한국산학기술학회논문지
Vol. 7, No. 1, pp. 21-26, 2006

원격조종이 가능한 디지털 가변전원 구현

최승욱[1], 허화라[2*]

Variable and Controllable Digital Power-supply Design

Sung-Yug Choi[1] and Hwa-Ra Hur[2*]

요 약 수요전원의 전압, 전류의 가변 용이성을 높이기 위해 조종부를 디지털로 구현하고, 또한 원격의 시스템이 요구하는 변동 전원이 있는 경우, 원거리 집중 조작과 감시를 위한 PC통신(RS-232C)이 가능하게 하여 안정적인 전원공급이 가능하게 하였다. 또한 입력전력에 대한 출력전력의 고 효율을 실현하는데 목표를 두고 있다. 이는 송전 선로의 용량 부족과 옥외·옥내 배선의 용량부족 등의 부하변동으로 인해 전압의 변동률이 높은 우리나라에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

Abstract In this paper, to improve the variable and remote controllable digital power-supply design. It is able to RS-232 communication for remote control. And it can also observe the correct power. Finally, it intend to high ratio design that compare input power with output power. There are especially useful solution in korea to be under the unstable voltage environment.

Key Words : Power Supply, Regulator, Ripple, Noise

1. 서 론

산업현장에서 사용되는 전원은 주로 회전력을 얻기 위한 모터에 사용되며, 전철과 같은 곳에서는 추진력을 얻기 위해 고효율의 직류 전동기를 사용한다. 그러나 50/60Hz의 교류 전원을 전자회로에 사용할 경우 전력변환장치가 필요하며, 실제 산업현장에서는 이를 위해 다양한 전원공급장치가 사용되고 있으며, 회로마다의 각기 다른 전원은 출력 전압 및 전류의 세밀한 조작에서 불편함이 있고 열로 소비되는 전력이 커 효율이 낮은 단점은 가진다.

따라서, 본 논문은 운용(전압, 전류 Setting)의 용이성을 위해 제어기를 디지털로 구현하고, 또한 원격시스템이 요구하는 변동 전원이 있는 경우, 원거리 집중 조작과 감시를 위한 PC통신(RS-232C)이 가능하게 하여 안정적인 전원공급이 가능하게 하며, 입력전력에 대한 출력전력의 고효율을 실현하는데 목표를 두고 있다.

특히 제안하는 전원공급장치는 송전선로의 용량 부족과 옥내·외 배선의 용량부족으로 인해서 부하에 의해 전압의 변동률이 높은 우리나라의 경우, 전자제품의 수명 단축과 고장을 초래하여 전자기기의 품질에도 영향을 미치므로 전자제품의 테스트를 위한 장비로도 사용될 수 있을 것이다.

[1]부산전략기획산업단
[2]송호대학 컴퓨터정보과
*교신저자: 허화라(hrhur@songho.ac.kr)

2. 기존의 전원공급장치

2.1 드롭퍼 레귤레이터(dropper regulator)

안정도를 우선하는 드롭퍼 레귤레이터(dropper regulator)는 시리즈(series) 레귤레이터나 션트(shunt) 레귤레이터[1]라 불리며 이러한 전압공급장치는 전압정밀도(안정도)가 요구되는 것이나 작은 전력을 취급하는 것에 주로 사용되고 있다. 드롭퍼 레귤레이터는 전기적인 노이즈 발생량이 대단히 작고, 직류 출력 전압에 포함되는 리플전압도 작아 극히 안정도가 높은 전원을 구성 할 수 있다. 그러므로 노이즈에 민감한 무선기기나 측정기 등에 주로 사용되고 있으나, 20[W] 정도 이상의 출력 전력이 필요한 경우에는 전원부에서의 전력 손실이 크게 되는 단점을 가지므로 산업현장에서 사용되고 있는 것은 소형 로컬 레귤레이터(온보드 레귤레이터 LM7805)이다.

2.2 스위칭 레귤레이터(Switching regulator)

고효율화를 우선하는 스위칭 레귤레이터(Switching regulator)[2]는 드로퍼 레귤레이터에 비하여 전력손실은 적으나, 회로 구성이나 동작이 복잡하며, 전기적인 노이즈가 상당히 큰 레벨로 발생한다. 따라서 무선기기, 측정기, 의료기기 등의 극히 미약한 신호를 취급하는 것에는 부적합하다.

2.3 공진형 전원

최근에는 IC에 의한 회로의 집적화 기술이 발전하여 복잡한 기능을 필요로 하는 회로가 원칩(One-Chip)화[3] 되어 있어, 몇 개의 외부 부착 부품만으로 고효율인 스위칭 레귤레이터를 구성할 수 있게 되었다. 따라서 수[W] 정도의 출력 전력의 것이라도 IC를 이용함으로써 시리즈 레귤레이터보다 쉽게 값싼 스위칭 레귤레이터 방식에 의한 직류 안정화 전원을 만드는 것도 가능하게 되었으나, 출력 전압을 정전압화 하는 제어방식이 비선형적이라는 결정적인 단점을 가진다.

3. 안정적인 프로그래밍 DC 전원공급장치

기존의 아날로그전원에서 원하는 전압을 출력하려면, 전압표시장치를 보며 다이얼을 조작하는 방법을 사용하며, 특히 고정밀도를 요할 때면 더욱 힘들었기 때문에, 이를 디지털화하여 정형화하는 방법을 제안한다. 이 방법은 KEY-MATRIX입력을 사용하는 정형화된 조작과, 원격에서 컴퓨터와의 통신(RS-232C)에 의한 가변적인 전원공급이 가능하며, 정전류원 기능과 타이머 기능이 내장되어 소용량의 UPS(uninterruptable power supply) 기능을 할 수 있다.

3.1 주요 구성

제안하는 Programmable 전원공급장치의 전체 블럭도는 그림 1과 같다. Transformer는 상용전원(220[V] , 60[Hz])을 650[VA] 적정전압으로 Multiplex에 의해서 조정하는 부분으로 입력과 출력을 전기적으로 절연되어 있다. 변압기에서 나온 전압을 수요 전압에 맞게끔 전환해 주기 위해 Multiplex를 사용하며, Power TR에서 소비되는 열을 줄여 효율을 높이는 부분이다. 또한, Multiplex는 릴레이 사이의 Delay 현상을 없애기 위하여 동작 시 조금의 시간간격을 두어 전기적인 쇼트를 방지하였다. Surge 전류 방지를 위한 릴레이를 따로 두어, 대용량 콘덴서의 초기 구동 시 발생하는 Surge전류를 방지하고 콘덴서의 노화를 방지하도록 하였다.

전파정류를 위한 정류회로를 구성하였으며, 출력 리플 전압은 그림 2와 같이 나타난다. Ripple 전압을 최대한 줄이기 위해 콘덴서 40,000[uF]를 사용하여, Power TR에서 소비되는 열을 줄일 수 있도록 하였다. 전파정류에 있

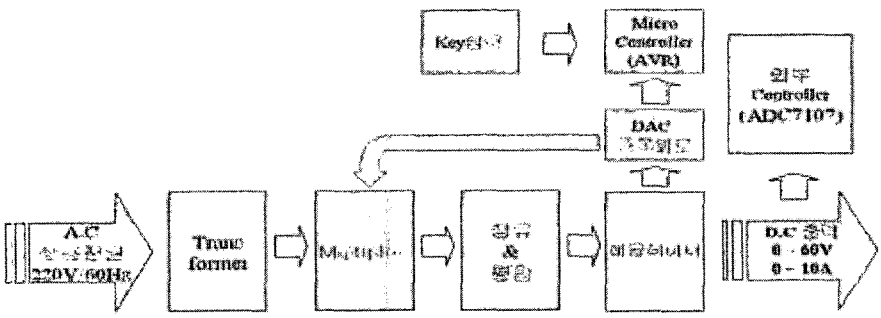

그림 1. Programmable 전원공급장치 블럭도

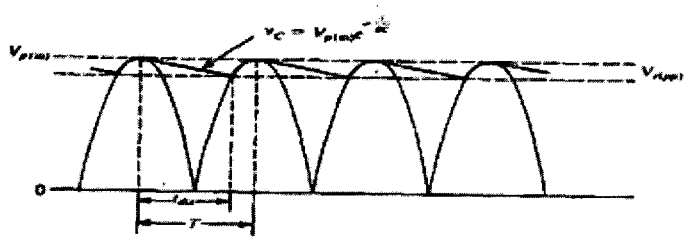

그림 2. 전파 정류 출력 리플전압

어 콘덴서의 전압이 방전할 때의 전압은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_c = V_{p(in)}\, e^{-t/RC} \quad (1)$$

콘덴서의 방전 시간은 한 Peak에서 거의 다음 Peak까지이므로 V_c가 최소치에 이를 때 $t_{dis} \cong T$ 가 된다. 따라서 식(2)로 다시 쓸 수 있다.

$$V_{c(\min)} = V_{p(in)}\, e^{-T/RC} \quad (2)$$

이때, $RC \gg T$가 성립하므로 T/RC는 1보다 작게 되므로, $e^{-T/RC}$는 1에 근접하게 되므로 식(3)으로 간략히 할 수 있다.

$$e^{-T/RC} \cong 1 - \frac{T}{RC} \quad (3)$$

따라서 첨두(peak to peak)간 리플전압은 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned} V_{r(pp)} &= V_{p(in)} - V_{c(\min)} \\ &= V_{p(in)} - V_{p(in)} + \frac{V_{p(in)}\, T}{RC} \\ &= \frac{V_{p(in)}\, T}{RC} \end{aligned} \quad (4)$$

위의 수식에 따라 제안하는 회로의 Regulator를 거치기 전의 콘덴서 전압과 Regulator를 거친 후의 출력단 전압은 그림 3과 같다.

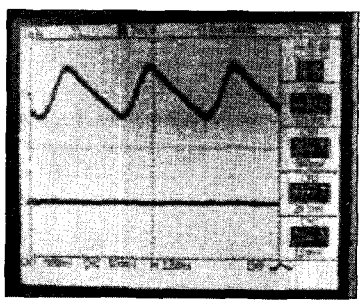

그림 3. Regulator 전후의 전압

레귤레이터 회로는 그림 4와 같이 구성되어 있으며, 레귤레이터 이후 안정화되어진 전압은 마이크로 컨트롤러에 의해 제어되어지며, Setting 전압, 전류를 표시하는 기능을 담당한다. 동시에 변압기 2차 전압 분압용 Relay 구동하며, 전압, 전류 Setting및 D/A 변환하고 내부 EEPROM을 이용해 이미 프로그램 되어진 전압 , 전류 값을 호출할 수 있도록 하는 기능을 담당한다. 이러한 가변적인 전압 , 전류 값 호출이 가능하기에, 본 논문에서는 이를 Programmable DC 전원공급장치라고 정의하였다. 설명되어진 마이크로 컨트롤러의 기능은 그림 5와 같이 블럭도로 나타낼 수 있다.

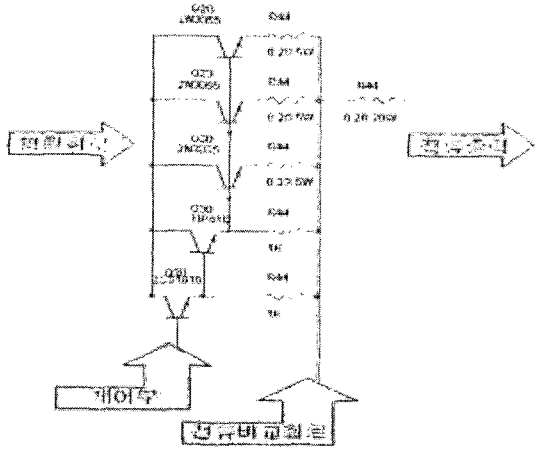

그림 4. 레귤레이터 부분 회로도

그림 5에서 키 입력을 통해 이미 프로그램 되어진 전압 , 전류 값을 호출할 수 있으며, 자유로운 전압 공급장치의 조정 기능은 전압공급 장치가 원격에 있을 때에 특히 유용하게 사용될 수 있다. 또한 D/A 출력 기능을 사용하여, 별도의 외부 회로에 동작 지시를 내릴 수 있게 응용할 수 있음을 보였다. 마이크로프로세서의 워치독(Watch Dog)과 같은 감시기능을 사용하여 알람을 울림으로써, 전원공급장치의 이상여부를 사용자가 즉각 감지할 수 있는 기능을 가지고 있다. 제안하는 Programmable DC 전원공급장치를 위해 사용되어진 프로세서는 AVR 90S8535이며, EEPROM 512Byte로 대용량의 데이터 메모리를 확보하고 있어 다양한 응용의 범위를 가질 수 있어 산업현장에서 많이 사용되고 있다.

프로세서에 의해 결정된 전압을 출력하기 위한 제어부분은 외부회로 동작을 위한 DAC , 증폭 , Relay 선택 , 절연상태 의 특징을 가지고 있다. 정밀하게 조절되어진 안전한 기준전압이 출력의 안정도를 결정한다. 또한 결정되어진 전압은 DAC에서 Micro Controller로부터 받은 디지털 데이터를 아날로그 신호로 변환하게 된다. 이때 Micro Controller와 제어부 간의 전기적인 절연과 안전성

을 위해 Photo-Coupler를 사용하고 있다. 디지털화 되어진 방법에 의한 안정적인 기준전압은 8Bit인 DAC-0800 2개를 병렬로 해서 각 LSB를 버리고 14Bit로 디지털 제어 가능하게 되며, DAC의 출력전류를 OP-AMP를 이용해 만들어진다.

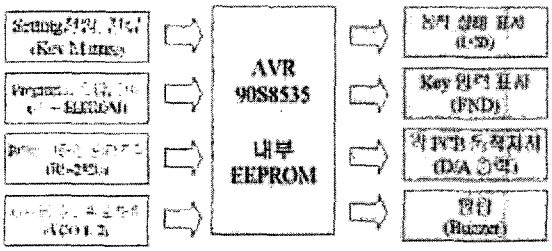

그림 5. 마이크로 컨트롤러의 기능도

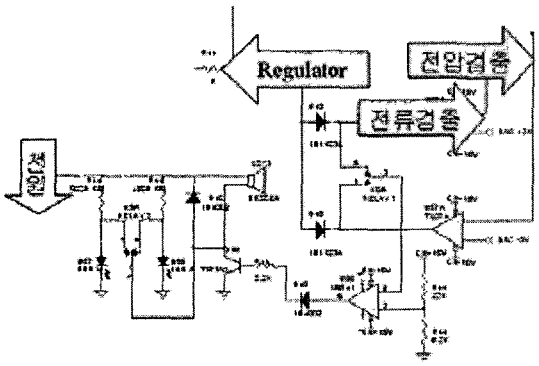

그림 6. 전압 출력부 회로도

결정되어진 전압에 대한 출력 부분은 다음의 그림 6과 같으며, 기준전압과 출력 전압, 전류를 비교하여 Regulator를 직접 구동하게 되며, 최고 설정이상 과부하 보호 및 알람기능을 옵션으로 가지고 있다. 릴레이로 전압, 전류 알람 선택하고 있으며, 전압 , 전류 표시부의 FND에 과부하 표시가 가능하도록 되어 출력 전압을 확인할 수 있다. 출력 확인을 위한 FND 표시장치는 그림 7과 같이 풀 스케일 1.999[V]로 이중 적분형 ADC인 ICL7107을 이용해 출력단의 전압, 전류를 FND에 실시간으로 표시해 준다.

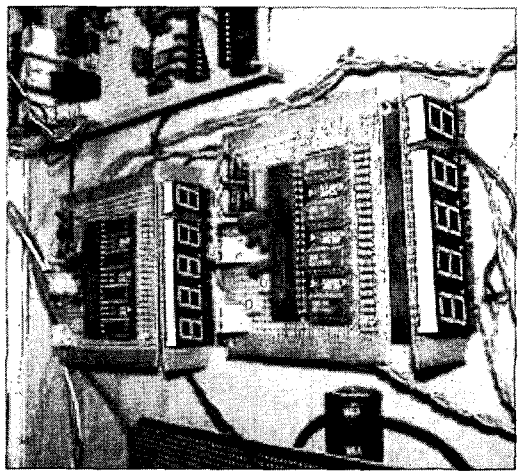

그림 7. 출력 확인을 위한 FND 표시부

3.2 실험 및 비교

제안한 Programmable DC 전원공급장치를 그림 8과 같이 제작하였으며, 주요 부분을 분리하여 설계하여 유지보수가 용이하도록 하였으며, 다음과 같은 장점을 가진다.

- One Chip Micro Controller[4-5]를 이용해 쉬운 조작과 원격제어 및 자가진단 등의 활용범위가 넓다.
- 8Bit 분해능의 DAC-0800을 병렬 구성하여 14Bit분해능의 Digital Analog
- Converter로써 기준전압으로 이용
- 변압기의 중간Tap을 4개 넣어 Power TR에 걸리는 부하를 줄여 효율을 높였다.
- 정 전류원 기능으로 활용성을 높다.
- 저가인 부품을 이용해 제작 및 유지보수가 용이하다.
- 소량의 부품교환으로 최고 출력용량을 바꿀 수 있다.

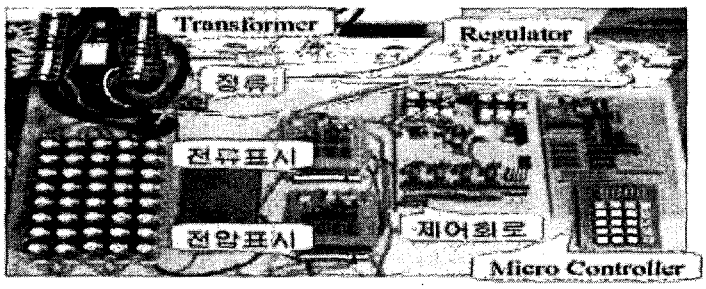

그림 8. 제작된 Programmable DC 전력공급장치

표 1. 상용의 전력공급장치와 비교

	본 작품	INTERRACT VUPOWER IP360B03	UNICORN UDP-750	XANTREX (CANADA) XHR600	GOOD WILL PSM-6003	GOOD WILL SMPS PSH-60-12
최대출력 전압	60V	60V	75V	60V	60V	60V
최대출력전류	10A	3A	10A	10A	3.3A	12A
최대출력전력	600W	180W	750W	600W	198W	720W
전압 분해능	4mV	10mV	20mV	2mV	2mV	20mV
전류 분해능	1mA	1mA		1mA	1mA	10mA
Ripple and Noise	94.9~120 mVpp	4~8mVpp 1mArms	10mV 2.5mA	50mV	500uVrms 3mVpp	10mVrms 100mVpp 20mA
무게	약 15Kg	12.3Kg	47Kg	8.2Kg	10Kg	6.2Kg
가격	제료비 약 30만원	90만원	230만원		90만원	120만원

제작된 Programmable DC 전원공급장치는 기존 산업 현장에서 사용되고 있는 상용의 전원공급장치와 비교하여 전혀 손색이 없으며, 특히 리플 및 노이즈를 낮추어 정확도에서 앞선다. 비교 결과는 아래의 표 1과 같으며, 출력단의 리플 및 노이즈는 그림 9와 같이 측정되어 진다.

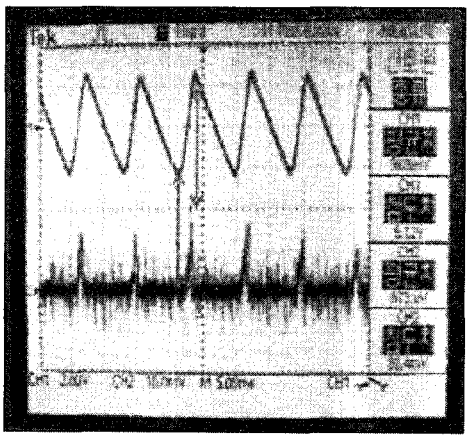

그림 9. 출력단의 리플 및 노이즈 측정

경부하에 해당하는 출력전압 30[V], 출력전류 60[mA]일 때, 제작된 Programmable DC 전원공급장치의 콘덴서 양단 리플전압은 24[mVp-p] , 레귤레이터 출력단의 리플전압 94.9[mVp-p]으로 측정되어 진다. 그러나 이 역시 외부잡음에 의한 것으로 추정되어 진다. 경부하시에 레귤레이터 출력단의 측정 리플전압은 그림 10과 같이 측정되어 진다.

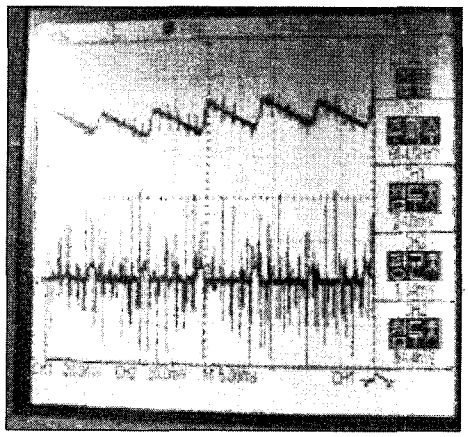

그림 10. 경부하시에 출력단의 리플전압 측정

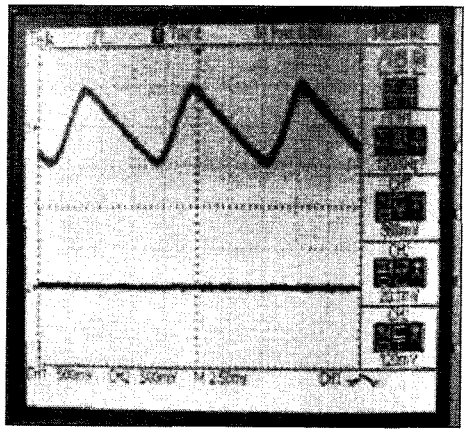

그림 11. 중부하시에 레귤레이터 출력단의 리플전압 측정

중부하에 해당하는 출력전압 27[V], 출력전류 10[A] 일 때, 제작된 Programmable DC 전원공급장치의 콘덴서 양단 리플전압은 960[mVp-p], 레귤레이터 출력단의 리플전압 120[mVp-p]으로 측정되어 진다. 중부하시에 레귤레이터 출력단의 측정 리플전압은 그림 11와 같이 측정되어 진다.

그림 11에서와 같이 부하가 증가하면 입력 리플전압이 같이 증가함에도 불구하고, 제작되어진 Programmable DC 전원공급장치는 이전의 경부하가 걸렸을 때와 비교하여 레귤레이터 출력단의 리플변화가 거의 없음을 알 수 있다.

4. 결 론

제안한 Programmable DC 전원공급장치는 경부하시 출력리플전압에 외부잡음으로 보이는 이상전압의 혼입으로 원하는 결과를 얻을 수 없었지만, 중부하시에는 표 1에서와 같이 출력리플전압이 다른 제품들의 안정도에 비교하여 확연히 좋아짐을 보였다.

별도의 외부 옵션 기능으로 RS-232 통신을 통한 원격의 가변 전원 공급이 가능하며, 마이크로프로세서의 감시기능을 사용하여 이상동작 유무를 사용자에게 즉시 벨소리로 알릴 수 있도록 최대한 사용자 편의 기능을 구사하였으며, 간단한 키 조작만으로 가변적인 전압을 정밀하게 공급할 수 있다는 장점을 가진다.

참고문헌

[1] 장학신, 전자회로, 광문각, pp. 240-288, 1999.

[2] 정원섭, 정덕균, 마이크로전자회로, 희중당, pp. 257-299, 2000.

[3] 최세웅, 허찬욱, 최신 전자회로, 보문당, pp. 127-211, 1998.

[4] S. Y. Choi, T. S. Jin and J. M. Lee, "Optimal Moving Windows for Real-Time Road Image Processing," Journal of Robotic Systems, vol. 20, issue 2, pp. 65-77, Feb, 2003.

[5] Hognbo Wang, Cheolung KANG, Shin-ichirou TANAKA, Takakazu ISHIMATSU, "Computer Control of Wheel Chair by Using Landmarks", '95KACC, 1995. 10.

최 승 욱(Sung-Yug Choi) [정회원]

- 1996년 2월 : 동아대학교 전자공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 부산대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 부산대학교 전자공학과(공학박사)
- 2004년 6월 ~ 현재 : (재)부산테크노파크 전략산업기획단 평가팀장

<관심분야>
로봇비젼, 비젼 검사시스템, 자율주행

허 화 라(Hwa-Ra Hur) [정회원]

- 1988년 2월 : 부경대학교 전기공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 동아대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 부산대학교 전자공학과(공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 송호대학 컴퓨터정보과 부교수

<관심분야>
지능로봇, 마이크로프로세스, Controller Area Network