

EPICS 기반의 다기능 분산 입출력 장치 설계

장대식, 김민석, 오병훈, 김양모*
한국원자력연구원, 충남대학교*

Design of EPICS based multi function distributed Input Output Device

Chang, D. S. Kim, M. S. Oh, B. H. Kim, Y. M.*
Korea Atomic Energy Research Institute, ChungNam National University*

Abstract - 어느 정도 규모를 가진 실험 설비를 자동화하기 위해서 분산 I/O를 지원해 주는 자동화 컨트롤러를 사용하는 것이 편리하며 이러한 용도로 PLC(Programmable Logic Controller), PAC(Programmable Automation Controller) 등을 사용하고 있다. 하지만 기능적으로 필요로 하는 I/O 이외에 전원장치, 백프레임, 그리고 메인컨트롤러 등의 항목이 추가된다. 이러한 제한은 필요로 하는 자동화 대상인 설비의 I/O의 접속수가 많지 않지만 이들을 분산하여 설치될 필요가 있을 경우 전체 시스템을 자동화 하는데 소요되는 비용을 필요 이상으로 높하게 된다.

본 연구는 현재 한국원자력연구원에서 시험 운전 중인 TS-NBI 장치의 자동화에 이용할 목적으로 자동화 대상 설비의 I/O 접속수가 많지 않지만 분산 I/O로 구성하여야 하는 경우에 적용할 해결책을 찾기 위해서 수행 하였다.

1. 서 론

현재 한국원자력연구원 핵융합공학기술개발센터에서 실험 운전 중인 TS-NBI(Test Stand - Neutral Beam Injector)는 차세대 초전도 핵융합 연구 장치인 KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 플라즈마 가열을 목적으로 제작된 프로토타입 장치이다. NBI는 토카막 플라즈마에 중성 빔을 입사 하여 플라즈마 온도를 높이는 설비이며 본 장치인 토카막 장치의 부대 장치이지만 그것에 버금가는 설비 규모를 가진다.

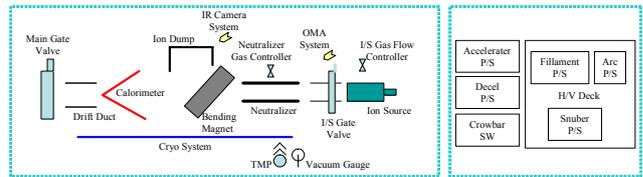


〈그림 1〉 제작된 NBI 장치 전경

NBI는 이온 소스를 운전하기 위한 전원 시스템, 3M X 4M X 5M의 치수를 가진 빌라인 진공 챔버의 진공도를 일정하게 유지 관리하기 위한 진공 시스템, 기타 냉각장치, 가스 주입 장치 및 빌라인을 구성하는 전자석 전원, 칼로리미터, 빔 중성화 장치, 빔 진단 장치 등으로 구성된다. 각 장치의 계측 및 제어 시스템은 제작이 필요한 성능 구현에 최우선을 두었고 이후에 느슨한 형태의 계전 방식으로 이들을 연결하여 인터락과 운전 동기를 하도록 구성하였다. 현재 대부분 제작 완료되었고 최적의 운전 조건을 찾기 위해서 시험 운전 중에 있다.^[1]

이에 적용하는 제어 방법과 운전 시퀀스를 보다 용이하게 변경하고 조작하는 방안이 있다면 그 운전 조건을 찾는데 도움이 될 것이며 이를 위해서 계측 및 제어 시스템을 동일한 방식으로 통합하여 유지 관리할 수 있는 방안으로 EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)를 적용하기로 하였다. 실제 KSTAR에 설치될 NBI는 앞으로

제작될 예정이며 EPICS 기반의 계측 및 제어 시스템에 의해서 운전을 하게 될 것이다.



〈그림 2〉 NBI 제어 대상 장치 계략도

설치된 설비 중에 Bending Magnet을 제어하는 전자석 전원은 15V, 1200A의 직류 출력을 발생시키는 장치로 DynaPower사의 Drive/Firing 모듈을 가지고 사이리스터 위상 제어를 통해 출력을 조정하는 방식으로 현재는 현장에서 운전자의 조작에 의해서 운전되고 있는데 이를 원격 운전하기 위해서 상기 모듈 기준으로 다음과 같은 접점이 필요하다.

〈표 1〉 전자석 전원 원격 제어를 위한 접점 현황

항목	갯수	용도
analog input	2	출력 전압 및 전류 모니터
analog output	2	전압 및 전류 설정
digital input	2	zero current detector 및 over current protection 모니터
digital output	1	circuit inhibit

기존의 상용화 되어있는 PLC나 PAC등을 선정할 수도 있지만 구성하는데 비용이 많이 들뿐 아니라 EPICS 기반으로 운전하기 위해 필요한 소프트웨어 드라이버 제작에 어려움을 고려하여 RS232 인터페이스와 TTY(teletypewriter) 프로토콜을 사용하는 장치를 만들기로 하였다.

2. 본 론

2.1 EPICS 소개

EPICS는 LANL(Los Alamos National Laboratory)의 Accelerator Technology 그룹과 ANL(Argonne National Laboratory)의 APS(Advanced Photon Source)의 공동연구 결과로 탄생하였고 북미, 유럽, 그리고 아시아에 걸쳐 현재까지 100개 이상의 독립적인 프로젝트에서 이용되어 왔다. 입자 가속기, 천문학, 그리고 산업체 등에서 이용되고 있으며 주로 대형 입자 가속기와 같이 상당한 규모의 설비를 정상 상태로 운전 하고자 하는 경우에 제어시스템 제작을 위해 사용하고 있다.

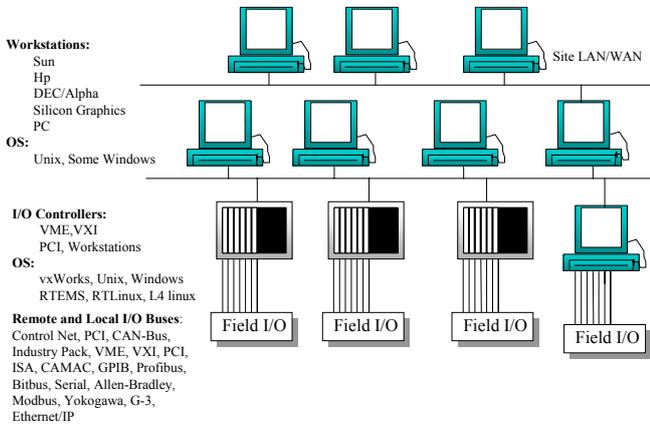
EPICS는 일련의 소프트웨어 툴들을 총칭하는 의미로 제어 대상 설비를 네트워크 기반의 DCS(Distributed Control System)로 만들기 위해 개방형 구조(open architecture)의 특징이라 할수 있는 확장성(scalability), 이식성(portability), 상호 운용성(interoperability) 조건을 만족하는 제어 시스템 구조를 가진다.

2.2 EPICS가 제공하는 제어 시스템 표준 구조 모델

EPICS의 가장 주목할 만한 특징은 특정 소프트웨어 또는 하드웨어에 종속됨이 없이 제어 대상이 되는 설비 전체를 DCS로 만들 수 있는 표준 구조를 제공해 준다는 것이다. 표준 구조는 3개의 하드웨어 계층과 5개의 소프트웨어 계층으로 구성된다.^[2]

하드웨어 계층은 IOC(Input/Output Controller), OPI(Operator Interface) 그리고 IOC 와 OPI를 연결해 주는 network으로 구성된다. 〈그림 2〉에서와 같이 IOC는 VME/VXI bus 기반으로 CPU와 I/O 보드

로 구성할 수 있으며 이 I/O를 가지고 제어 대상이 되는 설비를 운전할 수도 있지만 IEEE-488, Bitbus, CANbus, RS-232/485, Ethernet, 그리고 PLC 등 다양한 종류의 표준 필드 버스의 I/O를 가지고 제어 대상이 되는 설비를 조작할 수도 있다. 그리고 OPI는 UNIX OS의 workstation과 windows NT 또는 Linux OS의 PC 하드웨어로 구성할 수 있으며 network 계층도 Ethernet, FDDI, ATM과 같은 것들의 조합으로 구성될 수 있다.



〈그림 3〉 EPICS가 지원하는 표준 제어 시스템 구조

소프트웨어 계층은 최상위 하드웨어 계층인 OPI의 workstation/PC에서 사용자에게 제어조작, 경보조작, 그리고 데이터 저장 및 검색 등의 기능을 제공해주는 툴들이 실행되고 있는 클라이언트(client) 계층, IOC의 VME/VXI bus 또는 PC에서 제어 대상 설비의 제어를 수행하고 있는 테스크(task)가 실행되고 있는 서버(server) 계층, 클라이언트 계층과 서버 계층 사이를 연결해 주는 CA(channel Access) 소프트웨어 계층은 모든 서버가 클라이언트와 연결할 수 있도록 해주는 CA(Channel Access) 프로토콜을 가지고 있으며 이것이 EPICS 가장 중요한 특징이라 할 수 있다. 데이터베이스(database) 계층은 레코드(record)라고 불리는 개체(object)의 조합으로 구성되며 레코드는 물리적인 센서나 구동기를 대신한 소프트웨어 개체이며 처리하는 데이터에 대한 scaling과 smoothing 기능을 제공해 주고 실제 하드웨어 센서나 구동기가 사용하지 않고 단지 시뮬레이션을 하여 결과를 예측할 수 있도록 해주는 기능도 제공해준다. 또한 클라이언트에서 PV(Process Value)를 출력(display)할 때, 설정범위 초과 시 알람(alarm)을 사용하고자 할 때, 그리고 데이터 저장(archive)을 할 때 도움이 되는 기능을 가지고 있다. 마지막으로 디바이스 드라이버(Device Driver Layer) 계층은 물리적으로 연결되어 있는 장비에 대한 인터페이스 정보를 관리하는 것으로 EPICS를 위한 하드웨어의 소프트웨어 드라이버로 간주 할 수 있다.

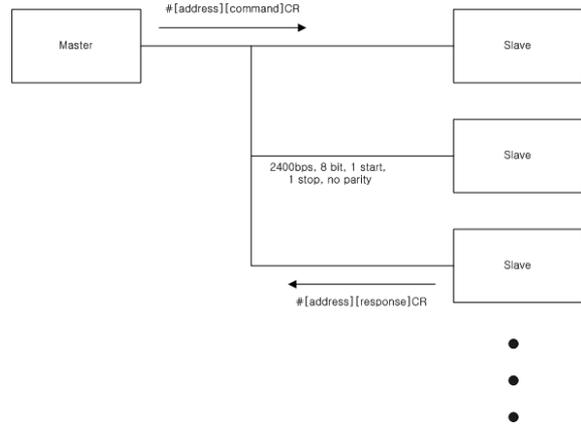
2.3 nbMio의 필요성

TS-NBI (Test-Stand - Neutral Beam Injector)의 제어 및 계측 시스템은 시스템 통합을 고려하여 제작하고 설치하지 않았다. 운전전에 필수적인 요소만을 원격지에서 제어하며 그렇지 않은 항목들은 현장에서 매일 조작하고 감시할 수 있다. 이를 EPICS 기반의 시스템으로 꾸미기 위해서는 각 설비가 EPICS의 디바이스/드라이버 계층을 통하여 제어될 수 있도록 할 필요가 있다. <표 1>에서와 같이 전자석 전원을 제어하기 위해서 필요한 접점의 특성을 파악하고 이를 인터페이스 하드웨어에 결선한 후 EPICS의 디바이스/드라이버 계층과 인터페이스 할 수 있도록 소프트웨어 드라이버를 작성해야 한다. 이 경우 주로 사용할 수 있는 인터페이스 하드웨어로 PLC 또는 PAC 등을 사용할 수 있지만 소요되는 비용을 고려하여 분산 I/O를 지원해 주고 장치에 알맞은 인터페이스 하드웨어를 만들기로 하였다.

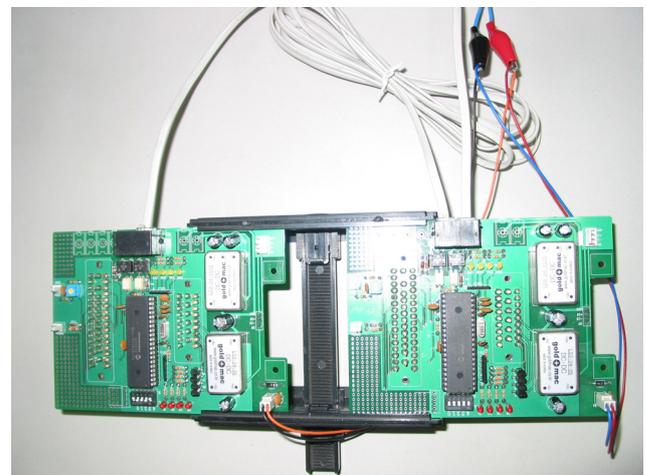
nbMio(Multi-function Input and Output Board for Neutral Beam Injector)는 기본적으로 EPICS 디바이스/드라이버 계층을 통하여 제어 가능해야 하며 다수의 설비에서 사용 가능한 인터페이스 구조가 되도록 만들어야 한다. 따라서 마스터(master)와 다수의 슬레이브(slave) 형태로 통신 방식을 선택하였으며 전기적으로 RS232 물리 계층에 TTY 프로토콜을 사용하여 설계하였다.

<그림 4>에서와 같이 마스터에서 특정 슬레이브로 주소(address)를 지정하여 명령(command)을 보내면 해당 슬레이브는 동작을 수행한 후 응답(response)를 보내고 이를 해석하여 명령의 유효 여부를 확인하여 nbMio의 대상 설비를 제어하고 설비의 상태를 확인한다. 슬레이브를 32개까지 연결하여 사용할 수 있으며 주소번호는 00~31까지를 사용하고 주소번호 32를 사용할 경우 전체 슬레이브에 해당하는 명령을 의미하

도록 설계하였다. <그림 5>는 설계하여 시험하기 위해 제작한 nbMio 두 개를 연결한 모습을 나타낸 것이다. 현재 EPICS 드라이버까지 작성을 완료하여 시험을 마쳤다.



〈그림 4〉 nbMio의 통신 제어 방법



〈그림 4〉 테스트 중인 nbMio 보드

3. 결 론

어느 정도 규모를 가진 실험 설비를 순차적으로 제작하더라도 장치 완성 후 모든 설비를 통합하여 운전할 방법을 제어 및 계측 시스템 제작자는 제작 시작 시점부터 준비해야 한다. EPICS는 잘 구성된 표준 제어 시스템 구조 모델을 제공하여 제어 대상 설비가 순차적으로 제작되더라도 제어 및 계측 시스템이 DSC 기반으로 운전 가능하도록 해주는 일련의 소프트웨어 툴을 제공해 준다. 또한 EPICS 자체가 개방형 구조(Open Architecture)에 소스가 공개(Open Source)되어 있으므로 사용자의 필요에 따라 하드웨어를 구성하고 소프트웨어를 작성하는 것이 용이하다. nbMio는 TS-NBI의 접점 제어를 수행할 목적으로 제작한 하드웨어이며 EPICS의 개방형 구조와 소스를 이용하여 TS-NBI를 통합 운전하기 위해서 필요하다. 우선 TS-NBI 전자석 전원의 원격 제어를 위한 인터페이스 하드웨어로 이용한 이후에 지속적인 수정 보안을 통하여 어느 정도 규모를 가진 실험 설비의 EPICS 기반 분산 제어 시스템 구성을 위한 해법 중 하나로 이용할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 장대식, 오병훈, 김양모, "KSTAR NBI 장치의 운전 제어 시스템 제작을 위한 고찰", 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp. 295-296, 2006
- [2] <http://www.aps.anl.gov/epics>