AMC PACS 구성 및 개요

윤봉식
서울중앙병원 진단방사선과

I. 서론

••••• 필름 사용에 대한 많은 문제점을 해결하고자 하는 일환으로 최근 국내외에서의 PACS (Picture Archiving and Communication System)개발에 많은 관심이 고조되고 있다. AMC PACS는 서울중앙병원과 현대정보기술의 공동개발로서 이미 사용하고 있는 병원정보 시스템과 연계하여 안정성, 확장성, 사용자의 편의성 등을 기본으로 1995년 3월부터 개발을 시작하였고 1997년 3월에 개발 완료하여 현재 진단방사선과, 신경과, 신경외과의 부분적 임상에 적용 중이다. AMC PACS의 기본 구성은 영상획득부(Image Acquisition), 영상 조회부(Image Display), 영상 저장부(Image File Server), 데이터베이스(Database), 네트워크부(Network)의 5가지 부시스템(그림 1)으로 되어 있고 그에 대한 설계와 구조, 전략 등을 간단히 기술하고 임상적용시에 나타나는 영향 등의 순으로 살펴보고자 한다.

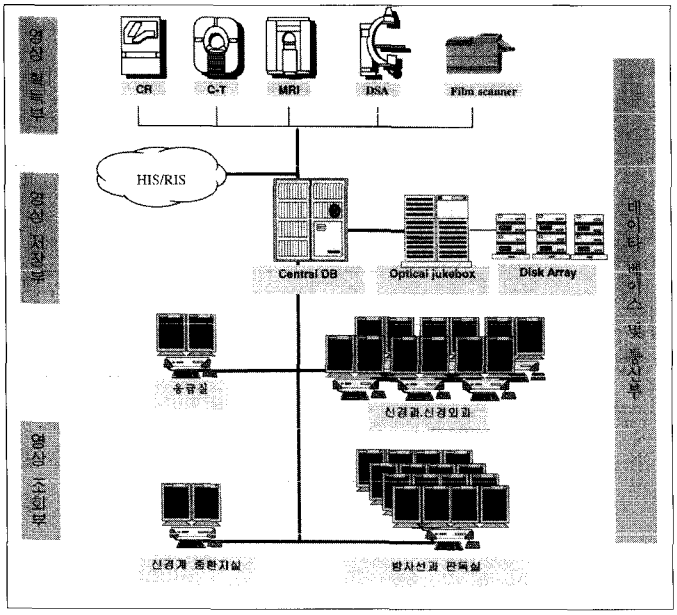


그림 1. AMCPACS 구성도

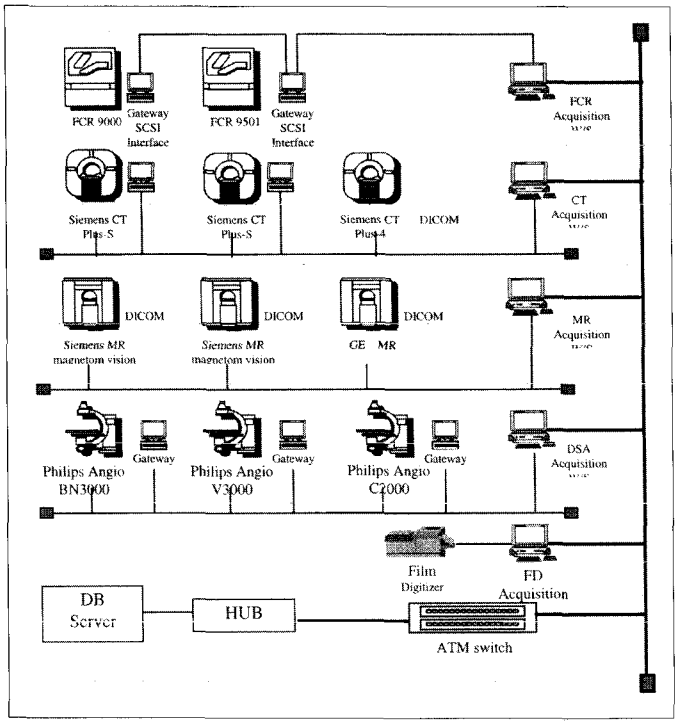


그림 2. 각장비별 Acquisition Workstation

2. AMC PACS 의 구성

2-1. 영상 획득부(Image Acquisition)

영상획득부(Image Acquisition)는 PACS에서 촬영장치(CT, MR, CR, DSA..)와 가장 가까이 있으며 발생된 영상을 순차적으로 획득하여 전송하는 일과 영상 저장부에 데이터를 저장하고 데이터베이스에 영상 데이터의 정보를 전달하는 역할을 한다. 의료 장비에서 사용되는 표준 프로토콜인 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)을 이용 하여 장비에서 직접 획득하는 경우와 Gateway를 사용해 얻는 간접적인 경우가 있다.

각 장비별 Acquisition Workstation (AWS)을 그림2와 같이 별도로 설치하여 데이터 획득의 분산과 Workstation 장애 발생시 데이터 backup기능도 가능케 하였다.

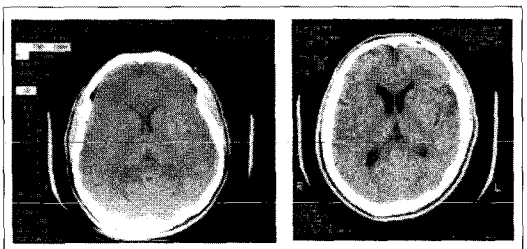
개발 1단계 PACS에 연결되어 있는 의료장비는 CR, MR, DSA, CT가 있으며 수량과 장비의 종류는 다음(표1)과 같다.

2-2 영상표시부 (Image Display)

AMC PACS는 여러장비로부터 얻어지는 정보에 대해서 기능이 같으나 다양하게 표시된(그림3) 정보와 CT나 MR, DSA등 다양한 검사들에 대해 영상들의 독특한 특성을 일관된 사용환경으로 표현(그림4) 하였다.

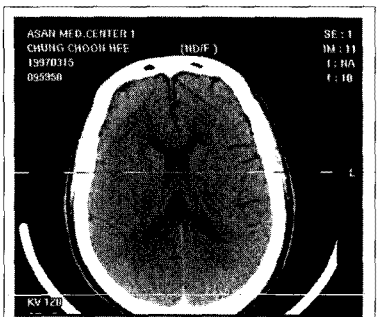
표 1. AMC PACS에 연결된 의료장비와 networkde environment

구 분	장 비 명	수 량	Interface 방식
CT	Siemens Somatom Plus-S	2	Dejarnette
	Siemens Somatom Plus-4	1	DICOM
MR	GE Signa Advantage	1	DICOM
	Siemens Magnetom Vision	2	DICOM
DSA	Philips Integris V3000	1	MergeCOM-3
	Philips Integris BN3000	1	MergeCOM-3
	Philips Integris C2000	1	Dejarnette
CR	FCR9000HQ	1	DASM (Fuji SCSI)
	FCR9501HQ	1	DASM (Fuji SCSI)
FD	Lumisys Lumiscan200	1	SCSI



Picker 1200SX Image GE 9800 Image

그림 3.



AMC PACS Display Image

그림 4.

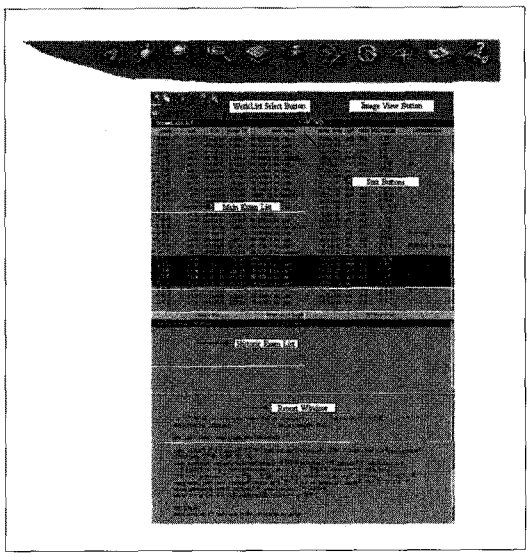


그림 5. 한단계로 나타낸 Tool icon

또한 판독 보고서의 한글 입력 가능 등의 환경을 직관적이고 사용하기 쉬운 인터페이스를 제공하는 사용자 중심으로 설계·구현하였고 이를 위해 자주 사용하는

기능은 다단계의 메뉴 구조에서 한단계로 줄이고(그림 5) icon 화 시켜 사용자 상호작용을 최소화 시켰다.

응답 시간의 최소화 부분에서 Image Size가 가장 큰 CR(Breast Image) 의 경우 평균 8MB(1770 x 2370 x 10-bit)로써 응답 시간이 2초 이내에 display 되도록 하였다. 또한 한번에 화면에 표시될 수 있는 영상의 수가 한개 이상일 경우 일단 화면에 채워지면 나머지 영상들은 사용자의 작업에 영향을 주지않으면서 background process를 통하여 다음 영상을 받아 오도록 되어있고 다음 영상들을 조회할 경우 즉시 display 되도록 하였다.

AMC PACS 의 경우 진단 방사선과, 신경외과, 신경과 등에 설치된 영상의 Quality control을 위해 설치된 워크스테이션은 모두 SUN호환기종의 워크스테이션과 고해상도 모니터를 사용하였다. 차후 전과를 대상으로 확산할 경우에는 임상과는 PC를 토대로한 (17 inch 크기의 1024 x 768 해상력) 모니터를 사용하여 구축하는 것을 고려 중이다. 표 2는 영상 표시를 위하여 현재 설치된 모니터 등의 구성을 나타낸 것이다.

2-3 영상저장부(Image Storage and Management)

2-3-1 일반적 구성 설계

영상 저장부의 설계시 고려 대상이 되어야 할 중요한 점은 데이터 안정성 보장과 장애 발생시 복원능력 그리고 고속전송능력 등을 예로 들 수 있다. 첫째로 데이터 안정성 보장이라 함은 진단방사선과(2200병상) 1년 발생 예상량이 7.5TB 정도인데 데이터 안정성을 저장 장치에만 의존하고 있기 때문에 만일 저장 장치의 파손으로 데이터가 손실되면 그 결과는 실로 엄청난 불행을 초래할 수 있다. 따라서 데이터 안정성 보장은 시스템 설계시 최우선적으로 고려 대상이 되어야 한다.

둘째로 시스템의 운용 도중 장애 발생시의 복원 능력인데 데이터의 안정성이 보장된다 하더라도 시스템의 장애가 발생되었을 때 이를 복구하는데 많은 시간이 소요된다면 시스템 운용에 큰 차질을 발생시킬 수 있기 때문에 이 또한 중요한 과제로 지적할 수 있다.

마지막으로 고속전송능력 보장을 들 수 있는데 이는 이미지의 압축과 복원, 데이터베이스 및 네트워 등에도 상관관계가 있기 때문에 이 또한 충분히 검토의 대상이

표 2. 모니터 구성

항 목	진 단 용	임 상 용	비 고
Monitor 최대 Resolution	2048 x 2560	2048 x 2560	
Graphic card Resolution	1280 x 1600	1280 x 1600	2048 x 2560 개발중
Monitor수(ea)	4	2	1 ~ 8대 configurable
Size(inch)	21	21	
Brightness (foot-ambert)	120	65	
Refresh rate(Hz)			

된다.

이러한 구성 설계를 바탕으로한 AMC PACS 의 영상 저장 구성을 살펴보자.

2-3-2 AMC PACS Server의 구성

AMC PACS Server는 크게 3가지 부분 즉 File Server, DB Server, Archive Server로(그림 6) 나눌 수 있다.

첫째로 File Server는 단기 저장 장치(Short Term Storage)에 이미지를 저장, 압축, 복원 및 관리를 하는 서버이다. 이는 103GB용량의 두 대를 mirroring 방식으로 설치 운용하며, 진단 방사선과에서의 판독 및 임상과에서의 진료를 목적으로 이미지 조회 가능성이 높은 영상을 저장한다.

둘째로 DB Server는 이미지에 대한 각종 정보, 환자 정보 등을 안정적으로 RAID 저장 장치에 관리하여 이미지 관리와 환자 정보관리의 독립적으로 수행하여 전체 시스템의 효율성을 극대화한다.

세째로 Archive Server는 장기 저장 장치(Long Term Storage)를 이용하여 영상 획득부에서 획득한 모든 영상을 WORM type의 media를 사용해 영상 데이터의 파손 및 갱신을 금지하고 영구 보관토록 설계 되었다.

이러한 구성을 바탕으로 저장 장치의 사양은 표 3과 같다.

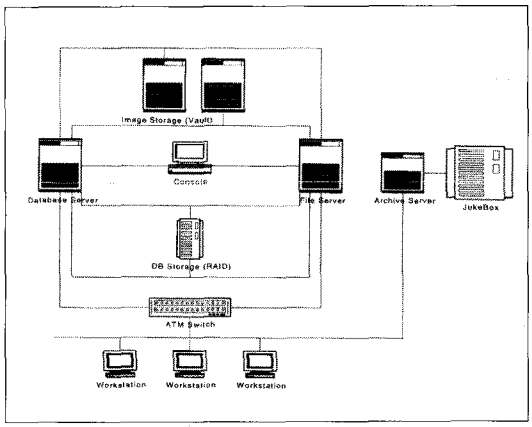


그림 6. PACS System 구성도

또한 장애 발생시에도 PACS 시스템의 서비스가 중단되지 않도록 하며, 5명의 동시 사용자가 8MB CR Image를 조회한다는 것을 전제로 고속의 Image전송 능력 및 안정성을 보장하기 위하여 다음과 같은 구체적인 특성을 갖추었다.

1) 안정성에 대한 설계 측면

- Mirroring 되어있는 두개의 STS를 준비하여 한쪽의 STS장애시 다른 한쪽의 STS로 자동적으로 mount 되어 서비스를 하는 동시에 복구가 진행되도록 구성되어 있다.

- Network Adapter의 장애를 대비하여 서버에 모두 OC3 Level의 Adapter이 모두 4장이 장착되어 모든 Adapter 또는 Link에 장애가 일어나지 않는 한 서비스가 지속 되도록 구성되어 있다.

표 3. 저장 장치

구 분	종 류	용 량	수 량	비 고
단기저장장치	Disk Array	103GB	2	mirroring
장기저장장치	Optical DiskJukebox	1.5TB	1	1년 저장용

- High Availability기능을 이용하여 File Server와 DB Server가 서로의 상태를 Cross Checking하

여 장애가 발생하면 정상인 상태에 있는 Server가 상대방의 Resource(Vault , RAID)를 차지하여 서비스가 지속되도록 한다.

- AMC PACS Application Daemon들의 상태를 점검하여 Monitoring 해주고 Daemon 프로세스의 실행이 중단되었을 때 자동으로 해당 프로세스를 기동 시켜 주도록 설계

- AMC PACS Client Application들은 주기적으로 서버들의 상태를 점검하여 현재 서비스가 가능한 서버로 자동적으로 Connection을 연결하도록 설계

2) Performance에 대한 설계 특징

- 250MHz RISC CPU 6개, 512 MB Memory를 장착하여 이미지의 압축 처리 및 STS의 충분한 Cache를 이용하도록 설계

- 이미지 서버와 STS의 구성을 보면 6개의 Wide SCSI Channel을 이용하여 4.3GB HDD 4개씩 직렬로 구성하여 Striping시킴으로써 이론적으로 120MB/sec, 실제적으로 60MB/sec의 I/O Performance를 내도록 구현

- 이미지 서버에 4장, DB 서버에 3장의 ATM Adapter를 장착하여 이론적으로 10MB/sec, 실제적으로 40MB/sec 의 Network Speed를 지원토록 구현

- Concurrent Service Daemon 구조로써 구현하여 Queuing없이 즉각적인 서비스 실행

- Multi File Server & Archive Server 지원 구조로써 Client 수의 증가에도 성능저하 없이 유연하게 대처할 수 있도록 설계

- Viewing Service의 속도 향상을 위하여 STS에 저장하는 Image는 Full Image로 저장하도록 구현

2-3-3 고속 전송 능력

고속 전송의 능력을 향상시키고 저장장치의 효율성을 증대시키기 위해 영상을 압축 및 복원하는 방법으로 S/W적 알고리즘을 사용하여 단기저장장치와 장기저장장치에 영상을 압축하여 저장하며 영상 표시부에서는 압축된 데이터를 복원하여 나타내준다.

영상 압축은 ISO의 영상 압축 표준인 JPEG를 사용하였으며, modality별로 각각 lossless와 lossy방법을 사용하였다. 표 4는 modality별 영상의 압축율과 압축방식을 나타낸 것이다.

고속 전송의 일환으로 저속의 장기 저장 장치의 단점을 극복하기 위하여 영상 표시부에서 요구하는 모든 영

표 4. 영상의 압축 율과 압축 방식

Modality	Image Size	평균압축율	압축방식
CR	8MB	15.4:1	lossy
CT	0.6	2.2:1	lossless
MR	0.2	2.7:1	lossless
DSA	2	2.0:1	lossless

상은 단기저장장치에 위치하도록 Database의 정보를 검색 및 가공하여 영상을 선정, 단기저장장치에 저장 또는 삭제하는 Prefetch 와 Migration작업으로 나누어 설계되었다.

Prefetch는 Database의 진료예약정보를 참조하여 장기저장장치로부터 단기저장장치로 영상을 이동시키고, 익일 진료예약환자의 영상을 금일 야간시간을 이용하여 단기저장장치에 저장하는 batch-Prefetch와 사용자 요구에 의하여 실시간으로 이동하는 Online-Prefetch 가 있다.

그리고 Migration작업은 단기저장장치에서 일정시간의 저장기간 경과 또는 진단 방사선과 및 임상과 등에서 판독 및 결과 조회가 끝난 이유로 조회의 회수가 적을 경우 단기저장장치에서의 삭제를 의미한다.

상기의 두 가지 작업에 의하여 한정된 용량의 단기저장장치에 영상 표시부에서 필요한 영상만을 선별하여 관리토록 설계(그림7) 하였다.

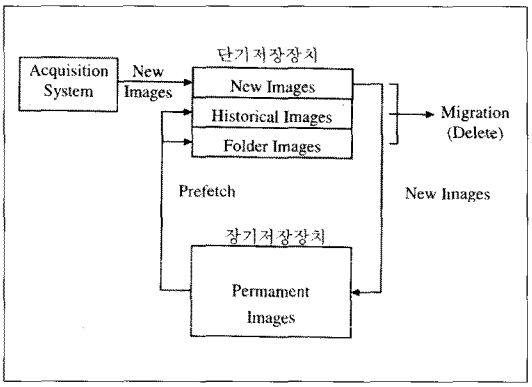


그림 7. Prefetch 와 Migration의 작업 흐름

2-4 데이타 베이스(Database)

AMC PACS에서 Database의 큰 특징은 Database Control이 Image File에 있다는 것이다. 대부분의 경우에 Image가 Database에 Blob이나 Graphic형태의 Format으로 보관되어 있지 않을까? 라고 생각할 수 있다. 그러나 PACS는 그 작업의 특성상 Data의 크기가 방대하고 빠른 Service 속도를 요하고 특히 DICOM이라는 의료 전용 Format을 사용하고 있기 때문에 Database에 보관하기 곤란하다. 혹 Image를 Database에 보관한다 하더라도 Tera급의 Data를 어떻게 관리하며 관리한다 하더라도 그 방대한 양을 Hard Disk에 둔다는 것은 거의 불가능한 일이다.

만약 그래도 Database에 두게 된다면 Hard Disk는 너무 적어 사용할 수 없는 문제가 발생한다.

때문에 Juke Box를 사용해야 하고 그러면 원하는 속도의 Image Service는 상상도 못하는 것이다.

이러한 이유 때문에 AMC PACS Image는 File로 보관해야 했고 그에 맞는 해결책을 찾게 되었다.

첫번째 해결책은 Image File이 Database에 있는 것처럼 사용하기 위한 Indicator를 두는 것이었다. 그러나 이것만으로도 해결되는 것은 아니다.

File의 크기와 개수가 상상외로 방대하고 크기때문에 Hard Disk에 두기가 어렵다. 그렇다고 Juke Box에만 쌓는다면 Image Service가 속도상의 문제를 발생 시키기 때문이다.

두번째 해결책은 고속 Hard Disk를 Buffer로 두었다. 그래서 이것과 관련 있는 Cache Flag를 Database에서 같이 관리한다. 이 Database는 PACS이기 때문에 가져야 할 Database와 Image File의 특성이다. 그리고 Image들은 검사(Exam) 단위로 묶어서 관리하는 것이 합당하지만 Conference나 관련 증상의 연구용으로 개인 혹은 관련된 과가 필요로 하는 경우가 있다. 이 때에 관심 있는 하나의 Image File의 Service를 위해 묶여진 검사(Exam)을 전부 고속 Hard Disk에 보관하는 것은 System Resource의 낭비라는 관점에서 문제가 있다.

세번째 해결책으로 이런 낭비를 막기 위해 각 Image 당 Cache 관리를 따로 하는 Flag를 Database는 관리하

도록 하였다.

이렇게 구성된 Database의 용이성에 대하여 예를 들어 설명하자면 다음과 같이 들 수 있다.

『사용자는 목록에서 원하는 환자의 연령이나 성별, 병원을 찾은 날짜 등의 Text Data는 Database에서 읽어서 10Mbps의 Ethernet을 통해 Service한다.

Data의 양이 적기 때문에 Service속도는 만족할 만하다. 사용자는 원하는 환자를 찾기까지 Database를 이리저리 Navigation한다. 그러다가 원하는 Data를 찾았을 경우 궁극적으로 보고자 하는 Image를 요구한다. 그러면 이때 Database는 고속 Buffer(고속 Hard Disk)에 있는 Image File의 Indicator를 찾아서 그것을 Service할 것을 알린다. 그러면 File Server Demon에 의해 큰 Image File(Text Data에 비하면 아주 방대한 것)은 ATM 통신망을 통해 Service된다. 이 때 Hard Disk도 고속이며 Data 전송망도 고속인 ATM 이므로 그 Service 속도는 만족할 만하다.』이러한 내용을 Interface 부분과 Index 관리부분으로 간략히 정리해보면

1) AMC PACS와 HIS Interface

- 환자 이름과 검사명 등의 기본정보는 HIS에서 관리
- 별도의 RIS(방사선 정보 시스템)는 사용하지 않는다.
- HIS에서 환자가 접수되면, 접수 정보가 HIS 테이블에 Insert되고 이것은 Trigger를 발생.
- Interface Demon이 구동 되어 관련된 정보를 TCP/IP Socket으로 PACS Interface에 전송하면 PACS Database에 해당 Data가 Update된다.
- 방사선과 판독결과도 위와 같은 trigger 방식을 이용하여 HIS Database와 PACS Database에 동시에 update하게 된다.
- 검사결과 등 한글을 기본으로 하는 HIS 정보를 PACS Database에서 그대로 사용할 수 있다는데 장점이 있다.

2) Image Index 관리

- PACS에서 Image Data File과 저장된 위치 및 관련된 데이터 정보는 별도로 관리(이원화된 정보관리는 저장 장치와 관련하여 많은 양의 영상을 효율적으로 관리 가능하기 때문에).
- 저장장치에서 영상은 필요시마다 prefetch와 migration을 수행하며 장기저장장치에서 단기저장장치로 이동하게 되거나 단기저장장치로부터 삭제된다.
- 영상 표시부에서 사용자는 저장장치의 folder속에 관심영상을 보관할 수 있다. 이러한 과정에서 영상 데이터가 저장되어 있는 위치 또는 링크 정보가 자동으로 변경되고 관리된다.

2-5 네트웍(Network)

AMC의 현대PACS 네트워크시스템은 10Gbps의 High Bandwidth를 가지는 고성능 ATM Backbone Switch를 기반으로 의료 영상을 처리한다. 또한, 100Mbps의 FDDI를 기반으로 하는 Collapsed Backbone으로 모든 데이터베이스를 처리하며, 각종 Interface를 지원한다. 이를 구분하면 다음 3개의 요소로 분류할 수 있다.

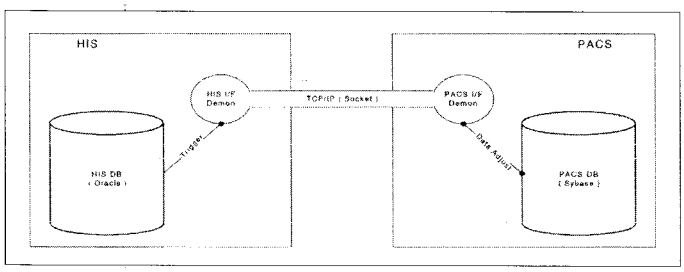


그림 8. HIS와 PACS 인테페이스 구성도

- 155M bps ATM Network : 초고속 이미지 데이터 전송망
- FDDI Collapsed backbone : 고속 데이터 베이스 망
- 10M bps Ethernet : Image Data 획득 망

ATM네트워크는 고속의 의료 영상 전송을 담당하는 네트워크로서 1대의 Main ATM Switch와 155M bps 대역폭의 OC-3c 링크로 구성된다. OC-3c의 각 링크는 Multimode Fiber Optic Cable을 사용한다. Multimode Fiber Optic Cable은 어떠한 중계 장비의 도움을 받지 않고도 최대 2 Km까지 데이터 신호를 전송할 수 있다. PACS의 모든 이미지 데이터가 집결되어 분산되는 File Server는 4개의 155M bps OC-3c 링크를 갖는다. 따라서 File Server는 총 620M bps (4 x 155M bps)의 대역폭으로 PACS 시스템 내의 모든 영상 관련 클라이언트들을 서비스한다.

ATM에 직접 접속될 수 없는 클라이언트들은 10M bps Switched Ethernet으로 구성되어 있으며, 100M bps FDDI를 통하여 Server와 데이터를 주고받는다.

특히 고속 데이터베이스망은 PACS 시스템 내의 모든 클라이언트들을 통합하는 네트워크로서 100M bps 전송-대역폭을 갖는 Dual-FDDI를 Backbone으로 하는 10M bps Switched Ethernet으로 구성된다. FDDI Backbone은 1.6G bps의 대역폭을 갖는 Switching Hub를 중심으로 다수의 FDDI Dual Ring으로 구성되며, 클라이언트와 FDDI를 연결하는 장비로는 Ethernet Switching Hub가 사용된다. 데이터베이스의 데이터 전송이 주기능이며, ATM 링크로 접속될 수 없는 일부 클라이언트의 이미지 전송도 담당한다.

HIS와의 인터페이스 및 WAN 장비를 통한 원거리 병원들과의 접속 기능도 제공한다.

Image 데이터 획득 망은 각 Modality나 Modality Gateway로부터 해당 Acquisition 워크스테이션에 영상을 전송하기 위한 네트워크이다. 많은 양의 데이터를 실시간 서버에 저장하기 위하여 Acquisition 워크스테이션과 서버간은 155Mbps OC-3c ATM링크를 사용하였으며, 각 Modality 및 Modality Gateway와 워크스테이션은 10Mbps의 전송 대역폭을 갖는 Ethernet으로만 구성된다. 동일 형태의 Modality와 해당 Acquisition 워크스테이션이 하나의 Ethernet Segment를 형성하며 각

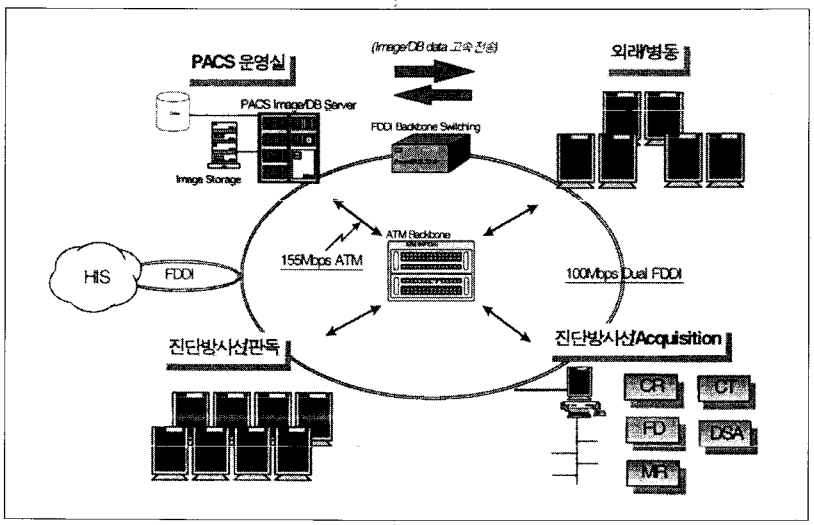


그림 9. PACS Network 구성도

Segment는 Switching Hub를 통하여 서로 연결된다. 그림 9는 네트워크 구성도를 나타낸것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 서울중앙병원에 1단계로 구축한 AMC PACS의 각 요소 기술과 이들이 효율적으로 통합된 시스템 구조에 대해서 살펴보았다. 실제구현시 이러한 통합 기술의 성능과 안정성, 확장성, 경제 성등 모두를 만족하는 solution을 찾기 위하여 많은 노력을 하였고, 특히 각종 장비의 선정 작업 및 안정화, 영상 압축/복원 기술 확보에 많은 시간을 할애하였다.

현재 1단계를 개발 완료하여 1997년 3월부터 진단방사선과, 신경과, 신경외과에 실제로 적용 중이며, 많은 편리한 점도 있으나 개발1단계 완료이기 때문에 업무의 이중성도 배제하지 않을 수 없다.

그러나 이러한 어려운 환경에서도 이미지를 전송하는 검사부서나 이미지를 조회하는 사용자간의 계속적인 노력이 필요하겠고 이를 바탕으로 시스템의 성능 및 신뢰성을 높여간다면 작금에 의료 시장 개방을 앞둔 국내 병원들이 PACS도입 또는 개발을 적극 검토 중인 현실을 감안할 때, AMC PACS가 이들 병원들을 위한 하나의 성공적인 모델로서 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 대한디지탈영상기술학회지 - 제2권, 1996
2. IEEE Communications Magazine -July 1996
3. "Understanding PACS", Society for Computer Application in Radiology, 1992
4. AMC-HIT, "AMC PACS 개발사양서", 1995
5. AMC-HIT, "AMC PACS manual", v1.1 1996
6. "CoMed-Cooperation in medicine" ERCIM-News,No 21,Apr.1995,p.23
7. T.Okabe, "PACS:Perspective of Key Technology," Medical Imaging Tech,vol.133