

PC 기반 분산제어시스템의 입출력시스템 구조에 관한 고찰

이찬주, 김응석
한국전력공사 전력연구원

A survey for the structure of I/O system applied for the PC-based DCS

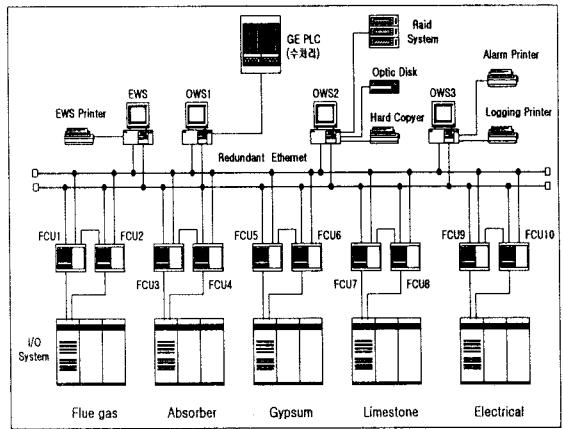
Lee Chan-Ju, Kim Eung-Seok
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 최근 윈도우즈 기반 운영체제의 발전과 PC의 성능 향상으로 제어분야에서의 PC 활용이 가속화되면서 PC 기반의 분산제어시스템이 등장하였고, 전력연구원에서는 화력발전소의 국산개발 배연탈황설비 제어시스템에 PC 기반 분산제어시스템을 도입하여 운용하고 있다. 이러한 PC 기반 분산제어시스템의 활용으로 하위 구조에 다양한 종류의 입출력시스템을 선택 가능하게 되었고 시스템 구축에 대한 독자적인 방법을 채택할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 국산개발 배연탈황설비에 적용된 PC 기반 분산제어시스템의 전반적인 구성을 살펴보고 제어프로세서인 현장제어유닛과 하위 입출력시스템의 하드웨어 구조, 상호간 통신 구조 및 시스템 이중화 구조에 대하여 기술하고자 한다. 또한 입출력시스템 간의 인터페이스 방법과 입출력 모듈 종류에 따른 현장기기의 활용방법에 대하여 알아보고 향후 PC 기반 분산제어시스템의 입출력시스템 구축시 고려하여야 할 사항들에 대하여 기술하고자 한다.

시간 제어 기능을 가진 5개 노드의 FCU간 네트워크는 이중화된 Ethernet으로 연결되어 있으며 각 노드별로 FCU가 이중화되어 설치되어 있다. OWS에는 경보용 프린터, 로깅(Logging)용 프린터와 Hard Copier가 연결되어 있고 운전 이력데이터 저장을 위하여 RAID (Redundant Array of Independent Disks) 시스템과 Optic Disk가 설치되어 있으며 EWS에는 전용 프린터가 설치되어 있다. 또한 입출력시스템은 배연탈황의 공정에 따라 배가스(Flue gas), 흡수탑(Absorber), 석고(Gypsum), 석회석(Limestone), 전력(Electrical) 계통으로 구분되어 있으며 입출력통신 레벨에서의 이중화 구조를 채용하였다.

1. 서 론

최근 윈도우즈 기반 운영체제의 발전과 PC의 성능 향상으로 제어분야에서의 PC 활용이 가속화되면서 PC 기반의 분산제어시스템이 등장하였고, 전력연구원에서는 화력발전소의 국산개발 배연탈황설비 제어시스템에 PC 기반 분산제어시스템을 도입하여 운용하고 있다. 이러한 개방화되고 모듈화된 PC 기반 분산제어시스템의 활용으로 하위구조로 다양한 종류의 입출력 시스템을 선택 가능하게 되어(Off-the shelf) 독점적인 하드웨어를 사용하는 공급자에 종속된 고가의 특정 시스템을 도입하는 것에 비해 경제적인 측면에서의 효과를 가질 수 있으며 시스템 구축에 대한 독자적인 방법을 채택할 수 있게 되었다. 또한 윈도우즈 기반 응용프로그래밍 툴의 사용으로 진보된 기능을 쉽게 이용할 수 있고, 시스템 설계 및 유지보수가 용이하며 일반화된 표준 통신 네트워크를 통한 시스템 통합이 용이해질 수 있다. 본 논문에서는 국산개발 배연탈황설비에 적용된 PC 기반 분산제어시스템의 전반적인 구성을 살펴보고 제어프로세서인 현장제어유닛과 하위 입출력시스템의 하드웨어 구조, 상호간 통신 구조 및 시스템 이중화 구조에 대하여 기술하고자 한다. 또한 입출력시스템 간의 인터페이스 방법과 입출력 모듈 종류에 따른 현장기기의 활용방법에 대하여 알아보고 향후 PC 기반 분산제어시스템의 입출력시스템 구축시 고려하여야 할 사항들에 대하여 기술하고자 한다.



[그림 1] 분산 제어 시스템 구성도

분산제어시스템은 PC 기반의 개방형 구조에 적합하도록 아래와 같은 표준을 채용하였다[5].

- ▶ PC 기반 EWS, OWS 채용
- ▶ 산업용 PC 구조와 QNX 기반 실시간 제어부 채용
- ▶ EWS, OWS의 Windows-NT 운영 체제
- ▶ 다양한 제작사 "Off-the-shelf" I/O Subsystem
- ▶ ISA 표준 제어기 채용
- ▶ 객체지향 Function Block에 근거한 제어
- ▶ DDE(Dynamic Data Exchange)를 통한 데이터 공유

2. PC 기반 분산제어시스템 구성

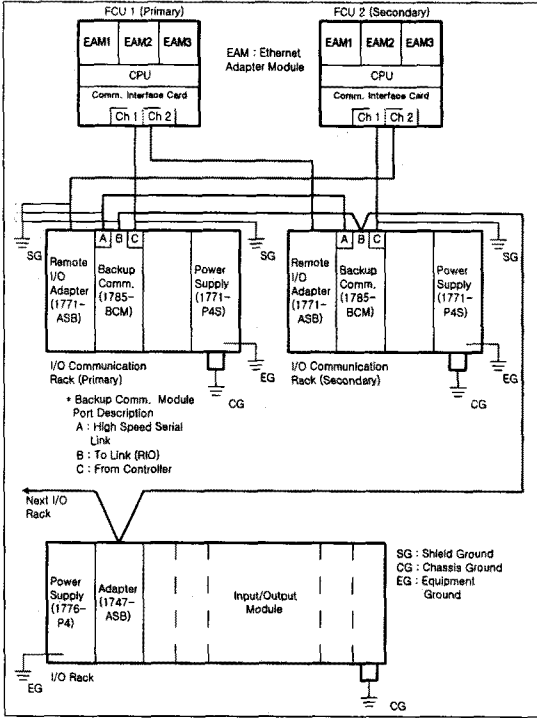
배연탈황설비에 적용된 PC 기반 분산제어시스템은 크게 운전자 워크스테이션(OWS), 엔지니어링 워크스테이션(EWS), 현장제어유닛(FCU:Field Control Unit), 입출력(I/O) 시스템과 이들 상호간을 연결하는 네트워크로 이루어져 있으며 분산제어시스템의 전체 구성도는 아래의 [그림1]과 같다. 상위 기기인 OWS, EWS와 실

3. 입출력시스템 구조 분석

본 절에서는 전체적인 입출력시스템의 구성 및 기능에 대하여 하드웨어적인 관점에서 살펴보고자 한다. 또한 상위 제어 요소와 하위 입출력부의 통신 네트워크에 대하여 알아보고 입출력시스템 구축시 고려할 사항에 대하여 기술하고자 한다.

3.1 입출력시스템 구성 및 기능

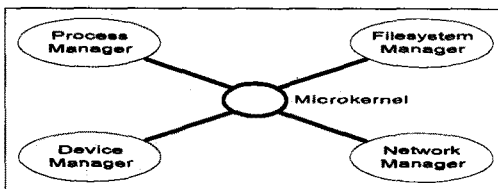
입출력시스템은 현장제어유닛과 입출력 데이터 송수신을 위한 입출력통신랙(I/O Communication Rack)과 현장으로부터 입력신호를 받아들이고 출력신호를 내보내는 입출력 랙(I/O Rack)으로 구성된다. 입출력 통신랙은 Primary, Secondary의 두 조가 설치되어 하나의 랙이 기능을 상실하면 예비 랙으로 교체되어 데이터 처리가 가능하도록 이중화로 구성되어 있다. [그림 2]



[그림 2] 입출력 시스템 구조

3.1.1 FCU(Field Control Unit)

FCU는 수집된 현장 데이터의 제어 및 연산 기능을 수행하며 NIC(Network Interface Card)를 통하여 Ethernet에 의해 연결되어 상위기기(OWS, EWS)와 데이터를 교환하고 CIC(Communication Interface Card)를 통하여 하위의 I/O Rack으로 부터 현장 데이터를 수집하여 아래의 기능을 수행한다. 또한 FCU는 프로세스 정보를 수집하고 제어를 수행하는데 실시간성을 유지하여야 하므로 이를 위한 실시간 OS로 QNX를 사용한다. QNX 내부의 주요 구조는 [그림3]과 같으며 Microkernel은 Interprocessing Communication, Process Scheduling, Interrupt Handling 기능을 수행한다.



[그림 3] QNX의 구조

3.1.2 입출력 통신 랙

▶ Remote I/O Adapter Module(1771-ASB E) Back-up Communication Module을 통하여 수집된 입출력 데이터를 I/O 스캐너(Scanner)인 CIC (Communication Interface Card)와 직렬방식으로 데이터를 송신/수신한다.

▶ Back-up Communication Module(1785-BCM) BCM은 3개의 포트(Port) A, B, C로 구성되어 있으며 포트A는 Secondary I/O Communication Rack의 BCM과 High Speed Serial Link를 통해 데이터 공유를 하고 있고, 포트 B는 I/O Rack의 I/O Adapter Module과 RIO를 통해 입출력 데이터를 교환한다. BCM에 수집된 데이터를 포트 C에 연결된 CIC(Communication Interface Card)를 통해 FCU로 전송한다.

▶ Power Supply (1771-P4S)

각 I/O Communication Rack에는 Remote I/O Adapter Module과 BCM에 전원을 공급하는 Power Supply가 설치되어 Rack의 독립성을 유지한다. Power Supply의 사양은 아래와 같다.

- 입력전압 : 97-132 VAC, 50/60Hz
- 출력전압 : 5.06 VDC (±3.8%)
- 입력용량 : 57W
- 내부 전류 용량 : 3.0A at 5 VDC

3.1.3 입출력랙

▶ 전원공급모듈(1746-P4)

- 입력전압 : 85-132 VAC, 47-63Hz
- 출력전압 : 20.4-27.6 VDC
- 입력용량 : 240 VA
- 내부 전류 용량 : 2.88 A at 24 VDC
- 최대 돌입 전류 : 45 A

▶ 입출력 어댑터 모듈(1747-ASB)

I/O Adapter Module은 입력 모듈 및 출력 모듈과 병렬 방식으로 데이터를 read/write하며 Back-up Communication Module과 데이터를 교환한다.

▶ 입출력모듈 종류

입출력모듈은 아래와 같이 입력용 2종과 출력용 4종이 사용되며 각 입출력 캐비넷별 모듈 설치 수량은 [표 3]과 같다.

- Digital Input(1746-IB32) : 32ch
- Digital Output(1746-OB32) : 32 ch
- Analog Input(1746-NI4) : 5 VDC, 4ch
- Analog Output(1746-NO4I) : 0~20mA, 4ch
- Thermocouple Input (1746-NT4) : 4ch
- RTD/Resistance Input (1746-NR4) : 4ch

설비 구분	DI	DO	AI	AO	TC	RTD	계
Flue Gas	10	7	11	4	7	4	43
Absorber	10	6	9	3	2	3	33
Gypsum	10	7	12	4	-	-	33
Limestone	10	7	10	3	2	-	32
Electrical	7	2	3	-	3	-	15
계	47	29	45	14	14	7	156

[표 3] I/O Module 설치 수량

3.2 입출력 통신 네트워크

입출력 네트워크 통신 프로토콜은 제어 시스템의 개방화 추세에 따라 급속한 변화를 이루고 있다. 본 시스템에서 현장제어유닛과 하위 입출력 시스템과의 통신 네트워크는 FCU의 CIC (Communication Interface Card)와 입출력 통신랙의 Remote I/O Adapter Module 사이에 구성된 Remote I/O Link를 통하여

데이터를 교환한다. 또한 입출력 신호는 입출력 통신랙의 Back-up Communication Module에 의해 이중화되어 있다. 입출력 시스템의 통신 프로토콜은 제작사(Allen-Bradley)의 고유한 통신 프로토콜인 DH+(Data Highway Plus)를 사용한다. 현재 제작사의 입출력에 사용되는 통신 프로토콜은 DH+ → DeviceNet → ControlNet으로 발전되고 있으며 각 통신 프로토콜별 통신 성능의 지표인 전송 속도는 [표2]와 같다.

구 분	Data Highway Plus (DH+)	DeviceNet	ControlNet
전송속도	57.6 Kbps	500 Kbps	5 Mbps

[표 2] 입출력 통신 프로토콜별 전송속도

3.3 입출력시스템 구성시 고려 사항

제어시스템의 입출력 구조는 PC 기반 또는 PLC나 다른 방식의 제어시스템 이라 하더라도 거의 동일하다고 볼 수 있다. 제어시스템 간의 변화를 일으키는 요인은 Intelligent 모듈 또는 입출력 네트워크와 프로세서 Backplane 사이를 연결하는 입출력 인터페이스가 될 것이다.[7]

3.3.1 시스템 수행능력 및 스캔타임

제어시스템을 선정하는 데에는 주로 수행능력과 스캔타임이 기준이 되며 프로세서의 속도, 입출력 구조 유형, 입출력 인터페이스, 응용코드 효율성 등이 전체시스템 수행에 영향을 줄 수 있다. 이러한 요인들을 변화시킴으로써 수행능력의 향상을 가져올 수 있으며 예상 가능한 스캔타임은 아래와 같이 산출된다.[7]

Estimated Scan Time = Base scan + Scan impact time + Estimated logic execution

3.3.2 통신 네트워크 성능

하위 입출력 통신 프로토콜인 DH+는 전송속도가 57.6 Kbps로 각 노드 내에서의 입출력 확장에 한계가 있고 입출력 노드의 수량이 증가되는 문제점을 지니고 있다. 그러므로 전송 속도가 개선된 통신 프로토콜인 DeviceNet, ControlNet 등의 적용이 요구되며 이러한 사항 들은 입출력 시스템 설계 시점에서 우선적으로 고려되어야 한다.

3.3.3 시스템 이중화

입출력시스템의 이중화는 상위 제어프로세서의 이중화와 동일한 중요성을 가지고 있다. 본 시스템에 구현된 입출력시스템의 이중화는 입출력 통신랙 레벨의 이중화 구성으로 입출력랙용 어댑터와 전원 공급 장치 등의 고장시 시스템 전체의 성능에 영향을 줄 수 있다. 그러므로 이중화 범위를 입출력랙용 어댑터와 전원 공급 장치까지 확대 적용하여야 한다. 또한 프로세스에 따라 일부 중요 제어루프(배연탈황설비의 경우 : 배가스 압력제어 루프)의 입출력 모듈 이중화도 병행되어야 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 배연탈황 프로세스 적용된 PC 기반 분산제어시스템의 입출력 구조에 대하여 살펴 보았다. PC 기반 분산제어시스템 초기 도입 단계의 시스템이라 볼 수 있으며 향후 제어시스템 규모의 확대 적용과 신뢰성 확보 측면에서 다음과 같은 보완이 필요하다. 하위 입출력 통신 프로토콜인 DH+는 입출력 확장에 한계가 있으므로 전송속도가 훨씬 개선된 통신 프로토콜인 DeviceNet, ControlNet 등의 적용이 요구되며 이러한 사항은 입출력 시스템 설계 시점에서 우선적으로 고려되어야 한다. 또한 시스템 이중화 측면에서 상위 제어프로

세서 신뢰성 향상을 위하여 입출력 통신랙 레벨의 이중화를 입출력랙용 어댑터와 전원 공급 장치까지 이중화 범위가 확대 적용되어야 한다. 이러한 입출력 데이터 전송속도의 향상 및 입출력시스템의 신뢰성 향상을 기반으로 향후 대용량 PC 기반 분산제어시스템의 활용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 변승현, 장태인, 광귀일, 조지용 "PC 기반 제어용 I/O 시스템 구축에 관한 연구", 대한전자공학회 하계종합학술대회, 1998.
- [2] D. J. Petrone & M. D. Stackhouse, "PC-Based Control Goes Real-Time", *Journal of Control Engineering*, April, 1998.
- [3] V. VanDoren, "Distributed Control with Personal Computer", *Journal of Control Engineering*, May, 1996.
- [4] C. E. Staff, "The Personal Computer Takes Control", *Journal of Control Engineering*, July, 1997.
- [5] CSI(Control System International), "UCOS Training Manual", CSI, California, 1997.
- [6] 전력연구원, "발전용 배연탈황·탈질 기술개발 및 실용화 제2차년도 연차보고서", 전력연구원, 1994.
- [7] Jeff A. Christensen, "제어의 선택, 과연 PC와 PLC 중 어느 것을 쓸 것인가?", p50-51, Control, 1998.7