

논문 2009-46IE-4-4

# 전자제어 장치를 이용한 용광로 냉각관 누수 자동 감지장치 개발에 관한 연구

## ( A Study on Automatic Sensing Device for Water Leakage of Cooling Pipe at Blast Furnace by Use The Electronic System )

강 창 수\*, 강 기 성\*\*

(Chang Soo Kang and Ki Seong Kang)

## 요 약

용광로는 외피 부분에 내부 내화물의 온도를 낮추기 위하여 냉각수를 공급하는 냉각관 또는 스테이브를 사용하고 있다. 주변 조업 조건의 열악으로 냉각수를 공급하는 배관의 부식으로 냉각수가 내화물에 침투하여 내화물의 수명을 떨어뜨리고, 노황을 악화시키는 원인이 되고 있다. 이에 본 연구는 용광로 냉각설비장치에 이상 현상이 발생하였을 때 위치를 정확히 확인함에 따라 신속하게 누수된 부위를 파악하여 대처할 수 있는 기능을 갖춘 냉각관 누수 자동감지장치를 개발하였다. 주된 연구는 전자제어 장치인 마이크로프로세서를 응용한 전자변 제어장치를 이용하여 냉각설비의 파손으로 발생하는 누수현상으로 인한 고열과 분진 일산화탄소 등의 산출로 작업환경의 재해를 자동방지 하고자 하였으며, 작업환경이 친환경적이며 작업의 가치를 창출할 수 있는 방법들이 연구되고 있다. 용광로 분위기의 일산화탄소 자동 감지장치와 그에 따른 출력신호를 자동 전송하는 무선중계기 장치를 개발함으로 용광로 냉각설비 장치의 분위기 작업환경을 수동방식에서 무인자동화방식으로 개선하였다.

## Abstract

The cooling water circulation pipes had been used to drop the temperature of refractory outside shell of blast furnace by cooling plate or stave type. They were attacked by surrounding CO gas and it was the cause that they were corroded and the water inflow in the refractory due to leakage of water. So, the life of refractory material was shorten and changed for the worse the conditions of blast furnace. The automatic sensing device for water leakage of cooling pipe was developed to check the position of trouble by use the micro-process system when cooling water leak and then CO gas will be inflow into the cooling pipe at the leakage position. The inflow CO gas will be detected in the micro-process system and delivered the detected position of cooling plate or stave to main control room through the wireless-radio relay station. This system can be possible to detect the position of cooling plate or stave the water leakage part immediately and then deliver the signal to main control room by use the micro-process system and wireless-radio relay station. This system will develop the working condition from manual system to unmanned auto alarm system.

**Keywords :** Blast Furnace, Cooling system, Micro-Process, Cooling plate, Stave

## I. 서 론

근대 제철법의 발생은 15 세기에 독일의 라인강 유역에서 발전된 고로 제철법이 주변국으로 전파 되면서 시

작 되었다. 그 후 16~17 세기를 통하여 영국은 발전적으로 성장하여 낡은 제철법을 고집하던 독일의 중부 및 남부의 여러 지방에 대하여 우위를 점유하고 있었다.<sup>[1]</sup> 18세기에 들어와 영국에서 목탄 대신에 석탄을 사용하는 코크스 고로 제철법에 성공하였다.<sup>[2]</sup> 그리고 18세기 후반에는 영국에서 목탄을 이용하여 선철을 가단철로 바꾸는 대신에 석탄을 이용한 반사로에 의하여 정련하는 퍼들 제강법을 개발하였다.<sup>[3]</sup> 제철산업이 유럽에서

\* 정회원, 유한대학  
(Yuhan University)

\*\* 정회원, (주)동도연구소

(DongDo Research Center Co., Ltd.)

접수일자: 2009년9월21일, 수정완료일: 2009년12월7일

미국으로 이동하고 있던 시기에 세계 철의 새로운 중심이 동방으로 이동하기 시작하였다. 중요한 철강 생산기지는 종래의 미국과 서유럽에 한정되지 않고 전 세계적으로 확산되었으며 그 지역은 동유럽 및 아시아에서는 일본, 한국, 중국, 및 인도에 새로운 철강 생산기지가 건설되었다. 따라서 철강소재의 고급화 및 신기술이 개발되고 신기술과 결부되는 현장에서의 작업환경 개선 문제도 크게 주목되고 있다.<sup>[4]</sup> 용광로 내에는 광석 및 코크스의 환원용융 반응과정에서 다량의 CO 가스가 생성되는데 용광로 내의 CO 가스는 용손된 냉각설비의 냉각수에 혼입 배출되며 냉각수가 가스포집 장치를 통과하면서 기체와 냉각수가 분리된다.<sup>[5]</sup> 냉각수에 혼입된 CO 가스는 비중 관계로 항상 상부에 위치하면서 유로를 따라 흐르게 되고 요철 부위에 체류하게 되는 원리를 이용 챔버형의 가스포집 장치를 배수관로에 설치하여 냉각수 배수 관로를 통하여 배출되는 CO 가스가 가스포집 장치에 포집되도록 한다. 용광로 냉각관 내의 냉각수와 함께 유속 되는 용손 CO 가스 누출을 초기에 감지가 안 될 경우 용광로 내부의 균열 및 그에 따른 문제는 강의 기계적 손실을 해칠 뿐 아니라 용광로 내부의 내화벽으로 냉각수가 침투될 경우 용광로의 막대한 피해와 현장의 안전에 심각한 문제가 발생하게 된다. 이러한 용광로 가스누출 안전시스템에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>[6]</sup> 앞으로 이러한 모든 것이 함께 해결됨으로 철강의 고급화 및 신기술 향상에 크게 기여될 것으로 사료된다. 본 연구에서는 철강제품의 질을 향상 시키고 현장의 작업환경 개선 및 안전한 크린 작업현장을 만들기 위하여 마이크로프로세서를 응용한 용광로 가스누출 안전장치를 자동화 감지를 함으로 기존의 수동방식에서 완전 자동화 하고자 한다. 메인 센터에서는 현장의 자동감지 시스템에 의한 모든 가스누출이 자동감지 됨으로 무선을 통해 중계기로 전송함으로 메인 센터에서 디스플레이를 통하여 감지할 수 있는 자동 감지 가스 누출 안전장치를 구현하였다.

## II. 실험 및 방법

냉각설비는 냉각판형과 스테이브형으로 이루어진다. 냉각설비는 고온, 고압의 바람을 불어 넣는 풍구의 형성과정으로 이루어진다. 또한 냉각설비 이상 감지방식이 냉각판이나 스테이브 및 풍구의 냉각수 배수측에 설치된 상태를 나타내고 있다. 용광로 냉각설비의 용손시 냉각수 배수측에는 냉각수에 혼입되어 배출되는 CO 가

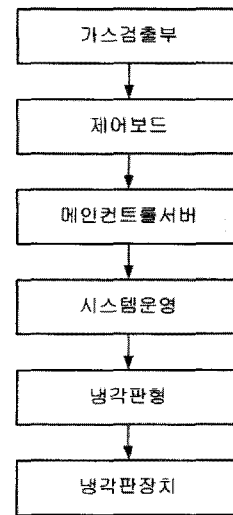


그림 1. 용광로 냉각 파이프 누수 자동 감지장치 제작 분석

Fig. 1. Fabrication process of automatic sensing device for water leakage of cooling pipe at blast furnace.

스를 포집하기 위한 가스 포집 장치가 연결되어지고 그 상부에는 CO 감지기와 레벨검지기 및 전자변으로 조합하여 구성된 냉각설비 감지장치가 설치된다. 냉각설비의 가스를 검출하는 전자가스 포집검출부에는 모든 입력신호를 받아 처리하는 장치운용에 필요한 전자메인보드 장치가 감지된 자료를 수집하여 전송하는 중계기로 구성한다. 상기장치는 냉각설비의 배수측에 가스포집 장치의 일측이 연결되고 반대측에 배수관이 연결되어 가스 포집장치 상부에 냉각설비의 가스를 검출하는 전자가스 포집검출장치가 구성된다. 용광로 냉각 파이프 누수 자동 감지장치에는 무인자동 전자변 감지장치와 감지신호를 제어하는 제어보드장치 및 감지장치의 메인 컨트롤러 서버장치 그리고 신호를 전송하고 모니터링 하는 시스템 모니터링 장치를 사용하였다. 용광로 냉각 파이프 누수 자동 감지장치의 준비 단계와 제작 공정도는 그림 1과 같다. 용광로 냉각관 누수 자동 감지장치의 전자제어장치를 구성하기 위하여 에폭시용 절연기판을 이용하여 가스검출 장치회로를 제작하였다. 가스검출 장치를 제작한 후 감지신호를 제어하는 제어보드 회로를 구성하였으며 제어보드에서 출력된 신호를 실시간에 따라 저장하는 메인 컨트롤러 서버장치와 저장된 신호를 시스템에 따라 적용하는 시스템장치를 구성하였다. 용광로 냉각 파이프 누수 자동 감지장치의 누수시험을 위하여 현장적용용 시험장치를 제작하여 CO 가스를 냉각수와 함께 관내로 흘려보내 감지하는 용광로 냉각 파이프 누수 자동 감지장치를 제작 분석하였다.

1. 실험 프로토콜

용광로 냉각설비의 용손시 냉각수 배수측에는 냉각수에 혼입되어 배출되는 일산화탄소를 포집하기 위한 가스 포집장치가 연결되어지고 그 상부에는 CO 감지기 와 레벨검지기 및 전자변으로 조합하여 구성된 냉각설비 감지장치가 설치된다. 냉각설비의 가스를 검출하는 전자가스 포집 검출부에는 모든 입력신호를 받아 처리하는 장치운용에 필요한 전자메인보드 장치가 감지된 자료를 수집하여 전송하는 중계기를 구성한다. 상기장치는 냉각설비의 배수측에 가스포집 장치의 일측이 연결되고 반대측에 배수관이 연결되어 가스포집 장치상부에 냉각설비의 가스를 검출하는 전자가스 포집 검출장치가 구성된다. 용광로 내에는 광석 및 코크스의 환원용융 반응과정에서 다량의 일산화탄소가 생성되는데 용광로 내의 일산화탄소는 용손된 냉각설비의 냉각수에 혼입 배출되며 냉각수가 가스포집 장치를 통과하면서 기체와 냉각수가 분리된다. 냉각수에 혼입된 일산화탄소는 비중 관계로 항상 상부에 위치하면서 유로를 따라 흐르게 되고 요철부위에는 체류하게 되는 원리를 이용 챔버형의 가스포집 장치를 배수관로에 설치하여 냉각수 배수관로를 통하여 배출되는 일산화탄소가 가스포집 장치에 포집되도록 한다. 그림 2에서는 냉각판형의 용광로 냉각 파이프 누수 자동장치가 부착된 그림을 나타내었다.

가스포집 장치의 구조가 배수관로 보다 확장되게 제작되어 유체의 압력과 속도를 감소시키는 기능을 하게 하여 혼입된 가스의 부상을 쉽게 하며 또한 가스포집 장치 내부에는 냉각수의 와류를 억제하기 위하여 와류 방지판이 설치되는데 와류 방지판은 다수개의 구멍을 형성한 다공 판으로 이루어진다. 와류 방지판의 기능은

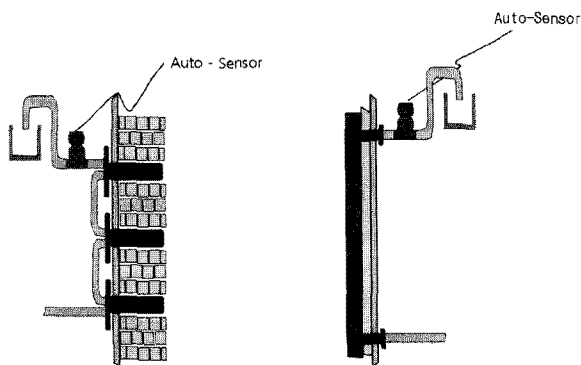


그림 2. 용광로 냉각 파이프 누수 자동감지장치  
Fig. 2. System of automatic sensing device for gas leakage of cooling pipe at blast furnace.

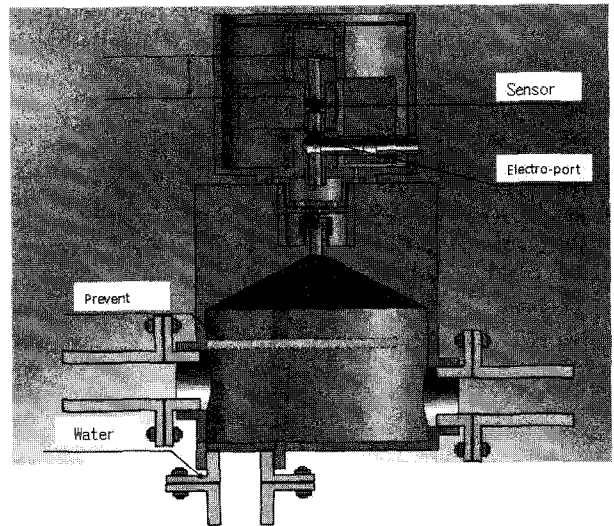


그림 3. 용광로 냉각 파이프 누수 자동감지장치 내부구조  
Fig. 3. Internal structures of automatic sensing device for gas leakage of cooling pipe at blast furnace.

로는 냉각수의 와류는 방지되고 와류 방지판에 형성된 구멍을 통하여 냉각수에 혼입된 기체가 상부로 부상하기 용이하게 하며 인입측과 배출측 위치를 상이하게 구성하므로 냉각수가 배수되면서 유실되는 가스의 손실을 최소화하여 가스포집 장치에 가스 포집을 정확하게 할 수 있도록 한다. 그림 3에서는 가스누출 무인자동 전자변 감지장치의 내부구조를 나타내었다.

2. 가스 누출 전자변 감지장치 분석

용광로 냉각설비 무인자동 감지장치의 가스를 감지하는 가스감지 검출부 장치는 용광로 냉각설비 무인자동 감지장치의 전원 및 센서를 교체하는 교체부 장치 그리고 가스가 포집 되면 자동으로 밸브를 열어 가스 감지하는 전자변 솔 밸브 제어포트 장치. 가스가 포집 되면 자동으로 밸브를 열어 수위를 검지하여 전자변 솔 밸브 제어포트 장치로 전달하는 수위 검지부 장치, 전자변 솔 밸브 제어포트 장치에서 감지된 신호를 메인 서버로 중계하는 중계기 장치, 감지된 신호를 저장하는 메인 컨트롤 서버 및 디스플레이 장치, 메인 컨트롤 서버에 저장된 자료를 중앙 모니터링실로 전송하는 무선 통신부 장치를 포함하는 것으로 구성하였다. 용광로 냉각설비 무인자동 감지장치의 전원 및 감지부를 교체하는 교체부 장치, 가스가 포집되면 자동으로 밸브를 열어 가스 감지하는 전자변 솔 밸브 제어포트 장치와 가스가 포집되면 자동으로 밸브를 열어 수위를 검지하여 전자변 솔 밸브 제어포트 장치로 전달하는 수위 검지부

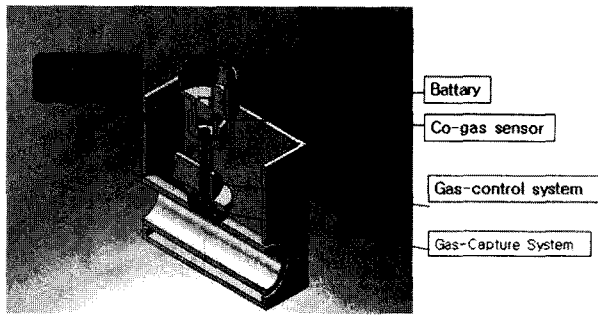


그림 4. 가스 누출 전자변 자동감지장치  
 Fig. 4. Automatic sensing system for gas leakage electronics device of cooling pipe at blast furnace.

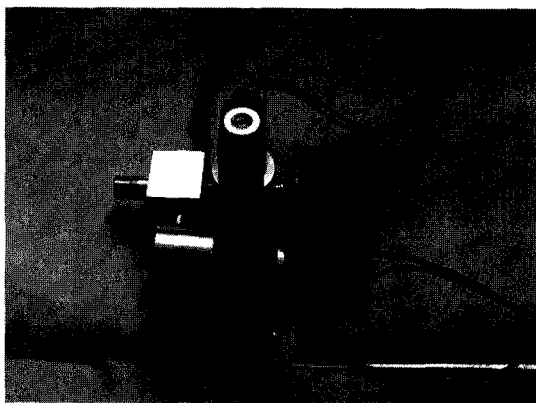


그림 5. 가스 누출 전자변 외형도  
 Fig. 5. External Phot of gas leakage electronics device.

보장장치가 추가된다. 그림 4에서는 가스 누출 전자변 자동감지장치를 나타내었으며 그림 5는 전자변 외형도이다.

### III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 냉각설비 무인 자동 가스포집 장치에 가스가 포집되며 가스량 만큼 수위가 떨어지게 되고 떨어진 수위를 수위 레벨계가 감지하여 자동감지센서 전자변을 작동하게 한다. 일산화탄소를 CO 감지센서에서 감지하고 자동감지 전자변이 작동되면 CO 감지센서와 가스포집 장치에 흘러가는 유로가 형성되어지게 된다. 기체를 모으는 기능을 하는 기체 포집기는 설비의 냉각수관로 보다 확장되어 제작되며 포집된 기체를 CO 감지기 측으로 신속히 유도하기 위하여 상부는 나팔관형의 삼각형으로 이루어지고 CO 감지기나 전원공급 계통 교체 및 보수 시 분리가 가능한 상부 정보조절 감지기 부분을 정방향이나 역방향으로 돌리면 기체 포집장치의 상부 흡과 감지부 하부의 돌기 부분이 결합 또는 분리되는 구조로 제작하였다.

### 1. 무인자동 감지장치의 메인 컨트롤 서버장치 구성에 따른 비교

용광로 내부에 설치되어 있는 풍구 및 냉각관이 용광로의 크기에 따라 많은 수의 개소가 설치되어 있으며 풍구 및 냉각관의 설치 위치나 접속 배관 계통이 복잡하고 높고, 낮은 위치에 밀집되어 있다. 이러한 설비는 고열과 분진, CO 가스 등이 산재한 지역에 집중적으로 설치되어 있다. 설비의 무인화와 자동검지 기능을 하는 설비의 전자 무인자동화를 제공하기 위해서는 기존 방식과의 시스템을 비교해야만 한다. 용광로 설비의 냉각 방식에 이상이 발생하였을 때 개소와 위치를 빠른 시간 내에 경보를 알려주는 장치에 관한 것으로, 용광로는 내화물을 축조하고 그 사이에 냉각수가 순환할 수 있는 동체의 냉각관을 삽입하고 냉각수를 순환케 하여 냉각수의 냉각효과에 의하여 설비를 보호할 수 있게 구성되어야 한다. 기존의 아날로그 방식에서 벗어나 디지털 방식의 무선통신 방식을 구성하여 비교 검토가 이루어져야 한다. 그림 6에서는 무선네트워크를 기본으로 하는 ISM 무선통신방식을 이용하여 메인 컨트롤 장치를 이용한 메인 컨트롤 서버장치를 나타내었다.

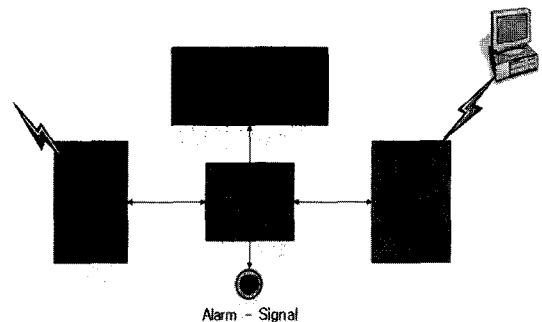


그림 6. 메인 컨트롤 장치  
 Fig. 6. System of Main control device.

### 2. 신호전송에 따른 모니터링 시스템 비교

용손 파손의 조기 발견은 용광로 가스누출 안전시스템이 함께 해결됨으로 철강의 고급화 및 신기술 향상에 크게 기여되고 있다. 본 연구에서는 철강제품의 질을 향상시키고 현장의 작업환경 개선 및 안전한 작업현장을 만들기 위하여 마이크로프로세서를 응용한 용광로 가스누출 안전장치를 자동화하여 감지함으로 기존의 수동방식에서 완전 자동화 디지털 방식을 구현하고자 한다. 기존 방법으로는 인력에 의한 수작업으로 인력에 의한 부정확도 더 나아가 재해요인이 되고 현장근접 작업에 따른 가스중독 및 분진에 의한 문제점이 발생되고

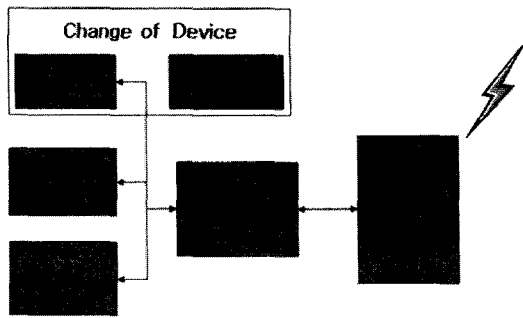


그림 7. 제어보드장치  
Fig. 7. System of Main control board.

있다. 그림 7에서는 기존 작업방법과는 달리 감지신호를 제어하는 제어보드장치를 나타내었다. 전원부에서 센서를 교체할 수 있게 구성되었으며 기존 수동방식과는 다르게 아날로그신호를 디지털화하여 무선을 이용한 ISM 밴드 방식을 이용하여 모니터링 비교 방식을 구현하였다.

### 3. ZIGBEE - NETWORK 을 이용한 모니터링 시스템비교

메인 센터에서는 현장의 자동감지 시스템에 의한 모든 가스누출이 자동감지 됨으로 무선을 통해 중계기로 전송함으로 메인 센터에서 디스플레이를 통하여 감지할 수 있는 자동감지 가스 누출 안전장치를 구현한 방식이다. 그림 8에서와 같이 각 센서에서 감지된 신호는 지그비 네트워크를 통해 메인 컨트롤 서버 및 디스플레이 화되어 RS485 혹은 광케이블을 통해 모니터링 된다. 신호전송 과정에서 현장의 조건에 의해 중계기를 통해 전송되는 경우도 발생되게 된다. 이러한 디지털방식은 기존의 아날로그방식과는 시스템 자체와 중계방식이 매우 다르다고 할 수 있다.

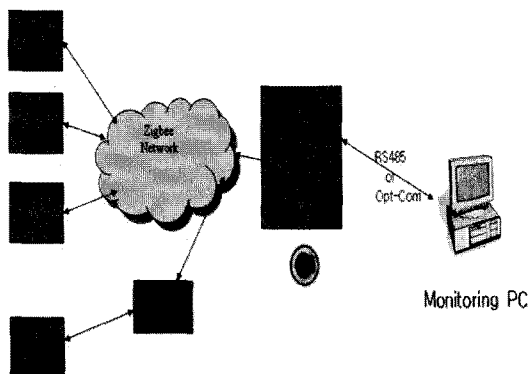


그림 8. 메인 컨트롤 모니터링 장치  
Fig. 8. Operating System of Main control Monitoring device.

## IV. 결 론

본 연구는 디지털방식의 용광로 냉각설비 무인자동 가스감지 장치 개발에 관한 것이다. 냉각설비와 풍구의 용손 여부의 정확한 정보를 제공하고 독립 밀폐형으로 제작하여 일산화탄소가 산재해 있는 외부 환경에 전혀 영향을 받지 않도록 제작된 기기로 구성된다. 자동 감지 전자 시스템을 적용하므로 정보의 정확성을 확보할 수 있게 한 용광로 냉각설비 무인자동 전자 감지 장치이다. 용광로 냉각설비 이상을 발견하기 위하여 기존의 수동 간이 기체 포집 방법이나 육안점검 방법은 점검 결과를 신뢰할 수 없는 문제와 수동 인력과 시간이 소요되던 문제점을 개선할 수 있고 또한 친환경적인 작업 환경을 갖게 하며 대외적인 경쟁력의 우위에 있을 수 있는 등 다양한 효과를 갖고 있다. 본 연구 개발에서 아래와 같은 경제성을 갖는 연구 결과를 얻었다.

- 1) 가스누출 무인자동 전자변 감지장치 개발
  - 냉각수에 혼입되어 배출되는 일산화탄소를 포집하기 위한 가스포집 장치가 연결되어지고 그 상부에는 CO감지기와 레벨검지기 및 전자변으로 조립하여 구성된 전자 가스 포집 검출 감지기술
- 2) 감지신호 메인 컨트롤 서버 및 디스플레이 보강장치 개발
  - 감지된 신호를 저장하는 메인 컨트롤 서버 및 디스플레이 장치
- 3) 신호를 전송하고 모니터링 하는 시스템 운영설계 기술
  - 메인 컨트롤 서버에 저장된 자료를 중앙 모니터링 실로 전송하는 무선통신부 장치와 용광로 냉각설비 무인자동 감지장치 안전제어 시스템설계 기술

## 참 고 문 헌

- [1] E. Chanran, B. Maton, A. Four Ment, "Effect of Postural Muscle Fatigue on the Relation Between Segmental Posture and Movement", J. Electromyography and Kinesiology 12:67-69, 2002.
- [2] Vitasalo JHT, et al., "Signal Characteristics of EMG during Fatigue", Eur J Appl. Physiol. 37 pp. 111-121, 1977.
- [3] C.J.De Luca, "The Use of Surface Electromyography in Biomechanics", J. Appl. Physiol. 13(2) pp. 135-163, 1997.
- [4] The Freedonia Group, Inc., Power Supplies for

Portable Products to 2008, Pub Date, 2004.

- [5] H.L. Garner, "Number systems and arithmetic,"  
Advanced in Computers, vol.6. pp. 131-194, 1975
- [6] S. Bahng, Y. Park, J. Kim, "QR-LRL signal  
detection for spatially multiplexed MIMO  
system," IEICE TRANS. Commun., vol. E91-B,  
no.10, pp. 3383-3386, Oct 2008.

---

저 자 소 개

---



강 창 수(정회원)

1982년 광운대학교 공학사 졸업  
1986년 한양대학교 공학석사 졸업  
1992년 광운대학교 공학박사 졸업  
<주관심분야 : 반도체, 신경회로  
망, 회로설계>



강 기 성(정회원)

1986년 관동대학교 공학사  
1988년 명지대학교 공학석사  
1995년 명지대학교 공학박사  
<주관심분야 : 광통신, 반도체재  
료, 이동통신>