

Picture Archiving and Communication System (PACS) and Teleradiology

朴 玄 旭

韓國科學技術院情報 및 通信工學科

Abstract

Picture archiving and communications systems(PACS) for digital image distribution, archiving and transmission, represent the modern hospital. PACS is the medical image management system within a hospital, whereas teleradiology system is the medical image communication system between remote sites. PACS and teleradiology systems usually consists of mainly four parts such as image acquisition part, image storage and database part, image communication network part, and image display workstation part. Among these components comprised in the PACS, workstations are the point of contact between a PACS and the radiologist or referring physician. Therefore, the acceptance of PACS is highly dependent on workstation functionality, performance and easy of use compared with the conventional film-based radiology.

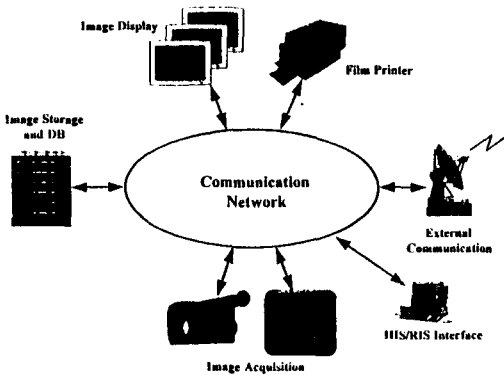
This paper describes overall configurations and some requirements of PACS and teleradiology.

I. 서 론

의료진단 시스템의 발달에 따라 일차원 신호를 이용한 진단 뿐 아니라 이차원 이상의 다차원 영상 정보가 의료진단에 큰 역할을 하게 되었다. 지금까지 이 영상정보는 X-Ray 필름에 기록되어 View Box나 Alternator를 통하여 관독이 되어 왔고 관독된 필름은 창고에 저장되어 다음에 언제든지 찾아 볼 수 있도록 하고 있다.

이처럼 X-ray 필름을 이용한 의료영상 진단에서 고려되는 문제점으로, 필름을 저장하고 찾는 데 소요되는 인력과 저장창고의 확보, 필름 소모비 등을

들 수 있다. 약 1000 병상을 가지고 있는 국내 대학병원을 예로 들면 필름저장을 위하여 매년 약 32평이 필요하게 되며 매일 평균 6.45명의 수련의들이 필름을 찾는데 약 48분을 소모하고 있는 것으로 조사되었다^[1]. 필름 소모비로는 국내 1000 병상 규모의 대학병원이 91년에 약 5억원을 사용하였고, 미국의 경우 350 병상 규모의 대학병원에서 약 7십만불을 매년 사용하고 있다^[2]. 또한 필름은 원본이 오직 한장만 존재하므로 여러사람이 보기 위해선 원본으로부터 복사를 하여야한다. 이때 복사본은 원본에 비해 영상의 질이 떨어지므로 진단에 영향을 줄 수 있으며, 원본을 분실하였을 경우 재촬영이 필요하여 예산상이나 환자에게 부담이 증가하게 된다. 이와같은 여러 문제들은 진단방사선과 의사가 신속한 진단을 하는데 영향을 주어 결국 환자가 병원에 체류하는 시간을 연장하게 된다.



(그림 1) PACS의 개념도

이러한 X-ray 필름을 기본으로 하는 영상의료진단의 문제점들을 해결하기 위하여 제안된 시스템이 Picture Archiving and Communications Systems 즉 약자로 PACS이다. Figure 1에 보여준 PACS 개념도에서 알 수 있는 것과 같이 PACS는 빠른 Network으로 연결된 컴퓨터 시스템이다. PACS는 원본과 동일한 여러개의 복사본이 존재할 수 있도록 하며, 여러 장소에서 동시에 같은 영상을 PACS의 워크스테이션을 통해 볼 수 있다. 특히 영상의 분실을 거의 없앨 수 있으며 궁

극적으로 필름 소모비를 없앨 수 있게 한다. 필름을 저장하는데 소요되는 공간에 비해 극히 적은 위치를 차지하는 PACS 설치 공간만 필요하여 소요 공간을 줄일 수 있으며, 기존 필름을 이용하여 할 수 없는 영상처리와 영상 질의 향상, 컴퓨터를 이용한 진단, 등을 PACS 워크스테이션 또는 Gateway를 통한 외부 컴퓨터를 이용하여 할 수 있다. 또한 전화선이나 전용선을 이용하여 의료영상을 다른 병원으로 신속히 전송할 수 있어서 대형 병원과 소형 병원간의 협력에 의해 전문가의 정확한 진단을 기대할 수 있게 된다. 이러한 시스템을 특히 Teleradiology라고 한다.

현재 이러한 PACS를 병원 전체에 설치하여 진단에 이용하는 병원이 등장하고 있으며, 특히 미국의 MDIS(Medical Diagnostic Imaging Support) Project에 의해 Madigan 육군병원 등 몇몇 군병원에 병원 전체 PACS를 단계별로 설치하였다^[3]. 이와 같은 시스템으로 우리나라의 삼성의료원이 처음으로 병원 전체의 PACS를 단계적으로 설치하고 있으며 현재 제 2단계의 설치를 추진중인 것으로 되어있다. 이 밖에 최근에 설립되고 있는 대형병원이나 서울대학교 병원, 아산중앙병원 등에서 자체적으로 대형 PACS 과제를 수행하고 있다. 병원 일부에서 이용하는 PACS는 미국과 일본 등의 대학병원 등에서 80년대 중반부터 연구 개발하여 일부 활용하고 있다.

대형병원 전체에서 활용할 수 있는 PACS는 빠른 Network을 통한 거의 실시간의 영상 전송과 고해상 Display가 이루어져야 하며, 동시에 많은 사용자가 시스템을 사용할 때에 영상 전송 속도 등의 성능이 크게 저하되어서는 안된다. 여기에 필요한 기술, 즉 고해상 Display 시스템, 빠른 Network, 양질의 영상획득 시스템, 대용량 고속 데이터 저장 장치 등의 기술이 대형 PACS에 이용할 수 있는 수준이 되고 있으며, 그 가격도 수요의 증가와 기술의 발달에 따라 하락할 것으로 기대된다.

Figure 1에서 보는 바와 같이, PACS를 구성하고 있는 요소는 크게 넷으로 구분되어 있다. 첫째로 영상정보를 의료영상기기로 부터 얻어내는 영상취득시스템이 있고, 대량의 의료영상정보를 저장

하고 관리하는 영상저장 및 데이터베이스시스템, 영상정보를 빠른 속도로 전송하기 위한 통신 Network, 영상을 디스플레이하여 의사가 판독할 수 있도록 하는 영상 디스플레이 워크스테이션, 등의 네 부분으로 나눌 수 있다. 이 각각의 부분에 대한 설명은 다음과 같다.

II. 영상 취득 시스템

현대식 병원에서 의료진단을 위한 의료영상기기는 그 용도에 따라 다양하게 개발되어 사용되고 있다. 첫째로, 가장 많이 사용되고 모든 건강 검진에서 거의 필수적으로 필요한 일반 X-ray 영상이 있다. 일반 X-ray는 우리 몸을 통과한 X-ray가 필름을 감광시킴으로서 그 감광의 정도에 따라 우리 몸 내부의 여러 상태를 진단하는데 사용된다. 이 영상은 Projection영상으로서 몸 내부의 자세한 변화를 보는데는 한계가 있다. 같은 원리를 이용하여 우리 몸속의 혈관을 주로 촬영하는 혈관 조영술(Angiography)이 있고 위 투시와 같은 Fluorocopy가 있다. 이 모든 영상은 아날로그 상태의 정보가 X-ray 필름에 아날로그 상태로 기록된다.

다음으로 우리 몸 내부를 Projection 상태의 영상이 아닌 실제 내부를 보는 것과 같은 단층 촬영 방법이 있는데 단층 촬영을 위해 어떤 수단을 이용하느냐에 따라 여러 영상기기로 나뉜다. 우선 가장 먼저 개발이 되어 사용되고 있는 X-ray CT(Computerized Tomography)가 있는데 일반적으로 병원에서 CT라고 불리우고 있다. CT는 X-ray를 우리 몸에 각 방향에서 쏘고 우리 몸을 통과해온 X-ray를 받아 이를 컴퓨터로 재구성하여 단층 영상을 얻어내는 장치이다. 이와 비슷한 장치로 강한 자장을 이용하는 자기공명단층촬영장치(Magnetic Resonance Imaging), 방사선동위원소를 우리 몸속에 주입하여, 이 동위원소가 붕괴되면서 나오는 양전자나 감마선을 감지하여 영상을 재구성 하는 양전자방출형 단층촬영기(Positron Emission Tomography : PET)와 단광자방출형 단층촬영기

(Single Photon Emission Computerized Tomography : SPECT) 등 핵의학 영상기기가 있다. 이 단층영상의 특징은 얻어진 신호를 디지털로 바꾸어 컴퓨터를 이용하여 재구성함으로써 디지털 영상이 얻어 지는 것이다. 이 디지털 영상은 다시 아날로그로 바뀌어 X-ray 필름에 수록되어 의사가 이 필름을 보고 판독하는 것이 기존의 판독 방법이다. PACS를 이용하면 원래의 디지털 영상을 바로 단층영상기기로 부터 PACS로 전송할 수가 있다.

또한 임신부나 간 심장등의 진단에 주로 쓰이는 초음파영상장치(Ultrasound Scanner)가 있는데 이 장치는 실시간 영상을 볼 수가 있어서 우리 몸속의 내부 움직임, 특히 심장을 봄으로서 진단에 도움을 준다.

지금까지의 PACS는 앞에서 말한 주로 진단용 의료영상을 위해 개발 되었고, 이러한 의료영상은 대부분 Gray-level영상이며 PET와 초음파영상의 일부가 Pseudo Color를 이용하는 칼라 영상이다. 현재의 대부분의 PACS는 Gray-level을 위주로 하는 시스템으로 개발되어 있다. 이밖에 의료영상으로 내시경 영상과 현미경 영상등이 있으며, 이 영상들은 정확한 칼라정보를 유지하여야 하며 또한 높은 해상도가 필요하다. 이에 대한 칼라 PACS도 연구되고 있다.

의료영상의 크기는 영상기기의 종류에 따라 다르다. X-ray CT의 경우 512×512 가 대부분이며, MRI와 초음파 영상의 경우 256×256 이 주로 이용된다. 핵의학 영상의 경우 그 해상도가 떨어지므로 64×64 에서 256×256 정도의 저해상도 영상으로 충분하다. Contrast 해상도는 MRI와 CT는 Pixel당 12bit나 경우에 따라 16bit가 쓰이며, 초음파나 핵의학 영상은 8bit가 일반적이다. 의료영상 진단에서 가장 많은 부분을 차지하는 일반 X-ray 영상은 CR(Computed Radiography) 또는 Laser Scanner로 디지털 데이터화 하는데 필요한 해상도가 약 2000×2000 이며 Contrast는 12bit이다. X-ray 영상을 2000×2000 으로 디지털화 하였을 때, Mammography와 같이 초고해상도를 필요로 하는 경우를 제외 하고는 필름을 통한 판독과 워크스테이션을 통한 판독의 정확도가 비슷하다⁽⁴⁾.

각 임상 Study 마다 촬영한 영상의 장 수가 차이가 있으므로 Study 당 영상 데이터의 양을 정의하기는 어렵지만 대체로 5~20 MByte 정도의 데이터가 한 Study에 해당 한다. 이는 일반 X-ray의 경우 2~4장을 촬영하고 MRI나 CT는 10~100장 경우에 따라 100장 이상도 촬영한다고 하였을 때 얻어지는 결과이다.

의료영상의 Format이나 의료영상에 포함되어야 할 정보(환자에 대한 정보, 진단시스템에 대한 정보 등)의 종류 및 Format에 대한 표준안을 ACR-NEMA(the American College of Radiology and the National Electrical Manufacturers Association)에서 준비하여 모든 의료진단 시스템과 PACS에서 사용하도록 하고 있다. 이 표준안은 다른 이름으로 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)이라고 불린다^[5].

이 ACR-NEMA 표준안은 MRI나 CT 등의 영상시스템들이 Network과 연결될 수 있는 실제 Connector에 대한 정의 등 Hardware에 대해서도 표준안을 정의 하였다. 특히 ACR-NEMA 표준안이 모든 의료영상시스템으로 부터 영상데이터를 받고 Network을 통하여 전송하며 다른 병원과도 영상을 교환할 수 있게 하는 PACS의 개발 및 발전을 위하여 필수적이다.

III. 영상데이터 저장 및 데이터베이스 시스템

의료영상기기로 부터 얻어진 영상은 사용자가 원할 때 신속하게 디스플레이 될 수 있어야 하며, 사람의 생명과 관련이 있는 중요한 개인 정보이므로 보안과 Privacy가 보장되도록 관리되어야 한다. 특히 임상진단은 과거의 영상과 현재의 영상을 비교하여 판독하는 경우가 많으므로 장기간, 최소 5년이상 보관하여야 한다. 특히 의료영상데이터의 양은 방대하므로 이의 체계적인 관리가 필수적이다.

우선 의료영상데이터의 정확한 양을 추정하는 것이 저장시스템을 설계하는데 필요하므로 예를

들어서 살펴보기로 한다. 약 1500병상을 가지고 있는 서울대학교 병원에서 1990년에 얻은 의료영상(일반 X-ray영상, CT, MRI, 핵의학영상, 초음파영상)을 모두 디지털화 하였을 때 약 3.6Terabytes에 달하는 방대한 양의 영상데이터가 얻어 졌다. 이는 1년근무 일수를 280로 보았을 때, 하루에 약 13Gigabytes의 데이터가 생성된다. 일반적으로 의료영상을 통한 진단의 의존도가 높아지고 있는 추세이고 PACS가 완성되면 그 증가 추세가 더욱 커질 것으로 예상된다.

이러한 방대한 양의 영상 정보를 효율적이고 신속하게 검색해 볼 수 있기 위해서는 계층적인 구조의 저장장치가 필요하다. 여기서는 4단계의 계층적 저장장치에 대해 설명하기로 한다.

첫째로 사용자의 지시에 따라 직접 영상을 실시간에 디스플레이 하기 위해 데이터를 잠시 저장하고 빠른 속도로 디스플레이를 위한 Frame buffer로 전달하기 위한 Memory가 필요하다. 앞에서 살펴본바와 같이, 한 Study의 영상 데이터 양이 5~20MBytes에 해당하므로, 판독할 때 많게는 약 세 개의 Study를 비교하면서 판독할 수 있게 하려면, 40~60MBytes의 고속 Memory가 필요하다. 이때 세 Study의 영상들은 실시간에 서로 바뀌어 Display가 될 수 있을 만큼 신속히 Display 되어야 하므로 Display에 1초 이상이 소요되는 Disk 보다는 반도체 Memory가 이용되어야 한다.

둘째로 각각의 디스플레이 워크스테이션에 빠른 속도의 Magnetic disk가 설치되어야 할 경우가 있다. 이 Disk는 Network의 속도와 세번째 계층의 성능에 따라 필요 없을 수도 있다. 예를 들어 Network의 속도가 느린 경우에는 한 워크스테이션에서 하루에 판독하고자 하는 모든 영상을 시스템을 사용하지 않는 밤 시간에 그 워크스테이션의 Disk에 미리 옮겨 놓아야 다음날 Network을 통하지 않고 그 워크스테이션 자체 만으로 판독을 수행할 수 있다. 반대로 Network의 속도가 충분히 빠르면 워크스테이션의 자체 Disk가 없어도 세번째 계층인 중앙저장장치에서 Network을 통하여 판독시 필요할 때마다 영상데이터를 전송하여 올 수 있다. 이때 Network의 속도는 실시간 영상 Display 속

도를 만족시킬 수 있어야 하며, 또한 여러 사용자가 동시에 사용할 경우도 고려되어 Network이 설계되어야 한다.

Network의 속도가 느릴 때, 진단용 워크스테이션에 설치되어야 할 Disk의 용량은 최소한 그 워크스테이션으로 부터 하루에 관독할 수 있는 영상을 저장할 수 있어야 하므로 약 1-2Gigabytes 정도는 갖추어야 하며 이 자체 Disk도 속도가 빨라야 하므로 Parallel Disk가 이용되는 것이 바람직하다.

이때 느린 Network을 사용하고 자체 Disk를 사용하는 시스템과 빠른 Network을 사용하며 자체 Disk를 갖지 않는 시스템에 대한 성능 및 소요 비용에 대한 비교는 시스템 설계시 이루어져야 한다⁶⁾.

셋째로 중앙저장장치로서 수시로 관독이나 참고를 위하여 영상을 디스플레이할 가능성이 있는 정보는 속도가 빠른 중앙저장장치에 보관하도록 한다. 일반적으로 입원환자의 입원기간을 일주일로 가정하면 이 입원기간에는 그 환자의 의료영상을 수시로 디스플레이 할 가능성이 있다. 따라서 일주일 분의 영상 데이터와 또 이 환자의 과거 영상도 관독에 사용되므로 과거 데이터 일주일 분을 합하여 약 2주일 분의 영상데이터를 저장할 용량이 필요하다. 일주일이 지난 데이터와 그 비교 데이터는 네번째 계층인 Long-term archive장치에 저장되어 필요시 중앙저장장치로 불러오게 된다.

이 중앙저장장치의 경우 Reliability와 Access 속도가 강조되어야 하는데 이를 충족시키기 위해 여러개의 Disk를 병렬로 동기화 시켜 사용하고 또한 Parity bits를 사용함으로써 고속의 Fault tolerant system을 사용한다. 요즘 RAID(Redundant Array of Inexpensive Disks)가 이러한 목적으로 많이 사용된다.

넷째로 진단을 끝낸 영상데이터를 반영구적 또는 최소한 법적으로 필요한 5년 이상 정보의 손실 없이 저장하기 위한 Long-term archive장치가 필요하다. 이를 위해 Optical Disk Jukebox(ODJ)가 많이 이용된다. 이 ODJ에 이용되는 저장방식은 Write-Once-Read-Many(WORM) 방식이 주로 쓰이며 Plate당 약 10Gbytes에서 최근에는

21Gbytes까지 저장할 수가 있게 되었다. Jukebox는 10Gbytes plate를 100개 까지 수용할 수 있는 것이 Kodak 등에서 개발이 되었는데 이것을 이용하면 1 Terabytes의 영상데이터를 보존할 수 있다. 보통 2년 또는 3년이 지나면 Jukebox에서 꺼내어 Off-line저장을 하는 수도 있다.

특히 진단이 끝난 후, Long-term archive에 저장을 할 때는 저장의 효율을 높이기 위하여 데이터 압축을 이용한다. 이 때 압축율은 영상의 종류에 따라 5:1에서 10:1 사이에서 하는데 이렇게 압축을 한후에 영상을 복원하면 원래의 영상정보를 일부 잃을 수가 있다. 실제 관독에 영향을 최소화하기 위한 압축방법과 압축율을 알아내기 위한 연구가 여러 곳에서 진행되고 있다. 영상데이터의 압축에 대해서는 뒤에 더 자세히 언급하기로 한다.

IV. 통신 Network

2kx2k의 12bit 영상 한자의 데이터양은 6Megabytes에 해당한다. 이러한 대량의 영상데이터가 최소한 2-3초 이내에 사용자의 모니터에 디스플레이 되기 위해서는 Network throughput이 1-2초 이내에 6Mbytes의 영상 데이터를 전송할 수 있어야 하며, 여러명의 사용자가 동시에 영상데이터를 Access할 경우를 대비해서 아주 빠른 Network이 필요하다. 현재 사용되는 LAN(Local Area Network)으로 FDDI와 ATM등이 사용되고 있다. 여러 사용자 들로부터의 영상 데이터 요구를 동시에 만족시키기 위한 Network 구조는 Point-to-point 방식이 가장 적합하지만 구성이 복잡하고 설치 비용이 많이 들게 된다. 따라서 이의 절충 방안으로 데이터의 전달 빈도가 높고 양이 많은 진단용 워크스테이션과의 연결은 광통신망을 이용한 Point-to-point network이 좋고 그밖의 영상 데이터 취득 장치들이나 Clinical workstation(참조용 워크스테이션)의 연결은 FDDI 와 같은 Ring 이나 Bus구조를 이용하면 효율과 가격을 모두 고려한 적합한 방법일 수 있다.

1Gbps(giga bit per second)에 달하는 전송속도의 Ultranet 도 상용화 되고 있고, 최근 들어서 ATM이 좋은 해결책으로 부각되고 있다. 경우에 따라서는 영상데이터들은 빠른 Point-to-point network으로 전송하고 영상에 대한 정보는 Ethernet을 통해 전송하는 이중의 Network을 활용하는 방법도 있다. 이 방법은 대량의 영상데이터 전송 때문에 소량의 정보전송이 지장을 받지 않도록 하는 방법이며, 또한 한 Network이 고장 시 보완 장치로 활용할 수 있는 장점이 있다. 어느 경우에도 Network은 표준안을 따라야 시스템의 확장이 용이하고 어느 한 업체에 의존되는 일을 막을 수 있다.

V. 영상 Display Workstation

PACS는 X-ray필름을 이용하는 시스템을 대신하기 위한 새로운 컴퓨터 시스템이므로 필름을 이용하는 진단시스템보다 모든 면에서 우수하거나 최소한 비슷하여야 기존의 것을 성공적으로 대체할 수 있게 된다. 특히 여러가지 면에서 PACS가 장점을 가지고 있다 하여도 진단의 정확도나 진단의 효율에 있어서 기존의 필름 시스템에 비하여 성능이 떨어진다면 성공적인 PACS가 되기 힘들다. 이러한 관점에서 영상 Display에 대한 워크스테이션이 갖추어야 할 기능은 다음과 같다.

1. 영상 Display

영상의 Display에서 가장 중요한 것이 해상도이다. MRI나 CT와 같이 영상시스템으로 부터 디지털 영상이 얻어질 경우는 얻어진 영상을 원래대로 Display할 수 있으면 된다. MRI와 CT의 필요한 해상도는 515×512 이하 이므로 대부분 Display 시스템에서 문제가 없다.

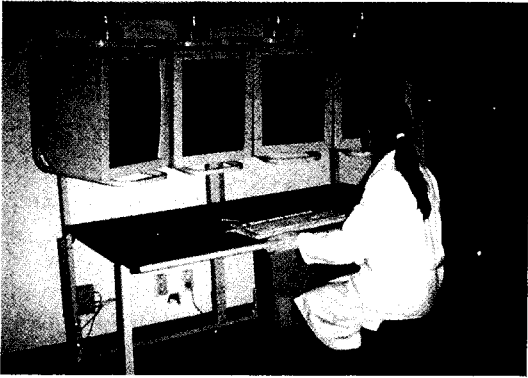
원래의 영상을 Analog 상태의 신호로 부터 X-ray 필름에 저장하는 일반 X-ray의 경우 필름에 수록되는 영상의 해상도가 현재 가능한 Digitize기술을 초과하므로 영상의 종류와 용도에 따라 디지털

영상의 해상도를 결정하여야 한다. X-ray 영상은 고해상도가 필요치 않은 경우 1k 즉 1000×1000 pixel의 일반 해상도로 Digitize되고 고해상도의 경우 2k 즉 2000×2000 pixel로 Digitize된다. Mammography와 같이 특별한 경우 4000×4000 정도의 해상도가 필요한 것으로 제안되고 있지만 4k Monitor가 아직 고가이며 PACS에 쓰이는 아직 시간이 필요하다.

X-ray 영상을 Digitize하는데 필요한 해상도에 대한 연구가 많이 실행되어 왔으며 특히 필름을 통한 관독과, Digitize하여 Monitor에 Display해서 관독한 결과를 비교하는 ROC(Receiver-Operating Characteristic)연구가 수행되어 Monitor의 해상도에 대한 요구 정의에 도움이 되었다^{7,8)}. 이 연구들의 결과에 의하면 일반 X-ray 필름을 통한 관독의 정확도와 비슷한 관독을 위해서는 최소한 2k 해상도의 Monitor가 필요하며 필름도 $2k \times 2k$ 이상으로 Digitize 되어야 한다. 1k Monitor의 경우는 2k 영상을 원래의 해상도대로 Zoom하여 Display 할 수 있어야 한다.

Monitor의 스크린 크기는 기존의 X-ray 필름 크기와 차이가 크지않고 여러 영상을 한 스크린에 Display하여 비교할 수 있도록 19 인치 이상이 바람직하다. 스크린의 밝기도 사용자의 피로도나 관독의 정확도, 주위의 조명 등을 고려하여 정해져야 한다. 현재 X-ray 필름을 관독할 때 사용하는 View Box나 Alternator의 밝기는 200~400 foot-Lamberts로 일반 워크스테이션의 스크린 밝기인 20~30 foot-Lamberts에 비하여 크게 차이가 있다. Monitor의 경우 밝기를 너무 높일 경우 Monitor의 수명이 단축되므로 이에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 주위의 조명을 조절하였을때 정확한 관독을 할 수 있고 현재의 기술수준이 고려된 밝기로 최소한 60 foot-Lamberts의 Monitor가 필요하다⁹⁾.

X-ray 영상이나 MRI, CT 영상들의 Contrast 해상도는 10~12bit(즉 1024~4096 Level)이다. Monitor가 Display가능한 Contrast 해상도는 8bit(즉 256 Level)이 가장 일반적이며, 이 정도가 실제 Monitor를 통해 구별할 수 있는 범위를 포함한



〈그림 2〉 4 Monitor용 진단용 디스플레이 워크스테이션

다. Monitor로 Display 가능한 256 Level로서 1024 또는 4096 Level의 영상이 갖는 모든 정보를 정확히 보여주기 위하여 Contrast와 밝기를 실시간에 조절할 수 있는 기능인 Window/Level이 가능하여야 한다.

필름을 이용하여 관독을 할 때 한장의 필름만으로 모든 정보를 알 수 없으므로 한 환자에게서 촬영한 여러장의 필름을 함께 비교 검토하여 관독한다. 또 경우에 따라서는 다른 환자의 필름을 참고로 하는 경우도 있다. 그래서 View Box와 Alternator는 필름을 4~8장을 동시에 볼 수 있도록 설계되어 있다. 이러한 기존의 기능을 만족시키기 위하여 하나의 워크스테이션에 Monitor가 4~8개가 설치 되어야 한다. Figure 2는 4Monitor로 구성된 디스플레이 워크스테이션의 사진이다. 이때 여러개의 Monitor 들은 하나의 통일된 User Interface에 의해 제어될 수 있어야 하며, 대부분의 필름이 세로축이 긴쪽이 되게 촬영이 되므로 Monitor도 일반적인 경우와는 달리 "Portrait" 모양이어야 한다. 여러개의 Monitor를 설치할 때, 각 Monitor의 특성, 즉 스크린의 밝기, Color 특성, Phosphor의 시간 특성 등이 모두 일치하여야 정확한 관독에 영향을 미치지 않는다. 또한 Monitor 가장자리의 두께가 얇아서 스크린과 스크린 사이의 거리가 가까워야 여러개의 스크린에 걸쳐 하나의 큰 영상을 Zoom 하여 Display 할 때 크게 어색하지 않게 된다.

스크린의 크기가 커지고 동시에 한 사용자가 보는 스크린의 갯수가 많아짐에 따라 Monitor의 깜박거림 현상이 눈에 잘 인지되게 된다. 이는 눈의 중심보다는 외곽부분이 움직임에 민감한 사실과 관련이 있다. TV는 60Hz(Interlaced)로서 실재는 30Hz에 해당한다고 할 수 있다. 또한 일반 워크스테이션은 60Hz(Noninterlaced)여서 TV에 비하여 깜박거림을 훨씬 적게 느끼게 된다. 진단용 워크스테이션은 Monitor의 갯수가 많아지므로 70Hz이상의 스크린 Refresh가 되어야 깜박거림을 느끼지않게 하여 눈의 피로를 줄일 수 있다.

여러개의 Monitor에 영상을 Display 하는데 소요되는 시간은 첫번째 Monitor에 영상이 Display 되는 것은 2초 이내에, 그 다음번째 Monitor부터는 각 1초 이내에 Display 되어야 관독의 효율을 떨어뜨리지 않게 된다^[7]. 2k Monitor에 영상을 Display 하려면 6MByte(pixel 당 12bit 일 때)의 데이터를 Disk나 Network을 통해 읽어와야 한다. 이는 현재 일반적으로 사용하는 Hard Disk를 사용하여서는 불가능하며 RAID(Redundance Array of Inexpensive Disks)와 같은 Parallel Disks를 이용하여야 한다. Network을 이용하여 데이터를 전송하여 올 때도 최소한 100Mbps 이상의 Optical Fiber Network이 활용되어야 한다.

2. User Interface

아무리 시스템의 속도가 빠르고 많은 기능을 가지고 있어도 사용자가 사용하지 않으면 쓸모가 없는 시스템이 된다. 이러한 관점에서 PACS 워크스테이션의 User Interface는 컴퓨터를 모르는 사용자도 쉽게 배우고 사용할 수 있도록 설계가 되어야 한다. 대부분의 기능들을 구현시킬 때 Key Board를 사용하는 것 보다는 Mouse나 Trackball을 사용하여 그래픽으로 처리된 메뉴를 선택하는 방식으로 사용할 수 있어야 한다.

현재 진행 중인 Process를 저장하였다 다른 일을 수행한 후에 다시 저장된 Process를 불러 계속 진행할 수 있는 기능이 있어야 의사가 관독 중에 다른의사의 Consulting에 응할 수 있게 된다.

PACS 워크스테이션에서 고려되어야 할 User

Interface에 대하여 정리하면 다음과 같다.

환자의 정보에 대한 보안과 시스템의 안전을 위하여 사용자의 등록과 Password의 관리는 철저히 이루어 지도록 한다.

영상시스템으로 부터 촬영된 영상 데이터가 PACS의 중앙 데이터 베이스에 저장이 되면 각 진단용 워크스테이션에서 관독하고자 하는 Study의 영상 데이터들을 Network을 통해 읽어 간다. 워크스테이션에서 중앙 데이터 베이스에 있는 Study들 중 관독하고자 하는 Study를 선택하는 방법으로, 환자의 이름이나, ID 숫자, 촬영 부위 등을 선택하는 방법이 가능토록 하여야 한다.

진단방사선과 의사가 관독을 할 때 영상에 표시를 할 수 있다면 이 표시된 영상을 보는 임상에게는 환자의 상태를 쉽게 파악하는데 도움이 될 것이다. 이를 위하여 영상 Overlay Memory를 두면 영상의 원래 정보에 손상을 주지 않고 영상 위에 필요한 표시나 글씨를 쓸 수 있고 필요에 따라 이 표시를 지우고 원래의 영상을 볼 수 있게 된다. 따라서 영상에 표시된 주석이나 마크는 수정할 수도 있고, 간단한 조작으로 Display되게 하거나 화면에서 지울 수 있어야 한다.

VI. Teleradiology

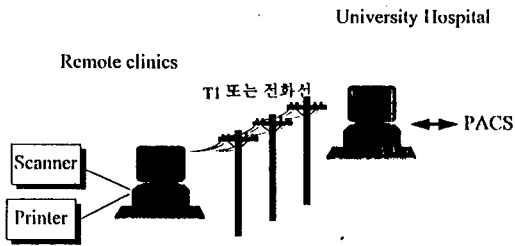
Teleradiology 즉 원격진단은 Telemedicine(원격의료)의 한분야이다. 원격의료는 대화식 원격통신(Telecommunication)을 이용해 진단, 진료, 검사 등의 의료행위, 자문행위, 의료교육, 의료정보나 환자정보의 전송등을 행하는 것을 말한다. 원격의료 (Telemedicine)는 화상회의 (Teleconferencing)와 원격의료 영상전송시스템 (Teleradiology)의 두가지 기술이 복합되어 사용된다. 그의 원격학습(Teleproctoring), 원격현존 (Telepresence)등의 개념이 새로 도입되고 있다. 원격의료에 관한 개념은 1950년 후반 부터 발전되기 시작했다. 1959년 University of Nebrask에서 신경병등의 자문, 병동 관리, 교육과 연구등을

위해 일방향 화상회의를 이용하는 프로젝트를 실시했고, 얼마후 NASA(national Aeronautics and Space Administration)는 Papago 인디안 보호구역에서 X-ray나 심전도등의 전송을 테스트 했다.

원격의료에서 가장 중요한 부분이 화상회의이며, 점차 화상회의의 기술이 발달되고 그 경제적인 측면이 실효성을 보이기 시작하면 원격의료의 사용도 활발해 질 것이다. 원격의료에서 사용되는 화상회의 관련 응용 분야를 보면 다음과 같다. 격리지역 환자의 검진 및 검사, 중환자실용 환자 관찰 (monitoring), 의사와 환자간의 자문(consulting) 행위, Teleradiology와 Telepathology, 간호원 교육, 의료 교육 및 훈련, 의사들간의 토론회, 병원 관리자 회의, 장비 판매상들과의 회의, 의료진 모집활동, 신문사와의 회의, 공공 건강 관련 정보의 공개등이다.

CT-MR Teleradiology 도입으로 첫째, 도시와 농어촌간에 혹은 교통이 혼잡한 서울 부산등의 대도시내의 병원들간에 영상정보 교환 가능하고, 둘째, 의사가 퇴근한 후에도 응급환자의 수술여부 결정과 필요한 조치를 자택에서 지시 가능하며, 셋째, 자병의원의 진단 및 환자관리의 질적 향상. 즉, 자병원에 방사선과 수련의를 파견하더라도 모병원의 방사선과 전문인력 이 CT/MR 관독을 지원 가능하여, 자병의원 의료교육의 질적 향상을 꾀할 수 있고, 방사선과 의사들간의 정보 교류 향상을 도모한다. 넷째, 정년퇴직한 전문 방사선과 의사들의 자택 관독 근무를 가능케 한다.

우리나라에서는 1994년에 원격의료에 대한 시범 사업을 시작하여 현재 경북대학병원과 울진보건의료원, 전남대학병원과 구례보건의료원 사이에서 사용하고 있다. 정부는 이 시범사업을 보다 확장하여 실시할 계획이며, 이처럼 원격의료는 초고속정보통신망의 큰 수요분야로 기대되고 있는 분야이다. 특히 우리나라에서 1995년 부터 수행하고 있는 초고속 정보통신망이 개발되면 원격진단의 응용 범위는 크게 확대 될 것이며, 이 초고속 통신망의 가장 큰 이용 분야 중의 하나가 보건의료분야가 될 것이다. Figure 3은 Teleradiology 시스템의 구성도이다.



(Fig. 3) Teleradiology 시스템의 구성도

VII. 기 타

1. 영상 처리

기존의 X-ray 필름을 이용한 판독과 비교하여 가장 큰 PACS의 장점이 영상처리를 자유롭고 쉽게 할 수 있다는 점이다. 주로 판독에 이용될 수 있는 영상처리는 비교적 간단한 것 들이며 3차원 영상 구성이나 영상 인식과 같은 복잡한 영상 처리는 특정 워크스테이션에서만 실행될 수 있으면 된다. PACS 워크스테이션에 필요한 영상 처리 기능을 정리하면 다음과 같다.

밝기 및 Contrast 조절, 확대 및 축소, 영상의 방향 변환(Rotation/Flip), 디지털 확대경, 주어진 영상의 구간에 대한 통계 측정, 3차원 영상화, 동영상화(Cine viewing), 등의 비교적 간단한 영상처리에서 부터 복잡한 Filtering, Segmentation, Computer Aided Diagnosis(CADx)등이 디스플레이 워크스테이션이나 특수 워크스테이션에서 이루어 질 수 있다.

2. 영상 데이터의 압축/복원

PACS는 영상 데이터를 획득, 전송, 저장, Display 하는 시스템이다. 이 시스템의 실제 구현에 가장 어려운 점은 영상 데이터의 양이 너무 많아서 전송이나 저장하는데 시간이 너무 많이 소모되고 저장장치도 많이 필요한 점이다. 전자공학을 비롯한 모든 분야의 발전에 따라 보다 빠르고 대용량을 수용할 수 있는 Network 과 Parallel Optical Disk와 같은 저장장치들이 개발되고 있다. 하지만 이러한 발전은 급증하는 정보의 양과 신속한 결과를 원하는 사용자의 욕구를 수용할 만큼 충분하지는 않다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 여러가지 방법의

영상 데이터 압축 기법이 PACS에 적용될 수 있다. Disk에 영상을 저장할 때 압축된 상태로 보관한다면 같은 Disk에 더 많은 영상을 저장할 수 있으며 한장의 영상을 Disk에 쓰거나 읽는데 시간이 절약된다. 특히 Network을 통하여 영상 데이터가 전송될 때 압축데이터를 이용하면 전송 시간을 줄일 수 있다.

압축된 데이터는 Monitor에 Display되기 위하여 원래의 영상으로 복원되어야 하는데 이때 복원하는데 걸리는 시간이 너무 길면 Network으로 전송하거나 Disk에서 읽을 때 절약된 시간을 희생하게 되어 영상 압축을 사용하는데 큰 장점을 잃게 된다. 따라서 영상의 압축과 복원은 실시간에 실행될 수 있도록 구현이 간단한 알고리즘을 이용하고 또한 Hardware로 구현이 되어 워크스테이션의 다른 프로세서에 영향을 주지 않도록 해야 한다.

다른 PACS나 의료영상 시스템들과 서로 압축된 영상데이터를 교환할 수 있기 위해서 압축 및 복원에 대한 표준안의 결정이 필요하다.

이상적인 방법은 진단방사선과 의사의 판독이 이루어 질 때까지는 손실 압축을 적용하지 않고 무손실 압축만을 이용하며, 판독이 끝난 후 영상을 장기간 보관해 두기 위하여 Optical Disk나 Magnetic Tape에 보관 할 때 손실 압축을 이용하여 X-ray 영상은 10 : 1 정도, MRI나 CT 영상은 5 : 1 정도로 데이터 양을 줄인다. 손실 압축이나 복원은 실시간에 구현이 되지 않아도 판독에 지장을 주지 않으므로 Hardware로의 구현이 필수적이지는 않지만, 많은 장 수의 영상을 압축하여야 하므로 빠른 속도의 구현이 가능한 알고리즘의 개발이 필요하다.

3. RIS(Radiology Information System)와의 결합

최근의 병원들은 HIS(Hospital Information System)이라는 Text 중심의 의료정보 전산화 시스템을 갖추고 있다. HIS의 완성된 시스템은 환자의 병원 방문 시 부터 진료, 입원, 수술, 처방, 식사, 퇴원, 외래 진료에 이르기 까지 모든 업무를 컴퓨터에 기록하고 서류가 아닌 컴퓨터를 통하여 업무가 진행되도록 한다. 이는 병원의 많은 일반 업무를 효율적으로 처리할 수 있도록 한다.

RIS(Radiology Information System)는 HIS의 일부라고 볼 수 있는데 주로 진단방사선과의 진단에 관한 Text 위주의 컴퓨터 시스템이다. PACS와 HIS, RIS는 병원 전체의 전산화라는 측면에서 앞으로 시스

템의 통합이 이루어져야 할 것이다.

이 시스템들이 통합 되어 있지 않으면, 세 시스템의 워크스테이션 세개를 한 테이블 위에 올려놓고 의료 영상의 관독을 수행해야 할 경우도 발생한다.

처리하는 데이터의 유사성으로 볼 때, HIS와 RIS의 결합은 큰 어려움 없이 진행될 수 있겠지만, PACS와 RIS의 결합, 나아가서 HIS와의 결합은 Monitor의 해상도 차이, 영상 데이터와 Text 위주의 데이터 사이의 용량 차이 등의 문제점을 해결할 수 있는 방법이 우선 되어야 한다.

4. 표준안

정보화시대, 세계화시대를 살고있는 우리들은 모든 면에 있어 국제교류라는 면을 간과 할 수 없다. 더구나 위성통신시대의 도래로 세계와의 교류는 더욱 쉬워졌으며 또한 필수적인 일이 되고 있다. 이는 의료계에서도 예외일 수 없는 문제이다. 그러나 아쉽게도 현재 한국 의료계의 실정은 국내 병원들간의 정보교류는 물론한 병원 내에서의 의학영상정보 교환도 힘든 형편이다.

질병 판단에 있어 CT, MR 영상들은 그 중요성이 점점 더 커지고 있다. 그러나 이 의학영상데이터에 대한 이용방법은 아직도 거의 전부 필름에 의존하고 있어 낙후성을 벗어나지 못하고 있는 형편이다. 국내에서 진행되는 PACS와 Teleradiology 개발은 DICOM 표준 방식을 따르지 않아 타 표준형 개방형 시스템과의 호환은 물론 국제교류를 전혀 고려하지 않은채 개발되었기 때문에 근본적인 문제점을 안고 있다. 이런 상태에서 개발된 Teleradiology는 개발한 업체의 의학영상 프로토콜 외에 다른 의학영상들(DICOM을 이용한 영상들 조차)은 인식할 수 없기 때문에 사용범위가 극히 제한적일 수 밖에 없다. 그러므로 국제적 의학영상 표준 프로토콜인 DICOM에 관한 연구는 장기적인 안목으로 볼때 반드시 이루어져야 한다.

DICOM이란 Digital Imaging and Communications in Medicine의 약칭으로, 의료영상의 표준적 처리를 위해 고안된 protocol을 말한다. 따라서, DICOM 사용의 장점으로는 1) 현재 DICOM 지원이 안되는 장비들간의 연결이 가능, 2) 국제적으로 공인된 표준 PACS protocol이므로 높은 호환성을 보장, 3) 최근 GE, Siemens, Philips, Picker, Toshiba, 3M, Acuson, ATL, DeJarnette, Agfa, DuPont 등의 우수 의료영상 장비 제조회사들이 DICOM을 지원하기 시작, 4) 일본

과 유럽도 DICOM을 따르기로 결정, 5) Open & Standard PACS와 Teleradiology와의 호환성 유지, 등을 들수 있다.

이러한 국제적 표준인 DICOM을 따르지 않는 시스템의 경우, 다음과 같은 어려움이 예상된다. 1) Open PACS & Teleradiology와의 연결과 확장 불가능. 따라서 현재의 원격의료 시스템은 국내외의 타사 제품과 호환성이 결여되어 있음. 2) 시스템 확장시 업체선정에 많은 제한을 받으며, 만일 그 업체가 사업 포기시 시스템의 유지 보수가 불가능. 3) 타 의료기관과의 정보 교류가 힘들. 4) DICOM을 지원하지 않는 X-ray 장비 연결을 위한 상업용 DICOM gateway를 이용할 수 없음. 5) 향후 DICOM을 지원하는 장비로 부터의 자료를 받은후 다시 자기 고유의 형태로 데이터 전환해야 하므로 비효율적임. 6) 향후 대규모 원격의료로 확장시 장비의 교체없이 그대로 사용할 수 있어야 함.

VIII. 결 론

사무실이나 가정에 전산화의 물결이 일듯이, 병원에서의 전산화가 병원 현대화의 필수 조건이라고 하여도 과언이 아니다. 특히 PACS는 병원 전산화의 첨단이므로 PACS의 성공적인 개발과 운영은 현대식 병원의 성패와도 직결된다.

컴퓨터를 비롯한 전자, 통신 기술의 빠른 발달도 병원 전체의 PACS 개발이 가능하게 하는데 크게 기여하고 있으며 기술의 발달에 따라 비용이 절감되면 PACS가 대중화 될 수 있을 것이다.

또한 초고속 통신망이 설치되면 이 통신망을 통하여 의료영상 정보를 신속하게 전송하는 Teleradiology를 이용함으로써 가장 우수한 의사에 의해 모든 사람이 관독을 받을 수 있게 되며, 모든 의료영상정보를 컴퓨터를 활용하여 관리하고 처리 함으로서 의료진단 수준의 전체적인 향상을 가져 올것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] "SMC PACS Master Plan," 삼성의료원 건립추

진본부, 1992.

[2] D.R. Haynor, D.V. Smith, H.W. Park, and Y. Kim, "Hardware and Software Requirements for a Picture Archiving and Communication System's Diagnostic Workstations," J. of Digital Imaging, Vol.5(2), pp.107-117, 1992.

[3] F. Goeringer, "Medical Diagnostic Imaging Support Systems for Military Medicine," SPIE Medical Imaging V, Vol. 1444, pp.340-350, 1991.

[4] R.L. Arenson, D.P. Chakraborty, et al., "The Digital Imaging Workstation," Radiology, Vol. 176, pp.303-315, 1990.

[5] "ACR-NEMA-Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)," ACR-NEMA Committee Working Group VI S-225, 1993.

[6] D. Beard, D. Parrish. D. Stevenson, "A Cost Analysis of Film Image Management and Four PACS Based on Different Network Protocols," J. of Digital Imaging, Vol.3, pp.108-118, 1990.

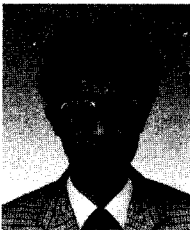
[7] G.G. Cox, L.T. Cook, et al., "Chest Radiography : Comparison of High-Resolution Digital Displays with Conventional and Digital Film," Radiology, Vol.176, pp.771-776, 1990.

[8] B.S. Slasky, D. Gur, et al., "Receiver Operating Characteristic Analysis of Chest Image Interpretation with Conventional, Laser-Printed, and High-Resolution Workstation Images," Radiology, Vol.174, pp.775-780, 1990.

[9] V.V. Erdekian, S.P. Trombetta, "Display Systems for Medical Imaging," SPIE Medical Imaging V, Vol.1444, pp.151-158, 1991.

[10] D. Beard, R. Cromartie, et al., "Experiment Comparing Image-Locating on Film and the Film-Plane Workstation," SPIE Medical Imaging II, Vol.914, pp.933-937, 1988.

저 자 소 개



朴 玄 旭

1959年 7月 5日生

1981年 서울대학교 전기공학과 졸업

1983年 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1988年 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1983年~1986年

금성통신연구소 연구원

1989年~1992年

미국 워싱턴대학교 연구원

1992年~1993年

삼성전자 정보컴퓨터연구소 수석연구원

1993年~현재

한국과학기술원 정보 및 통신공학과 부교수

주관심분야 : 의학 영상처리 및 분석, 전자내시경이