

## AVR을 이용한 산업용 통신 모니터링 보드 개발

엄상희<sup>1\*</sup> · 이병훈<sup>2</sup>

### The Development of Industrial Communication Monitoring Board using AVR

Sang-hee Eum<sup>1\*</sup> · Byong-Hoon Lee<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Shipbuilding and Marine, Dongju College, Busan, 49318, Korea

<sup>2</sup>MK Technology, 3F, 61, Chungjang-daero 5beon-gil, Jung-gu, Busan, 48934, Korea

#### 요 약

모니터링과 제어를 위한 대다수의 산업용 장비들은 항상 확장성 문제와 외부 프로토콜 호환성 문제가 발생하고 있다. 본 논문은 이기종 통신이 발생하는 산업용 통신을 위한 모니터링을 지원하기 위하여 프로토콜 변환이 가능한 보드를 개발하였다. 산업용 통신 모니터링 보드는 메인 보드와 서브 보드로 구성되며, 메인 보드들의 연결로 확장이 가능하다. 메인 보드는 AVR계열의 Atmega 2560을 사용하였고, 서브 보드는 Atmega 256, 128을 사용하였다. 메인 보드에는 RS485 시리얼 슬롯 4개를 배치하여 서브 보드를 장착할 수 있게 설계하였다. 서브 보드는 아날로그와 디지털 데이터 I/O를 지원하고, CAN과 Ethernet 통신을 이용한 모니터링이 가능하도록 개발하였다.

#### ABSTRACT

The most industrial instruments for monitoring and control are occurring the extension problem and the external protocol compatibility. In this paper, we developed the boards for the industrial communication monitoring that are able to convert the protocol in various communication between devices and instruments. These are consisted the main board and several sub-board. They can have extension using the main board connection. The sub-board support the each communication method or data transfer. The main board was used the Atmega 2560 Microprocessor of AVR series, and the sub-boards are have the Atmega 256 or Atmega 128 in the AVR series. We have designed to connect the sub-board using placed the 4 RS485 serial slots in the main board. The sub-boards were developed to support the analog and digital I/O. These are able to have monitoring by CAN and Ethernet communication. The experimental results, we obtained good data transfer rate and conversion rate.

**키워드** : 산업 통신, AVR, 모니터링, 프로토콜 변환, CAN

**Key word** : Industrial Communication, AVR, Monitoring, Protocol Conversion, CAN

Received 21 May 2016, Revised 31 May 2016, Accepted 08 June 2016

\* Corresponding Author Sang-Hee Eum(E-mail:nyx2k@naver.com, Tel:+82-51-200-3448)

Department of Shipbuilding & Marine, Dongju College, Busan, 49318, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.6.1177>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

산업용 통신 시스템(industrial communication system)은 환경, 전력, 조선, 제조 현장의 통합 모니터링(monitring) 및 제어(control) 시스템과 제조 데이터 로깅(data logging) 등을 포함한다. 산업 통신 환경은 경쟁적인 생산력 증대 요구에 따라 장치의 처리 속도는 점점 빨라지게 되고, 성능, 품질 관리뿐만 아니라 모니터링과 자동화 효율을 위해서도 다양한 통신 방식이 나타나고 있다. 최근에 개발되어진 장비들의 경우 산업 네트워크 기술이 적용되고, 유·무선 통신을 통한 모니터링을 지원하는 경우가 대부분이지만 여전히 값비싼 장비를 추가 구매하여야 한다. 또한 이들을 활용하기 위해서는 모니터링 소프트웨어 및 분석 프로그램의 구매가 필요하거나, 사용자의 요구에 맞도록 수정하려면 많은 시간과 노력을 들여 분석하는 과정과 HMI 같은 디스플레이하는 프로그램의 개발 과정이 필요하다.

오늘날, 이더넷(ethernet)에 기반을 둔 통신과 관련된 산업용 모니터링 및 자동화 시장은 그 수요가 증가하고 있다. 전통적인 필드 버스(field bus)들과 함께, 여러 다양한 프로토콜(protocol) 표준들이 산업용 실시간 이더넷에 사용될 수 있으나, 이것들은 디바이스(device) 제조사들에 의해 지원되어야 함으로 매우 어렵고 복잡하다. 이러한 서로 다른 이더넷 표준들은 그들의 하드웨어와 소프트웨어 요건에 따라 매우 다양해지기 때문에, 디바이스 내에서 이들의 통합을 위한 특수한 프로토콜 솔루션이 요구된다. 이더넷을 통한 산업용 통신의 대중적인 방법을 찾으려는 IAONA(The Industrial Automation Open Network Alliance)의 노력에도 불구하고, 수많은 기존의 필드 버스 공급자들의 요구사항에 맞는 본질적으로 다른 프로토콜들은 계속해서 생겨나고 있다[1,2].

산업 현장에 적용되는 통신 방식 및 프로토콜의 경우 해당 현장의 환경 및 하드웨어 구성 사양에 따라 다양한 종류와 방식으로 현장에 적용이 되어 있기에 산업용 모니터링 시스템 개발 및 구축을 위해서는 해당 장비에 대하여 매번 하드웨어 시스템 분석과 통신 프로토콜 해석 작업 과정을 통해 개발을 하고 있어 많은 개발 비용 및 시간이 들어가고 있다. 이러한 모니터링 시스템 개발에는 필수적으로 각종 통신 방식(RS232, RS422, RS485, ProfiBus, CAN, TCP/IP 등) 및 각종 통신 프로

토콜(Modbus, NMEA series 등)에 대한 전문지식 및 현장 적용 노하우가 필요한데 이러한 기술을 가진 엔지니어가 부족하여 간단한 모니터링 개발에도 많은 비용이 발생하고 있다[3-5].

본 연구에서는 산업현장에서 많이 사용되는 시리얼 통신, CAN 통신, 이더넷 방식의 데이터를 이더넷 방식으로 자동 변환할 수 있도록 지원하고, 아날로그 데이터와 디지털 데이터를 바로 읽어 들여 전송할 수 있도록 지원하며, 여러 가지 이기종 통신방식을 사용하는 장비의 모니터링을 지원할 수 있도록 확장성이 있는 산업용 통신 모니터링 보드를 제작하였다.

## II. 시스템 구성

산업 통신 시스템에서의 모니터링은 여러 가지 통신 프로토콜을 사용하는 산업용 시스템과 장비의 데이터를 모니터링 시스템으로 전송하여 디스플레이, 저장, 분석 등 여러 가지로 활용하는 것을 의미한다. 또한 아날로그 및 디지털 센서로부터 나오는 여러 가지 데이터들도 같이 모니터링에 활용될 수 있어야 한다. 산업용 통신 모니터링을 위한 구조는 그림 1과 같다. 여기서 이기종 장비들의 각기 다른 통신 프로토콜을 모니터링 장비에서 쉽게 사용 가능할 수 있도록 프로토콜 변환 작업이 반드시 필요하며, 다수의 장비들을 동시에 모니터링 할 수 있도록 확장성을 지원하는 것이 매우 중요하다.

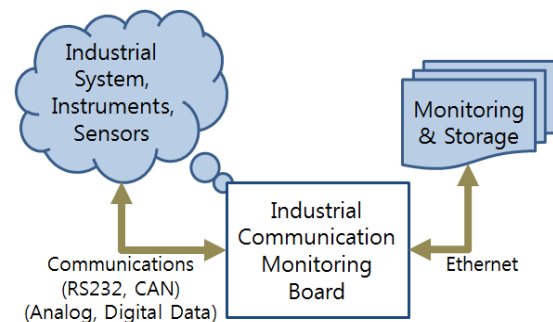


Fig. 1 The Structure of Industrial Communication

본 논문에서는 일반적으로 모니터링에 가장 많이 사용하는 시리얼 통신, CAN 통신과 아날로그와 디지털

데이터 신호를 입력받아 이더넷으로 프로토콜 변환을 가능하도록 산업용 통신 모니터링 보드를 제작하였다. 이 모니터링 보드는 메인 보드와 서브 보드로 구성되며, 메인 보드에는 4개의 서브 보드를 지원하여 각기 다른 통신방식을 지원할 수 있도록 설계하였다. 또한 메인 보드들의 연결로 여러 장치들을 지원할 수 있으며 이론적으로는 최대 256개까지 확장이 가능하다.

### 2.1. CAN 소개

CAN 버스는 자동차 어플리케이션을 지원하도록 개발되었으나 산업용 장치 네트워킹 프로토콜로서도 이용할 수 있도록 만드는 몇 가지 특징이 추가되었다. CAN 프레임 또는 메시지가 독특한 식별자에 의해 구성된다. 이 식별자가 프레임을 수신할 장치를 정확하게 알려준다. 식별자 이외에도 데이터의 길이, 데이터 바이트, 오류 확인 및 프레임 인지 등과 같은 다양한 정보들이 프레임에 포함되어 있다[6].

### 2.2. 확장성을 위한 시리얼 통신

시리얼(serial) 통신은 데이터 수집을 위한 저렴하고 사용이 편리한 방법을 제공한다. 가장 널리 사용되는 시리얼 통신 표준 인터페이스로는 RS-232, RS-422 및 RS-485가 있다. RS-485는 RS-422 표준의 확장형이다. 속도와 거리는 그대로 유지하면서 라인 당 사용 가능한 트랜스미터와 리시버의 수를 늘렸다. RS-485를 이용하는 경우 반 또는 전 2중 모드에서 라인 당 최대 32개의 라인 드라이버와 라인 리시버를 이용한 다 지점(multi point) 네트워크 통신을 구현할 수 있다. 또한 노이즈에 대한 면역성을 향상시켜 통신 가능한 거리를 1.2Km까지 연장할 수 있다. RS-485는 분산된 장치들과 많은 다른 산업용 어플리케이션에 이상적인 통신 방식으로 현재까지 많이 사용되고 있다.

## III. 산업 통신 모니터링 보드 설계

산업 네트워크에 사용되는 각기 다른 하드웨어 시스템과 디바이스들은 여러 가지 통신 방식과 통신 프로토콜을 사용하고 있다. 이들 데이터를 모니터링에 사용하기 위해서는 프로토콜 변환 과정을 거쳐야 하고 본 논문에서는 공통적으로 이더넷으로 전송하는 구조를 선

택하여 모니터링 보드를 설계하였다.

### 3.1. 통신 프로토콜 변환

통신 프로토콜 변환을 위한 구조는 크게 보면 통신방식 분석, 데이터 프로토콜의 해석과 변환이라는 기본 단계를 거친다. 본 연구에서는 그림 2와 같은 프로토콜 변환 과정을 사용하였으며 펌웨어(firmware)로 수행되도록 구성되었다.

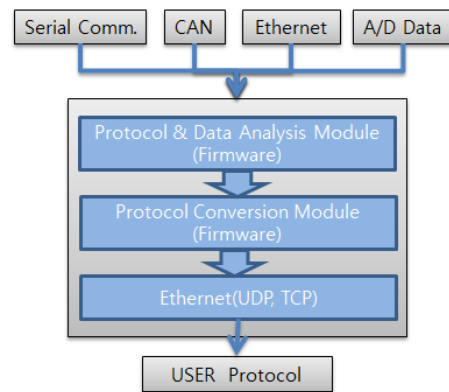


Fig. 2 The Structure of Communication Protocol Conversion

여러 장비의 시리얼 통신, CAN, 이더넷과 같은 프로토콜을 가지는 통신과 아날로그/디지털 형태의 데이터 입력들은 프로토콜 및 데이터 해석 모듈을 거치면서 개개의 프로토콜 구조에 따라 분해하게 된다. 분해된 데이터는 프로토콜 변환 모듈을 거치면서 사용자 프로토콜로 변환할 수 있다. 사용자 프로토콜로 변환된 데이터는 현재 표준화되어 가고 있는 이더넷 통신 방식으로 전송할 수 있으며 PC 또는 이더넷을 이용하는 모니터링 시스템에서 사용자의 목적에 맞도록 쉽게 활용이 가능하다[7].

### 3.2. 통신 모니터링 보드 구조

산업 통신 모니터링을 위한 보드의 하드웨어 구조는 그림 3과 같이 설계되었다. 이 구조는 확장을 고려한 메인 제어 보드와 개별 통신 방식을 지원하는 서브 보드로 구성된다. 메인 보드의 프로세서는 확장성과 안정성, 메모리 용량, 처리 속도 및 통신 속도 등을 고려하여 AVR 계열의 Atmega 2560 마이크로프로세서를 사용하였다. 메인 보드는 이론적으로 256개까지 확장 가능한

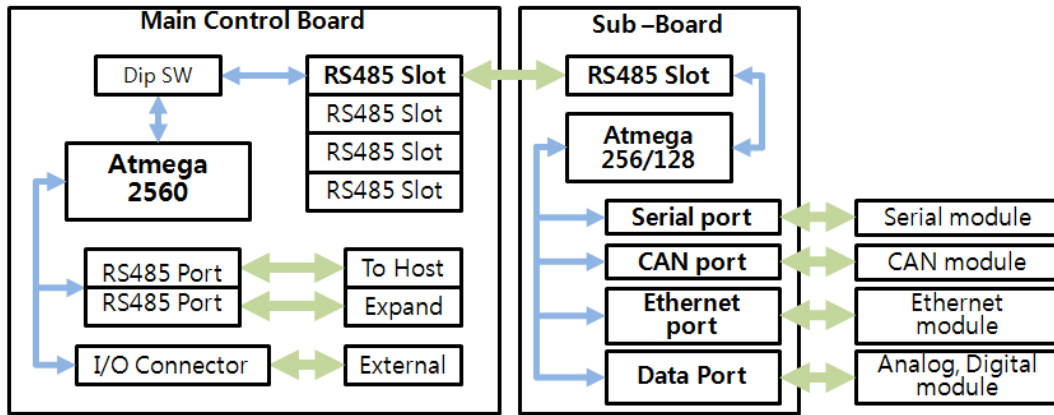


Fig. 3 The Structure of Communication Monitoring Board

포트와 프로세서에 펌웨어를 로드 할 수 있는 포트 등 두 개의 RS485 통신 포트를 설치하였다. 또한 직렬 통신, CAN, 이더넷 통신과 아날로그/디지털 데이터 전송을 지원하는 보드를 장착할 수 있도록 4채널의 RS485 포트 슬롯 형태로 고안하였다. 통신 테스트를 위하여 디스위치를 이용하여 각 슬롯의 입출력을 체크할 수 있도록 하였으며, 접속 및 전송이 원활해지면 프로세서에 자동 채널 선택이 가능하도록 설계하였다.

서브 보드는 메인 보드와 하나의 통신만을 담당하므로 프로세서는 AVR 계열의 Atmega 256, 128을 사용하였다. 서브 보드 또한 각각 프로세서에 프로토콜 변환을 위한 펌웨어를 로드하고 상태를 체크할 수 있도록 RS485 포트를 두었으며, 목적에 맞는 외부 통신 모듈을 장착할 수 있는 각각 한 개의 통신 포트를 가지고 있다.

2. Input Port : 외부 데이터 입력용 40PIN
3. I/O Card Slot : 통신 입출력 카드용 슬롯 4CH.
4. ISP port : 메인보드 MCU 로드용 포트 1CH
5. Communication : 메인보드 및 확장용 RS485 2CH
6. DIP Switch : 입/출력 포트 제어 스위치

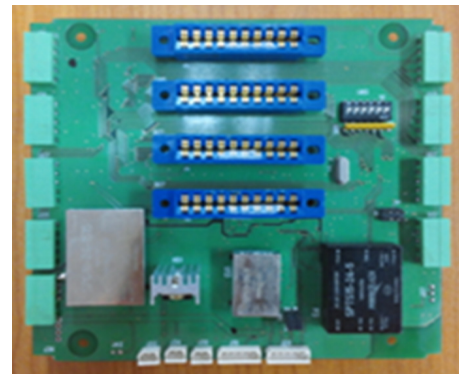


Fig. 4 The Main Board for Industrial Communication Monitoring

#### IV. 산업 통신 모니터링 보드 구현

##### 4.1. 산업 통신 모니터링 메인 보드

본 논문에서 개발한 산업 통신 모니터링 메인 보드를 그림 4에 나타내었다. 그림4의 중앙 하단에 위치한 메인 전원은 DC24V, 3A이지만 슬롯 및 확장 커넥터 전원 공급을 가능하도록 DC5V, DC15V의 전원 출력부도 같이 설계하였다.

개발된 메인 보드의 세부 사양은 다음과 같다.

1. MCU : Atmega 2560 Microprocessor

##### 4.2. 산업 통신 모니터링 서브 보드

메인 컨트롤 보드와의 통신 기능 구현 시험과 데이터 취득 보드를 위하여 가상 데이터 생성 및 이들의 처리를 위한 펌웨어 및 소프트웨어 파싱 부분 설계 등을 위하여 제작된 서브 보드 모듈을 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)는 이더넷 통신을 위한 서브보드이며, 그림 5(b)는 디지털 데이터 전송을 위한 서브보드이고, 그림 5(c)는 아날로그 데이터 전송을 위한 서브보드이다.

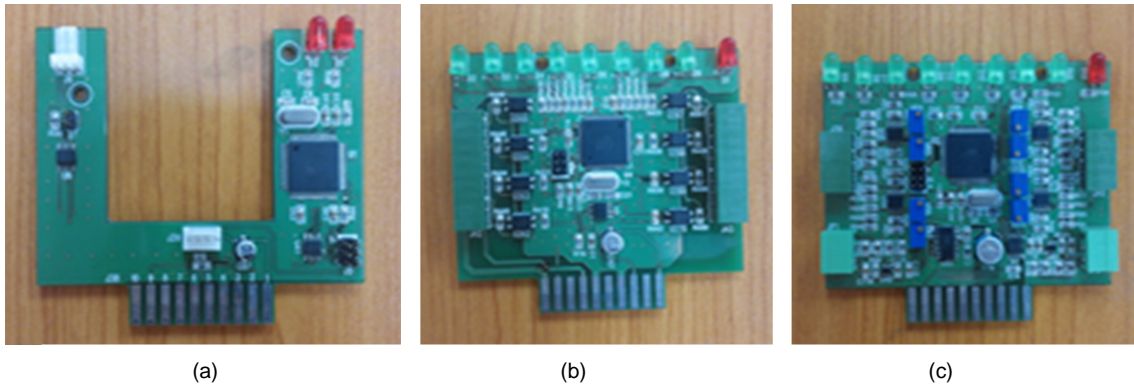


Fig. 5 The Sub-board for the Communication or the Data Input/Output (a) Ethernet/CAN Sub-Module (b) Digital Sub-Module (c) Analog Sub-Module

개발된 서브보드의 종류는 다음과 같다.

1. RS485 통신출력(common)
2. CAN Data I/O
3. Ethernet Data I/O
4. Analog Data 8CH Input(Analog Sub-Board)
5. Relay, Pulse Data High/Low signal Input (Digital)

다음은 개발된 서브보드의 세부사양이다.

1. ISP Port : MCU 로드용 포트 1CH(common)
2. MCU : Atmega 128 Microprocessor(Communication, Analog Sub-Board)
3. Analog Input : 1~5V, 4~20mA
4. Analog Channel : 8CH
5. MCU : Atmega 256 Microprocessor(Digital)
6. Digital Input : Open Collector 8CH

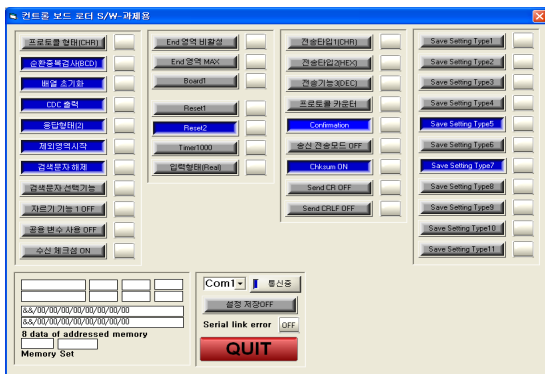


Fig. 6 The Loader Program of the AVR Microprocessor

### 4.3. AVR 프로세서 로더 프로그램

그림 6은 개발된 산업통신 모니터링 보드의 MCU인 AVR 마이크로프로세서의 로더 프로그램이다. 이 프로그램은 테스트를 위하여 여러 가지 설정 사항을 명령어 형태로 입력해 두고 설정된 사용자 프로토콜을 전송할 수 있도록 하였다. 주요 기능으로는 시리얼 통신 데이터(Char, Hex) 입·출력, 시리얼 데이터 오류 출력, 수신 프로토콜 모니터링, 메모리 설정을 위한 입·출력, 여러 가지 설정을 출력하는 등의 기능이 있다.

### 4.4. 데이터 전송 실험 결과

개발된 산업 통신 모니터링 보드를 이용하여 서브 보드에서 다양한 통신방식으로 입력받은 데이터를 이더넷으로 재전송한 결과를 표 1에 나타내었다. 재전송에 사용한 이더넷 통신방식은 UDP 프로토콜을 사용하였으며, 전송 데이터의 수는 1000개로 전송 실패한 개수를 확인하였다. 실험에 사용된 프로토콜로 받은 데이터의 전송 결과 모두 낮은 전송 오차율을 나타내었다.

Table. 1 The communication Error Rate

Test Error	Protocol	Success [ea]	Fail [ea]	Error Rate
Data Transmitting Error	Modbus	997	3	0.3%
	NMEA	996	4	0.4%
	CAN	993	7	0.7%
	Analog	990	10	1.0%
	Digital	995	5	0.5%

## V. 결 론

본 논문에서는 산업용 모니터링 시스템 개발을 위하여 전문지식 및 현장 적용 노하우가 필요하지만 이러한 기술을 가진 엔지니어가 부족하여 간단한 모니터링 개발에도 많은 비용이 발생하는 점을 개선하고자 사용자가 쉽게 이용할 수 있는 산업용 통신 모니터링 보드를 AVR 마이크로프로세서를 이용하여 제작하였다. 개발된 통신 모니터링 보드는 산업현장에서 많이 사용되는 시리얼통신, CAN 통신 방식의 데이터를 Ethernet 방식으로 자동 변환을 지원하고, 아날로그 데이터와 디지털 데이터를 바로 읽어 들일 수 있도록 지원하며, 여러 대의 장비를 지원할 수 있도록 확장성을 고려하여 설계되었다. 전송 실험 결과 매우 우수한 데이터 전송률을 얻었다.

## REFERENCES

[1] T. Y. Sung, *Technology and Market Analysis of Wired and Wireless convergence communications network*, Korea

Institute of Science and Technology Information, 2013.  
 [2] An Introduction to Industrial Ethernet [Internet]. Available: <http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Ethernet/Introduction-to-Industrial-Ethernet.aspx>  
 [3] T. W. Lim, "Industrial Network Technology Trends and Standardization," MS Theses, Inha University, Incheon, Korea, Feb. 2012.  
 [4] H. Zhang, G. Xu, Y. Lu and G. Lou, "Research on the Field Bus Protocol Conversion Gateway," *Journal of Convergence Information Technology(JCIT)*, vol. 7, no. 15, pp. 160-168, Aug. 2012.  
 [5] Y. Zhang, X. Feng and Y. Guo, "Design of Ethernet-CAN Protocol Conversion Module Based on STM32," *International Journal of Future Generation Communication and Networking Advanced Science and Technology Letters*, vol.7, no.1, pp. 89-96, Jul. 2014.  
 [6] Texas Instruments, "Introduction to the Controller Area Network (CAN)," *SLOA101A -August 2002 - Revised*, Jul. 2008.  
 [7] S. H. Eum, H. G. Hong, "Development of User Protocol Converter about Modbus and NMEA0183," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 2584- 2589, Nov. 2015.



**엄상희(Sang-Hee Eum)**

1993년 동아대학교 전기공학과 공학사  
 1995년 동아대학교 전기공학과 공학석사  
 2000년 부산대학교 전자공학과 공학박사  
 2000년 ~ 현재 : 동주대학교 조선해양과 부교수  
 ※관심분야 : 영상처리, 신호처리, 인공지능, 의공학, IT융합



**이병훈(Byong-Hoon Lee)**

2006년 동명대학교 메카트로닉스학과  
 2003년 ~ 2009년 ㈜보강하이텍 이사  
 2009년 ~ 현재 : MK테크놀로지 대표이사  
 ※관심분야 : SW 설계 및 분석, SCADA, 제어시스템