

# Windows CE 기반 포터블 진동 신호분석기 개발

김동준\*(전남대원), 박광호(전남대원), 기창두(전남대 기계공학과)

Development of a Portable Device for Vibration Signal Analysis Based on Windows CE

D. J. Kim(Mech. Eng. Dept., CNU), K. H. Park (Mech. Eng. Dept., CNU),  
C. D. Kee (Mech. Eng. Dept., CNU),

## ABSTRACT

In this study, we developed a portable device which monitors and analyzes a vibration signal happened to machines. This device is based on a PDA which is smaller than a palm of the hand, but it has a powerful computing ability as much as a computer with 100MHz CPU and an operating system called Windows CE. As a preprocess for a diagnosis of a rotating machine, training artificial neural network based on PC is performed, and the device will diagnose the condition of a rotating machine using weight values as a result of the training ANN.

**Key Words** : PDA(개인 정보 단말기), Signal Analysis(신호분석), Vibration(진동), Windows CE, Artificial Neural Network(인공신경망)

### 1. 서론

산업의 발전과 시장경제의 가속화에 따라 기계설비도 고출력, 고성능, 초고속경량화 되고 있다. 그러한 발전이 가속화될수록 기계의 구조 역시 복잡해지게 되고 설비의 유지관리 측면에서 많은 문제가 발생하게 되며 예기치 않은 고장으로 인한 생산중단(Down-time)에 의해 생산성 감소 나 품질 관리에 악영향을 초래할 수 있다. 또한 안전적인 면에서는 원자력 발전소에서 사용되는 기계의 부작동으로 인한 사고로 발전소 주위뿐 아니라 상당히 넓은 지역까지 큰 재난을 초래할 수 있다. 따라서 이러한 심각한 문제를 유발하는 고장의 발생을 사전에 방지하기 위한 기술의 중요성이 부각되었다.

설비의 고장진단을 분석하기 위해 대상설비에서 발생하는 진동, 음향, 온도 등의 상태량 등이 이용되며, 이 상태량 중에서도 진동신호는 설비의 상태를 해석하는데 가장 유용하다. 진동은 기계고장에 따라 증가하며, 수리에 의하지 않고 감소하는 법이 없고, 기계상태에 대한 가장 많은 정보를

내포하고 있으며, 기계결함을 초기에 알려주는 정확한 상태량이기 때문이다<sup>(1)(2)(3)(4)(5)</sup>. 이러한 진동신호 측정을 위해 다양한 진동계측기가 있으나 이들 대부분은 휴대가 불편한 단점이 있다. 이런 단점을 극복하기 위해서 휴대가 간편한 진동분석기 등이 개발되고 있으나 기존의 포터블 분석 시스템은 운영 체제가 내장되어 있지 않고 전용 하드웨어에 LCD를 내장한 형태로 개발되어 있어 주파수 분석과 같은 디지털 신호처리 기능을 제공하지 않고 단지 순간 진동 신호의 크기를 단순히 표시해주는 기능만을 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 휴대가 간편하고 현장에서 다양한 신호처리를 이용 진동신호에 대한 분석과 기계의 상태를 진단할 수 있는 Windows CE 기반 진동 신호분석기를 개발하였다.

### 2. 신호분석기 시스템 구성

#### 2.1 시스템 개요

본 개발 시스템의 전체 모습은 Fig.1과 같다. 신호분석기의 구성은 기계설비에 센서(변위· 속도·

가속도센서)와 연결하여 기계설비에서 발생하는 진동신호를 취득 할 A/D보드와 취득된 진동 데이터를 분석할 PDA(Personal Digital Assistant)로 구성되어 있다.

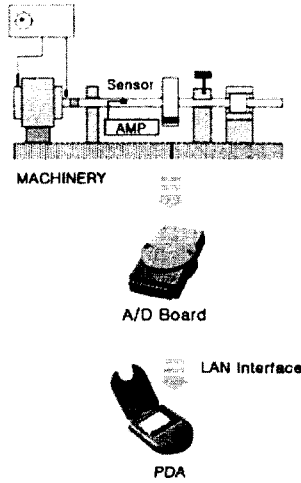


Fig. 1 Schematic Diagram of a Signal Analysis System

PDA는 Windows CE라는 운영체제를 내장하고 있는 시스템이다. 즉 기존의 휴대용 주파수 분석기는 전자수첩기반이라고 한다면 개발 제품의 기반인 PDA는 노트북보다 훨씬 작은 컴퓨터로써, 전자수첩보다 월등한 계산 능력을 가지고 있다.

DEV. Tool	MS Embedded Visual C++ 3.0
SDK	Handheld PC 2000 SDK
PDA OS	Windows CE 3.0
PDA Processor	206MHz Intel StrongArm SA-1110
PC Processor	Pentium 430MHz
PC OS	Windows 98

Table 1 Software Architecture.

또한 PDA는 프로그래밍이 가능하고 일반 PC와 유사한 Display 환경을 제공하며 그 크기도 작아 휴대성이 용이하여 어디에도 쉽게 휴대하고 다닐 수 있다.

구분	항목
Channel	2
Resolution	12bits
Sampling Rate	Max 50KHz

Table 2 A/D Board Architecture.

본 시스템에서 사용되는 PDA는 현재 제품화된 것 중에서 가장 넓은 화면(640 × 480 Pixel)을 제공하는 Cyberbank사의 PC-EPhone으로 그 크기는 102mm × 128mm × 22mm(가로 × 세로 × 높이)이고, OS는 Microsoft Windows CE 3.0이다. Table 1은 프로그램 개발환경이다. 신호분석기 개발언어로는 Microsoft Embedded Visual C++3.0을 사용하여, Windows 98을 사용하는 일반 PC에서 프로그램을 작성하였다.

### 3. 진동 신호 분석 프로그램 구성

#### 3.1 프로그램 개발 개요

본 프로그램(M-DOG 2000)은 Visual한 실행 환경을 가지고 있으며, Time Plot과 같은 단순 신호 처리 루틴을 포함하여, 기계설비의 고장진단을 위한 다양한 신호분석 기능 그리고 기계설비의 진동 경향을 파악할 수 있는 저장기능을 가지고 있어 기존의 포터블 신호수집기 및 신호분석기의 기능을 동시에 갖추고 있다.

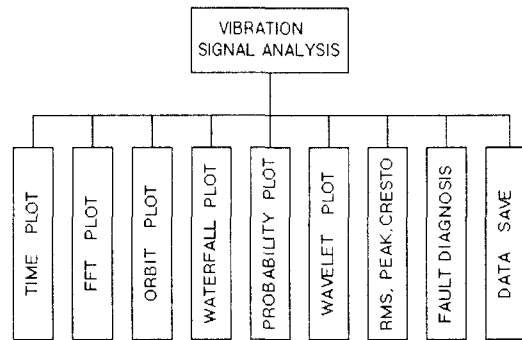


Fig. 2 Schematic Diagram of Signal Analysis Modules

Fig. 2는 M-DOG 2000 프로그램의 주요기능을 나타내고 있다. 본 프로그램은 A/D 보드로부터 신호를 입력받아, FFT 등 여러 가지 신호처리를 위한 환경을 설정하는 Setup Module과 신호처리 후 Time Plot 등 다양한 Plot를 그려주는 Display Module, 분석된 진동데이터를 이용하여 기계설비의 상태진단을 할 수 있는 Diagnosis Module, 그리고 원래 신호와 분석된 데이터저장 하고 다시 불러올 수 있는 Data 처리 Module 등으로 구성되어 있다.

#### 3.2 진동신호 모니터링 기능

Time Plot(Fig.3의 위)은 진동 그래프 중 가장 기본적인 형태로서 기계에서 발생하는 진동을 그대로 볼 수 있도록 옮겨 놓은 Analogue 형태의 그래

프이다. Time Plot은 변환과정에서 필요한 정보가 없어지지 않고 가장 원본에 가까운 진동으로 볼 수 있다.

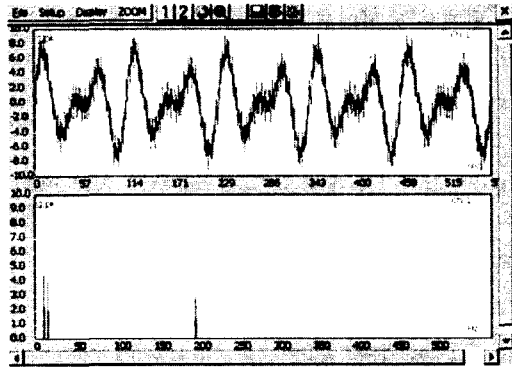


Fig. 3 M-DOG 2000 Program Main View

FFT Plot(Fig. 3의 아래)은 복잡한 진동을 여러 개의 단일한 진동으로 분류해내는 작업을 수행하며, 특정 진동 주파수에서 나타나므로 주파수 성분을 점검하여 특정 기계의 고장 원인을 확인하는데 이용할 수 있다<sup>(1)(4)(5)</sup>. Waterfall Plot(Fig. 4)은 Spectrum을 시간대 별로 중첩해 놓은 일종의 Trend Plot으로 볼 수 있다. 하지만 일반 Trend Plot과 달리 모든 Spectrum의 변화를 한눈에 볼 수 있기 때문에 모든 정보를 다 갖고 있다고 할 수는 없지만 가장 많은 정보를 포함하고 있는 도표라 할 수 있을 것이다.

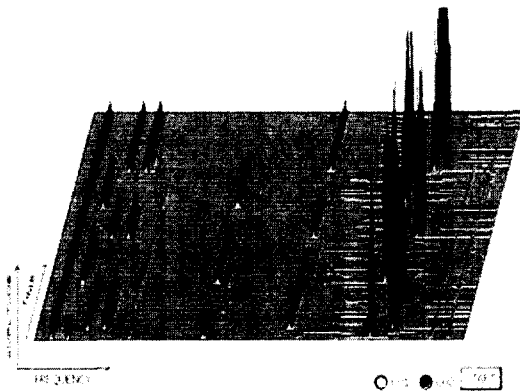


Fig. 4 Waterfall Plot

Orbit Plot은 2개의 변위계를 90°로 설치하여 축의 움직임을 직접 측정하는 것으로서 각각의 변위계에서 나오는 진동 값은 축의 움직임을 실제의 변

위로 나타낸다<sup>(1)(7)</sup>. 본 프로그램에서는 Orbit이 그리는 형태와 방향을 정량화 하기 위해 SDI(Shape and Directivity Index)지수를 이용하였다<sup>(6)</sup>. Fig. 6은 축의 거동을 보다 명확하게 볼 수 있도록 하기 위해서 진동신호 중 1X 성분으로 나타낸 그래프이다.

- 1 < SDI < 0 : 후방 타원 운동
- SDI = 0 : 직선 운동
- 0 < SDI < 1 : 전방 타원운동
- SDI = 1 : 전방 원운동

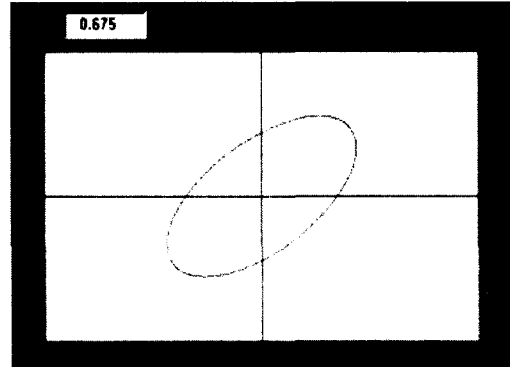


Fig. 5 Orbit Plot

그리고 불규칙한 진동신호에 대해서도 신호분석이 가능하도록 Wavelet Transform Plot과 Probability Density Plot(Fig. 6)를 추가하였다. Fig. 5는 Original Signal을 웨이블릿 변환 후 고주파수 성분과 저주파수성분을 동시에 나타낸 그래프로서, 신호내에서 급격하게 변하는 시간에 대한 정보를 구할 수 있다<sup>(8)(9)</sup>.

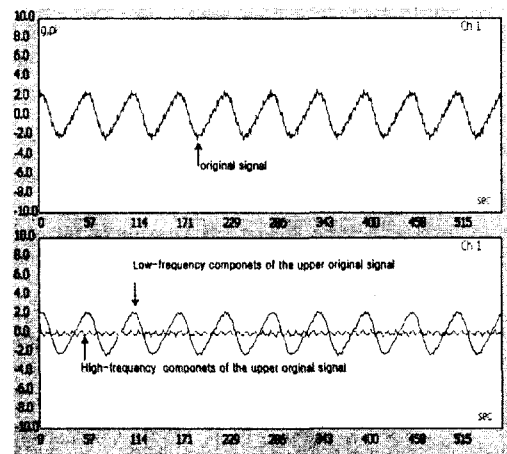


Fig. 6 Time Plot and Wavelet Plot

확률밀도함수(Probability Density Function)는 주어진 진동신호 값이 일어날 수 있는 확률을 표현해 주는 함수<sup>(1)(10)</sup>로써 본 논문에서는 히스토그램으로 확률밀도함수를 근사적으로 나타냈다.

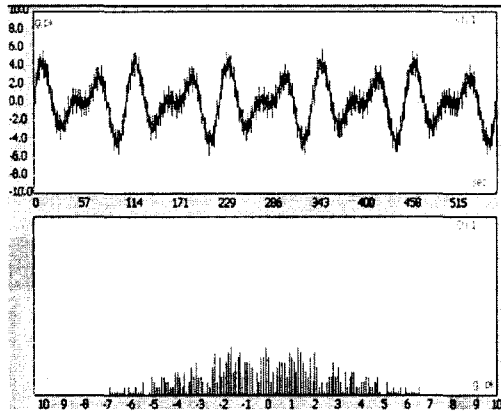


Fig. 7 Time Plot and Probability Plot

### 3.3 간이진단기능

기계의 이상상태 진단을 위해 학습능력을 가지는 신경망을 이용하였다. 회전기계에서 고장원인에 따라 달리 발생하는 진동신호를 시간영역과 주파수 영역에서 각각 신호처리하여 특징벡터(Table 3)를 구했다. 그리고 PC에서 신경망을 학습시킨 후, 구해진 Weight값을 PDA에서 이용 회전체의 대한 고장진단을 이루어지도록 하였다. 또한 진동의 평균값, 최대값, RMS(Root Mean Square) 값 등을 저장하여 일정한 기간동안의 진동신호의 변화를 파악함으로써 이를 이용 기계의 상태진단에 이용하도록 하였다.

Time Domain	rms(root mean square)
	variance value(분산)
	cresto(파고율)
	kurtosis(첨도)
	skewness(왜도)
	SDI(Shape and Directivity Index)
Frequency Domain	1x(1x 회전주파수)

Table 3 Input Vectors for a Machine Diagnosis

## 4. 결론

본 연구에서는 크기가 작아 휴대가 용이하면서 취득된 진동신호를 현장에서 바로 취득, 분석, 고장

진단을 수행할 수 있는 Windows CE기반 포터블 신호분석기를 개발하였다. 이 분석기는 다음과 같은 사항을 수행을 할 수 있다.

- 1) FFT Plot를 포함한 여러 가지 Plot를 통해 기계 설비에서 발생한 진동신호를 분석할 수 있다.
- 2) 불규칙 진동 신호분석이 가능하도록 확률밀도함수와 DWT(Discrete Wavelet Transform)<sup>(6)(7)</sup>을 수행하여 불규칙한 진동신호에 대해서도 분석이 가능토록 하였다.
- 3) 인공신경망을 이용하여 기계상태에 따른 패턴을 추출하여 기계설비에 대한 고장진단을 수행토록 하였다.

## 참고문헌

1. 牧修市, "진동법에 의한 설비진단의 실제", 일출출판사.
2. 채장범, "기계의 상태/고장 진단", 한국소음진동공학회지, Vol 6, No.4, pp. 387 ~393, 1996
3. 양보석, "회전기계의 진동에 의한 이상진단 시스템의 개발", 한국소음진동공학회, 춘계학술대회 논문집, pp 350~353, 1995
4. 배용채, "터빈이상의 진동의 자동 진단 시스템의 관한 연구" 전남대학교 대학원 박사학위 논문, 1995
5. 김창구, 홍성호, 기석호, 기창두 "Windows NT 기반의 회전기계 진동 모니터링 시스템 개발", 한국정밀공학회 논문집, 2000
6. 한운식, 이종원, "방향성 조화 웨이블렛 해석 기법", 한국소음진동공학회, 춘계학술대회논문집, pp.267 ~272, 1998
7. Don Southwick, "Using full spectrum plots", Orbit, Vol.14, No.4, Dec., 1993, p19~217.
8. C.Sidney Burrus, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms", Prentice-Hall Inc., 1998
9. B.A Paya, "Artificial Neural Network Based Fault Diagnosis of Rotating Machinery Using Wavelet Transforms As A Preprocessor", Mechanical System and Signal Processing, II(5), pp. 751 ~765, 1997 9.
10. 이문호, "C언어·MATLAB를 이용한 디지털 필터 설계", 대영사,1997