

## 전동기 고장 진단을 위한 신호 수집 및 분석용 도구에 관한 연구

김기석\*, 조용호\*, 가인호\*\*, 홍선기\*\*

호서대학교 정보제어공학과\*, 디지털제어공학과\*\* SEMIC

### A study on Application for Signal Acquisition and Analysis for Motor Fault Diagnosis

Ki-Seok Kim\*, Yong-Ho Cho\*, In-Ho Ka\*\* and Sun-Ki Hong\*\*

Dept. of Information Control Eng.\*, Digital Control Eng.\*, SEMIC, Hoseo University

**Abstract** - 전동기의 고장 진단을 함에 있어 데이터의 수집은 필수적으로 이루어져야 하며 데이터를 수집하는 과정에서 데이터의 손상이나 손실을 없애기 위해 어플리케이션을 만들었다. 제작한 어플리케이션은 모터의 전압과 전류, 소음과 진동을 실시간으로 측정할 수 있으며, 고장 여부를 판단할 수 있도록 파일로 저장 가능하게 만들었고, 저장하는 과정에서 데이터가 손실되지 않도록 버퍼를 사용하였다. 더 효율적으로 측정이 가능하도록 하여 전동기의 고장 진단에 있어 확실한 데이터를 얻을 수 있도록 연구하였다.

#### 1. 서 론

제어를 하거나 분석을 할 때, 진단을 하는 경우 계측은 필수적인 요소로 자리하게 된다. 때문에 산업에서도 많은 계측용 어플리케이션을 구매를 하여 사용하는 경우도 있고, 직접 소프트웨어와 하드웨어를 구매하여 만들어 사용하는 경우가 많이 있다. 데이터의 측정을 위해 상황에 맞는 좋은 감지 장치도 중요하지만 데이터를 처리하고 조작하는 소프트웨어 또한 중요한 요소이다.[3] 본 연구는 소프트웨어 어플리케이션의 효율을 높이기 위함이며, 제작한 어플리케이션은 전동기의 고장을 진단하기 위한 용도이며 전압과 전류, 소음과 진동을 측정하고, 실시간으로 데이터를 볼 수 있다. 계측용 소프트웨어로 잘 알려진 LabVIEW를 이용하였다. 데이터를 실시간으로 볼 수 있을 뿐 아니라 비교, 분석이 가능하도록 파일로 저장하도록 구성 되어있다.[1] 파일을 저장하는 과정에서 또는 프로그램의 에러에 의해 데이터가 손상되지 않도록 버퍼 구조를 사용하여 데이터 손실을 막았다. 시중에서 판매가 되고 있는 어플리케이션과 인터넷에서 쉽게 구할 수 있는 계측용 프로그램이 많이 있지만 가격이 비싸거나 데이터의 손실이 생기는 경우가 있기 때문에 개선을 위하여 LabVIEW를 사용하였고 데이터를 수집함에 있어 향상된 성능을 볼 수 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전동기 고장

본 연구는 전동기의 고장을 진단하기 위함이다. 전동기의 고장은 베어링, 기어, 전동기의 권선, 환경적 요인에 의해 생긴다. 베어링 고장은 모터의 축이나 베어링의 부적절한 설치가 원인이 되고 기어 고장의 원인은 가공 정밀도에 따른 고장, 기어 치의 깨짐, 이물질 혼합 등이 있을 수 있다. 이 경우 전동기가 회전함에 따라 정상의 전동기와 다른 소음이 생기게 되고 회전 시 흔들림이 생기며 이는 진동으로 돌아오게 된다. 전동기의 권선 고장은 과부하, 결상, 층간 단락, 순간적인 과전압 유입 등이 있고, 환경에 의한 요인은 습기 침식과 화학물질에 의한 고장이 있으며 이 경우 전동기 내에서 토르크를 발생시키기 위해 흐르는 전류가 이상이 생기게 된다.[1] 이처럼 전동기의 고장을 크게 소음과 진동 그리고 전류의 데이터를 통해 알 수 있으며 때문에 더욱 정확한 데이터를 요구하게 된다. 본 논문에서는 헬리컬 기어로 구성된 기어 박스를 연결하였으며 기어의 치를 손상시켰고 손상된 치료 인해 기어가 회전할 때마다 나는 소음과 진동의 신호를 비교하였다.[1]

##### 2.2 그래픽언어

GUI기반의 언어인 LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)는 제어, 계측 분야에서 사용하기 쉽고, 편리한 프로그래밍 언어라고 할 수 있다.[1] 병렬 처리가 가능하고 아날로그 및 디지털 데이터 입, 출력, 계측장비 사용, 제어 모니터링, 측정 데이터의 분석에 광범위하게 사용되고 있다. NI에서 제공하는 NI-DAQ나 NI-RIO와 연동하여 계측과 제어가 쉽게 가능하다는 특징을 갖고 있다.

##### 2.2.1 NI-DAQ

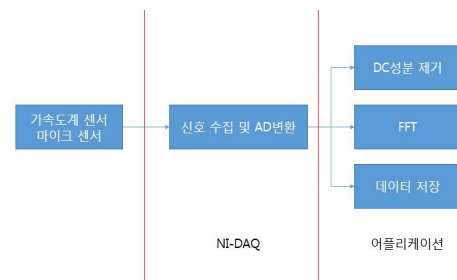
데이터의 수집은 전압, 전류, 온도, 압력 또는 소음 등의 전기 또는 물리적인 현상을 측정 하는 과정이다.[1] DAQ 시스템은 센서, DAQ 하드웨어와 DAQ를 사용하는 소프트웨어로 구성된다. 주요 측정 요소는 신호 컨디셔닝과 아날로그-디지털 변환기가 있다. <표 1>은 소음과 진동을 측정하기 위한 DAQ하드웨어의 사양을 나타낸다. 데이터를 수집할 경우 센서 또는 외부에서 수집한 신호는 노이즈가 많거나 직접 측정하기 어려움이 있다. 신호 컨디셔닝 회로는 ADC에 입력을 하기 위해 적절한 형태로 신호를 조작해 준다. 증폭과 감쇠, 필터링, 절연 등이 포함된다. 또한 DAQ 하드웨어에 따라 특정 센서에 특화되어있기 때문에 더 확실한 데이터를 얻을 수 있다.

**<표 1> 사용된 DAQ하드웨어의 사양**

측정 타입	가속도계, 마이크로폰
채널 및 전압	차동 4채널 ±5V 아날로그 입력 모듈
분해능 및 샘플	24 비트 해상도, 51.2 kS/s
신호 컨디셔닝	엘리어스 제거 필터, 전류 여기
입력 임피던스	305 kOhm
다이내믹 레인지	102 dB

##### 2.2.2 DAQ시스템

DAQ 시스템은 <그림 1>와 같이 크게 3가지로 나누어진다. 센서와 신호 수집을 위한 DAQ하드웨어 그리고 신호를 처리하는 어플리케이션으로 구성된다.[1] 제작한 어플리케이션은 소음, 진동, 전압과 전류의 데이터를 FFT를 통하여 분석을 할 수 있다. 불필요한 DC성분을 제거하며 그 신호를 FFT하게 된다. 또한 NI에서 지원하는 파일 포맷 형식인 TDMS형식으로 필요할 때마다 데이터를 저장할 수 있도록 되어있다.



**<그림 1> 고장 진단을 위한 DAQ 시스템**

##### 2.3 어플리케이션의 구성

제작한 어플리케이션은 크게 3개의 루프로 구성되어 있으며 데이터를 수집하는 프로그램은 LabVIEW에서 다이내믹 이벤트 구조에서 생산자/소비자 구조를 사용하였다. 이벤트 구조를 사용한 이유는 컴퓨터 CPU의 사용량을 줄이기 위함이다. 이벤트 구조의 2개의 루프와 인버터를 구동하기 위한 1개의 루프가 있다. 인버터를 구동하는 부분은 컴퓨터에서 원하는 주파수를 숫자로 입력을 해주면 전압 신호를 DAQ로 내보내어 인버터의 주파수를 직접 조절 하게 된다. 이 또한 편하게 계측을 할 수 있도록 해준다. 생산자 이벤트 구조에서는 이벤트에 따라 소비자 이벤트 구조 내의 케이스를 결정해 주게 된다.[1] 그 동작에 따라 소비자 이벤트 구조에서는 수집할 DAQ의 채널을 설정해주고 데이터를 수집하여 실시간으로 보여주며 저장하는 역할을 하게 된다. <그림 2>은 3가지의 루프로 구성된 구조를 간단하게 보여주며 생산자와 소비자 이벤트 구조는 큐로 묶여서 데이터를 주고받는다.



〈그림 2〉 어플리케이션 프로그램의 구성

### 2.3.1 생산자/소비자 이벤트 구조

제작에 사용한 구조인 생산자/소비자 이벤트 구조는 기본적으로 2개의 반복루프로 구성되어 있다. <그림 3>에서 생산자 이벤트 구조와 소비자 이벤트 구조를 1개의 선으로 연결해 주었는데 큐를 나타내며 버퍼 역할을 위해 사용하였다. 생산자와 소비자 구조의 데이터를 실시간 전달하며 소비자 이벤트 구조에서 데이터 수집, 측정, 저장의 케이스를 이용하여 순차적으로 진행하게 된다.[1]

### 2.3.2 버퍼

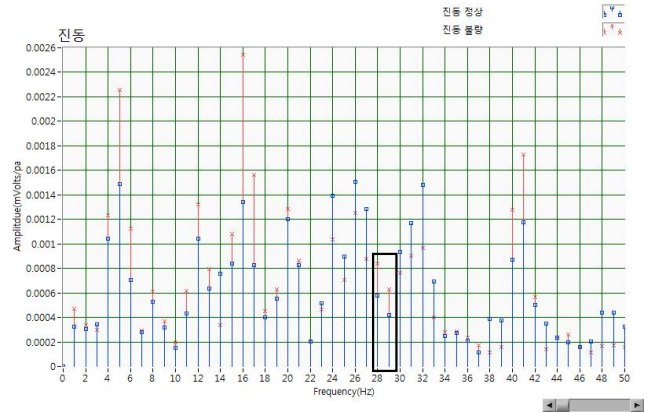
데이터의 손실을 막기 위해 버퍼라는 개념을 사용하였다. 수집되는 속도에 비해 처리되는 속도가 느릴 경우 다음 처리속도까지의 수집된 데이터는 손상되거나 손실되게 되어 있는데 이를 막기 위해 버퍼라는 개념을 사용하게 되었다. 제작한 어플리케이션에서 이러한 버퍼 역할을 위해 사용된 것은 LabVIEW의 큐가 사용되었다. 생산자/소비자 구조를 사용하기 가장 적합한 것이 큐이고 대표적인 특징은 FIFO(First In First Out)으로 동작을 하며 데이터가 들어온 순서대로 출력을 하게 되고 쌓이는 데이터를 임시 저장하게 된다.[1] 버퍼의 역할은 제작한 어플리케이션에서 아주 중요한 역할을 하게 된다. DAQ하드웨어의 성능에 따라 1초에 데이터를 수집할 수 있는 데이터의 수를 정할 수 있는데 50ks/s일 1초의 데이터가 손실될 때 5만개의 데이터를 중간에 손실하는 경우가 된다. 데이터를 파일로 저장하는 경우 몇 초의 시간이 걸릴 수 있다. 저장하는 동안 데이터 수집을 멈추는 것은 아니나 저장 시 열리는 윈도우 탐색기가 나타나거나 사라질 때 순간적으로 데이터를 손실할 수 있다. <그림 3>는 버퍼의 구조를 그림으로 나타낸 것이다. A부터 순차대로 데이터가 들어가면 출력 또한 A부터 순차적으로 나오게 된다. 그 사이에 데이터를 저장해 주는 것이 버퍼이다.



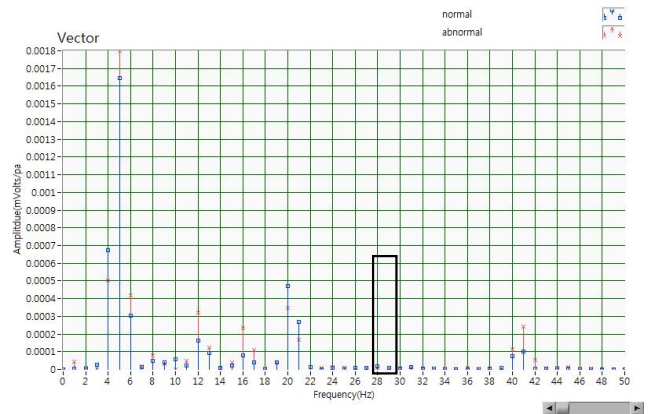
〈그림 3〉 버퍼 구조

## 2.4 측정

<그림 4>와 <그림 5>은 각각 같은 인버터 인가 주파수에서 전동기의 진동을 측정할 것이며 앞서 2.1에서 언급하였던 것과 같이 정상 기어 박스와 불량 기어 박스를 바꾸어서 측정을 하였다. <그림 4>는 제작된 어플리케이션을 이용하여 측정을 하였고 <그림 5>은 인터넷 상에서 찾을 수 있는 계측용 어플리케이션을 사용한 것이다. 인터넷에서 받은 프로그램은 버퍼나 이벤트 구조를 사용하지 않아 효율이 떨어지게 되고 그림에서 알 수 있듯 기어의 정상데이터와 불량 데이터가 차이가 잘 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 반면 <그림 4>의 버퍼를 사용한 데이터는 특정 주파수에서 정상기어 데이터와 불량 기어의 데이터가 확실하게 차이가 나는 것을 볼 수 있으며 차이가 나는 부분은 치가 깨진 기어의 회전 주파수와 관련이 있다. <그림 4>와 <그림 5>에서 비교하면 28Hz의 데이터가 나오지 않으며 <그림 4>는 정상 기어와 불량 기어의 차이가 확실히 구분이 간다.



〈그림 4〉 버퍼와 이벤트를 사용한 진동 데이터



〈그림 5〉 데이터 손실이 나타나는 데이터

## 3. 결 론

본 논문은 전동기의 고장을 목표로 정확한 데이터를 수집하기 위해 최적화된 어플리케이션을 제작을 하였다. 생산자/소비자 이벤트 구조를 이용하여 컴퓨터 CPU의 사용량을 줄이면서 DAQ하드웨어에서 신호를 받아옴에 있어 효율을 높이고 버퍼구조를 사용하기 위한 큐를 사용하면 손실되는 데이터가 없이 측정을 할 수 있도록 제작하였다. 이벤트 구조와 버퍼를 고려하지 않은 데이터는 예측한 데이터를 얻을 수 없고 그로인해 신뢰도 또한 떨어지게 되어 불필요한 데이터가 된다. 반면 제작한 어플리케이션은 인버터 인가 주파수에 따른 고장 기어의 주파수별 특성에서 예측한 데이터를 얻을 수 있었고 문제 유무를 판단할 수 있었다. 추후 이 어플리케이션을 통하여 DAQ하드웨어와 실험 환경 등을 고려하여 확실히 전동기 고장 진단을 할 수 있을 것으로 기대가 된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 일반연구지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다. (No.2010- 0023043).

### [참 고 문 헌]

- [1] 손혜정, “LabVIEW의 정석 기본편”, Infinity Books, 2009년.
- [2] Sun-Ki Hong, “A study of AC machine modeling with current controller using matrix vector and dq transformation”, ICEMS, pp.2115-2118, 2013.
- [3] Yishan Gong, “Application Research on Bayesian Network and D-S Evidence Theory in Motor Fault Diagnosis”, ICINIS, pp.240-243, 2013.
- [4] Xin Wen, “Application Research of IMMune Neural Network on Motor Fault Diagnosis”, ETT and GRS, 2008.