

PEFP 제어 시스템의 데이터 저장

최현미, 송영기, 홍인석, 조용섭
한국 원자력 연구소
e-mail:hmchoi@kaeri.re.kr

Data Archiving in PEPF Control System

Hyun Mi Choi, Young Gi Song, In Seok Hong, Yong Sub Cho
Korea Atomic Energy Research Institute

요 약

한국 원자력 연구소는 PEPF(Proton Engineering Frontier Project)라고 하는 프로젝트를 수행 중이며, PEPF는 고에너지 양성자 가속기에 대한 프로젝트이다. 양성자 가속기에 대한 제어 시스템은 안정적인 운전 제어를 위해서 장치의 상태를 주기적으로 모니터링 할 뿐만 아니라 장치상태를 저장하여 일정시간 후에 확인이 요구되면 저장된 데이터를 이용하여 이전 정보를 추적할 수 있어야 한다. 따라서 양성자 가속기 제어시스템에서는 실시간으로 들어오는 진공 데이터 정보를 저장 및 저장된 데이터를 열람이 가능한 저장 시스템으로 구성하였다. 저장된 데이터들은 RFQ(Radio Frequency Quadrupole) Cryopump, Turbo Pump, Press Gauge, Gate Valve, Compressor와 DTL(Drift Tube Linac) Multi-Gauge, Turbo Pump등의 진공도 및 제어변수 등이 있다. 이들 각각의 진공장치로부터 전달되는 진공 데이터들을 저장하기 위해 EPICS Extension toolset중에서 저장하는 기능을 가진 Channel Archiver를 양성자 가속기 제어 시스템에 추가하였다

1. 서론

컴퓨터 분야의 하드웨어와 소프트웨어 분야의 비약적인 발전으로 주어진 장치를 컴퓨터로 제어하는 제어시스템의 설계에도 수많은 가능성을 갖게 되었다. 가장 적절한 방법의 선택은 당연히 어떤 장치를 어떻게 제어하는 것이 가장 바람직한가로 결정되어지며 이러한 것을 결정짓는 요인으로서는 안정성, 빠르기, 정확성, 용량, 개발의 편의성, 확장성, 통일성 등 성능 면에서의 요인과 가격 등이 있다.

양성자 가속기는 읽고 써야 하는 신호만도 최소한 수 천 개가 되는 대형 과학 장치로 위에서 열거한 성능을 아주 높은 수준으로 만족하여야 한다. 특히 대형 시스템 전체가 통일성을 갖고 유기적으로 연결되기 위해서는 아주 다룰 수도 있는 부속 시스템들을 연결시켜 주는 소프트웨어가 절대적으로 필요하

다. 이러한 소프트웨어는 상용 소프트웨어를 활용한다고 해도 결국 어느 정도 개발을 하여야 하는데 믿고 쓸 정도의 대형 소프트웨어를 개발하는 것은 엄청난 경비, 시간, 인력을 필요로 한다.

그러므로 우리는 소프트웨어로는, 필요로 하는 성능을 완벽하게 만족시켜 주면서도 무료로 공개되고 있는 EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System)[1]을 사용하여 양성자 가속기 제어 시스템에 사용하였다.

EPICS는 BASE 부분과 Extensions 부분으로 나누어진다. Base는 Target hardware에서 실행되는 응용프로그램이며, IOC(Input/Output Controllers) software라 부른다. 각 component들이 모여서 IOC를 구성하며 IOC에 User record, Device support, Device drive를 link 시켜 하나의 EPICS IOC 응용 프로그램이 되는 것이다. WindowNT나 Linux의 운영체제에서 IOC는 하나의 platform에 몇 개라도 생

¹ 이 연구는 과학 기술부의 21C 프론티어 R&D 프로젝트의 지원으로 수행되었음

성 및 실행 가능하다. 각 IOC마다 database 이름을 달리하면 자동적으로 Channel access server port를 할당하여 여러 개의 IOC가 실행되게 되는 것이다. Extensions는 OPI(Operator Interface)라고 하며 Host computer에서 사용자 인터페이스의 프로그램이 되는 것이다. Host software의 종류는 Standalone channel access client 프로그램과 CA(Channel Access) interface library 그리고 database 관리 프로그램으로 나누어진다. OPI는 많은 종류의 언어를 지원하며 또한 각 사용자마다 취향과 시스템에 맞게 사용할 수 있다.

양성자 가속기 제어시스템을 위한 상위 OPI는 EPICS HMI(Human Machine Interface) System 인 MEDM(Motif Editor and Display Manager)과 EDM(Extensible Display Manager)을 사용하여 개발하였다. 통합화면에서의 분야별 하위 시스템 기동은 Button-Click을 함으로써 Top-Down 방식으로 구성되었다. Top-Down 방식을 충족하기 위하여 EPICS GUI-Tool의 기능인 Shell Command와 Related Display를 사용하여 구현하였고, 각각의 분야별 HMI 시스템 개발은 EPICS Extension 기능의 장점을 최대한 살려서 MEDM/EDM을 선택적으로 사용했다.

양성자 가속기 제어 시스템에서는 EPICS extensions toolset에서 가속기 실험 중에 발생하는 진공 상태 정보를 주기적으로 모니터링하고 저장하기 위해 Channel Archive[2]를 추가하였다.

2. Channel Archiver

Channel Archiver는 EPICS에서 일반적으로 주기적인 샘플링 toolset이다. EPICS Channel Access 네트워크 프로토콜[3]을 사용하여, 네트워크상에 어떤 Channel Access 서버로부터 전달되는 실시간 데이터를 수집할 수 있다. Channel Archiver는 현재 다음과 같은 tool 들을 제공해 준다: sampling engine, 명령 라인 데이터 maintenance와 export tool, CGI Export tool, Microsoft Win32와 Unix 운영체제 그리고 스크립팅 인터페이스를 위한 graphical data browser인 Channel Archiver는 Win32 (Microsoft Windows 9x, NT, 2000) 그리고 Unix(Linux, Solaris 등)와 같은 운영체제에서 동작하는 toolset이다.

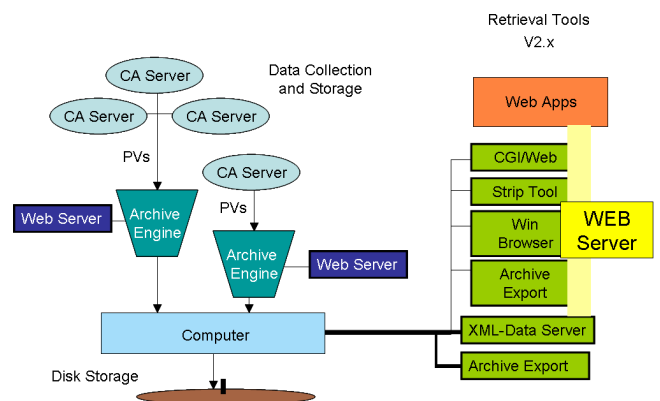
현재 양성자 가속기 시스템에서는 Red Hat Linux 9.0에서 구동중이며, 실시간으로 진공 장치로부터 전

달되는 값을 저장하는 중에 있다. Archive 데이터는 web을 통해 접근할 수 있으며, 진공 장치에서 웹 브라우저까지 “real-time” 데이터를 제공해준다. 추가적으로 사용자는 Channel Archive가 동작하는 시간으로부터 web을 통해 실험 파라미터들을 살펴볼 수 있다.

양성자 가속기 제어시스템에서 사용 중인 버전은 EPICS base R3.14.x를 위한 2.x 버전이다.[4] 이 버전의 특징은 다음과 같다.

- Multi-threaded Channel Access (한 프로그램 내에 여러 개의 스레드가 존재하므로 여러 개의 Channel을 동시에 접근)
- XML(Extensible markup Language)은 모든 configuration 파일에 대해 사용한다.
- 새로운 “index” 파일 포맷은 “디렉토리” 파일을 대체한다.
- “LibIO”는 더 작은 “Storage” 라이브러리에 의해 대체된다.
- 네트워크 데이터 서버는 XML-RPC 기반이며, 데이터에 원격 접근을 허용하며 몇 가지 server-side 프로세싱을 제공한다. (binning, interpolation)
- Java data viewer, 네트워크 데이터 서버를 사용한다.

Channel Archiver의 구성도를 보면 그림 1과 같다.



(그림 1) Channel Archiver의 구성도

ArchiveEngine은 command 프로그램이며, 실제로 저장을 수행한다. EPICS Channel Access client이며 저장하기 위해 컴퓨터상에 동작하며, Channel Access 서버를 통해 전달된 channel을 저장할 수 있다. 하나의 ArchiveEngine은 하나 이상의

Channel Access 서버를 통해 전달되는 데이터들을 저장할 수 있다. ArchiveEngine은 Channel Access 를 통해 unit, display 그리고 alarm limit등의 control 정보뿐만 아니라 value, time stamp 그리고 status와 같은 전체 정보에 대해 저장이 가능하였다.

Data Retrieval 요구사항은 넓은 범위를 포함할 수 있다. 예를 들면, 한 사람이 지난 밤 동안에 물탱크의 온도에 관심을 가지고 있다고 하자. 물탱크의 온도를 알기 위해서는, 아마도 각각의 channel과 plot에 대해 상당한 raw data를 검색해야 한다. 다른 한편으로 지난 3달 동안의 온도 값이 같은 것을 찾기 원한다면, raw data는 매우 많은 샘플들과 데이터 reduction 또는 interpolation이 필요하여 정렬 크기가 상당히 커진다. 이런 요구사항들을 만족하기 위해 Archiver는 network data server를 제공한다. 다음은 Data Retrieval에 포함되어 있는 여러 개의 옵션들이다.

- Java Archiver Client

이것은 data client가 되기 위한 것이다. network data server에 접근하여 network 상의 컴퓨터로부터 가능한 데이터, plot 산출, 스크레드시트에 데이터의 export를 살펴보기 위해 사용한다.

- ArchiveExport

command-line tool, 사용하기에 편리함이 적으며, 데이터 파일에 직접적인 접근을 요구한다. Java Archive Client 또는 network data server가 가능하지 않을 때 사용한다.

- Archive Data Server

대부분의 프로그래밍 언어들로부터 XML-RPC를 통해 Archive Data Server를 접근할 수 있다. 설정된 customized data mining program을 위해 이 방법을 사용한다.

ArchiveEngine은 분산적이며, 상태와 설정에 독립적인 시스템 접근을 위해 내장된 HTTP server를 가진다. 웹 브라우저는 channel이 연결되었거나 channel 설정을 수정한 것이 제대로 동작하는지를 확인하는데 사용할 수 있다. 양성자 가속기 제어 시스템에서는 실험 중이나 평상시의 경우 RFQ의 Cryopump, Turbo Pump, Press Gauge, Gate Valve, Compressor와 DTL Multi-Gauge, Turbo Pump의 상태를 모니터링 중에 있다. 이러한 모니터링 되고 있는 장치들을 실시간으로 진공 값을 저장하고 상태정보를 보관하기 위해 EPICS Channel Archiver를 선택 하였다.

3. PEFP 제어 시스템의 데이터 저장

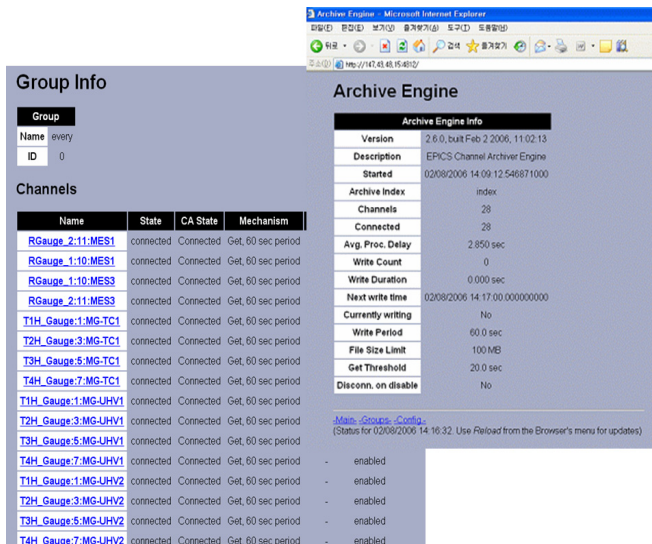
실시간으로 Channel Access로부터 전달되는 정보를 저장할 수 있는 Archiver toolset은 Unix-type 운영 시스템에서 설치된다. 양성자 가속기 제어 시스템에서는 EPICS baseR3.14.4 버전에 기반 한 리눅스 시스템에 Channel Archiver 2.x를 설치하였다.

그림 2에서는 모니터링 되고 있는 진공 정보를 Channel Archiver로 저장하기 위해 양성자 가속기 제어 시스템에서 요구하는 환경으로 설정해 주었다. 진공장치들 Cryopump, Turbo Pump, Press Gauge, Gate Valve, Compressor와 DTL Multi-Gauge, Turbo Pump에 대해서 1분 간격으로 설정한 화면은 아래와 같다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<!DOCTYPE engineconfig (View Source for full doctype...)>
<engineconfig>
  <write_period>60</write_period>
  <get_threshold>20</get_threshold>
  <file_size>100</file_size>
  <ignored_future>1.0</ignored_future>
  <buffer_reserve>3</buffer_reserve>
  <max_repeat_count>120</max_repeat_count>
  <group>
    <name>every</name>
    <channel>
      <name>RGauge_2:11:MES1</name>
      <period>60</period>
      <scan />
    </channel>
    <channel>
      <name>RGauge_1:10:MES1</name>
      <period>60</period>
      <scan />
    </channel>
    <channel>
      <name>RGauge_1:10:MES3</name>
      <period>60</period>
      <scan />
    </channel>
    <channel>
      <name>RGauge_2:11:MES3</name>
      <period>60</period>
      <scan />
    </channel>
    <channel>
      <name>T1H_Gauge:1:MG-TC1</name>
      <period>60</period>
      <scan />
    </channel>
    .....
  </group>
</engineconfig>
```

(그림 2) 양성자 가속기 제어 시스템의 Archive Engine 설정

그림 3은 현재 모니터링 되고 있는 진공 데이터에 대한 ArchiveEngine의 구동 상태를 web browser로 보여준다. 1분마다 RFQ의 Cryopump, Gate Valve, Turbo Pump 그리고 Gauge와 DTL의 Gauge, Turbo Pump tstatus에 대한 데이터들을 저장한다. ArchiveEngine을 구동하는 Syntax는 "ArchiveEngine engineconfig.xml index &"이다.



(그림 3) 양성자 가속기 제어 시스템에 대한 ArchiveEngine의 HTTPD

4. 실험 및 평가

Channel Archiver는 Radhat Linux 9.0에서 실행 중이며, 양성자 가속기 제어 시스템은 EPICS EDM tool을 사용하여 각 장치별 진공 상태를 모니터링하고 제어하였다.

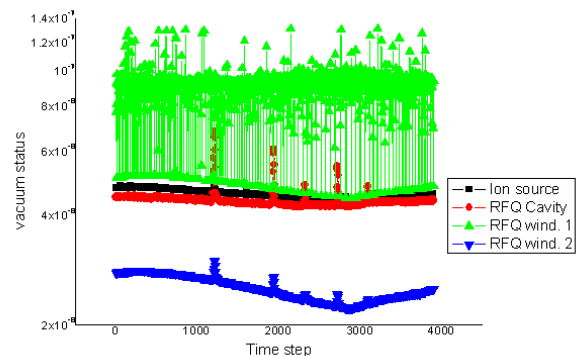
양성자가속기의 진공 장치에는 RFQ에 Cryopump와 Turbo pump, press gauge, Gate valve 그리고 Compressor가 있고, DTL에 gauge와 Turbo pump가 있다. 이들의 제어 시스템을 EPICS 소프트웨어를 이용하여 개발하였다.

모든 장치들은 IOC (Input Output Controller)와 serial과 ethernet으로 통신을 하고 있다. 그리고 RFQ의 gate valve와 Turbo pump는 별도 개발된 embedded 제어장치가 있어 IOC와 serial 통신을 한다. IOC 하드웨어는 산업용 PC를 사용하여 구성되었으며 운영체제는 Linux를 기반으로 하였다. 제어 모델은 EPICS의 기본모델인 Client/Server 모델로 하여 Network이 연결되어 있다면 Extension software를 이용하여 어느 운영체제에서나 모니터링과 제어가 가능하다. Vacuum 장비는 저속 Serial 통신을 하는 장비들로 구성되었기 때문에 실시간 제어 (Real time Control)보다는 Slow control이 적합하므로 운용상의 편리함과 소프트웨어의 개발 편의성을 위하여 산업용 컴퓨터를 선택하였으며 EPICS IOC core는 baseR3.14.6을 사용하였다.

저장된 진공 값들을 출력하기 위해서는 ArchiveExport로 출력할 수 있다. 2006년 2월 8일에 저장된 값을 보기 위한 Syntax는 "ArchiveExport

output 2_8.txt /data/2_8/index RGauge_2:11:MES1 RGauge_1:10:MES1RGauge_1:10:MES3 RGauge_2:11:MES3Pump:9:4_Status" 이다.

그림 4를 통해 Channel Archiver로 저장된 진공 데이터들 중, vacuum status와 time step에 따른 Ion source, RFQ Cavity, RFQ Window들의 진공 상태를 평가하였다.



(그림 4) 빔 인출 시험 중 저장한 RFQ 및 DTL 진공 데이터

5. 결론

Channel Archiver는 가속기 제어 시스템에 대한 이력 데이터를 수집하고 검색하기 위해 유용한 toolset을 제공해 준다. 양성자 가속기 제어시스템에서는 현재 모니터링 되고 있는 진공 제어 시스템에, Channel Archiver를 추가로 설치하여 저장하는데 사용하였다. Channel Archiver는 리눅스 시스템에서 구동 중이며, 여러 Channel로부터 진공 데이터를 실시간으로 저장 받고 있는 중이다. EPICS Channel Archiver는 양성자 가속기 실험을 할 때 진공 데이터 값을 저장하였으며, 앞으로 추가될 제어 시스템에도 적용할 예정이다.

참고문헌

- [1] Experimental Physics Industrial Control System (EPICS) <http://www.aps.anl.gov/epics>
- [2] L.R. Dalesio et al, "Data Archiving in Experimental Physics", ICALEPCS'97, Beijing, Nov. 1997
- [3] J.O. Hill, "Channel Access: A Software Bus for the LAACS", ICALEPCS'89, Vancouver, 1989