

# 3차원 블록 메타포어를 이용한 의료 영상의 질의 결과 시각화 방안

최용화\*, 엄기현  
동국대학교 대학원 컴퓨터공학과

## Visualization Scheme for Query Result of Medical Image Using 3D Block Metaphor

Yonghwa Choi\*, Kyhyun Um  
Dept. of Computer Engineering, Graduate School, Dongguk University  
{yhchoi, khum}@dgu.edu

### 요 약

본 논문은 의료 영상 검색 시스템에서 뇌 MRI 이미지 데이터베이스에서 사용자의 질의를 만족하는 질의 결과 집합에 대한 시각화 방안을 제안한다. 한 환자의 뇌 MRI 이미지를 검색 결과로 제시할 경우 종류별, 방향별로 다양하고 여러 환자의 경우에는 그 양이 더욱 방대해진다. 이러한 뇌 MRI 이미지를 공간 제약적인 화면에 표현하는 데는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 질의 결과를 제시할 때 유사도가 높은 순서로 나열하고, 사용자 요구에 따른 관련 이미지를 종류와 방향별로 제시하여 이미지 조작성을 가능하게 한다. 또한 제시된 뇌 MRI 이미지를 효율적으로 브라우징할 수 있도록 3차원 블록 메타포어를 이용한 시각화 인터페이스를 통하여 공간 활용도의 향상과 사용자 인터페이스의 편의성 및 인지도를 증진한다.

### 1. 서론

최근 멀티미디어 정보를 그래픽 기반 인터페이스로 표현하려는 연구가 활발히 진행됨에 따라 의료 영상을 관리하는 체계에 획기적인 변화가 진행되고 있다. 또한 대용량 의료 영상을 다루는 의료 정보 시스템에서 검색시 질의 결과 시각화 필요성이 증요시되고 있다.

의료 영상 검색 시스템의 질의 결과 시각화 부분이 중요한 이유는 사용자가 가장 많이 보고 반응(interact)하는 부분이기 때문이다. 최근 병원에서 많이 사용하는 의료 정보 시스템 중 PACS(Picture Archiving and Communication System)의 경우 방사선과 의사의 진단용으로 사용되는 영상 조희기 부분이 진단에 가장 큰 영향을 미친다. 이와 같은 문제에 초점을 맞추어 진단이 가능한 화질과 효과적인 공간 활용으로 의료 영상을 웹 환경에서 빠른 속도로 제시할 수 있는 시스템 개발이 요구되었다[1][2].

의료 영상 시각화 시스템들이 다루는 데이터의 유형을 분류해보면 크게 MRI, CT, X-Ray, PET, UltraSound 등을 들 수 있다. 뇌 MRI 이미지의 경우에는 다중의 매체가 질병이 가장 두드러지게 나타나는 대표이미지(Key Frame)를 중심으로 복잡하게 관련되어 있어, 이를 시각화하기 위해서는 많은 노력과 경비가 소요되고 있다. 또한 영상의 수가 방대하기 때문에 공간 제약적인 화면에서 모든 영상을 동시에 보기란 더욱 어려운 실정이다. 대형 병원에서 사용하는

FULL PACS의 경우 의료 영상 조희 장치는 방대한 양의 영상을 동시에 표현하기 위해 별도의 의료용 특수 모니터를 다중 화면 방식으로 사용하기도 한다. 이렇게 여러 종류의 다양한 정보를 제한된 화면에 시각화하는 하는 방법은 대상 데이터에 따라 다양하고 그 방법도 데이터의 특성에 따라 다르다.

이러한 정보 시각화(Information Visualization)는 대상 정보를 공간 제약적인 화면에 효과적으로 제시하여 사용자에게 정보에 대한 이해를 높이고 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있는 것이다[3].

본 논문은 의료 영상 검색 시스템 중 뇌 MRI 이미지에 대한 질의 결과 시각화 부분으로 제시된 결과 이미지는 사용자가 작성한 질의에 해당하는 환자별 대표 이미지들의 유사도순 집합이다. 사용자 요청에 의해 제시될 관련 이미지로는 각 환자의 촬영 방법에 따른 T1, T2, 조영제를 삽입한 T1, T2 이미지와, 촬영 방법별 단면, 축면, 정면 이미지, 해당 환자의 과거 이미지에서 현재까지의 이미지들이다. 진단에 도움이 되는 부가 이미지로는 3차원 렌더링한 이미지와 일차면 이미지들을 재생할 수 있는 영상이다. 이렇게 방대한 이미지를 공간 제약적인 화면에 3차원 블록 메타포어를 이용하여 제시하고 브라우징할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 통해 기존 의료 영상 시스템에서의 시각화 특징과 문제점을 분석한다. 3장에서는 3차원 블록 메타포어를 이용한 인터페이스를 제안하고, 4장에서는 질의 결과 이미지의 배치와 제시 방법을 제시한다. 5장에서 구현 및 성능 평가를 통해 기존 의료 영상 시각화 시스템과 비교, 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

본 연구는 1999년도 한국과학기술재단 특정기초연구(과제번호: 1999-1-303-002-3) 지원으로 수행되었음

## 2. 관련 연구

기존 정보 시각화 시스템은 제한된 화면에 정보를 표현하는 다양한 방법을 제시하고 있다. 즉 다양한 시각화 도구로 구조화, 추상화 등의 방법을 이용한다. 또한 공간 제약적인 화면에 많은 정보를 제시하기 위해 공간을 변형하기도 한다. 그리고 별도의 디스플레이 장치를 사용하여 시각화 데이터 대상을 적절히 화면에 제시할 수 있는 다양한 방법들이 개발되고 있다.

정보 시각화뿐만 아니라 사용자와 시각화된 정보간의 상호작용 역할을 하는 시각화 인터페이스의 역할도 중요시되고 있다. 사용자는 시각화 인터페이스를 통해 시각화된 정보를 보다 쉽게 다룰 수 있게 된다. 이러한 시각화 인터페이스는 전통적인 GUI(Graphic User Interface)기법과 가상현실(Virtual Reality)기법으로 구분된다. GUI 기법은 정보의 특성에 따라 실제계의 객체를 은유화(metaphor)하여 사용자의 경험을 바탕으로 데이터를 쉽게 조작할 수 있도록 한다. 이에 반해 가상현실 기법은 실제계의 객체가 아닌 실제계의 특정 공간을 3차원화하여 정보들을 실제계에서처럼 쉽게 다룰 수 있게 한다. GUI 기법 중 데스크탑 메타포어를 사용한 대표적인 시스템으로는 Microsoft사의 Windows를 들 수 있다. 이러한 데스크탑 메타포어가 의료 영상 시각화에 부적절한 이유는 복잡하고 다양한 의료 영상을 표현하기에는 공간 활용도가 떨어지기 때문이다. 가상현실 기법의 경우에는 사용자가 익숙한 실제계의 공간과 동일한 인터페이스를 제공하기 때문에 별도의 학습 없이도 방대한 양의 정보를 쉽게 다룰 수는 있지만 가상 공간 내에서의 위치 혼동을 가져올 수 있는 단점이 있다[4][5].

인간의 방대한 검색체 정보를 2차원 맵으로 시각화한 시스템인 ZOMIT[6]은 2차원 평면을 이동하면서 사용자가 원하는 배율로 이미지를 확대/축소하면서 탐색할 수 있다. 그러나 한 사람의 검색체 정보만을 표현하기 때문에 여러 영상을 유사도 검색 결과로 제시해야하는 의료 영상 검색 시스템에는 적합하지 못하다. 또한 배율이 높을 경우 현재 탐색 위치를 파악하기 힘든 점이 있다.

인체의 이미지를 고해상도의 3차원 이미지로 시각화한 Visible Human Explorer[7]는 방향 상실(disorientation), 겹침(occlusion)의 문제가 발생하며 이를 해결하기 위한 연구가 계속 진행중인 분야이다.

Simon Fraser 대학의 M. Stella Atkins가 제안한 시각화 방법은 병원에서 MRI 영상을 판독하기 위해 사용하는 의료장치인 Light Box를 시각화한 시스템이다. 실제 장치와 동일한 인터페이스를 가지고 있어 사용자가 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있지만 표현 가능한 영상의 수가 제한적이다. 또한 영상의 수가 많아질수록 원본 이미지를 축소하여 배치하기 때문에 화질의 손실을 가져오기도 한다[8][9].

Erlangen-Nurnberg 대학의 Harald Evers가 제안한 시각화 방법은 뇌 MRI 이미지의 시퀀스 슬라이스들을 렌더링(Rendering)하여 하나의 3차원 영상으로 제시하고 그 영상을 브라우징할 수 있는 시스템이다. 렌더링하기 전의 슬라이스들을 3차원 영상과 함께 순차적으로 제시하고는 있지만 그 이미지의 크기가 작아서 원본 이미지의 상태를 파악하기 어려운 점이 있다[10].

Oncology Imaging Time Line은 환자의 MRI 이미지를 활

영 일자별로 배치하여 현재까지의 이미지 변화를 분석하여 그래프로 나타낸다. 하지만 이미지의 수가 5개로 제한되어 다양한 형태의 이미지를 표현하기에는 한계가 있다[11].

Ohio State 대학에서 제안한 Medical Workstation에서는 이미지의 미리 보기(Preview) 모드에서 이미지를 원본 크기로 제시하고 있으나 한 화면에 세 개의 이미지만을 제시하고 그 중 한 이미지를 선택할 때 Single View 모드에서 한 개의 확대 화면으로 제시하고 있다[12].

이러한 연구들의 공통적인 문제점은 제시하고자 하는 의료 이미지의 특성을 전혀 반영하지 못하고 있다는 것이다. 또한 사용자가 요구하는 영상의 종류나 관련 정보들을 모두 표현하는 데는 공간적인 한계가 있다.

이에 본 논문은 의료 영상 검색 시스템에서 필요한 요소들을 모두 반영하고 사용자와 상호 작용할 수 있는 시각화 인터페이스를 제안한다. 시각화 인터페이스의 시각화 방법은 기존의 GUI 기법과 가상 현실 기법을 보완하여 사용자가 별도의 학습 없이도 인터페이스를 쉽게 다룰 수 있게 하고 작업에 효율적인 이미지 제시 방법을 제안한다.

## 3. 3차원 블록 메타포어 인터페이스

본 논문에서 제안하는 시각화 방안과 시각화 인터페이스는 의료 영상 조회 장치인 의료용 특수 모니터에서 표현할 수 있도록 3차원의 도형을 은유화(metaphor)하여 사용자 또는 의사가 별도의 학습 없이도 전체 인터페이스의 구조를 쉽게 인지할 수 있도록 설계하였다. 또한 3차원 도형의 면을 활용하여 질의 결과 이미지와 관련 이미지들이 효과적으로 배치하여 공간 활용도를 높인다.

### 3.1 3차원 블록 메타포어 인터페이스 설계

본 논문에서 제안하는 의료 영상 질의 결과 시각화 인터페이스에서는 연속 촬영된 뇌 MRI 이미지를 검색 결과로 제시할 때 한 환자의 여러 이미지 중 질병이 가장 두드러지게 나타나는 한 장의 대표 이미지를 유사도순 집합으로 나타낸다. 이때 결과 이미지는 원본 이미지 크기인 256×256으로 제시한다. 이 중에 사용자가 한 환자의 뇌 MRI 이미지를 선택하고 원하는 이미지의 종류를 선택할 때에만 대표 이미지와 관련된 이미지들을 제시한다. 관련 이미지를 제시할 때의 뇌 MRI 이미지의 종류를 분류하면 촬영할 때 사용되는 파라미터에 의해 T1(Spinlattice relaxation time), T2(spin-spin relaxation time)로 구분되고 각 T1, T2 이미지에 조영제를 투여한 여부에 따라 구분된다. 또한 환자의 촬영 일자별로 영상의 종류가 나뉘어진다. 각 종류별로 뇌를 촬영하는 방향에 따라 단면, 측면, 정면이 있다. 이외에 진단에 필요한 부가 영상으로는 각 종류별로 3차원 렌더링한 영상과 촬영 일자별 이미지들은 연속 재생할 수 있는 영상이 있다. 이렇게 한 환자에 대해서 나올 수 있는 뇌 MRI 이미지의 수는 종류별, 촬영 방향별, 일자별로 각각 10 - 50장 가량 된다[4]. 이러한 영상들을 표현하기 위한 의료용 영상 조회 장치의 경우에는 17인치 이상의 모니터 4대로 구성되며 각 해상도는 1024×768이며 하나의 모니터처럼 사용할 수 있는 다중 화면 구조이다. 이것은 인간 공학 분야에

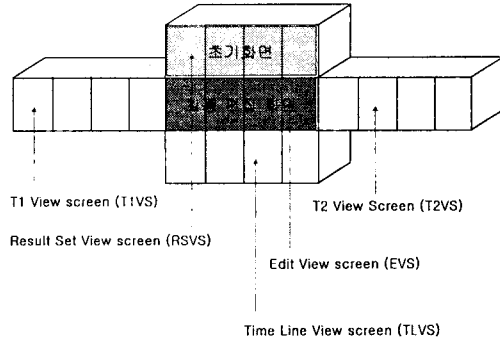
서 연구된 이론으로 인간이 가장 효율적으로 볼 수 있는 크기와 비율인 68인치에 1:3 와이드 스크린 구조이며 실제 병원에서 사용되는 표준 Light Box의 크기와 동일하다.

본 논문에서는 뇌 MRI 이미지의 특징과 종류를 효율적으로 표현하기 위해 5개의 가상 화면으로 정의하였다. 대표 이미지의 유사도순 집합인 질의 결과가 제시되는 화면은 RSVS(Result Set View Screen)이다. 질의 결과에서 선택한 환자의 대표 이미지와 관련된 나머지 영상 중 T1 이미지를 보여준 화면은 T1VS(T1 View Screen)이며, T2 이미지는 T2VS(T2 View Screen)에서 제시한다. 촬영 일자별 이미지는 TLVS(Time Line View Screen)에 제시한다. 사용자가 각 화면에서 필요한 이미지를 EVS(Edit View Screen)으로 가져와 최종 분석을 용이하게 한다. 또한 각 화면은 4개의 영역으로 그룹화함으로써 여러 종류의 영상을 조화할 때 혼돈을 줄일 수 있게 한다. 화면별 영역은 뇌 MRI 이미지의 촬영 방향별 3개 영역과 부가 영상이 제시되는 영역 1개로 이루어진다. 그러나 RSVS에서는 원본 이미지와 동일한 크기의 이미지가 유사도 순으로 나타나기 때문에 영역화하지 않고, T1 이미지가 배치되는 T1VS는 방향별로 단면 이미지, 측면 이미지, 정면 이미지를 세 영역에 제시하고 네번째 영역에는 3차원 렌더링한 이미지를 제시한다. T2 이미지가 배치되는 T2VS는 T1VS의 기능과 동일하나 이미지의 종류만 다르다. 촬영 일자별 이미지를 제시할 TLVS는 각 촬영 방향의 일자별 대표 이미지를 촬영 시간 순서로 제시하고 촬영 방향에 따라 세 영역에 제시한다. 또한 네 번째 영역에서는 촬영 시간순으로 슬라이드 쇼를 진행하여 사용자의 인지도를 높였다. EVS는 사용자가 각 화면에서 필요한 이미지들을 가져와서 영상을 비교할 수 있는 화면으로 정의하였다.

### 3.2 3차원 블록 메타포어 인터페이스 구조

다섯 개의 화면은 [그림1]과 같은 3차원 블록 구조로 설계하였다. 모니터에 나타나는 부분은 다섯 개의 화면중 한 개의 화면이지만 사용자는 가상화면을 사용하듯이 각 화면을 쉽게 이동할 수 있다. 화면을 이동할 때 현재 보고 있는 화면의 위치 정보는 해당 화면마다 3차원 도형의 음영이 다르기 때문에 사용자는 인터페이스의 전체 구조와 각 화면의 위치를 쉽게 인지할 수 있다.

대표 이미지들의 유사도순 집합인 질의 결과는 [그림2]에 나타난 초기화면인 RSVS에 배치된다. 관련 이미지를 보기 위해서는 초기화면에서 특정 환자의 대표 이미지를 선택하고 사용자가 원하는 이미지 종류에 해당하는 화면으로 이동하게 된다. 이때 해당 이미지들을 화면에 배치하게 된다. 사용자는 가상 화면을 통해 판독을 원하는 해당 화면으로 이동함으로써 이미지의 유형을 정의하게되고 해당 이미지들을 판독할 수 있게 된다. 3차원 블록은 초기 질의 결과 화면에서 한 환자의 관련 이미지를 선택했을 때 첫 번째 면에 배치가 된다. 그리고 추가로 또 다른 환자의 이미지를 요청한 경우 3차원 블록의 4면에 추가적으로 배치된다. 또한 각각의 화면에서 사용자가 원하는 MRI 이미지를 선택하여 EVS에 배치하고 선택된 이미지만을 비교 분석할 수 있다.



[그림1] 3차원 블록 메타포어를 사용한 인터페이스 구조

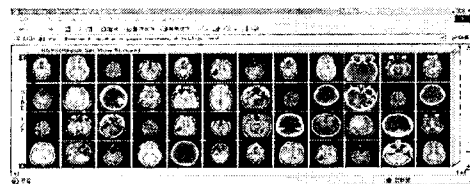
## 4. 질의 결과 이미지의 배치와 제시

이 장에서는 앞에서 설계한 사항을 기본으로 하는 3D-Block Metaphor 인터페이스에 이미지 배치와 제시 방법을 설명한다.

### 4.1 유사도에 의한 배치

검색 결과는 사용자의 인지도를 높이기 위해 질의와 결과 이미지에 대한 유사도 값에 따른 순서로 배치되고 이미지의 크기는 원본과 동일한 256×256이다.

[그림2]는 유사도 순으로 검색된 질의 결과 집합이 제시되는 화면인 RSVS이다. 각 화면의 상단에는 현재 화면의 이름이 문자열로 나타난다. RSVS에 제시되는 이미지의 수는 48개이지만 그 이상일 경우 자동으로 스크롤 바를 생성하여 화면 단위로 볼 수 있고 이미지를 이동하여 순서를 재배치하여 스크롤 없이도 볼 수 있다. 화면 스크롤에 대한 정보는 왼쪽의 상태 창에 표시하게 된다. 각각의 이미지들에 대한 확대/축소, 관련 정보 검색 등의 이미지 조작 기능은 팝업 메뉴에서 선택하여 이루어진다. 따라서 모든 입력 방식은 마우스로만 이루어지게 된다.



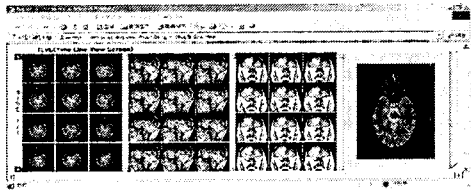
[그림2] 질의 결과 제시 화면인 RSVS

### 4.2 이미지 특징에 의한 배치

T1VS와 T2VS에서는 4개의 영역으로 분할된다. 단면, 측면, 정면, 3차원 영상의 순으로 이미지가 배치되고 각 영역 내에서의 슬라이스들은 시퀀스 순으로 배치한다. 각 영역마다 표현 가능한 이미지의 수는 12개이고 그 이상인 경우 영역마다 스크롤바가 자동으로 생성된다. 또한 다른 환자의 관련 이미지를 제시할 경우 블록의 다른 면을 사용하여 최대 4명의 MRI 이미지를 불러 올 수 있다.

### 4.3 이미지 종류에 의한 배치

T1 이미지가 배치되는 T1VS와 T2 이미지가 배치되는 T2VS는 블록 구조에서 중앙 EVS를 기준으로 양쪽에 배치되고 이미지와 각각의 영상에 조영제 삽입 여부에 따라 선택적으로 제시할 수 있다. 촬영 일자별 이미지는 방향별로 분류하여 각 영역에서 촬영 일자 순으로 배치되게 된다. 촬영 일자별 이미지의 네 번째 영역에서는 일자별 MRI 이미지의 슬라이스 쇼를 실행하는 영역이다.



[그림3] 촬영 일자별 화면인 TLVS

### 4.4 사용자 화면 (EVS)

사용자 화면은 각각의 화면에서 제시된 이미지 중 사용자가 관심있는 이미지들을 이동하여 다른 종류의 이미지와 비교 분석할 수 있다. 또한 이 화면에서는 해당 이미지에 대해서 확대/축소, 표시(Marking)가 가능하고 이미지별, 화면별 조건서를 작성할 수도 있으며 사용자 화면의 이미지 배치 상태를 저장하여 필요시 다시 불러 올 수도 있다.

### 5. 구현 및 성능평가

구현은 Intel Pentium III-450 시스템과 Windows 2000 Professional에서 Java 개발툴인 Kawa를 사용하였다. 그리고 웹 환경에서 실행될 수 있도록 자바 애플릿으로 구현하였다. 아래의 [표1]은 기존 의료 영상 시각화 시스템과 본 논문에서 제안하는 시각화 시스템을 비교 분석한 것이다.

항 목	대상 시스템	이미지 수	확대/축소	관련 정보	상태 저장	웹 지원	공간 할당	이미지 크기
ZOMIT	염색체	1	O	×	×	O	가변	변형
Visible Human Explorer	인체	1	O	O	×	O	고정	변형
Simon Fraser University	MRI/CT	16	O	×	×	×	가변	변형
Erlangen-Nurnberg University	3-D 영상	1	O	O	O	×	고정	변형
Oncology Imaging Time Line	MRI/CT	10	×	O	×	×	고정	변형
Ohio State University	MRI	3	O	×	×	×	고정	원본
제안 시스템	뇌 MRI	48	O	O	O	O	가변	원본

[표1] 성능 비교 분석표

[표1]에서 볼 수 있듯이 기존 시스템에 비해 원본 이미지의 크기로 표현 가능한 이미지의 수가 많으며 공간 할당을 사용자 요청에 의해 가변적으로 하므로, 부가 이미지 및 관련 정보들을 동시에 웹 환경에서 표시하고 조작할 수가 있다. 또한 의료 영상의 특징별로 구분하여 제시하므로 사용자의 인지도를 향상시켰다.

### 6. 결론

본 논문에서는 의료 영상 검색 시스템에서 뇌 MRI 이미지 검색시 질의 결과를 시각화하기 위해 의료용 영상 조희기에서 3차원 블록 메타포어를 이용한 시각화 인터페이스를 제안하였다. 기존의 의료 영상 시각화 시스템에서 부분적인 결과와 제한적인 질의 결과를 제시하는 것과는 달리 다양한 종류와 특성을 가진 뇌 MRI 이미지를 제시하기 위해 3차원 입체 도형을 사용하여 이미지 특성별로 공간을 할당하고, 이미지의 촬영 방향에 따라 4개의 영역으로 분할하여 사용자의 인지도를 높였다. 그리고 사용자의 편집을 용이하게 하기 위해 1개의 화면을 추가하였다. 또한 해당 이미지의 관련 이미지와 부가 정보를 효과적으로 제시하는 방안을 제시하였다. 또한 인터페이스의 복잡한 조작을 최소화하여 별도의 학습 없이도 사용할 수 있게 하였다.

### [참고문헌]

- [1] 조현철, 김우생, Development of Hospital DrWin PACS Integrated with HIS, 대한의료정보학회지 제4권 제1호. pp69-74. 1998
- [2] Choi B.Y., Lee H.J., Yoo D.J., Huh W. " A Study on Implementation of Telemedicine System", Proc. KOMBE 14, pp. 105-108, 1992
- [3] Ben Shneiderman, "Designing the User Interface", Third edition, ADDISON-WESLEY, 1998.
- [4] A. Msddsri, L Saladini "Virtual Reality System For Browsing Multimedia" CRC Press pp.713-736, 1999
- [5] Feiner, S. and Beshers, C., "World within world: Metaphors for exploring n-dimensional virtual worlds," Proceedings of the UIST'90, 1990, pp76-83
- [6] Stuart Pook, Guy vaysseix, Emmanuel barillot "ZOMIT: biological data visualization and browsing" Bioinformatics Vol.14, No.9, pp 807-814, 1998
- [7] <http://www.cs.umd.edu/hcil/visible-Human/>
- [8] J. van der Heyden, S. Carpendale, K. Inkpen, and M.S. Atkins. Visual presentation of magnetic resonance images. Proceedings Vis'98, pages 423-426, Oct. 1998.
- [9] Stuart Pook, Eric Lecolinet, Context and interaction in zoomable user interfaces. In AVI 2000, pages 227-231 & 317, Palermo, Italy, May 2000. ACM Press.
- [10] Harald Evers, "Extending a teleradiology system by tools for visualization and volumetric analysis through a plug-in mechanism", International journal of Medical Informatics 53, pp265-275, 1999
- [11] John david N, "A Unified Data Model for Representing Multimedia, Timeline, and Simulation Data" IEEE Transactions on knowledge and Data Engineering, Vol 10. No 5. 1998
- [12] K. Mueller, E. L. LaPresto, "A Medical workstation for the display and analysis of multi-frame digital cineradiographic data", Comput. Biol. Med, Vol, 26, No.5, pp385-400, 1996