

# 교량 모니터링 미들웨어 개발

남명우\*, 양옥렬\*\*

\*해전대학 전자캐드과

\*\*해전대학 보건의료정보과

e-mail:mwnam@hj.ac.kr

## The Development of Monitoring Middleware for Bridge Management

Myung Woo Nam\*, Ok-Yul Yang\*\*

\*Dept of Electronic CAD, Hyejeon College

\*\*Dept of Healthcare & Medical Information, Hyejeon College

### 요 약

본 논문에서는 교량의 상태를 실시간 감시할 수 있는 미들웨어를 개발하였다. 개발된 미들웨어는 인터넷을 기반으로 실시간 안전감시가 가능하며 다양한 교량들에 사용할 수 있도록 범용성을 목표로 개발 되었다. 또한 각 교량들이 위치한 여러 환경에서 신뢰성 있는 데이터를 수집할 수 있도록 다양한 로거와 센서들을 접목하고 할 수 있으며 프로그램 수정 없이 수집된 데이터를 가공할 수 있도록 개발 되었다, 미들웨어에서 수집된 데이터는 주기적으로 메인 서버에 백업되며 새로운 교량의 추가와 관리가 용이하고 위기상황에 적절히 대응할 수 있는 기능을 포함한다.

### 1. 서론

최근 국내의 교량건설은 가파른 증가세를 보이고 있다. 국토 해양부 발표에 따르면 2007년도 한 해 동안 1,118개의 교량이 증가하여 총 24,923개의 교량이 운영 중이며, 이는 도로선형의 직선화와 절개지 최소화라는 친환경적인 도로건설의 결과 때문이다 [1]. 이렇게 건설된 교량들은 지방도, 일반국도, 고속도로에 다양하게 위치하고 있기 때문에 관리에 어려움이 발생한다. 이러한 문제점 해결을 위하여 국내에 설치된 정보통신 인프라를 이용하여 각 교량들의 건전도를 실시간으로 모니터링하고 교량에 부착된 센서값들을 수집하여 자료로 활용할 수 있는 기술이 필요하게 되었다. 국내에 새롭게 건설되어지는 교량 및 기존의 주요 교량들에는 교량의 건전도를 측정하기 위해 많은 센서들과 로거 및 네트워크 장비들이 설치되어 지고 있다. 그러나 아직 교량과 정보통신 분야가 접목 된지 얼마 되지 않았고, 각 교량별로 시공사와 관리기관이 달라서 교량의 건전도 모니터링 시스템이 규격화 되지 못하였다. 이로 인해 인근 교량들의 클러스터링이 불가능하고 신규 교량에 시스템을 도입할 때마다 새로운 개발비용이 추가로 발생하는 문제점이 발생한다. 이에 본 논문에서는 경제성과 확장성을 고려한 교량의 건전도 모니터링 시

스템을 위하여 규격화된 데이터 수집이 가능하고 센서, 로거 그리고 네트워크 추가가 용이하며 교량들 간의 클러스터링이 편리한 교량 관리용 미들웨어를 개발하였다.

### 2. 교량 모니터링 미들웨어 시스템

현재 개발되어 교량에 사용되고 있는 건전도 모니터링 시스템들은 많은 수의 센서와 로거뿐 아니라 계측관리 전용 프로그램을 별도로 개발해야 했기 때문에 시스템 구축에 많은 예산이 소요되었다. 따라서 규모가 크고 건설비가 많이 발생하는 대규모 시설물들에 국한되어 적용되어 왔으며, 시설물의 안전성 확보 외에도 교량 설계 시 사용한 매개변수에 대한 검증에 중점을 두고 구축되었다. 본 논문에서 개발한 미들웨어는 이러한 특징들을 포함하며 규모가 작은 교량에도 적용할 수 있도록 경제성과 확장성을 고려하여 설계되었다.

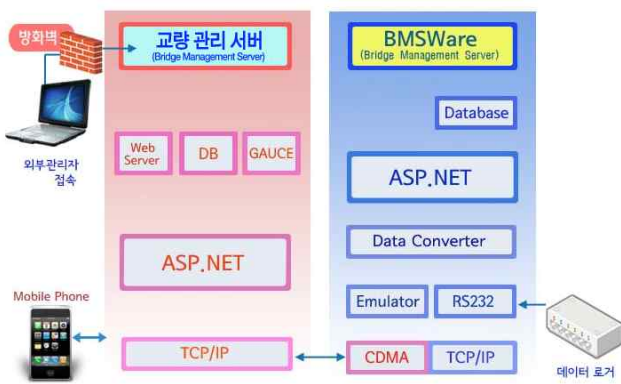
#### 2.1. 시스템 구조

개발된 미들웨어는 교량내부에 설치되어지며 네트워크 및 전력, 온도 등의 열악한 환경에서 구동될 수 있도록 설계되어 졌다. 미들웨어의 전체 하드웨어 시스템 구조는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 미들웨어 하드웨어 시스템 구조도

미들웨어 프로그램은 마이크로소프트사의 닷넷 프레임워크 상에서 개발되었으며 관리사무실의 웹서버 및 데이터베이스와의 연동을 고려하였고, 단독으로도 구동이 가능하도록 설계되어 졌다. [그림 2]는 미들웨어의 소프트웨어 구조도를 나타낸다[2][3].



[그림 2] 미들웨어 소프트웨어 구조도

## 2.2. 시스템 주요 기능들

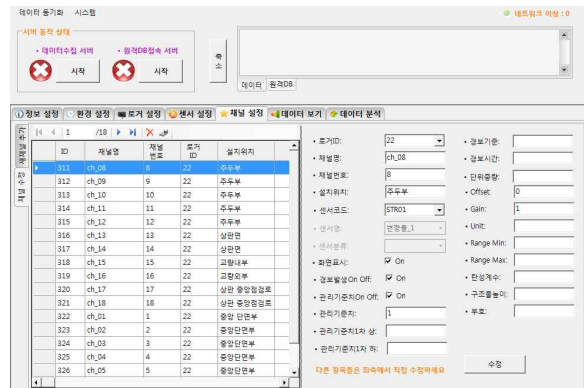
미들웨어가 가지고 있는 기능들은 [표 1]과 같다.

[표 1] 미들웨어 시스템 기능들

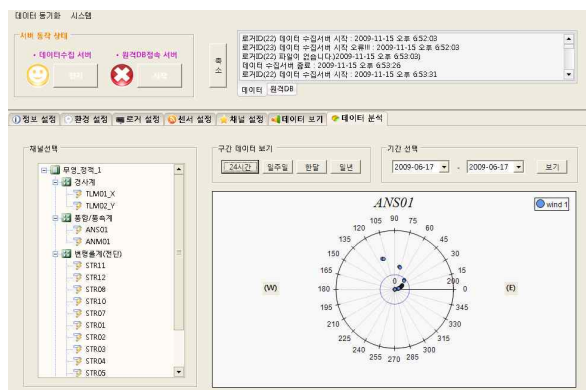
	센서	로거	네트워크
확장 기능	○	○	유선/무선
관리 기능	○	○	×
데이터 가공 기능	○	×	×
실시간 계측 기능	○	×	×
데이터 분석 기능	○	×	×

센서들은 확장성을 고려하여 추가와 삭제가 가능하도록 설계되었고, 범용성 있는 센서 데이터 수집용 로거들

의 드라이버를 내장하여 프로그램 수정 없이 간단히 로거를 추가 할 수 있다. 로거에서 수집된 데이터는 미들웨어에 의해 가공되어 로컬 데이터베이스로 저장되며 미들웨어에 입력된 센서 계인 및 오프셋 값과 연동하여 분석된 결과를 보여줄 수 있다. 또한 동적로거가 설치된 경우 로거와 통신을 통해 실시간으로 계측된 결과를 보여 주게 개발 되었다. 이렇게 수집된 데이터는 교량의 네트워크 상태가 양호한 경우 관리사무실의 웹서버에서 동일한 데이터를 관측할 수 있으나 네트워크 설치가 불가능한 경우 CDMA를 모듈을 사용하여 통신하게 된다. 이때 CDMA모듈에 문제가 발생할 경우 매번 교량 접근이 용이하지 못한 점을 고려하여 네트워크 이상이 지속될 시 시스템을 재시작하여 시스템 복구를 시도하도록 개발 되었다.



[그림 3] 개발된 미들웨어의 센서와 채널 관리

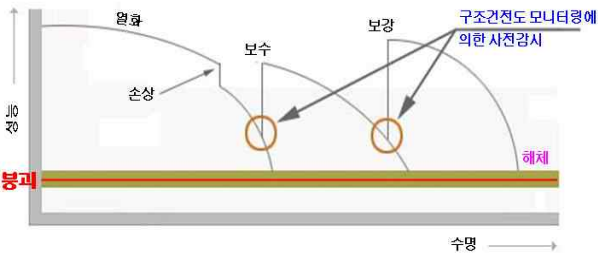


[그림 4] 개발된 미들웨어의 데이터 분석

## 3. 교량 모니터링 미들웨어 시스템 적용

교량에 이상이 발생할 때 시설물의 거동범위는 사람이 육안으로 확인하기 어려울 만큼 작다. 따라서 시설물의 성능저하와 함께 발생하는 이상거동은 육안으로 확인하기 힘들다. 만약에 육안으로 확인될 만큼 손상이 발생하였다면, 그것은 손상의 정도가

심각하여 원래의 성능으로 회복하는데 많은 비용을 필요로 한다. 모니터링에 의한 시설물의 유지관리는 이러한 개념 하에 사람이 육안으로 확인하기 어려울 정도로 미소한 이상거동을 미리 감지함으로써 손상의 초기단계에서 원래의 성능으로 회복하기 위한 것이다. [그림 5]는 모니터링 기법을 이용하여 교량의 유지보수 비용을 절감하고 교량 수명을 연장하는 방법을 보여주고 있다[4].



[그림 5] 모니터링에 의한 시설물 안전감시 개요도

본 논문에서 개발된 미들웨어 시스템은 전라남도 무영과 영암을 잇는 무영대교에 적용되었으며 현재 검증을 위하여 운영 중에 있다. 아직 교량이 완공되지 않은 상황이어서 설치되어진 센서들만 연결하여 시스템의 안정성과 정확성을 검증하고 있다. 무영대교에는 온도계 2개, 가속도계 3개, 레이저식처짐계 2개, 장력계(가속도계) 12개, 음향방출계 10개, 변형률계 6개, 풍향풍속계 1개, 경사계 2개, 변형률계(전단) 2개, 지진계 1개, 신축변위계 2개가 설치되어질 예정이며 현재 변형률계 등 약 70%의 센서가 시공되어져 운영되어 지고 있다[5]. [그림 6]은 관리사 무실에 설치되어져 운영되는 웹서버와 데이터베이스 서버 초기화면이다.



[그림 6] 무영대교 웹서버 초기 화면

개발된 미들웨어는 교량내부에서 독립적으로도 운영이 가능하며 웹서버와 CDMA 모뎀을 통해 통신하여 실시간으로 교량의 상태를 웹서버로 전송할 수

있다. [그림 7]은 웹서버에 실시간으로 전송되어진 교량에 설치된 센서 데이터들이다. 센서값이 관리기준치를 초과하면 경고 문구와 알람 및 SMS가 관리자에게 발송된다.

센서명	센서번호	현재값	제한기준치	관리기준치	상태
경사계	센13	1.333333	1	1	경고
경사계	센14	10	1	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.01	307.9533	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.02	369.54	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.03	246.36	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.04	1	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.05	538.76	1	경고
변형률계	중장단면부	0h.06	9.236667	11	경고
변형률계	주부부	0h.07	0.616667	1	경고
변형률계	주부부	0h.08	4.62	1	경고
변형률계	주부부	0h.09	16.86667	1	경고
변형률계	0h.10	200.03	1	1	정상

[그림 7] 무영대교 웹서버 교량 관리화면

#### 4. 결론

본 논문에서는 교량의 건전도 모니터링을 위한 미들웨어를 개발하였다. 개발된 미들웨어는 다양한 교량에 경제적으로 적용할 수 있고, 확장이 용이하여 여러 교량들을 그룹으로 묶어 관리할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한 센서 및 로거정보의 추가/삭제/수정이 가능하여 관리가 용이하며 교량에 설치된 센서와 로거들의 노후화에 따른 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 현재 개발된 미들웨어는 건설 중인 교량에 설치되어 지속적으로 테스트 중이며 향후 다른 교량들에 추가로 설치되면 통합관리가 가능하여 미들웨어의 효율성이 입증될 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] 2008년도 도로교량 및 터널 현황조사, 국토해양부, 2008
- [2] 홍용표, 김상훈, "Visual Studio 2008 완벽가이드", 영진닷컴, 2008
- [3] 하성광, "ASP.NET 2008", 대림, 2009
- [4] 이정석, "인터넷기반 구조건전도 모니터링 시스템", 한국시설안전기술공단, 2005
- [5] 무영대교 구축보고서, 2007