

---

# 스마트 그리드 지원을 위한 컴퓨터 기반 3상 전력 데이터 수집 솔루션 개발

고윤석\*

The Development of Collection Solution of the Three-Phase Power Data  
based on the Personal Computer for Supporting the Smart Grid

Yun-Seok Ko\*

요약

스마트 그리드는 기존의 전력망에 디지털 정보망을 결합한 지능형 전력망으로 전력공급자와 사용자에게 양방향 통신을 통해서 전력을 공급 및 제어함으로써 전기 에너지 이용 효율을 극대화한다. 본 연구에서는 스마트 그리드를 지원하기 위해 스마트 수용가를 위한 컴퓨터 기반의 병렬 통신을 이용한 3상 전력 데이터 수집 솔루션을 설계하고 그 시작품을 제작하는 것을 연구목표로 한다.

ABSTRACT

The smart grid is an intelligent electric power network in which a digital communication network is integrated into the existing electric power system. This enhances the efficiency of the electric use by supplying and controlling the electric power through the two-way communication between the utility and the electric customer. In this paper, to support the smart grid, a computer-based solution which collects the three-phase electric power data based on the LPT Communication is designed, and then its prototype is made.

키워드

Computer-based Solution, Three-Phase Electric Power Data, Smart Grid, Digital Communication Network  
컴퓨터기반솔루션, 삼상전력데이터, 스마트 그리드, 디지털 통신네트워크

## 1. 서론

일반적으로 지구온난화는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 프레온 가스(CFC), 메탄가스(CH<sub>4</sub>) 등 온실효과 가스 등에 의해서 발생되는 것으로 알려져 있으며 기온과 해수면 상승으로 엄청난 재앙을 초래할 수 있다. 따라서 전력 산업계에서는 전기 사용자의 전기 사용량 절감 및 사용 시간대 이동을 통한 피크를 줄임으로서 이산화탄소 배출량을 줄여 전기 에너지 이용의 효율을 제고함

으로서 친 환경 에너지 산업으로 탈바꿈하기 위해 노력하고 있다.

그리고 그 일환으로 기존의 전력망에 디지털 통신망을 접목한 지능형 전력망인 스마트 그리드를 적극 도입하고 있다. 스마트그리드의 핵심은 전기공급자와 사용자에게 양방향 통신을 통해 전기 사용에 대한 정보를 상호 공유하면서 전기를 공급, 통제함으로써 전기 사용량을 절감하고, 에너지 이용효율을 높이는 것인데, 수용가 사이트에서는 시간대별, 양방향 사용량

---

\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과(ysko@nsu.ac.kr)

접수일자 : 2011. 05. 12

심사(수정)일자 : 2011. 07. 15

게재확정일자 : 2011. 08. 12

검침이 가능한 전자식 전력량계가 핵심적인 요소가 되고 있다. 따라서 스마트 그리드 시대에 대비하여 전자식 전력량계 개발을 위해 많은 노력과 투자가 이루어지고 있다. 특히, 참고문헌 [1]에서는 다기능 단상 디지털 적산 전력계를 제안하였으며, 참고문헌 [2]에서는 단상 디지털 분전반, 참고문헌 [3]에서는 산업용 분전반 적용을 위한 프로세서 기반의 3상 전력관리 장치를 설계, 제안하였다. 그러나 이들 논문들은 컴퓨터 기반의 3상 전력 데이터 수집 솔루션의 설계 방법을 제시하지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 스마트 그리드를 지원하기 위해 스마트 수용가를 위한 컴퓨터 기반의 병렬 통신을 이용한 3상 전력 데이터 수집 솔루션을 설계하고 그 시작품을 제작한다. 특히 솔루션은 비주얼 C++ MFC 언어를 이용하여 구현된다.

## II. 스마트 그리드 개요

세계는 저탄소 녹색성장의 비전을 실현하기 위해 스마트 그리드 도입에 적극적인데 스마트 그리드는 기존 그리드에 비해 그리드의 각 구성요소들이 디지털 정보망을 통해 양방향으로 소통할 수 있도록 함으로써 에너지 이용 효율을 극대화하게 된다. 스마트 그리드의 구성은 그림 1에 보인바와 같으며, 다음과 같은 특징들을 가진다[4,5].

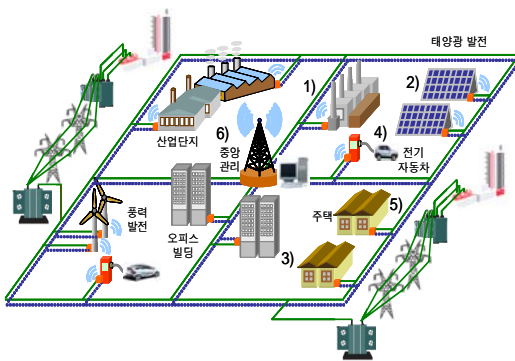


그림 1. 스마트 그리드의 구성요소별 특징  
Fig. 1 The characteristics of the smart grid

- 1) 소규모 발전소와 다른 4 전기 공급자들은 소비자 수요에 대한 실시간 정보를 가지고 전기를 공급

- 2) 태양광, 풍력과 같은 신재생 에너지원들이 보다 쉽게 계통에 통합된다.
- 3) 주택, 오피스 빌딩, 산업용 공장들에서 에너지 관리 시스템들은 그들의 에너지 이용을 감시하고 최적화할 수 있도록 한다.
- 4) 전기 자동차를 충전하기 위해 그리드에 연결할 수 있도록 하며, 궁극적으로 전력을 그리드에 역으로 제공할 수 있도록 한다.
- 5) 스마트 미터기들은 전기 제공자와 사용자 사이에서 에너지 이용 및 가격정보를 중계한다.
- 6) 중앙관리시스템은 전력의 흐름을 제어하기 위해 스마트 미터들로부터 정보를 수집하여 전기 공급자와 소비자 사이에 균형을 이룰 수 있도록 한다.

이와 같이 스마트 그리드 시대에 대비하기 위해서는 전력정보를 기록, 전송하고 가격정보를 확인할 수 있는 컴퓨터 기반의 단상 및 3상 전력 데이터 수집 솔루션이 요구된다.

## III. 컴퓨터 기반 솔루션 설계

본 연구에서는 그림 2에 보인바와 같이, 컴퓨터 기반의 3상 데이터 수집 및 전송 솔루션이 설계되는데, 특히 전력 신호처리부와 SPI통신을 통해서 데이터를 송수신하기 때문에 SPI 통신이 용이한 컴퓨터의 병렬 포트제어를 통한 데이터 수집 솔루션이 설계된다.

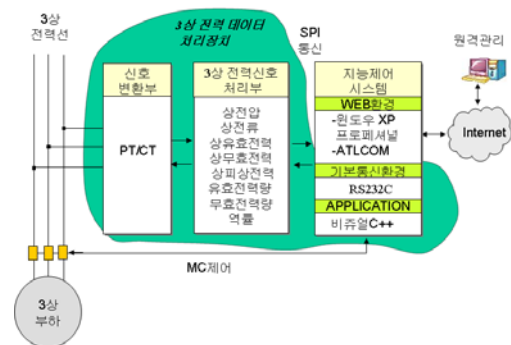


그림 2. 컴퓨터 기반 3상 데이터 수집 솔루션\*  
Fig. 2 Computer-based three-phase data gathering solution

### 3.1 컴퓨터 기반 3상 데이터 처리 절차

그림 3은 본 연구에서 설계된 컴퓨터 기반 솔루션의 흐름도를 보인다. 초기치 설정 후, 데이터 수집 명령에 의해 데이터를 계측, 화면에 표시한다. 다음, 검사 종료 때까지 3초 주기로 데이터를 반복 수집한다.

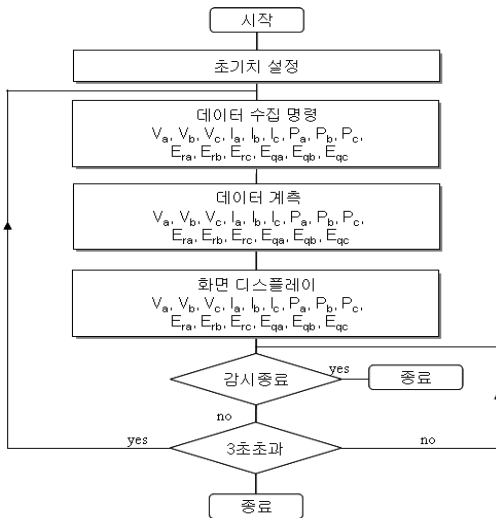


그림 3. 컴퓨터 기반 솔루션의 데이터 수집 흐름도  
Fig. 3 Data processing flow chart of the computer-based solution

### 3.2 3상 전력 신호 처리 메커니즘

일반적으로 3상 전력 신호 처리부는 전력관리 디바이스를 이용하는 방법, DSP를 직접 적용하는 방법 등이 있는데, DSP를 적용하는 경우 프로그램 개발과 보정과정에서 많은 개발노력과 시간이 소요되기 때문에, 비교적 빠른 시간에 설계가 가능하고 비용도 저렴할 뿐만 아니라 보정작업이 쉬운 전력관리 디바이스를 채택하는 것으로 설계한다. 그림 4는 채택된 3상 전력 신호처리부의 신호처리 메커니즘을 보인다[6]. 3상 전력 신호처리부는 설계된 전압, 전류 채널에 입력되는 각 상의 전압, 전류 신호들로부터 각 상의 전류, 전압, 피상전력, 유효전력, 무효전력, 역률, 유효전력량, 무효전력량 등의 전력데이터를 계산하는 역할을 하며, 컴퓨터의 데이터 요청에 따라 대응하는 레지스터의 데이터를 SPI 통신을 통해 전송한다. 전압 채널들은 상별로 설계되며, 전력선으로부터 전압 변성기(PT : Pole Tran-

sformer) 또는 분압기로부터 입력되는 수백 mV 레벨의 전압 신호를 출력한다. 전류채널도 상별로 설계되며, 전력선으로부터 전류 변성기(CT : Current Transformer)로부터 입력되는 수백 mV의 전압신호를 출력한다. 그림 4에서  $v_a(t), v_b(t), v_c(t)$ 는 a, b, c상의 전압채널의 출력신호를 표시한다. 반면에,  $i_a(t), i_b(t), i_c(t)$ 는 a, b, c상 전류채널의 출력신호를 표시한다. 그리고  $V_a, P_a, I_a, E_{ra}, E_{qa}$ 는 a상의 전압, 전류 채널의 신호들로부터 계산된 a상의 실효 전압 값, 유효전력 값, 실효 전류 값, 유효전력량 값 그리고 무효전력량 값을 표시한다.

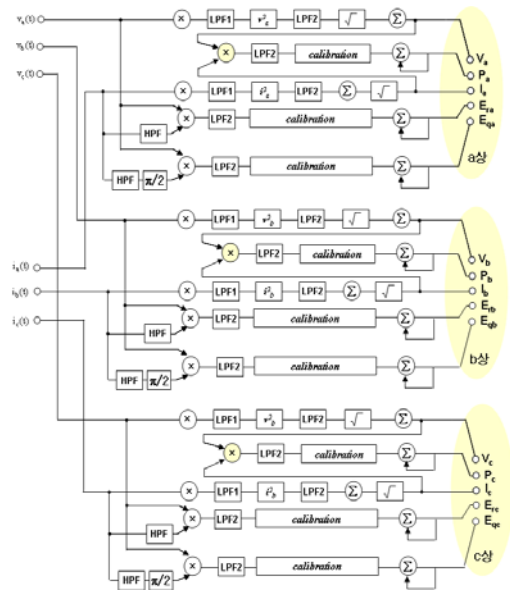


그림 4. 3상 전력 신호처리 메커니즘  
Fig 4. Three-phase power signal processing mechanism

## IV. 컴퓨터 기반 솔루션 구현 및 평가

### 4.1 컴퓨터 기반 솔루션 구현

본 연구에서 제안되는 솔루션은 개인용 컴퓨터 하에서 GUI설계가 용이한 비주얼 C++ MFC 언어를 이용하여 구현되었다. 컴퓨터 기반 솔루션은 SPI 통신을 통해 데이터 수집요청을 3상 신호처리부에 요구하게 되며, 컴퓨터는 그 응답을 확인하여 화면에 표시

하도록 하였다. 그림 4는 컴퓨터 기반 3상 전력 데이터 처리 솔루션을 보인다. 솔루션은 기본적으로 SPI 통신에 대한 READ, WRITE 프로토콜을 분석하여 타이밍 차트에 따라 입력신호(비트신호)를 순차적으로 입력함으로써 데이터 송수신이 이루어지도록 하였다. 컴퓨터 표준 병렬포트의 핀 구성은 25개의 핀들 중에서 18~25번까지는 신호 접지를 위해 사용되고, 나머지 사용되지 않은 17개의 핀들 중에서 1~9, 14, 16, 17번의 12개 핀은 출력으로 사용된다. 반면에 10~13, 15번 핀은 입력으로 설정된다.

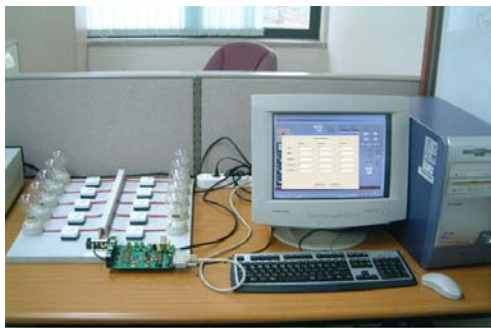


그림 5. 컴퓨터 기반 3상 데이터 수집 솔루션  
Fig. 5 Computer-based three-phase data collection solution

#### 4.2 3상 전력 신호처리부 시험제작

구현된 솔루션에 대한 성능 시험을 위해 3상 전력 신호 처리부가 실험적으로 제작되었다. 3상 전력 신호처리 디바이스에 대한 명령 레지스터는 8비트로 MSB가 R/W 명령비트, 나머지가 어드레스 비트(A6-A0)를 표시한다. 그림 6은 제작된 3상 전력 신호 처리부의 시작품을 보인다.



그림 6. 3상 데이터 처리부 시작품  
Fig. 6 A prototype of a three-phase data processing part

#### 4.3 컴퓨터 기반 솔루션의 성능 검증

먼저 컴퓨터 기반 솔루션의 성능을 검증하기 위해 220V 60W의 전구 10개로 구성된 부하세트를 구성하여 3상 부하로 활용하였다. 그리고 반복적으로 병렬 포트를 통해서 3상 데이터들에 대한 데이터 계측명령을 내리고 그 데이터를 컴퓨터 화면을 통하여 확인한 후, 디지털 멀티 미터(DMM) 값과 비교하여 정확도를 검증하였다. 한 예로서  $V_a$  데이터 수집과정이 설명된다. 먼저 컴퓨터로부터  $V_a$  계측명령이 내려진다. 이때, 컴퓨터로부터의  $V_a$  계측명령 데이터 파형은 그림 7에 보인다.

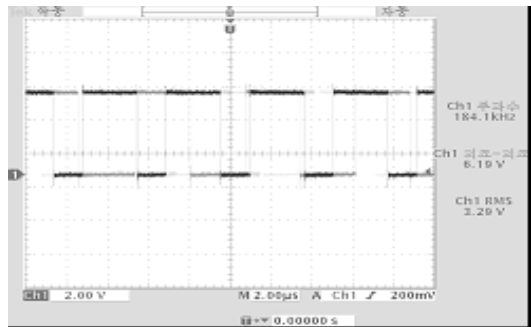


그림 7.  $V_a$  데이터 계측 명령 파형  
Fig. 7 The waveform of a  $V_a$  measuring command

그림 7의 명령에 대해 3상 전력 신호처리부는  $V_a$  레지스터의 8비트 데이터를 컴퓨터로 전송하는 데, 그림 8은 이 응답 데이터 전송 파형을 보여준다.

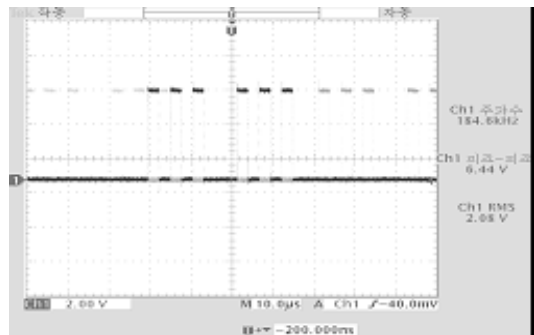


그림 8.  $V_a$ 의 8비트 데이터 파형  
Fig. 8 8bit data waveform of  $V_a$

특히, 3상 신호처리부의  $V_a$  레지스터의 내용은 24비트로 구성되기 때문에 8비트의 데이터를 3개의 블록으로 구성하여 전송하게 된다. 그림 9는 24비트  $V_a$  데이터 전송 파형을 보인다.

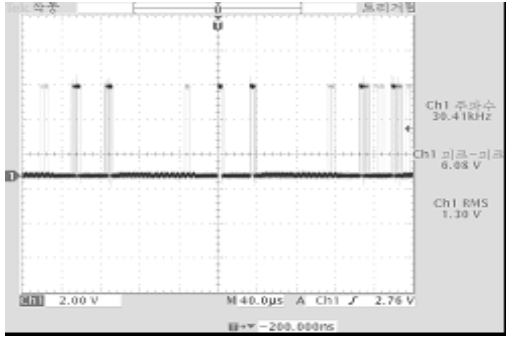


그림 9.  $V_a$ 의 24비트 데이터 파형  
Fig. 9 24bit data waveform of  $V_a$

동일한 방법으로 각 상에 대해서 부하전구 220V 60W 부하전구 10개에 순차적으로 전원을 인가하면서 디지털 멀티미터(DMM)를 이용하여 전압, 전류 값을 측정하였다. 동시에 3상 데이터 수집 프로그램을 기반으로 하는 MMI 화면을 통해서 전압, 전류, 유효전력 무효전력 등을 측정하였다.

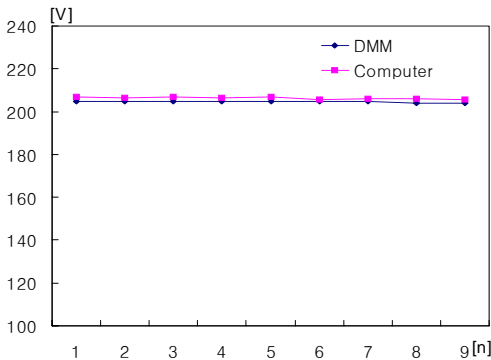


그림 10.  $V_a$ 의 DMM과 컴퓨터 측정값의 비교결과  
Fig 10. Comparison results of  $V_a$  value

그림 10은 a상 전압  $V_a$  값에 대한 디지털 멀티미터(DMM) 측정값과 컴퓨터 측정값의 비교결과를 보인다. n은 측정횟수를 표시한다. 반면에 그림 11은 a상 전류

$I_a$  값에 대한 DMM 측정값과 컴퓨터 측정값의 비교결과를 보인다. 그림 10과 그림 11은 컴퓨터 측정값이 DMM 측정값의 유효 범위 내에 있음을 보인다.

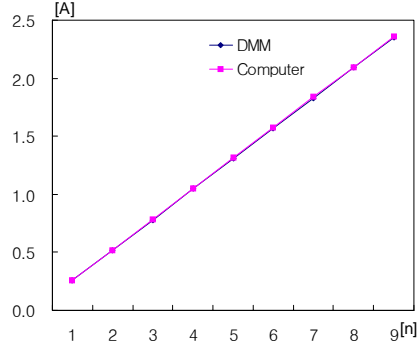


그림 11.  $I_a$ 의 DMM과 컴퓨터 측정값의 비교결과  
Fig 11. Comparison results of  $I_a$  value

그림 12는 a상 피상전력  $P_{VAa}$  값에 대한 DMM 측정값과 컴퓨터 측정값의 비교결과를 보이는데, 3상 피상전력에 대한 컴퓨터 측정값의 유효성을 확인할 수 있다.

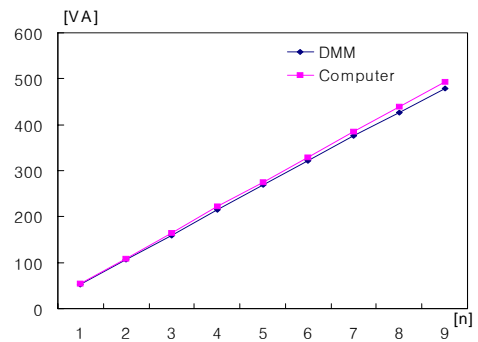


그림 12.  $P_{VAa}$ 의 DMM과 컴퓨터 측정값의 비교결과  
Fig 12. Comparison results of  $P_{VAa}$  value

그림 13과 그림 14는 각각 a상 유효전력  $E_{ra}$  값, 무효전력  $E_{qa}$  값에 대한 DMM 측정값과 컴퓨터 측정값의 비교결과들을 보인다. 그림들로부터 컴퓨터의 유효 및 무효전력 측정값이 유효 범위 내에 있음을 알 수 있다.

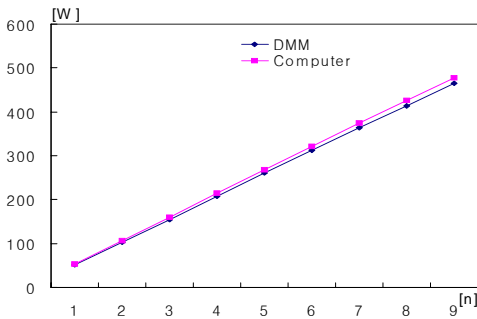


그림 13.  $P_a$ 의 DMM과 컴퓨터 측정값의 비교결과  
Fig 13. Comparison results of  $P_a$  value

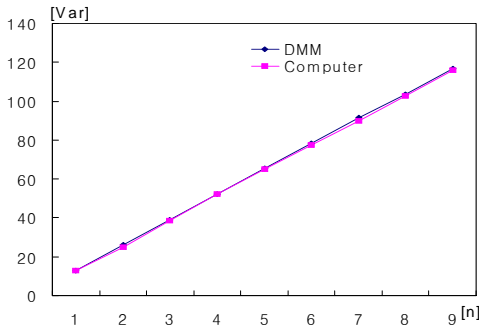


그림 14.  $P_{VARa}$ 의 DMM과 컴퓨터 측정값의 비교결과  
Fig 14. Comparison results of  $P_{VARa}$  value

그림 10-14는 3상 중 a상의 전압, 전류, 피상전력, 유효전력, 무효전력에 대해서 측정결과를 비교하였으며, 유효 및 무효전력량은 DMM으로 측정할 수 없어 검토 되지 못했다. 그리고 보다 정확한 측정값을 얻기 위해서는 캘리브레이션 작업이 추가되어야 할 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 컴퓨터 기반의 3상 전력 데이터 수집 솔루션을 설계, 구현하였다. 데이터 수집 솔루션은 비주얼 C++ MFC 프로그램으로 구현되었으며, 통신포트로는 SPI통신에 적합한 병렬 포트가 채택되었다. 특히, 컴퓨터 기반의 솔루션의 성능검증을 위해 3상 데이터 신호처리가 실험적으로 설계, 제작되었다. 그리고 컴

퓨터 시스템을 구축한 후, 220V 전구 부하세트를 적용하여 3상 전력 데이터의 계측 능력 및 정확성을 검증하였다. 실측시험에서, 컴퓨터 기반의 3상 데이터 수집 솔루션은 만족스러운 측정 오차 범위 내에서 데이터를 측정함으로써 그 유효성을 보였다.

#### 참고 문헌

- [1] 고윤석, 윤상문의 2인, “차세대 디지털 적산전력계 개발”, 전기학회논문지, Vol. 21, No. 2, pp. 541-551, 2004.
- [2] 고윤석, 김호용, 윤석열, “유비쿼터스 기반의 주택 자동화용 디지털 분전반 개발”, 전기학회논문지, Vol. 57, No. 5, pp.741-747, 2008.
- [3] 고윤석, 신현용, “산업용 분전반 적용을 위한 3상 전력관리 장치 시제품 제작에 대한 연구”, 한국전자통신학회논문지, Vol. 5, No. 5, pp. 498-503, 2010.
- [4] <http://www.greenbusinesstimes.com/2009/11/25/siew-2009-smart-grids-2009/>
- [5] <http://bizkhan.tistory.com/891>
- [6] Analog Devices, Energy Measurement IC Data Sheet.

#### 저자 소개



#### 고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사)

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원

1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원

1997년~현재, 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 전력시스템 제어, 배전자동화, 로봇 제어