

포항 방사광 가속기 제어시스템 개념 설계

원 상 철* · 이 재 우**

(*포항공대 전자전기공학과 조교수,

**동방사광 가속기연구소 주임연구원)

1. 서 론

포항공과대학에서 건설을 추진하고 있는 방사광 가속기(PLS : Pohang Light Source)는 저장링 원주길이 약 280M, TBA 격자구조, 12 super periods, full energy injection, nominal beam energy 2 GeV, beam emittance 10-100 nano-meter-rad의 beam강도와 휘도를 극대화한 제 3세대형 방사광 가속기이며 현재 전세계적으로 건설중에 있는 몇기 안되는 가속기중의 하나이다. 따라서 극히 복잡하고 초정밀 구조로 되어있어 안정된 가속기 운전을 위해서는 computer system을 이용한 정밀제어가 필수 불가결하다. Electron gun, Linac, Transfer line, Injection system, Storage ring등에 부착된 controller 및 계측 기기들로부터 관측된 신호들은 data acquisition system을 통하여 control computer에 입력되고, computer는 이들 data를 종합하여 console monitor에 고해상도 graphics를 이용하여 display하는 한편 machine control software들은, 미리 계획된 가속기 운영 pattern에 따라 각종 parameter들을 setting하고, 필요한 제어신호를 만들어 가속기를 제어하게 된다. 특히 제 3세대 방사광 가속기에서는 수많은 machine component마다 정밀 제어가 필요하고 안정

된 beam을 얻기 위하여 feedback제어를 이용한 beam 궤도의 수정이 필요하므로 PLS control system 개념설계에는 다음사항들이 고려되었다.

- 1) Reliability : 허용될 수 있는 failure rate는 control system의 크기와 방사광 가속기 규모에 관계가 되고 따라서 PLS control system은 고신뢰도를 요구하나 최근 많은 vendor들이 다양한 기종들을 소개하고 있어 적절한 기기를 선택할 수 있다.
- 2) Capability, Capacity : 제어해야할 기기의 수효나 제어 방식이 개념설계단계에서는 명확히 define될 수 없기 때문에 control system의 정확한 용량이나, 성능을 estimation할 수는 없으나, 상대적으로 충분한 CPU power, 빠른 I/O rate의 기종을 선택하여야 한다.
- 3) Flexibility : 각종 기기의 제원 및 제어 방식의 변경은 개념설계 및 상세설계시는 물론 실제 건설도중에도 흔히 일어난다. PLS control system은 이러한 설계변경을 적절히 수용할 수 있는 구조를 가져야 하며, 또한 장래의 가속기 system확장이나, 새로운 technology의 응용 가능성을 고려하여 system을 구성하여야 한다.
- 4) Cost : control system 구성에 있어서는 필요한

component들을 외부에서 구매하는 방안과 자체 개발하는 방안 중 어느쪽이 cost를 낮추는지는 경우에 따라서 다르다. PLS control system에 있어서는 신뢰도와 성능을 희생시키지 않는 범위에서, 가능한 상업용 기기를 구입하고, 만일 필요한 component가 다수 동종일 때 또는 상업용으로 구매할 수 없는 경우에는 PLS에서 자체 개발하는 것을 원칙으로 하였다.

- 5) Operational requirement : 2인의 operator가 control system을 효과적으로 쉽게 운영할 수 있으며, 서로 독립적으로 가속기 제어를 할 수 있도록 하였다.

2. control 목표

각 machin component의 상태를 monitoring하며 각종 parameter 값들을 setting하고 feedback 제어를 통하여 안정된 beam을 유지하는 등 전체 가속기 system을 원격 제어하는 것이며 구체적인 제어내용은 다음과 같다.

- 1) 전자석 Power supply : 전류, 전압 regulation rate 등의 제어, monitoring 및 calibration
- 2) Vacuum system : vacuum gauges, cooling system, 펌프, 밸브 등의 제어 및 압력, 온도 monitoring
- 3) RF system : 주파수, 위상, cavity gap 전압, 온도 제어 및 monitoring
- 4) System interlock, Safety protection : 고에너지, 고전압, 방사능으로 부터의 인명보호를 위한 hardware 및 software제어
- 5) Beam simulation : beam trajectory error의 검출 및 orbit correction
- 6) Injection System : Kicker magnet, septum magnet 제어

3. PLS control system 구성

micro-processor 를 이용한 실시간 분산제어방식이며 계층구조를 도입하여 상부의 host computer, process computer 및 console computer 와 하부의

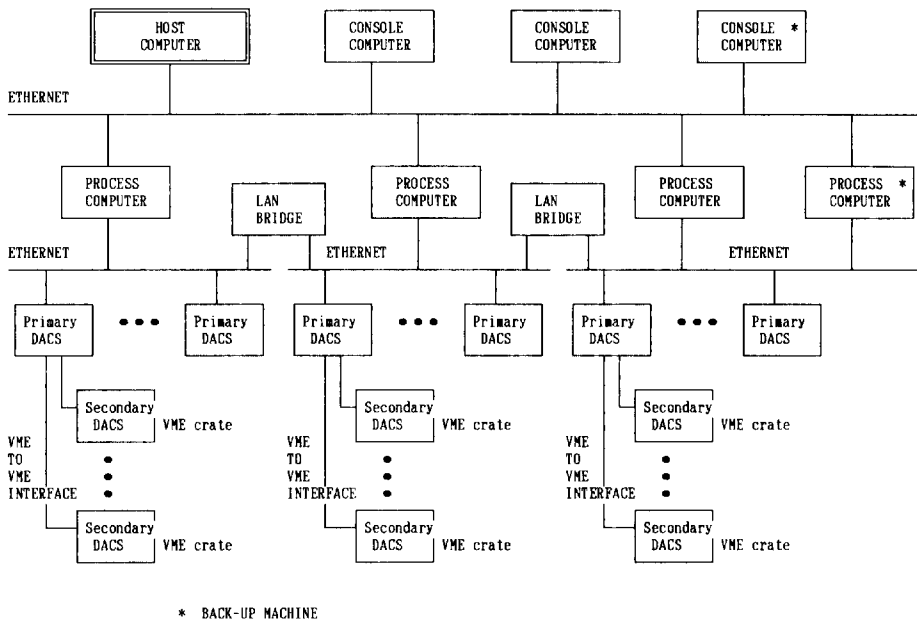


그림 1. PLS CONTROL SYSTEM 구성

micro-processor based local controller를 표준화된 network 으로 연결하여 제어 기능을 분산시켜 효율적으로 가속기를 제어하도록 한다. 그림 1은 PLS control system의 구성을 나타내며 이들 각 component들의 역할 및 성능은 다음과 같다.

3.1 Host Computer

host computer는 가속기 자체를 제어하는 역할과 그의 beam dynamics에 관계되는 수학적 모델링, simulation, 그리고 data 해석 등의 업무에 이용된다.

가속기를 제어하는 기능은 host computer 외에도 3대의 process computer가 기능 및 부하를 분담하도록 되어 있으나 host computer는 다른 3대의 가속기 제어용 process computer와 달리 고속 연산능력과 대용량 정보의 기억 및 처리능력을 갖추고 있으므로 빠른 시간에 많은 연산을 해야하는 on-line modeling program의 실행에 적합하다. 이러한 modeling program들은 가속기의 일상 운영시에 요구되는 tune, beta function등과 같은 beam parameter 값의 변경을 위해 필요한 beam-line element 들의 값을 빠른 시간내에 계산해 내는데 이용된다. 이밖에도 host Computer는 다음과 같은 off-line job의 수행에 사용된다.

- (1) 수학적 모델링 : 모델을 이용함으로써 가속기를 구성하고 있는 각 구성 요소들의 변화가 야기하는 결과나 beam error를 보상하기 위해 설계된 새로운 scheme의 효과를 예측할 수 있다.
- (2) Beam simulation : 모델링 프로그램이 가속기 시스템의 일상운영에 사용되기 위해서는 사전에 치밀하고 철저한 테스트가 요구된다. 가속기의 모델은 lattice에 의해 표현되게 되며 각 구성요소의 값에 의해 beam에 미치는 효과가 계산되어 beam의 진행 경로상의 beam궤적이 시각화되어 표시된다.
- (3) Data 해석 : 가속기의 일상운영시에 수집된 데이터는 error 해석을 위해 사용된다.

이러한 기능을 위한 host computer로는 VAX

System 8550이나 이와 동등한 레벨의 슈퍼미니 컴퓨터가 사용될 예정이며 약 6 MIPS 정도의 연산능력으로 가속기의 일상운영시의 제어와 위에서 언급한 off-line job을 동시에 실행할 수 있다.

host computer의 operating system으로는 VAX System을 채택할 경우 VMS가 유력하다. host computer의 O.S.는 동일한 역할을 분담 수행하는 process computer의 O.S.와 동일한 것을 사용함으로써 프로그램 개발의 생산성을 향상시키고 중복 개발을 방지하며 더 나아가 가속기 일상운영중 host computer와 다른 3대의 process computer중에 고장이 발생하는 경우 고장이 발생한 computer가 수행하던 job을 다른 computer에 분담시킬 수 있는 호환성을 보장한다.

가속기를 제어하기 위한 기본적인 데이터 베이스는 이 host computer에서 생성되며 생성시마다 3대의 process computer 및 2대의 console computer에 전송됨으로써 정보의 통일성을 유지한다.

3.2 Console Computer

console computer는 가속기를 제어하는 operator가 각 구성 요소나 beam parameter를 제어하고 감시할 수 있는 수단을 제공한다. 그리고 이를 위해서는 현재 하루가 다르게 고성능화, 저렴화 되고 있는 engineering work station의 이용이 실용적이고 경제적인 방법이다. 많은 maker들이 판매하고 있는 여러 종류의 work station들은 다소 성능의 차이는 있으나 대부분 고성능 CPU, 고해상도 color graphics 표시기능을 갖추고 있고 실질적으로 표준화된 O.S.나 window system, 그리고 graphics system을 갖추고 있는 공통점이 있다.

PLS는 1-4 MIPS 정도의 CPU power, 1024 × 1024 정도의 고해상도 color graphics 기능, 그리고 multi window system을 갖춘 work station을 console computer로 채택하고 touch panel, slew knob, mouse와 hard copy printer와 같은 I/O device를 접속하여 사용할 계획이다.

O.S.는 대부분의 업체가 채택하고 있는 실질적인 표준 O.S.인 UNIX의 한 version이나 VAX station의 VMS가 될 것이며 GKS와 같은 standard

graphics package는 외국의 우수 Lab.에서 이미 개발, 사용중인 가속기용 S/W의 porting을 쉽게 해 줄 수 있을 것이다.

multi window system은 programmer가 source를 보면서 자신의 program을 실행하고 debugging하는데 유용할 뿐만아니라 operator의 입장에서 여러 device의 상태를 동시에 확인한다든지 아니면 프로그램을 동시에 실행시키면서 그 실행상태를 감시하는데 큰 도움이 된다.

수많은 제어 프로그램을 가진 가속기의 경우 실행할 프로그램의 선택을 위해 프로그램의 명칭을 직접 입력하는 방법은 사용하기 어렵다. 따라서 main menu화면으로부터 몇 단계의 sub menu를 거쳐 실행할 프로그램을 선택하게 되며 각 프로그램들은 tree구조로 연결되게 된다. 또 화면으로부터의 실행 프로그램의 선택은 mouse와 같은 pointing device를 이용하거나 touch panel을 써서 하게 되며 프로그램의 실행에 필요한 데이터의 입력은 key board를 쓰거나 slew knob을 이용하게 된다.

총 3대의 console computer는 host computer 및 process computer들과 하나의 LAN 으로 접속되며 LAN을 통해 분산 저장되어 있는 data base를 access하고 가속기 제어용 프로그램의 실행을 요구하게 되며 프로그램의 처리결과를 되받아 고해상도 color graphics기능을 이용하여 표시한다. 이중 2대의 console computer는 가속기 일상운영에 사용되며 나머지 1대는 backup 및 프로그램 개발, 고장 device의 점검 및 데이터 해석 등에 이용할 계획이다.

3.3 Process Computer

총 4대의 process computer는 앞서 언급한 host computer와 함께 가속기의 일상운영을 제어하게 된다. 그중 3대는 각각 Injection System, Storage Ring, 그리고 Beam Line의 각 device를 제어하고 감시하게 되며 나머지 한대는 고장에 대비한 backup 기기로서, 그리고 프로그램 개발 및 test 용으로 사용하게 된다. 이와같이 가속기 각 subsystem 별로 별도의 process computer를 배정함으로써 response time의 향상을 도모할 수 있다. VMS를

O.S.로 한 DEC의 Micro VAX System 및 그에 상응하는 분산처리형 미니컴퓨터는 이 기능에 적합한 기종으로서 host computer와 O.S.의 호환성을 유지함으로써 resource의 공유 및 프로그램 개발의 생산성 향상, 고장에 대한 redundancy의 향상을 꾀할 수 있다.

각 process computer는 두개의 Ethernet interface를 가진다. 그중 하나는 host computer, console computer 및 다른 process computer와의 통신에 사용되고 나머지 하나는 각자 담당하는 subsystem내에 있는 data acquisition 및 device control용 micro processor system(DACS)과의 통신에 이용된다. process computer는 DACS를 통해 가속기의 device들을 감시하고 제어하게 되며 host computer가 이들과 통신할 수 있는 경로를 제공하게 된다.

가속기 제어에 필요한 기본적인 정보 (static data base)는 host computer에서 정의되어 각 process computer에 전송하게 되며 host computer에서 변경이 있을 때마다 전송이 일어나게 된다. 또 operator의 조작이나 DACS를 통해 수시로 변경되는 변동정보(dynamic data base)는 데이터의 종류에 따라 필요한 host computer나 process computer 혹은 console computer에 자동적으로 전송이 이루어 지게 됨으로써 데이터 베이스의 통일성을 유지하게 된다.

3.4 Data Acquisition and Control System (DACS)

가속기의 각 device로부터의 데이터 수집 및 상위 레벨의 computer 로의 전송, 그리고 상위레벨의 computer로부터의 지시에 의한 device 제어기능을 갖는 DACS는 32 비트 마이크로 프로세서를 내장하고 있으므로 필요에 따라서는 computer-aided feedback control을 자체적으로 수행할 수 있는 intelligence를 가진다.

data acquisition 및 device control을 위한 시스템에는 CAMAC (ANSI/IEEE std. 583), VMEbus (IEEEstd. 1014), Multibus II (IEEE std. 1296), Fastbus (ANSI/IEEE std. 960)등의 bus 규격이 주로 채택되는 실정이나 본 연구소에서는 성능, 신뢰성, 유연성, 확장성, 보수성 등을 고려하여

VMEbus를 기본 bus 규격으로 채택할 계획이다. VMEbus는 32 bit architecture를 가진 고성능의 bus 규격 중의 하나로서 다양한 I/O 제품이 시판되고 있으므로 인원과 일정의 제약을 받는 본 프로젝트의 수행에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

DACS는 Motorola의 32 비트 마이크로 프로세서인 MC68020, MC68030을 CPU로 사용하고 MC68881, MC68882와 같은 연산 프로세서를 co-processor로 사용할 계획이며 operating system으로는 real time control을 위해 MTOS-UX™, OS-9™, PDOS™, pSOS™, RTUX™, VRTX32™, VXWorks™, C-Executive™과 같은 realtime executive를 고려하고 있다. 이들 O.S. 들은 realtime control 기능과 함께 UNIX의 프로그램 개발환경을 제공하므로 프로그램의 개발과 보수에 있어서 향상된 생산성을 보장해 줄 수 있을 것이다.

DACS의 제작을 위해서는 monitor program과 device control program의 개발이 필요하다. monitor program은 모든 DACS에 공통적으로 적용되며 상위레벨의 computer나 DACS 간의 통신 및 device와의 입출력 기능을 제공한다. monitor program은 다양한 종류의 device를 제어할 수 있는 기능을 가지며 다음과 같은 routine으로 구성되게 된다.

- device 초기화 routine
- 입력 메세지 처리 routine
- 메세지 출력 처리 routine
- device control program으로의 dispatch routine
- interrupt 처리 routine
- device 입력 처리 routine
- device 출력 처리 routine
- background routine

device control program은 device별로 존재하며 monitor program이 입력 메세지에 따라 해당 device control program으로 제어를 넘기면 메세지를 해석하여 device를 제어하거나 device로부터 데이터를 읽어들이게 된다. 이때 이루어지는 device 입출력은 monitor program의 routine을 이용하게 된다. 이와 같이 monitor program이 H/W dependent한 입출력

처리를 맡아주므로 device control program의 단순화가 가능하다.

모든 메세지의 입출력은 interrupt base로 일어나게 되므로 비동기적인 message의 입출력을 효과적으로 처리할 수 있다. 또 전송상의 error의 검출 및 회복에는 timer를 이용한다.

상위레벨의 computer와의 데이터 전송은 Ethernet을 통하게 되며 transport 및 session layer protocol로는 TCP/IP를 사용할 계획이다. 현재 시판되고 있는 Ethernet interface board 중에는 local CPU를 사용하여 TCP/IP protocol 까지 맡아 처리해 주는 것이 있으므로 이를 이용하면 S/W overhead를 줄일 수 있다. 그런데 이 Ethernet은 CSMA/CD 방식을 사용하고 있으므로 collision에 의한 전송대기 시간이 불규칙하게 되는 단점이 있다. 따라서 이를 보완하기 위해서는 process computer와 직접 접속되는 DACS의 수를 줄임으로써 Ethernet의 collision 확률을 줄여야 한다. Ethernet에 접속되는 node 수를 줄이는 방법은 Ethernet에 직접 접속된 DACS에 복수의 DACS를 별도의 route로 접속하는 것이다. 이를 위해서는 DACS간을 연결해 줄 route가 있어야 하는데 통상의 serial line에 의한 접속은 전송속도의 한계로 인해 부적합하므로 양쪽 crate에 adaptor board를 실장하고 이 adaptor board 간을 EMI shielded cable로 연결하여 양쪽 crate의 memory map을 통합하는 방법을 사용할 계획이다.

이 경우 한쪽 crate에 있는 VEMbus master는 직접 다른 쪽 crate에 있는 memory 나 I/O module을 마치 동일한 crate에 있는 것처럼 직접 access할 수 있고 그 속도도 write operation의 경우는 pipe line technique을 이용함으로써 32 bit write의 경우 6 M byte/sec의 속도까지 올릴 수 있다. 이러한 방법은 양쪽 crate간을 communication 으로 연결하는 것보다 communication을 위한 S/W overhead가 없다는 점에서 훨씬 바람직하다고 할 수 있다.

accelerator 전체를 감시하고 제어하는 signal의 수는 약 10,000정도로 예측된다. 또 이 숫자의 signal처리를 위해서는 약 800개 정도의 I/O module이 필요할 것으로 추산되며 이들은 약50개 정도의 VMEbus crate에 실장된다. signal처리를 위한 I/O

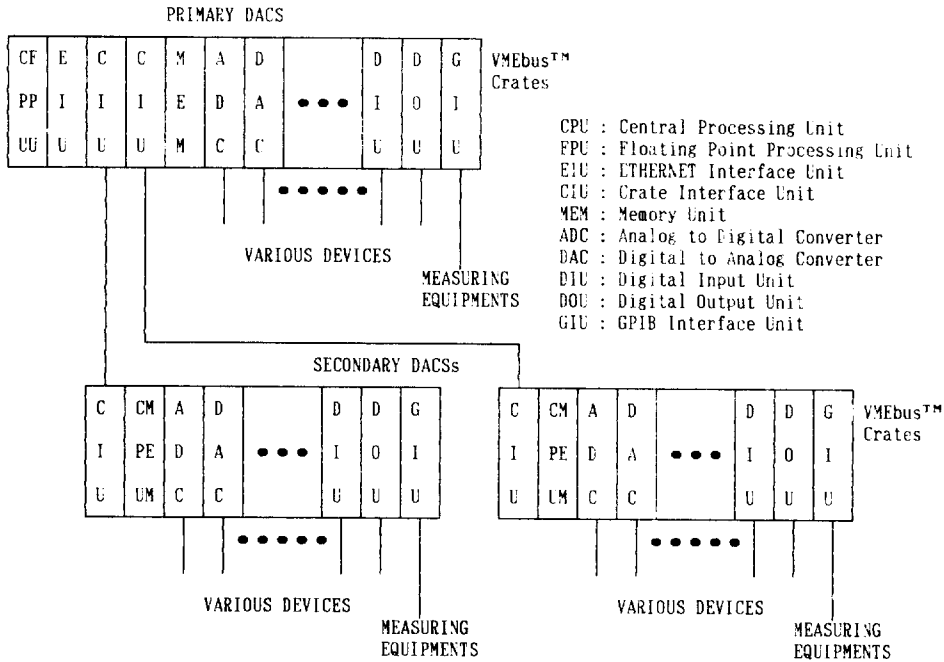


그림 2. VMEbus™ based DACS (Standard Configuration)

module로는 A/D converter, D/A converter, digital input, digital output, GPIB interface 등이 있다. (그림 2 참조) 이중 A/D converter와 D/A converter는 정밀제어를 위해 16 bit의 resolution과 100 μ sec 이하의 conversion 속도를 가진 module을 사용할 계획이며 소요되는 crate 수를 줄이기 위해 16 또는 32 channel을 가진 board를 사용함으로써 compact한 DACS를 실현할 것이다.

digital input나 digital output module은 single bit 또는 16 bit 출력용이며 GPIB interface module은 vacuum pump, beam position 또는 DCCT와 같은 device로부터 전류나 전압치를 측정하기 위한 다양한 계측장치와의 접속에 사용된다.

3.5 Timing System

timing system은 beam position monitor, electron gun, storage ring pulsed magnet 등의 다양한 device 및 계측제어 장치가 필요로 하는 synchronization signal을 공급한다. 이와 같은 device는 동작의

synchronization이 무척 중요하므로 timing system은 높은 신뢰성과 유연성, 그리고 보수성을 갖추어야 한다. timing system은 그림 3에서 보는 바와 같이 3부분으로 구성된다.

- 1) Master oscillator : master oscillator는 frequency counter나 programmable delay unit 등에 기준 pulse를 공급한다. 기준 pulse의 주파수는 500.386MHz 로서 storage ring의 RF system에 직접 공급되기도 한다.
- 2) Frequency counter : frequency counter는 기준 pulse를 분주하여 여러 종류의 device가 요구하는 다양한 frequency의 pulse를 만들어 낸다.
- 3) Programmable delay unit : programmable delay unit은 다양한 주파수의 pulse를 받아 pulse 폭, 주기, 위상등을 변화시켜 여러종류의 device가 최종적으로 필요로 하는 pulse를 만들어 낸다.

3.6 Safety System

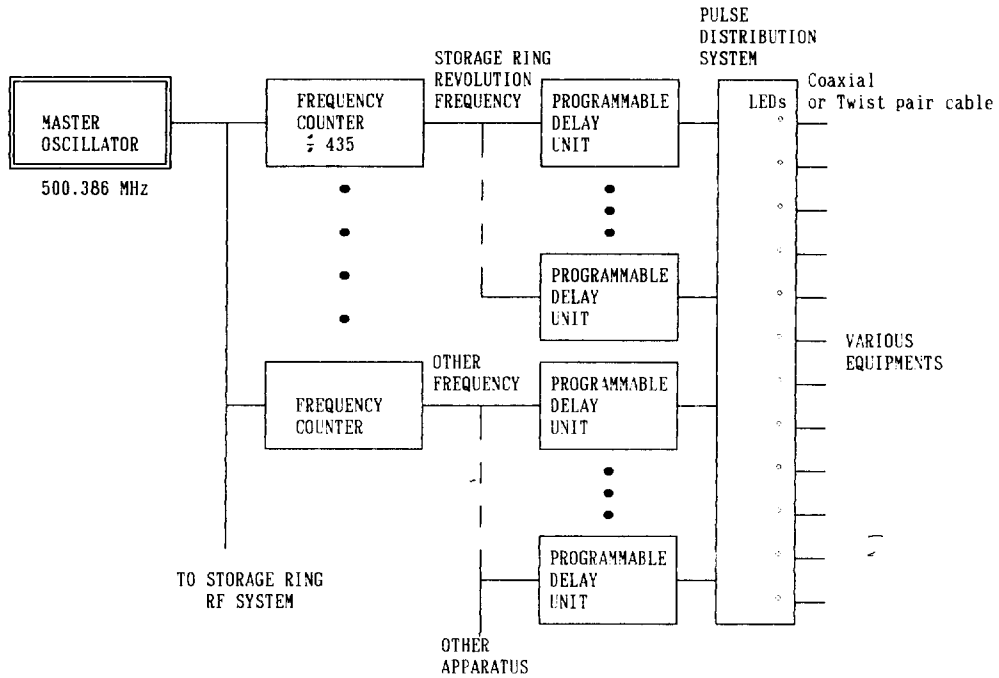


그림 3. TIMING SYSTEM

safety system은 방사능, 고전압, 고에너지 등과 같이 가속기의 운영시 발생할수 있는 여러가지 종류의 위험으로 부터 인명을 보호하는 system이다. safety system의 component로는 electrical interlock key, emergency pushbutton, audible alarm, warning lamp, intercom, shutter, badge reader, TV camera, programmable controller 등이 있으며 control room, 출입문 및 가속기 설비 곳곳에 설치 되게 된다.

safety system은 요구되는 정확성 때문에 신뢰성이 좋아야 하고 고장에 대한 redundancy 가 필요하다. 따라서 자체 진단 기능을 갖추어야 하며 복수 level의 검진 및 보호기능을 필요로 하고 또한, 사양 추가 및 변경에 유연하게 적응 할수 있어야 하는 점도 빼 놓을수 없는 사항이다.

가속기 운영상의 모든 이상은 자동적으로 감지되어야 하며 안전에 영향을 미칠수 있는 이상이 발생하는 경우 가속기는 emergency shutdown mode 로 돌입하여 magnet이나 RF power supply 와 같은 장치를 shutdown 시키고 safety shutter 를 즉시 폐쇄

하여야 한다.

이상 상태의 자동 검출과 그에 따른 안전 보장을 위한 대응은 local intelligence 를 갖춘 programmable sequence controller나 tone loop 장치에 의해 이루어진다. 또 이와 함께 emergency shutdown 을 수동적으로 조작할수 있게 하는 것도 중요하다.

감시지역내에는 alarm box를 설치해야 하며 이들은 수동조작의 신속성을 고려하여 배치 되어야 한다. alarm box 에는 emergency push button, fire alarm, audible alarm, warning lamp 와 portable telephone 을 위한 telephone jack 등이 있어야 한다. 한편 감시 지역을 비추게 될 TV 카메라 역시 alarm box 근처에 배치 함으로써 alarm box 조작시의 상황을 감시하기 편하도록 하여야 한다.

3.7 Data Communications Network

control system 내의 모든 computer와 DACS는 2 level의 LAN을 통해 연결된다. 그중 한 level은 host computer, 3대의 console computer, 그리고 4

대의 process computer를 포함하며 또 한 level의 LAN은 각각 한대의 process computer와 그 process computer의 제어를 받는 DACS 들도 이루어진 3개의 Ethernet으로 구성되고 이 3개의 Ethernet은 다시 2개의 LAN bridge를 통해 접속된다. 이와 같이 LAN을 통해 접속된 computer와 DACS는 network를 통해 program invoking message, setpoint message, readback message, database service request message, database partition 및 error report message를 주고 받게 된다.

Ethernet은 media access protocol로 CSMA/CD 방식을 사용하며 최대전송 속도는 10Mbps이다. 그러나 각 machine의 s/w overhead로 인해 유효전송 속도는 140 k byte/sec 정도로 알려져 있으며 통상 사용하는 전송속도는 50 k byte/sec정도이다. 이 경우 512 byte의 packet size를 가진 message를 1 packet 전송하는데는 10 m sec 정도 소요된다.

CSMA/CD 방식의 LAN이 가지는 문제점으로서 network 상에 collision이 발생하는 경우 각 node가 network를 access하기 위해 기다려야 하는 시간이 일정하지 않게 되어 허용 전송 지연 시간을 보장할 수 없다는 점이다. 이러한 문제점에도 불구하고 Ethernet이 많은 외국의 가속기 control system에 채용되고 있는 것은 node 수나 packet size를 조정함으로써 그 문제점으로 극소화할 수 있고 대부분의 컴퓨터에 Ethernet 접속을 위한 H/W 및 S/W가 보편화되어 있다는 점 때문이다. PLS의 경우 한 Ethernet에 포함되는 node의 수는 그 수가 가장 많은 storage ring control subsystem의 경우 process computer 1대에 각 period당 1개의 DACS가 접속되어 최대 13 node가 되므로 이러한 문제는 크게 우려하지 않아도 될 것으로 예상된다.

2개의 Ethernet을 연결해 주는 LAN bridge는 storage ring이나 linac 혹은 beam line을 제어하는 process computer가 필요에 따라 다른 process computer 제어하의 DACS를 쉽게 access할 수 있도록 허용한다. 이는 가속기의 연동 제어에 무척 중요하며 또한 process computer의 고장 발생시 back-up용 process computer가 그것을 대체하여야 하는 경우 cable 재접속과 같은 물리적 조치가 필요없이 이를 가능토록 해준다.

3.8 CATV Network

가속기 운영시의 운영정보는 beam line user나 technical staff 모두에게 무척 유용하다. 즉 작업하는 장소에 관계없이 TV를 통해 가속기의 상태를 알려주는 정보 스크린을 볼 수 있다면 무척 편리할 것이다. CATV Network을 통해 방영될 운영 정보로는 beam current, beam current 변화치, energy level, beam life time, vacuum 압력등이며 이외에 필요에 따라 operator가 공지하는 message도 표시될 계획이다.

4. Software

4.1 Accelerator Control Software

가속기 제어용 소프트웨어를 개발함에 있어 계층구조의 채택은 단계적인 개발 및 보수를 위해 유익하다. 계층구조의 각 레벨의 소프트웨어는 정형화된 format의 message를 주고 받음으로써 서로 결합된다.

1) Supervisory level : 소프트웨어 구조의 가장 상위 레벨은 console computer에서 실행되는 operator interface program이다. 가속기의 parameter 값과 설비 자체의 상태가 읽을 수 있는 문자의 형태나 그래픽 이미지로 표시되고 실행될 프로그램의 선택과 invoking은 console computer에 의해 수행되며 실행결과가 console screen에 표시된다.

2) Process level : 이 레벨은 host computer와 process computer 상에서 실행되는 가속기 제어 처리 프로그램이 해당된다. 또 DACS 상에 실행되는 이상검출이나 보고 프로그램과 모든 computer에서 분산 관리되는 data base의 갱신, 변동 데이터 전송, parameter 검색을 위한 data base 관리프로그램도 여기에 해당된다. 가속기 제어 처리 프로그램에는 가속기의 동작모드의 선택, 일련의 제어처리의 실행, parameter의 random 제어 및 안전보장을 위한 감시프로그램 등이 속한다.

3) Hardware interface level : 이 레벨은 상위

레벨의 소프트웨어가 가속기 제어 hardware의 특성이나 설치위치 등을 의식하지 않고 transparent하게 device를 access할 수 있는 표준기능의 집합이다. 각 computer의 communication program이나 DACS의 monitor program 및 device control program이 여기에 속한다.

4) Data base : 데이터 베이스는 가속기 운영을 위해 필요한 기본적인 parameter 값이나 device 정의와 같은 정보로 이루어진 static data base와 operator의 조작이나 DACS로부터 수집된 데이터에 의해 변하는 dynamic data base로 이루어진다.

○static data base: host computer에 의해 생성되어 LAN을 통해 접속된 process computer와 console computer에 자동적으로 전송됨으로써 정보의 통일성을 유지하며 device의 명칭 및 위치등의 정보와 가속기 제어를 위한 static variable등을 포함한다.

○dynamic data base: network 전체에 분산되어 있으며 process level의 소프트웨어에 의해 관리된다. 가속기 제어를 위한 temporary variable로 구성되며 operator가 임의로 가속기 제어 parameter를 바꿈으로써 혹은 가속기 제어 program에 의한 setpoint나 readback, 그리고 DACS로부터의 주기적인 데이터 수집이나 이상보고등에 의해 변화한다. variable의 변화는 관련된 computer system에 자동적으로 전달되어 data base의 통일성을 유지할 수 있다.

4.2 Diagnostic Software

통상 가속기 건설에 있어서 만족할 만큼의 beam 제어는 시간과 노력을 필요로 한다. 또한 운영을 시작한 후에도 우리는 여러가지 종류의 설비장애와 beam error에 부딪히게 된다. 이러한 문제들을 효과적으로 극복하기 위해서는 사용하기 편하고 신속하게 처리할 수 있는 computer program의 이용이 필수적이다.

1) Modeling Program

modeling program은 원하는 tune이나 beta function 또는 transfer matrix와 같은 beam parameter를 얻기 위해 필요한 magnetic element의 strength 계산에 사용되며 반대로 magnetic element의 strength로부터 parameter 값을 계산하는데도 이용되고 또한 orbit distortion이나 dispersion을 최소화하기 위해 corrector strength를 계산할 수도 있다. 이러한 프로그램들은 가속기의 일상운영시 사용되며 또한 가속기의 운영과 관계없이 off-line으로 사용하여 correction scheme의 설계 등에 이용될 수 있다.

2) Simulation Program

modeling program에 의해 설계된 새로운 correction scheme은 실제 이용되기 전 철저히 test되어야 한다. simulation program을 이용하면 beamline에 있는 element들의 strength가 실제 beam 궤도에 어떻게 영향을 미치는지 시각적으로 관찰할 수 있다. 또 일상운영시 beam 궤도상의 error는 이 simulation program을 통해 분석됨으로써 문제가 있는 element를 발견할 수 있고 이를 교체하거나 correction을 위해 다른 element들의 strength 값을 변화시킴으로써 궤도상의 error를 해결할 수도 있다. 이러한 모든 작업들은 simulation을 통해 가속기에 실제 영향을 주지 않고 모의로 실행되는 장점을 가진다.

5. 결론

앞서 서론에서도 언급한 바와 같이 세계적으로 완성된 제 3 세대 가속기는 전무한 현시점에서 가속기의 건설경험이 전혀 없는 국내 기술만으로 가속기에 필요한 정밀제어를 단기간에 실현하는 일을 결코 쉬운 일이 아님이 자명하다. 또한 소프트웨어 인력 부족이 심각해 가는 국내의 실정에 비추어 볼 때에는 소프트웨어의 비중이 하드웨어에 못지 않은 가속기 제어를 성공적으로 수행하기 위해서는 외국의 우수 Lab에서 이미 개발하여 사용하고 있는 소프트웨어의 활용의 극대화 및 소프트웨어 엔지니어링 기법의 도입, 활용은 프로젝트 성공의 열쇠라 할 수 있을 것이다.