

Matlab을 이용한 신호처리 시스템 구현

이상희 · 손종대 · 이효성 · 이흥호  
충남대학교

Embodiment for Signal Processing System by Using the MATLAB

Lee, Sang-hoey Son, Jong-Dae Lec, Hyo-sung Lee, heung-ho  
Chungnam National University

Abstract

This paper simulates analog signal processing program by using Matlab GUI which is one of the application parts of Matlab. It is aimed of the embodiment to observe signal acquired by interfacing AD data converted by signal processing program using a simple Data Acquisition Board with computer through the Matlab GUI program and analyze the capability of Matlab GUI and other various signals-harmonic analysis, generating state of interval harmonic, observation of voltage state.

1. 서 론

오늘날 전기, 전자, 통신 분야에서는 신호처리가 사용되지 않은 부분이 거의 없다. 또한 지금까지 많은 신호처리 분야에서 연구가 진행되고 있으며 우리생활에서도 신호처리는 꼭 필요한 부분이 되고 있다. 본 논문에서는 연구실에서 시그널 처리 분석을 요하는 연구 중 주파수를 분석 할 시스템이 필요하게 되어 간단히 제작해 사용하려고 하였다.

시스템의 구성은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 나누어서 생각해 보았다. 소프트웨어 부분은 공학도들이 많이 사용하고 있는 프로그램 중, Matlab의 한 기능인 Matlab GUI를 이용하여 시그널 처리 프로그램을 작성하였고 하드웨어부분은 Data Acquisition Board를 설계하였다. 시그널 처리 시스템은 아날로그 신호를 샘플링 하여 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램을 구성해서 샘플링 한 데이터를 분석 할 수 있도록 구현하였다.

이 기능을 이용하여 다양한 형태의 신호를 분석 할 것이며 실험은 신호처리 시스템에서 취득한 데이터를 시뮬레이션 하여 데이터를 분석 검증해 보았으며 분석 검증된 데이터를 이용하여 혼합형태의 주파수를 분석해 이를 토대로 문제점 및 처리방안을 제시하여 보았다. 또한 이 프로그램으로 다른 여러 가지 시그널 처리에 이용하는데 도움 되도록 Data Acquisition Board를 보완하여 문제가 되었던 부분을 보강하고 좀 더 나은 성능의 시그널 처리 시스템을 구축하는 방법을 제시하여 보았다.

2. 본 론

2.1 개발 환경

본 연구의 개발 환경은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 나눌 수 있으며 하드웨어 부분은 Data Acquisition Board, 소프트웨어 부분은 시그널 처리 프로그램이며 전체적인 블록 다이어그램은 <그림 1.>과 같다.

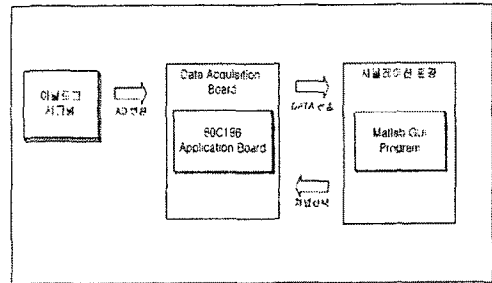


그림 1. 시그널 프로세싱 시스템 블록도

2.1.1 하드웨어

하드웨어 부분은 Data Acquisition Board로 아날로그 시그널을 샘플링하고 시그널 처리 프로그램과 Data Acquisition Board간의 시리얼 인터페이스로 하여 취득한 데이터를 Matlab GUI 프로그램으로 보내어 주는 역할을 한다. Data Acquisition Board 구성으로는 80C196KC 마이크로프로세서를 응용하여 설계해 보았으며 구성에는 8채널 AD컨버터, MAX-232, ROM, RAM 등등 확장성 또한 고려하였다. 아래 <그림 2.>는 Data Acquisition Board 이다.

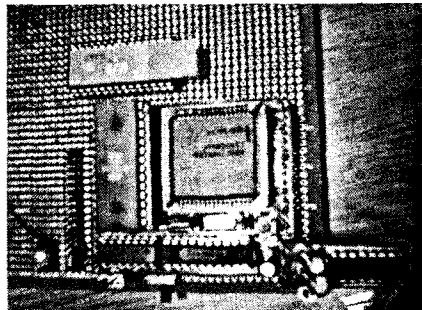


그림 2. Data Acquisition Board

2.1.2 소프트웨어

소프트웨어 부분에 사용된 프로그램은 MATLAB의 한 기능인 Matlab GUI 6.5버전을 사용하였고 제작한 프로그램의 명칭은 시그널 처리 프로그램이라 하였다. 소프트웨어 제작은 고성능 PC 환경을 필요로 하여 펜티엄4 PC를 상에서 시뮬레이션 환경을 구축하였으며 프로그램 테스트를 위해 비주얼 베이직으로 자체 제작한 통신 프로그램을 이용하였다. 시그널 처리 프로그램의 여러 가지 기능을 보면 FFT, 구간FFT, Zoom, 좌표측정, 로그표시, 저장 등등의 기능이 있으며 앞으로 더 추가해나갈 것이다.

아래 <그림 3.>은 시그널 처리 프로그램이며 몇 가지 분석 기능 등으로 구성해 보았다. 현재 시뮬레이션 된 파형은 구형파를 성분 분석한 결과를 나타내고 있다.

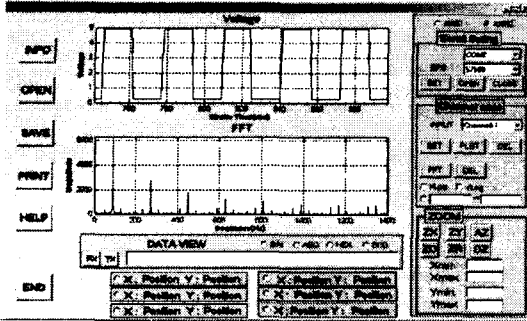


그림 3 시그널 처리 프로그램

Matlab GUI 프로그램에서 사용된 FFT 수식은 다음과 같다.

$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j)w_N^{(j-1)(k-1)}$$

$$x(j) = (1/N) \sum_{k=1}^N X(k)w_N^{-(j-1)(k-1)}$$

여기서

$$w_n = e^{-2\pi i/N}$$

위 수식은 FFT 변환의 기초적인 수식으로 Matlab 상의 함수와 동일하며 위 수식을 응용하여 프로그램에 적용하였다.

### 2.1.3 소프트웨어와 하드웨어의 기능분배

시그널 처리 프로그램과 Data Acquisition Board와의 시리얼 인터페이스는 처리 속도 성능 향상을 위해 Data Acquisition Board에서는 AD 변환 기능과 시리얼통신 기능만을 수행하고 모든 계산과정은 시그널 처리 프로그램에서 하도록 하였다.

## 2.2 시그널 검증과 필요성

시그널의 검증은 시그널처리에 있어서 제작한 보드와 프로그램이 실제 시그널과 비교하여 얼마나 정밀한지와 실제 사용되어도 되는지를 검증하기 위한 테스트 이다. 이 테스트는 두 가지 실험을 이용해 테스트하였으며 첫 번째는 90Hz의 사인파 두 번째는 90Hz의 구형파를 실험하였다.

실험은 Function Generator를 사용하여 발생한 파형을 시그널 처리 프로그램과 오실로스코프와 비교 실험으로 검증하여 보았다. 시스템의 경우 성능 진단에 꼭 필요하며 오차에 대한 문제점 또한 알아야 정확한 분석을 할 수 있어 중요한 테스트이다.

### 2.2.1 90Hz 사인파

첫 번째 테스트로는 Function Generator로 주파수 90Hz인 사인파를 발생시켜 보았다. 980C196KC의 AD 컨버터는 입력 전압이 0~5V 레인지를 가지고 있어서 Function Generator의 출력을 90Hz 사인파 0~5V가 나오도록 하여 실험하였다. (-) 전압을 측정하기 위해서는 외부에 추가 회로가 필요로 하지만 추가회로 때문에 생기는 필터효과 현상을 배제하기 위하여 추가 장착하지 않고 실험 하였다.

아래 <그림 4.>는 90HZ 사인파의 비교 검증 파형이며 구성은 오실로스코프 파형과 시그널 처리 프로그램 시뮬레이션 그리고 FFT 분석의 결과를 보여주고 있다

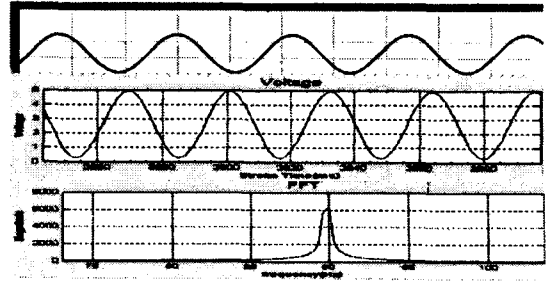


그림 4 90Hz 사인파형의 검증

<그림 4.>는 첫 번째 검증실험의 파형이다. 오실로스코프와 시그널 처리 프로그램 시뮬레이션과 파형을 비교하여 보았으며 그 결과 오실로스코프와 시뮬레이션 파형은 일치하는 것을 볼 수가 있었고 Function Generator 주파수의 파형이 FFT의 결과와 같게 나오는 걸 알 수 있었다. 하지만 시뮬레이션을 자세히 보면 OFFSET 에러와 양자화 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있었는데 이 오차와 에러들은 Data Acquisition Board의 OFFSET 에러와 양자화에러로 인한 오차로 오실로스코프와 Data Acquisition Board의 분해능과 샘플링속도의 차이로 생긴 것으로 이 오차는 어느 정도 하드웨어 성능에 감안하여야하는 부분으로 오실로스코프와 일치한다고 가정 할 수 있다.

### 2.2.2 90Hz 구형파

두 번째 테스트로는 90Hz 구형파를 첫 번째 실험과 동일하게 실시하였다. <그림 5.>는 90Hz 구형파 비교 검증한 파형이며 구성은 오실로스코프 파형과 시그널 처리 프로그램 시뮬레이션 그리고 FFT 분석의 결과 FFT 로그처리결과를 보여주고 있다.

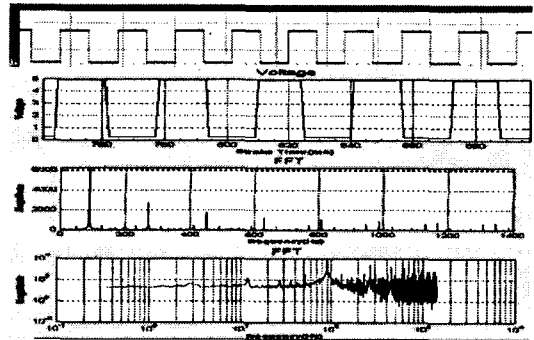


그림 5 90Hz 구형파의 검증

두 번째 실험 구형파를 비교 검증한 것이다. 구형파를 살펴보면 시뮬레이션과 오실로스코프의 파형이 약간 다른 모습을 보여주고 있다. 이 시뮬레이션에서 구형파의 경우를 살펴보면 파의 상승 에지나 하강 에지에서 약간의 오차가 발생하는 것을 볼 수 있다. 이것 또한 <그림 4.>의 결과에서처럼 샘플링의 속도의 차이와 분해능의 차이에 의한 오차로, 위의 사인파 에서처럼 이 오차와 에러 또한 감안하고 생각해 주어야 한다. 다음으로 FFT 시뮬레이션을 분석해보면 고조파 성분이 검출되는 것을 볼 수가 있었다.

이 실험으로 구형파 자체는 여러 가지의 주파수의 성분이 모여서 구형파를 이룬다는 것을 증명하여 주는데 이 사인파의 경우는 한가지의 정형파이지만 구형파의 경우는 <그림 5.>의 FFT 시뮬레이션처럼 여러 주파수 성분을 보여주므로 증명 되었다.

시뮬레이션을 좀 더 살펴보면 주파수에 FFT의 시뮬레이션에 1400Hz 까지만 관찰 할 수 있다. 이것은 샘플링 주파수는 시그널 주파수의 최소 2배 이상 이어야 검출한다는 이론이 적용된듯하다. 그 이상 즉 2배 이상의 주파수를 검출 할 수 없기 때문에 나타나는 현상으로 샘플링 속도가 빠르면 그 이상도 가능 할 것으로 보인다.

### 2.2.3 시그널 처리 프로그램의 검증결과

두 실험에서 보여 주듯이 주파수분석 및 신호를 데이터화 하여 시그널 처리 프로그램으로 받은 신호를 분석한 결과 주파수와 신호 두 가지 모두 일치함을 보였지만 하드웨어의 성능의 오차로 인한 문제가 발생 되는 것을 알았고 이점을 개선하기 위해선 하드웨어 부분의 보완이 필요할 것으로 보인다. 그렇지만 지금의 시스템으로도 다른 신호 분석에 이용 할 수 있을 것이다.

### 2.3 시그널처리 프로그램을 이용한 분석

시그널 처리 프로그램 검증으로 인해 시그널을 시그널 처리 프로그램으로 받은 값들이 오실로스코프의 값과 어느 정도 일치 한다는 결론을 얻을 수 있었다. 따라서 이번에는 합성 파형을 시그널 처리 프로그램을 이용해 시그널 분석을 하여 보았다.

아래 <그림 6>은 두 가지의 주파수성분이 있는 신호를 분석한 결과이다.

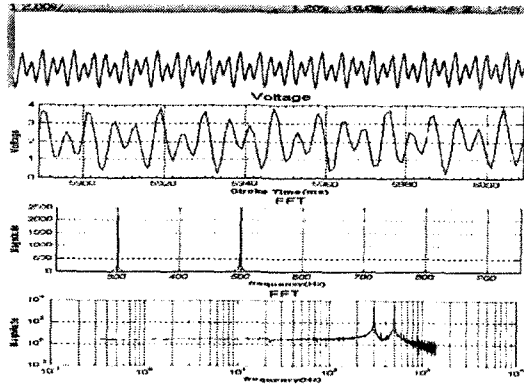


그림 6 두 가지 주파수 성분이 포함된 신호 분석

<그림 6>에서는 두 가지 성분의 주파수를 넣어서 분석해 보았다. 시뮬레이션에서 보듯이 데이터의 시뮬레이션은 일치하게 나왔으며 주파수 또한 500Hz 와 300Hz 를 넣어 측정한 결과를 보면 FFT와 파형이 주파수 별로 표시 되는 것을 알 수 있었다. 여러 데이터 처리 방법 중 현재는 만 개의 데이터를 받아서 처리 방식을 사용하고 있는데 십만 개와 천 개의 데이터로 테스트 했을 때도 마찬가지로 결과가 나왔지만 만 개의 데이터를 선택한 이유는 측정시간 및 데이터 처리 등에 적절한 데이터의 수가 만 개의 데이터가 가장 최적인 값으로 생각되어 데이터를 사용하게 되었으며 데이터 연산은 시그널 처리 프로그램에서 이루어지므로 소수점 4번째 자리까지 계산이 되어 표시가 되고 구간 FFT를 적용했을 때는 특정한 부분 즉 주파수 성분이 많은 부분만을 관찰하여 값들을 찍어 비교 하여 보았다.

그 결과 < 그림 6.>에서 보듯이 검증한 결과와 마찬가지로 오프셋 에러와 양자화 오차가 발생하는 것을 볼 수 있었으며 주파수 성분을 관찰하는 데는 오차가 거의 없는 것처럼 보이며 다른 주파수를 분석 프로그램을 이용하여 분석해 보아도 같은 결과를 볼 수 있었다.

차후에 이 분석 프로그램으로 전력선의 고조파 파형을 측정해 보고 기타 전기적인 제품들의 고조파를 측정 분석하는데 이용해 볼 것이다.

### 2.4 문제점 및 보안사항

실험에서의 가장 큰 문제는 Data Acquisition Board에서의 AD변환 속도와 통신 속도가 가장 큰 문제점으로 보고 있으며 현재의 Data Acquisition Board를 80C196KC를 이용하고 있지만 보다 높은 성능의 DSP를 응용한 AD 변환보드로 실험을 한다면 보다 좋은 성능을 얻을 수 있을 것이다. 통신 속도 역시 빠른 프로토콜을 사용하여 처리한다면 보다 높은 주파수의 값까지 인식이 가능 할 것으로 보인다. 기존의 방식은 변환 후에 바로 데이터를 전송하여 시리얼 전송속도에 따른 제약을 받았는데 이 방식이 아닌 데이터 값을 메모리에 저장해 놓았다가 데이터 전송 한다면 보다 좋은 변환 결과 값들을 얻을 수 있을 것이다. 그러나 소프트웨어의 경우는 다르다. 프로그램상의 문제점들 보면 처음 구상에는 실시간 즉 데이터를 계속 표시할 수 있는 형태의 시스템 생각했으나 실시간 처리 시에 생기는 지연 현상 문제점이 부각 되어 이를 해결하기 위해선 RTOS를 적용한 프로그램이어야 한다는 결론을 얻게 되었으며 데이터 처리속도와 통신 속도를 최대한 활용 할 수 있는 방법으로 데이터를 Data Acquisition Board에서 저장하지 않고 받은 데이터를 직접 시그널 처리 프로그램으로 보내어 컴퓨터 내에 저장하여 처리하는 방법을 이용하였다. 물론 데이터를 받아 저장할 수 있고 저장 된 신호와 다른 신호와 비교 또한 가능할 것이다. 또한 프로그램을 하다가 Matlab 자체의 문제점이 상당히 많아 이를 해결하기 위한 몇 가지 트릭을 사용하여 프로그램이 올바르게 동작 할 수 있도록 구현하였고 이 문제는 Matlab의 버전의 업그레이드로 해결 될 것이다. 문제점이 해결된다면 시그널 처리 프로그램은 음성, 영상, 센서 등등에 발생하는 성분분석도 가능 할 것이며 실험에 응용 할 수 있다. 또한 프로그램을 Matlab상에서의 구동이 아닌 Stand Alone 방식으로 구현하여 Matlab 없이 동작을 가능하게 하면 여러 실험실에서 Matlab 없이 컴퓨터에서 분석 할 수 있을 것이다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 Matlab GUI를 이용한 소프트웨어 시그널 처리 시스템을 구현하여 시그널 분석의 실용성을 검증 하여 보았다. 검증을 위해 두 가지 실험을 하였으며 실험은 Data Acquisition Board를 이용하여 받은 데이터를 분석, 처리하였고 오실로스코프의 파형과 시뮬레이션 파형을 비교 분석한 결과 유사한 파형이 관측됨을 보았고 Function Generator로 입력되어진 신호의 주파수 역시 FFT 알고리즘을 이용하여 분석한 결과는 유사한 주파수가 검출되었지만 여러 가지 문제점 및 단점들이 발견 되었는데 우선 Data Acquisition Board의 샘플링 속도가 떨어지고 데이터의 전송이 느려서 고주파수 약 2kHz이상은 검출하지 못 하였다. 이것은 보다 높은 샘플링이 가능한 하드웨어의 제작으로 해결 할 수 있을 결론 보고 있으며 속도 역시 시리얼 인터페이스의 속도가 한정 되어 있으므로 차후 버전에는 USB 2.0 이나 IEEE1394 프로토콜을 이용한 버전들을 만들어 볼 생각이다. 또한 본 시스템은 전력선의 고조파 검출이나 여러 가지 시그널 처리의 실험에 앞으로 사용할 생각이며 기능 또한 추가해 좀더 연구를 진행할 것이다.

### [참고 문헌]

- [1] E. U. Maloberti, F. "On Line Digital Correction of the Harmonic Distortion in Analog to Digital Converters", The 8th IEEE International Conference on, vol.2 Page(s): 837-840, 2001
- [2] 윤덕용, "80C196KC 마스터(1)", 음사, 2000년
- [3] 임종수, "Matlab's Power", 아진출판사, 2003년