

# 배선에서 전기화재 전조신호 검출을 위한 H/W 및 S/W 구축

김성철<sup>†</sup> · 김두현

충북대학교 안전공학과

(2009. 4. 1. 접수 / 2009. 6. 15. 채택)

## Development of H/W and S/W for Detecting Electrical Fire Precursor Signal on Electrical Wirings

Sung-Chul Kim<sup>†</sup> · Doo-Hyun Kim

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received April 1, 2009 / Accepted June 15, 2009)

**Abstract** : This paper is purposed to develop DAQ H/W, S/W and DB which can be used in developing electrical fire alarm system or in analyzing electrical fire cause, by detecting and monitoring precursor signals which have high possibility leading to electrical fire on electrical distribution wires. In this paper, developed was DAQ H/W adopting the C8051FXXX CPU which can analyze the measurement signals of current and voltage in electrical distribution wires, other CPU was investigated in view of the best digital sampling rate on the basis of previous researches for electrical fire alarm system. Also, the S/W which can interface with DAQ H/W's communication protocol and can be applied for electrical fire causes analysis, are embodied by LabVIEW. The combined DAQ H/W and S/W could analyze efficiently normal as well as abnormal electrical signals such as RMS value, instantaneous value of current and voltage, frequency signals etc, on the electrical wires. Also, DB system was constructed for recording various analysis results for precursor signals including voltage and current signals. The results by simulator and experiment showed that the suggested scheme with DAQ H/W, S/W and DB in this paper has high usability.

**Key Words** : electrical fires cause analysis, precursor signal, DAQ H/W, LabVIEW, S/W, electrical wirings

### 1. 서론

첨단 기술의 발달로 상시 전원이 인가된 전기설비는 해마다 증가하는 추세이며, 또한 전기사용량의 증가로 인하여 전기사용자들이 전기화재에 많이 노출되어 있다. 특히 주택 및 영세사업장과 같은 장소는 전기화재의 노출강도가 심각한 수준이다. 그럼에도 불구하고 전기화재 취약 장소에 대한 구체적인 예방 조치나 설비, 정책 등에 대한 방지대책이 완전하지 못한 상태이다. 전기화재의 예방을 위한 많은 연구가 수행되었음에도 불구하고 동종 화재 및 유사화재가 지속적으로 발생하고 있다<sup>1)</sup>. 실제로 국내 전기화재는 전체화재 중 23% 이상의 높은 비중을 차지하고 있다<sup>2)</sup>. 전기화재를 예방하기 위한 시스템에 대한 대부분의 선행연구는 화재로 이어지는 전기적 결함 발생 후의 신호정보에 의존하

는 경우가 대부분이어서, 전기화재를 미연에 감소시키거나 예방하지 못하고 있는 실정이다. 현재 수용가 중심의 보급형 전기화재 예방시스템의 경우는 국내 일반 주택이나 영세사업장까지 상용화가 되지 않고 보급에 한계를 나타내고 있으며, 이는 이론적, 실험적으로 명확하게 규명된 전기화재 이상신호를 효율적으로 처리할 수 있는 전용의 하드웨어를 사용하지 않고 다른 용도로 개발된 범용 하드웨어를 단순 조합한 탓으로 시스템 개발단가가 상승된 것에 기인한 것이다. 대규모의 사업장이나 경제적 능력을 갖춘 일부 수용가에서는 고가의 시스템에 의존하여 전기화재를 예방하는 실정이다. 또한 저가로 개발된 하드웨어의 경우 필터를 이용하여 해당 주파수만을 추출하는 형태의 하드웨어가 대부분이라 전기화재 신호를 축적할 수 있는 DB 등이 배제되어 있어 지속적 연구가 필요한 전기화재 예방 시스템을 개발함에 있어서, 전기화재 원인

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
ksc@chungbuk.ac.kr

별로 이상신호와의 상관관계 데이터 값을 축적하고 전기화재 예방 시스템의 기준값으로 적용함에 있어서 신뢰성을 검증할 수 있는 방향으로의 지속적인 노력이 필요하다. 이와 더불어 전기화재 발생의 복잡한 메커니즘과 전기사용 환경의 복잡화라는 현실적 제약요소를 극복하고 실제 적용이 가능한 수준으로의 개발을 위해서는 전기화재원인 신호들을 분석하고 판단하는 객관적이고 소비자의 요구사항에 적합한 하드웨어(H/W) 및 소프트웨어(S/W)에 대한 연구가 필요하다. 이들 신호들을 검출하고 처리할 수 있는 H/W와 신호에 대한 원인분석 및 진단용 모니터링 S/W, 전기화재 기초자료 축적 및 화재원인별 분석이 가능한 DB 개발이 선행되어야 할 것이다. 이런 시스템을 통하여 차후 전기배선에서의 전기화재 원인들의 신호를 도출하여 이를 탑재한 시스템이 전기화재 취약장소에 보급 가능하도록 하는 것이 바람직하다<sup>3)</sup>.

따라서 본 연구에서는 이전의 전기화재 예방시스템에 관한 연구들을 토대로 전기배선에서의 전기화재 신호들 중 전압·전류의 최대 샘플링을 조사하고 전기화재를 유발할 수 있는 이상신호 검출에 적합한 H/W와 S/W를 구축하고 그 성능을 평가하고자 한다. 이를 위하여 전기설비 중 차단기 및 단 배선을 대상으로 선정하였으며, H/W의 경우 전기화재 이상신호 분석(전류, 전압)을 위해 처리속도와 신호품질을 높이고 일차적인 이상신호해석이 가능하도록 하고, 차후에 주택 및 영세사업장의 설치를 고려하고 저가이면서 분석이 원활한 DAQ(Data Acquisition) H/W를 구축한다. 또한 전기화재 원인 분석 및 진단에 적용하기 위한 S/W는 이들 신호들에 대하여 다양한 기법 즉, 전압·전류 실효값, RMS, 주파수(FFT : Fast Fourier transform, THD : Total Harmonic Distortion) 등의 분석이 가능하도록 하며, 모니터링과 전기화재 기초자료 축적 및 화재원인별 저장 및 분석이 가능한 DB를 구축하고 평가한다.

## 2. 본론

### 2.1. 전기화재 신호검출용 시스템

전기배선에서의 전기화재 이상신호를 검출하기 위한 시스템은 크게 DAQ H/W와 검출된 신호를 전기화재 원인감식 및 진단에 적용할 수 있는 형태로 가공할 수 있는 S/W로 구성하였다. 전기배선에서 발생되는 이상신호 검출을 위해서는 센서 신호에 대하여 DAQ H/W가 이를 검출, 분석하고, DB

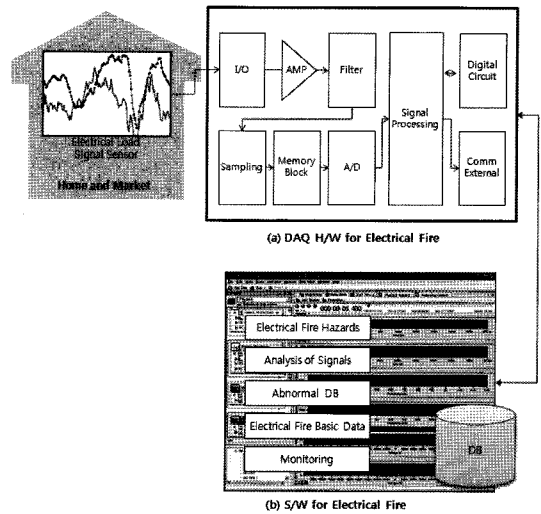


Fig. 1. Block diagram for H/W and S/W system detecting electrical fire precursor signal.

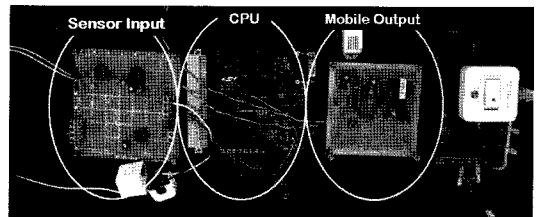


Fig. 2. Hardware detecting electrical fire precursor signal.

에 전송할 수 있는 능력을 구비해야 한다. 따라서 DAQ H/W는 이를 감당할 수 있는 충분한 속도능력을 구비할 수 있도록 구축하였다. 이상신호 검출용 DAQ H/W의 구성은 크게 센서 입력부, CPU부, 통신부로 구별된다. 여기서 센서부는 전압, 전류를 감지하는 센서가 여기에 해당되며, CPU부는 전압, 전류센서의 감지데이터를 수집하여 컴퓨터로 전송하는 장치와 통신장치 전처리단으로 구성된다. S/W는 이상 신호 시 이를 모니터링하고 조작하는 프로그램과 각종 데이터를 저장할 수 있는 DB로 구성되어 있다. Fig. 1에 배선에서의 전기화재 신호 검출용 H/W와 S/W 시스템의 전체 구성도를, Fig. 2는 실제 DAQ H/W를 제시하였다.

### 2.2. 검출 전류·전압의 이상신호 특성

전기화재의 이상신호를 DAQ H/W 관점에서 분류하면 전류, 전압 신호로 분류된다. 배선에서의 전기화재가 발생하기 전에 전류·전압에서의 이상신호가 복합적으로 발생하다가 이후에 화재로 이어진다. 이상신호를 검출하기 위하여 다양한 신호조건

에서 최적의 조건을 선정하기 위하여 기존연구에서의 신호적 관점에서의 전류·전압 자료들을 분석하였고, 전기화재 메커니즘 및 알고리즘을 개발하기 위한 논문, 문헌과 특허 등을 비교분석하였다<sup>1,3,9)</sup>. 분석한 결과 전압·전류 실효값의 샘플비(sample rate)는 1k sample/sec, 데이터 크기는 2byte/5min, 전압·전류 순시값은 1k sample/sec, 데이터 크기는 200byte/5min, 전압·전류 주파수의 샘플비(sample rate)는 5k sample/sec, 데이터 크기는 512byte로 나타났다. 데이터 전송을 위한 통신에서는 기존의 시스템과의 연동에 무리가 없도록 범용 통신포트인 RS-232C를 선택했다.

RS-232C의 특징은 전송 속도 및 거리는 반비례하고 전송속도는 75m 이하에서는 최대 19.2k Baud rate, 900m 이하에서는 900 Baud rate로 통신이 가능하다. 일반적으로 19.2k Baud rate로 20m 이내에서 주로 많이 사용되고 있다<sup>10)</sup>.

### 2.3. CPU 및 S/W 적합성

#### 1) CPU 적합성

이상신호 검출을 위한 전압·전류센서의 기능을 구현함과 동시에 경제적 측면을 고려할 때 8비트 마이크로프로세서를 적용하는 것이 바람직하며 이 경우 FFT를 수행하여야 하기 때문에 고성능의 계산능력을 필요로 한다. 다양한 기초적 실험과 분석을 통하여 최소한의 계산능력으로 50MIPS(millions instruction per sec) 정도가 요구되나, 넓은 지역에서 이상신호를 동시에 검출하는 경우, 더 높은 수준의 계산능력이 필요하다. 배선에서의 이상신호를 효과적으로 검출하기 위해서는 100MIPS 계산능력을 상회하는 CPU를 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 점들을 고려할 때, 일반적으로 주로 사용되고 있는 AT89C51 CPU는 그 속도가 2~3MIPS의 경우로 가격대비 실행속도가 낮으며, 이는 AVR (Alf(bogen) Vergard(Wollen) RISC: Reduced Instruction Set Computer) ATMEL사에서 제작된 RISC 구조의 MCU(Micro Controller Unit)이다. 8051 계열 중 ATmega128 CPU는 내부에 A/D 컨버터가 내장되어 있고 또한 속도는 8MIPS로 한계가 있다. C8051FXXX CPU는 AVR과 비교했을 때 가격과 기능은 비슷하나 그 속도가 100MIPS로 같은 계열 중 가격대비 명령어 처리속도가 가장 빠르며 최신 기술이 포함되어 있기에 본 연구에서는 이를 적용한다.

C8051FXXX의 성능을 정리하면 전압, 전류의 아

날로그 신호를 디지털로 변환하는 샘플링 능력을 나타내는 고해상도 변환기는 12bit, 8채널, 100k sps, 고속변환기는 8bit, 8채널, 500k sps, 전압·전류센서에서 필요한 11k sps 능력보다 보다 강력한 성능을 보유하고 있다. 메모리는 128k byte flash memory, 64k byte internal RAM을 포함하고 있다. FFT 계산에 필요한 메모리 크기가 4k byte 정도이며, 코드 메모리가 6k byte 정도 필요로 하고 있어 멀티센서를 이용한 이상신호 검출 시스템의 개발에는 충분하다고 판단된다<sup>11)</sup>.

#### 2) S/W 적합성

전기화재 원인분석 및 진단을 위한 이상신호의 처리에 적용할 수 있는 S/W를 구축하기 위해 요구되는 S/W의 조건으로는 DAQ H/W로부터 제공되는 전류 및 전압의 RMS값, 순시값, 주파수 값 등의 검출신호를 전기화재 전조신호로 인식하고, 정해진 최대 샘플 Cycle에 따라 주기적으로 신호를 입력받아 처리 및 해석하는 것이다.

또한 기능 요건으로는 FFT, DWT, 패턴인식 등의 다양한 신호해석 능력, 실시간으로 이상 및 정상 신호를 한 눈에 파악할 수 있는 인터페이스 및 그래픽 화면을 제공할 수 있어야 하며, 시뮬레이션 및 실험을 통해 획득한 자료들을 저장할 수 있는 구조가 필요하다. 또한 DBMS와의 연동이 가능한 시스템, 모듈간의 독립성이 좋고 필요에 따라 유연하게 연계할 수 있고, 확장성 및 재활성이 가능한 컴포넌트화 된 시스템이어야 한다. 따라서 이런 모든 조건을 만족할 수 있는 S/W의 구축을 위해 LabVIEW에 입각하여 프로그래밍을 수행한다. LabVIEW의 특성으로는 구현이 단순하여 사용자에게 친숙하고 대부분 DAQ H/W 장비공급업체에서 드라이버를 제공한다. 또한 디버깅이 용이하며 따로 GUI 화면 설계가 필요 없을 만큼 그 과정이 단순하다. 별도의 컴파일링 작업 없이 즉시 실행 가능하며 다양한 신호처리 능력을 포함하고 있다<sup>12)</sup>.

### 2.4. 시뮬레이터에 의한 H/W 및 S/W 검증

구축된 DAQ H/W와 S/W를 이상신호 시뮬레이터를 통하여 다양한 조건에서 적정 성능을 발휘할 수 있는 지를 분석하였으며 주로 모니터링에 입각하여 평가하였다.

#### 1) DAQ H/W 성능 검증

전기배선에서의 전기화재 원인을 추정하기 위한

신호 중 전압·전류 신호가 일반적이며, 실제 현장에 널리 적용되기 위해서는 가능한 저가의 DAQ H/W를 구현하는 것이 최고의 가치이다. 따라서 본 연구에서의 DAQ H/W에서 기존 연구에서 제시한 샘플비를 충분히 검출할 수 있는 능력에 대한 검증이 필요하다. 전압·전류 센서의 샘플비를 검증하기 위해서 본 연구에서는 아날로그 인터페이스의 해상도 및 디지털 변환 능력을 검증하고자 하므로 이를 위하여 시뮬레이터를 사용하였다. 성능시험의 목표는 아날로그 신호를 디지털로 변환할 때 해상도의 적정성과 아날로그 디지털 변환 능력의 우수성을 검증하는 것이다. 검증을 위해 사용된 시뮬레이터는 8비트 마이크로프로세서 개발툴인 keil을 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 DAQ H/W는 실랩사(Silocon lab.)의 C8015F120을 사용하였다. Fig. 3은 keil을 적용하여 개발한 시뮬레이터를 나타내는 것으로 아날로그 입력으로 최대값이 3V인 교류 전압 정현파를 입력채널 0번에 적용한 결과를 보여준다. 아날로그 입력 신호와 ADC 신호 변환과정에서 아날로그 인터페이스 해상도와 ADC를 거쳐 디지털 변환값에 나타난 해상도가 거의 비슷한 수준의 정현파를 형성하였다. 따라서 본 연구에서 의도한 샘플비를 충분히 검출할 수 있는 DAQ H/W임을 입증할 수 있었다.

**2) S/W 성능 검증**

전기화재 원인분석 및 진단을 위한 이상신호 처리 S/W는 DAQ H/W로부터 출력되는 전류·전압 신호가 포함하고 있는 다양한 정보를 가지적으로 제공하고 일견에 파악할 수 있는 구조로서 모니터링의 용이성이 요구된다.

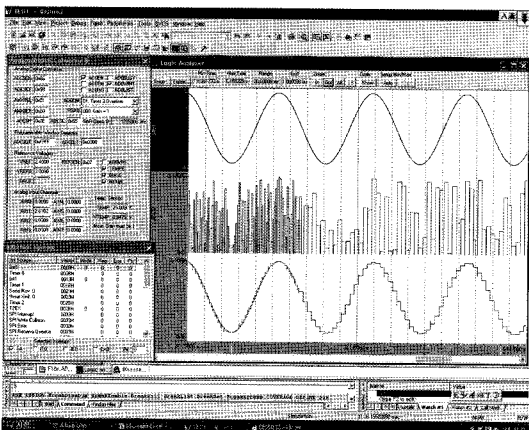


Fig. 3. Simulator using keil for test of 8051F12X.

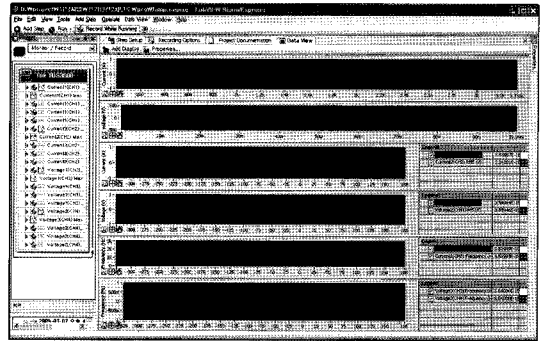


Fig. 4. A Monitoring window by S/W for detected signal.

본 연구에서 개발된 S/W는 신호가 내포하고 있는 정보를 시각적으로 보여주면서 배선의 상태를 모니터링 가능하고, 저장된 순시값, RMS 및 주파수를 통하여 배선에서 발생할 수 있는, 시간과 주파수 영역(Time and frequency domains)에서의 다양한 신호들을 제공함으로써 전기화재 원인분석에 적용시 유용할 것으로 판단된다. 시뮬레이터를 통한 검증에서 DAQ H/W에서 전달되는 전류·전압 신호에 대하여, DAQ H/W와 같은 조건의 통신 프로토콜을 쉽게 설정할 수 있었고, 또한 전류·전압 순시값, RMS에 대하여 실시간 파형으로 측정되었으며, 순시값과 RMS를 DB에 저장 가능하여, 저장된 순시값과 RMS를 통한, 주파수 특성 변환(FFT, THD)이 쉽게 해석되고 도출되었다. 또한 순위은 그래픽 화면으로 모니터링의 가시성이 우수하며 다양한 조건에서 실험/시뮬레이션에 적용이 가능하다. Fig. 4는 전압·전류 순시값, RMS, 주파수 특성 등에 대하여 분석이 용이하도록 설계한 모니터링화면의 한 예를 나타낸다.

**2.5. DAQ H/W와 S/W 검증 실험**

개발된 DAQ H/W와 S/W를 실제 적용하기 위한 이전의 단계로서 Fig. 5의 모의실험회로에서 정상 상태와 백열등, 전열기 부하에 아크를 발생시키고 전압·전류의 순시값, RMS, 주파수 특성을 분석하였다.

Fig. 6~8의 a)와 b)는 전압, 전류 순시값, c)는 전압·전류 RMS, d)와 e)는 전압, 전류 파형의 주파수 특성을 나타낸다. Fig. 6은 정상 상태에서의 백열등 부하만에 의한 신호 검출 결과를 나타낸다. 정상상태에서의 전압, 전류에 대한 순시값, RMS 및 주파수 특성의 분석을 전기화재 원인분석을 위한 시스템에 적용이 가능한 수준으로의 분석 결과를 도출하였다.

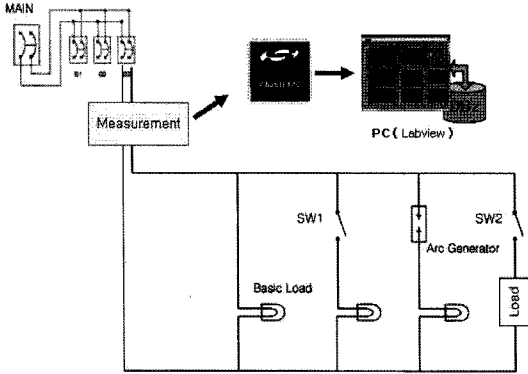


Fig. 5. Equipment setups for experiment,

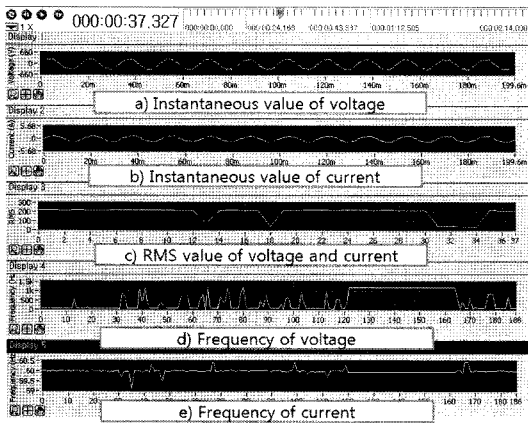


Fig. 6. Experiment results for incandescent bulb circuit in normal state.

Fig. 7과 8은 백열등 부하와 전열기 부하의 경우에 아크발생기를 통해 인위적으로 아크를 발생하였을 때의 신호특성을 분석한 결과이다. 다소 낮은 샘플비이지만 전류 순시값의 경우에는 아크 파형을 분석할 수 있었으나, 전압 순시값의 경우는 정상상태와 거의 비슷한 특성을 보여, 유의한 결과를 얻을 수 없었다. 이는 실험에 적용한 아크의 전류가 낮기 때문이며, 저저항 아크인 경우 또는 실부하에서 아크가 발생한 경우에는 의미 있는 결과의 도출이 가능할 것으로 판단된다. 또한 전압·전류의 순시값, RMS, 주파수를 저장하여 시간과 주파수 영역(Time and frequency domain)의 다양한 신호를 분석할 수 있도록 DB구조를 설계하였으며, Fig. 9는 전압 전류 RMS 데이터를 DB에 저장한 내용을 보여준다. DB는 배선에서 발생하는 정상상태와 비정상상태의 신호와 전기화재원인들의 신호들을 모두 저장할 수 있는 구조로 개발하였고, 실제 3054B 오실로스코프에서 기록된 값을 비교한 결과, 샘플

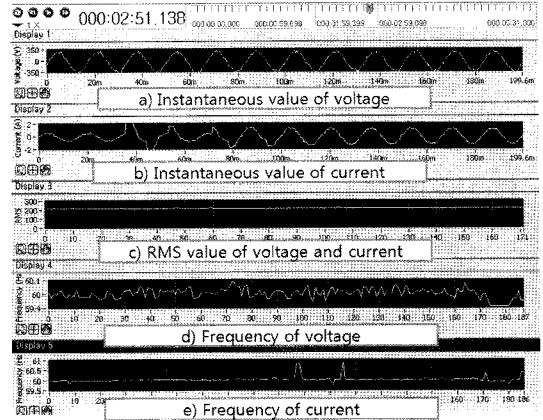


Fig. 7. Experiment results for incandescent bulb circuit in abnormal state with arc,

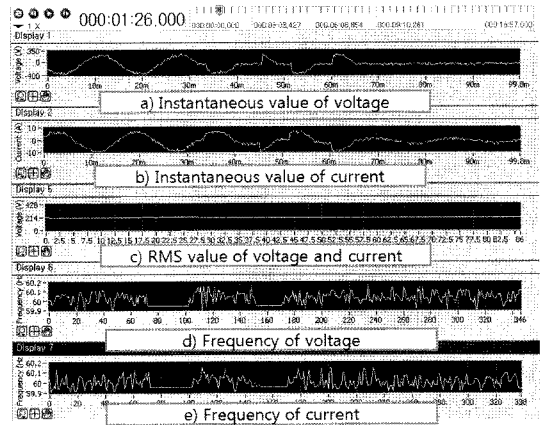


Fig. 8. Experiment results for electric heater circuit in abnormal state with arc.

Channels	1	Channels	2
Samples	331	Samples	331
Date	#####	Date	2009-03-10
Time	0:29:51	Time	0:29:50
Y_Unit_Lat Voltage (V)		Y_Unit_Lat Current (A)	
X_Dimensi Time (s)		X_Dimensi Time (s)	
X0	0.00E+00	X0	0.00E+00
Delta_X	1	Delta_X	1
***End_of_Header***		***End_of_Header***	
X_Value	Comment	X_Value	Comment
0	216.7819	0	0.870582
1	218.0605	1	0.872448
2	218.3648	2	0.873349
3	219.4466	3	0.877064
4	217.8899	4	0.869641
5	219.0324	5	0.875414
6	218.8717	6	0.870494
7	217.8366	7	0.869479
8	218.7016	8	0.87526
9	218.7857	9	0.436143
10	219.3737	10	0.434879
11	216.9405	11	0.786762

Fig. 9. Signal data saved on DB.

비에서는 차이를 보였으나 전기화재 원인에 대한 파형 패턴과 주파수에서는 거의 비슷한 형태를 보였다.

### 3. 결론

본 연구는 전기화재를 유발할 수 있는 이상신호 검출에 적합한 H/W와 S/W를 구축하고 시뮬레이터 및 모의실험장치를 통하여 그 성능을 평가하는 것이다. 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 전기화재 원인으로 진전되는 이상신호검출을 위한 전압·전류 신호들의 샘플비를 만족하는 실험실(Silicon Lab.)의 8051F12x(CPU)를 적용하여 DAQ H/W를 개발하고, 아날로그에서 디지털 변환능력을 검증하였으며, 기존 연구에서 제시한 샘플비의 모든 조건에 만족하였다.
- 2) LabVIEW를 기반으로 H/W의 이상신호를 분석하고 전기화재 원인분석 및 진단에 적용할 수 있는 S/W를 설계 구축하고 그 성능을 검증하였으며, 부하실험결과 전압·전류 순시값, RMS, 주파수 등에 대하여 실시간 분석 가능하였다.
- 3) 전기화재 원인별로의 전압·전류에 대한 시간과 주파수 영역에서의 다양한 신호들을 저장 가능한 구조의 DB를 구축하였고, 구축된 DB를 통하여 정상상태와 비정상상태의 시간영역에서의 순시 파형 패턴, RMS와 주파수영역에서의 전류, 전압 FFT, THD, DWT등을 분석가능하게 하였다.
- 4) 본 연구에서 제시한 DAQ H/W, S/W 및 DB는 추가적인 업데이트가 용이하며 저가 구조를 채택하였으며 전기화재의 원인분석 및 조기감지 시스템에 적용 시 활용도가 높을 것으로 기대된다.

**감사의 글 :** 본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

- 1) Sung-chul Kim, "Premonitory Symptom Analysis and DB Development of Electrical Fires Based on Thermal and Current Signals", Chungbuk Nat. Univ., Doctor's thesis, pp. 1~5, 2008.
- 2) National Emergency Management Agency, "<http://www.nema.go.kr/>"(Fire Incidents for 2008 in Korea), 2009.
- 3) Sung-chul Kim, Doo-hyun Kim, "Analysis for the thermal properties of the electrical wire according to overload and Disconnection", Journal of KOSOS, Vol. 22, No. 4, August. 2007.
- 4) Richard W, Bukowski, "Fire Alarm Signaling System Handbook", NFPA, 1993
- 5) Hong-Seok Oh, "A Study on the Causes and Analysis of electrical fires", Korea Institute of Fire Sce. & Eng., Vol. 16, No. 4, 2002.
- 6) Korea Electrical Safety Corp., "A Study for Fire Hazard of Electric Wiring and Wire using Electrical equipment", 2001.
- 7) Chung-Seog Choi, "Analysis of electrical fire type and causes", Electrical journal, Vol. 300, pp. 27~36, 2001.
- 8) Kil-Mok Shong, Chung-Seog Choi, Dong-Woo Kim, and Hee-Ro Kwak, "Analysis on the characteristics of the stranded wire disconnected by bending stress", KIEEME, pp. 464~467, 2003.
- 9) Michael R, Yenchek "Thermal Modeling of Portable Power Cables", IEEE, 1997.
- 10) MAXIM, "RS-232", 1995.
- 11) Silicon laboratories, "C8051F12X", 2008.
- 12) NI, <http://www.NI.com>, 2008.