

앱기반 전기화재 예측시스템 개발에 관한 연구

A Study on Development of App-Based Electric Fire Prediction System

최영관¹ 김응권^{2*}
Young-Kwan Choi Eung-Kwon Kim

요약

현재 전기화재 예측시스템은 제어용 마이크로프로세서로서 PIC(Peripheral Interface Controller)를 사용하고 있다. PIC는 DSP(Digital Signal Processor)보다 연산속도가 느려 실시간 연산능력이 부족하다. 그래서 아크 발생 시 나타나는 기본 특성파형을 기준 reference로 하여 이 reference와의 비교를 통해 아크로 인한 전기화재를 예측하여 경보한다. 기존의 전기화재 예측시스템은 이러한 경보를 원격의 중앙 서버에서 감시하고 후속 조치를 취할 수 있으나, 그 예측 정확도가 높을 뿐만 아니라, mobile 환경에서 원격제어를 하지 못하는 실정이다. 본 논문에서 시간영역, 주파수영역의 아크검출과 적응알고리즘을 변환영역에서 수행하는 웨이블릿 기반의 적응알고리즘을 적용하여 새로운 실시간 아크검출 알고리즘이 탑재된 전기화재 예측시스템을 DSP를 이용하여 개발하였다. 또한 아크의 전기적 신호 및 전력품질 대한 원격 모니터링이 실시간으로 가능할 뿐만 아니라, iphone 환경기반의 App 개발을 통해 원격에서 제어 가능하도록 구축하고 그 유용성을 확인하였다.

주제어 : 전기화재 예측시스템, 아크검출, DSP(Digital Signal Processor), 스마트폰 앱

ABSTRACT

Currently, the electric fire prediction system uses PIC(Peripheral Interface Controller) for controller microprocessor. PIC has a slower computing speed than DSP does, so its real-time computing ability is inadequate. So with the basic characteristics waveform during arc generation as the standard reference, the comparison to this reference is used to predict and alarm electric fire from arc. While such alarm can be detected and taken care of from a remote central server, that prediction error rate is high and remote control in mobile environment is not available. In this article, the arc detection of time domain and frequency domain and wavelet-based adaptation algorithm executing the adaptation algorithm in conversion domain were applied to develop an electric fire prediction system loaded with new real-time arc detection algorithm using DSP. Also, remote control was made available through iPhone environment-based app development which enabled remote monitoring for arc's electric signal and power quality, and its utility was verified.

☞ keyword : Electric Fire Prediction System, Arc Detection, DSP(Digital Signal Processor), Smart phone App

1. 서론

현재 한국의 NFSC(National Fire Protection Code) 및 미국의 NFPA(National Fire Protection Association)에서는 건물용도 및 면적별로 소화설비 설치를 의무화하고 있으나, 전기 Panel에 대해서는 법적규제가 없는 실정이다. 이에 많은 산업현장에서 전기 Panel에서 발생하는 전기화재의 초기진화 및 화재확산 방지를 위해서 특/고압 수배전반

및 ACB반, 고압전동기 기동반 등에 대하여 수배전반용 개별식 자동소화장치를 설치하여 운영 중에 있다.

수배전반용 개별식 자동소화장치의 경보시스템은 자동화재탐지설비와 이상징후 감지시 HMI(Human Machine Interface)을 통해 경보를 발하는 모니터링 시스템으로 구성되어 있다.

현재 대부분의 산업현장에서의 화재감시체계는 감지기를 통해 열과 연기의 전기적인 신호를 단위공정설비의 RCS까지 Wire를 통해 전송하고, 그곳에서 통신케이블(RS485, Ethernet 등)로 중앙제어실 HMI까지 화재신호를 전송하여 감시자에게 화재경보를 전송하도록 구성되어 있다. 또한 광통신을 이용하여 전기안전감시시스템에 의해 실시간으로 지역별 수배전반 및 분전반의 합선, 과전류, 아크, 누설전류 등의 실시간 데이터와 이러한 데이터를 통해 분석된 화재발생 예측지수를 통해 전기안전을

1 K-water Institute, K-water, 462-1 Jeonmin-Dong Yuseong-Gu Daejeon, 305-730, Korea

2 Sungkyunkwan Univ. Natural Sciences Campus, 2066, Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 440-746, Korea.

* Corresponding author (jeslo119@naver.com)

[Received 10 June 2013, Reviewed 26 June 2013, Accepted 01 August 2013]

관리하고 있다[1]. 그러나 집적플랜트가 아닌 분산플랜트에서는 각 단위공정별 건물마다 운영자의 상시 HMI 화면 감시가 어려운 상황이므로 Panel 내 화재발생 여부를 실시간으로 인지하기에는 한계가 있다. 따라서 전기화재 징후를 미리 검출 할 수 있는 전기화재 예측시스템의 개발과 스마트폰으로 HMI화면을 전송하여 언제 어디서나 상시감시를 할 수 있는 화재감시 이중화시스템의 도입이 필요하다[2].

지금까지 알려진 전기화재 예측시스템의 아크 검출방법은 전기신호를 시간영역, 주파수영역, 이산 웨이블릿 분석하는 방법들이 있다. 시간영역을 이용한 방법은 최대치 및 실효치의 변화를 통해 아크를 검출할 수 있으나 저항성 부하 등에서는 그 변화가 미소하여 한계가 있고, 주파수 영역을 이용한 방법은 고조파, 내부고조파의 실효치 및 에너지 등을 통해 아크를 검출하지만 시간 정보가 없고 스위치 등의 순간적인 Surge 등에서는 정확한 주파수 분석이 어려운 단점이 있다. 이산 웨이블릿을 이용한 방법은 아크파형을 근사계수와 상세계수로 분해하여 최대치 및 실효치의 변화율로 아크를 검출할 수 있으나 파형의 특성에 따라 적합한 분해레벨과 주파수 범위를 선정해야 하기 때문에 다양한 부하에서 정확히 검출하기에는 어려움이 있다[4].

따라서 전기화재의 실시간 전류파형 분석을 통한 아크를 검출하여 수배전반의 전기화재를 예측하고, 스마트폰으로 감시와 제어가 가능한 엠피반의 전기화재 예측시스템 개발이 필요한 실정이다.

엠피반 전기화재 예측시스템은 시간 및 주파수 영역에서 수행한 실시간 아크검출 알고리즘에 대한 어려움을 낮추고 검출 신뢰도를 높이기 위해 적응알고리즘을 변환영역에서 수행하는 웨이블릿 기반의 적응알고리즘을 추가 적용한 실시간 아크검출 알고리즘을 적용하고, DSP를 이용하여 하드웨어로 구현하고자 한다. 또한 스마트폰 앱 개발을 통해 아크의 전기적 신호 및 전력품질(전압, 전류, 고조파, 고주파)에 대한 원격 모니터링이 실시간으로 가능할 뿐만 아니라 원격제어까지 가능하도록 시스템을 구축하고자 한다.

2. 전기화재 예측시스템 하드웨어 개발

2.1 마이크로프로세서의 선정

2.1.1 제어용 마이크로프로세서의 종류

현재 개발되어 판매되는 전기화재 예측시스템은 제어

용 마이크로프로세서로서 PIC를 사용하고 있다. PIC는 DSP보다 연산속도가 느려 실시간 연산능력이 부족하다. 그래서 아크 발생 시 나타나는 기본 특성파형을 기준 reference로 하여 이 reference와의 비교를 통해 아크로 인한 전기화재 예측을 경보한다.

전기화재 예측시스템의 주요 컨트롤러로 사용될 수 있는 제어용 마이크로프로세서에는 다음과 같은 종류가 있다.

1) PIC(Peripheral Interface Controller)

PIC란 Microchip사에서 발표한 8Bit 제어용 마이크로 컨트롤러의 한 계열을 말한다. AVR과 같이 PIC 또한 다른 마이크로 컨트롤러보다 개발하기 쉽고 가격 대비 성능이 우수하다고 평가받고 있으며 산업기에 많이 사용되고 있는 칩이다.

2) AVR(Alf-Egil Bogen, Vegard Wollan, RISC 또는 AVR[Advanced Virtual RISC])

AVR은 Atmel사에서 만든 8Bit제어용 마이크로프로세서로서 AVR시리즈를 통틀어 말한다. AVR의 종류는 수많은 종류가 있지만 크게 3종류(ATtiny 계열, AT90s 계열, ATmega 계열)로 나눌 수 있다.

3) DSP(Digital Signal Processor)

DSP란 Digital Signal Processor의 약자로 여러 반도체 회사에서 판매하는 DSP가 있으며, PIC나 AVR처럼 특정 회사의 제품의 어떤 마이크로 컨트롤러 계열을 나타내는 것이 아니라 디지털 신호처리를 목적으로 만든 제어용 칩을 통틀어 말한다. DSP에서는 제어용 DSP, 신호처리용 DSP가 있으며 일반적인 마이크로 컨트롤러와는 성능면에서 큰 차이(연산속도 및 데이터 처리 속도가 빠름)를 나타내고 주로 32bit 데이터 처리가 가능하다. 본 논문에서는 TI사에서 생산되는 고성능 32bit DSP 3개의 모델 TMS320F2812, TMS320F2808, TMS320F28335 중 TMS320F28335를 이용하여 전기화재 예측시스템 하드웨어를 설계·구현하고자 한다.

2.1.2 TMS320F28335의 특징

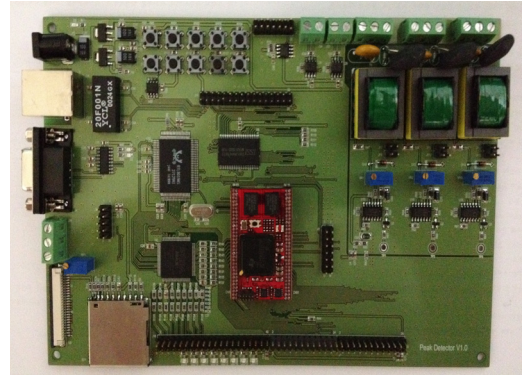
F281x, F280x 시리즈는 고정소수점 방식의 DSP이므로 고정소수점으로 연산 시 Truncation 오차 및 Overflow가 있으므로 프로그램 작성이 상당히 어렵다. 만약 부동소수점 연산을 사용하면 계산시간이 많이 증가한다는 문제점이 있다. 따라서 TI사에서는 부동소수점 방식의 알고리

(표 1) F2812, F2808, F28335 특성비교
(Table 1) Characteristic Comparison of F2812, F2808, F2833

	F2812	F2808	F28335
속도	150MHz	150MHz	150MHz
FLASH	256KB	128KB	512KB
RAM	36KB	36KB	68KB
DMA	지원안함	지원안함	6채널
FPU	지원안함	지원안함	지원
ADC	12bit 16-ch, 80ns	12bit 16-ch, 160ns	12bit 16-ch, 80ns
PWM	16-ch	16-ch PWM 4ch HRPWM	18-ch 6ch HRPWM
CAP	6개	4개	6개
QEP	2개	2개	2개
통신	SCI 2개	SCI 2개	SCI 3개
	SPI 1개	SPI 1개	SPI 1개
	eCAN 1개	eCAN 2개	eCAN 2개
	McBSP 1개	McBSP 없음	McBSP 2개
	I2C 없음	I2C 1개	I2C 1개
32bit CPU Timer	3개	3개	3개
16bit Timer	4개	6개	6개
32bit Timer	없음	6개	8개
외부메모리	2MB	불가능	4MB
GPIO	56개(겸용)	35개(겸용)	88개(겸용)

즘을 고정소수점 방식의 코드로 DSP에 이식하려는 C/C++ 프로그래머들을 위해 고도로 최적화 된데다 높은 정밀도를 가지는 수학함수인 IQmath를 개발하였다. IQmath는 다양한 라이브러리를 제공하여 프로그램 작성이 쉽고 수행 속도도 비교적 빠르다. 그러나 고정소수점으로 연산 시 사용자의 애플리케이션에 맞게 정밀도도 높이고 Overflow를 방지 할 수 있는 적절한 소수점 포인트를 설정하여야 하는 등 고정소수점 연산에 한계가 있다. TI에서 F283xx는 2000시리즈 중 유일하게 부동소수점 연산을 지원하는 DSP이다. 이 DSP는 부동소수점 연산을 지원하는 기능과 F2812와 F2808의 단점을 조금씩 보완하였다.

(표 1)은 F2812, F2808, F28335의 주요특성을 비교하였다. 코어속도는 150MHz이며 외부 장치의 기능은 2808에 비하여 증가되는 부분과 축소되는 부분이 혼재되어 있다. 특히 TMS320C3x에 있던 Direct Memory Access(DMA)가 6채널을 추가하여 CPU의 동작이나 연산처리 능력을 저



(그림 1) 전기화재 예책시스템 하드웨어
(Figure 1) Electrical Fire Prediction System Hardware

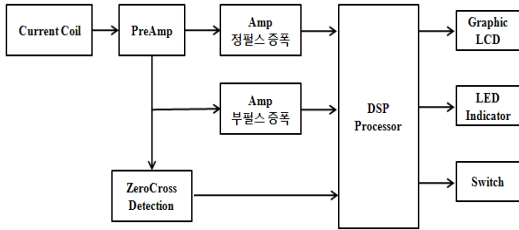
하시키지 않으면서 외부에 느리게 동작하는 주변장치들과 접속하는 것이 용이하도록 한다[3].

2.2 하드웨어의 구성

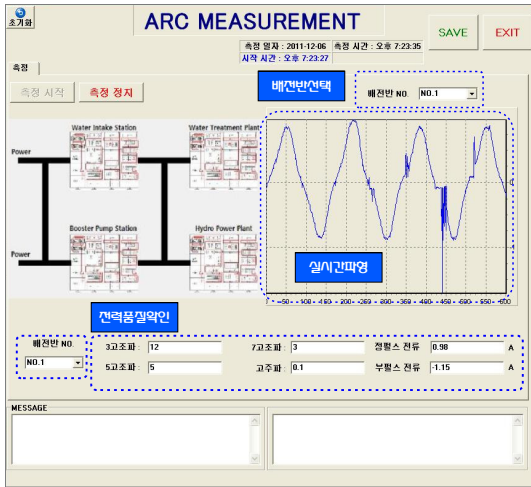
본 연구에서는 전기화재 예책시스템 하드웨어 개발을 위해 TI사에서 생산되는 고성능 32bit DSP 3개의 모델 TMS320F2812, TMS320F2808, TMS320F28335 중 TMS320F28335를 이용하여 (그림 1)과 같이 하드웨어를 설계·개발하였다. 본 연구에서 사용한 고성능의 DSP는 기존 전기화재 예책시스템의 PIC 칩과는 달리 실시간으로 아크파형의 연산 및 변환이 가능하다. 개발한 전기화재 예책시스템은 고속의 부동소수점 연산 전용의 프로세서를 탑재하는 제어기를 이용하고 FFT와 웨이블릿 신호변환을 빠르게 처리할 수 있는 고속의 안정된 디지털 신호처리회로(Resolver to Digital Converter Circuit)가 필요하다. 이 DSP는 빠른 부동소수점 연산 외에 내장 PWM 발생기, 내장 AD 컨버터, 외부 펄스를 비교 카운팅 할 수 있는 주변기능을 갖고 있어 개발하고자 하는 전기화재 예책시스템 목적 구현에 적합하다. 또한 부가적으로 일정기간 동안의 전류 파형을 저장하기 위해 256K × 16 Flash, 34K × 16 SRAM을 추가하였다.

통신 장치는 추후 다채널 통신방식을 위해 CAN통신을 할 수 있도록 회로를 구성하였고, I2C는 실시간 모니터링을 위해 구성하였다.

외부에서 원격 접속 모니터링을 위한 RTL8019 Ethernet Controller를 추가 설계하였으며, 데이터 백업을 위한 SD CARD 커넥터 3상의 전류 값을 체크하기 위해 외부 16개 입출력 단자를 설정하였으며, 전기화재 예책시스템의 이



(그림 2) 회로의 블럭도
(Figure 2) Block Diagram of Circuit



(그림 3) 사용자 인터페이스 화면
(Figure 3) Graphic User Interface Screen

상 발생 시 수동으로 제어하기 위해 외부 인터럽트 입력 스위치를 주변회로로 구성하였다.

(그림 2)는 전기화재 예측시스템의 회로 Block Diagram을 나타내고 있는데, Current Sensor를 사용하여 전류를 체크한 후 Amplifier를 통해 그 신호를 증폭시키고, DSP Process를 사용하여 연산을 통해 동작하게 된다.

3. 애플 기반의 전기화재 예측시스템 구축

3.1 GUI(Graphic User Interface) 구축

(그림 3)은 전기화재 예측시스템 서버의 GUI 화면이다. 화면의 왼쪽은 감시 및 제어대상의 배전반이며, 오른쪽은 배전반 No.에 따른 전압, 전류, 고조파, 고조파의 값을 그래프로 나타낸다. 화면 하단의 배전반 No.를 선택하면 해당 배전반의 전력품질을 알 수 있게 구성하였다.

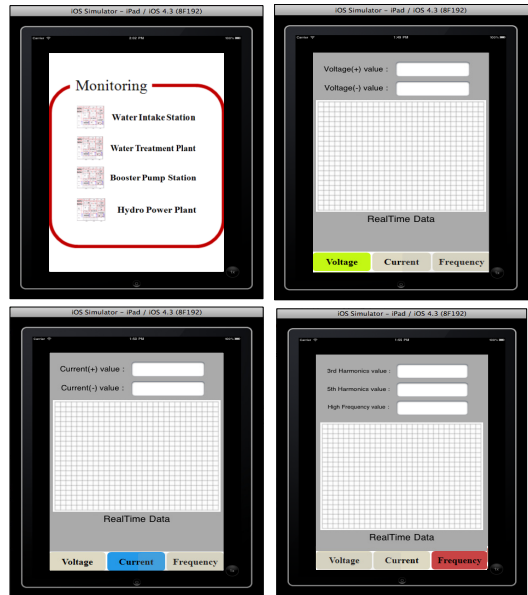
3.2 스마트폰 앱 개발

본 논문에서는 아크검출을 통해 전기화재의 징후를 예측하고 화재 전이시 이를 원격에서도 신속히 감시·제어할 수 있도록 아이폰OS 기반의 스마트폰 앱(App)을 개발하였다.

모바일 모니터링 프로그램은 다음과 같은 환경에서 iOS 4버전으로 개발하였으며, 정확한 측정환경을 위해 iOS Developer Program에 등록하고 장비에 직접 설치하여 테스트 하였다.

- 사양 : 인텔 맥(인텔 CPU 매킨토시)과 OS X10.5 레퍼드(Leopard) 이상
- 프로그램 환경 기반 : iPhone Software Development Kit
- 프로그램 코딩 : Xcode
- 시뮬레이션 : iPhone Simulator
- 프로그램 언어 : Object-C

전기화재 예측시스템은 LAN통신을 통해 각 개소에서 모니터링이 되고 있으며, 이 데이터는 중앙 서버에 취합된다. 중앙 서버로 취합된 데이터는 저장되며, (그림 4)와 같이 구성된 스마트폰 앱을 통해 이를 외부에서 언제든 모니터링 할 수 있다.

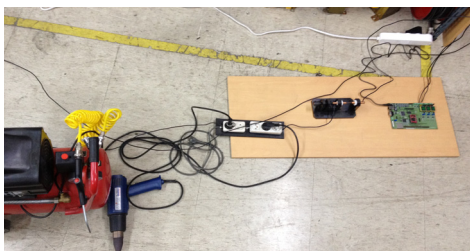
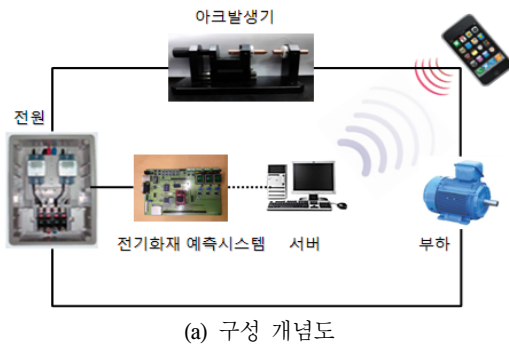


(그림 4) 스마트폰 사용자 인터페이스 화면
(Figure 4) Smart Phone User Interface Screen

3.3 앱기반 전기화재 예측시스템 구축

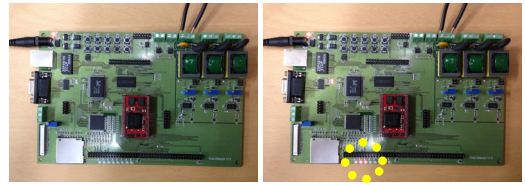
본 연구에서는 DSP인 TMS320F28335를 사용하여 전기화재 예측시스템 하드웨어를 구현하였다. 기존 PIC 칩과는 달리 실시간 연산이 가능하여 기준 reference가 없이도 실시간으로 아크파형의 연산 및 변환이 가능하다. 본 연구에서 사용된 DSP는 빠른 부동소수점 연산 외에 내장 PWM 발생기, 내장 AD 컨버터, 외부 펄스를 비교 카운팅할 수 있는 주변기능을 갖고 있어, 퓨리에 변환과 웨이블릿 변환을 빠르게 처리할 수 있다.

본 논문에서는 시간영역, 주파수영역의 아크검출과 적응알고리즘을 변환영역에서 수행하는 웨이블릿 기반의 적응알고리즘을 적용한 실시간 아크검출 알고리즘이 탑재된 전기화재 예측시스템을 (그림 5)와 같이 서버, 스마트폰과 함께 시스템을 구현하여 그 유용성을 실험하였다.



(그림 5) 앱기반 전기화재 예측시스템 시험 개념도 및 구성도
(Figure 5) Concept and Test for App Based Electrical Fire Prediction System

부하 가동 중 아크발생장치를 이용하여 임의로 아크를 발생시켰을 때 (그림 6)과 같이 앱기반 전기화재 예측시스템이 이를 실시간으로 검출하여 스마트폰으로 알람을 전송하였다.



(a) 아크검출 전(Lamp Off) (b) 아크검출 후(Lamp On)

(그림 6) 전기화재 예측시스템 동작시험
(Figure 6) Operating Test for the Electrical Fire Prediction System

4. 결 론

본 논문에서 DSP를 이용하여 시간영역, 주파수영역의 아크검출과 적응알고리즘을 변환영역에서 수행하는 웨이블릿 기반의 적응알고리즘을 적용한 실시간 아크검출 알고리즘이 탑재된 전기화재 예측시스템을 개발하였다.

개발한 앱기반의 전기화재 예측시스템은 전기화재의 실시간 전압·전류파형 분석을 통해 아크를 검출하여 수배전반의 전기화재를 예측하고, 아크의 전기적 신호 및 전력품질 대한 원격 모니터링이 중앙제어실 뿐만 아니라 앱을 통한 모바일 환경에서도 감시 제어가 가능하여 전기화재 감시제어의 이중화가 가능하다. 앱기반 전기화재 예측시스템 현장적용을 통해 대규모 분산플랜트의 전기화재 보호에 대한 신뢰도 향상이 가능 할 것으로 보인다.

참고문헌(Reference)

- [1] Sang-Ik Lee, Myeong-Seok Bae, Ki-Hyeon Kim, "The electric-safety monitoring system managing state of the local leakage circuit breaker and distributing board", KR patent 10-1021628, 2011.03.04
- [2] Young-Kwan Choi, Byeung-Don Yoon, Eung-Kwon Kim, Myong-Chul Shin, "Development of Automatic Extinguisher using Ignition Sensing Tube for Smart Fire ProtectionSystem", INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING Vol. 12, No. 6, pp. 1015-1021, 2012.12
- [3] Wan-Sung Kwon, Su-Kyung Choi, Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Gyu-Ha Choe, "Series Arc Wave Analysis and Detection Algorithm", The Korean Institution of Power Electronics, 2009 autumn conference, 2009 Nov. 27, pp.240-242, 2009.

[4] T.W. Chun, J.R. Ahn, "Application and characteristic of TMS 320F280x DSP", The journal of the Korean

Institute of Power Electronics, v.13 no.1, pp.15-19, 2008.2.

● 저 자 소 개 ●



최 영 관(Young-Kwan Choi)

2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과(공학사)
2004년 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과(공학석사)
2012년 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과(공학박사)
2004년~현재 한국수자원공사 K-water 연구원 과장
관심분야 : 전기화재, 태양광발전시스템, 에너지효율화, etc.
E-mail : music@kwater.or.kr



김 응 권(Eung-Kwon Kim)

2000년 호원대학교 전기공학과(공학사)
2002년 원광대학교 전기전자재료학과(공학석사)
2006년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과(공학박사)
관심분야 : 이미지센서, 디지털방송, 전자소자, 바이오 소자, etc.
E-mail : jeslo119@naver.com