

구조물 건전성 진단을 위한 모바일 경고 시스템

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***

Mobile Warning System for Health of Structure

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 Architecture 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. 인간이 건축한 구조물들은 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 시스템을 제공하고, 발생한 사건을 조기에 대응하기 위해 SMS(Short Message Service)를 활용하여 시설물 유지관리 담당자에게 경보를 보내는 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

최근 아이티, 칠레에서의 지진 발생뿐만 아니라 국내 수도권에서도 지진이 발생하여 자연재해에 대한 우려가 많아지고 있는 상황이다. 재해 지역은 병원, 방송국, 학교 등 방재거점 확보와 도로, 교량, 상하수도 등 라이프 라인의 신속한 복구가 최우선 사항이다.

이러한 상황에서 구조물에 대한 점검은 주로 현장에서 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 건전성 모니터링 및 경고 시스템은 여러 가지 이유로 인해 그 활용도가 저조한 상황이다. 가장 큰 이유는 건전성 모니터링을 위한 센서의 정확도가 떨어짐으로 인해 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. 이로 인해 외부로 출장 중인 관리자가 실시간으로 현장 상황을 파악하지 못해 실시간 대응을 하지 못하여, 초동 대응을 실패함으로써 2차적인 피해를 입고 있는 상황이다. 또한 기존에 구축된 시스템들은 시설 전체에 대한 유지·감독에 많은 어려움이 있어 관리자들의 고충을 해결하는데 한계가 있는 상황이다. 또한 기존의 시스템에서는 건축

물의 건전성 평가를 위한 통계 자료를 적절히 제공하지 못함으로 인해 건축물의 노후화에 따른 유지보수에 큰 어려움이 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 어려움을 개선하여 모바일 기기를 활용한 관리자 중심의 시스템으로 또한 실시간 대응이 가능하도록 시스템을 구축함으로써 구조물 건전성 진단에 적합한 시스템을 소개하고자 한다.

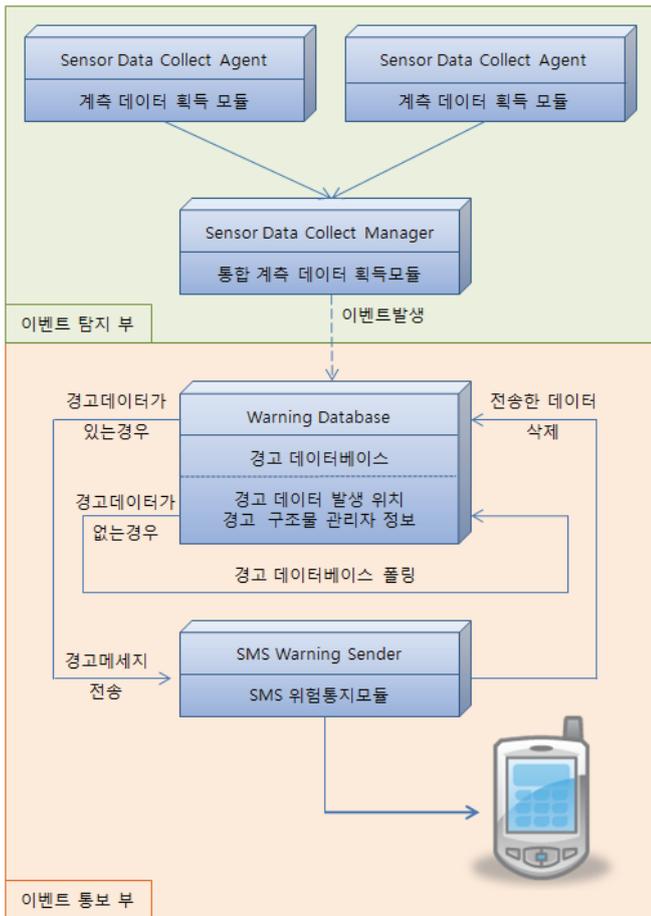
2. 구조물 건전성 진단을 위한 경고 시스템

본 연구진이 구축한 구조물 건전성 진단 모바일 경고 시스템은 모니터링이 필요한 구조물에 성능이 우수한 광센서를 부착하고 이를 실시간으로 모니터링 함으로써 이상 징후 발생 시 해당 내용을 모바일 단말기로 자동으로 송신하는 시스템이다. 구축된 모바일 경고 모듈은 이상 징후가 발견되는 경우 관리자에게 SMS(Short Message Service)로 해당 내용을 통보함으로써 안전사고를 줄일 수 있으며, 초기 대응으로 인해 건축물에 대한 신속한 복구가 이루어질 수 있도록 도와주는 시스템이다.

관리자에게 보내지는 SMS는 이상 징후가 발생한 센서의 위치와 위험 상태 정보를 포함한다. 또한 이상 징후가 발생한 센서 정보를 열람할 수 있는 통합 포털의 URL주소를 SMS로 전송함으로써, 모바일 기기에서 수신된 URL로 접속해 해당 이상 징후 증세를 보이는 센서의 정보를 즉각 확인 할 수 있도록 하였다.

이 시스템은 크게 통합포털, 계측 데이터 획득 모듈, 통합계측 획득 모듈, SMS 위험통지모듈로 구성이 되어있다.

통합 포털은 웹기반 통합관리시스템으로 구축되며, 관리자가 인터넷이 가능한 곳에서 항상 감시 구조물에 대한 정보를 조회하도록 하는 기능을 제공한다. 통합포털 상의 관리자는 PC 및 휴대기에서 인터넷을 통해 Web화면으로 도시 인프라 구조물들의 센서 계측 데이터 조회 및 센서이력을 조회하는 기능 등을 제공 받을 수 있다. 또한 PDA 인터페이스를 두어 통합 포털을 PDA에 맞게 최적화 한 것으로 작은 화면에서도 가독성이 좋도록 하였다.



(그림 1) 구조물 건전성 진단을 위한 경고 시스템

계측 데이터 획득모듈(Sensor Data Collect Agent)은, 도시 인프라 구조물(예를 들어 빌딩, 교량, 터널 등) 별로 설치되는 계측데이터를 획득하는 모듈이다.

통합 계측 데이터 획득 모듈(Sensor Data Collect Manager)은, 각 구조물의 계측 데이터 획득모듈로부터 전송된 계측 데이터를 통합하여 수집하는 모듈이다. 통합 계측 데이터 획득모듈은 수집한 데이터 처리에 관한 계측데이터 처리모듈과 구조물 해석 모듈, 시설물 경보발생모듈을 포함한다.

계측데이터 처리모듈은 구조물 건전성 관리 시스템에서 수집한 계측 데이터를 처리하는 모듈로서 구조물 구조

해석 모듈과 구조물 경보발생 모듈이다.

구조물 해석 모듈은 구조물에 설치된 광섬유센서의 계측 데이터를 사용하여 구조해석을 수행하여 시설물의 위험여부를 판단하는 모듈이다.

시설물 경보발생모듈은 구조분석 결과 이상 징후가 감지되면 경보를 알리는 모듈을 호출하는 기능을 수행하며, 정보모듈로는 SMS 위험통지모듈로 구성한다.

SMS 위험통지모듈은 계측데이터로부터 구조물의 이상 징후가 감지되면 SMS를 통해 등록된 관리자의 PDA에 위험사실을 SMS를 통해 통보한다.

3. SMS 시스템의 위험 통보 과정

- 1) Sensor의 계측정보를 Data Collect Agent에서 수집
 - 계측 데이터 획득 모듈인 Data Collect Agent는 각 센서를 이용해 데이터를 수집
- 2) Sensor Data Collect Agent가 Sensor Data Collect Manager에 전송
 - Sensor Data Collect Agent는 통합 계측 데이터 획득 모듈인 Sensor Data Collect Manager로 구조물의 모든 계측정보를 전송
- 3) 시설물 구조분석모듈에서 이상 징후의 발생여부를 판단
 - 구조물의 모든 계측정보를 저장하고 있는 Sensor Data Collect Manager는 계측 데이터 처리모듈로 전송
 - 계측 데이터 처리모듈은 구조물의 이상 징후 발생여부를 판단하는 모듈인 시설물 구조분석모듈로 계측 데이터를 전송
 - 이상 징후가 발생하였다고 판단되는 경우 경고 데이터베이스에 이상 징후 발생 위치와 시간, 관리자 정보를 삽입한다.
- 4) 시설물 경보발생 모듈은 SMS 위험통지 모듈을 호출하여 SMS 위험통지를 수행
 - 시설물 구조분석모듈은 시설물의 이상 징후를 실시간으로 감지하며, 이상 징후가 발생되면 시설물 경보발생 모듈을 호출
 - 시설물 경보발생 모듈은 관리자에게 위험수위를 PDA 또는 스마트폰으로 통지를 하기 위한 SMS 위험통지 모듈을 호출
- 5) 위험통지 SMS 전달
 - SMS 위험통지 모듈은 SMS전송을 할 수 있는 SMS 호스팅 인터페이스를 호출
 - SMS 호스팅 인터페이스는 이상 징후가 감지된 Sensor의 내용을 SMS 호스팅 서버로 전송
 - SMS 호스팅 서버는 관리자의 PDA 또는 스마트폰

번호가 저장되어 있으며, 이 번호를 이용하여 이상 징후가 있는 Sensor의 내용을 웹기반 통합 관리시스템의 URL(Uniform Resource Locator) 주소를 관리자의 PDA 또는 스마트폰으로 전송

- SMS를 수신한 관리자는 URL 주소를 통해 웹기반 통합관리 시스템에 접속 후 이상 징후가 있는 Sensor의 정보를 파악

4. 구조물 건전성 진단을 위한 경보 시스템의 DEVS 모델링

4.1 DEVS 방법론

B.P. Zeigler가 제안한 이산 사건 시스템 명세(discrete event system specifications; 이하 DEVS)는 계층적이고 모듈화 된 이산 사건 시스템을 표현하기 위한 방법론으로서, 집합이론을 기반으로 체계적으로 정립된 형식론이다. DEVS에서 대상 시스템은 시간을 기반으로 하는 입력, 상태, 출력, 상태 변환 함수들로 표현되며, 함수들은 현재 상태와 입력을 근거로 하여 다음 상태와 출력을 결정하게 된다. DEVS 형식론에서 시스템을 기술하기 위한 두 가지 모델 유형, 기본(basic)모델과 결합(coupled) 모델이 있다. 기본 모델(M)은 시스템의 동작(behavior)의 단위가 되는 시스템의 구성 요소들을 표현하기 위한 것이고, 결합 모델(DN)은 시스템의 구성 요소 간의 상호작용을 의미하는 구조(structure)를 표현하기 위한 것이다.

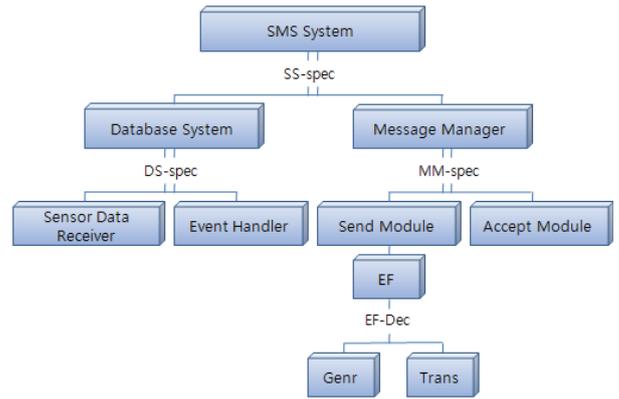
4.2 SMS 시스템의 구조

아래 그림 3은 DEVS 모델링을 이용한 SMS System의 전체적인 구조이다.

SMSS(Short Message Service System)는 데이터를 총괄하는 Data System과 경고 SMS를 전송하는 Message Manager로 이루어져 있다.

센서로부터 데이터를 수집하는 Sensor Data Receiver 모듈과 센서로부터 얻은 데이터에서 이상 징후를 판별하는 Event Handler로 이루어진다.

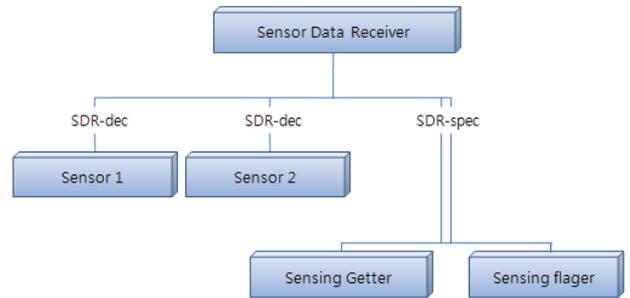
Message Manager는 SMS를 전송하는 Send Module과 SMS 전송이 정상적으로 동작이 되었는지를 판단하는 Accept Module로 구성된다. SMS를 전송하고 성공메세지가 발생하면 이상 징후 테이블에서 SMS 발송 항목을 삭제하게 된다. Send Module모듈은 EF모델을 통해 Database System의 EventHandler로부터 이상 징후 발생사항을 입력받아 메시지 전송을 수행하게 된다.



(그림 2) SMS 시스템의 구조

4.3 Sensor Data Receiver의 구조

아래 (그림 4)는 Sensor Data Receiver의 구조이다.



(그림 3) Sensor Data Receiver의 구조

Sensor Data Receiver는 각 센서들로부터 데이터를 수신하는 모듈이다.

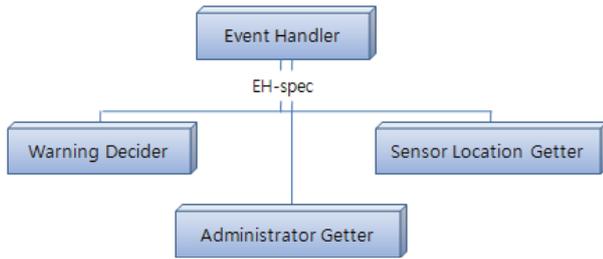
각 센서들로부터 데이터를 받는 Sensing Getter 모듈과 받은 데이터가 어떤 형식인지(온도, 기울기, 습도 등)를 표기하는 Sensing Flager모듈로 구성된다. 센서에서 얻은 데이터가 어떤 센서에서 추출된 데이터인지 확실히 판별할 수 있어야 한다. 예를 들어 센서가 38이라는 데이터를 전송하였는데, 이 데이터가 섭씨 온도인지 습도인지 판별할 수 없다면 쓸모없는 데이터가 아닐 것이다. 그렇기 때문에 Sensing Flager는 데이터 가공에 필수 요소이다.

4.3 Event Handler의 구조

아래 (그림 5)는 Event Handler의 구조이다.

Event Handler는 센서로부터 얻은 데이터가 안전한 수치인지를 검증하고 안전하지 않은 경우 경고 메시지를 보낼 데이터를 생성하는 모듈이다. Warning Decider 모듈은 센서로부터 얻은 데이터가 안전한 수치인지 판별하는 역할을 하고, 이 데이터가 이상 징후로써 관리자에게 경고를 해야 하는 경우에 Sensor Location Getter모듈은 비정상적인 데이터를 보내온 센서의 위치를 추적하고, Administrator Getter 모듈은 해당 센서를 관리하는 관리자 정보를 얻어 해당 관리자에게 센서의 위치를 포함한다.

경고 메시지를 보낼 수 있도록 데이터를 준비한다.



(그림 4) Event Handler의 구조

5. SMS 시스템의 위험 통보 결과

아래 그림 5는 시설물 구조해석모듈이 이상 징후를 감지하여 관리자의 스마트폰으로 경고 문자 메시지를 보낸 내용이다. 경고 메시지에는 이상 징후가 발생한 구조물과 해당 구조물의 통합 모니터링 시스템 웹페이지 주소가 포함되어 있다.

경고 문자 메시지의 웹페이지 주소를 클릭하거나 접속하게 되면 오른쪽 (그림 5)과 같이 통합 모니터링 시스템의 웹페이지에 접속하게 된다.

이 웹페이지는 이상 징후가 있는 Sensor의 위치, 장에



(그림 5) 스마트폰 결과화면 예시

발생시간, 위험상태를 표시하고 각 Sensor를 클릭하면 자세한 내용(계측항목, 센서종류, 센서의 설치위치, 등)을 확인할 수 있다.

6. 결론

한국 산업 안전 보건 공단에 따르면 2009년 1월부터 9월까지 건설업의 안전사고 재해자수가 15,106명이고 2008년보다 0.7% 증가하였다. 이러한 사고의 이유는 공사비 절감 및 유지관리 소홀로 인하여 발생하여 왔다. 도시를 구성하는 구조물의 재해 및 재난을 예방하고, 공중의 안

전 확보 및 국민의 복리증진을 위해 구조물의 점검 및 적정한 유지관리는 구조물의 효용증진 뿐만 아니라 시대적 요구사항이다.

이러한 상황에서 우리나라 IT산업은 디지털 컨버전스(Digital Convergence)시대로 도약하고 있다.

이로 인하여 건설업과 IT산업의 융합으로 구조물 건전성 진단을 위한 모바일 경보 시스템을 이용하여 구조물을 언제 어디서든지 실시간으로 모니터링하고 피해를 최소화하기 위해 본 연구가 진행되었다. 현재는 SMS를 통한 경고라는 작은 시도이지만 향후 구조물 건전성 진단을 위한 큰 시스템의 초석으로 작용할 것이다.

참고문헌

- [1] 김용표, 윤동환, “산업용 장비 네트워크를 위한 실시간 문자전송(SMS) 시스템”, 한국정보기술학회논문지 제4권 제3호, 2006. 6
- [2] 서희석, 김윤상, 김태경, “시물레이션 방법론을 적용한 구조물 안전검사 환경 구축”, 디지털산업정보학회 논문지, 3권, 3호, 2007.
- [3] 이동운, 이상범, “건축물 안전진단 정보분류체계 구축방안에 관한 연구 : IDEF 정보 모델링 기법 및 통합건설정보 분류체계를 이용하여”, 대한건축학회논문집:구조계 제20권 제12호 통권 제194호
- [4] 김한승, 김민석, “산업용 무선단문전송 프로그램(SMS) 개발에 관한 연구”, 정보및제어학술대회논문집, 2006. 10
- [5] 김진철, 김지호, 윤만식, 송호준, 이항범, “이동통신망의 SMS방식을 이용한 변전기기 무선진단 시스템 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A, 2003. 7
- [6] 정경호, 금유환, 이성준, 안광선, “단문 메시지 서비스를 이용한 모니터링 시스템”, 한국정보과학회 2002년도 봄 학술발표논문집 제29권 제1호(A), 2002. 4
- [7] 김기수, “광섬유 센서를 이용한 사회기반시설 구조물의 스마트 모니터링 기법”, 대한토목학회지 제55권 제4호, 2007. 4
- [8] 정원석, 이희업, 김성일, 김현민, “광섬유 변형 센서를 이용한 구조물의 모니터링”, 한국철도학회 2005년도 춘계 학술대회논문집, 2005. 5