

Accelerator Storage Ring 온도 감시 시스템 설계 및 구현

*이근무, ***정상태
*위덕대학교 정보통신공학과
**포항공과대학교 가속기 연구소

The Design & Implementation of Temperature Monitoring System for Accelerator Storage Ring

*Kun-Moo Rhee,**Sang-Tea Jung
*Dept of Computer & Communication Engineering science, UiDuk University

** Accelerator Laboratory, Pohang University of Science & Technology

요 약

가속기연구소는 거대한 기계장치들로 구성되어 있고 이 장치들은 24 시간 운전을 하면서 빛을 만들어 낸다. 방사광은 일반적인 빛에 비해 아주 에너지가 높기 때문에 빛을 차단하는 부분이나 빛의 위협에 노출되어 있는 장치들에 대한 온도감시 및 관리가 필요하다. , 본 저장링 온도감시 프로그램의 그래픽 인터페이스를 활용하여 시각적인 효과뿐만 아니라 사용자가 쉽게 데이터 관리를 할 수 있어 효과적인 시스템 관리와 연구에 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

1. 서론

포항공속기연구소는 빛을 만들어 내기 위한 거대한 장치들로 이루어져 있는 시설로서 빛의 속도에 가깝게 가속된 전자, 또는 양전자가 운동 방향을 바꿀 때 그 접선 방향으로 좁은 퍼짐의 강한 빛(방사광)을 발생시키는 장치를 말한다. 이 방사광 가속기는 크게 3 개의 주 시설로 나눌 수 있다. 하나는 빛(방사광)의 근원이 되는 전자를 발생시키고 이 발생된 전자의 덩어리를 빛의 속도로 가속시키기 위한 길이가 약 150 미터인 선형가속기(Linear Accelerator Linac) 시설과 여기서 발생되어 빛의 속도로 가속된 전자 덩어리를 일정한 속도로 계속 운동하면서 저장을 시키기 위한 둘레가 약 280 미터인 도너츠 모양의 저장링(Storage

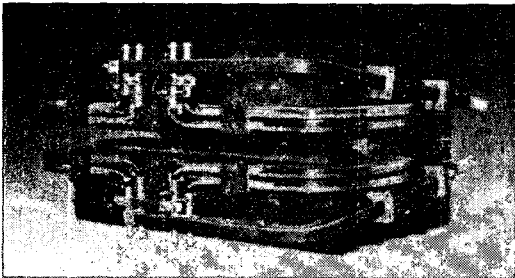
Ring; S/R) 시설과, 전자가 회전을 위해 일정한 각도를 운동 방향을 바꿀 때 그 접선 방향으로 발생된 빛(방사광)을 실험 지역까지 운반하기 위한 방사광 관(Beamline; B/L) 시설이다.[1]

포항공속기연구소에서 빛을 만들어 내는 원리는 위에서 언급하였듯이 선형가속기의 전자총에서 발생되고 빛의 속도로 가속된 전자를 저장링에 저장하기 위해서는 우주 공간과 같은 진공 상태에서 빛의 속도를 유지시키면서 계속 회전 운동을 시켜야 한다. 그래서 저장링에서 전자가 지나가는 통로는 진공챔버에 의해 밀폐된 상태에서 그 내부는 5×10^{-10} torr 정도의 진공도를 유지하고 있다. 그리고 챔버 둘레는 그림 1과 같이 수많은 전자석들이 감싸고 있

고,



<그림 1> Storage Ring



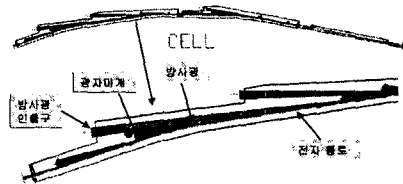
<그림 2> Bending Magnet

그 전자석들 중에 전자를 회전시키기 위한 휨 자석 (Bending Magnet; B/D) 그림 2와 같이 설치되어 있다. 이 휨 자석은 저장링 280 미터에 구간에 총 36 개가 일정한 간격으로 설치되어 있고, 이 휨 자석들은 관성법칙에 의해 직선운동을 하려는 전자를 10 도 썩 꺾어 36 개의 휨 자석을 지나는 동안 전자는 저장링 원주를 한바퀴 회전하게 된다. 전자가 일정한 속력으로 휨 운동을 할 때에는 원심력에 의한 가속도 운동을 하게 된다. 전자가 가속도운동을 하게 되면 전자파가 방출되는 물리 현상에 따라 전자가 휨 자석에 의해 운동방향이 변할 때 전자의 원 궤도 운동방향의 접선 방향으로 전자파가 방출된다. 전자파는 파장의 길이에 따라 적외선, 가시광선, 자외선, X-선 등으로 분류될 수 있으나 본질적으로 보아 눈에는 보이지 않는 전자파도 넓은 의미로 통칭하여 빛이라고 말할 수 있다. 이 빛이 다름 아닌 방사광인 것이며 방사광 관을 통해 실험장치까지 유도되어 각종 실험을 수행하는데 이용된다. 36 개의 휨 자석과 12 개의 cell로 이루어진 진공 장치에는 각 cell에서 약 3 개정도 썩 하여 총 36 개의 방사광이 토출되는 통로가 설치되어 있다. 본 논문에서는 2 장에서는 관련연구를 3 장에서는 시스템 분석 4 장에서는 설계 및 구현 5장에서는 결론을 맺을 것이다.

2. 관련연구

방사광은 저장링 280 미터의 둘레에서 휨 자석이 설치되어 있는 36 개소의 위치에서 발생되지만, 이 지점에서부터

접선방향으로 퍼져 나가면서 발생되기 때문에 그림 3과 같이 저장링 전 둘레에 걸쳐 발생된다. 따라서 방사광은 에너지가 높기 때문에 방사광 인출구가 설치된 이외의 지역에서 발생하는 빛들은 다른 장치에 쏘이지 못하도록 차단 시켜야 한다. 그래서 저장링 장치에는 광자마개(Photon Stop)이라는 방사광 차단 장치를 설치하였다. 이 장치는 가속기 장치가 운전하는 동안 계속적으로 방사광에 직접적으로 노출되어 있고, 장치의 특성상 70 ℃ 이하로 온도를 유지 시켜주어야 하기에 항상 저 전도수(LCW)를 광자마개 내부로 흘려서 냉각을 하게 된다. 하지만 냉각수 공급장치의 고장, 냉각수로의 막힘 등 기타 예상하지 못한 문제로 인해 냉각이 불충분 할 경우 가속기 장치 전체에 치명적인 문제를 발생시키게 되고, 이를 보수하는데 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 항상 저장링 장치가 운전 중일 때는 광자마개의 온도 변화에 대한 감시가 필요하고, 온도에 이상이 발생할 경우 저장링 운전을 중단시킬 수 있도록 한다. 그리고 저장링에는 그림 1에 나타나 있듯이 수많은 장치들이 설치되어 있고, 일부 장치의 경우 방사광에 직접 접하고 있지는 않지만 전자가 지나가는 통로의 임피던스로 인해 발생하는 열로부터 보호하기 위해 각 cell 마다 4 ~ 6 개의 온도센서를 별도로 설치하였다. 저장링 전체 온도감시 위치는 각 cell 마다 광자마개 10 개소와 기타 4 ~ 6 개소이다.



<그림 3> 저장링 cell의 구성 및 방사광의 발생 현상

저장링 진공챔버는 등근 도너츠 모양을 하고 있으며 그 둘레는 280 m로서 12개의 cell로 나누어져 있다, 각각의 cell에는 불필요한 방사광을 차단하기 위한 10 개의 광자마개가 설치되어 있고, 이들은 가속기연구소의 운전상태에서 항상 방사광과 직접 접하고 있어 계속적인 온도감시가 필요하다. 또 방사광과는 직접적인 접촉은 없으나 열로 인해 문제를 발생시킬 여지가 있는 일부 장치들의 온도감시를 위해 각 cell마다 추가로 4 ~ 6 개소에 온도감시를 위한 센서를 설치해 놓았다. 각 cell마다 설치된 온도 센서는 4 개의 cell을 1 개의 그룹으로 하여 각 그룹마다 별도의 온도검출을 위한 100 채널 짜리 data acquisition system을 설치하였다. data acquisition system이 10 개 채널 단위로 구분되어 있어 광자마개 이외의 온도감시가 필요한 위치는 각 cell마다 4 ~ 6 개소밖에 되지 않으나 1 개의 cell마다 data acquisition system의 20 개의 채널을 할당하였다. 그래서 저장링 장치의 전체 온도

감시는 12 개 cell 3 개 그룹에 240 개소로서 data acquisition system 3 대를 설치하였다. Data acquisition system은 온도감시 위치에 설치한 K-type thermocouple은 두 도체가 접하는 부분에서 온도차이에 의해 발생하는 미세한 전압차이를 검출하고 이 데이터를 환산하여 온도 값으로 출력하게 된다. 변환된 온도 값은 RS232 또는 RS485 통신 포트를 이용하여 외부 장치에 데이터를 전송하거나, 내부 메모리에 일정량을 데이터를 기록 보관하게 되어있다. 본 논문에서는 data acquisition system에서 읽어들이온 온도 데이터를 가속기연구소 주 조정에 설치된 컴퓨터를 이용하여 감시 및 관리하기 위한 프로그램 제작에 대한 내용을 기술할 것이다.

3. 시스템 분석 및 설계

저장형 온도감시 프로그램은 240 개소에 설치된 많은 온도 센서를 효율적이고, 관리가 쉽게 이루어지도록 프로그램 되어져야 한다. 또 가속기 장치를 작동 및 관리하는 운전 요원들이 고정으로 배치되어 있지 않고, 연구소원들이 들어가면서 관리하기 때문에 화면구성 또한 누구나 쉽게 알아볼 수 있어야 한다. 아래에 온도감시 프로그램을 제작함에 있어 기본적으로 구현되어야 할 기능들에 대한 내용들이 기술하였다.

1) 80 채널 Data acquisition system 3 대를 이용하여 모두 240 채널을 온도감시를 하게 된다. 그러나 채널 중에는 필요에 따라 온도 센서에 연결되지 않은 채널이 발생하게 된다. 그래서 각 채널의 사용여부를 결정하기 위한 데이터가 기록된 별도의 외부 파일 작성하고, 프로그램 시작 부분에 이 파일을 읽어서 프로그램 내부에서 비 활성화된 데이터가 되도록 한다. 채널 활성화 여부를 결정하는 파일은 아래 "7. 채널 설정을 위한 데이터 파일"에서 자세하게 설명되어 있다.

2)온도감시가 필요한 광자마개나 기타 감시 위치에는 장치의 안전을 위해 최고 허용온도를 설정해 놓았다. 그 최고 허용온도 또한 위 1)의 채널 상태 설정을 위한 파일에 기록을 해 놓고 프로그램 시작 부분에서 읽어들이 온도감시 프로그램 내부에서 사용할 수 있도록 한다.

3) Data acquisition system과 RS232 통신을 이용하여 각 센서 위치에 대한 온도 데이터를 읽어들이나.

4)온도감시 프로그램의 전체적인 화면구성은 광자마개(PST)와, 열에 취약한 위치(VTC)에 대한 최고 온도를 별도 표시할 수 있도록 한다.

5)읽어들인 온도 데이터를 컴퓨터 모니터에 숫자 및 그래프로 출력한다.

6)온도 그래프 출력은 저장형 전체 감시 위치에 대한 모든 데이터를 하나의 그래프 화면에 출력한다.

7)각 cell별로 선택할 수 있는 버튼을 두고, 선택된 cell에

대한 온도 데이터를 숫자로 출력을 하고, 또 그래프로 출력하여 선택된 cell에 대한 정확한 온도확인이 되도록 한다. cell 선택은 마우스 또는 기능키(F1 ~ F12)를 이용 가능하게 한다.

8)그래프와 숫자 데이터에서 각 장치별 최고 설정 온도 이상이 되면 모니터 출력에서 확인할 수 있도록 한다.

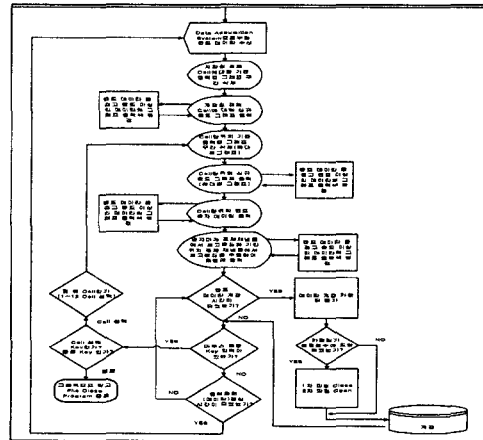
9)각 온도 데이터는 별도의 파일에 시간, 위치와 온도를 기록하도록 하고, 파일에 기록하기 위한 시간 간격을 설정 가능하도록 한다. 온도 데이터가 기록되는 형식은 아래 "8. 온도 데이터 파일 저장 양식"에 자세하게 설명되어 있다.

4. 온도감시 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템 개발환경

본 저장형 온도감시 프로그램의 개발을 위해 사용된 언어는 C 언어를 선택하였다. 온도감시 프로그램은 DOS 환경에서 사용하기 위해 가장 널리 사용되고 있는 Turbo-C를 이용하여 프로그래밍 하였다.(2),(3)

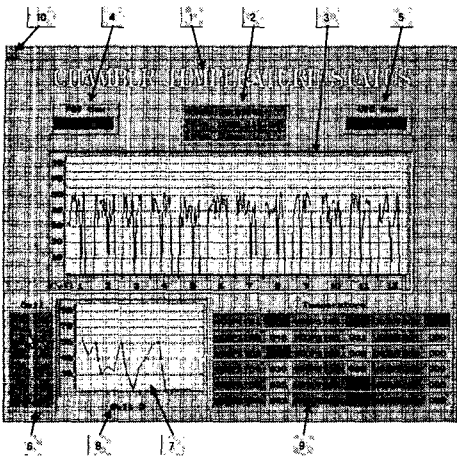
3.2 시스템 흐름도



< 그림 4> 시스템 흐름도

3.3 시스템 구현

온도감시 프로그램의 주 화면은 <그림 5>과 같이 모두 7개의 화면으로 구성되어 있다. 프로그램은 data acquisition system을 제어하기 위한 별도의 기능 없이 통신으로 읽어 들인 데이터를 화면에 문자와 그래프로 출력하고, 설정온도 이상으로 상승하면 관리자가 화면상으로 확인이 가능하도록 하고, 또 데이터를 파일로 저장하는 기본적인 동작을 하므로 별도의 부가 윈도우 없이 하나의 화면에 모든 상황이 나타나도록 하였다.



<그림 5> 메인화면

(1)주 화면 설명

1) 온도감시 프로그램 제목

2) Data acquisition system의 데이터를 파일로 저장하는 상태 창

Time: 현재 시간

File: 현재 온도 데이터가 저장되고 있는 파일이름으로서 저장 데이터가 일정용량 이상되면 다른 파일(SA20_2nd.DAT)로 저장이 된다. 이렇게 두 파일이 번갈아 가면서 저장을 하므로 용량이 무한정 증가하는 것을 방지하고, 문제 발생시 바로 앞 파일의 데이터는 기록되어 있으므로 확인이 가능하다. 그리고 온도 데이터의 기록이 필요할 경우 현재 사용되지 않는 파일을 백업 할 수도 있다.

Inte.50sec : xx:온도 데이터를 파일에 저장하고 있는 시간 간격을 표시하는 것으로 현재 50 초 단위로 기록을 하고 있고 xx 자리에는 현재 저장된 횟수를 나타내 준다.

3) 전 cell에 대한 온도를 그래프로 표시하는 것으로 가로축은 1 ~ 12 번까지 cell 번호를 표시하고, 세로축은 0 ~ 100 ℃ 까지 온도를 표시한다. 온도 축은 50 ~ 100 ℃ 보다는 0 ~ 50 ℃ 사이를 가장 많은 분포를 가지는 온도범위를 자세하게 표시되도록 하였다. 그리고 그래프에서 경고 설정 온도 이상인 데이터의 그래프는 색이 파란색에서 빨간색으로 바뀌어 표시된다.

4) 전체 cell에서 광자마개가 설치된 위치의 최고 온도를 표시해주고, 이 온도가 경고 온도로 설정해 놓은 온도 이상 되면 녹색에서 빨간색으로 표시된다.

5) 전체 cell에서 광자마개 이외의 위치에 설치된 곳에 최고 온도를 표시해주고, 이 온도가 경고 온도로 설정해 놓은 온도 이상 되면 녹색에서 빨간색으로 표시된다.

6) 위 3)의 전체 cell의 온도 그래프 중 특정 cell에 대한 자세한 데이터를 볼 경우 마우스를 이용하여 해당 cell을 선택한다. 선택된 cell은 박스 테두리가 나타나게 되고 현재 활성화된다.

7) 위 6)에서 선택된 cell 온도 분포가 그래프로 출력되는 화면으로서 가로축은 선택 cell에 대한 1 ~ 20 번까지 위치를 나타내고, 세로축은 20 ~ 100 ℃ 까지 온도를 표시한다. 온도 축은 50 ~ 100 ℃ 보다는 20 ~ 50 ℃ 사이를 가장 많은 분포를 가지는 온도범위를 자세하게 표시되도록 하였다. 그리고 그래프에서 경고 설정 온도 이상인 데이터의 그래프는 색이 파란색에서 빨간색으로 바뀌어 표시된다.

8) 위 6)에서 선택된 cell 번호가 표시된다.

9) 위 6)에서 선택된 cell에 센서가 설치된 위치와 온도가 함께 출력된다. 그리고 온도 값이 경고 설정 온도 이상인 데이터는 색이 녹색에서 빨간색으로 바뀌어 표시된다.

4. 결론

가속기연구소는 거대한 기계장치들로 구성되어 있고 이 장치들은 24 시간 운전을 하면서 빛을 만들어 낸다. 방사광은 일반적인 빛에 비해 고준위 에너지가 발생하기에 빛을 차단하는 부분이나 빛의 위험에 노출되어 있는 장치들에 대한 온도감시 및 관리가 필요하다. 그동안 사용해 왔던 data acquisition system을 이용하면서 제공된 프로그램은 텍스트 위주의 프로그램으로 온도관리를 함에 있어 효율적이지 못하여 많은 어려움이 있었으나, 본 저장된 온도감시 프로그램의 그래픽 인터페이스를 활용하여 시각적인 효과뿐만 아니라 사용자가 쉽게 데이터 관리를 할 수 있어 충분한 기대효과를 발휘할 수 있으리라 판단된다

참고문헌

[1] POSTECH, Annual Report 1996 Pohang Accelerator Laboratory POSTECH.
 [2].김석주 저 "C로 하드웨어 건드리기", 영진출판사, 서울, 1997
 [3].박선호 저 "C 수치해석", 영진출판사, 서울 1997
 [4].Herman Winick "Synchrotron Radiation Sources-A primer"
 [5]GeV Conceptual Design Report, ANL_87_15,1987.
 [6]GeV Synchrotron Radiation Source CDR, LBL Pub-5172, 1986.