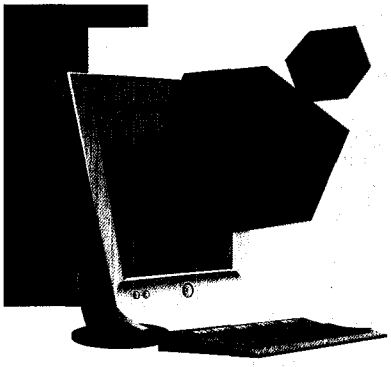
글_ 장치운영기술부 제어기술팀 **박미경 팀장**



비상용 SCADA 시스템(EPICS)을 적용한 KSTAR 토카막 제어시스템

⊙● KSTAR의 안정적인 제어시스템, EPICS

KSTAR 토카막 장치는 미래 에너지 자립을 위한 원천기술로서 핵융합기술에 대한 연구 수행과 상용 발전소로 가기 위해 실증 기반기술개발을 목표로 2025년까지 운영 계획에 있다. 이러한 장기간 운영되는 대규모 실험 장치의 경우, 원격 운전 및 제어, 실험의 수행을 위한 제어시스템은 그 규모가 대형 플랜트 시스템과 유사하고 제어의 복잡성 및 안정성에서 한층 높은 사양을 요구하고 있다. 일반적으로 플랜트 자동화의 경우 상용 SCADA* 시스템을 사용한 제어시스템이 주를 이룬다.

하지만 이는 시스템 구축에서 다양성 및 확장성의 한계, 막대한 구축 및 운영비용 그리고 장기간 운영 시 상용 제품 단종으로 인한 유지, 보수에서의 취약성 등의 단점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 1980년대부터 입자가속기 제어분야를 필두로 오픈 라이선스를 가지는 EPICS** 라는 소프트웨어 패키지의 개발이 시작되었고 전 세계적으로 150여 개 프로젝트에서 사용해 오고 있다.

규모면에서는 50만 개 이상의 입·출력 신호를 처리하는 제어시스템에서도 그 성능이 검증되었다. 하지만 입자가속기와 달리 연속 운전 및 펄스 운전의 복합적 형태를 가지는 토카막 제어 분야에서는 PPPL의 NSTX 장치만이 일부 적용한 예가 있고 전체 제어시스템에 적용된 사례가 없다. 더구나 국내 적용 사례는 포항 가속기 제어시스템이 유일하고 최근 양성자 가속기 제어시스템에서 이를 이용한 개발이 진행 중에 있다.

KSTAR 제어시스템 개발 초기 토카막 제어시스템 적용 및 운전 사례가 없는 상태에서 개발의 위험성이 상당히 존재하고 있었으나 약 20년 가까운 KSTAR의 운전 기간 동안 제어시스템이 안정적으로 운영되기 위한 솔루션은 EPICS가 유일하다는 판단 하에 도전을 하게 되었고, 지난 두 번의 KSTAR 캠페인 동안 성공적으로 그 성능 및 안정성을 입증하였다. KSTAR 제어시스템은 비상용 SCADA 시스템인 EPICS를 전체 토카막 제어시스템에 적용한 세계 첫 번째 사례로서 이러한 성공은 ITER CODAC이 EPICS를 채택하는 기준이 되었다.

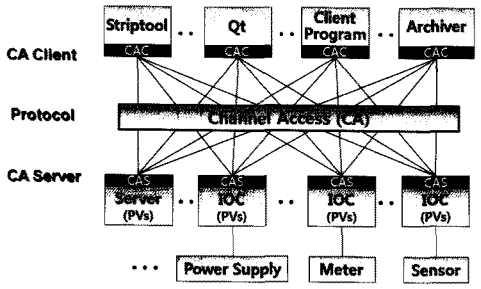
⊙● EPICS란?

EPICS는 입자가속기, 천체망원경, 거대과학 실험 장치, 산업용 플랜트 등의 실시간 분산 제어시스템 개발용으로 사용되는 소프트웨어 툴, 라이브러리, 응용 프로그램들의 패키지로서 오픈 라이선스 정책을 가지고 전 세계 개발자들에 의해 공동 개발되었으며 현재도 그 성능이 진화하고 있다.

EPICS는 로고에서 보여주듯이 네트워크 기반의 클라이언트/서버의 분산형 구조로 되어 있고 Process Variable(PV)이라는 기본 데이터 요소를 가지고 운영되며, 클라인언트/서버 사이에서 PV 데이터 전송을 제어하는 Channel Access(CA)라는 통신 프로토콜을 사용하고 있다. 기본적으로 CA는 용도에 따라 TCP, UDP 두 종류의 Internet v4 프로토콜을 사용하며, CA 클라이언트는 PV에 접근하는 프로그램을, CA 서버는 해당 PV로

의 접근을 제공하는 프로그램을 의미한다. 실제 CA 클라이언트는 User Interface Panel, Trending chart, 분석 프로그램, Archiving 프로그램 등 다양하며, CA 서버는 데이터 측정 장치, 분석 시뮬레이션 프로그램 등이 이에 해당된다.

EPICS는 상용 분산제어시스템(Distributed Control System, DCS)이 가지는 모든 기능을 제공하며, 현재까지 발표되어 있는 거의 모든 OS 플랫폼 및 I/O bus 들을 지원하고 있다. 또한 EPICS가 제공하는 응용프로그램 외 많은 사용자에 의해 개발되어 있는 다양한 하드웨어 드라이버, 라이브러리, 응용프로그램 등을 사용할 수 있다는 장점이 있다.



• 수행 기능

Remote Control/Monitoring,
Data Conversion/Filtering,
Data Acquisition,
Closed Loop Control,
Access Security,
Alarm Detecting/Reporting/Logging,
Data Trending/Archiving/Retrieving

• 지원 O/S 및 I/O

OS

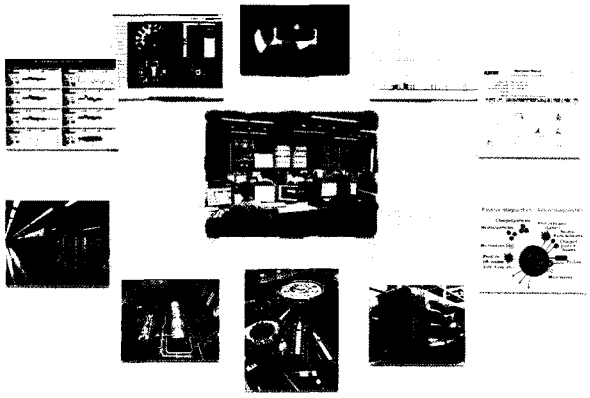
vxWorks, UNIX, RTEMS, RTLinux, Linux, Windows, etc

I/O Controller

VME, VXI, PCI, PCIe, Softcore on FPGA, PLC, uTCA, etc

Remote and Local I/O Buses

ControlNet, Profobus, CAN-Bus, Ethernet/IP, Modbus, VME, VXI, PCI, ISA, CAMAC, GPIB, Serial, etc



⊙● 연구성과의 의의 및 파급효과

이 연구의 가장 큰 성과는 비상용 SCADA인 EPICS 기반 토카막 제어시스템이 안정적 운전 제어 성능 및 플라즈마 실험 환경을 제공하면서 무비용으로 구축될 수 있는 새로운 가능성을 제시했다는 점과 더불어 긴 KSTAR 운전 기간 동안 제어시스템의 유지, 보수 및 확장성을 확보했다는 점을 들 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 차세대 핵융합 실증로인 ITER 프로젝트가 EPICS를 채택함으로써 KSTAR 제어시스템이 토카막 제어분야에서 새로운 기준이 되어 선도적 역할을 수행할 수 있게 되었다. 또한, 제어시스템 구축 시 개발된 다양한 소프트웨어 드라이버 및 라이브러리들은 EPICS 커뮤니티를 통해 단계별로 발표를 하고 있으며, 산업계에 EPICS 제어계 개발 기술의 적극적인 전수도 지속적으로 진행할 예정이다. NFRI

* SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)
분산제어 형태를 가지는 대형 플랜트의 프로세스 제어 및 감시, 데이터 획득 등을 위해 사용되는 대규모 소프트웨어 패키지, 또는 그에 사용되는 시스템.

** EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System)
거대 장치 제어분야의 미들웨어로서 소프트웨어 프레임워크 및 통신 프로토콜, 개발 툴 등을 제공하는 대규모 소프트웨어 패키지로서, 리눅스 운영체제와 같이 전 세계 참여자가 공동 개발, 사용하는 오픈 라이선스 정책을 가지고 있음.