

포터블 진동 분석 시스템 개발

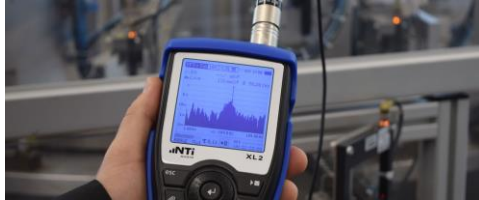
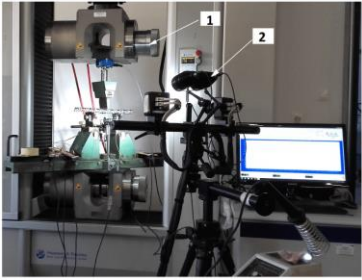
2020학년도 X-TWICE 성과공유한마당

팀명: 진라면

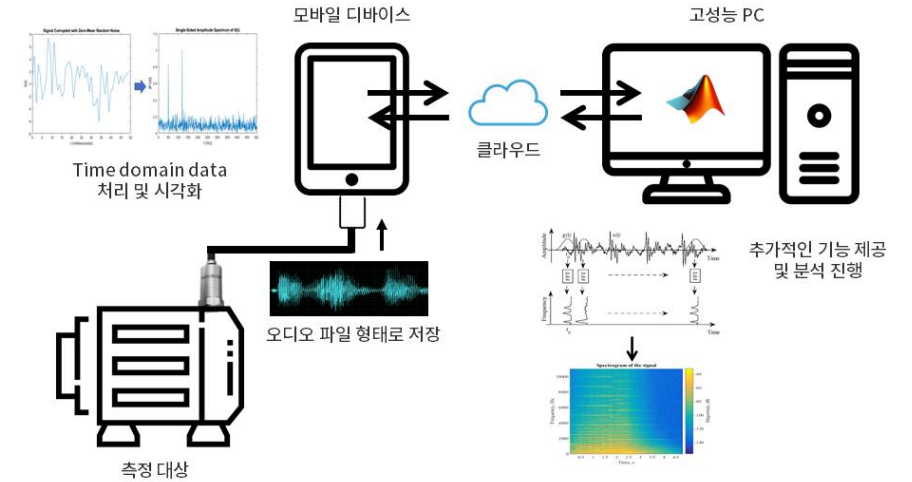
이성재¹⁾, 안재영²⁾, 유태영²⁾, 유지환²⁾, 김태현³⁾, 이수일³⁾, 김일광⁴⁾

- 1) 연구팀장, 서울시립대학교 기계정보공학과 대학원
- 2) 팀원, 서울시립대학교 기계정보공학과
- 3) 지도교수, 서울시립대학교 기계정보공학과
- 4) 산업체 멘토, APS 홀딩스

연구의 필요성 및 목적



“고가의 장비, 복잡한 시스템으로 구성된 기존 진동 분석 시스템 보완”



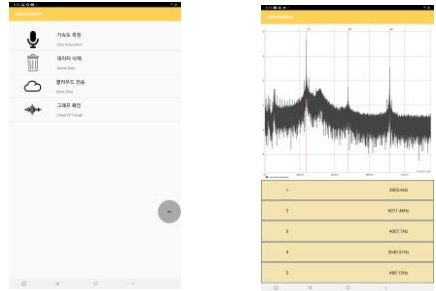
기존 진동 측정 및 분석 장비

- 아날로그 측정 장비로 얻은 신호를 ADC를 통해 디지털로 변환
- 시스템 구성이 복잡함
- 운용하는 데 전문 지식 필요

안드로이드 어플리케이션 기반 분석 시스템

- 안드로이드 디바이스로 즉각적 데이터 취득
- 클라우드를 이용한 안드로이드-PC 간 데이터 통신
- 쉽게 사용할 수 있는 편리한 인터페이스

전체 시스템 구조



데이터 습득 및 기본 진동 분석

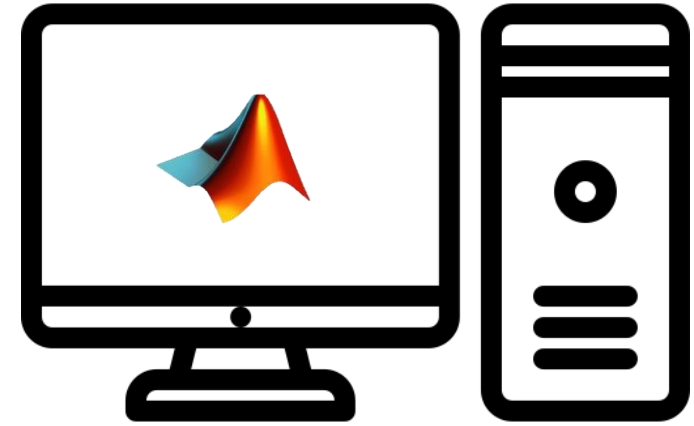
- Data Acquisition
- FFT (Fast Fourier Transform)

안드로이드 디바이스



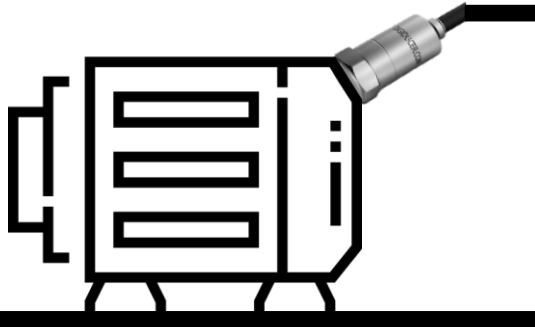
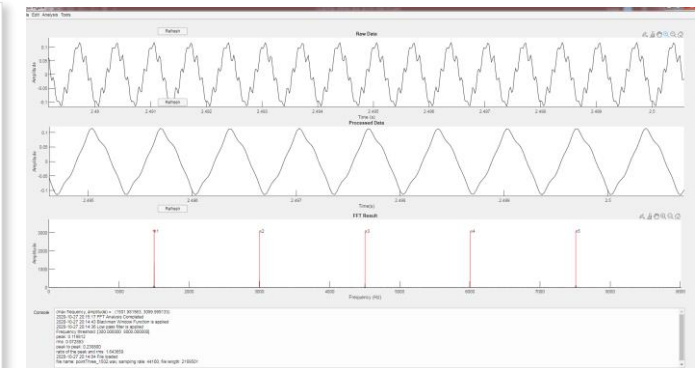
데이터 통신

PC



고급 분석 알고리즘 (MATLAB GUI)

- Band Pass Filter
- Window Function
- Averaging
- STFT (Waterfall View)



산업 현장 장비

FFT 알고리즘 구현

FFT 알고리즘 개선

DFT

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi nk)$$

$O(N^2)$

Cooley-Tukey

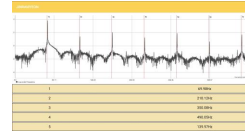
If data length $N = 2^n$
 $O(N \log N)$

Bluestein's

If data length $N \neq 2^n$
 $N' = 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$ zero-padding

개선

개선



↑
오픈소스 코드를
개선하여 탑재

FFT.java
Columbia University
GPLv2 License
(N must be 2^n)

- Cooley-Tukey 알고리즘은 데이터 사이즈 $N = 2^n$ 일 경우에만 작동
- $N' = 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$ 까지 확장하여 0을 대입하여도 FFT 결과값은 같음
→ zero-padding 프로세스를 추가
- 이론적으로 같으나 결과값이 이산데이터로 나타나므로 Built-in 코드와의 대조를 통한 실효성 검증 필요

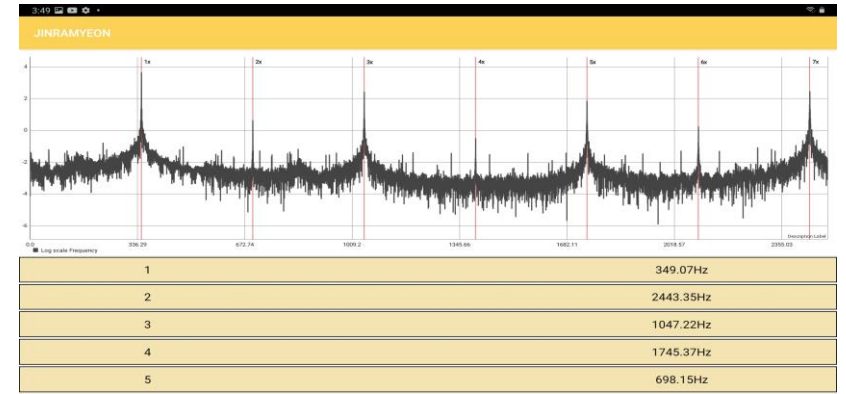
소스코드 검증

FFT 결과값 비교	1502Hz		4507Hz		7512Hz		10520Hz	
	Freq.	Mag.	Freq.	Mag.	Freq.	Mag.	Freq.	Mag.
MATLAB Built-in	1502.2	6306	4507.4	514.7	7512.4	308	10516	692
Zero-Padding	1502.5	7059	4507.2	472.5	7512.1	408.8	10516	876.4
상대오차 (%)	0.020	11.268	0.004	8.549	0.004	28.125	0.000	23.514

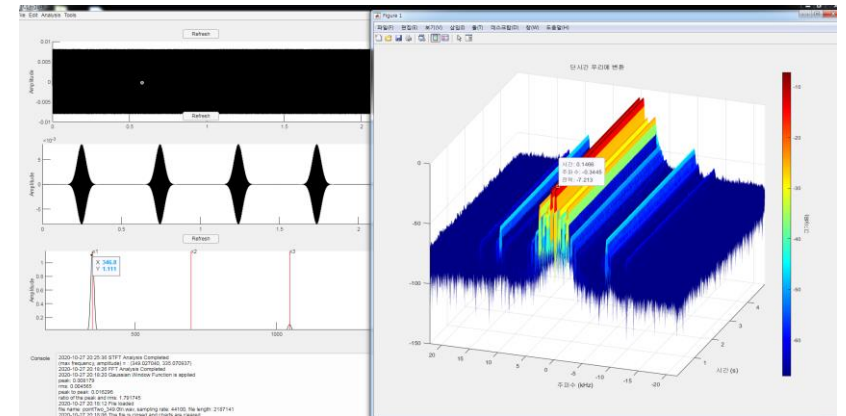
- Frequency 결과값에는 큰 차이가 없음
- 주파수 해상도 Δf 에 따라서 Magnitude는 달라질 수 있음

주요 기능 명세

주요 기능	제작안드로이드 어플리케이션	MATLAB GUI 어플리케이션
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> Frequency-domain 데이터 모니터링 Log scale 보기 제공 Octave 주파수 보기 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 시간 데이터, 주파수 데이터 동시에 확인 Window, Filter 등을 적용한 시간 데이터 확인 Linear Scale, Log Scale 보기 제공 Octave 주파수 보기 제공
Browsing	<ul style="list-style-type: none"> Zoom in/out 	<ul style="list-style-type: none"> Zoom in/out 이미지로 저장 출력
Window	<ul style="list-style-type: none"> Blackman Window 적용 	<ul style="list-style-type: none"> Blackman, Hanning, Hamming, Flattop, Gaussian 지원
부가 기능	-	<ul style="list-style-type: none"> Band Pass Filter Averaging STFT (Waterfall View)



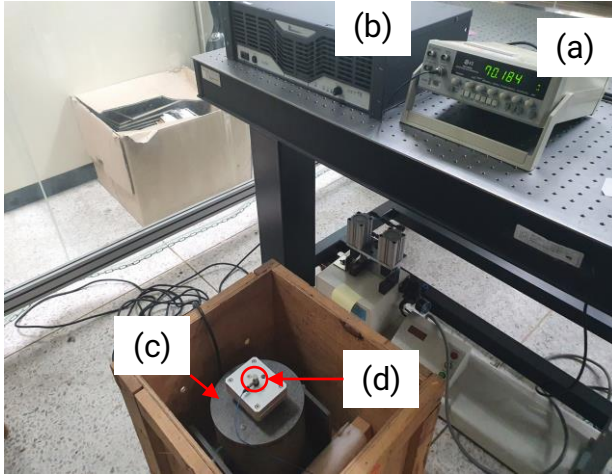
안드로이드 어플리케이션 FFT 실행 화면



MATLAB GUI 어플리케이션 STFT 실행 화면

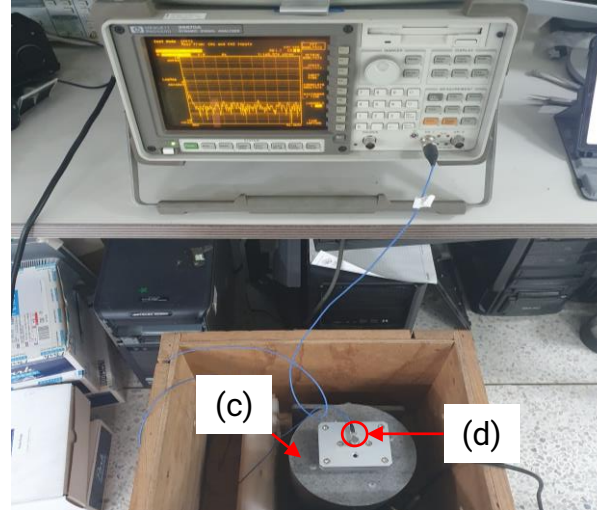
실험 구성

실험 장비 구성



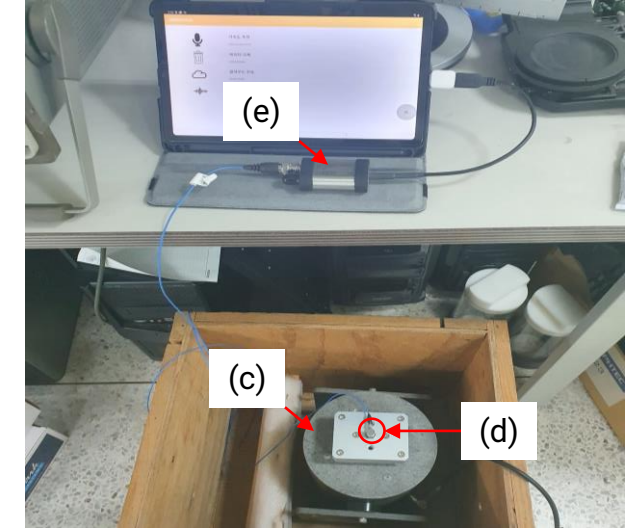
- (a) 함수 발생기 (EZ Digital fg 7002c)
- (b) 신호 증폭기 (MB Dynamics sl500)
- (c) 가진기 (MB Dynamics modal 50)
- (d) 가속도계 (PCB Piezotronics 352C33)
- (e) ADC (PCB Piezotronics 485B39)

실험 1: 아날로그 가속도계 이용 진동 분석



- 아날로그 가속도계 (d)를 이용해 측정
- 모니터링 주파수 그래프에 Marker 기능으로 peak 주파수 확인

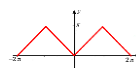
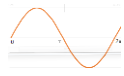
실험 2: 안드로이드 어플리케이션 이용 진동 분석



- 기존 아날로그 가속도계 (d)에 ADC (e)를 연결하여 안드로이드 디바이스와 연결
- 5초간 데이터 취득 후 어플리케이션의 배열 플로팅 기능으로 그래프 및 peak 주파수 확인

실험 결과

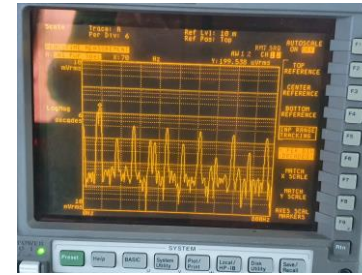
데이터 속성	Data 1	Data 2	Data 3
주파수	70.0 Hz	349.0 Hz	2003.4 Hz
파형	Sine	Triangle	Square



Analog	Data 1	Data 2	Data 3
1 st peak	70	352	2016
2 nd peak	210	2448	10048
3 rd peak	350	1048	6016

App	Data 1	Data 2	Data 3
1 st peak	69.98	349.07	2003.6
2 nd peak	210.12	2443.35	6011.46
3 rd peak	350.08	1047.22	4007.7

- Data3의 일부분을 제외하면 주파수 값이 유사한 양상을 보임
→ 어플리케이션에서는 최대 8000Hz까지 확인 가능하므로 해당대역 내의 peak값을 검출하는 것이 원인



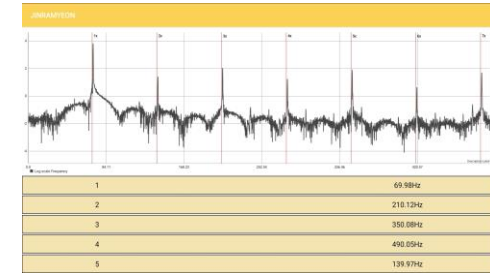
Data 1 on HP-35670a



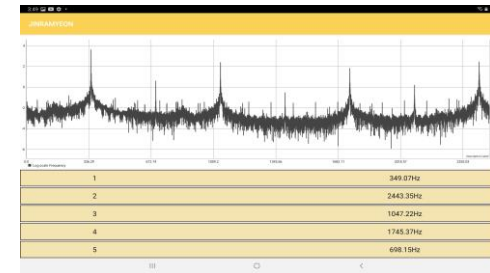
Data 2 on HP-35670a



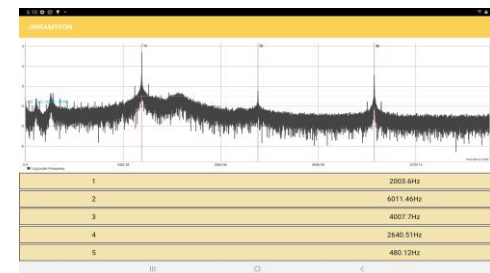
Data 3 on HP-35670a



Data 1 on Android App



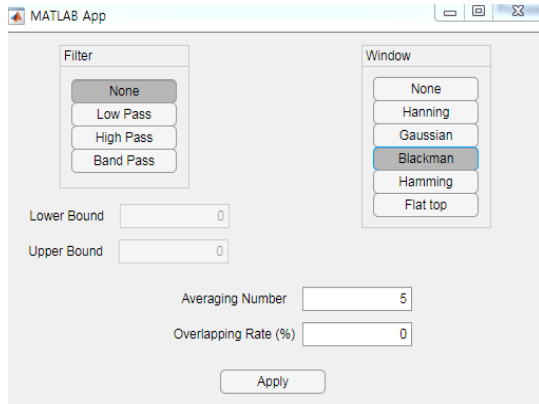
Data 2 on Android App



Data 3 on Android App

후속 분석, 실제 적용

MATLAB GUI 어플리케이션

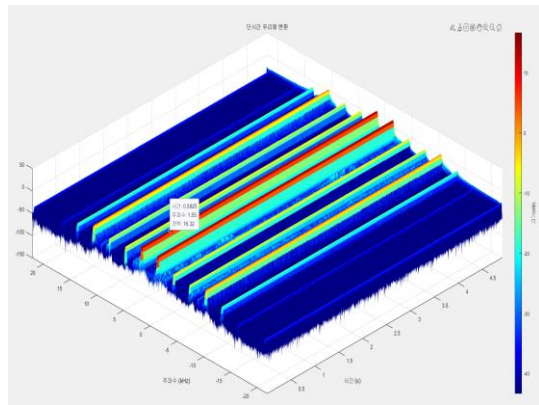


Averaging

- 제작 안드로이드 어플리케이션으로 취득한 데이터를 PC로 전송 받음
- 평균횟수 지정 및 각 데이터 섹션별 overlap 비율을 조정해 보다더세밀하게 평탄화작업 가능

STFT

- 구간별 주파수 데이터를 시간에 따라 나열
- 한 지점을 클릭해 시간대, 주파수, magnitude 값을 확인할 수 있음
- 주파수가 시간에 따라 변하는 상황에 활용하기 용이함



실제 적용 사례



Digital Accelerometer

- Digiducer사 333D01 모델 (USB)



Application Case

- 안드로이드 휴대폰으로 데이터 취득 후 현장에서 노트북으로 후속분석 수행

효과 및 활용방안

■ 결론

- 디지털 시스템으로 아날로그 장비 수준의 주파수 데이터 모니터링 가능
- USB 사양의 가속도계를 현장에서 활용하여 간편하게 데이터 취득 용이
- 안드로이드 디바이스를 이용해 간단한 모바일 진동 측정 시스템 구축

■ 활용 방안

- 기존 진동 모니터링 장비를 개인 휴대전화 및 태블릿을 이용해 부분적으로 대체
→ 산업현장 적용 유리
- 클라우드 플랫폼 활용 모바일 디바이스-PC 간 데이터 공유로 활용성 증대

■ 후속 발전 과제

- 안드로이드 어플리케이션의 실시간 진동 모니터링 기능 개발
- 응용사례에 따라 맞춤형 앱 구성 가능

감사합니다