

MRI 시스템의 최적화 운용을 위한 GUI 디자인

*문주영, **강세호, *김경섭, *김재석, *임혁진
 *삼성종합기술원 의료기기연구팀
 **삼성데이터시스템 컨설팅사업팀

The Graphical User Interface Design for Optimal MRI Operation

*J. Y. Moon, **S. H. Kang, *K. S. Kim, *J. S. Kim and *H. J. IM
 *Medical Electronics Team, Samsung Advanced Institute of Technology
 **Consulting Business Team, Samsung Data System

ABSTRACT

The Graphical User Interface (GUI) software is developed for 0.3 Tesla Permanent Magnet Resonance Imaging (MRI) system and the state of art of designing GUI system is discussed in this paper. The Object-Oriented concepts are applied for designing GUI software utilizing Interbase/ODBC Database layer. Also, Multimedia concepts such as voice, sound and music are integrated in GUI system to enhance the efficiency of MRI operation.

화 함으로써, 향후 Oracle이나 SyBase, Informix, 또는 PC 시스템에서 운용되는 다양한 DB와 전환을 가능하게 하였다.

소프트웨어 개발단계

본 소프트웨어 개발에는 객체지향형 분석설계 방법을 도입하여 시스템 계획, 구조정의, 분석, 설계, 개발, 구현의 소프트웨어 개발 Life Cycle 과정을 사용하였다. 시스템 계획에서는 개발목표를 정의하고, 개발환경을 정립하였으며, 구조정의 단계에서는 현황분석과 요건정의, Requirement Model 정의, 그리고 구조설계를 실시하였고 분석과정에서는 MRI 작동을 위한 기능분석과 모델 구축 및 분석을 실시하였다. 설계과정에서는 시나리오 기반설계와 도메인 모델설계, 서브시스템 설계 및 객체 설계를 실시하였고 개발과정에서는 개발환경을 구축한 뒤, 모듈별 코딩을 실시하고 모듈시험을 수행하였다. 마지막으로 구현과정에서는 모듈별 구조를 통합하고 MRI 하드웨어 시스템과 통합하여 시험한 뒤 문제점을 보완하였다

서론

기존 MRI 시스템 시장에서는 초전도 자석을 이용한 고자장 시스템이 주류를 이루어 온 반면에 최근 구입가격이 저렴하고, 운영경비가 적게 소요되며, 유지보수가 편리한 동시에 영상의 질도 우수한 영구자석을 사용한 중간 또는 저자장 MRI 시스템 시장이 확장되고 있는 추세이다. 이에 따라 본 연구팀에서는 0.3T 영구자석을 사용한 MRI 시스템의 운용을 위한 효율적인 임상용 운용 소프트웨어를 개발하였다. 본 논문에서는 시스템의 구성과 소프트웨어의 개발, 데이터 테이블 구성, User Interface의 구조 및 특성에 관하여 단계적으로 기술하고자 한다.

시스템 구성

하드웨어 플랫폼으로는 「그림1」과 같이 MRI Console과 연계하여 Pentium 120 MHz Processor와 64 MB의 RAM, Super VGA카드가 장착된 17" Color Monitor, 자료저장을 위한 3 1/2" 및 5 1/4" FDD와 2 GB의 HDD, 장기 이미지 저장을 위한 1.2 GB의 MOD로 구성된다. MRI Console 시스템과 임상용 운용시스템과의 통신은 Peer-to-Peer 방식의 Network DDE를 사용하여 10 baseT Hub 및 Twisted Pair Cable을 통해 이루어진다. Operating System은 Windows NT이며, 파라미터 DB는 ODBC Layer에서 Interbase를 사용하여 표준

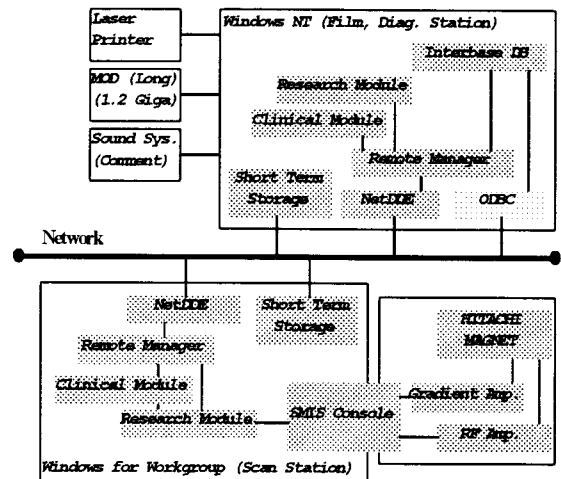


그림 1) 시스템 구성도

시스템 계획	구조 정의	분석	설계	개발	구현
목표정립	현황분석	기능분석	시나리오	환경구축	통합/튜닝
방향정립	요건정의	모델구축	영역모델	모듈코딩	평가보완
개발일정	구조설계	모델분석	객체설계	모듈시험	완료
개발조직					
개발도구					

그림 2) 소프트웨어 개발단계

사용자 요구사항 및 설계요건

정보기술의 급격한 발달에 따라 사용자의 요구사항도 다양해 지고 있다. MRI 운용 소프트웨어에서는 다른 소프트웨어와 달리 PC 환경에 적합한 시스템을 필요로 하며 오픈환경에서 네트워크를 통해 다른 시스템과의 연계가 가능한 시스템을 요구하고 있다. 특별히 User Interface에서는 사용자의 편의성과 손쉬운 정보 검색 및 접근 기능, 자동화를 위한 환경 편집 기능, 표준화된 정보관리 체계, 환경변화에 따른 확장성, 멀티미디어 지원이 필수적으로 요구되고 있다. 또한 최근 인터넷의 활성화에 따라 글로벌 네트워크 시스템을 통한 인터넷과의 연계 활용, 원격제어 실현등이 주요 요구사항으로 대두되고 있다. 효율적인 시스템의 개발 및 최적화 운용을 위하여 현재 MRI를 사용하고 있는 병원의 사용자들을 방문하고 인터뷰를 통하여 사용자들의 의견을 수렴했다. 또한 주요 벤더 및 기종의 사양을 Benchmarking 을 통하여 조사한 내용을 참조하여 다음과 같은 User Interface 설계요건을 정립하였다.

- 1) 멀티미디어형 Graphical User Interface
 - ★ 문자입력 및 선택의 최소화
 - ★ 이미지, 음성, 문자의 조화
 - ★ Voice Help 및 Voice Record/Recognition
- 2) User Interface Tool (Mouse 및 Trackball 병행사용)
- 3) 환자 모니터링 시스템
 - ★ CCTV를 이용한 Video Monitoring 기능
 - ★ Interactive Communication system
- 4) 표준화된 객체지향형 MR Parameter 구조
 - ★ DICOM 3.0 표준화에 의한 정보통합관리 환경
 - ★ InterbaseDB 활용 (Oracle 및 Sybase, Informix, 기타 PC용 DB와 호환 가능)
 - ★ ODBC Layer
 - ★ DDE를 통한 Application 간 데이터 교환
- 5) 테이블이나 트리구조에 의한 간편한 정보검색
- 6) 인터넷과의 연계 및 원격제어
- 7) 향후 확장이 용이한 모듈화 구조 설계

데이터베이스 구조

데이터 구조의 최적화를 위해 환자정보와 시험정보, 스캔정보들이 별도의 테이블로 구성되어 관계형 DB의 Join 기능을 이용함으로써 데이터의 중복저장을 최소화하였다. 본 시스템은 환자정보를 저장하는 Header, 시험정

보를 관리하는 Study, 스캔정보를 입력하는 Scan과 스캔 파라미터를 보관하는 PPR의 4개의 테이블로 구성되어 있으며 테이블간 연관관계는 그림3과 같다.

Table 1 Header에는 환자이름, 환자번호, 성별, 생년월일, 체중, 담당의사, 등록일, 전화번호가 기록된다. Table 2 Study에는 시험번호 및 환자번호, 시험일, 시험부위, 시험위치 (다리/머리 먼저, 바로, 돌아서, 엎드려), 운용자 이니셜, Comment, 음성기록이 기록된다. Table 3 Scan에는 스캔번호와 시험번호, 환자번호, 코일형태, 프로토콜 이름, 방향, 파라미터 파일 이름과 출력 파일 이름, 아카이브 상태가 보관되며, Table 4 PPR에는 프로토콜 이름, 파라미터 파일, 시퀀스 파일 슬라이스 두께, 슬라이스 간격, 슬라이스 수, 샘플 포인트 수, TR, TE, Number of Views, Number of Averages, TI, 이코 수, 방향 (Transverse, Sagittal, Coronal) 등이 기록된다.

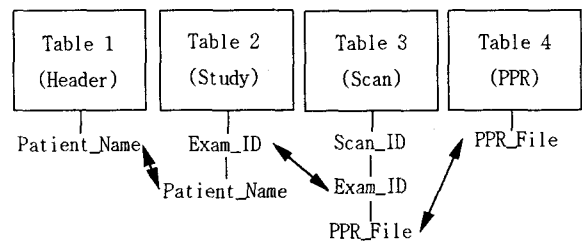


그림 3) 테이블 연관도

소프트웨어 구성

MRI 운용 소프트웨어의 User Interface 구성은 스캔 모듈과 디스플레이 모듈, Archive Module, Help Module 등 모듈화 구조로 설계되어 있으며 「그림 4」와 같이 파라미터 세팅을 위한 Form 1 (FScan)을 Mother Window Form으로 하여 9개의 Child Window Forms로 구성되어 있다.

User Interface의 중심을 이루는 Form 1 (Fscan)에는 환자의 정보를 입력하는 "Patient Header"와 시험정보를 입력하는 "Exam Info", 스캔 파라미터를 입력하고, 스캔 및 Reconstruction을 실시하는 "Scan Info" 페이지가 Tabbed-NoteBook의 형태로 디자인되어 있다. "Patient Header" 페이지에서는 새로운 환자를 입력할 때 Form 2 (Fregister)로 연계되어 환자이름, 환자번호, 성별, 생년월일, 체중, 전화번호, 담당의사, 등록일을 입력하며 이 데이터는 Table Header에 저장된다. 입력된 정보를 수정하거나 Update하려면 Form3 (Fmodify)로 들어가 수정하고자 하는 사항을 편집한 뒤 저장하면 된다. 환자정보 입력이 끝나게 되면 시험정보를 입력하게 되는데 여기서는 시험번호 및 시험날짜를 입력하고 「그림 5」와 같이 신체 부위가 나열된 그림 중에 원하는 부분을 클릭하여 시험부위 및 시험자세 등을 입력하고, 특별히 이 시험과 관련한 Comments를 문자 및 음성으로 기록할 수 있도록 설계되어 있다. 시험기록 내용을 검색하고자 하면 Form4 (Fexam)으로 들어가 DBnavigator를 통하여 찾고자 하는 시험정보를 검색하거나 시험기록을 삭제할 수 있으며 Sorting이나 지정된 정보를 입력하여 검색할 수 있다. 이 시험정보 기록은 Table Study에 저장된다. 시험정보

입력이 끝나면 "Scan Info" 페이지로 이동하여 프로토콜 이름과 방향, 코일타입을 입력해준다. 스캔정보에 관한 데이터는 Table Scan에 저장된다. 시험정보에서와 마찬가지로 스캔정보를 그리드 형태로 검색하기 원하면 Form 5 (Fscan)으로 들어가 DBnavigator를 통하여 찾고자하는 시험정보를 검색하거나 시험기록을 삭제할 수 있으며 Sorting이나 지정된 정보를 입력하여 검색할 수 있다. 이 Form에서는 "Patient Header" 페이지로부터 "Exam Info", "Scan Info" 페이지로 이동할 때 Current ID (Patient ID, Exam ID, Scan ID) 가 입력되지 않으면 그 다음 페이지로 넘어갈 수 없도록 하여 MRI 사용자가 실수로, 지정된 정보를 입력하지 않는 경우 사용자의 주의를 환기시켜 필수적인 정보를 입력할 수 있게 하였다. 정보 입력이 끝나면 스캔을 위한 Setup 과정이 필요하면 Setup을 실시하고 필요 없으면 바로 스캔을 실시한다. 스캔이 끝나면 Image Reconstruction을 하게 되고, 이어서 현재의 이미지가 Image Viewer에 자동적으로 나타나게 된다. 사용자의 부주의로 다른 기능이 실행되는 것을 막기 위하여 Setup이나 Scan, Recon 등 MR Hardware를 구동하는 부분에서는 항상 다음 단계로 진행해도 되는지 확인하는 과정을 거치게 하고있다. 스캔정보 중 스캔 파라미터의 수정을 원할 때는 Form 6 (Fppr)에 들어가 원하는 파라미터를 수정하여준 뒤 저장하면 된다. 스캔 파라미터는 Table PPR에 저장된다. Film이나 Laser Printer를 통해 이미지를 출력하는 기능은 Image Viewer에 포함시켰으며, 단기저장장치인 HDD에 저장된 Image를 MOD로 옮기길 원하면 Form 7 (Farchive)으로 들어가 "Save", "Restore", "Remove"의 Type을 지정하여 주고 Devices를 지정한뒤 Archive Criteria를 설정하여 실행할 수 있도록 하였다.

스캔을 완료한 기존의 이미지 및 정보를 검색하고자 하면 Form 8 (Fselect)로 들어가 테이블 구조에서 스크롤바를 통해 원하는 환자이름이나 ID를 선정하면 그 환자에 관련된 시험정보가 열거된다. 이 시험정보 중 원하는 시험번호를 선정하면 이 시험번호와 관련된 모든 스캔기록이 열거되고 그중 찾기를 원하는 스캔번호를 선정하면 관련된 기록이 모두 화면에 나타나고, 스캔번호와 관련된 Image를 Image Viewer를 통해서 볼 수 있게 하였다.

Form 9 (Fhlep)에서는 음성으로 도움말을 들을 수 있는 Voice Help 기능과 문자로 볼수 있는 Text Help 기능을 모두 삽입하였다. 특별히 Text Help에서는 추후 인터넷에 연결해서도 활용할 수 있는 Hyperlink의 개념을 사용하였다.

Form 10 (Fabout)은 본 소프트웨어의 제작년도와 제작자, Version Number, 그리고 삼성서울병원의 사진 및 음성 안내와 함께 보여주고 있다.

스캔한 이미지를 디스플레이하는 Image Viewer, MR Hardware를 Control하는 Firmware, MRI의 기초지식을 공부할 수 있는 MRI Tutor, 데이터베이스의 테이블 구조를 편집할 수 있는 DBD, Client와 Server용 Network DDE, 음성을 기록하고 재생하는 RMGR, 계산기, 일정관리표 등이 Utility Tool로 연계되어 있다.

운용 최적화를 위한 설계요건 구현

구조정의 단계의 현황분석 및 요건정의에서 수집된 사용자의 요구사항 및 설계요건을 최대한 반영하여 MRI 사용자가 편안하고 편리하게 사용할 수 있도록 구현 하였으며 각 요건별 주요 구현 내용은 다음과 같다.

- 1) 멀티미디어형 Graphical User Interface
 - ★ 그래픽을 이용한 데이터 선정
 - ★ 음성 안내 삽입 (선택)
 - ★ ICON과 문자가 동시에 나타나는 Speed Button
 - ★ 그래픽과 문자가 조합된 화면 Layout
 - ★ 키보드를 통한 데이터 입력의 최소화
 - ★ 작업중 음악을 들을 수 있는 Music System
- 2) 표준화된 객체지향형 MR Parameter 구조
 - ★ Interbase를 사용한 표준화 DB Design
 - ★ ODBC Layer
 - ★ DDE를 통한 DATA 교환
- 3) 테이블이나 트리구조에 의한 간편한 정보검색
 - ★ 데이터 입력부나 검색부에서 테이블 사용
- 4) 인터넷과의 연계
 - ★ Html 구조의 Help File (Hyperlink)
 - ★ 인터넷 연결이 가능한 네트워크 시스템 보강
- 5) 향후 확장이 용이한 모듈화 구조 설계
 - ★ 객체지향형 구조
 - ★ User Interface 환경 (색, 크기) 변경 용이
 - ★ Mother Window Form과 Child Forms

설계요건중 CCTV를 이용한 Video Monitoring 기능과 Interactive Communication System (쌍방향 스피커) 기능을 향후 보강할 예정이며, Mouse와 Trackball이 모두 사용 가능한 User Interface를 구현하고자 한다. 데이터 표준화 및 원격전송을 위해 DICOM 3.0 Format을 채택하고, 원격제어 시스템 기능과 Voice Recognition 기능 삽입 등 최적화 운용을 위한 설계 요건 구현을 지속적으로 수행하고자 한다.

결 론

0.3T 영구자석을 사용한 MRI 시스템의 운용소프트웨어의 Multimedia형 User Interface를 객체지향적 개발방법을 활용하여 개발하였다. 본 소프트웨어의 개발을 위하여 사용자의 요구사항 및 타 모델의 사양을 비교하여 설계요건을 추출하였고, 설계시 반영하여 소프트웨어 운용의 최적화를 기함으로써 사용자의 편의성을 증가시키고 손쉽게 필요한 정보에 접근할 수 있도록 하였으며 표준화된 정보 관리 체계를 확립하여 향후 확장시에도 어려움이 없도록 하였다. 비디오를 이용한 환자 모니터링 시스템과 원격제어, Voice Recognition 기술을 활용한 Voice Dictation, DICOM 3.0을 활용한 표준화 작업등을 지속적으로 보강하고자 한다.

참고 문헌

1. H.K. Huang et al, "Multimedia in the Radiology Environment: Current Concept", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol. 18. No. 1. pp. 1-10, 1994.
2. C.M. Breant et al, "Integration of Voice Processor Machine in a PACS", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol. 17. No. 1. pp. 13-19, 1993.
3. J. Rumbauch et al, "Objected-oriented Modeling and Design", Prentice-Hall International Editions, 1991
4. GE SIGNA System Software Manual, 1992
5. Siemens MRI System User Manual
6. Hitachi MRP-7000 User Manual

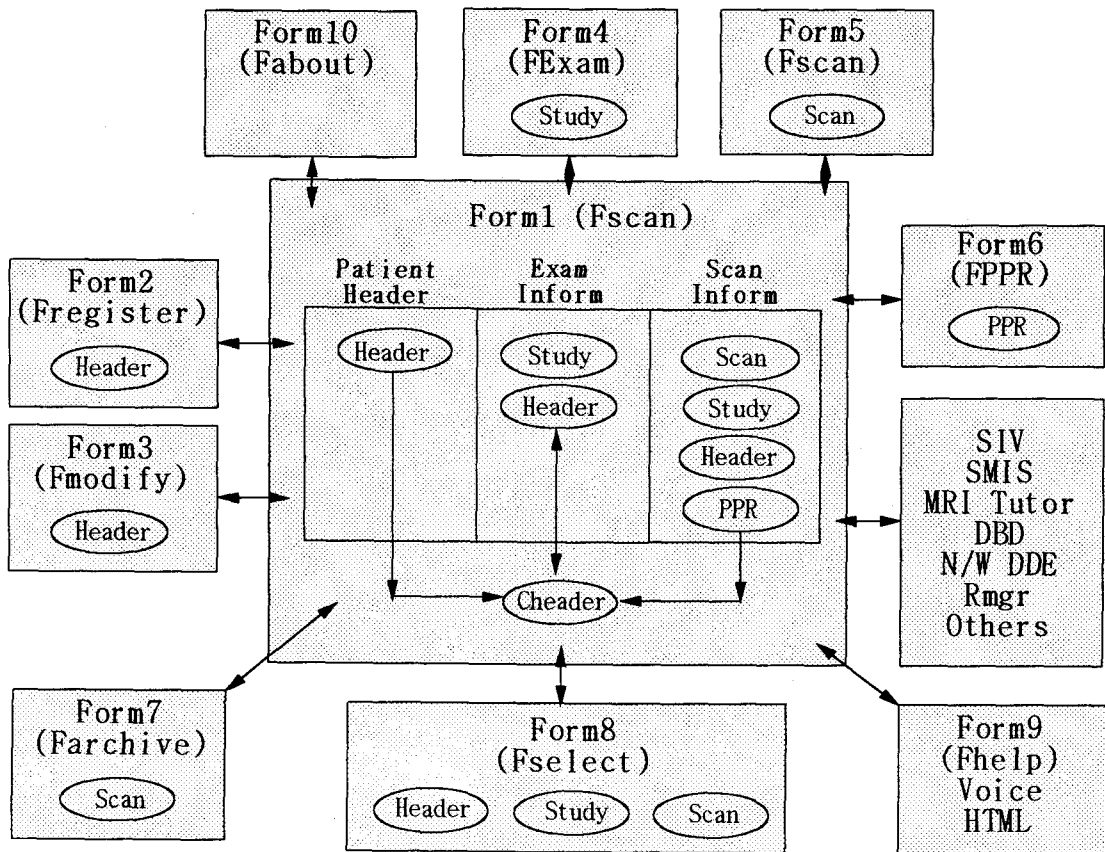


그림 4) MRI 운용 소프트웨어 User Interface 구성도