

양성자 가속장치 냉각계통의 제어시스템의 EPICS 구현에 대한 연구

윤종철, 김경렬, 김형근, 권세진, 김희섭, 황운하, 박준
포항공대 가속기 연구소

Design of EPICS based Control System for RCCS Cooling Water System in PEFP DTL

J.C. Yoon, K. R. Kim, H. S. Kim, S. J. Kwon, W. H. Hwang, J. Park(PAL)
Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH, Pohang 790-784, Korea

Abstract - The DTL water skid cooling system and Resonant Control Cooling Systems (RCCS) will employ a control system that can be operated by a local, programmable logic controller (PLC), interfaced through a touch screen interface, mobile alarm SMS server system, or it can be operated through the PEFP global control system network. The RCCS is implemented using Experimental Physics and Control System (EPICS) based hardware and software and is integrated with other networked PEFP EPICS systems. This presentation discusses the features of the local control system.

1. 서 론

본 연구는 양성자 가속장치의 RFQ, DTL 냉각계통의 RCCS 제어를 위한 유사 가속장치 연구소의 개발 진행 중인 RCCS 제어시스템에 대한 전반적인 이해를 통하여 향후 적용될 양성자 RCCS 제어 시스템 적용을 위하여 전반적인 제어시스템의 구성에 대하여 제안하려는 데 있다. 효율적이고 최신 제어기술이 기반이 된 시스템 개발을 위하여 산업용 제어시스템 현황, 각종 제어 프로그램의 편리성 등을 검토하여, 전체 양성자 DTL RCCS 제어시스템을 설계 하는데 그 목적이 있다. 그래서 가속장치 등에서 복잡한 시스템의 제어 프로그램을 각각의 경우에 맞게 개발하는 어려움을 해소하기 위하여 개발된 소프트웨어 도구인 EPICS를 기반으로 해야 할 것이다. 그리고 Open 시스템에 의하여 타 상위 시스템과의 상호 접속 및 데이터 전송이 쉽고 원활해야만 한다. 그런 기준에 적합한 하드웨어 사양으로는 다양한 임베디드 제어기 등이 있고, 또한 산업용 장치제어에 많이 사용되는 PLC, VME 등이 있다. 양성자 가속장치의 냉각계통의 동일한 구조의 시스템이 여러 개 연결되어 제어 되어야 할 때 개발된 소프트웨어 및 하드웨어의 통일성, 확장성 등이 유연해야 하고, 또한 전체 가속장치 제어시스템과의 연동 및 EPICS 구현 등이 쉽게 적용되어야만 한다. 그에 적합한 하드웨어 표준이 유사 가속기에서도 적용되고 있는 PLC가 사용되어야 한다. 또한 최신 모바일 기술을 접목한 알람 SMS 시스템과 연동하여, 각종 알람을 담당 시스템 관리자 및 운영자의 휴대 단말기로 전송하고, 필요에 의한 데이터를 무선 단말기로 조회를 가능하게 하는 모바일 SMS 시스템도 적용 고려되어 있다. 이런 기본적인 양성자 가속장치 냉각계통의 제어시스템의 개발 제안을 위한 현 산업 제어시스템의 현황, 유사 가속장치의 제어시스템 추세, EPICS 구현에 따른 이유 및 소개, 그리고 최종 양성자 냉각계통의 제어시스템 개발 안이 소개 되어 있다.

2. 본 론

2.1 시스템 개요

대규모 과학 실험장치인 100MeV 양성자 가속 장치는 수천 개의 신호를 읽고 분석하고 제어해야 할 것으로 예상된다. 이런 많은 종류의 신호들을 얼마나 빠르고 정확하게 읽고 그 것으로부터 필요한 정보를 추출하는 복잡한 계산을 수행하여 다시 가속 장치에 적절한 제어 명령을 내릴 수 있는가에 따라서 그 가속 장치의 성능과 활용성이 좌우 될 것이다. 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 제어장치 개발을 위하여 일반적으로 요구되는 사항은 개발의 용이성, 확장성, 안정성, 통일성, 실시간 보장 등이 있다. 계속 해서 발전하는 제어기술에 발맞추어 가고, 유사 가속장치의 세계적 추세도 유의 하여 차후 기술 개발 공유도 염두에 두어야 한다. 이러한 관점에서 실제적인 개발 이전에 최신 제어 기술에 대한 연구와 병행해서 실 제어 시스템 개발을 적용 시키

야 한다. 컴퓨터의 등장 이후 이를 이용한 자동제어 기술은 비약적인 발전을 하고 있다. 그 결과 신호를 읽고 판단하는 전자 장치들과 공개된 프로그램 개발용 소프트웨어의 종류도 엄청나다. 결과적으로 제어하고자 하는 장치에 적절치 못한 제어기술이 적용 될 수 있는 가능성이 많아졌으며 이렇게 되었을 경우에는 기술과 환경의 변화를 따라 가지 못하여 이중 투자를 하여야 하는 손실을 가져 올 수 있다. 이러한 제어 기술 자체의 문제 이외에도 국제적인 정보 교류나 상호 기술협력의 중요성이 과학 기술에 적용 되는 면을 고려하여 최적의 제어 기술을 선정해야 한다. 위와 같은 전제와 요구 조건을 충분히 만족 하면서도 운영체제 등 각종의 환경에서 일관된 소프트웨어 개발이 가능한 EPICS(Experimental Physics and Control System)를 소프트웨어 개발 도구로 사용하는 유사 연구소가 거의 대부분이며, 현재 양성자 주 제어장치에도 적용되고 있다. 그래서 양성자 RCCS의 제어 시스템 기본 플랫폼은 EPICS를 기반으로 하여 개발되어야 한다고 본다. 본 연구 제안서는 양성자 제어시스템과 거의 유사한 국외의 SNS, J-PARC 등 우수 연구 기관의 RCCS 제어시스템의 적용 사례를 연구한 후 양성자 RCCS 제어시스템에 적합한 제안을 소개하고자 한다. 양성자 가속장치 냉각계통의 정밀 온도 제어 와 냉각시스템을 이용하여 RFQ 공진기 및 DTL의 Drift Tube의 온도 제어에 의한 RFQ의 공진 주파수를 제어하기 위하여 제어시스템의 최적화가 되어야 한다. RFQ 및 DTL의 냉각수 유로구조 및 배치 등을 고려하여 유량, 압력 및 온도 등 냉각 시스템 프로세스 변수의 정밀제어를 위한 PID제어가 필요하다. 물론 이런 냉각수 조절을 위한 3-way 밸브제어, Flow Switch 제어, 유량 온도, Flow rate, Pressure 등을 모니터 해야만 한다. 또한 이런 장치의 이상 발생시 장치의 보호하기 위하여 운영되는 interlock 신호가 있다. 물론 유량 온도 및 Flow rate의 과도한 상태에 대하여서도 알람 발생 및 경고 할 수 있는 상위 화면 등이 필요하다. 관련된 알람 및 interlock 신호에 대하여 EPICS를 이용하여 데이터 레코드로 적용하여 관리 할 수 있다. 또한 이런 냉각온도 주요 데이터 및 알람 데이터를 EPICS IOC 채널 액세스를 통하여 모바일 SMS 서버 시스템에 네트워크로 연결하여 해당 데이터를 무선 단말기로 통해서 원격으로 SMS 메시지를 통해서 볼 수 있고, 긴급 알람 메시지를 자동으로 통보 받을 수 있는 시스템으로 운영되도록 하는데 기본 운영 안이 된다.

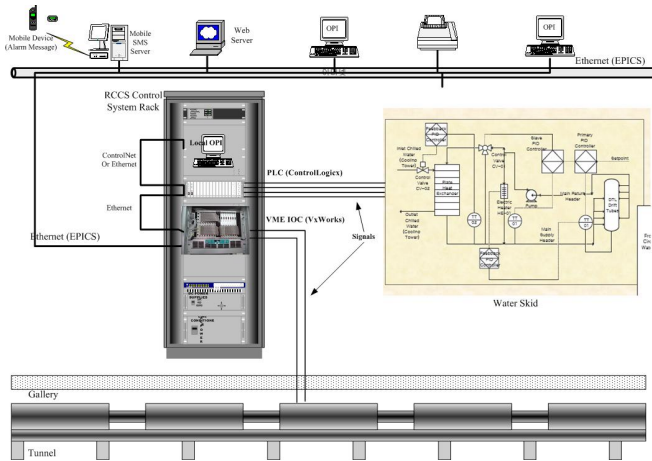
2.2 시스템 하드웨어 구성

앞에서 최신 제어 기술 동향에서 알아보았듯이 효율적이고 최신 제어기술이 기반이 된 시스템 개발을 위하여 산업용 제어시스템 현황, 각종 제어프로그램의 편리성 등을 검토하여, 전체 양성자 DTL RCCS 제어시스템을 설계하는데 있어 Open 시스템에 의하여 타 상위 시스템과의 상호 접속 및 데이터 전송이 쉽고 원활해야만 한다. 그런 기준에 적합한 하드웨어 사양으로는 다양한 임베디드 제어기(Analog In/Output To Ethernet Controller, etc) 등이 있고, 또한 산업용 장치제어에 많이 사용되는 PLC, VME 등이 있다. 양성자 가속장치의 냉각계통의 동일한 구조의 시스템이 여러 개 연결되어 제어 되어야 할 때 개발된 소프트웨어 및 하드웨어의 통일성, 확장성 등이 유연해야 하고, 또한 전체 가속장치 제어시스템과의 연동 및 EPICS 구현 등이 쉽게 적용되어야만 한다. 그에 적합한 하드웨어 표준이 유사 가속기에서도 적용되고 있는 PLC가 사용되어야 한다. PEFP 냉각 온도 제어시스템의 주요 제어 요구 사항으로는 첫 번째로 RCCS에 관한 제어 영역부분에서 LLRF에서의 feedback Signal의 PID 제어이다. 두번째로 Hardware 구조로는 PLC (Field Control of 1 Skid System), VME based System (EPICS IOC) 기본 구조로 한다. 세번째로 Local Field Bus로 사용되는 것은 PLC Local

Bus (ControlNet, DeviceNet: Serial, LAN)이다. 마지막으로 Device In/Output Signal 인 Temperature control: 3way or 2way Valve 유량조절 (PID control), Temperature monitoring: 4 - 20mA DC (AIO) & Alarms, Flow rate monitoring: 4 - 20mA DC, 0 - 10V (AIO) & Alarms, Flow Switch: 0 or 5V (DIO), 유량 ON/OFF 상태 확인 등이 있다. 제어 시스템의 시그널 리스트는 제어 신호 시그널에 대한 특성에 의하여 analog Input/output, digital Input/output, 통신 신호 등으로 구분 하고, 또한 입력 신호의 범위, 출력신호의 범위 등에 대한 정보 등이 일목요연하게 정리 되어져 있어, 전체 시스템의 크기를 파악 할 수 있는 가장 기초적인 자료가 된다. 그리고 데이터를 관리하기 위한 데이터베이스의 구성을 위해서도 각 신호에 대한 시그널 리스트가 필요로 한다. 또한 EPICS 적용을 위하여 PV name 을 부여함에 있어 각 신호 특성 및 해당 입출력 제어장치의 이름과 채널 번호에 의하여 아래와 같이 명명 되어져야 한다. 시그널 리스트의 구성은 시그널 네임, 디바이스, 시그널 타입, Module Info, wiring terminal block (J-BOX), description 등으로 되어 있다. 전체 Number(NO)에 의하여 전체 시그널 개수를 파악할 수 있고, 시그널 네임은 EPICS PV 네임으로 향후 상위 MMI 화면에서 해당시그널을 읽어 들일 때 사용하거나, 데이터베이스 관리에 사용되어지는 이름 이다. 그래서 네임만 보면 어떤 신호인지를 파악 할 수 있도록 이름이 만들어져야 한다. 디바이스 및 시그널 타입은 신호에 대한 특성을 나타낸다. Module Info. 는 사용되어지는 제어용 PLC 모듈 종류 이다. J-BOX는 해당 시그널이 연결되는 장치와의 연결을 위한 시그널 wiring terminal block의 위치를 나타내고 있다.

2.3 제어시스템 구조

제어시스템 구조는 Water Skid 냉각 장치를 주 제어 하기 위한 PLC, 그리고 Ethernet로 연결되어져 있는 VME 시스템인 EPICS IOC, 그리고, 각종 알람 및 interlock 처리를 위한 모바일 SMS Sever 시스템으로 크게 세 부분으로 구성되어져 있다. PLC 시스템은 제어요구 조건 및 시그널 리스트에 근거하여 각각의 신호장치에 연결되어져 필요한 데이터를 획득, PID 제어 및 각종 상태 등을 처리하도록 되어 있다. EPICS IOC는 VME 버스구조로 real time 운영체제인 vxWorks가 사용되어지며, PLC와 ethernet를 통한 데이터의 EPICS IOC로 적용되어져있다. 네트워크가 연결된 장소면 어디에서든 해당 시그널에 대한 상태를 모니터링 할 수 있다. 그리고 EPICS IOC는 냉각 장치의 알람 및 현재 상태 등을 모바일 SMS Sever에 네트워크를 통하여 알려주고, SMS Sever는 알람발생시 즉시 시스템 관리자에게 SMS 메시지로 통보하도록 되어 있다. 물론 관리자가 요구한 냉각 장치에 대한 장치에 대한 현 상태를 정해진 명령어에 의해 요구하면 즉시 해당 장치에 대한 정보를 알려주도록 구성되어 있다내용을 적어주세요.

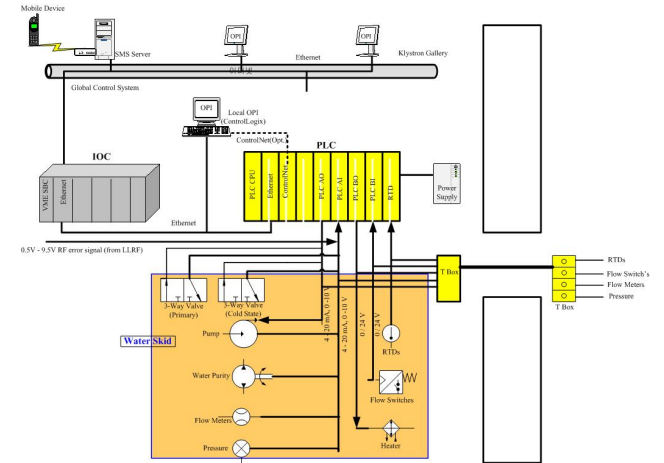


<그림 1> 양성자 가속기 냉각장치의 제어시스템 구성도

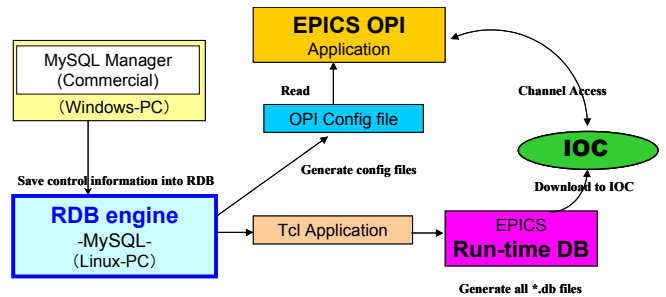
2.4 시스템 소프트웨어

그림 3은 시스템 소프트웨어구조를 보여주고 있다. 기본적인 EPICS run-time DB를 이용하여 VMEbus 구조의 EPICS IOC에서 채널 액세스를 이용하여 상위 OPI 화면을 구현 하도록 되어 있다. 또한 Windows PC 환경의 SMS Server 에서 CDMA Modem Driver와 Database 관리와 TCP/IP를 담당하는 프로그램

의 2 분이 운영되며, EPICS 채널 액세스에 의하여 주어진 조건의 알람 발생시 관련 제어 담당자의 무선단말기에 SMS 메시지로 통보하도록 구성되어 있다.



<그림 2> 양성자 RCC 제어 시그널 구성도



<그림 3> 제어소프트웨어 구조도

3. 결 론

양성자 RCCS 제어를 위한 제어시스템 설계 구성 방안 및 전체 제어시스템의 적용에 대하여 간략하게 서술하였다. 유사 가속 장치인 SNS 및 J-PARC 에서도 RCCS 제어를 위한 기본적인 EPICS Toolkits를 이용한 PLC H/W 에 의한 개발이 이뤄지고 있고, 중간단계인 미들급 하드웨어 사양으로는 VME구조에 VxWorks RTOS에 의한 EPICS IOC가 사용 되어진다. 비용적인 면과 개발 기간을 생각한다면 보편화된 임베디드 제품으로 적용 가능 하지만, 하나의 Skid Cooling System의 RCCS를 위한 것이 아닌, 100MeV DTL용 Skid Cooling System은 10 여개가 된다. 전체 양성자 제어시스템과의 연동 및 동일한 Skid Cooling System의 제어기의 유사한 적용의 편리성 및 EPICS Tools에 의한 상위 GUI 개발의 용이성, 향후 개발의 확장성, 시스템의 성능향상의 편리성에 의한 개발단축 및 기술전수 등의 용이성을 고려하면, 통일된 개념의 하드웨어 기반의 시스템이 개발 되어야 한다. 향후 비용적인 면 혹은 기술적용의 편리성 및 개발 기간을 고려하여 하드웨어의 선택은 변경 될 수 있다고 본다. 그렇지만, 기본적인 제어시스템의 적용을 위한 PLC 기반의 하드웨어 선정 및 EPICS IOC를 위한 VME 하드웨어 구조, 운영 OS의 채택 및 향후 상위 GUI 화면에 의한 데이터 처리, 알람 및 Interlock 상태를 관리하기 위한 개념은 명확하게 확정하는 것이, 전체 프로젝트 수행에 있어서 필요한 부분이라 본다.

[참 고 문 헌]

[1] P.S. Marroquin, Los Alamos National Laboratory, "Integrating Externally Developed Systems For SNS Linac Cooling and Vacuum", 8th ICALEPS, P191-193, 2001, San Jose, California
 [2] <http://www.aps.anl.gov/epics/>
 [3] 김경렬, "20MeV 양성자 가속장치 냉각시스템의 운전 및 온도제어 성능 최적화", 중에너지 가속장치 전원계통 개발의 위탁과제 보고서, 04,2006