

LabVIEW를 이용한 진동실험용 신호분석장치 구성

Construction of Signal Analyzer for the Vibration Testing with LabVIEW

***빈진우¹, 차진훈¹, 한상보²**

*JinWoo Byun¹, Jinhoon Cha¹, #sangbo Han(sbhan@kyungnam.ac.kr)²

¹경남대학교 대학원, ²경남대학교 기계자동차공학부

Key words : LabVIEW, Vibration Testing, Analyzer, FFT, Sampling rate

1. 서론

최근 고속 신호처리장치와 대용량 저장매체의 발달로 다양한 형태의 신호분석장치가 개발되고 있으며 이러한 장비들이 소음진동측정분야의 실험에 많이 응용되고 있다. 그러나, 신호분석장치의 무게나 크기를 고려해 보면 이동성이나 공간 활용성 등에 불편한 점이 많고 무엇보다도 이러한 장비들이 고가인 관계로 작업 현장에서는 소음진동 분야의 측정이 보편화 되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구과제는 이러한 점을 감안하여 이동성이 높으며 저렴한 신호분석장치의 개발을 위해 PC에 장착된 LabVIEW 프로그램과 Board를 이용하여 신호분석장치를 구성해 보았다. 물론 LabVIEW program은 모든 형태의 신호 측정에 적용이 가능하지만 원하는 시간이나 주파수 특성을 얻기 위해서는 종류별로 각기 다른 LabVIEW board의 특성을 파악해야 한다. 본 연구에서는 Board의 특성과 신호 측정 조건의 설정방법에 대하여 알아 본 뒤 그 유효성을 정현파신호와 Impact test신호의 측정에 적용해 보고자 한다.

2. 시스템 구성

LabVIEW를 이용한 측정시스템의 기본적인 구성은 Fig. 1과 같고 정현파 신호측정은 신호발생기를 이용하여 일정한 크기의 신호를 Shaker를 통하여 가속도계로 측정하였고, Impact test의 경우에는 해머의 Impact에 의해 발생한 신호와 구조물에 부착된 가속도계 신호를 사용하였다.

이번 연구에서 사용된 LabVIEW board는 Desktop 컴퓨터용 NI-PCI-4462와 Laptop 컴퓨터에 USB 장치로 통신이 가능한 NI-9233을 사용하였고, 두 LabVIEW board 사이에는 신호 획득시 몇 가지 차이점을 가지고 있다.

디지털 신호분석의 큰 원칙은 다음의 두 식으로 정의되는데

$$\Delta f = \frac{1}{T} \tag{1}$$

$$f_{NYQ} = \frac{1}{2 \cdot \Delta t} \tag{2}$$

여기서 Δf 는 주파수 분해능, f_{NYQ} 는 Nyquist frequency이다.

NI-PCI-4462의 경우 Time signal의 전체 측정시간 T 는 sampling 갯수/sampling rate이고, Sampling rate는 초당 Sampling 갯수의 단위를 가지며 주파수간격 Δf 에 대해 식(1)을 만족시키고 시간 간격 Δt 는 Sampling rate의 역수로서 Nyquist 주파수 f_{NYQ} 에 대해 식(2)를 만족시키므로 NI-PCI-4462는 T , f_{NYQ} , Δt , Δf 설정 시 위의 이론적 조건을 따르면 된다.

NI-9233은 최대 Sampling rate가 Channel당 50kHz로 식(1), (2)의 조건이 일반적으로 성립되지 않는다. 특히 $2 \leq \text{Sampling rate} \leq 2000$ 범위에서 Δt 는 0.0005초의 고정된 값을 가지고 T 는 Δt 가 누적됨에 따라 Sampling rate가 2000일 때 0.9995초가 된다. 그러나 Sampling rate > 2k이면 T 과 Δt 의 관계가 일정하지 않으므로 신호 분석을 위해 다음의 조건을 염두에 두어야 한다.

- $2 \leq \text{Sampling rate} \leq 2000$ 에서는 $\Delta t=0.0005$ sec로 고정되며, Sample수에 따라 $T = \text{sampling 갯수}/\text{sampling rate}$ 이고, f_{NYQ} 와 Δf 는 식(1), (2)을 만족한다.

- Sampling rate = Sampling 갯수 = 2k, 5k, 10k, 50k일 경우 Δt 는 Sampling rate의 역수이고 f_{NYQ} 와 Δf 는 식(1), (2)을 만족한다.

그 이외의 Sampling rate와 Sample수로 설정되는 T , f_{NYQ} ,

Δt , Δf 는 식(1), (2)를 만족하지 못하므로 측정 조건 설정 시 주의를 기울여야 한다.

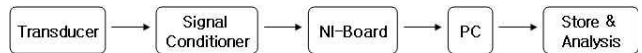


Fig. 1 Schematic diagram of measurement system

3. 정현파신호 분석

Fig. 2는 3개 채널의 정현파신호분석기를 구성한 블록다이어그램이고, Fig. 3은 3개의 채널로부터 입력되는 각각의 Time signal과 이로부터 연산된 Power Spectral Density(PSD)를 나타내고 있으며, LabVIEW board의 각 채널이 독립적으로 동일한 조건에 의해 신호를 받아들이고 있다는 것을 알 수 있다.

또한, 모든 측정 신호에 대하여 시간 영역에서 구한 RMS값과 PSD의 적분에 의한 RMS값이 일치하여야 한다.

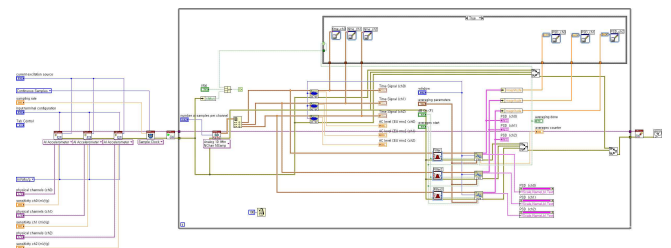


Fig. 2 Block diagram of 3 channels signal analyzer for the measurement of steady state sinusoidal signals

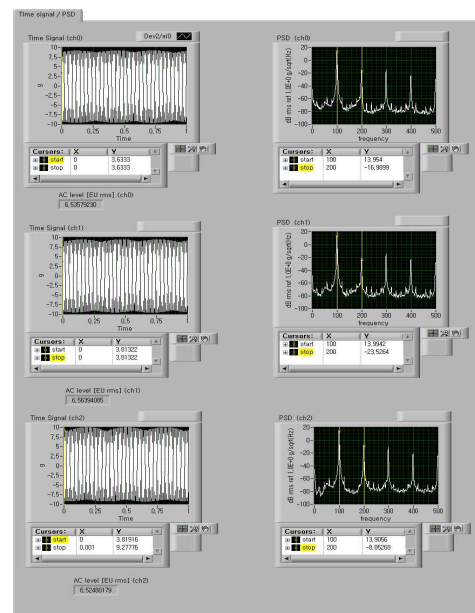


Fig. 3 Front Panel of LabVIEW showing 3 channel signals and corresponding power spectral density functions.

Table 1 Comparison of Time signal RMS with PSD RMS

Channel Number	Time signal RMS	PSD RMS	Error(%)
Channel 0	6.552682	6.555757	0.04691
Channel 1	6.580920	6.584344	0.05200
Channel 2	6.542993	6.546578	0.05476

따라서 Front Panel에 나타난 Time signal의 RMS값과 식(4)를 이용한 PSD 적분값의 결과가 Table 1에 주어져 있고, 그 결과가 거의 일치함으로 보아 본 연구에서 구성한 LabVIEW program을 이용한 PSD의 계산에 오류가 없다는 것을 알 수 있다.

$$S_{time} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i^2} \quad (3)$$

$$S_{freq} = \sqrt{\left(\int_0^{f_{max}} PSD df \right)} \quad (4)$$

4. Impact test 신호 분석

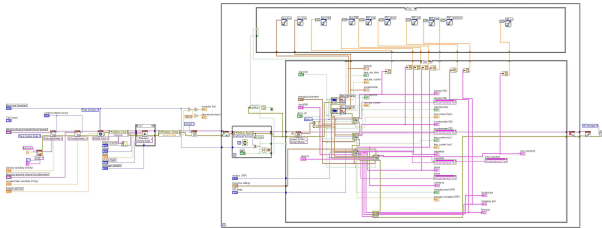


Fig. 4 Block Diagram of Impact test Analyzer

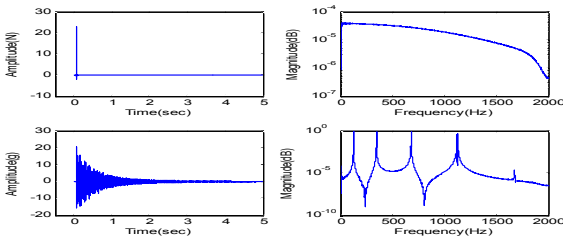


Fig. 5 Measurement results of Time signal and PSD

Fig. 4는 Impact해머와 가속도계 두 채널간의 신호 측정을 위해 구성된 블록 다이어그램이고, Fig. 5는 해머의 힘 측정기와 구조물에 부착된 가속도계의 신호를 동시에 받아들인 결과로써 해머와 가속도계의 Time signal과 연산된 PSD이고, 측정의 신뢰도 확인을 위해 식(3)과 (4)를 이용한 RMS값을 비교해 보니 정현파 분석 때와 달리 두 결과가 일치하지 않는데 이는 정현파 분석과 달리 주파수영역의 신호는 Averaging이 된 결과를 바탕으로 연산되기 때문이다. 연산 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Comparison of Time signal RMS with PSD, RMS

Channel	Time signal RMS	PSD RMS	Error(%)
Stimulus channel	0.038137	0.039747	4.05062
Response Channel	2.788867	3.000040	7.03901

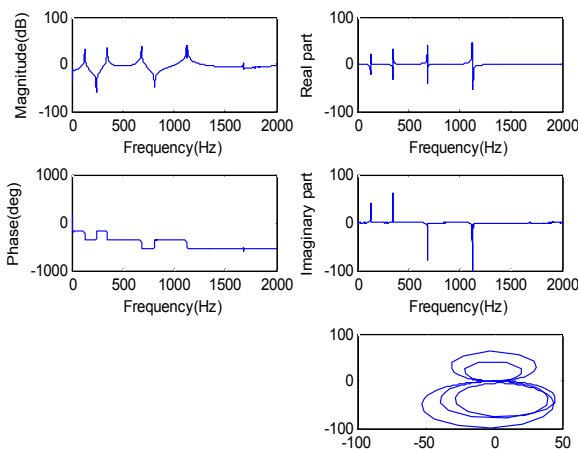


Fig. 6 Measurement results of FRF with various plots

Fig. 6은 측정된 Frequency Response Function(FRF)을 여러 가지 형태(Bode diagram, Real-Imaginary diagram, Nyquist plot)로 보여 주고 있다.

그리고, 해당 주파수에서의 잡음 · 신호의 정도를 나타내는 Coherence function은 식(6)과 같이 정의되어진다.

$$FRF_1 = F^* A / F^* F \quad FRF_2 = A^* A / A^* F \quad (6)$$

$$\gamma^2 = FRF_2 / FRF_1 \quad (7)$$

여기서 F : Fourier transform of force signal

A : Fourier transform of acceleration signal

F*, A* : Each of Conjugator

Fig. 7은 LabVIEW에 의해 측정된 Coherence와 식(7)을 이용하여 계산된 Coherence를 비교한 것이다. 계산된 Coherence에 Noise가 더 많이 발생하는 것처럼 보이는 이유는 Valley 부근에서의 신호에 대한 수치해석 오차에 의한 것이며 측정된 Coherence가 실험 결과를 충실히 반영한다고 볼 수 있다.

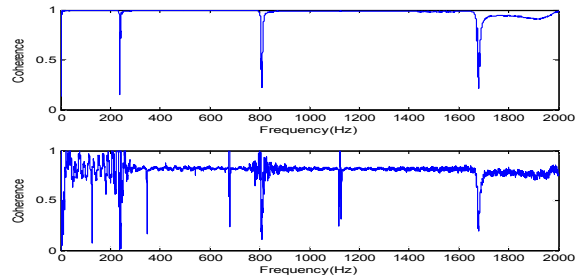


Fig. 7 Experimental coherence and Calculated coherence

5. 결론

LabVIEW board와 Program을 이용하여 기계시스템에 대한 소음·진동 특성 분석을 위한 신호분석기 구성을 통하여 다음의 결과를 알 수 있었다.

- (1) LabVIEW를 이용해 간편하게 사용할 수 있는 진동실험용 신호분석장치를 구성하였으며, LabVIEW board들 사이에는 각각의 특징이 있음을 알 수 있었다.
- (2) 구성된 LabVIEW Program을 이용하면 측정 장비의 이동이 용이한 측정이 가능하다.
- (3) LabVIEW board만 충분히 보유하고 있다면 여러 Channel에서 한꺼번에 다양한 신호를 받아들일 수 있어 측정시간을 줄이는 것이 가능하다.
- (4) 자동차, 선박, 항공산업 등의 산업 현장에서 소음진동 측정 분야에 손쉽게 적용이 가능하다.
- (5) 이러한 측정의 편의성을 통하여, 고정밀도, 고신뢰성을 요구하는 기계 산업분야의 발전에 많은 역할을 할 것으로 기대된다.

후기

본 논문은 지식경제부의 “2008 지역공통기술개발사업” 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. D. J. Ewins, "Modal Testing : Theory and Practice," Research Studies Press LTD, 23-38, 102-146
2. Julius S. Bendat, Allan G. Piersol, "Engineering Application of Correlation and Spectral Analysis," John Wiley & Sons INC, 50-64
3. 이상권, “음향 및 소음진동 신호처리기술의 이론 및 응용에 대해서,” 한국소음진동공학회, VOL.17, 9-15
- 4.곽두영, “컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW(한글판),” Ohm사, 257-272