

KSTAR NBI 운전 제어 시스템 제작을 위한 고찰

Investigation for construction of the control system for KSTAR NBI

장대식, 오병훈, 김양모.
D.S.Chang, B.H.Oh, Y.M.Kim

Abstract - Prototype NBI(Neutral Beam Injector), which is tested at KAERI(Kaeri Atomic Energy Research Institute), is the facility for tokamak plasma ignition of the advanced nuclear fusion KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research). New NBI facility, which is the part of KSTAR tokamak, will be constructed during next three years. This investigation is focused on the preliminary test to construct the control system for KSTAR NBI ,before KSTAR NBI facility is constructed

Key Words : KSTAR, NBI, EPICS,

1. 서론

한국원자력연구소에서 실험 중인 중성빔 입사 장치인 NBI는 차세대 초전도 핵융합 연구 장치인 KSTAR의 플라즈마 가열을 목적으로 제작된 프로토타입 장치이다. NBI는 현재 토카막에서 사용되고 있는 가열장치 중 가장 신뢰성 있는 가열장치로 플라즈마 밀폐를 중점적으로 연구하는 중형 이상의 토카막에서 기본적으로 갖추어야 할 장비중 하나이다. NBI는 저항 가열에 의해 어느 정도 뜨거워진 플라즈마에 중성 빔의 형태로 추가 에너지를 외부에서 가해줌으로써, 핵융합 반응에 의한 점화 조건과 가까운 상태의 플라즈마를 만들어 관련된 연구의 수행에 도움을 줄 수 있다. 테스트 스탠드에 설치된 프로토타입 NBI를 기본으로 본장치인 KSTAR 토카막에 사용할 NBI는 앞으로 3년의 제작 기간을 거쳐서 완성될 예정이다.

본 연구는 앞으로 제작할 KSTAR NBI 장치의 운전 제어를 담당할 시스템을 제작하기에 앞서 현재 운전 중인 NBI 장치의 운전 제어 방법과 개선점을 고찰하고 토카막 장치와 통합 운영을 고려한 운전 제어 시스템 설계를 위해 수행하였다.

2. 본론

KSTAR NBI 운전 제어 시스템 제작에 앞서 KSTAR 통합 운전 제어 시스템의 구성 요소를 확인하고 NBI와 같은 부대 장치와의 통합 운영을 위해서 제공하여 주는 인터페이스 방법을 확인할 필요가 있다. 또한 프로토타입으로 제작되어 운전하고 있는 NBI의 운전 제어 시스템 현황을 파악하여 개선이 필요한 부분을 확인하고 본장치와 인터페이스를 결정해야 한다.

2.1 KSTAR 운전 제어 시스템과의 인터페이스

KSTAR는 대형 실험 장치로서 운전 제어를 담당할 제어 장치는 네트워크 기반의 분산 실시간 제어 시스템으로 구성될 예정이다. KSTAR 중앙제어시스템은 전체 운전에 관련된 방전제어, 장치제어, 진단제어, 타이밍 제어, 그리고 인터락 제어를 관리하고 NBI를 포함한 다양한 기능을 가진 부대 장치를 각각 해당 로컬제어시스템에서 운전하도록 하는 대신에 중앙제어시스템과 인터페이스를 위해서 다수의 네트워크를 제공하며 그림 1과 같은 구조를 가진다. [1]

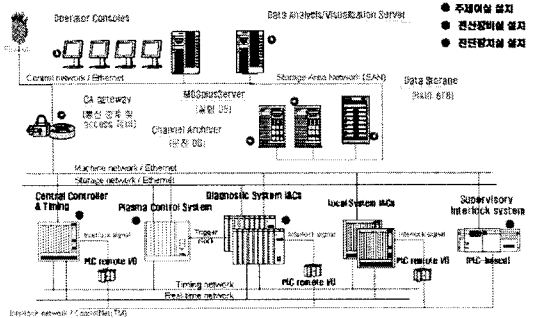


그림 1. KSTAR 통합 제어 시스템 구성도

그림 1에서와 같이 KSTAR 중앙 제어 시스템은 실시간 제어를 수행하기 위해서 RFM(Reflective Memory) 기반의 real-time network, 전체 장치의 운전 동기를 맞추기 위해서 제공하는 optical timing network, 장치 운영을 위해서 제공하는 machine control network, 실험 데이터 저장을 위해서 제공하는 storage network, 그리고 인터락 처리를 위해서 interlock network가 제공된다. NBI는 자체 로컬제어시스템이 구성되어 그림 1의 'local system I&Cs'에 위치하여 장치의 특성에 맞추어 제공되는 네트워크에 연결하여 KSTAR와 인

터페이스를 구성하게 될 것이다.

NBI는 KSTAR의 운전 시나리오에 따라 운전될 것이므로 timing network를 통하여 전체 장치와의 운전 동기를 구현하게 된다. timing network를 통하여 가열장치 운전 시작 신호를 확인하면 NBI 자체 제어 시스템에 의해서 NBI의 운전 제어를 수행한다. KSTAR는 운전 방식으로 선도의 실험에서 결정된 운전 시나리오에 따른 운전 동기 방식인 'pre-programmed mode'와 방전 실험 도중 수집된 물리 데이터들의 재분석을 통해 이벤트 시점을 결정하는 'feedback mode'를 필요로 하는데 NBI를 'feedback mode'로 운전할 필요가 있다면 real-time network 사용을 고려해야 한다. 또한 NBI에서 발생하여 전체 운전제에 제한을 가하는 인터락과 외부에서 NBI의 운전을 제한하는 인터락이 있으므로 interlock network를 이용해야 한다.

2.2 prototype NBI 운전 제어 시스템

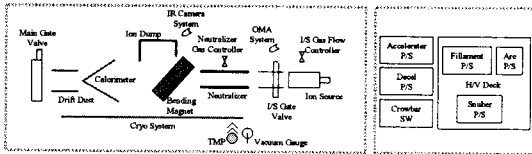


그림 2. NBI 제어 대상 장치 개략도

프로토타입 NBI를 운전하고 있는 테스트 스탠드에서는 NBI 제어 시스템을 전원제어시스템, 빔라인제어시스템, 진단시스템, 냉각시스템, 그리고 진공제어 및 감시시스템 등으로 구분하여 개별적으로 구성하였다. 예를 들면, 그림 3과 같이 전원제어시스템의 경우 전용 시스템을 구성하였다.

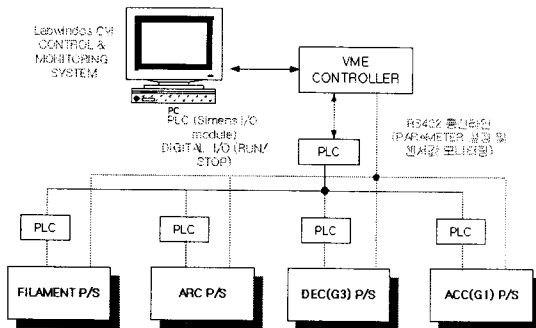


그림 3. NBI 전원 통합제어 시스템

NBI는 플라즈마 가열을 목적으로 하는 부대 장치이지만 양질의 빔을 만들기 위해서 그림 2에서와 같이 각종 전원 및 빔라인 컴포넌트에 대한 운전 제어 및 상태 감시가 필요하며 기능적으로 구분하여 개별적으로 운전 제어를 수행하는 것보다 가능한 동일한 제어 방식을 적용하여 통합된 운전 시스템이 되도록 해야 한다. 또한, 규모면에서도 본장치에 비금하므로 KSTAR NBI 제어 시스템은 KSTAR 운전 제어 시스템과 마찬가지로 네트워크 기반의 분산 제어 시스템으로 구성하는 것이 NBI 장치 자체 운전 제어 시스템 통합에도 유리하며 실시간 제어 기능 포함 여부는 KSTAR에서 요구하는 운전

성능, 즉 'feedback mode' 지원 가능 여부에 의해서 결정해야 한다.

2.3 EPICS 소개

EPICS (Experiment Physics and Industrial Control System)는 LANL(Los Alamos National Laboratory)의 Accelerator Technology 그룹과 ANL(Argonne National Laboratory)의 APS(Advanced Photon Source)의 공동연구 결과로 탄생하였고 현재는 전 세계적으로 광범위하게 사용되고 있다. EPICS는 입자 가속기, 대형 실험장치 그리고 대형 망원경과 같은 장치 운전을 목적으로 분산 제어 시스템 구성에 사용되는 소프트웨어 툴들과 관련 문서 그리고 사용자가 작성한 각종 코드를 모두 통칭하는 용어이며, 이를 발전시키기 위해서 큰 규모의 과학 연구소나 산업시설이 수행하는 공동 연구체제를 뜻하기도 한다. EPICS는 Client/Server 그리고 Publish/Subscribe 기술을 사용하는데 현장에 설치되어 Server 역할을 수행하는 IOC(Input Output Controller)가 장치 제어와 데이터 수집을 수행하고 CA(Channel Access) 네트워크 프로토콜을 사용하여 Server에 사전 등록(subscribe)한 Client 역할을 수행하는 OPI(Operator Interface)에게 그 항목에 관계된 정보의 변경이 있을 때 해당 항목을 공고(Publish)한다. CA는 특별히 제작된 광대역 소프트웨어 real-time 네트워크 어플리케이션으로 분산 제어 시스템 구성에 적합하며 다수의 데이터 중에서 변경이 발생한 데이터만을 처리하므로 네트워크에 필요 이상의 부하를 야기하지 않으며 Server의 용량이 한계에 이르렀을 경우 다른 Server로 분산 제어 처리가 용이하다.[2]

3. 결론

KSTAR NBI 운전 제어 시스템 제작에 앞서 프로토타입 NBI의 운전 제어 시스템의 운전 제어 방식과 개선점을 고찰하였다. KSTAR NBI 운전 제어 시스템은 네트워크 기반의 분산 제어 시스템으로 제작할 것이고 EPICS를 사용하여 NBI를 구성하고 있는 여러 종류의 장치를 가능한 동일한 방법으로 제어하여 시스템 통합을 이룰 것이다. KSTAR 운전 제어 시스템과 앞으로 제작될 NBI 운전 제어 시스템의 통합을 위해서 제공되는 인터페이스 네트워크의 사용 여부를 검토하였고 KSTAR 운전 제어 팀과 협의를 통하여 앞으로 확정지를 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] K.H. Kim, et al., The integrated control system for KSTAR, ICALEPCS2005..
- [2] <http://www.aps.anl.gov/epics>