

# 부식감시 및 방식을 위한 웹기반 예측시스템에 관한 연구

박형근<sup>1\*</sup>, 김선엽<sup>2</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 전자공학과, <sup>2</sup>남서울대학교 정보통신공학과

## Study on the Web-based Prediction System for Corrosion Monitoring and Anti-corrosion

Park Hyoung-Keun<sup>1\*</sup> and Sun-Yeob Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronic Engineering, Namseoul University

<sup>2</sup>Division of Information Communication, Namseoul University

**요약** 본 논문에서는 방식 대상물 주변에 설치되어 있는 다수의 양극과 기준전극을 감시하고, 상황에 맞게 고정전위 및 분극 방법을 자동으로 적용할 수 있는 시스템을 개발하였다. 특히, 개발된 시스템은 방식 대상물의 전 부분이 균일하게 방식이 이루어지도록 자동 조정하는 기능을 가진 원격 전기방식 자동제어 장치, 부식전위를 검출하는 기능을 수행하는 부식감시 장치 그리고 이들 장치의 부식 및 방식 관련 데이터에 대해 실시간 감시 및 제어와 예측 기능을 수행하는 웹기반 운영프로그램으로 구성하였으며, 이 시스템을 이용하여 산화현상에 의한 부식을 방지함으로써 방식 대상물의 수명을 최대화할 수 있다.

**Abstract** In this paper, a number of anode and reference electrodes that are installed around the target anti-corrosion objects to monitor, appropriate to your situation of a fixed potential and polarization methods can be applied automatically in the system was developed. In particular, this system was configured with a remote electric anti-corrosion automatic control device that have automatically adjust function to uniform anti-corrosion in all parts of target objects, a corrosion monitoring device to perform the function of corrosion potential detection and a web-based operating program to perform the function of real-time monitoring, control and prediction. Using this system, by preventing oxidative corrosion phenomena can maximize the life of the target anti-corrosion objects.

**Key Words** : Corrosion Monitoring, Anti-corrosion, Web-based Prediction

### 1. 서론

현재 국내외적으로 방식(corrosion) 분야는 발전설비, 항만설비 및 GAS 공급설비에 이르기까지 모든 산업에서 기반 산업이라 할 수 있으나 다른 산업 설비에 비해 기술 수준은 매우 낙후된 실정이다.

따라서 본 논문에서는 방식 대상물 주변에 설치되어 있는 다수의 양극과 기준전극에 대해 상시 체크하여 상황에 맞게 고정전위 및 분극 방법을 자동으로 적용할 수 있는 시스템을 개발하였다. 특히, 개발된 시스템은 방식 대상물의 전 부분이 균일하게 방식이 이루어지도록 자동

조정하는 기능을 수행하는 중계무선모뎀을 내장한 원격 전기방식 자동제어 장치, 부식전위를 검출하는 기능을 수행하는 종무선모뎀을 내장한 부식 감시 장치 그리고 이들 장치의 부식 및 방식 관련 데이터에 대해 실시간 감시 및 제어와 예측 기능을 수행하는 웹기반 운영프로그램으로 구성하였다.

### 2. 국내·외 관련기술

국내적으로는 전기방식 설비는 모든 산업에 분포되어

본 논문은 2011년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*교신저자 : 박형근(phk315@nsu.ac.kr)

접수일 12년 01월 13일

수정일 12년 01월 31일

게재확정일 12년 02월 10일

있으나 주 설비의 보조 기능으로 인식되고 있다. 따라서 다른 산업설비에 비해 발전 속도가 늦고 특히 전자기술의 접목은 낙후된 상태이다. 현재 전기방식 업체에서 방식대상물의 부식을 방지하기 위한 전기방식 설비로 전기방식용 정류기를 사용하고 있다.[1] 전기방식용 정류기는 방식대상물이 부식하지 않도록 하기 위해 방식대상물의 전위를 일정한 기준치(-850mV/CSE) 이하로 낮추도록 일정한 직류전류를 전해질을 통하여 방식대상물에 흘려주는 기능을 갖고 있다. 그러나 이를 위해서는 필수적으로 현장을 방문하여 측정된 방식전위를 바탕으로 정류기의 출력전압 및 전류를 조절하여 방식대상물의 부식을 방지해야 하는 단점을 가지고 있다.[2,3,4]

따라서 기존의 시스템은 방식대상물의 전체적인 상태의 감시 및 제어가 불가능하며, 실시간으로 데이터를 수집할 수 없으므로 데이터의 동시성과 연속성이 결여되어 있다. 특히, DB의 구축이 용이하지 못하여 통합적인 관리가 힘들뿐만 아니라 방식대상물의 부식진행 상태를 쉽게 판단할 수 없고 예측은 더욱더 불가능하다. 또한, 실시간으로 부식 및 방식이 이루어지고 있는지를 경보나 기타 방법으로 확인할 수 없으므로 운영자가 즉각적인 조치를 취하기가 힘들다. 셋째 측정 장소로의 이동으로 인한 경비 및 측정이 용이하지 않거나 위험지역일 경우 측정에 따른 인명사고를 유발할 수 있다. 국외의 기술개발 현황도 국내의 경우와 마찬가지로 낙후된 상태이다.

### 3. 부식감시 및 방식 시스템 구현

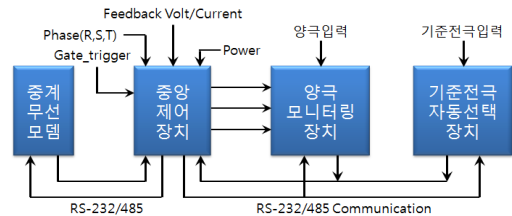
앞장에서 제시한 문제점을 해결하기 위해 주 운영센터에서 쉽게 방식대상물 전체에 대하여 원격으로 부식 및 방식 상태를 감시하고 방식전류를 제어하고자하는 기술뿐만 아니라 방식대상물과 양극 및 기준전극의 수명을 예측하는 기술이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 다수의 양극과 기준전극을 상시 체크하여 그 전위 값을 입력으로 받아 설정된 방식전위 값과의 비교를 수행한다. 특히, 입력전위 값을 최소값부터 최대값으로 자동 정렬하여 최대값(최대 자연전위 값)을 자동으로 선택하는 기능을 수행하는 고정전위 알고리즘을 적용하였다. 고정전위 알고리즘에 의해 방식전위 설정값 이하로 떨어지지 않는 전위 값과 자연전위 값의 분극차를 구하여 그 분극차만큼 자동으로 100mV ~ 300mV 분극 알고리즘을 적용하여 방식 대상물의 전 부분이 균일하게 방식이 이루어지도록 자동 조정할 수 있도록 하였다.

또한, 소출력 무선모뎀과 CDMA 무선모뎀을 결합한 중계무선모뎀 기술, 실시간 감시 및 제어와 예측 기능을

수행하는 웹 기반 운영프로그램을 적용하여 부식감시 및 방식을 위한 웹기반 예측시스템을 개발하였다.

#### 3.1 전기방식 자동제어

전기방식 자동제어장치는 전기방식 자동제어장치의 모든 DB관리 및 데이터를 종합적으로 관리하기 위해 각 전압, 전류, 기준전위, 분극전위 및 ID를 저장하는 종합관리서버, 상기 종합관리서버와 연결되어 전기방식 자동제어장치에 대한 제어상태를 전송하는 통신운영 서버로 구성된다.



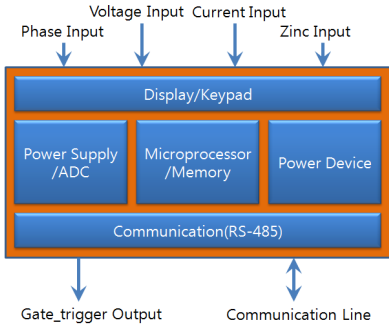
[그림 1] 전기방식 자동제어  
[Fig. 1] Electric corrosion automatic control

통신운영서버를 통해 명령어가 전송되면 통신운영 클라이언트에서 수신된 ID의 일치 여부에 따라 데이터 요청 및 설정을 수행하고, 센서를 통해 현재 방식을 실행하기 위한 동작 전압과 전류 및 오류상태 등을 저장하고 있다가 통신운영 클라이언트에서 데이터의 요청 명령에 의해 데이터를 전송한다. 통신운영서버에서 데이터의 설정 명령이 통신운영 클라이언트를 통해 수신되면 수신된 데이터를 저장한 다음 제어 설정값을 갱신하며, 출력 전압과 전류를 제어하는 중앙제어단과 갱신된 데이터 값을 입력받아 자동으로 저장하고 상호 통신을 수행한다. 또한, 양극을 용이하게 멀티로 입력받고 양극 설치시 결선의 오배선을 체크하며, 양극의 전류값을 실시간으로 모니터링할 수 있도록 복수개로 이루어진 양극 모니터링단을 채용하였다. 그리고 음극의 오배선 및 기준전위의 상태를 모니터링하여 자동으로 선택할 수 있도록 하는 기준전극 자동 선택단으로 구성하였다.

#### 3.2 중앙제어시스템

중앙제어시스템은 그림 2와 같이 구성되며, 마이크로프로세서는 A/D컨버터를 통해 변환된 디지털 신호인 데이터를 저장하고, 저장된 데이터를 확인할 수 있도록 제어 신호를 출력하며, 통신포트부를 통해 용이하게 데이터를 전송할 수 있도록 제어한다. 출력표시부는 마이크로프로세서부에서 출력되는 신호에 의해 저장된 데이터를 실시간으로 확인할 수 있도록 표시하며, 전력소자부는 마

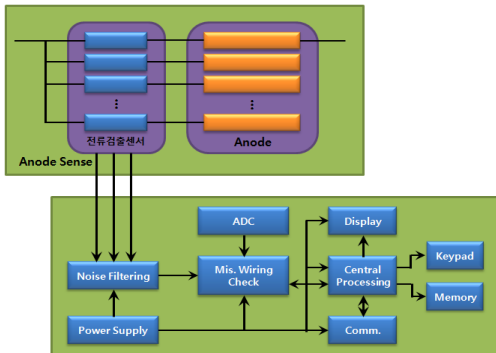
이크로프로세서부의 제어신호에 의해 통신부를 통해 전송된 기준전위와 양극의 값을 비교 및 판정하여 원하는 방식전위의 레벨로 적정하게 출력하도록 하는 블록이다.



[그림 2] 중앙제어시스템  
[Fig. 2] Central control system

### 3.3 양극 모니터링 시스템

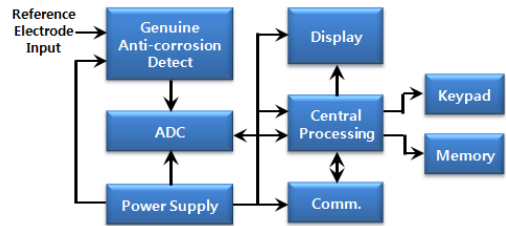
양극 모니터링 시스템은 그림 3과 같고 센서부는 양극에 흐르는 전류를 센싱하기 위해 다수의 전류검출 센서로 이루어지며, 양극부는 센서부의 전류검출센서에 각각 연결되도록 다수의 양극으로 이루어진다. 노이즈 필터링부는 센서부의 각 2차측에서 출력되는 전압에 대한 스위칭 노이즈와 라인 노이즈 등을 필터링하며, 오배선 체크부는 노이즈 필터링부에 입력되는 라인으로 결선상태를 파악하기 위한 블록이다. 또한, 중앙처리부는 ADC를 통해 변환된 데이터를 입력받아 오배선 상태 및 전류값을 체크하여 처리한다. 디스플레이부는 각 양극의 동작 전류에 대한 현재의 오배선 상태 및 전류값을 용이하게 확인할 수 있으며, 중앙처리부를 통해 처리되어 출력되는 데이터를 저장시키는 메모리부, 중앙처리부와 상호 연결되어 오류 발생시 이를 중앙제어단에 전송하고, 설정값 등을 전송받는 통신포트부로 구성하였다.



[그림 3] 양극 모니터링 시스템  
[Fig. 3] Both poles monitoring system

### 3.4 기준전극 자동 선택장치

본 논문에서 개발된 전기방식 자동제어장치는 DB관리 및 데이터를 관리하는 중합관리서버를 통해 각 전압, 전류, 기준전위, 분극전위 및 ID가 각각 저장된 상태에서 전기방식 자동제어장치에 대한 제어상태를 통신운영서버를 통해 명령을 전송한다. 또한, 통신운영 클라이언트에서 수신된 ID의 일치 여부에 따라 중앙제어단을 통해 데이터의 요청과 데이터 설정을 수행한다. 이때, 중앙제어단은 센서를 통해 현재 방식을 실시하기 위한 동작 전압과 전류 및 오류상태 등을 저장하고 있다가 통신운영 클라이언트에서의 데이터 요청에 의해 통신선로(RS-232 또는 RS-485)로 데이터를 전송한다. 또한, 통신운영서버에서 데이터의 설정 명령이 통신운영 클라이언트를 통해 수신되면, 수신된 데이터를 저장한 다음 제어 설정값을 갱신한다. 중앙제어단을 통한 갱신된 데이터 값은 각각의 양극 모니터링단과 기준전극 자동선택단과의 통신을 수행하고, 양극 모니터링단과 기준전극 자동선택단은 데이터 값을 자동으로 저장된다.

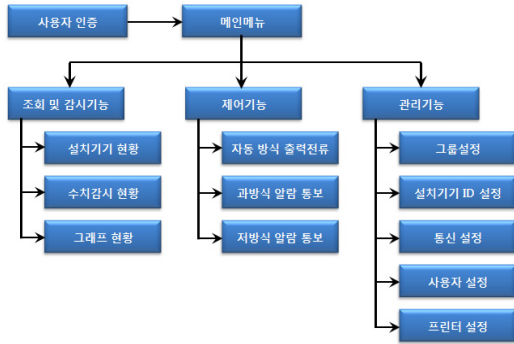


[그림 4] 기준전극 자동 선택장치  
[Fig. 4] Refer. electrode auto-selection system

### 3.5 웹기반 운영프로그램

고정전위 및 분극전위 알고리즘은 기준전극 신호들 중에서 방식전위의 미달 유무를 체크한 다음 방식전위에 미달되지 않은 기준전극의 신호는 외부 정류기에 전송을 수행한다. 만약, 방식전위에 미달되는 기준전극의 신호에 대해서는 자연전위와의 분극차(즉, 자연전위와 기준전극 사이의 차)를 구한 다음 상기 분극차(예를들어, 100mV ~ 300mV 사이)에 해당하는 분극방법을 적용한다. 분극방법을 적용한 후 방식 기준전위에 대한 도달 신호들을 체크하며 이때 안정상태(방식)에 있을 경우 그 값을 생성한 후 외부 정류기에 전송하고, 과방식 상태(전식)에 있을 경우에는 방식 기준전위 값에 적합하도록 차 알고리즘을 적용한 값을 생성한 후 외부 정류기에 전송한다. 저방식 상태(부식)에 있을 경우는 방식 기준전위 값에 적합하도록 합 알고리즘을 적용한 값을 생성한 후 외부 정류기에 전송한다. 이와같이 전체적인 운영을 감시할 수 있는 중

합관리서버 및 통신운영서버에서 방식 대상물에 대한 기준전위의 값과 분극전위의 값을 소출력 무선 통신망을 이용하여 용이하게 감시할 수 있는 동시에 데이터의 설정이 가능하다.



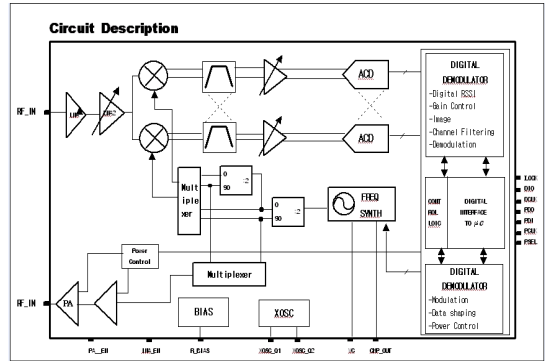
[그림 5] 웹기반 운영프로그램  
[Fig. 5] Web-based operating program

이와 같이, 발전설비 주변에 설치되어 있는 전기방식 자동제어장치의 필요한 파라미터들을 무선 통신망을 이용하여 중앙 센터의 운영 프로그램에서 직접 설정 및 제어할 수 있다. 이는 현장에서 직접 설정이 가능하도록 하는 동시에 중앙 센터의 운영 프로그램에서 전체적인 시스템을 직접 제어할 수 있는 쌍방향 통신 환경을 제공할 수 있도록 운용된다.

### 3.6 중계 및 주·종 무선모뎀

중계모뎀을 내장한 원격 전기방식 자동제어 장치의 경우 중계모뎀(CDMA 모뎀 + 소출력 무선모뎀), 중앙제어부, 양극자동선택부, 기준전극자동선택부로 구성된다. 중계무선모뎀은 CDMA 모뎀만을 사용할 경우 제품단가나 유지 비용이 너무 많이 소요되므로 이를 해결하기 위해 사용되는 것으로 소출력망을 통해 방식대상물의 임의의 개소에 설치되어 있는 부식감시 장치로부터 부식 관련 데이터를 수거하여 CDMA망을 통하여 중앙운영센터에 부식 및 방식 관련 데이터를 제공해주는 기능을 수행한다. 특히, 본 논문에서는 국가별 사용 주파수에 모두 적용이 가능하도록 Narrow-band용 IC를 이용하여 소출력무선모뎀을 개발함으로써 제조원가 및 불량률을 매우 낮출 뿐만 아니라 주파수 조정이 용이하도록 하였다.

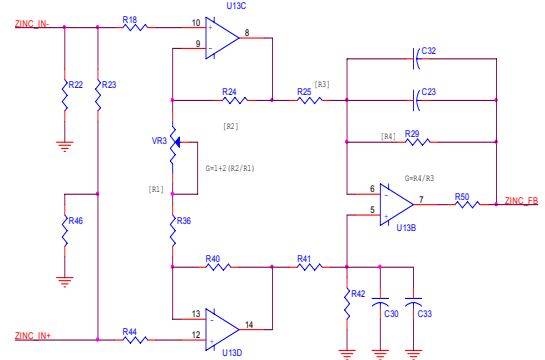
주·종무선모뎀은 RS232 통신부, 무선부, 인터페이스부, 메모리부, 제어부로 구성되며 무선부는 그림 7에 나타난 바와 같이 수신된 RF 신호가 LNA(Low Noise Amplifier)와 LNA2에 의해 증폭되고 I와 Q 신호로 down-convert 되어 IF로 입력된다.



[그림 6] 무선부 블록도  
[Fig. 6] Wireless unit block diagram

### 3.7 부식 전위 검출

기준전극에서 검출된 신호(mV)를 전위 검출회로의 Z(+), Z(-)에 연결하여 부식 전위 검출 회로의 검출 신호를 A/D변환기의 입력 조건에 적합한 신호로 변환한 후 부식 전위 신호에 같이 검출된 Line Noise를 Filtering 한다. Noise가 제거된 방식전위 신호는 증폭용 IC로 증폭하여 A/D변환기의 입력단자로 전달하면 A/D변환기는 방식 전위 신호의 변화량을 Digital 신호로 변환한 후 제어회로를 운용하기 위한 Logic IC에 Digital 신호를 전달한다. Logic IC에 전달된 Digital 신호를 MCU에서 설정된 값과 입력신호를 비교 검토하고 기준 전극의 단선 및 오배선을 감지하여 안정된 부식 전류의 공급 및 제어가 가능하도록 설계하였으며, 기준 전극의 단선 및 오배선은 방식 전류가 방식대상물에 공급되지 않더라도 방식전위가 방식기준 전위(Zn:250mV, Cu/CuSO4: -850mV)에 도달한 값이 나타나도록 하였다.



[그림 7] 부식 전위 검출 회로도  
[Fig. 7] Corrosion potential detection circuit

### 4. 개발된 시스템

본 논문에서 개발된 부식감시 및 방식을 위한 웹기반 예측시스템과 정격 및 성능은 그림 8, 표 1과 같다. 개발된 시스템은 제어 회로의 집적화 및 간소화를 통한 성능 향상 및 불량발생 요인을 최소화하였으며, 마이컴을 이용하여 모든 신호를 Digital화함으로써 상황변동에 따른 비례제어를 실현하여 제품의 신뢰성 및 정확성을 향상시킬 수 있었다.



[그림 8] 개발된 시스템  
 [Fig. 8] Developed system

[표 1] 정격 및 성능  
 [Table 1] Rating and performance

항 목	정격 및 성능
전원 전압	AC 24V(전압 변동율 10%이내)
제어 방법	Micom에 의한 피지제어
전압(전류) 설정범위	DC 0V ~ 요구 전압 DC 0A ~ 요구 전류
방식전위	DC -1,999 ~ +1,999mV
비방식 경보	DC -1,999 ~ +1,999mV
과방식 경보	DC -3,000 ~ 0mV
정전 대책	EEPROM에 Data 보존
경보 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fuse 및 Zinc, Anode Cable 단선</li> <li>○ Zinc Cable 결선 불량</li> <li>○ Anode Cable 결선 불량</li> <li>○ uPr(저방식) ○ oPr(과방식)</li> </ul>
사용 전극	Zn, Cu/CuSO <sub>4</sub> , Ag/AgCl
통신 기능	유선(RS-485), 무선(RF 통신)
기 타	Micom에 의한 자기진단기능

### 5. 결론

본 논문에서는 방식 대상물의 주변에 설치된 다수의 기준전극에 대한 전위값을 상시 체크하여 고정전위 알고리즘 및 분극 알고리즘을 자동으로 선택하고, 선택된 알

고리즘을 정류기에 전송시켜 방식전위의 조절이 가능한 부식감시 및 방식을 위한 예측시스템을 개발하였다. 이를 이용할 경우 방식 대상물의 산화현상에 의한 부식이 미연에 방지되어 제품에 대한 수명의 연장이 가능하며, 기준전극을 선택하는데 있어 원격에서 전체적인 제어가 가능하여 시설물에 대한 방식이 용이하게 유지될 수 있어 안전사고로 인한 인명피해 및 경제적인 손실을 방지할 수 있다. 또한, 방식전위 자동 제어장치 및 제어방법을 통하여 효율성이 향상되어 이를 설치하여 실시하는 운용자에게 운용상의 신뢰도 및 만족도가 극대화되는 등의 여러 효과가 기대된다.

### References

- [1] J. H. Bae and T. H. Ha, "The Development of the Remote Real-Time Corrosion Monitoring and Control System Using By TRS for Maritime Metallic Structures", in KIEE Conference, Nov. 2000.
- [2] B. M. Seo, J. K. Lee, S. H. Park, "A Study of On-Line Corrosion Monitoring in Chemical Cleaning Process," in CSSK CST, Vol.28, No.3, June 1999.
- [3] S. W. Jeong, Y. K. Kim, S. M. Lee, Y. T. Ko, "Atmospheric corrosion monitoring with Time-Of-Wetness(TOW) sensor and electron resistance sensor," in CSSK Conference, 2001.
- [4] J. H. Bae, T. H. Ha, H. G. Lee, "The Development of Remote Corrosion Monitoring and Automatic Control System for Maritime Matallic Structures," in CSSK Conference, 2000.
- [5] J. D. Kim, S. O. Park, I. K. Kang, "Sihwa tidal power plant WEB based corrosion protection realtime control system development," in KIEE Conference, July. 2007.
- [6] Y. B. Kim, B. Y. Kim, J. H. Seo, J. W. Kim, "A Study on the Development of a Control and Monitoring System for Impressed Current Corrosion Protection," in Journal of KSPSE, Vol.10, No.2, May 2006.
- [7] J. H. Bae, T. H. Ha, H. G. Lee, D. K. Kim, "The Development of Remote Corrosion Monitoring and Control System for Oil Tank by using the High Efficiency CP Rectifier," in KIEE EMECS Conference, Nov. 2001.

---

**박 형 근**(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주) 미디어서브연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드시스템, SOC

---

**김 선 엽**(Sun-Yeob Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 전임강사

<관심분야>

초고주파 통신용 회로, 광통신응용