

# EPICS를 이용한 양성자 요법 시스템용 사용자 인터페이스 구현

임재걸\*, 정승환\*, 김운호\*, 박승진\*

\*동국대학교 과학기술대학 컴퓨터멀티미디어학과  
{yim, honourj, dbsh8577, auburn80}@dongguk.ac.kr

## Implementation of a User Interface for PTS Using EPICS

Jaegel Yim\*, SeungHwan Jeong\*, YunHo Kim\*, SeungJin Park\*

\*Dept of Computer and Multimedia, Dongguk University

### 요 약

양성자가속기는 재료산업, 반도체산업, 생명산업, 등 다양한 산업에 폭 넓게 이용되고 있다. 양성자가속기의 이용 분야에서 양성자 요법도 빼놓을 수 없는 중요한 분야이다. 양성자가속기의 제어 소프트웨어는 일반적으로 EPICS라는 개발 도구를 이용하여 개발하는데 반하여 양성자 요법에서는 제어시스템으로 IBA에서 개발된 PTS(Proton Therapy System)이 사용된다. 대형 양성자 가속기는 산업용과 의료용으로 다양하게 사용될 수 있으므로 EPICS로 개발된 제어소프트웨어와 IBA의 PTS가 호환성이 있는지 아니면 의료용의 양성자 요법 시스템용 제어소프트웨어까지 EPICS로 개발할 필요가 있다. 본 논문은 EPICS로 양성자 요법 시스템의 제어소프트웨어의 사용자 인터페이스를 구현한 결과를 소개한다.

### 1. 서론

양성자 가속 장치의 응용 극대화를 위하여 산업용 이온원, 대전방지 반도체 운반 용기, 대전방지 진공 포장재, 이용기 수명향상, IBAD(Ion Beam Assisted Deposition) 공정장치, 정밀금형 표면연마, 기능성 고분자 표면 처리, 지뢰/폭발물 탐지, 전력반도체, 초강도 플라스틱, 이동식 중성자 radiography, BNCT(Epithermal), 빔 나노 가공, 의료용 RI 생산 연구, 신중유전자원, 방사선 생물학, 방사선 계측기 개발, 등 많은 연구가 수행되었다.[1]

양성자 가속기의 이용 분야에서 빼놓을 수 없는 분야가 양성자 요법이다. 양성자 빔은 에너지 브래그 포인트(Energy Bragg Point)에 도달할 때까지 방사선을 거의 방출하지 않다가, 에너지 브래그 포인트에서 최대로 방출하고, 그 이후에 에너지가 급감하는 성질이 있으므로 신체의 건강한 조직을 비교적 다치지 않고 암세포만 파괴하여 치료효과가 높은 장점이 있다. 그래서 위암, 후두암, 안암, 전립선암, 악성뇌종양 등 여러 가지 암 치료에 양성자 요법이 적용

되고 있으며, 특히 수술이 치명적일 수 있는 노인의 폐암 치료에 양성자 요법이 각광을 받고 있다.[2]

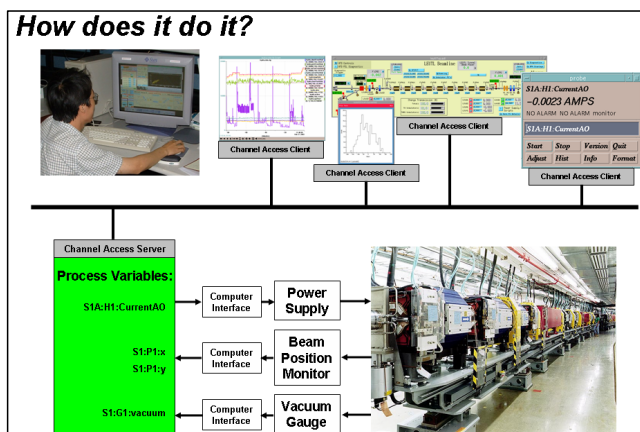
일반적으로 양성자 가속기의 제어 소프트웨어 시스템은 EPICS로[3] 개발된다. EPICS는 범세계적으로 많은 기관들이 협동으로 개발한 일군의 공개 소스 소프트웨어, 라이브러리, 응용소프트웨어로서, 가속기나 망원경과 같은 거대한 과학용 장비를 제어하는 분산 실시간 시스템을 개발하는데 세계적으로 널리 사용된다. 한편 양성자 요법에서 사용되는 제어 소프트웨어는 IBA사가 판매하는 PTS(Proton Therapy System)이 주로 사용된다. 대형 양성자 가속기는 산업용 응용뿐 아니라 치료용으로도 사용되는 것이 바람직하기 때문에, EPICS로 개발된 제어소프트웨어와 IBA의 PTS가 호환성이 있는지 아니면 의료용의 양성자 요법 시스템용 제어소프트웨어까지 EPICS로 개발할 필요가 있다. 그래서 본 논문은 EPICS로 양성자 요법 시스템의 제어소프트웨어 개발을 목표로, 우선 사용자 인터페이스를 구현한 결과를 소개한다.

## 2. EPICS 소개

양성자 가속기 제어시스템은 power supply, Beam position monitor, vacuum gauge, 등 하드웨어들을 실시간 모니터하고 제어한다. 이를 위하여 센서 설치, 센서 데이터 채취, 저장, retrieval, 사용자 인터페이스 개발, 인터페이스에 출력, 입력받기, actuator 제어, 등의 소프트웨어 및 하드웨어를 독자 개발할 수도 있으나, 현재는 공개소프트웨어인 EPICS를 이용하여 양성자 가속기 제어시스템을 구축하는 것이 세계적인 실정이다. EPICS로 구현한 제어시스템은 전형적으로 (그림 1)과 같다.

EPICS 시스템은 Channel Access Server와 Client로 구성된다. 서버는 IOC (Input Output Controller)와 연동하여 process variable의 값을 client에게 실시간으로 전달하기도 하고, client가 지정하는 값으로 process variable의 값을 변경하기도 한다. IOC는 하드웨어에서 데이터를 실시간으로 채취하여 process variable의 값을 변화시키기도 하고, client가 지정하는 대로 변경시킨 process variable의 값으로 actuator를 실제로 제어하기도 한다. 한편 client는 MEDM, Alarm Handler, StripTool, 등과 연동하여 process variable의 값을 사용자 인터페이스에 출력하여 주기도 하고, 입력을 받아 process variable의 값을 변경하여 주기도 한다. Channel Access Client와 Server는 컴퓨터 네트워크를 통하여 연결되어 있으며 이들의 주요 임무는 통신 업무이다.

EPICS는 PC의 성능이 미약한 시기에 워크스테이션 기반으로 개발되었으므로, 운영체제도 UNIX 기반이다. 근래에 PC의 성능이 괄목하게 개선됨에 따라 client를 PC에 포팅하는 기술이 등장한다. 이 기술은 PC에 UNIX 에뮬레이터인 EXCEED와 같은 소프트웨어를 설치하고 기존의 client 소프트웨어를 거의 그대로 사용하는 방식을 모색하고 있다.



(그림 1) EPICS 기반 제어시스템의 전형적인 구성

## 3. 양성자 요법 제어시스템 소개

양성자 요법 제어시스템은 가속기제어, 에너지 선택 시스템 제어, 빔 전달 시스템 제어, 갠트리 제어, 노즐 제어, 환자위치 시스템, 요법제어시스템, 요법계획 시스템, 안전 시스템, 진공시스템, 등으로 구성된다. 가속기 시스템은 치료하는 동안 고에너지 빔을 조달하는 장치로, cyclotron 가속기는 주코일, 변화도 조절기, 수력 잭, 영구 4중 극 자석, 외부 4중 극 자석, 탐침, 공간조절장치, 등 다양한 장치들로 구성되며, 이들 각각이 모두 제어시스템이 제어해야할 제어요소들이다. 주코일을 비롯한 모든 부품은 각각 전자유닛에 연결되어 있으며, 전자유닛은 제어시스템이 실행되는 컴퓨터와 연결되어 있다. 전자유닛은 각 부품의 제어요소들에서 흘러들어오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고 컴퓨터에서 들어오는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환한다. 제어 요소들의 값은 전자유닛에서 제어요소를 식별하는 변수와 연관된다. 제어소프트웨어는 변수 값으로 부품의 상태를 알 수 있고, 변수 값을 변경하여 부품들을 제어한다. 이와 같이 전자유닛으로 연결되는 방식은 가속기뿐 아니라 이후에 소개되는 에너지 선택 시스템, 빔 전달 시스템, 갠트리, 등 모두에게 적용된다.

에너지 선택 시스템은 Degrader, Divergence limiting Collimator, Divergence limiting slit, Momentum Spread limiting slit, Final collimator, 등으로 구성되며, 사이클로트론에서 생성된 230 MeV 고정 에너지 빔을 치료에 적당한 70-230 MeV의 빔으로 변형한다. 빔 전달 시스템은 빔의 전달 경로를 제공하며, Gantry, Nozzle, Vacuum system, water-cooling system, Pneumatic system, magnets and magnet power supplies, power distribution and wiring, 등으로 구성된다. 최종 목적지에 도착하는 빔이 사용 목적에 적당하도록 만들기 위하여 각 섹션마다 빔의 상태를 검증하고 튜닝한다.

갠트리는 주어진 각도만큼 정확하게 회전하는데 필요한 부품과 빔을 노즐로 전달하는 데 필요한 부품 등으로 구성된다. 고정 빔 라인에는 고정 노즐이 있고, 갠트리에는 갠트리용 노즐이 부착된다. 모든 노즐에 일반적으로 필요한 제어 정보에는 Ionization Chamber 1에 500V를 공급하기, First scatterer에서 아홉 장의 foil을 조절하여(시간에 따라 위치를 움직임) 빔을 적당히 분산시키기, Range modulator에서 양성자 에너지를 조절하여 암세포에 뿌려지는 dose가 균등한 깊이가 되도록 조절하기, 균등한 스캐닝 모드로 빔을

편향하고 부단히 페인트 하도록 Scanning magnet 조절하기, 디스크를 실시간으로 삽입하여 Second scatterer에서 빔을 적당히 분산시키기, 환자 자세의 alignment verification의 목적으로 X-ray tube 조절하기, field의 크기를 사용되는 aperture보다 조금만 더 크게 만들어서 환자가 받는 dose를 한정하도록 Variable collimators를 조절하기, 빔 영역의 불일치를 탐지하기 위하여 Range verifier를 조절하기, 환자의 위치를 검증하기 위한 Light field 조절하기, Snout의 위치 조절하기, 등이 있다.

환자의 위치를 조절하는 환자위치시스템은 양성자 치료 시스템의 주요 부시스템으로 환부에 빔을 정확하게 조사하는데 결정적인 역할을 하는 매우 중요한 시스템이다. 여러 레이저도 사용되고, DIPS (Digital Imaging Patient Setup)라는 프로그램을 사용하여 alignment 수정치를 계산하기도 하는 매우 정교하고 복잡한 시스템이다.

양성자 요법 시스템의 목적은 치료계획이 지시하는 대로 환자의 환부에 양성자 빔을 조사하는 것이므로 치료계획 시스템이 제어 시스템 설계에 반드시 고려되어야 한다. 치료 계획에서 지정한 양의 빔을 지정한 범위에 정확하게 조사하기 위하여 차폐물과 볼러스를 milling machine으로 제작한다. 치료계획의 정보가 milling machine을 제어하는 요소 정보를 제공하면, 제어 시스템은 Milling machine을 제어하여 차폐물과 볼러스를 제작한다. 요법제어 시스템에는 사람들의 안전을 관리하는 부분이 매우 중요한 위치를 차지한다. 그럼에도 불구하고 안전사고는 매우 치명적임으로 하드-와이어 인터락을 안전관리 시스템에 부가적으로 설치하였다. 하드-와이어 인터락을 제어하는 시스템도 제어 시스템의 중요한 일부이다. 사이클러트론과 에너지 선택 시스템 그리고 빔 전송 시스템의 내부를 진공 상태로 유지하기 위한 진공 시스템도 역시 제어 시스템이 담당해야 할 부분이고, 수냉 시스템, 압축 공기 시스템, 자석 시스템, 전력 공급 시스템, 등도 제어 시스템이 담당하는 제어 요소들이다.

#### 4. 사용자 인터페이스 구현

EPICS 베이스와 MEDM을 다음과 같이 설치하고, MEDM을 이용하여 사용자 인터페이스를 만들어 보았다.

##### 4.1 BASE 설치

EPICS 홈페이지인 <http://www.aps.anl.gov/epics/base/R3-14/8.php>를 방문하여 baseR.3.14.8.2를 다운

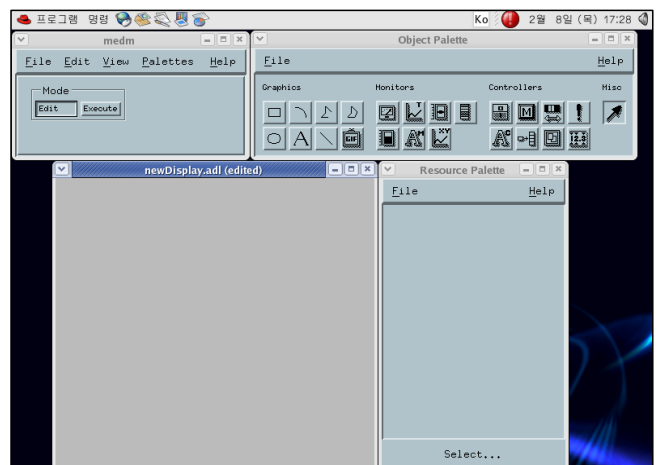
로드하고, /usr/local/epics/base에 압축을 푼다. 그리고 /usr/local/epics/base/config/CONFIG 파일에서 컴파일러 지정 환경변수를 수정한다. 다음에는 /usr/local/epics/base/config/CONFIG\_SITE 파일에서 개발 컴퓨터 구조 환경 변수를 수정한다. 비슷한 방법으로 /usr/local/epics/base/configure/CONFIG 파일과 /usr/local/epics/base/configure/CONFIG\_SITE 파일도 수정한 다음, /usr/local/epics/base에서 make 명령을 실행하여 EPICS BASE를 설치한다.

##### 4.2 MEDM 설치

MEDM을 설치하려면 MEDM의 버전과 알맞은 버전의 config와 configure 파일을 다운 받아서 압축을 풀어 놓아야 한다. /usr/local/epics/supTop/ 폴더를 만들고 이곳에서 MEDM 3.1.1의 압축을 풀면 extensions 폴더가 생성되고, config files(R3.13)과 configure files(R3.13)의 압축을 풀면 extensions폴더 안에 config와 configure폴더가 생성된다. 다음에는 config/CONFIG, config/RELEASE, 등을 BASE의 경우처럼 수정하고, make를 실행한다.

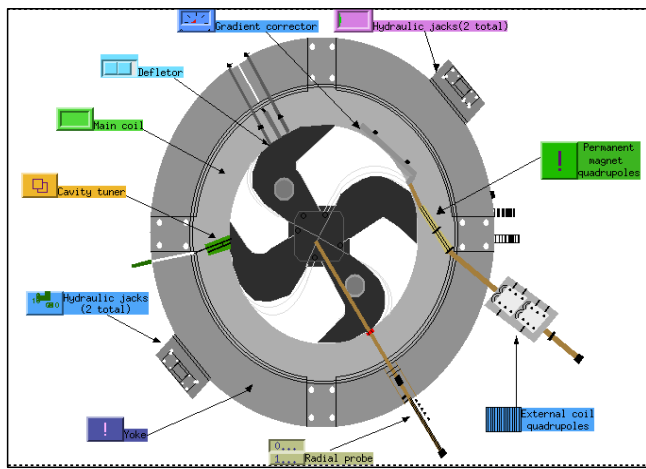
##### 4.3 MEDM 사용하기

MEDM의 설치가 완료되면 bin 폴더에 medm이라는 실행파일이 생성된다. medm을 실행하면 (그림 2)의 좌측 상단에 보이는 바와 같은 타이틀이 medm인 메인윈도우가 출력된다. (그림 2)에 보이는 바와 같이 메인윈도우에는 Edit 모드와 Execute 모드가 제공되며, Edit 모드를 선택하면 (그림 2)의 하단에 보이는 작업 창이 뜬다. 또한 메인윈도우의 메인 메뉴에서 palette를 선택하고 submenu에서 Object를 선택하면 (그림 2)의 오른쪽 상단에 보이는 Object Palette가 뜬다. Object Palette에 보이는 객체 메뉴를 선택하여 작업 창에서 인터페이스 생성 작업을 할 수 있다.



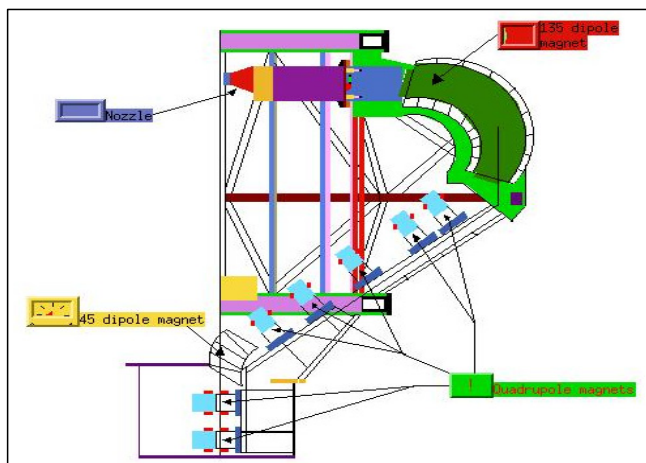
(그림 2) MEDM 실행 화면

MEDM을 사용하여 만든 양성자 요법 제어시스템의 가속기 제어 사용자 인터페이스는 (그림 3)과 같다. (그림 3)의 Gradient corrector에 Meter 객체를 연결하여 놓았다. Meter 객체의 속성에 Gradient corrector를 식별하는 process variable을 지정하여 놓았으며, medm에서 execute 모드를 선택하면 이 process variable의 값이 meter에 나타난다. 실제 시스템에서는 Gradient corrector와 직접 연결된 IOC(Input Output Controller)가 Process variable의 값을 제공하는데 본 논문에서는 아직 IOC를 구현하지 못 하였으며, IOC 구현이 향후 과제이다.



(그림 3) 사이클로트론 제어 모듈의 사용자 인터페이스

비슷한 방법으로 에너지 선택 시스템 제어, 빔 전달 시스템 제어, 갠트리 제어, 노즐 제어, 환자위치 시스템, 요법제어시스템, 요법계획시스템, 안전 시스템, 진공 시스템, 등에 대한 사용자 인터페이스를 구현하였다. 예를 들면, 갠트리의 빔 전달 부분의 제어 인터페이스는 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 갠트리의 빔 전달부분의 사용자 인터페이스

### 5. 결론 및 향후 연구 과제

대형 양성자 가속기는 산업용뿐 아니라 의료용으로도 사용될 것이다. 양성자가속기를 산업용과 의료용으로 모두 사용하려면 기존의 의료용의 양성자 가속기 제어소프트웨어인 IBA 사의 Proton Therapy System과 기존의 양성자가속기 제어소프트웨어인 EPICS 기반의 제어소프트웨어와의 호환성이 문제가 된다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 EPICS 기반 양성자 요법 제어 소프트웨어를 개발할 것을 제안하고, 이 시스템의 사용자 인터페이스를 EPICS로 구현하여 보았다.

(그림 1)에 보이는 EPICS 기반 제어 시스템의 일반적인 구성에서 Channel server가 있는 부분이 IOC(Input Output Controller)이며, IOC가 실제 하드웨어에서 들어오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여, process variable로 연합해서 Channel client에게 제공하는 부분이다. Channel client는 process variable의 값을 MEDM, EDM 등에게 전달하고, 이 값을 MEDM, EDM 등으로 만든 인터페이스에 출력되어 사용자가 기계의 상태를 생생하게 볼 수 있도록 한다.

MEDM, EDM, 등과 같이 사용자 인터페이스를 개발하는데 사용되는 EPICS 도구들을 EPICS에서는 통칭하여 Extensions라고 한다. Extensions는 process variable 값을 출력할 뿐 만 아니라 사용자의 입력을 받아서 process variable의 값을 channel access를 통하여 IOC로 전달하기도 한다. 이러한 경우에, IOC는 process variable에 연합된 actuator를 전달 받은 값으로 세팅하여 전기의 세기, 환자 의자의 높이, 팔걸이의 위치, 등을 실제로 조절한다.

본 논문에서는 MEDM으로 구현한 인터페이스 부분만 소개하였다. 현재 EDM을 비롯한 여러 가지 extensions들의 설치를 성공적으로 마치고 사용법을 익히고 있는 중이며, 향후에는 이들을 이용하여 다양한 인터페이스를 구현하고, 또한 IOC를 가상으로 구현하여 extensions와 연동하려고 한다. 나아가서 EPICS 자체를 개선하는 연구도 수행하고자 한다.

### 참고문헌

[1] <http://npet.ennet.net/npet/proton/main.html>  
 [2] <http://voanews.com/Korean/archive/2006-12/2006-12-03-voa10.cfm>  
 [3] <http://www.aps.anl.gov/epics/>