

EPICS를 이용한 가속기 진공장치 감시 시스템 개발

윤중철, 이진원, 황정연, 남상훈
포항공대 포항가속기 연구소(Tel:0562-279-1410;E-mail:jc0927@postech.ac.kr)

EPICS Based Vacuum Monitoring System for PAL Storage Ring

J. C. Yoon, J. W. Lee, J. Y. Hang and S. Y. Nam
Pohang Accelerator Laboratory, Pohang 790-784, Koreaag 790-784, Korea

Abstract - A vacuum control system has been developed for using Ethernet Multi Serial Device Servers (EMSDS) for the Pohang Accelerator Laboratory (PAL) storage ring. There are 124 vacuum ion pumps at the storage ring. It was a very important problem to solve the problem how to control such a big number of vacuum pumps distributed around the ring. After discussions, we decided to develop a serial to ethernet interface device sever that will be mounted in the control system rack. It has a 32-bits microprocessor, embedded Linux, 12 ports RS485 (or RS232) slave interface, one channel 10/100BaseTx ethernet host port, one channel UART host port, and 16 Mbytes large memory buffer. These vacuum pumps are connected to Ion-Pump serial controllers, which chop the AC current so as to control the current in the pumps. The EMSDS connect either 100BaseTx or 10BaseT ethernet networks to asynchronous serial ports for communication with serial device. It can simultaneously control up to 12 ion-pump serial controllers. 12 EMSDS are connected to a personal computer (PC) through the network. The PC can automatically control the EMSDS by sending a set of commands through the TCP/IP network. Upon receiving a command from a PC running under Windows2000 through the network, the EMSDS communicate through the slave serial interface ports to ion-pump controller. We added some software components on the top of EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) toolkit

1. 서 론

포항가속기(Pohang Accelerator Laboratory) 저장 링은 280M의 원형으로 12개의 sector로 나누어져 있다. 각 sector에는 10개 혹은 12개의 진공 펌프가 설치되어 있고 전체 저장링 12 sect에 124개의 진공 펌프가 설치되어 있다. 진공 상태의 데이터를 가지고 저장 링에서 인공적으로 가공된 빔의 상태를 제대로 유지할 수 있고, 또한 빔 위치의 잘못으로 인한 진공상태의 변화가 급격하게 변했을 때 빠른 진공 밸브를 닫아 빔을 차단하여 안정된 빔을 유지하기 위해서 진공 상태를 정확하게 모니터링이 되어야 한다. 기존 설치된 제어구조에서는 전체 데이터 refresh rate를 1 초 이내로 적용하기에는 어려운 점이 많다. control network으로 설치된 100Mbps Ethernet 네트워크를 이용하여 새로운 시스템을 구현하였다. 저장링의 각 sect에 설치된 10여개의 진공펌프와의 데이터 획득을 위한 12 port RS422 to Ethernet interface controller인 Ethernet Multi Serial Device Servers(EMSDS)를 개발하였다. 가속기연구소에서는 2001년 초반부터 EPICS를 제어 시스템에 적용하기 위하여 EPICS 개발을 진행하고 있다. Ethernet를 통한 *EPICS(Experimental Physics and

Industrial Control System) IOC(In/Output Controller)와 통신이 이뤄진다. EPICS는 전 세계 가속기 및 일부 산업체에서 제어용 소프트웨어로 사용되고 있다. EPICS의 장점은 분산형 제어시스템이며, 확장성과 이식성이 뛰어나다. EPICS IOC 3.14.beta version 에서는 OSI(Operating System Independent) layer가 지원되어 OS(Operating System)와 무관하게 IOC 프로그램을 할 수 있다. Windows2000/WinNT 환경에서 IOC 프로그램을 개발하여, 기존 개발된 진공 게이지 감시 시스템과의 연동된 통합 시스템으로 적용될 예정이다. 본 논문에서는 적용된 Vacuum EPICS IOC 구성과 개발된 EMSDS에 대해서 소개하고 개발된 IOC 프로그램에 대해서 논하고 저 한다

2. 진공장치 감시 시스템 하드웨어 구성

2.1 제어시스템 구성

그림 1은 가속기 저장링 진공장치 및 진공 장치 제어기의 구성도와 제어시스템의 구성 도를 보여주고 있다. 진공장치의 일부는 기존시스템의 구조에 의해 분산되어 있는 VMEbus system인 MIU(Machine Interface Units)를 통하여 해당 진공장치 제어기와 RS422 시리얼 전송에 의한 진공상태 및 측정치를 획득한 후 MIL-NET를 통해 상위단계의 VME 컴퓨터인 SCC(Subsystem control Computer)에 전달되어 전체 데이터를 분류한 후 운영을 위한 OIC(Operator Interface Computer)용 SUN컴퓨터와 TCP/IP socket 통신에 의해 디스플레이 되거나, 저장되어 진다. 해당 MIU는 진공장치 및 전자석 전원장치 등 다양한 가속기 장치를 제어하고 있고, 모니터보다는 제어에 우선 순위를 둔 응용프로그램 적용에 의한 제어 하드웨어의 (68K) 사양이나 OS(OS-9)가 처리해야할 process 나 task 수에 제약을 받기 때문에 250m 원형에 분산되어 있는 124개의 vacuum ion-pump를 ms 단위의 데이터 scanning time을 적용하기에는 제약사항이 생긴다. 이런 구조에 의한 진공장치의 측정치 변화에 대한 빠른 대응에 시간적인 제약 사항을 해소하기 위하여, 빔 입사 및 빔 에너지의 변화에 민감하게 변화하는 ion-pump 진공장치는 자체 개발한 EMSDS를 이용한 PC 제어시스템으로 개발하게 되었다. EMSDS 12대를 저장 링에 분산 설치하고 가속기 제어 네트워크로 사용되고 있는 Ethernet에 연결되어, 해당 고유 IP를 가지고 있어 물리적으로 같은 네트워크 상에서는 어떤 컴퓨터에서도 접근이 가능하다. 그래서 해당 EMSDS의 네트워크를 통하여 접근이 가능하여 remote로 Firmware 업그레이드 등 장치의 동작상태를 진단할 수 있도록 했다. 각각의 EMSDS는 분배된 10 여개의 ion-pump controller와 serial 통신을 통하여 진공 값 및 장치의 상태를 메모리에 저장하게 된다. MODUS TCP 프로토콜을 사용하여 운전실에서 서버용 산업용 PC에서 실시간으로 진공상태를 파악할 수 있도록 하였다. 서버용 산업용 PC는 Windows-2000 Server OS하에 12대의 현장 EMSDS와 TCP/IP Ethernet local network를 통하여 연결되어 있으며, Win32 기반의 EPICS BASE IOC가 설치되어 있으며, IPC(Inter Processor Communication)에 의하여 IOC Server 및 TCP/IP MODBUS Server 역할을 한다.

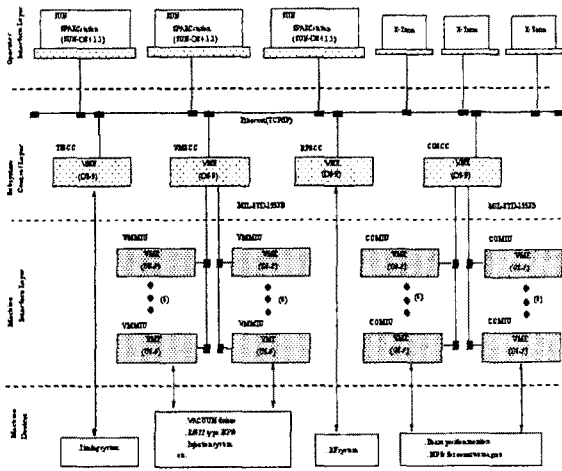


그림 1 저장링 제어시스템 구성도

2.2 Local 네트워크와 serial 통신.

저장링 진공 ion-pump를 감시 시스템을 위한 Local network의 구성과 하드웨어 구성은 그림 2에서 보여주고 있다. 하드웨어 구성은 가속기 기존 제어시스템인 VME시스템과는 독립적으로 TCP/IP 네트워크 구성에 의하여 저장링 운전실에 있는 서버용 Main 컴퓨터에 연결되어 있다. 각각의 EMSDS는 12개의 직렬포트가 있어 기존 설치되어 있는 두 가지 종류의 ion-pump를 시리얼 통신 방식에 맞게 각 포트별 설정치를 변경하여 연결하고, 여유 포트는 향후 삽입용 장치가 설치되어 진공 장치의 측정이 필요할 시 언제든지 추가 가능하도록 설계되어 있다. 진공 ion-pump의 종류는 2 가지 형태가 있는데, 각 ion-pump 별 시리얼 전송방식 및 전송 커맨드를 상이하여 해당 ion-pump 별 어드레스 및 통신 정보를 가진 파일에 기록하여 EMSDS내의 Flash Memory에 미리 저장해두어 서버용 PC에서 서버 제어프로그램을 기동하기 전에 EMSDS에 전원만 공급되어도 최대 460.8Kbps로 진공 장치 제어기와외의 시리얼 통신은 자동적으로 수행하게 되어 있다. 디바이스 제어용 Firmware

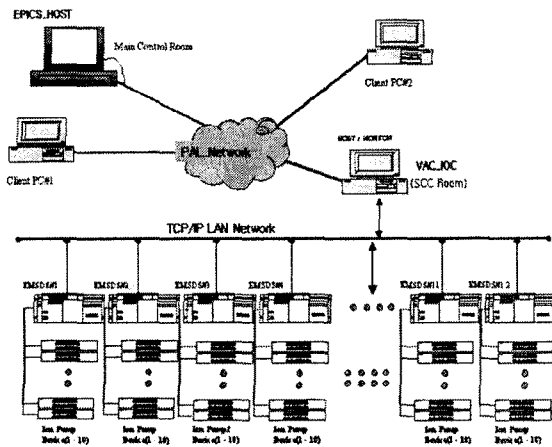


그림 2 저장링 진공 ion-pump 감시 시스템 구성도

프로그램의 업그레이드도 JTAG Port를 통하여 온라인으로 수정 가능하다. 그리고 통신에서 획득한 데이터는 각 포트의 UART 16byte FIFO를 통하여 내장된 memory에 기록되어진다. 서버용 메인 PC의 Ethernet Card를 통하여 최대 100Mbps 전송속도로 저장 링에 위치하고 있는 EMSDS와 Local 네트워크 구성에 의하여 데이터를 전송한다.

2.3 Ethernet Multi Serial Device Servers (EMSDS) 구조

Network이 보편화됨에 따라 산업용 제어기들도 Ethernet을 적용하려는 시도가 이뤄지고 있다. 일반적으로 On-chip Microprocessor를 사용하여 제어용 기기에 적용하는 Ethernet을 Embedded Ethernet이라 한다. 컴퓨터에 내장되어 있는 Ethernet과는 달리 Embedded Ethernet은 TCP/IP stack 프로토콜 내부구조와 하드웨어 드라이브에 대한 깊은 이해를 필요로 한다. 현재 Linux에서 작은 시스템용으로 Embedded Linux를 porting하여 여러 곳에 적용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그래서 당 연구소에서도 Corrector power supply 제어용 및 vacuum device 제어용으로 적용하게 되었다. 안정적인 시스템 구현을 위한 전용 OS인 Embedded Linux가 구현되는 CPU Part, Host 산업용 컴퓨터로부터 정해진 MODBUS TCP 프로토콜 기반으로 시리얼 통신으로 정해진 어드레스와 통신속도에 의해 해당 EMSDS가 구동되는 Host Driver Part, 12 채널의 시리얼 포트로 해당 디바이스와 접속되는 Slave Driver Part, Host computer와의 네트워크 통신 및 Slave device와의 시리얼 명령어를 기억하고있는 Memory Part, 134mm x 40mm(240 x 64 Dots) 대형 LCD에 의한 전체 동작 상태 및 메뉴 선택 키 버튼에 의한 입력을 제어할 수 있는 전면판 입출력 part, 그리고 Ethernet을 통한 외부 클라이언트와의 네트워크 통신을 위한 Ethernet driver part로 크게 구성되어 있다. CPU는 32bit 인텔 SA-1110 이며, 32Mbytes RAM, 64Mbytes Flash Memory, 12개의 Slave 포트는 16Bytes 송수신 개별 FIFO UART가 내장되어있어, 각 Slave별 명령어 처리에 의한 개별 통신 데이터 분석도 가능하다. Host 접속 포트는 1 채널 UART(RS485 HALF, FULL 및 RS232) 구성되며, Slave 접속 포트는 8 채널 UART(RS485 FULL 및 RS232)로 구성되어 있다. 전송 속도는 RS232 포트는 최대 115.2Kbps, RS485 포트는 최대 460.8Kbps이다. 각 Slave 포트별 어드레스 지정에 의해 Multi-Drop Bus로 구성 가능하다. 외부 전면 패널에 통신 상태 표시가 가능한데, 각 슬레이브 별 LED에 의해 표시되어진다. 또한 LCD Display 와 Key Button에 의한 Panel 제어 및 상태표시도 가능하다.

하드웨어	사양
CPU	Intel SA-1110, 32bits, 206Mhz
Main Memory	32MByte SDRAM, 16MByte FLASH 256Byte EEPROM
Ethernet	10/100BaseT, 8Kbyte Internal Buffer
1Ch RS485	230.4Kbps
1Ch RS232	115.2Kbps
Slave 접속포트	표준 12 채널 UART Port
JTAG 포트	CPU 및 주변기능 Emulation
전용OS	Embedded Linux(uClinux-2.4)
LCD	LCD Display(240 * 64 Dots)
Size	100mm(L)*80mm(W)*15mm(H)

표1 EMSDS 하드웨어 사양

3. 시스템 소프트웨어 구성

EPICS는 원래 Los Alamos National Lab의 Accelerator Technology(AT-8) group, Advanced

Photon Source(APS) Control Group에서 시작되었다. 지금은 북미, 유럽, 아시아에서 100 여개의 연구소, 대학, 산업체에서 사용되고 있다. 주로 사용하는 곳은 Physics accelerators, telescopes, 그리고 다양하게 산업체에 응용되고 있다. EPICS는 제어 시스템개발자가 가속기 머신에 맞는 제어시스템을 생성 할 수 있도록 만들어 주는 소프트웨어 컴포넌트의 집합체다. EPICS는 BASE 부분과 Extension 부분으로 나누어진다. Base는 Target Hardware에서 실행되는 하나의 응용프로그램이며, IOC(Input/Output Controllers) Software라 부른다. IOC EPICS의 기본이 되는 Software Component들의 집합이다. IOC는 그림 3에서와 같이 10개의 Component software Layer로 구성되어 있다. 각 Component들이 모여서 IOC를 구성하며 이 IOC에 사용자 Record, Device support, Device drive를 link 시켜 하나의 EPICS IOC 응용프로그램이 되는 것이다. WindowNT나 Linux의 운영체제에서 IOC는 하나의 Platform에 몇 개라도 생성 및 실행 가능하다. 각 IOC마다 database 이름을 달리하면 자동적으로 Channel Access Server Port를 할당하여 여러 개의 IOC가 실행되게 되는 것이다. Extension은 OPI(Operator Interface)라고 하며 Host Computer에서 사용자 인터페이스의 프로그램이 되는 것이다. Host software의 종류는 Standalone Channel Access Client 프로그램과 CA(Channel Access) Interface Library 그리고 Database 관리 프로그램으로 나누어진다. OPI 는 많은 종류의 언어를 지원하며 또한 각 사용자마다 취향과 시스템에 맞게 사용할 수 있다

3.1 EPICS IOC Server

그림 3은 EPICS IOC의 소프트웨어 component 구성도를 보여주고 있다. 각 component들은 모듈화 되어 각각의 기능이 정의되어 있다.

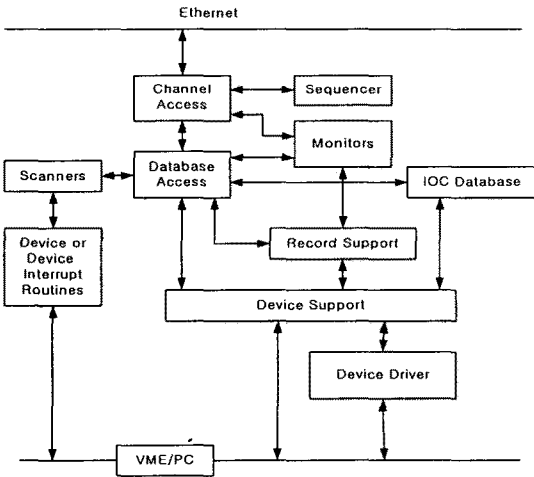


그림 3 EPIC IOC Software Component

3.2 VAC EPIC IOC

VAC(Vacuum Control System)에 적용된 IOC 소프트웨어는 IOC processor와 Ethernet server processor로 구분되어진다. 제어 프로그램의 개발의 편의성과 각 processor의 안정된 동작을 위하여 IOC core부분에 device driver부분을 포함하지 않고 MODBUS TCP 프로토콜을 이용하여 Ethernet server processor와 socket 통신을 하여 데이터를 가져오고 있다. Ethernet server processor는 multi client를 지원하기에 EPIC IOC와 별도로 MODBUS Server에 MODBUS client 프로그램을 연결하여 EPICS와 별도로 데이터를 요청하여 처리가능하기에 OPC(OLE for process control)가 제공되는 산업용 HMI(Human machine interface) tool(InTuch, Lookout)를 이용하여 사용자 환경에 맞게 데이터를 처리할 수 있도록 했다. Object oriented 구조인 MODBUS TCP object를 사용하면

Client에서는 프로그래밍 코딩을 할 필요 없이 필요로 하는 Tag선언만으로 쉽게 응용프로그램을 구현할 수 있다. vacuum ion-pump controller 및 EMSDS의 진단 및 진공 측정치의 데이터 관리를 위한 유지보수용으로 주로 사용될 예정이다. 그리고 IOC processor는 EPICS 표준 record인 AI(Analog Input), DI(Digital Input), DO(Digital Output) record를 사용하여 구현하게 된다. PV(Process Variable)의 개수는 pressure value, pump on/off state/control를 합해서 620 개이다

3.2 EPICS Host Extension

EPICS host Extension은 client-server라는 패러다임(paradigm)을 가지고 출발하였다. 클라이언트(Client) 계층은 Workstation/PC 계층에서 수행되며 최상위의 소프트웨어 계층을 나타낸다. 전형적인 클라이언트는 operator control screens, Alarm panels, data archive/retrievals Tool 등이 여기에 속한다. 이러한 도구들은 단순한 텍스트 파일을 혹은 포인트 앤드 클릭 edit Tools로서 작성된다. 또한 Display Manager, Alarm Handler, Strip Chart, WingZ spreadsheet, Mathematic, PVwave visualizer, Tcl/Tk Graphical Script Language 등과 같은 툴(tool)들도 EPICS의 클라이언트들이다. EPICS에서는 Drawing Tool이 매우 단순하게 구성되어 있어서 실제 사용자들이 Data Base of Variable Name 만 알면 쉽게 화면을 만들 수 있다. 따라서 전산 전문가가 아니더라도 마치 Power Point처럼 쉽게 화면을 구성해서 사용자 취향에 맞는 화면을 만들 수 있다. EPICS extension tool중의 하나인 MEDM을 이용하여 진공장치 화면을 구현할 예정이다. 현재는 EMSDS를 통한 MODBUS TCP 프로토콜에 의한 자체 Visual C++를 이용하여 개발한 GUI 화면을 이용하여 구현하고 있다

4. 결 론

본 논문에서는 산업용 프로세스의 제어기로 널리 사용되는 Embedded Linux OS를 채택한 Ethernet 네트워크 및 MODBUS TCP 프로토콜을 이용하여 가속기 연구소 환경에 맞는 Ethernet Multi Serial Device Servers를 개발하여 빔 입사 및 빔 운 전시 빔 진단을 위한 진공 측정 데이터의 빠른 scan time에 의한 데이터 분석이 가능할 수 있도록 하였다. 또한 EPICS를 가속기 일부 시스템에 적용한 결과는 아주 성공적이었다. 본 개발 과정을 통하여 EPICS의 안정성과 분산처리 능력이 뛰어난 vacuum 감시 시스템에 적용하는 데 있다. 본 개발을 바탕으로 새로운 장치에 EPICS를 적용할 수 있는 기술적인 연구결과를 얻는 것과 Win2K PC환경에서도 적용 가능하다는 사용 사례를 가지는데 주목적을 두고 있다. EPICS는 적용되는 것도 중요하지만 EPICS를 사용하여 가속기 빔 안정화와 진단 분야에 응용하여 결과를 도출하여야만 EPICS 구축이 가속기를 안정적으로 운영하는 데 효과를 발휘 할 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1]Jin W. Lee, Jong C. Yoon, Tae Yeon Lee Eun H. Lee, and S. S. Chang, "Energy Ramping Control System for the PLS Storage Ring", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. 47, No.2, pp. 225-228, April, 2000
- [2]Marty Kraimer, "IOC Application Developer's Guide R3.14.0beta1", 2001
- [3]윤종철, 이진원, 이태연, 남상훈, "MSC를 이용한 가속기 진공장치 감시 시스템 개발" 2001하계전기학회, D.연, pp 2169, July 18-20, 2001
- [4]하기만, 서재학, 윤종철, 김동원, 이은희, 황정연, 남상훈, "저장형 Energy Ramping control system 개발완료 보고서", 2001