며 센서의 상세 정보도 제공한다. 센서 계측정보를 시간에 따른 그래프로 출력함으로써 실시간 센서 계측정보를 알아보기 쉽게 하며, 각 센서정보를 관리하는 기능을 갖는다. 센서 정보를 이용해 정보 발생도 이루어 질 수 있으며, 기존의 정보에 대한 이력과 정보 메시지를 관리할 수 있다.

도시 인프라 건전성 관리 포탈에서는 광섬유센서 기반 도시 인프라 구조물 건전성 통합 모니터링 시스템의 모든 정보를 쉽게 확인 할 수 있는 웹페이지이다.



(그림 3) 도시인프라 건전성 모니터링 시스템의 계측데이터 수집구조



(그림 5) 도시인프라 건전성 관리 포탈

단일 구조물별로 진행되었던 건전성 모니터링을 2010년을 목표로 통합시스템 구축으로 전환하고 있다.

이러한 상황에 더욱 정확하고 효율적인 도시 인프라 구조물의 건전성 모니터링을 위해 고내구성 및 고감도 광섬유센서를 개발/사용하고, 도시인프라 건전성 모니터링 시스템 개발하였다.

더 나아가 계측 데이터의 정확성과 센서의 성능에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다.

**참고문헌**

**4. 연구 결과**

**4.1 도시인프라 건전성 모니터링 시스템 개발**

각 계측데이터 획득모듈로부터 대량의 센서데이터가 통합 계측데이터 획득모듈로 전송될 경우 통합 계측데이터 획득모듈에 많은 부하를 줄 수 있는 가능성이 있다. 따라서 계측데이터 획득모듈에서 구조물 건전성 평가에 필요한 데이터만 통합 계측데이터 획득모듈로 전송하고 센싱된 raw 데이터는 필요시만 전송하여 통합 계측데이터 획득모듈의 부하를 줄여 성능을 보장 하고자 하였다.

**4.2 고내구성 및 고감도 광섬유센서 개발**

기울기 센서를 고층건물에 설치할 경우 건물의 고유진동에 의한 기울기센서가 동작될 수 있어, 내부에 브레이크 오일을 채워 주기적이고 반복적인 미세진동에는 반응을 하지 않도록 하였다.

**5. 결론**

우리나라는 창선대교(1992년), 성수대교(1994년), 삼풍백화점(1995년) 등의 대형 도시인프라 구조물 등의 붕괴와 관련한 안전사고 연속적으로 발생한 후, 도시의 시설물의 점검 및 진단을 의무화하는 특별법을 1995년에 170회 정기국회에서 제정되었다(시설물안전관리에 관한 특별법). 공사비 절감, 공기단축 등을 위주로 건설된 과거 도시 구조물 등은 구조적 취약성이 있음에도 불구하고 유지관리 소홀 등으로 말미암아 크고 작은 구조물 관련 안전사고가 발생하여 왔다. 도시를 구성하는 구조물의 재해 및 재난을 예방하고, 공중의 안전 확보 및 국민의 복리증진을 위해서 도시인프라 구조물의 점검 및 적절한 유지관리는 구조물의 효용증진 뿐만 아니라 시대적 요구사항이다.

지금 전 세계는 도시인프라를 비롯하여, 송유관, 송신탑, 경계선 감시 등의 국가 기반시설에 대하여 건전성 모니터링 구축을 진행 중에 있다. 특히 일본의 총무성 자료에 의하면, 일본의 재해 및 재난방지 시스템은 지금까지의

[1] 김용표, 윤동한, “산업용 장비 네트워크를 위한 실시간 문자전송(SMS) 시스템”, 한국정보기술학회논문지 제4권 제3호, 2006. 6

[2] 이동운, 이상범, “건축물 안전진단 정보분류체계 구축방안에 관한 연구 :IDEF 정보 모델링 기법 및 통합건설정보 분류체계를 이용하여”, 대한건축학회논문집:구조계 제20권 제12호 통권 제194호

[3] 김한승, 김민석, “산업용 무선단문전송 프로그램(SMS) 개발에 관한 연구”, 정보및제어학술대회논문집, 2006. 10

[4] 김진철, 김지호, 윤만식, 송호준, 이항범, “이동 통신망의 SMS방식을 이용한 변전기기 무선진단 시스템 개발”, 대한 전기학회 하계학술대회 논문집 A, 2003. 7.

[5] 정경호, 금유환, 이성준, 안광선, “단문 메시지를 이용한 모니터링 시스템”, 한국정보과학회 2002년도 춘계 학술발표논문집 제29권 제1호(A), 2002. 4

[6] 김기수, “광섬유 센서를 이용한 사회기반시설 구조물의 스마트 모니터링 기법”, 대한토목학회지 제55권 제4호, 2007. 4

[7] 정원석, 이희업, 김성일, 김현민, “광섬유 변형 센서를 이용한 구조물의 모니터링”, 한국철도학회 2005년도 춘계 학술대회논문집, 2005. 5