

# 블루투스를 이용한 IT융합 회전진동 계측기

최현덕<sup>0</sup> 염상길 노영주 김성수\*  
한국산업기술대학교 컴퓨터공학과, 이비즈니스학과\*  
{coolhiro<sup>0</sup>, sanggill12, yrho, kss}@kpu.ac.kr

## Bluetooth-based Vibration Monitoring Tool

Hyun Duk Choi<sup>0</sup>, Sang Gil Yeoum, Young J Rho, Sungsoo Kim\*  
Department of Computer Engineering  
Department of e-Business  
Korea Polytechnic University

### 요 약

정밀도의 향상과 작업환경의 개선은 산업이 발전함에 따라 필연적으로 동반하게 되며, 진동의 정밀 제어는 이를 위한 핵심적인 요소기술이라고 할 수 있다. 진동의 측정, 분석 및 진단은 생산단계에서 이루어지는 교정으로 부터 설치된 제품의 유지보수까지 다양한 이유로 실시된다. 어떠한 작업이든 생산 현장에서 장비를 분리하여 이동을 하게 되면, 생산에 영향을 미칠 수 밖에 없다. 이러한 상황을 개선하기 위한 방법으로 현장 밸런싱이 요구되고 있으며, 계측진단장비의 이동성을 개선하면 이러한 요구에 대처할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 IT융합에 기반을 둔 기기 개발 중에서 블루투스를 이용하여 진동 계측장비의 휴대성과 모니터링의 다중성을 향상하여 구축한 사례를 설명한다.

### 1. 서 론

진동분석기술은 기계산업에서 매우 광범위하게 이용되는 핵심기술로 국가 전략물자로 분류되는 기술이기도하다. 고정밀 장비의 개발과 정밀도 유지를 위한 유지보수에 필수적인 기술로, 이 기술이 적용된 장비를 통칭 밸런싱 장비라고 부른다.

기존의 진동 분석기는 밸런싱의 대상 물건이 이동해야하는 공장형이 대부분이다. 그러나 대형 터빈과 공조용 송풍기 같이 이동이 어렵거나 탈부착이 용이하지 않은 경우에는 현장에서 밸런싱 작업이 이루어져야 한다. 따라서 현장에 설치되어 분리하기 어려운 장비를 유지보수하기 위해서는 현장 밸런싱 작업이 가능해야 한다. 현재 시판되고 있는 진동 분석기들은 휴대는 가능하나, 주로 측정만 가능하여 데이터를 관리해 주는 기능이 없거나 미약하고, 무선으로 데이터를 수집하는 사례는 없다.

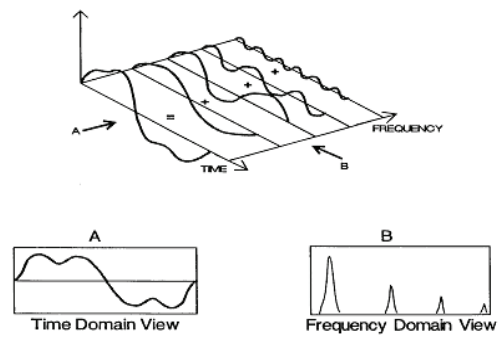
본 논문에서는 본 연구팀이 개발한 참고문헌 [7]의 시스템을 기반으로 블루투스를 이용하여 무선 가속도 센서를 적용한 새로운 시스템을 설명한다. 본 시스템은 일정거리에서 측정이 가능한 블루투스를 탑재한 무선 센서, 장비의 유지보수를 쉽게 할 수 있도록 한 휴대 일체형 진동 분석기 그리고 각 장비들의 진동 데이터를 독립적으로 관리할 수 있는 클라이언트-서버 시스템으로 구축되었다.

### 2. 관련 연구

#### 2-1. FFT (Fast Fourier Transform)

FFT는 프랑스 수학자인 Fourier가 제창한 것으로 “어떠한 주기함수는 그 배수 주기의 정현과의 합으로 나타낼 수 있다”는 Fourier Series에 그 기초를 두고 있다[1].

<그림1>은 시간과 주파수와의 관계를 보여주는 그림으로, “A”인 시간축 파형을 배수의 주기를 가진 여러 정현파로 표현할 수 있고, 이 여러 정현파가 주파수 축으로 표시되는데 (“B”그림), 이것을 스펙트럼(Spectrum)이라 부른다. 따라서 FFT는 <그림1>과 같이 시간 축 파형을 주파수 축으로 바꾸어 보여 주는 방법이다.



<그림1> 시간축 그래프와 주파수축 그래프

전자장비의 급속한 발달과 빠른 변환을 할 수 있는 알고리즘으로 인하여 특별히 전문적인 FFT(Fast Fourier Transform) Analyzer가 출현하게 되었다. FFT에서는 시간 축 파형만으로는 볼 수 없었던 각 요소별 성분을 분리하여 볼 수 있으므로 많은 공학 분야에 사용되고 있는 것이다.

**2-2. 진동 이상여부 판단 기준 (ISO 10816)**

기계진동의 평가를 위한 기초개념으로서 1964년 제정 완료한 VDI 2056규격을 기초로 측정방법, 평가척도, 기계의 그룹(class)별 분할 및 평가등급을 정하고 있다. 이전에는 ISO 2372로 별도 편성되어 있었으나, 최근 ISO 10816에 흡수되었다. 회전속도가 600~12,000rpm 범위에서 회전되는 기계의 진동 평가기준이다[2].

<표1> ISO10816

진동 심각도의 범위		평가 영역			
범 위	$v_{rms}$ (mm/s)	Class I (소형)	Class II (중형)	Class III (대형)	Class IV (터보)
0.28	0.28	A	A	A	A
0.45	0.45				
0.71	0.71				
1.12	1.12	B	B	B	B
1.8	1.8				
2.8	2.8	C	C	C	C
4.5	4.5				
7.1	7.1	D	D	D	D
11.2	11.2				
18	18				
28	28				
45	45				
71	71				

- Class I : 15kW 이하의 일반전동기
- Class II : 15~75kW의 전동기, 300kW 이하의 중형기계
- Class III: 강기초 또는 진동측정방향으로 높은 강성을 갖는 무거운 기초위에 설치된 대형기계
- Class IV: 비교적 유연기초에 설치된 대형기계(터보발전기세트)

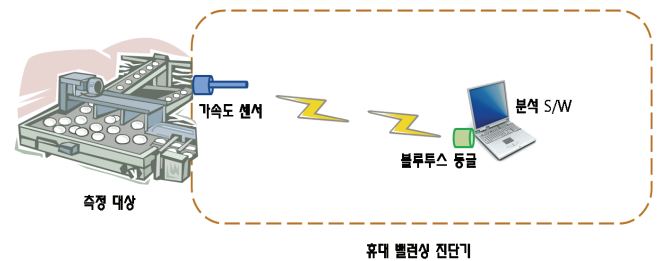
10~1,000Hz 진동수 범위에서 진동속도의 rms값이 같으면, 경험적으로 진동심각도(severity)는 같은 정도라 볼 수 있고, 그 심각도의 레벨을 1:1.6의 비(4dB)로 구분하여 0.28~71mm/s 범위내의 단계를 정하고 있다. 지지조건에 따라 기계전체의 1차 고유진동수가 회전속도보다 아래 있을 때를 유연지지(flexible support) 또는 유연기초(flexible

foundation)라 하고, 위에 있을 때를 강지지(rigid support) 또는 강기초라고 한다. 평가는 단지 A, B, C, D의 4등급을 나타낼 뿐 구체적인 판정의 표현은 이후로 미루고 있다. 참고로 이를 국가규격으로 한 일본규격(JIS B 0906, 1989)에서는 A: 양호, B: 약간 불량, C : 불량, D : 극도로 불량으로 표현하고 있다. 이 규격은 독일뿐만 아니라, 영국, 프랑스, 일본, 한국(KS B 0142, 1991) 등이 국내 규격화하였으며, <표1>은 이 규격을 보여준다[3].

**3. 설계 및 구현**

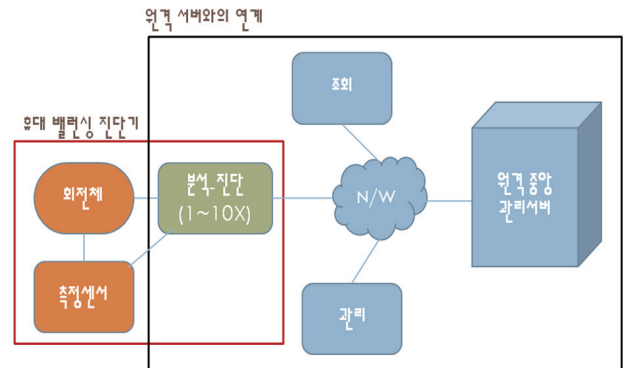
**3-1. 시스템 구성**

<그림2>는 휴대 밸런싱 진단기와 측정 장비간의 구성도이다. 휴대 밸런싱 진단기에는 블루투스통신이 가능한 3축 가속도 센서와 데이터를 받는 역할을 하는 블루투스 동글, 그리고 진동 분석 및 이력 데이터 조회가 가능한 소프트웨어가 탑재된 노트북이 들어있다.



<그림2> 진단 장비의 구성도

<그림3>은 휴대 밸런싱 진단기와 원격 서버와의 이력관리 모델이다. 해당 진단의 데이터는 중앙 서버의 DB로 관리되며, DB에 기준한 측정 데이터 파일들이 각각 저장되어서 사용자의 요청에 따라 데이터를 조회할 수 있다.



<그림3> 진단장비와 서버와의 이력관리 연계형 모델

**3-2. 휴대 밸런싱 진단기 가방의 구성**

전반적인 하드웨어 구성은 <그림2>와 동일하며

쉽게 운반이 가능한 어깨끈이 포함된 가방형을 채택하였다[6]. 센서는 크기가 작고 부착이 용이하고 장거리 블루투스 통신이 가능한 3축 가속도 센서와 탈·부착이 가능한 블루투스 동글을 사용하였다.



<그림4> 휴대 진동 진단기의 외형



<그림5> 블루투스 센서와 동글

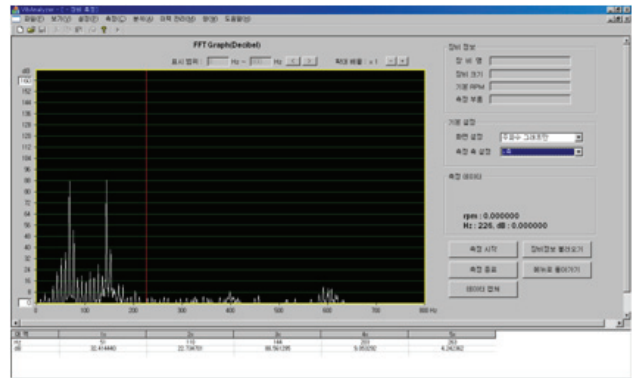
### 3-3. 진단 소프트웨어 구현

진단 소프트웨어는 Visual Studio 2008 환경에서 MFC를 이용하여 구현하였다[5].

소프트웨어의 주 기능은 DB에 장비 기본 스펙을 등록하는 장비등록, 실제 진동을 측정하는 장비측정, 측정의 결과 및 현재 상태를 알려주는 측정결과, DB에 저장되어 있는 측정 데이터, 즉 이력을 볼 수 있는 이력 조회의 4가지 메뉴로 구성되어 있으며, 총 7개의 블루투스 센서를 사용할 수 있게끔 구성하였다.

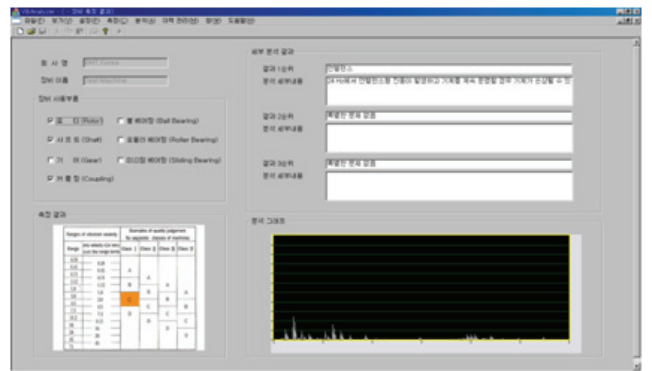
<그림6>는 본 장비의 FFT 결과 화면이다. 장비로 측정을 시작하게 되면 센서의 데이터를 블루투스로 전송받아 1초 단위로 데이터를 정리하여 센서의 데이터와 그것을 FFT한 FFT 스펙트럼을 화면에 보여준다. 측정 데이터를 기준으로 1x~5x까지

자동으로 측정하여 실시간으로 보여준다.

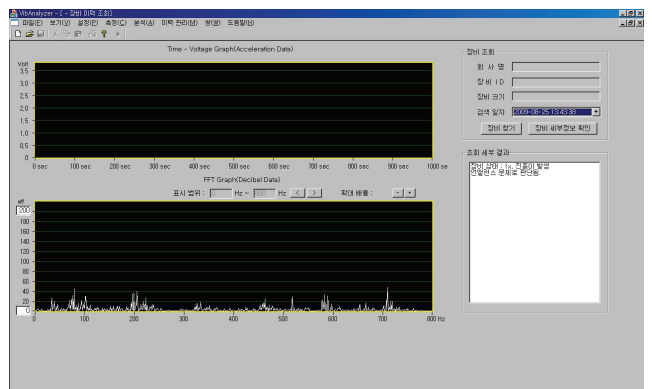


<그림6> 장비 측정 화면(FFT 스펙트럼만 표시한 경우)

<그림7>은 장비 측정 결과 확인 화면이다. 측정을 하는 도중에 결과를 확인하게 되면, 현재의 데이터를 기준으로 장비 상태 등을 체크하게 되며, 이상이 있을 시에는 어느 부분에 이상이 있는 지를 알려주게 된다.



<그림7> 장비 측정 결과 확인 화면



<그림8> 이력 조회 화면

진단결과는 1, 2, 3순위로 나타나게 되며 장비 등록시에 등록된 부품을 기준으로 우선순위를 판단하여 문제점이 있을 수 있는 부분을 알 수 있다.

<그림8>은 진단이력을 서버로부터 조회한 화면이다. DB에서 해당 장비를 검색하면 날짜별로 검색할 수 있는 화면이 나오게 되며, 해당 부분을 변경할 때마다 저장되었던 데이터 및 해당 시간대에 측정했던 데이터와 간략한 진단결과를 볼 수 있다.

<그림9>는 서버 프로그램 구동 화면이다. 주로 측정 데이터를 저장 및 관리를 담당한다. 사용자의 요청에 따라 데이터의 파일을 업로드 및 다운로드한다. DB에 저장된 로그 정보를 기준으로 고유한 파일명으로서 저장 및 관리된다.



```

d:\WServer\Debug\WServer.exe
listen start
[클라이언트 접속] : IP 주소 : 127.0.0.1, 포트번호 : 1114
데이터를 받았음.Data type : Data Upload, machine_no : 1, company_no : 0
데이터를 받았음.01_2009-05-16 20:15:34.txt 파일 수신 완료.
[클라이언트 종료] : IP 주소 : 127.0.0.1, 포트번호 : 1114
  
```

<그림9> 서버 구동 화면

#### 4. 결 론

본 논문에서는 기계 분야에서 주로 거론되는 진동분석 이론을 IT 기술을 이용, 분석, 진단 및 관리하는 시스템을 구현하였다. 실제 현존하는 휴대형 제품들은 여러 가지가 있으나, 본 연구개발에서는 장비들의 크기를 간소화하여 휴대성을 높이고, 블루투스 센서를 이용하여 측정에 있어서의 거리와 센서 수의 한계성을 극복하였으며 DB와 네트워크를 이용한 운영 방식을 이용하여 IT 기술 적용의 장점을 부각시켰다.

이러한 시스템을 이용하면 장비의 이동이 없이 현장에서 진단이 가능하여 생산의 차질을 최소화할 수 있고, 블루투스 무선 센서의 도입으로 유지보수에 드는 비용 및 인력 손실을 최소화할 수 있다. 현재는 적용사례를 늘려 나가고 있으며, 적용한 사례를 분석하며 지속적으로 장비를 개선하고 있다. 특히 공장환경에서 발생하는 무선통신 노이즈를 제어하는 방법의 개선에 노력을 기울이고 있다.

#### [참고 문헌]

- [1] \_\_, Fast Fourier Transform, Wikipedia (<http://en.wikipedia.org/wiki/FFT>), 2009. (Site 참조)
- [2] 양보석, 기계설비의 진동 상태 감시 및 진단, 인터뷰전, 2006.
- [3] Mechanical Vibration Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts, ISO Standard: ISO/IS 10816, 1996.
- [4] 이병준, 현장 기술자를 위한 회전기계 진동 및 정비 핸드북, 인코시스 (<http://incosys.co.kr>), 2009. (Site참조)
- [5] 성윤정, Visual C++ MFC 윈도우 프로그래밍, 2009.
- [6] 함기석외, 가방형 현장진동 분석 시스템 구현, KCC2009 학술논문발표집, 2009.
- [7] 최현덕외, IT 융합기반 회전진동 계측진단기 개발, KIPS2009, 2009.