

# NI LabVIEW 및 PXI 시스템을 활용한 해상 교량의 구조물 진단 모니터링

한 정 규\*

(한국내소날인스트루먼트 전략마케팅)

## 1. 머리말

중국 동해 대교는 중국 최초의 해상 교량이다. 12억 달러의 대규모 프로젝트를 통해 2005년 말에 완공되었다. 여섯 차선으로 이루어진 이 다리는 무려 32.5 km로 상해 호조항과 양산항을 잇는 교통 수단이다. 주변 해상 지역에는 태풍과 거친 파도가 빈번하다고 알려져 있어 교량의 유연성을 높이기 위해 S자형으로 디자인되었다.

파손 및 노후화에 대한 정량적 데이터 평가, 구조물 성능 평가, 자연 재해에 대한 대비 등의 목적으로 SHM(structural health monitoring) 시스템이 구축되게 되었다. 중국 상해에 본사를 둔 JUST ONE Technology는 내소날인스트루먼트의 구조물 진단 전문 협력 업체로 NI의 PXI 기반 데이터 수집(DAQ) 시스템과 NI LabVIEW 소프트웨어를 적용했다.

PXI기반의 DAQ 시스템은 컴팩트한 크기뿐만 아니라, 뛰어난 내구성으로 교량 주변 지역의 습도, 먼지, 진동이 심한 극한 환경 요소

에도 문제없이 동작하였다. 또한 그래픽 기반 프로그래밍 언어인 LabVIEW를 통해 엔지니어들은 실시간 데이터 분석뿐만 아니라, 교량 전체에 걸쳐 장착되어 있는 수 백개의 센서로부터의 데이터에 대한 포스트 프로세싱을 진행하였다.

## 2. 하드웨어 시스템 구성

중국 동해 대교의 모니터링을 진행하기 위해서 500여 개 이상의 가속도계와 FBG 광센서는 교량의 각 구간에 설치되었고 이를 통해 외부 환경 요인에 의한 주파수 응답을 얻을 수 있었다. 또한, 이 외에도 풍량계와 로드셀도 설치되어 추가적인 환경적 요소들도 분석에 포함되었다. 각 구간에는 PXI 기반 데이터 수집 플랫폼이 배치되어 있는데, PXI-4472B 소음 진동 전용 보드를 통해 여러 센서들의 데이터를 정밀하게 수집하였다.

소음진동 전용 보드 외에도 PXI 플랫폼에는 타이밍 동기화 보드인 PXI-6652, 카운터 모듈

\* E-mail : jungkyu.han@ni.com / Tel : (02) 3451-3400

## 계측기/소프트웨어 소개

인 PXI-6602와 임베디드 컨트롤러 PXI-8187도 설치되어 있다.

여러 대의 PXI 플랫폼을 분산된 환경에서 운영해야 하다 보니 동기화가 매우 중요한 과제가 되었고, 이에 각 구간의 PXI 시스템에

GPS 수신기를 설치하여 신호 동기화 및 타임스탬핑을 위해 PPS(pulse per second)와 IRIG-B 타이밍 신호를 활용했다. PPS 신호는 초당 천만개 펄스를 발생시켜 각 PXI 새시에서의 샘플링을 위한 베이스 클럭을 제공한다. 이를



그림 1 중국 동해 대교

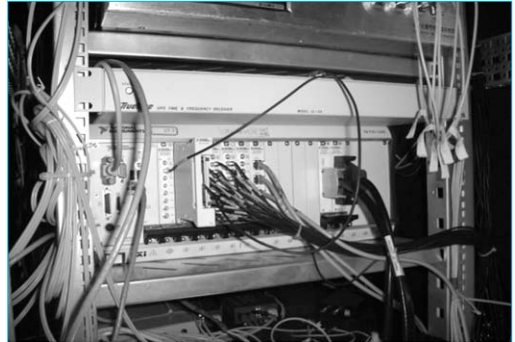


그림 3 PXI 기반 데이터 수집 플랫폼 현장 설치 모습

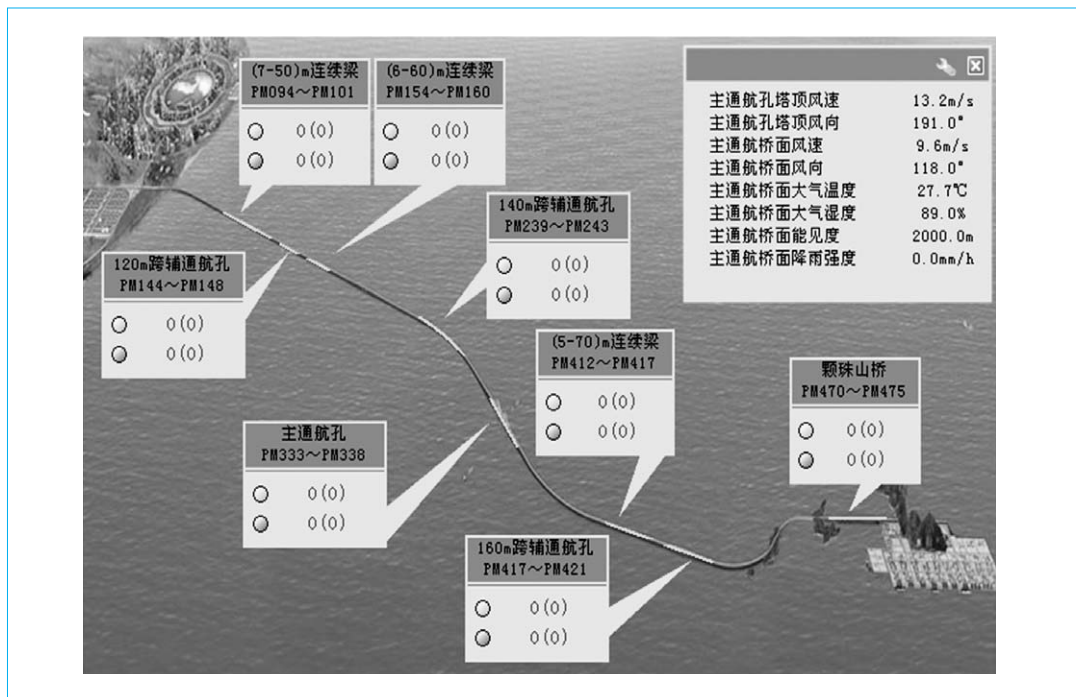


그림 2 중국 동해 대교 주요 진단 구간

계측기/소프트웨어 소개

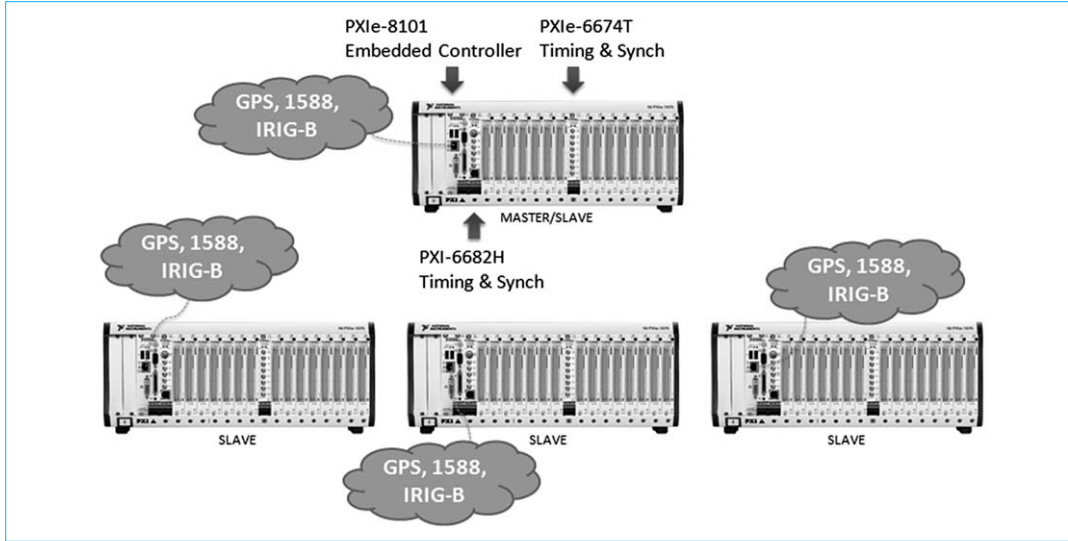


그림 4 멀티 플랫폼을 위한 PXI 타이밍 동기화

통해 교량에 설치되어 있는 모든 데이터 채널들에 대한 샘플링 동기화를 100 ns로 구현할 수 있다.

계산이 빠르고 효율적으로 처리되어야 했다. 이를 위해 RSSI(recursive stochastic subspace identification) 알고리즘을 구현되었다.

### 3. 소프트웨어 시스템 구성

수집된 데이터에 대한 분석은 오프라인 및 온라인(실시간) 분석으로 나누어져 있다. 포스트 프로세싱은 필요한 데이터가 수집되면 별도의 분석 전용 PC에서 진행되었다. 주요 진행된 분석은 멀티 채널 신호 스펙트럼 분석 및 모델 분석이다. 이는 LabVIEW 분석 툴킷인 LabVIEW Advanced Signal Processing Toolkit 및 LabVIEW System Identification Toolkit으로 데이터 처리를 손쉽게 하였다.

교량에 상태에 대한 즉각적인 분석을 위해 동해 대교의 가속도계 데이터에 대한 공진 주파수 분석을 실시간으로 파악하였다. 여러 채널을 통해 동시에 수집이 되기 때문에, 주파수

### 4. 맺음말

NI LabVIEW와 부수적인 데이터 처리 툴킷을 사용함으로써, 사전 LabVIEW 경험이 없는 두 명의 엔지니어가 불과 3개월 만에 통합 모니터링 시스템을 구축할 수 있었다. LabVIEW와 PXI 기반으로 구축된 구조물 진단 모니터링 시스템은 현재도 동해 대교의 상태를 지속적으로 모니터링하고 있다. 정확한 GPS 동기화 및 타임 스탬핑, NI PXI 소음진동 전용 하드웨어, LabVIEW, 그리고 NI의 헌신적인 지원으로 세계 톱 10에 드는 동해 대교의 구조물 진단 모니터링 시스템을 완성할 수 있었다. **KSNVE**

[기획 : 강상욱 편집위원 swkang@hansung.ac.kr]