

# 구조물 동특성 계측을 위한 SmartDataLogger 시스템 개발

허광희, 이재훈, 방건혁, 김정  
건양대학교 공공안전연구소  
e-mail:cysatan@konyang.ac.kr

## Development of SmartDataLogger System for Measuring Dynamic Characteristics of Bridge Structures

Gwang Hee Heo, Jae Hoon Lee, Geon Hyeok Bang, Kim Jung  
Public Safety Research Center, Konyang University

### 요약

본 연구에서는 교량 구조물의 동특성을 분석하여 실시간 교량 유지관리에 활용하고자 확장성이 우수한 STM32F MCU를 이용하여 SmartDataLogger 시스템을 개발하였다. 시스템은 센서로부터 계측 신호를 받는 측정 모듈과 시스템 제어 및 계측신호를 처리하는 중앙제어 모듈 그리고 통신 모듈로 구성하였다. 개발한 시스템의 성능검증을 위하여 Bench Mark Structure(켄틸레버보)를 제작하여 구조물의 동특성을 실시간으로 계측·분석하였다. 실험 결과, 구조물에 발생하는 진동을 실시간으로 계측하였으며, 가속도 데이터를 이용한 FFT 결과는 수계산, FE 구조해석 결과와 유사한 것을 확인하였다. 따라서 개발한 시스템은 매우 우수한 계측·분석 성능을 바탕으로 실제 공용 중인 교량에 적용한다면 효율적인 교량 유지관리 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 중소형 교량, STM32, 교량 유지관리

## 1. 서론

국내 교량들은 경제발전으로 인하여 급격한 교통량의 증가와 차량 운송기술의 발달로 인하여 과적 및 과속운행으로 인한 도로와 교량의 노후화가 가속화되고 있다. 이에 따라 1종 시설물인 장대형 교량뿐만 아니라 중소형 교량의 유지관리에 중요성이 강조되고 있지만 공용중인 교량에 사용되는 실시간 계측 장비(Data Logger)는 대부분 고가이며, 상시운용되어야 하는 특성상 운용·관리 비용이 높다. 본 연구에서 중소형 교량의 지속적인 유지관리를 위한 경제성이 높은 SmartDataLogger 시스템을 개발하였으며, 성능검증을 위하여 Bench Mark Structure(켄틸레버보)를 제작하여 시스템의 성능 검증 실험을 수행하였다.

## 2. SmartDataLogger 시스템 설계 및 개발

SmartDataLogger 시스템은 32bit Microcontroller인 STM32F411를 이용하여 설계하였다. STM32F411는 기존의 MCU에 비하여 고성능·저전력·저전압 CPU 아키텍처

ARM Cortex-M4 기반의 32bit Microcontroller로써 크기가 작고 구조가 간단하다. 또한, 부동 소수점 단위 계산을 위한 전용 프로세서인 FPU(Floating Point Unit)와 CPU를 거치지 않고 메모리에 직접 접근하는 DMA(Direct Memory Access) 기능을 통해 입력 신호를 신속하고 정확하게 분석 및 전송할 수 있으며, 각종 센서, 통신, 디스플레이 모듈 등을 추가하여 성능을 개선시킬 수 있어 높은 유연성과 확장성을 가지고 있다. 시스템 구성은 Fig 1과 같이 계측신호를 받는 측정모듈, 시스템제어 및 계측신호를 처리하는 중앙제어모듈, 통신을 위한 통신모듈로 구성하였다. 입력 신호를 처리하는 중앙제어모듈은 STM32CubeIDE 개발툴을 이용하여 ADC 칩을 통해 계측신호를 60초 동안 초당 500개로 샘플링하였고 이 신호는 USB 시리얼 통신을 사용하여 컴퓨터로 전송하였다. 수신된 신호를 모니터링할 수 있도록 NI사의 LabVIEW 프로그램을 사용하여 드라이버 프로그램을 설계하였으며, 이 모니터링 드라이버 프로그램은 Time Domain 창과 Frequency Domain 창으로 구성하였다.

### 3. SmartDataLogger 성능 검증 실험 및 결과 분석

개발한 SmartDataLogger 시스템의 성능검증을 위하여 길이 770mm, 폭 60mm, 두께 5mm의 Bench Mark Structure(캔틸레버보)를 제작하였다. 시스템의 성능검증을 위해 Bench Mark Structure에 가속도 센서를 설치하여 외부에서 발생하는 진동을 측정하였다. 측정 결과 Fig. 2(a)와 같이 입력 신호의 Time Domain이 측정되는 것을 확인하였다. 이 신호를 FFT 계산하여 Frequency Domain으로 분석한 결과값을 Fig. 2(b)에, Logscale 값을 Fig. 2(c)에 그래프로 도시하였다. 구조물의 동특성을 분석하기 위하여 사전에 수계산, FE 구조해석을 하였고, IoTech사의 652u DataLogger 장비를 사용하여 진동측정 및 FFT를 계산하였다. 이 값들을 SmartDataLogger 값들과 비교하였으며 분석결과는 Table 1에서와 같다. 수계산 기준으로 IoTech사의 652u의 오차율의 경우 1차는 10.59%, 2차는 10.76%, 3차는 8.17%이다. SmartDataLogger의 오차율의 경우 1차는 4.48%, 2차는 4.43%, 3차는 2.93%로 나타났다. 따라서 상용화된 측정장비인 IoTech사의 652u에 비해 측정결과의 정확도가 더 뛰어난 것으로 확인되었다.

Table.1 모드별 동특성 분석결과 비교

모드	1차(hz)	2차(hz)	3차(hz)
수계산(기준)	10.96	68.69	192.36
FE 구조해석	10.86	68.05	190.71
IoTech 652u	9.8	61.3	176.65
IoTech 652u 오차율(%)	10.59	10.76	8.17
SmartDataLogger	10.47	65.65	186.72
SmartDataLogger 오차율(%)	4.48	4.43	2.93

### 4. 결론

본 연구에서는 중소형 교량의 지속적인 유지관리를 위한 SmartDataLogger 시스템을 개발하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SmartDataLogger 시스템을 이용하여 Bench Mark Structure를 대상으로 실시간으로 진동을 측정된 결과와 수계산한 결과를 비교했을 때 최대 4.48 % 이하 오차가 보임을 확인함에 따라 중소형 교량에 적합한 실시간 계측 시스템을 구성할 수 있을 것으로 판단된다.
2. 본 실험에서는 가속도센서와 유선통신모듈을 사용하여 SmartDataLogger 시스템의 성능검증을 진행하였지만 공용중인 교량의 현장 상황에 따라 적절한 계측 센서와 무선 통신 모듈을 선택하게 된다면 시스템의 높은 확장성을 통하여 효율적인 교량 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

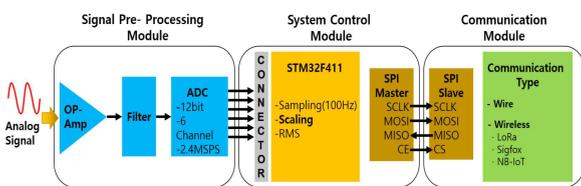
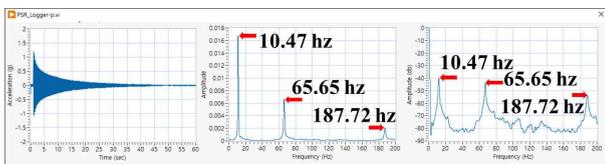


Fig.1 SmartDataLogger 구성도



(a) 입력신호 (b) FFT (c) FFT-logscale

Fig.2 SmartDataLogger를 사용한 진동 측정 결과

### 참고문헌

[1] Zhang, H., Kang, W, "Design of the data acquisition system based on STM32." Procedia Computer Science, 17권, pp. 222-228, 2013년.