

PACS 기반의 디지털 뇌정위 수술 계획 시스템

°이동혁 • °김종효 • °오창완 • 김수정 • °민병구

°서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학
°서울대학교 의과대학 방사선학 교실, °신경외과학 교실, °의공학 교실

PACS based Digital Stereostactic Surgery Planing System

°Dong-Hyuk Lee • °Jong-Hyo Kim • °Chang-Wan Oh • Soo-Jeong Kim • °Byung-Goo Min

Interdisciplinary Program in Medical and Biomedical Engineering Major, Seoul Nat'l Univ.

°Dept. of Radiology, °Dept. of Neurosurgery, °Dept of Biomedical Engineering,
College of Medicine, Seoul Nat'l Univ.

Abstract

The stereostatic surgery becomes a important part of neurosurgery. The conventional style of stereostatic system uses a input method of film digitizing. It is time consuming and laborious. In this paper, we presented a system that can manage digital images from medical imaging machine to surgery assisting program. CT images were transferred in DICOM format to a sugery assisting computer in a operation room through PACS. The streotatic surgery assisting program processed the digital images and calculated the parameters that were required in steostatic surgery. The assisting program were developed that can detect the reference points automatically, transform CT coordinate to frame coordinate and caculate the RM (Riechert-Mundinger) frame. This system were applied to clinical cases in Seoul National Univ. Hospital. The two advantages of this system were revealed. The processing time from imaging to sugery parameters were much faster than conventional system. The sugery accuracy were more mininute as the digitizing error were reduced. This system were a good application of connecting imaging machines to clinical treatment system through PACS.

서론

뇌정위 수술은 수술로 인한 뇌손상을 최소화하며 정확하게 원하는 뇌병소를 제거하거나, 뇌 심부 구조물에 병소를 만들거나, 뇌종양의 생검 등에 이용되는 안전한 신경외과 수술 방법이다.

1940년대 미국의 Spiegel 과 Wycis 에 의해서 사람의 두개강내 질환 치료에 뇌정위적 수술이 사용되기 시작한 이래 초창기에는 주로 사람의 Brain atlas 를 이용하여 이상 운동 질환 치료를 위해 단순 두개골 촬영과 뇌실 조영술을 통한 시상해 파괴술이 시행되었다. 이후 1960년대 이상 운동 질환의 치료제인 levodopa 가 소개되기 시작하면서 뇌정위 수술은 극히 제한된 환자에서만 시술되었을 뿐 신경외과 영역에서 거의 사라진 학문분야로 남아있었다. 1970년대 초반에 전산화 단층 촬영술이

개발되어 두개강내 병변이 직접 영상화되어 그 정확한 위치를 확인할 수 있게 되면서 뇌정위적 수술의 개념과 두개강내 병변의 직접 영상화 기술의 만남이 이루어졌다. 이는 현대적 뇌정위 수술의 장을 열어 모든 신경외과 분야를 한단계 발전시키는 계기가 되었다. 현재 널리 사용되고 있는 대부분의 상품화된 뇌정위수술 system 은 1980 년대에 개발되어 주로 전산화단층영상 (CT scan)을 이용하는 것으로, 영상에 나타난 목표점에 의 수술적 도달은 가능하나 아직 많은 문제점을 갖고 있다

기존의 뇌정위 수술 계획 시스템은 필름으로 프린트된 MR 이나 CT 영상을 ViewBox 에 올려 놓고 마우스와 같은 디지털타이징 장비를 이용하여 손으로 좌표값들을 입력시켜야 했다. 이와 같이 뇌정위 수술 계획 시스템의 방식은 다음과 같은 불편한 점들이 있다. 첫째로 디지털타이징으로 인한 속도 지연이다. 영상 장비로부터 필름을 만들어 수술장까지 들고 간 다음 이를 디지털타이저로 디지털타이징하는데 걸리는 시간이 적어도 30분 이상 소요된다. 둘째로 디지털타이징으로 인한 정밀도의 저하이다. 사람 손으로 필름 위에 한 영상당 12개의 기준점들을 설정해 주어야 한다. 이 과정에서 휴리스틱한 오차가 생긴다. 셋째로 왜곡 보정 및 3차원 영상 가시화 같은 발전적 기능 지원이 어렵다는 것이다. 디지털 영상 처리 기법을 이용하거나 3차원 가시화를 위해서는 적재된 2차원 디지털 단면 영상들이 필요하고 왜곡 보정을 위해서도 디지털화된 영상들이 있어야 한다. 그러나, 디지털타이저가 저장하는 정보는 기준점들의 좌표 뿐이고 영상 전체가 아니다. 영상 전체를 디지털타이징할 수 있지만은 이렇게 되면 수술 준비시간이 2-3시간 이상으로 더 길어지게 되어 현실성이 없다.

이러한 문제점들은 기존의 뇌정위 수술 계획 시스템들이 DICOM 3.0 과 같은 디지털 영상을 직접 받아서 처리하는 기능을 지원하지 못하기 때문이다. PACS (Picture Archiving and Communication System)는 디지털 영상을 획득하여 저장하고 전송하는 시스템으로 영상 촬영 장비로부터 뇌정위 수술 계획 시스템으로 디지털 영상을 전달할 수 있는 좋은 도구이다.

본 연구에서는 PACS 를 이용하여 디지털 뇌정위 수술 계획 시스템을 구축하고 이의 임상적 유용성을 고찰하고자 하였다.

방법

1) 뇌정위 수술

뇌정위 수술은 뇌의 국소 병변의 위치를 정확히 파악하여 이곳에 시술을 할 수 있는 방법으로 현재 서울대학병원에서는 RM(Riechert-Mundinger) Frame 과 CT 영상을 이용하여 이를 시술 계획을 해왔다. 먼저 시술 대상이 되는 환자에 그림 1 과 같은 Ring 을 두부에 나사로 고정시킨다. Ring 을 쓴 환자는 바로 CT 촬영실로 옮겨져 CT 촬영을 한 후 필름을 찍는다. 담당 의사는 찍은 필름과 함께 환자를 수술장으로 옮긴다. 마취, 소독 등의 기본적인 수술 준비가 되는 동안 수술장에 마련된 노트북과 ViewBox 를 이용하여 환자 필름을 디지털화하고 수술에 필요한 각도 및 길이 변수값을 계산해 낸다. 환자의 두부에 고정시킨 Ring 과 같은 Ring 이 부착된 Phantom 에 계산된 변수값들을 맞추어서 실제 위치와 잘 맞는 지 시험해 본다. Phantom 실험이 확인되면 실제 환자의 Ring 에 뇌정위 시술 장치를 부착하고 시술한다.(그림 2)

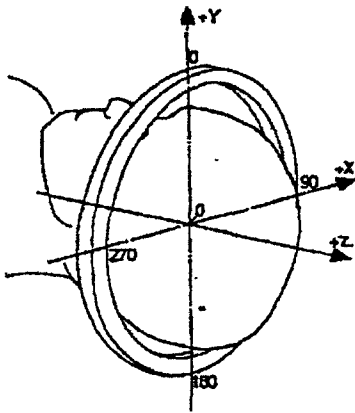


그림 1 환자 머리에 씌워지는 Ring 의 뇌정위 좌표계

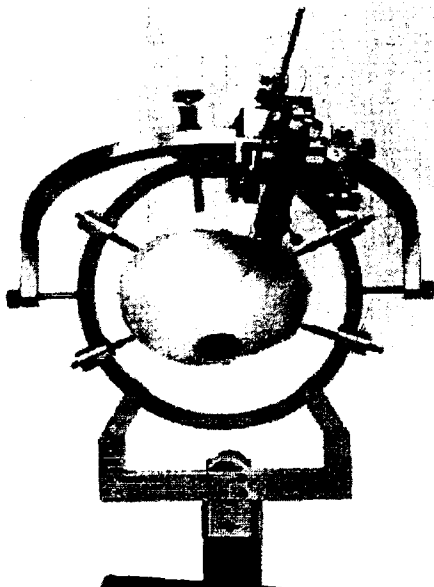


그림 2 RM(Riechert-Mundinger) 뇌정위 수술 장치

2) 디지털 영상 전송

기존의 뇌정위 수술 계획 시스템은 필름을 이용하는 것으로 수술장까지 필름을 가지고 가서 디지털화 하는데 많은 시간을 소요하였다. PACS 를 이용한 뇌정위 수술 계획 시스템은 그림 3과 같이 디지털 영상을 DICOM 형식으로 수술 계획 지원 컴퓨터에 직접 전송하여 바로 프레임 좌표값을 계산할 수 있도록 하였다. 영상촬영장비로부터 PACS 까지는 기존의 서울대학병원 내의 CT,MRI 상호 접속용 Ethernet 을 확장시켜 연결하였으며 PACS 서버로 부터 수술장까지는 병원정보시스템(HIS)의 네트워크 중의 일부인 ATM 을 사용하여 연결하였다.(그림 4) DICOM 영상을 전송하고 받기위해 DICOM Sender 와 DICOM Server 를 MS Visual C++을 이용하여 개발하였다.

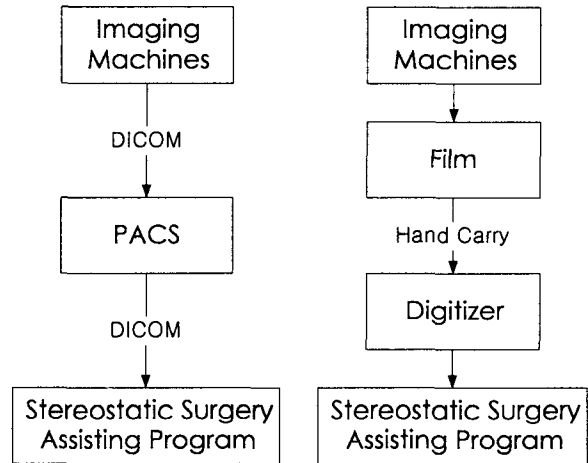


그림 3 영상획득장비로부터 수술장의 뇌정위 보조 컴퓨터까지의 디지털 영상 전송과정과 기존의 뇌정위 시스템에서 영상 정보를 전달하는 과정. 필름을 만들고 디지털화하는 과정에서 시간이 많이 소요되고 해상도도 떨어진다

CT 영상으로 부터 얻어야 할 정보는 단순한 영상만이 아닌 CT 좌표계의 정보와 scale 정보가 필요하다. 이러한 정보는 DICOM 헤더에서 얻어온다. 다음은 이러한 뇌정위 수술에 필요한 DICOM 헤더 정보는 다음과 같다.

표 1 뇌정위 수술 계획 시스템에 필요한 DICOM 헤더 정보들.

Group	Item	Name	Value(e.g.)
0x0018	0x0050	SliceThickness	"3.00"
0x0020	0x0011	Series Number	"2"
0x0020	0x0013	Image Number	"3"
0x0020	0x0020	Patient Orientation	"L\A"
0x0020	0x1041	SliceLocation	"-4.50"
0x0028	0x0010	Rows	512
0x0028	0x0011	Columns	512
0x0028	0x0100	PixelSpacing	"0.58\0.58"
0x0028	0x0101	BitsStored	"16"
0x0028	0x0102	HighBit	"16"
0x0028	0x1050	WindowCenter	"90"
0x0028	0x1051	WindowWidth	"196"

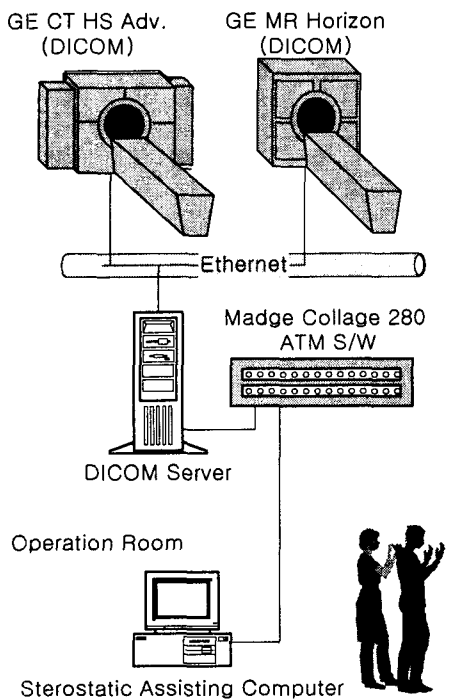


그림 4 의학영상을 촬영실에서부터 수술장의 뇌정위 보조 컴퓨터까지 PACS 를 이용하여 전송하는 경로

3) 뇌정위 수술 계획 시스템

기존의 뇌정위 보조 프로그램은 필름에서 정확히 디지털이징 된 좌표값을 입력받아 frame 좌표계에서의 삼입점과 목표점의 좌표를 계산하고 이로부터 각도 변수와 길이 변수값을 계산하여 내어 주었다. 본 연구에서는 이러한 과정을 모두 자동화할 수 있는 뇌정위 수술 계획 프로그램을 고안하고 구현하였다.

본 연구를 통해 구현된 뇌정위 수술 계획 프로그램은 전송된 CT 영상들에서 Reference Point 들은 반자동적으로 인식하여 CT 좌표계를 RM Frame 좌표계로 변환한다. 사용자가 삼입점(Entry Point)과 목표점(Target Point)를 지정하면 RM Frame 에서 바늘의 위치를 잡기 위해 필요한 5 개의 변수(HW,SW,NV,NS,NT)를 계산하여 화면에 표시해 준다. 본 연구에서는 수술장까지의 DICOM 영상 전송 기법과 영상으로부터 뇌정위 수술 변수 추출 프로그램을 개발하였다. 뇌정위 수술 보조 프로그램은 Visual C++로 개발된 것으로 Windows 95 나 Window NT

4.0 이상의 운영체제를 가진 Pentium 컴퓨터에서 운용될 수 있다.

뇌정위 수술 보조 프로그램은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다.

- 1) DICOM 영상 적재
- 2) 영상 표시
- 3) CT-좌표 계산
- 4) Reference Point 위치 자동 인식
- 5) Frame-좌표 계산
- 6) 삼입점 및 목표점의 Frame 좌표 계산
- 7) RM Frame 변수(HW,SW,NV,NS,NT) 계산

결 과

시스템을 구축한 결과 환자가 CT 촬영 후 10분 이내에 수술장에 DICOM 영상이 전송될 수 있었으며 사용자는 뇌정위 수술 보조 프로그램에서 2-3분 정도 소요되는 간단한 조작으로 수술에 필요한 변수값들을 알아낼 수 있었다. 또한, 삼입점과 목표점 사이의 경로를 각 슬라이스 영상마다 표시해 줌으로써 혈관과 같은 구조물의 근접 여부를 확인할 수 있었다.

결 론

본 시스템은 기존의 필름을 사용하여 디지털이징하는 번거로움을 덜고 신속하게 뇌정위 수술을 할 수 있도록 하였다. 또한, 디지털 영상 처리 기술을 이용하여 수술에 도움이 되는 부가적인 기능의 적용할 수 있는 기반을 구축하였다는데도 큰 의미가 있다고 말할 수 있다.

참고문헌

1. Bergstrom M, Greiz T, "Stereotaxic computed tomography", AJR 127:167-170, 1976
2. Georss SJ, Kelly PJ, Kall BA, Alker GJ, " A computed tomographic stereotactic adaptation system", Neurosurgery 10: 375-379, 1982
3. Brig W, Mundinger F, "Direct target point determination for stereostatic brain operation from CT data and ther calculation of setting parameters for polar-coordinates stereostatic devices", Appl Neurophysiol 45: 387-391, 1982
4. 김준식,이용희,채의병,김선일,"개인용 컴퓨터를 이용한 뇌정위수술의 정확도의 개선", 대한 PACS 학회지 1996년 제2권:49-53

PACS 기반의 디지털 뇌정위 수술 계획 시스템

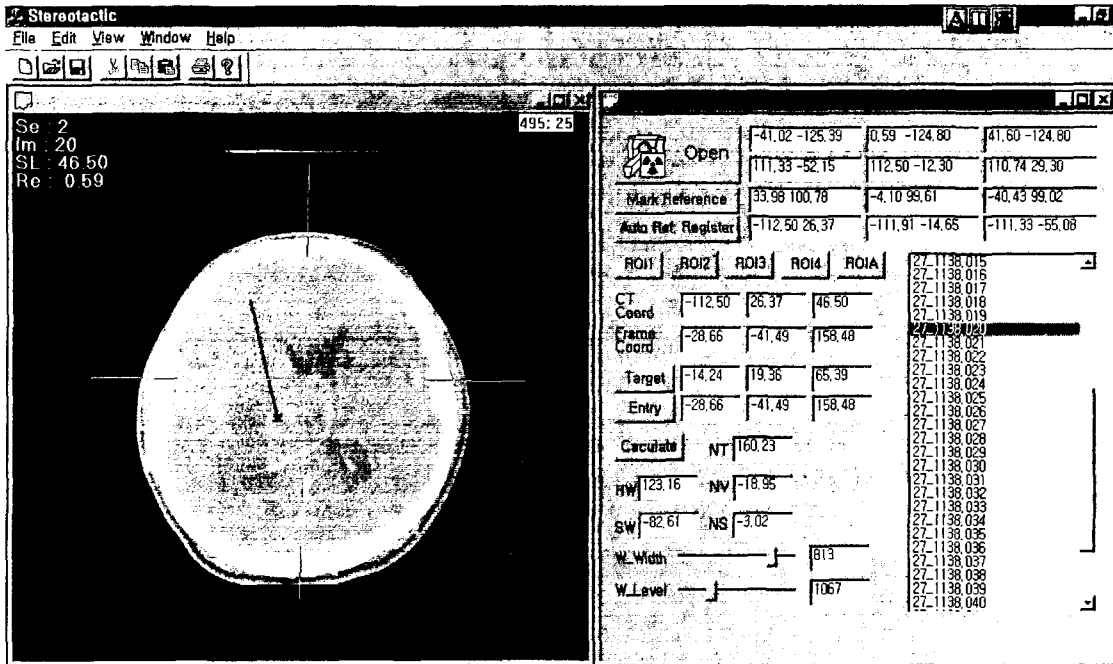


그림 5 구원된 뇌정위 수술 보조 프로그램 - 왼편 화면에는 CT 영상에 삼입점과 목표점 사이의 경로가 표시되어 있고 오른편에는 컨트롤 보드와 수술 변수 계산 결과가 표시되어 있다.