

### 3차원 의학영상을 이용한 원격회의시스템

박주영, 남상아, 최수미, 홍철헤, 유현선, 임지영, 김종원\*, 김명희  
이화여자대학교 전자계산학과, 서울의대 의공학연구소\*

### Teleconference System based on 3D Medical Image

J. Y. Park, S. A. Nam, S. M. Choi, H. Hong, H. S. You, J. Y. Im, J. Kim\*, M. H. Kim  
Department of Computer Science, Ewha Womans University  
Institute of Biomedical Engineering, Seoul National University\*

#### ABSTRACT

We are developing a teleconference system based on 3D medical image. The system consists in three sub-systems : conference operating system, medical image processing system and database management system. It makes it possible efficient computer-supported cooperative work among remote multi-located hospitals. In this paper, we present functions of each subsystem that have implemented until now.

#### 서론

최근 초고속 정보통신망 구축 사업의 일환으로 초고속 통신망을 이용한 응용 서비스 기술의 개발이 각 분야에 걸쳐 이루어지고 있으며, 의료 분야에서도 원격진료, 원격 의학전문교육, 의학정보 제공 등 응용 소프트웨어 시스템 개발에 대한 관심이 고조되고 있다.

원격의학영상회의 시스템의 필요성은 타지역 전문의들간의 컴퓨터 지원 공동작업 (CSCW : Computer-Supported Cooperative Work)의 필요성에서 찾아볼 수 있다. CT, MRI, 초음파 등의 의료 영상은 정형외과, 신경외과, 내과, 산부인과 등 거의 모든 분야에서 인체의 각종 질병 예방, 진단 및 치료를 위한 중요한 수단으로 활용되고 있다. 그러나, 이들 영상의 정확한 판독을 위해서는 진단 방사선과 전문의의 도움이 필요하다. 개인병원의 각 분과 의사들은 환자들의 CT나 MRI 결과의 판독을 위해서 대학병원의 방사선과 의사들에게 의뢰할 필요가 있다. 또한, 각 지역의 보건소나 지방 병원에는 특정 분야의 전문의가 부족한 경우가 있으므로, 특정 분야의 전문의가 있는 도심지 종합병원에 질병 진단 및 적절한 진찰 방법등에 대한 자문을 구해야 하는 경우도 있다. 그러나, 서로간의 지역적, 시간적 제한점 때문에 타 병원 의사들간에 실제로 이러한 상호 협동 작업이나 회의를 주최하기는 어려운 실정이다. 이러한 원격지에 있는 병원 의사들간에 상호 협동 작업을 지원하기 위해서는 의학영상, 문서 및 음성 등의 멀티미디어를 통한 데스크탑 의학영상회의 시스템의 개발이 필요하다[1].

의학영상회의 시스템에 관한 연구는 최근 미국, 유럽 등지에서 활발히 진행 중에 있다. 독일 Fraunhofer Institute for Computer Graphics에서는 의학 자동 영상 분석을 가능케 하는 원격회의 시스템으로서 KAMEDIN[2]를 개발하고 있다. Berlin의 German Heart Institute와 Rudolf Virchow University Hospital에서는 의사들 사이의 통신과 공동 작업을 지원하기 위한 시스템 개발을 목적으로 The Bermed Project[1]를 진행중이다. 스위스의 University Hospital of Geneva에서는 영상 디스플레이 및 조작 s/w(OSIRIS)와의 연동을 위해서 ISDN상에서 multipoint teleradiology system[3,4]을 구현하였다.

그러나, 이 KAMEDIN, OSIRIS와 The Bermed Project의 개발 시스템들은 모두 CT, MRI, 초음파등 2차원적인 단층 의학영상을 기반으로 하는 원격회의시스템이다. 본 논문에서는 3차원적인 의학영상 가시화를 기반으로 하는 원격회의시스템을 제안한다. 3차원 의학영상의 가시화 및 이에 대한 대화식 조작용을 가능케하는 원격회의는 환자의 질병 진단 및 치료 방법 등에 관한 의사들간의 토론을 위해 효율적인 수단을 제공함으로써 보다 정확하고 적절한 회의 결과를 유도할 수 있을 것이며, 따라서, 이는 원격지 병원간의 공동 작업의 효과를 한층 증진시킬 수 있을 것이다.

다음 본문에서는 현재 개발중에 있는 3차원 의학영상기반 원격회의시스템의 구성과 각 모듈별 기능 및 구현 내용을 기술한다.

#### 3차원 의학영상기반 원격회의시스템의 구성

현재 개발중에 있는 3차원 의학영상기반 원격회의시스템은 그림 1에서와 같이 회의운영 시스템, 의학영상처리 시스템 및 데이터베이스 운영 시스템의 세 개의 서브시스템과 사용자 인터페이스 및 멀티미디어 데이터 전송부분으로 구성된다.

회의운영 시스템은 일대일 또는 다자간의 전반적인 회의 관리, 운영 및 제어를 담당한다. 의학영상처리시스템은 2차원 및 3차원적인 의학영상 가시화와 조작용을 가능케하기 위한 핵심 기술을 제공한다. 데이터베이스 운영 시스템은 회의 대상 환자에 대한 의학영상 및 텍스트 정보 등 멀티미디어 데이터의 검색 및 관리 기능을 담당한다.

# 본 연구는 정보통신부의 '95 초고속통신 응용기술개발사업의 지원으로 수행된 결과입니다.

### 회의운영 시스템

세 서브시스템으로 구성된 3차원 의학영상기반 원격회의시스템은 한 개의 서버와 여러 개의 클라이언트 컴퓨터 상에서 수행되도록 설계되었다. 서버 컴퓨터는 3차원 그래픽 영상의 실시간 처리가 가능한 고속 프로세서와 대용량 기억장치, 그리고 그래픽영상 데이터, 음성신호 및 각종 명령어의 전송에 필요한 통신 h/w를 보유하고 있어야 한다. 클라이언트 컴퓨터는 그래픽영상 데이터, 음성신호 및 각종 명령어의 전송을 위한 통신 h/w가 포함된 범용 워크스테이션급 컴퓨터이면 된다. 대상 환자가 있는 병원은 CT, MRI 등 단층영상 촬영기와 획득 영상의 컴퓨터 입력기기를 보유하고 있어야 한다.

서버 컴퓨터에서 수행되는 원격의학영상회의 시스템은 클라이언트로부터 회의 개최 요청 접수, 회의 개시 및 종료 기능을 갖는다. 또한, 회의 진행 전에 클라이언트로부터 받은 2차원 의학영상 및 환자 정보의 데이터베이스화, 2차원 의학영상의 전처리 및 3차원적 재구성 기능을 제공한다. 회의 진행 시에는 클라이언트간의 발언권 제어, 멀티미디어 데이터의 송수신, 3차원 체적 영상 가시화 및 조작 기능의 처리, 그리고 데이터베이스의 자료 입출력 등의 기능을 수행하며, 회의 종료후에는 회의록을 저장하고 관리한다.

클라이언트 컴퓨터에서 수행되는 원격의학영상회의 시스템은 사용자의 서버 컴퓨터에 대한 회의 개최 요청과 회의 진행 전 환자 정보 및 2차원 의학영상의 전송 기능을 제공한다. 회의 진행 시에는 다른 클라이언트 시스템간의 의사교환을 위한 멀티미디어 사용자 인터페이스와 2차원 및 3차원 의학영상에 대한 원격 조작을 가능케하는 공유작업공간을 제공한다. 다음에는 각 서브시스템 별 기능 및 구현 내용을 기술한다.

회의운영 시스템의 설계 목적은 회의 진행을 제어하고 상호 공유 가능한 작업공간을 제공함에 있다.

회의 진행을 제어하기 위해 필요한 기능은 서버와 클라이언트 간의 호 설정, 호 해제, 메시지 전송 및 토큰 제어이다. 클라이언트 시스템이 서버 시스템에게 회의 참가를 위한 호 설정을 요구하면, 서버는 새로운 호에 대한 문맥을 설정하고 회의에 참석할 클라이언트에 대한 정보를 저장한다. 클라이언트가 회의 종료 또는 중간 탈퇴를 서버에게 요청하거나 전송상 오류 등이 발생하는 경우 서버는 클라이언트에 대한 호 해제를 한다. 서버와 클라이언트 간에 전송되는 메시지는 메시지 공통부와 메시지 개별부로 구성된다. 메시지 종류는 호 관리 메시지, 토큰 관리 메시지, 자료 전송 메시지 및 공유 이벤트가 있다. 클라이언트와 서버 시스템간의 전송 메시지는 TCP/IP 프로토콜의 소켓 인터페이스를 이용하여 전송된다. 토큰 제어는 클라이언트들간의 발언권 유무를 결정하기 위한 것이다. 토큰은 한번에 하나의 클라이언트에서만 소유할 수 있으며, 토큰을 획득한 클라이언트는 ACTIVE 상태가 되고 다른 클라이언트들은 PASSIVE 상태가 된다. PASSIVE 상태의 클라이언트는 ACTIVE 클라이언트가 토큰을 해제할 때까지 기다려야 한다. 여러 클라이언트들이 토큰을 요청할 경우 토큰 할당은 FIFO순으로 이루어진다.

공유작업공간은 다수의 클라이언트에게 일관성있게 동기화된 인터페이스를 제공하기 위한 것이다. 본 시스템에서는 X 윈도우 시스템을 기반으로 한 복제형 구조(replicated architecture)의 서버와 클라이언트 모델로 공유작업공간을 설계하였다. 복제형 구조는 각각의 사용자 시스템상에 하나씩의 X 서버와 클라이언트가 존재하고 이들 간의 다지점 연결을 지원해주는 그룹웨어 프로그램과의 결합에 의해 작업 공간을 공유한다. 모든 클라이언트는 서버와 하나의 연결을 가지며 제어 메시지와 데이터가 모두 이 연결을 통해 전송된다[5].

공유작업공간에 대한 접근 권한은 토큰 보유 클라이언트만이 갖게 하였다. 토큰을 보유한 클라이언트 시스템에서 발생된 X Event 중 공유가 필요한 이벤트는 공유 이벤트(shared event)로 맵핑시켜 서버 시스템에게로 전송한다. 서버 시스템은 토큰을 보유하지 않은 클라이언트에게로 공유 이벤트를 전송하고 이 이벤트를 받은 클라이언트는 각각의 X 서버를 통하여 토큰 보유 클라이언트의 화면과 일치된 화면을 유지하게 된다. 이러한 서버 시스템에 의한 멀티캐스팅은 각 클라이언트와 서버 시스템과 하나의 연결만을 가지므로 다지점간 연결의 설정과 유지 및 관리가 매우 간단하고, 공유 이벤트가 서버 시스템의 제어에 따라 모든 클라이언트에 동시에 멀티캐스팅되므로 서로 다른 시스템 사이의 일관성 및 동기화가 쉽다. 또한 하나의 클라이언트 시스템은 서버 시스템과의 전송만을 처리하므로 사용자의 증가에 따른 시스템의 작업량 증가가 없다.

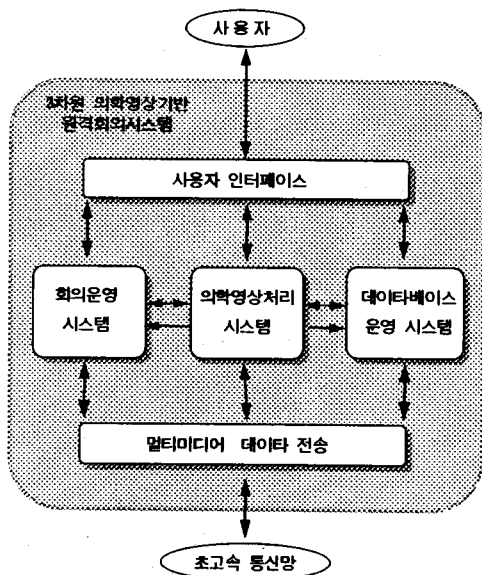


그림 1 3차원 의학영상기반 원격회의시스템 구성

## 의학영상처리 시스템

의학영상처리 시스템은 회의 개시전 서버 시스템상에서 회의 대상 환자의 CT, MRI 등 2차원 영상의 전처리 및 3차원 재구성을 수행하기 위한 기능과 영상회의 진행시 회전, 이동, 질단등 클라이언트의 원격 조작 명령에 의해 변형된 3차원 영상을 재가시화하기 위한 기능을 제공한다.

의학영상 촬영기기로 부터 얻은 2차원 단층 영상들을 3차원적으로 가시화하기 위해서는 영상 복구, 강화, 분할 및 보간 등의 전처리 과정이 필요하다. 본 의학영상처리 시스템에서는 영상 복구 방법으로 Moving average filter, Median filter, Minimum & Maximum filter, Multistage median filter, 그리고 Adaptive MMSE filter 프로그램을 구현하였고, 영상 강화 방법으로는 Histogram equalization, Image halftoning 및 Dithering 프로그램을 구현하였다. 영상 분할은 영상을 구성 성분 또는 물체별로 나누는 작업으로 의학영상의 분석시 반드시 다루어져야 하는 부분이다. 분할 방법은 Thresholding, Region growing, Region merging, Region splitting, Connected component labeling, 그리고 Statistical texture analysis 방법을 프로그램 모듈로 구현하였다. CT 나 MRI에서 얻어지는 영상은 보통 transverse plane에서는 1-2mm 정도의 고해상도를 가지나 단층 영상간 연결 방향은 5-10mm 정도의 저해상도를 갖는다. 이를 보정하기 위한 영상 보간 방법으로 본 시스템에서는 Linear interpolation, Krigging interpolation 및 Shape-based interpolation 프로그램을 구현하였다.

3차원 의학영상의 가시화 및 조작 변형을 위해서는 많은 계산량과 저장 공간이 요구되므로 본 시스템에서는 3차원적 영상처리를 서버 시스템에서 모두 수행한 후 그 결과 2차원적 화면에 투영되는 그래픽 영상만을 각 클라이언트에게 전달하여 디스플레이하게 하였다.

2차원 단층 영상의 3차원적 재구성 방법은 기본적으로 표면 모델링과 체적 모델링의 두가지 종류가 있는데, 표면 모델링은 적은 계산 시간과 기억 용량을 필요로 하는 장점이 있지만, 대상 객체의 내부 구조를 표현할 수 없다. 체적 모델링은 긴 계산 시간이나 대용량의 저장 공간을 필요로 하지만 대상 객체의 외부 및 내부 자료를 모두 표현할 수 있다. 본 시스템에서는 3차원 재구성 영상의 질단, 이동, 회전등 다양한 조작 기능을 제공하기 위해서 대상 객체의 표면 자료뿐 아니라 내부 자료도 표현할 수 있는 체적 모델링 방법에 따라 3차원적 체적 가시화를 수행하였다. 회의 진행시 클라이언트가 3차원 영상에 대한 회전, 이동, 질단등 원격 조작 명령을 선택할 경우 서버는 이에 대해 변형된 3차원 영상을 재구축하여 각 클라이언트에 전송하게 하였다.

## 데이터베이스 운영 시스템

데이터베이스 운영 시스템은 회의 대상 환자 에 대한 임상 데이터들을 회의전에 입력받아 저장

하고 회의 전이나 진행시 또는 종료 후에도 대상 환자에 대한 멀티미디어 데이터들의 검색 및 관리를 용이하게 하기 위한 부분이다.

본 연구에서는 원격의학영상회의에 필요한 환자 관련 정보를 환자 개인 정보, 병원 정보, 진단 정보, 신체 조건, 병력 정보, 진단 영상 정보 및 회의 정보로 분류하고, 이 유효 정보를 저장하기 위하여 환자 등록을 위한 patient class, 환자 관련 텍스트 정보를 포함하는 information class 및 진단 영상 관련 정보를 포함하는 image class로 이루어진 데이터베이스 스키마를 설계하였다.

본 시스템에서는 이러한 멀티미디어 데이터베이스 관리를 위한 DBMS로 UniSQL을 사용하였다. 서버의 데이터베이스 운영 시스템은 원격지 클라이언트의 요구에 따라 서버의 DB에 자료의 등록, 수정, 삭제 및 추출 기능을 수행한다. 클라이언트의 데이터베이스 운영 시스템은 직접적으로 DB에 접근하지 않고 서버를 통해 정보를 입출력한다. 클라이언트의 사용자가 클라이언트 데이터베이스 운영 시스템의 입력 지원 모듈을 사용해서 정보를 입력하면 이는 서버를 통해서 DB에 원격 정보 등록, 수정 및 삭제가 수행된다. 검색 지원 모듈을 통해서 추출 기능을 수행할 수 있다.

## 멀티미디어 데이터 전송

본 시스템에서 사용하는 데이터는 환자의 일반 정보를 나타내는 텍스트 데이터, CT, MRI 등 2차원 및 3차원 영상 데이터, 그리고 음성 전송을 위한 오디오 데이터가 있다. 클라이언트들간의 모든 데이터 전송은 서버를 통해서 이루어지며, TCP/IP 프로토콜의 소켓 인터페이스를 이용하여 전송된다.

회의 개시전의 데이터 전송은 회의를 요청한 클라이언트로부터 서버로, 그리고 서버로부터 회의에 참석할 다른 클라이언트들에게로 이루어진다. 회의 요청 클라이언트가 회의의 대상이 되는 환자의 텍스트 정보 및 2차원 의학영상을 서버에게 전송하면, 서버는 이를 다른 클라이언트들에게 전송한다. 회의 진행시에는 토큰을 소유한 클라이언트의 작업 수행 명령에 따라 데이터 전송이 이루어진다. 토큰 소유 클라이언트가 환자의 텍스트 정보나 2차원 의학영상에 대한 작업을 수행할 경우는 이들 데이터가 회의 개시 전에 이미 각 클라이언트들에게 전송되었으므로 아무런 전송이 이루어지지 않지만, 3차원 의학영상을 공유작업공간에 로드하거나 조작 명령을 수행할 경우는 서버로부터 각 클라이언트에게로 3차원 재구성 결과의 2차원 투영 영상이 전송된다. 오디오 데이터는 토큰 소유와 무관하게 서버를 통해서 각 클라이언트들에게 전송된다.

## 사용자 인터페이스

본 연구에서 개발된 시스템의 사용자 인터페이스는 회의 개시전과 회의 진행시로 구분할 수 있다. 회의 개시전 사용자 인터페이스는 서버의 데이터베이스에 환자 데이터를 송수신하기 위한 클라이

인트 컴퓨터상의 인터페이스와 2차원 의학영상 처리 및 3차원 영상 재구성을 위한 서버 컴퓨터상의 인터페이스로 구성된다. 회의 진행시의 사용자 인터페이스는 멀티미디어 공유작업공간을 제공하기 위한 클라이언트 컴퓨터상의 인터페이스이다.

그림 2는 회의 개시전 회의 대상 환자에 대한 진단 영상 및 텍스트 자료를 검색하기 위한 사용자 인터페이스이다. 그림 3은 회의 개시전 2차원 의학영상 처리 및 3차원 영상 재구성을 위한 사용자 인터페이스로 무릎 영상의 3차원 영상 가시화 결과 화면을 나타낸다. 그림 4는 회의 진행시에 클라이언트들 상호간에 의사 교환을 위한 공유작업공간을 나타낸다. 공유작업공간은 토큰 요청 및 해제, 영상 로드, 영상 표시, 원격 포인팅, 3차원 영상 조작 및 오디오 조작 기능을 포함한다. 그림 4는 2차원 CT 영상을 로드한 후 이 영상 위에 line, rectangle, circle, free draw 등 영상 표시 기능을 사용한 예를 보여준다.

결 론

본 논문에서는 타 지역 의사들간에 컴퓨터 지원 상호 공동 작업을 위한 도구로써 현재 개발중에 있는 3차원 의학영상기반 원격회의시스템의 구성 및 각 모듈별 기능과 구현 내용을 제시하였다. 현재 개발된 시스템은 1개의 서버와 2개의 클라이언트 컴퓨터상에서 수행가능하지만, 이를 다지점간 원격의학영상회의를 위해 확장 개발할 예정이다. 그리고, 3차원 의학영상을 이용한 의학적 진단의 정확성 및 상호 의사 교환의 효과를 최대화하기 위하여 3차원 영상의 객체별 표현 및 조작 모의 수술 기능을 확장 개발할 것이다.

참고문헌

- [1] Lutz Kleinholz, Martin Ohly, "Supporting Cooperative Medicine : The Bermed Project", IEEE Multimedia, Winter, pp 44-53, 1994.
- [2] P. Bernardes, Ch. Busch, et al., "KAMEDIN-Teleconferencing and Automatic Image Analysis for Medical Applications", Workshop on Graphics and Modelling in Science & Technology
- [3] R. Welz, et al., "Design of a Cooperative Teleradiology System", Telemedicine Journal, Vol.1, No.3, pp. 195-201, 1995
- [4] Yves Ligier, et al., "Object-oriented Design of Medical Imaging Software", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol.18, No.2, pp125-135, 1994
- [5] Terrence Crowley, et al., "MMConf: An Infrastructure for Building Shared Multimedia Applications", Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW 90), October 1990

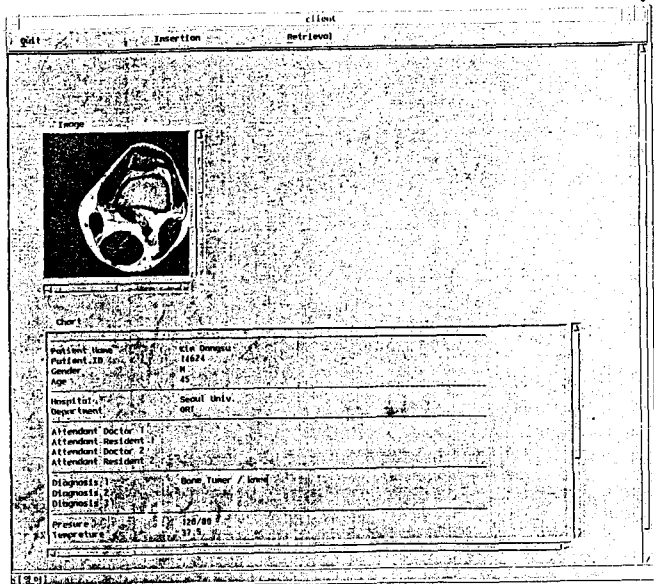


그림 2 데이터베이스 자료 검색 사용자인터페이스

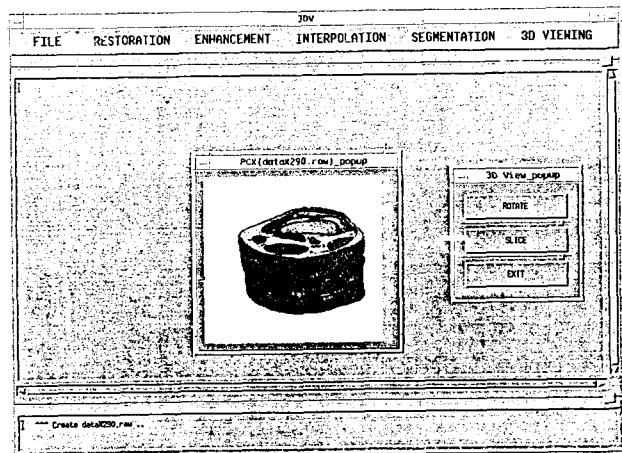


그림 3 2D 영상처리/3D 재구성 사용자인터페이스

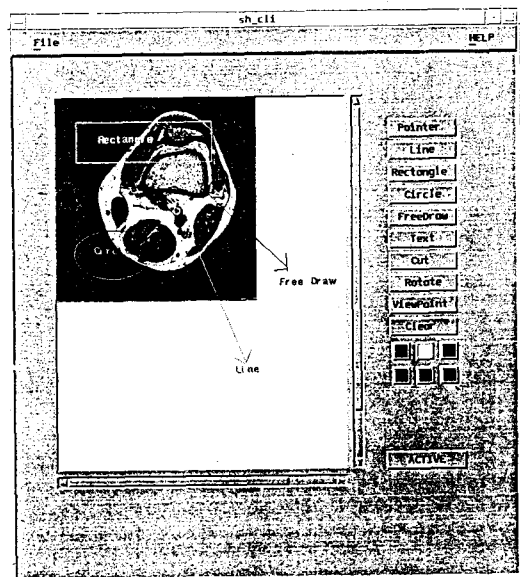


그림 4 공유작업공간 사용자인터페이스