

통합운전을 위한 선형가속기 제어시스템의 개선

윤종철, 김재명, 김성철, 이진원, 이태연, 남상훈
 포항공대 포항가속기 연구소(Tel:0562-279-1410;E-mail:jc0927@postech.ac.kr)

IMPROVEMENT OF LINEAR ACCELERATORY CONTROL SYSTEM FOR COOPERATION

J. C. Yoon, J. M. Kim, S. C. Kim, J. W. Lee, T. Y. Lee, and S. Y. Nam
 Pohang Accelerator Laboratory, Pohang 790-784, Korea

Abstract - 포항가속기(PLS) 제어시스템은 선형가속기와 저장 링 제어시스템으로 분산 독립형으로 운영되어 왔다. 각각의 제어시스템의 구성상 상이한 H/W, S/W 구조로 인하여 통합제어의 실현을 구현하지 못하여, 빔 운영상의 두 곳의 운전 감시업무로 인한 인력소요의 낭비를 초래하였다. 이러한 점을 개선하기 위한 선형가속기 및 저장 링 제어시스템의 제어알고리즘의 장점만 살려, 통합운전에 필수적으로 필요한 제어 분야만 새롭게 설계된 개선된 제어시스템에 적용하였다. 개선된 제어시스템의 구성은 디바이스 제어에서 GUI(Graphic User Interface)단계를까지의 3단계의 제어구조에서 SCC(Subsystem Computer Control System)를 생략한 디바이스 제어 컴퓨터와 GUI실행을 위한 상위 컴퓨터로 운영되고 있다. 디바이스 제어 컴퓨터는 VMEbus 구조의 OS-9 ver3.03 real-time OS가 적용되어 있으며, 상위는 SUN Workstation 환경에 UNIX 운영체제에 Rtnetworks가 적용되었다.

1. 서 론

포항가속기 제어시스템은 방사 광을 가속하기 위한 선형가속기 제어 시스템과 높은 에너지의 전자를 저장 링이라는 원형가속기의 주위를 광속에 가까운 속도로 돌게 하는 저장 링 제어시스템으로 구분되어 상이한 제어구조에 의하여 운영되어 왔다. 두 제어시스템의 기본 제어 원리는 운영자를 위한 graphical user interface를 제공하는 user interface units, low level computer로부터 수집된 data 및 제어할 data를 총괄하는 subsystem computer units, 그리고 각 device를 직접 제어 및 각종 측정치를 수집하는 low level computer units 3단계의 계층으로 나누어져 있다. 이들 계층을 연결하는 네트워크는 선형가속기는 Ethernet(TCP/IP) 단일 구조이며, 저장 링은 Ethernet 과 field network인 MIL-STD-1553B의 이중구조로 적용되어 있다. 최상위의 user interface units 계층에서는 SUN workstation 및 X-terminal 등으로 구성되어 있으며, 선형가속기는 Rtnetworks를 저장 링에서는 Motif를 개발들로 사용하고 있다. subsystem computer units 및 low level computer units는 VME-bus 하드웨어 사양에 real-time OS인 OS-9를 기본 운영체제로 해당 디바이스별로 application program이 개발 적용되어 있다. 이러한 선형가속기 및 저장 링 제어시스템의 상이한 구조로 인하여 선형가속기 및 저장 링 운전실에서 독립적으로 분산 운영되어 왔으며, 두 운전실의 독립적인 운영에 의한 근무 인원의 과다, 가속기 운영중 시스템의 문제 발생시 해결을 위한 시간소요가 많아 빔운영의 정상운전을 지연시키는 경우가 많았다. 이런 문제점을 개선하기 위한 방법으로 두 운전실을 통합한 통합운전의 일환으로 기존 선형가속기의 빔운전을 위한 필수적인 제어 및 감시 부분을 저장 링 운전실에서 운영 가능하도록 선형가속기 제어시스템의 개선을 위한 제어시스템이 개발되어 운영되고 있다.

2. 제어시스템 구조

2.1 통합용 선형가속기 제어시스템 사양.

통합운전을 위한 관계자간의 기술협의를 거쳐 선형가속기 제어시스템의 기본 단계 구조를 확정하였다. 저장 링 운전실에서 만의 최소한의 통합운전을 위한 선형가속기

1. E-gun	Filament current HV(High voltage) Bias Voltage Pulse Width:(1,2,5,10,40 ns. Pulse Scale: ns,us Gun gate valve
2. Prebuncher	Phase Angle, Attenuation
3. Buncher	Phase Angle, Attenuation
4. Modulator	RF Power(HV), Phase Angle Attenuation
5. Timing	E-gun Trigger, PSK, SSA
6. Magnet	Linac : Focus 22 sets Quad 14 sets Steer 16 sets Bending 2 sets BTL : Quad 22 sets Steering 16 sets Bending 5 sets
7. Beam profile Monitor(BPRM)	11 sets

표 1. Control Component

1. Beam Status	Beam Current Monitor: 14 ea Beam Loss Monitor : 54 ea Beam Position Monitor : 2 ea
2. Modulator	HV, interlock Status Input Wave Form
3. Cooling	Acceleration section Interlock status: Temperature, flow rate Bending power flow rate
4. Vacuum	Linac, BTL pressure status

표 2. Monitoring Component

시스템의 operation parameter를 조사하고 표1,2와 같이 제어 사양이 정하여 졌다. 확정된 구조 도는 선형가속기 Magnetic Power Supply(MPS) 및 Modulator/Klystron (M/K)와 관련된 제어시스템은 기존의 제어시스템을 이용하여 통합network(TCP/IP)를 통하여 저장 링 운전실에서 제어 및 감시를 하며, vacuum & cooling monitoring system은 기존의 Local PC를 통한 수집된 data를 역시 통합network(TCP/IP)를 이용하여 저장 링 운전실에서 그 내용을 감시하도록 설계하였다. 그리고 선형가속기 E-gun, Prebuncher, Buncher, Timing, 과 Beam Monitoring system(BPRM, BLM, BCM) 관련한 것들은 기존 제어시스템의 알고리즘을 개선한 성능 향상된 VMEbus 하드웨어 구조에 Y2K 문제가 개선된

real-time OS인 OS-9의 ver3.03을 적용한 신설 low level computer system을 H/W device별로 2개의 VME system(PRVME, BMVME1)으로 구성하였다. 또한 저장링 운전실에서 선형가속기 빔의 정확한 진단 및 운영을 위하여 BPM 및 BCM 신호에 대한 감시 방법의 일환으로 video & digital 오실로스코프가 추가 설치되었다.

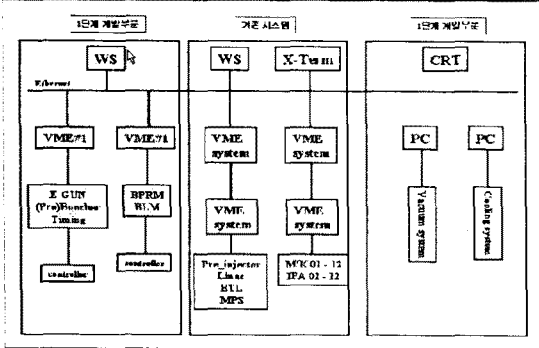


그림1 선형가속기 제어시스템 개선 구조도

2.2 개선된 제어시스템 구성

개선된 VME 제어시스템은 각 해당 디바이스 별로 두 개의 시스템으로 구성되어 있으며, E-gun/Buncher/Timing을 제어 감시 하는 PRVME, beam monitor를 위한 BMVME1, 그리고 두 제어시스템의 개발을 위한 개발환경이 setup 되어 있는 Machine development system(FLMDS)이 Ethernet으로 구성되어 있다. FLMDS는 VMEbus 24 slots remote power control crate, 68060 CPU를 탑재한 SBC(Single Board Computer) VME board, SCSI, Ethernet port, serial port를 제공하는 transition module, 그리고 control program 및 OS등의 S/W data 관리를 위한 SCSI HDD, floppy, tape driver로 구성되어 있다. 선형가속기 운전실에 위치하고 있어 개발자의 개발 환경 사용 및 시스템 운영에 있어, 200m 떨어져 있는 저장링 운전실에서의 개발 및 시험이 필요한 경우를 대비하여 저장링 운전실에서 선형가속기에 위치한 SCC (Subsystem Computer Control) room에 이 시스템의 power on/off, CPU board reset, VME crate power & pan units state를 remote 감시 제어 할 수 있는 remote control panel 이 설치되어 있다. 또한 RS232/RS442 converter를 이용하여 FLMDS의 OS-9 kernel shell command를 선형가속기 운전실 및 저장링 운전실에서 모니터 터미널을 이용하여 이 시스템을 사용할 수 있도록 설계되어 있다. 물론 연구소 LAN 네트워크를 통한 telnet 및 ftp도 가능하지만 보안 관계상 접근 가능한 PC들로 제한을 두고 있다.

전자빔을 생성하는 선형가속기 전자빔 장치의 filament current, voltage 등의 remote 제어 및 감시, buncher/prebuncher phase angle, attenuation 제어를 위한 local controller가 각각 개발 설치되어있으며 RS422 통신으로 상위 컴퓨터와 접속 제어 가능하다. E-gun, PSK, SSA용 timing 신호 발생을 위한 DG535 와의 GPIB 통신으로 제어 가능하다. 이들 controller의 제어 및 감시 데이터를 처리하는 VME 시스템이 PRVME 이다. PRVME는 VME crate, SBC (MVME147), RS422 communication board (ASIO16, IP-Octal), GPIB Interface Board (IP-GPIB), SBC & Serial communication transition module로 구성되어 있다.

선형가속기 및 빔 전송선(BTL)의 Beam Monitor를 위한 VME 시스템이 BMVME1 이다. 하드웨어 구조는 PRVME와 동일하다. 선형가속기 및 BTL용 BLM,

BPRM controller와 RS422 통신으로 제어, 감시한다. 두 low level VME compute 시스템은 OS-9 stand alone ROM System으로 HDD가 없이 운영된다. 그래서 개발환경인 FLMDS에서 개발된 application program 및 상위와 network 프로그램을 auto transmission batch file에 의해 TCP/IP를 통한 down loading에 의해서 동작되고 있다. 또한 FLMDS 시스템과 마찬가지로 저장링 운전실에서 리모트제어 및 터미널을 통한 shell command를 수행할 수 있다.

3. 제어시스템 S/W 구성

3.1 통합용 선형가속기 제어시스템 S/W 구성

제어시스템의 빠른 수행속도를 얻기 위해서는 H/W 및 S/W를 최적화 시키고 동시에 실시간 운영체제를 이용해야 한다. 현재 PAL 제어 시스템의 하위제어는 실시간 운영인 OS-9를 이용하고 있다. OS-9는 독자적인 개발환경을 가져 개발에 따른 H/W 부담을 줄일 수 있고, Kernel 크기가 작으며 운영체제가 모듈화 최적화 되어 있다. 실시간 운영체제의 장점인 멀티태스킹 기능을 이용한 제어프로세스들은 각 디바이스에 따라 분리 수행이 가능하므로, algorithm개발 및 구현이 용이하다. 개선된 통합용 선형가속기 제어시스템에도 운영체제로 OS-9이 사용된다. 선형가속기의 제어를 위한 실행프로그램의 프로세스의 처리원리는 그림과 같이 제어할 디바이스에 대한 정보를 일시적으로 간직하는 command buffer(cmdbuf)를 통하여 해당 디바이스에 대한 하드웨어 정보와 제어할 데이터를 인지하고서 직접 VME I/O board를 access 하여 제어하고 해당 디바이스와의 handshake가 잘 이뤄지고 나면 제어 flag bits를 set 하여 상위 데이터 처리 프로세스가 다음 일을 처리하는 폴링 구조이다. 반면 저장 링의 task의 처리방식은 OS-9 운영체제에서 제공하는 프로세스간 통신처리중 하나인 signal 처리 방식에 의하여 비동기 적으로 해당 프로세스가 존재하여 해당 signal number의 일을 먼저 처리하는 방식을 채택하고 있어, 데이터 처리 수행 프로그램과 디바이스 제어 프로그램과 독립적으로 처리되기에 한 프로세스의 원인으로 전체 실행프로세스의 교착상태의 전이를 해소하는 방식을 사용하고 있다. 그리고 임시 메모리 데이터 처리 방식에 있어 선형가속기 제어 시스템에서는 각 device 제어 시그널 리스트에 따라 고유이름이 명명되고 이런 정보를 간직한 데이터 처리용 데이터 베이스가 생성되어 등록된 데이터 베이스의 내용과 일치하는 시그널만 처리한다. 그래서 제어 디바이스의 확장, 변경 시 등록된 고유이름의 정보만 데이터 베이스에서 추가 수정할 수 있기에 데이터 시그널의 처리가 쉽게 이뤄진다. 반면 저장 링에서의 데이터 시그널 처리방식은 각각의 시그널별 고유 명에 일종의 번호를 부가하여(gid number) 오직 이 gid number 만큼 가지고 처리하기에 상위와 데이터 처리에 문제가 있어 추적할 시 어떤 데이터 타입의 시그널인지를 구분하고 진단하기에 많은 어려움을 준다. 두 제어시스템의 장점인 저장링의 Signal 프로세스 통신원리, 선형가속기의 메모리 데이터 베이스 처리 방식을 채택하였다. 물론 선형가속기의 각 디바이스별 동전형 처리 방식이 문제가 생긴 해당 H/W의 진단이 빠를 수 있지만 그 해당 H/W 고장 및 관련 device driver의 교착상태가 연속되는 제어 flow를 수행하는데 문제를 일으킬 수 있는 점을 보완한 비동기식 처리 방식을 사용하여 상위 GUI와 하위 제어프로그램과 독립적으로 task 수행되도록 하였다. 개선된 S/W는 개발 시간을 단축하고, 구현 및 개선이 쉽도록 단위 모듈별로 역할을 분할하여 구성하였다(그림 6). 개선된 선형가속기 S/W는 H/W access software (equipment access S/W), application user S/W, 진단모니터 S/W, 상위계층 네트워크 S/W의 4가지로 분류 할 수 있다.

3.1.1 하드웨어 액세스 S/W

H/W access S/W는 각 하드웨어를 제어하는 실제적인 I/O 모듈(controller, GPIB, DIO etc)들의 H/W

번지와 해당 시그널을 일치시키기 위해서 사용된다. 해당 데이터베이스를 생성시키고 제어 S/W를 기동시키는 init_task, 상위 명령을 일시 저장하는 buffer인 명령 큐 cmd_buff, 시그널 이름, 값, 타입 등을 기록하고 있는 동적, 정적 데이터 베이스와 시스템 상태에 대한 정보를 저장하는 상태 데이터 베이스로 구성된다.

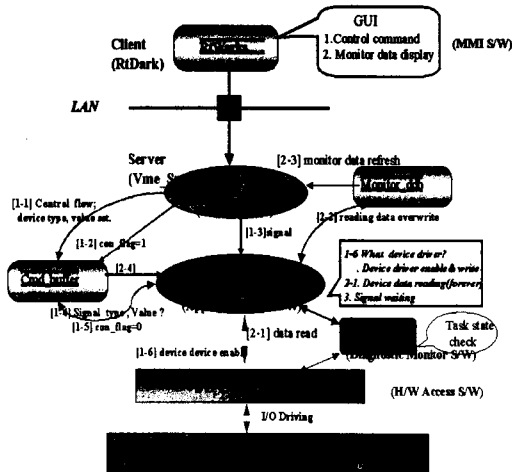


그림 2. 개선된 선형가속기 제어시스템 구조도

3.1.2 어플리케이션 유저 S/W

실제적으로 하드웨어에서 데이터를 가져오고, 제어 명령을 하드웨어로 보내거나 제어 시스템의 상태를 모니터 하는 동작을 수행하는 S/W이다. 이 태스크들은 데이터 베이스에 의해서 시그널을 참조하여 목적하는 시그널을 제어하거나 모니터 한다. 전적으로 상위의 제어 시그널에 의해서만 기동되는 태스크는 control-task하는데, 이 프로세스는 제어가 필요할 때만 동기 되어 interrupt 형태로 동작이 이뤄지므로, 다른 프로세스나 실행 모듈 및 데이터 프로세싱 작업에 부하를 감소 시켜 수행속도를 증가 시켜준다. 그리고 polling 및 emergency 방식으로 모든 시그널을 주기적으로 모니터 하는 rfr-task가 있다. 이 프로세스는 확장된 타이머 기능을 이용하여 주기적으로 시그널의 현재 값을 데이터 베이스에 저장시키는 역할을 수행한다.

3.1.3 진단 모니터 S/W

이 S/W는 유동적인 S/W로 구성된 low level computer (PRVME, BMVME1) 제어기 상에서 제어되는 시그널들의 상태를 모니터 및 제어 가능하고, application user S/W task의 기동 상태 등을 항상 진단하며, 이상 기동 시 그 상태 정보를 데이터 베이스에 기록하고, 재 기동하는 역할을 수행한다. 이 S/W를 이용하면 특정 시그널의 값을 알 수 있으므로 그 시그널의 이상유무를 판단할 수 있다.

3.1.4 상위계층 네트워크 S/W

기존 저장링 및 선형가속기 제어시스템은 3 단계 시스템 구조에 의해 분산되어 있는 low level computer의 모든 제어 모니터 데이터를 처리 및 중간 네트워크의 gateway 역할을 하던 Subsystem computer가 생략된 상위에서 직접 분산된 low level computer에 LAN 접속으로 연결되어 해당 computer 별로 고유 ID와 address를 가지고 socket 통신을 하는 모듈 프로그램이다. 해당 디바이스별 수집된 데이터의 정보를 상위 GUI 환경인 Rtnetworks (클라이언트)에서 요구할 때 클라이언트의 주소와 ID를 받고 온라인으로 연결되는 Stream Socket 데이터 전송방식을 이용하는 서버프로그램인 Vme_Server, 그리고 상위 GUI 환경을 제공한다.

는 Rtnetworks의 socket 프로토콜을 처리하기 위한 Rtdarq_server가 있다.

3.2 MMI S/W의 구성

개선된 통합용 선형가속기 시스템의 빔 운영자의 편리한 화면 조작 및 데이터의 처리를 위하여 SUN Workstation & X-terminal을 이용하여 GUI 환경을 제공하고 있다. MMI S/W는 UNIX 운영체제 하에서 각종 응용 S/W 및 MMI 프로그램등이 수행된다. 개발 환경은 Rtnetworks를 사용하였다. 그림3은 BMVME1

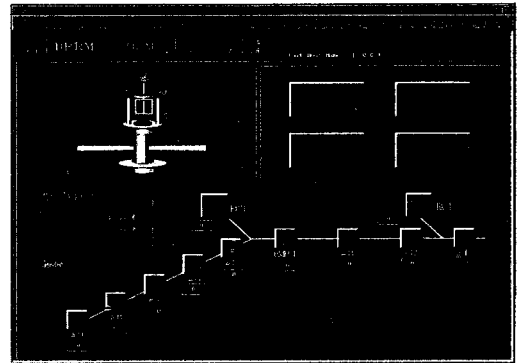


그림 3. BPRM MMI 구성도

4. 결 론

포항가속기의 통합운전을 위한 개선된 선형가속기 제어시스템의 원리와 구성 그리고 운용에 있어서 실시간 운영 체제를 이용하여 개발한 제어시스템에 대하여 본 논문에서 서술하였다. 현재 저장링 제어 운전실에서 통합운전을 위하여 저장링 제어시스템, 선형가속기 기존 제어시스템 및 개선된 제어시스템이 통합 네트워크를 이용하여 가동되고 있으며, 선형가속기 운전실에서 운영되던 빔 운전을 위한 필수적인 빔 측정 및 진단 장치 등이 원격 시스템에 의해 저장링 운전실에 추가 설치되어 안정적으로 빔 입사가 진행되고 있다. 일부 개선이 필요한 디바이스에 대해서 현재 개발진행중이며, 향후 기존 시스템에서 보완 추가 할 사항이 발생하면 개선된 선형가속기 제어시스템에 추가 개발 가능하도록 할 예정이다. 포항가속기 제어시스템의 구조상의 시스템별 상이한 특성은 기 제어시스템의 성능향상시 차세대 시스템으로 같은 하드웨어 구조에 동질의 네트워크환경, 상용 데이터 베이스구조, 상용 윈도즈환경으로 개발 계획중이다.

(참 고 문 헌)

- [1] J. C. Yoon, J. W. Lee, T. Y. Lee, and S.S. Chang "Improvement of VME Control System for Vacuum Devices and Magnet Power Supplies of The PLS Storage Ring", The 18th Particle Accelerator Conference, IEEE, New York, March 29-April 2, 1999
- [2] J. C. Yoon; "Real-time control system for Micro probe Beamline at PLS." APAC'98, ACFA, KEK, Tsukuba, Japan, 1998. 03.23-27, pp
- [3] 김성철, 남상훈, "선형가속기 Beam Monitor System의 개선 및 통합적용", PAL-INT99-02, September 1999, PLS.