

## 임베디드 기반의 DCS 터미널 원격 감시 시스템 설계 및 구현

박해동\*, 하중현\*, 박현창\*, 이세훈\*

### Design and Implementation of Embedded Based DCS Terminal Remote Monitoring System

HaeDong Park \*, JongHyun Ha \*, HunChang Park \*, SeHoon Lee \*

#### 요 약

이 논문에서는 기존 개발된 일체형의 통합 터미널 보드의 유선방식으로 자동제어시스템에서의 중요 신호에 대한 전체적 통합관리시스템 구축을 위한 DCS 터미널 원격 감시 보드를 설계 제작하고 제작된 보드의 동작을 테스트하기 위해 원격감시 프로그램을 구현하여 기능을 평가한다. 구현된 원격감시보드는 전원 관리실의 각 릴레이들의 동작상태 및 릴레이와 퓨즈의 이상 유무를 실시간으로 확인이 가능하며 릴레이의 수명을 고려하여 릴레이의 고장을 사전에 예방함으로써 산업분야의 경제적인 효과가 기대된다.

▶ Keyword : DCS, 릴레이(Relay), 터미널-terminal), 원격 감시(Remote Monitoring), 임베디드(Embedded)

#### 1. 서 론

자동화 기술은 지속적인 관심으로 계속 발전하고 있으며 사회 및 산업분야 곳곳에 활용되고 있다. 이러한 자동화는 방대한 양의 물품을 생산해 내거나 위험한 작업이 이루어지는 발전소, 화학공장, 선박, 자동차, 반도체, 철강 및 수처리 산업 등에서 계측 제어 장비 및 센서 등을 자동제어시스템(DCS & PLC)으로 제어 하는 형태로서 사용된다. 그러나 현장계기와 자동제어시스템의 신호 연결부분인 터미널부분은 인위적인 점검 및 조치에 의존하고 있어 많은 인력과 비용이 소요되고 있는 실정이다[1,2,3].

자동제어시스템의 신호전달 체계의 중간 단계인 전원인가 신호의 터미네이션 부분은 일대일 유선연결방식으로 다량의 연결선, 릴레이 및 터미널 단자가 필요하며 이 부분의 통합기술은 일체형 보드로 이미 신행 발전소에 적용되어 있다. 발전소 자동제어시스템의 경우 부하율의 기준은 85%이하이며, 자동 제어시스템의 전원인가 신호에 대한 모니터링 포인트 추가 시 약 20%의 포인트가 증가한다. 즉, 전원인가 신호에 대한 전체적인 신호를 모니터링하기 위하여 자동제어시스템의 포인트가 약 20%이상 추가되고 자동제어시스템의 하드웨어 및 프로세스를 추가 구성하여야 가능한 실정이다.

따라서 자동제어시스템의 용량 및 프로세스의 영향으로 대용량 자동 제어 시스템에만 적용가능하며, 유선 방식으로 이용하고 있다(3,4,5).

기존 자동제어시스템의 문제점으로는 첫째, 자동제어시스템의 기존 방식의 신호 터미널 부분 문제점이다. 이는 다량의 자재 및 설치공간의 대형화를 필요로 하며, 터미널 부분의 이상여부를 육안 검사등 인위적으로 진단해야 하는 불편함과 이상 발생 시 원인 분석 및 즉각 대처가 불가능하다는 것이다. 둘째, 자동제어시스템 유선방식 신호 터미널 부분 문제점이다. 이는 기존 방식에 비해 자재 및 설치 공간이 축소되나 터미널 부분의 이상여부를 인위적으로 진단해야 하는 즉, 현장에서 육안 검사 및 자동제어시스템에서 등록된 일부 신호만 진단 가능하다는 문제점을 갖고 있으며, 역시 이상 발생 시 원인 분석 및 즉각 대처가 불가능하다는 것이다.

따라서 이 논문에서는 기존 개발된 일체형의 통합 터미널 보드의 자동제어시스템에서의 중요 신호에 대한 부분적인 관리가 아닌 전체적 통합관리시스템 구축을 위한 DCS 터미널 원격 감시 보드를 설계 제작하고 제작된 보드의 동작을 테스트하기 위해 원격감시 모니터링 프로그램을 구현하여 기능을 평가한다. 무선방식으로의 전환은 전원관리실의 각 릴레이들의 동작상태 및 릴레이와 퓨즈의 이상 유무를 실시간으로 확인이 가능하며 무선 방식 모듈 장착에 따른 설치의 간편화를 이룰 수 있다. 또 전체적 통합관리시스템 구축은 상태의 변화가 이루어지거나 일정시간마다의 데이터를 DB에 기록해두기 때문에 릴레이의 수명을 고려하여 릴레이의 고장을 예방조치 할 수 있는 효과가 기대된다.

## 2. 관련 기술 고찰

이 장에서는 산업현장의 DCS 터미널의 원격 감시 시스템 구축과 관련된 기술에 대해서 기술한다.

### 2.1 분산 제어 시스템

컴퓨터를 이용한 제어개념은 60년대 중반부터 프로세스 제어분야에 도입되기 시작하였으며 초기의 컴퓨터를 이용한 제어개념은 70년대 중반까지 한 대의 컴퓨터에 의한 DDC(Direct Digital Control) 시스템과 현장 아날로그 연결에 의한 제어방식이 주종을 이루고 있었다. DDC 시스템이란 한 대의 컴퓨터에 프로세스 데이터의 입력, 출력 및 플랜트의 감시, 조작, 제어 등을 모두 집중화 시켜 관

리하는 시스템이다. DDC의 경우 모든 제어기능이 한 대의 컴퓨터에 집중되어 있으므로 컴퓨터에 이상이 발생하면 공정 전체가 제어 불능 상태가 되어 신뢰성 저하가 문제가 되었다. 분산 제어 시스템(DCS: Distributed Control System)은 DDC의 단점을 보완하기 위하여 하나의 중앙처리 장치를 여러개의 작은 중앙처리 장치로 나누어 기능별로 분리하고 작은 용량의 중앙처리 장치를 갖는 각각의 컴퓨터를 통신 네트워크로 연결시켜 전체 시스템을 구성하도록 되어 있다.

DCS의 기본개념은 공정제어에 적용되는 시스템을 각 플랜트에 알맞은 단위 하위 시스템으로 분리하고 각 소단위 시스템에서는 각각의 주어진 역할을 수행하며, 상호간에 통신이 가능하도록 한 것으로서 DCS는 소형 DDC 시스템 여러개를 유기적으로 연결하여 전체 시스템을 구성한 것이라 볼 수 있다.

DCS의 기본 특징은 프로세스 제어기능을 여러 대의 컴퓨터에 분산시켜서 신뢰성은 향상시키고 이상 발생 시 그 파급 효과를 최소화시키며 프로세스 정보처리 및 운전 조작 그리고 분산 설치된 컴퓨터들의 관리기능 등은 중앙의 주 컴퓨터에 집중화시킴으로서 자료처리 및 운영관리를 원활하게 하는데 있다. 즉 DCS는 기능의 분산과 정보의 집중이라는 2가지 특징 사이에서 균형을 유지하면서 개발되었다.

DCS의 구성요소는 시스템 인터페이스, 프로세스 인터페이스, 운영자 인터페이스로 분리할 수 있다. 시스템 인터페이스는 CPU, Data Highway가 있다. 프로세스 인터페이스는 제어 대상과 직결해서 제어정보의 처리를 행하기 위한 컴퓨터의 입출력을 말하며 아날로그 입력 및 출력, 디지털 입력 및 출력 등이 있다. 운영자 인터페이스는 운영자가 필요에 따라서 제어대상을 제어하기도 하고 공정상태를 감시하기 위해서 준비된 조작스위치 및 상태표시 장치를 총칭하여 말한다. 최근에는 MMI(Man Machine Interface)기능을 강화하여 운영자의 부담을 경감하고, 고도의 상황판단 능력을 가지는 방향으로 발전되고 있다.

### 2.2 485 통신

RS485는 RS232나 RS422처럼 Full Duplex가 아닌 Half Duplex 전송방식만 지원하기 때문에 RS422의 Multi-Drop 모드의 슬레이브처럼 RS485의 모든 마스터는 TXD신호를 멀티포인트 버스(RS485의 모든 마스터가 공유하는 신호라인을 그렇게 부른다.)에 접속 또는 단락시켜야하고 RXD신호 역시 모드에 따라서는 접속, 단락의 제어를 하여야 한다.

### 2.3 4051 마이크로 프로세서

Intel사에서 제작된 8bit의 마이크로컨트롤러이다. CISCO의 명령어 구조를 가지고 있다. [7,8,9,10]  
 효율적인 I/O포트 구조와 각 모델에 따라서 내부 발진 회로, 타이머, 시리얼 통신, SPI, AD변환기, 풀업저항, 펄스폭 변조제어, 아날로그 비교기 그리고 왓치독타이머 등이 내장 되어 있다. 4051마이크로 프로세서의 명령어들은 C언어나 기계어로 개발할 때 프로그램의 크기를 최적화하도록 되어있다.

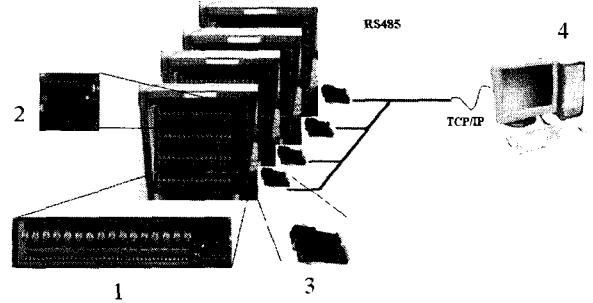


그림 1. 원격 감시 시스템의 전체 구성도

### 2.4 임베디드 리눅스

기존의 리눅스를 사용하고자 하는 시스템에 꼭 필요한 부분들만을 축약하여 커스터마이징된 리눅스를 이야기한다.  
 현재 PDA, PMP, MOBILE에 많이 사용되고있는 운영체제이며, 라이선스비용이 없다는 강점을 가지고있다.  
 우리가 이시스템에 사용한 리눅스는 임베디드리눅스에서도 매우 Tiny한 모델인 uCLinux를 사용하였다. 우리가 사용한하드웨어의 스펙이 4MB Flash Memory와 8MB Ram Memory인데 이러한 시스템에서 사용되기에 아주 적절한 OS이다.

원격감시시스템은 릴레이의 상태와 퓨즈의 상태를 슬레이브(slave)보드에서 체크하여 485통신을 이용하여 마스터(master)보드에 전송한다. 마스터에서는 캐비넷 안의 릴레이의 상태를 모두 수신하게 되면 블루투스 통신을 이용하여 중계 장치에 수집한정보를 전송한다. 그림 2는 슬레이브 보드와 마스터보드의 통신 구성을 보여주고 있다.

## 3. DCS 터미널 원격 감시 시스템

실제 산업현장에서는 전기장비들에게 전원을 공급하는 수 많은 릴레이들이 캐비넷이라는 특정 장소에 위치하며 릴레이에서 에러가 발생했을 때 많은 릴레이 중에서 에러가 발생한 릴레이 위치와 에러 타입을 검출하여 메시지 형태로 원격감시서버에 전송하기 위한 보드를 설계한다.

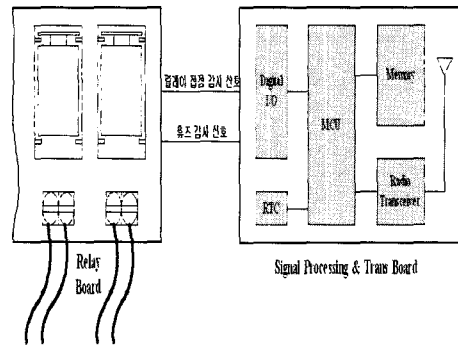


그림 2. 슬레이브보드와 마스터보드의 통신 구성

### 3.1 시스템 구성

캐비넷안에는 수많은 릴레이들이 위치하며 이 릴레이들의 상태를 실시간으로 체크하여 일정시간단위 내지는 고장이 일어났을 경우 원격감시서버에 이 사실을 알려준다. 그림 1은 원격 모니터링 시스템의 전체 구성도이며, 그림에서 숫자 1이 릴레이보드, 2가 슬레이브 보드, 3이 마스터 보드이며, 4가 서버이다.

중계장치에서는 각 캐비넷에서 전송된 상태 정보를 가지고 릴레이의 정상작동 및 고장여부를 판단하여 원격감시 서버에 정보를 전송한다.

### 3.2 슬레이브 보드

슬레이브보드의 그림3과 같이 구성되며 MCU는 AT89C4051이며 역할은 릴레이보드의 상태들을 슈프트레지스터를 이용하여 로드한 후 이를 저장한다. 그리고 마스터보드에서 데이터요청 인터럽트가 발생하면 수집된 릴레이들의 상태 값들을 전송한다.

슬레이브보드의 펌웨어 코드는 다음과 같다.

SLAVE\_BOARD (AT89C4051)

```

while(TRUE) do {
    delay(100ms);
    load Present_Status of Coil/Fuse/Switch
}
interrupte serial {
    receive Packet
    analyzes Packet
if(Packet-Request-Line is oneself)
    then transmit Relay_Data
    escape Interrupt_Routine
else escape Interrupt_Routine
elseif
}
    
```

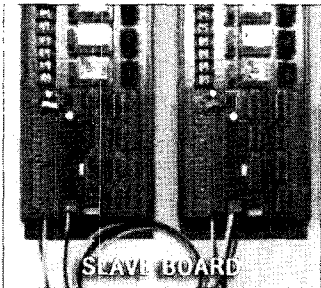


그림 3. 슬레이브 보드 사진

### 3.3 마스터보드

마스터보드에는 여러개의 슬레이브보드가 연결된다. 그림 4는 마스터보드에 두 개의 슬레이브보드를 연결해 놓았지만 실제 현장에 배치할 경우에는 여러 개의 스텐드 보드가 마스터보드와 연결된다. 마스터보드의 경우 시스템베이스사의 Eddy 모듈을 사용하였다.

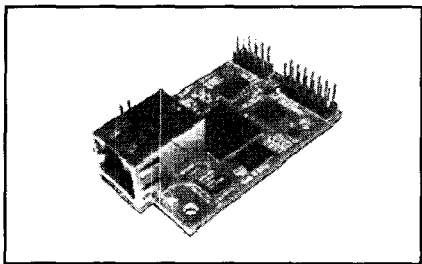


그림 4. 마스터보드 사진

마스터보드는 캐비닛마다 1개씩 설치되며 슬레이브보드에서 상태 정보를 읽은 후 저장한다. 그리고 중계장치에서 신호를 기다리다가 신호가 들어올시 인터럽트를 발생하여

가지고 있는 현재의 값들을 중계장치에 보내준다. 마스터보드의 펌웨어 코드는 다음과 같다.

```

MASTER_BOARD ()
while(true) do{
    delay(50ms)
    collect data of SLAVE_BOARD
}
interrupte serial() {
    receive Packet
    analyzes Packet
if(requested CABINET_ID of Packet is oneself)
    then transmit data
    escape Interrupt_Routine
else escape Interrupt_Routine
elseif
}
    
```

## 4. 실험

이 논문에서는 설계 제작한 DCS 터미널 원격 감시 보드의 동작을 테스트하기 위해 원격감시프로그램을 구현하여 기능을 평가한다. 모니터링 프로그램은 windows환경에서 visual C++로 작성하였다.

실험 시나리오는 캐비닛에 있는 릴레이에서 고장이 발생한 경우 구현한 보드에서 상태 정보를 획득하고 원격감시서버로 전송하여 모니터링 프로그램에서 고장이 발생한 릴레이 위치와 에러유형을 정확히 판단, 표시하는지 실험하였다.

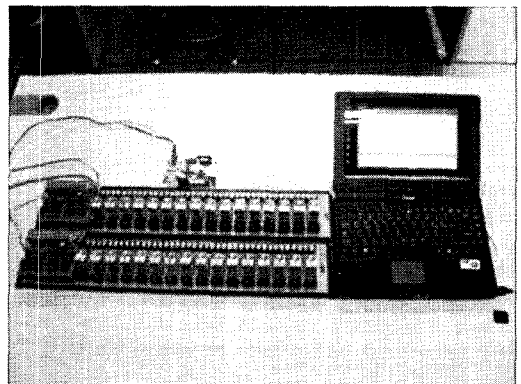


그림 5. 시스템을 구현해 놓은 사진

그림 6은 Id01번의 1번 RelayBoard의 4번째와 14번째 Relay에 임의적으로 Coil고장을 시킨 Relay를 배치, Id02의 2번 RelayBoard의 5번째 Relay에 고장난 Fuse

를 배치, 16번째에 Switch고장을 시킨 Relay를 배치한 후에 모든시스템에 전원을 인가한 모습이다.

여 릴레이의 고장을 사전에 예방함으로써 산업분야의 경제적인 효과가 기대된다.

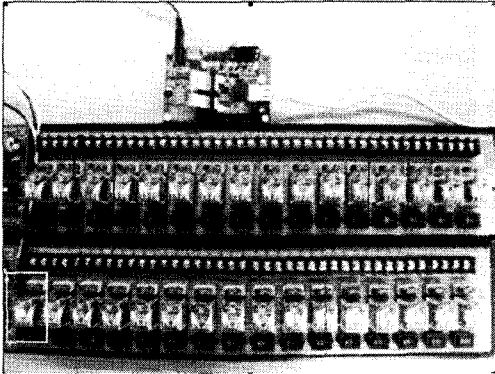


그림 6. 테스트 준비 모습

그림 7은 그림 6에서의 상황이 모니터링 된 모습이다.

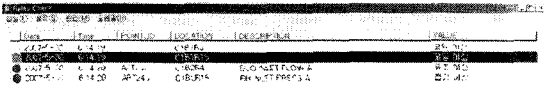


그림 7. 모니터링 프로그램

그림 8은 Web을 통하여 위의 상황을 모니터링한 모습이다.

| BOARD ID | LOCATION | COL | TIME | CONTACT | MEAL |
|----------|----------|-----|------|---------|------|
| 0000     | BR00     | On  | 정상   | On      | 이상없음 |
| 0000     | BR01     | On  | 정상   | On      | 이상없음 |
| 0000     | BR02     | On  | 정상   | On      | 이상없음 |
| 0000     | BR03     | On  | 정상   | On      | 이상없음 |
| 0000     | BR04     | On  | 정상   | On      | 이상없음 |

그림 8. Web을 통하여 모니터링된 모습

## 참고 문헌

- [1] Frost & Sullican, World Distributed Control Systems Markets, 2006. 7.
- [2] 김익동, DCS 어떻게 구축할 것인가?, 문휘도서, 1992
- [3] 한국계측제어협회, 분산 제어 시스템, 계측기술, 제 10권 제1호, 한국공업출판사, 2002. 1
- [4] 이명진, 대규모 분산 실시간 감시 제어 시스템의 설정 자동화 시스템 설계 및 구현, 석사학위논문, 건국대학교 대학원, 2004.
- [5] 신승철 외5명, “화력 발전소 정보 처리 시스템에 관한 연구”, 한국자동제어학술회의 논문집, 1994. 10
- [6] 김규철 역, 고급 마이크로프로세서 시스템 설계, 시그마프레스
- [7] Elecone <http://www.elecone.com>
- [8] 감남형 역, 임베디드리눅스 시스템 설계와 개발
- [9] 백창우, 최영호, 조정민, 윤경훈, 윤상배, TCP/IP 소켓 프로그래밍

## 5. 결론 및 향후 연구 방향

현재 많은 산업현장에서 릴레이의 고장이 일어나 기계가 동작되지 않는 시간에 대한 경제적 피해를 많이 갖고 있다. 그리고 고장난 릴레이의 위치를 파악하는 것 또한 시간이 오래 걸리는 일이기 때문에 피해는 더욱 크다.

이 논문에서는 무선방식으로 자동제어시스템의 통합관리를 하기 위한 DCS 터미널 원격 감시 보드를 설계 제작하였으며 제작된 보드의 동작을 원격감시 프로그램을 구현하여 기능을 평가하였다. 제안된 원격감시보드는 전원관리실의 각 릴레이들의 동작상태 및 릴레이와 퓨즈의 이상 유무를 실시간으로 확인이 가능하며 릴레이의 수명을 고려하