

## 가속기 저장링 진공 챔버 온도측정용 제어시스템 개발 및 EPICS 적용

윤종철, 최진혁, 강홍식  
포항공대 포항가속기 연구소

### EPICS Based Vacuum Chamber Temperature Control System for PAL Storage Ring

J. C. Yoon, J. Y. Choi and H. S. Kang  
Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH, Pohang 790-784, Korea

**Abstract** - A vacuum chamber temperature control system of Pohang Accelerator Laboratory (PAL) storage ring is a subsystem upgraded PAL control system, which is based upon Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) [1]. There are two control components, data acquisition system (SA120 data logger), development control system IOC (Input/Output Controller) at the storage ring of PAL. There are 240 vacuum chamber at the storage ring. It was a very important problem to solve how to monitor such a large number of vacuum chamber temperature distributed around the ring. The IOC connect MODBUS/JBUS field network to asynchronous serial ports for communication with serial device. It can simultaneously control up to 4 data acquisition systems. Upon receiving a command from a IOC running under Windows2K through the network, the IOC communicate through the slave serial interface ports to SA120. We added some software components on the top of EPICS toolkit. The design of the vacuum control system is discussed. This paper describes the development vacuum chamber temperature control system and how the design of this system.

#### 1. 서 론

포항가속기 저장 링은 280M의 원형으로 12개의 섹터로 나누어져 있다. 각 섹터에는 빔 전송을 위한 진공 챔버, 진공 펌프 그리고 진공 상태를 측정하기 위한 게이지가 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 상태 및 진공 챔버의 온도를 정확하게 측정해야만 한다. 현재 저장링 진공펌프 및 게이지에 대한 진공 상태를 측정하기 위한 진공펌프용 Controller가 국산 측정 시스템으로 변경 진행 중이며, 기존 적용 되었던 EMSDS (Ethernet Multi Serial Device Server)라는 자체 개발된 데이터 획득 시스템에 의하여 진공 제어 시스템이 개발되어 운영중이다 [2]. 빔 운전의 안정적인 운영을 위하여, 진공 값의 변화 및 해당 진공 챔버의 온도 변화의 데이터 관리를 위한 제어 시스템이 필요로 하였고, 기존 가속기 제어 시스템의 표준으로 적용되고 있는 EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System)가 적용 되었다. 저장 링의 각 섹터에 설치된 20여개의 진공챔버 온도의 데이터 획득을 위한 120 채널 온도 측정용 Data Acquisition System (SA120)를 균등하게 분할하여 3군데에 설치하여, 시리얼 통신을 통한 \*EPICS IOC (In/Output Controller) 시스템

개발이 이뤄졌다. 본 논문은 저장 링 진공 챔버 온도측정 제어시스템의 기본적인 H/W 및 S/W구조에 대해서 간략하게 서술하고, 개발된 EPICS IOC 구성과 상위 OPI (Operator Graphic Interface)에 대해서 소개하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 제어시스템 개요

그림 1. 은 가속기 저장링 진공 챔버 온도 측정 제어 시스템의 구성 도를 보여 주고 있다. 제어 시스템은 크게 세 가지 시스템으로 구분되어 구성되어 있는데, 개발 플랫폼, 개발 제어기 (EPICS IOC 및 3 대의 Data Acquisition System (SA120) 으로 구분 되어 있다. 개발 플랫폼은 진공 온도 측정용 EPICS IOC를 개발하기 위한 개발환경이 설치되어 있으며, 개발제어기가 완성되기 전에 EPICS 기반의 MODBUS 디바이스 드라이버, 응용 프로그램 등이 개발되어, 시험 및 디버깅을 할 수 있도록 한다. 개발 플랫폼에서의 IOC core 프로그램 및 응용 프로그램이 완성되면 개발제어기에 해당 프로그램을 다운로드 하여 실질 현장에 설치된 SA120과의 통신 시험, 측정 데이터 획득, 그리고 IOC 메인 프로그램이 구현되어 진다. EPICS IOC 와 개발 플랫폼은 LAN으로 연결되어 있어, 쉽게 데이터를 공유 할 수 있다. 그래서 EPICS IOC는 기본적인 시스템 환경만 설치되어 있어, CPU의 부하를 줄여서 최적의 처리 속도의 개선을 하도록 설계되어 있다. 저장링 280M 원형에 설치된 진공 챔버 온도 측정 센서가 12군데의 웨드에 나뉘져 각웨드 별 20개씩 설치되어, 240개의 온도 값을 측정하기 위하여, 3 곳에 SA120를 분산 설치하여, 하나의 SA120이 80개의 진공 온도 센서인 RTD 센서(Resistance Temperature Detector sensor)와 연결되어 있다. SA120 3대는 EPICS IOC와 각각 MODBUS JBUS 프로토콜 통신을 위하여, 시리얼로 연결되어 있다. SA120의 노후화로 인하여 장비의 고장이 있어 일부 웨드의 온도 데이터를 처리하지 못하고 있다. 모든 분야의 제어장치와 통신기기 등의 급속한 발달로 고기능, 고정밀, 경량화의 요구를 동시 만족시키면서, 외부의 다양한 환경, 고전압, 전파장애 등의 노이즈에 강력하게 대응할 수 있는 센서와 트랜스미터 개발 이 끊임없이 요구되어 왔으나, 국내 해당기술의 취약함으로 주로 선진국 주도로 개발된 제품을 수입에 의존하여 수요를 충족시키고 있다. 이에 제어장치에 있어 정밀도와 신뢰도에 기본이 되는 내환경성 및 EMI/EMC 환경에 강한 센서를 개발하여 전량 수입에 의존하고 있는 특수 사양의 온도센서의 국산품을 이용한 온도측정용 Data Acquisition System를 개발 할 예정이다. 그래서 향후 진공 팀과의 협의에 의하여 새로운 장치도입 및 국산화를 통한 대체로 문제점을 개선 할 것이다. 그리고 가속기 운전 데이터의 웹데이터 베이스 의 한 부분으로 추가되어 관련 데이터가 관리 될 예정이다.

## 2.2 제어시스템 하드웨어 구성

진공 챔버의 온도를 측정하기 위하여 기존 도스 운영체제 하에서 개발되어 운영되어 왔던 시스템을 EPICS를 이용하여 개선된 시스템으로 개발 완료 하였다. 개발 플랫폼은 Industrial Computer 하드웨어 사양에 WIN2K 운영 기반으로 EPICS 개발환경이 설치되어 있다. 개발제어기는 Standard Industrial Computer를 사용하였고, Modbus/JBUS 필드 통신을 위하여 4-Port Field Serial Communication Board를 사용하였다. 개발제어기는 WIN32 기반의 EPICS IOC base 버전 3.14.4에 의해 개발된 응용 프로그램이 운영되도록 구성되어 있다.

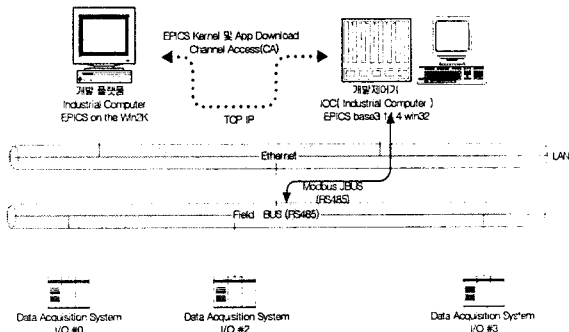


그림 1. 시스템 구성도

개발제어기는 같은 필드 네트워크에 연결되어 있는 Modbus/JBUS를 이용한 통신 I/O들의 데이터를 제어하거나, 감시하기 위해 사용되어 진다. 개발 플랫폼은 윈도우 개발 환경 및 EPICS Kernel Core (EPICS base 3.14.4) 하에서 개발하여 어플리케이션을 Target IOC로 Download 할 수 있도록 한다. IOC는 Modbus/JBUS 통신 프로토콜을 이용하여 I/O와 통신 할 수 있는 CPU Processor를 내장한 제어 시스템 이다. 현장의 진공 챔버의 온도 측정을 위한 Data Acquisition System은 SA120이라는 Data logger를 이용하였다.

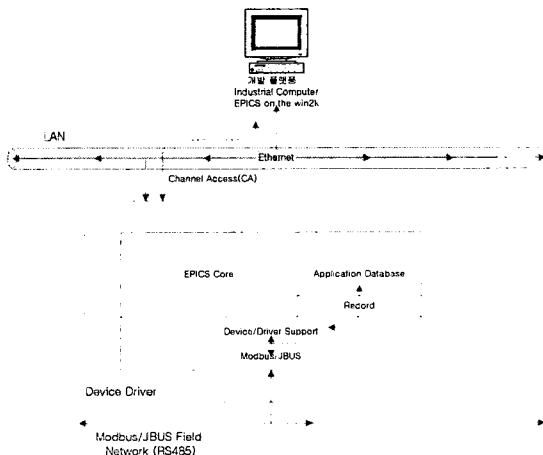


그림 2. 제어 S/W 구성도

## 2.3 EPICS 개요

EPICS는 BASE와 Extension 부분으로 구분된다. Base는 Target hardware에서 실행되는 하나의 응용 프로그램이며, IOC (Input/Output Controllers) 소프트웨어라 칭한

다. IOC EPICS의 기본이 되는 것은 Software Component 들의 집합 이라 할수 있다. Channel Access, Sequence, Monitors, Database, Record Support, Device Support, Device Driver등의 Component Software Layer로 구성 되어 진다. 각 Component들이 모여서 IOC를 구성하며 해당 IOC에 record, device support, device driver를 link 시켜 하나의 EPICS IOC 응용프로그램이 생성 되는 것이다. EPICS는 EPICS Tool-Kit을 사용하는 많은 연구 기관의 제어그룹 들의 합작품 이라 말할 수 있으며, 현재 이것은 Physics, Astronomy, Industrial Control 분야에서 많이 응용되고 사용되어지고 있다. EPICS는 제어시스템 생성 및 운영을 위해 많은 툴을 제공하며, 임의의 IOC들과 OPI들이 같은 네트워크 (TCP/IP, UDP) 상에 존재해 제어 및 감시 운영 등을 자유롭게 할 수 있는 Flat한 구조를 가진다. EPICS의 S/W 구조는 임의의 Two point간에 직접 Read/Write Access를 제공하는 독립적인 저장 공간을 가진 Client-Server 구조이다

## 2.4 EPIC IOC

그림 2.은 진공 온도 제어 시스템에 적용된 IOC 소프트웨어 및 응용 프로그램을 보여주고 있다. IOC 제어기는 그림 2. 와 같이 크게 2가지의 시스템으로 구성된다. 기본적으로 IOC의 CPU Processor 내에 EPICS Core가 탑재 되고, 제어 할 I/O들 및 Application Program은 Application Database에 정의 및 구현되며 Device/Driver Support Layer내의 Device Driver들을 을 통하여 Read/Write되어진다. 또한 IOC 내부의 Device/Driver Support Layer내에는 I/O 제어를 위해 Modbus/JBUS 통신 프로토콜 Interface Driver 가 구현되어 내장된다. Modbus/JBUS Protocol에 따라 각각의 Data acquisition system (SA120 data logger) Request Task가 병렬로 Multi tread로 구현되어있다. EPICS base는 IOC 응용 프로그램들의 모음으로서 IOC 하드웨어를 직접 제어 하기위 하여 device driver software가 필요하다. 일반적인 VMEbus I/O Board에 대한 EPICS Device support Driver는 해당 사이트에 공개되어 있다. 가속기 진공 챔버 온도 제어시스템으로 개발된 serial board에 대한 win32 device driver software 및 EPICS device support driver를 개발하였다. EPICS software 구조는 독립적으로 데이터를 저장할 수 있는 client/server 구조이다. 이 구조에서 channel access server가 IOC가 되고 channel access client 가 OPI가 된다. 그래서 IOC processor의 EPICS OPI client access 뿐만 아니라 일반 산업용 OPC(OLE for process control)가 제공되는 산업용 HMI(Human machine Interface) tool를 이용하여 사용자 환경에 맞게 데이터를 처리할 수 있도록 하였다. 그리고 IOC processor는 EPICS 표준 record인 AI(Analog Input), DI(Digital Input), DO(Digital Output) record를 사용하여 제어 component에 일치하도록 구현 하였다.

## 2.5 상위 OPI

EPICS는 OPI (Operator Interface) base tool을 제공하며, OPI 파일은 extension 파일이라 한다. OPI는 크게 두개의 그룹으로 나뉘지며 channel access를 하는 channel access tool group과 channel access를 하지 않고 데이터 베이스를 설정하여 디스플레이 화면을 에디터하는 그룹으로 나뉘진다. channel access tool은 IOC를 실시간 감시하고 제어 하는 real-time tool로서 MEDM, DM, ALH, SEQUENCE등이 있다. RF OPI는 SUN Workstation의 Solaris OS하의 EPICS OPI tool인 MEDM를 사용하여

RF IOC에서 channel access 한 여러 형태의 제어 및 모니터링 신호를 화면에 구성 하도록 할 것이다

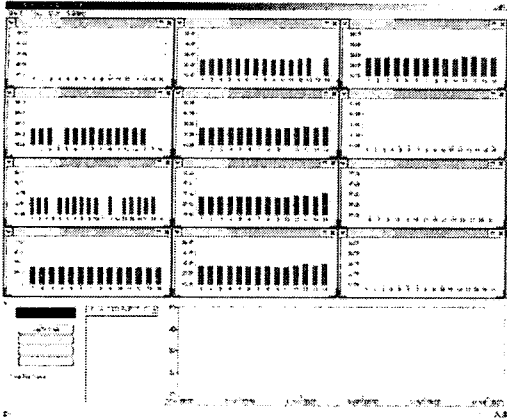


그림 3. 상위 메인 GUI 화면

그림 3. 은 진공 챔버 온도 측정 시스템의 주 메인 화면을 보여주고 있다. WIN2K 기반의 비주얼 C로 제작되었으며 CA(Channel Access) Interface library를 이용하여 EPICS IOC에 접근하도록 되어 있다. 전체 12군데 해당 Cell 별 측정된 온도 값을 막대그래프 형태로 표현되기에 온도 변화를 쉽게 구분되도록 하였다. 메인 메뉴의 탭메뉴에서 CELL를 선택하여 해당 CELL를 삭제 혹은 삽입이 가능하며, 또한 그림 4. 와 같이 파일 메뉴를 선택한 후 해당 Cell의 EPICS PV별 개별 시그널의 선택이 가능하여 신호를 추가 및 삭제가 가능하다. 그리고 그림 5. 와 같이 각 특정 시그널을 초 단위로 차트 형태로 볼 수 있고, 그 시간별 변화의 추이를 주어진 시간간격으로 저장할 수도 있어, 관리가 필요로 하는 시그널에 대한 과거 온도 변화를 차트 식으로도 볼 수 있도록 구현되어 있다.

### 3. 결 론

가속기 저장링의 진공 관련 데이터 (pressure value, gauge value, temperature value)의 빔 진단 연구를 위한 분석 데이터로 이용하기 위하여, 개별 담당자에 의한 데이터의 처리가 이뤄졌으나, EPICS를 이용한 새로운 진공 제어 시스템이 개발되어, 누구든 원하는 진공 데이터를 공유 할 수 있게 되었다. 진공 챔버 온도 측정시스템을 개발 하기위하여 EPICS 개발환경인 EPICS IOC Base 및 OPI Extension 소프트웨어 설치가 완료되었다. 주 메인 보드인 Industrial Computer의 WIN32 BSP(Board Support Package)의 설치, 그리고 자체 연구소 환경에 맞게 변형된 MODBUS/JBUS 프로토콜 EPICS device support 및 device drive 프로그램을 개발 하였다. 현재 가속기 진공 제어시스템으로 운영중인 기존 시스템에서 요구되는 성능향상을 위한 개선사항이 하드웨어 및 응용 프로그램에 적용될 것이다. EPICS를 이용한 새로운 진공 챔버 온도 측정 시스템의 개발 등은 당 연구소의 빔 운전 개선의 일환이 될 것으로 보며, 유사한 연구소의 EPICS 적용 사례에 기술적인 도움이 될 것으로 본다. 향후 개발 진행 중인 SA120의 국산 온도 센서 RTD 적용 및 임베디드 시스템 적용에 의한 국산화가 계획 중이며, 하드웨어의 현장 설치 및 EPICS IOC 응용소프트웨어의 개선 적용은 계속 될 것이다

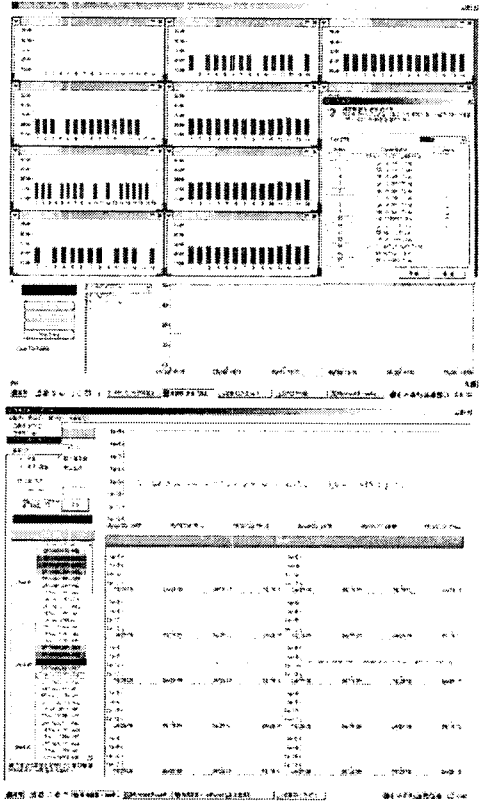


그림 5. Chart 및 Trend 관리 화면

### [참 고 문 헌]

- [1]Marty Kraimer, "EPICS Input/Output Controller(IOC) Application Developer's Guide",
- [2]윤종철, 이진원, 황정연, 남상훈, "EPICS를 이용한 가속기 진공장치 감시 시스템 개발" 2002하계전기학회, D권, pp 2344, July 10-12, 2002
- [3]윤종철, 최잔혁, 남상훈, "EMSDS를 이용한 SR Vacuum Ion-Pump용 제어시스템 개발 및 EPICS 적용", PAL-PUB 2003-005, PAL POSTECH