

## 시범 MPAC 시스템 개발에 관한 연구

김근섭 · 임호근 · 권용무 · 이재천 · 김형곤

= Abstract =

### A Study on the Development of a MPACS

K.S. Kim, H.G. Lim, Y.M. Kwon, J.C. Lee, and H.G. Kim

In this paper, we present a result of our study on how to construct a pilot MPACS (medical picture archiving and communication System) based on X-Window system. The proposed MPACS is composed of image acquisition units, image archiving and processing units, display units, and all units are interfaced with a LAN.

The image management is done according to the TIFF (Tagged Image File Format), and the display system is built upon generally accepted software packages, namely the X-Window system. Also, lossless and lossy digital image compression methods were implemented and tested with X-ray and CT images.

#### 1. 서 론

최근 HIS (hospital information system) 및 RIS (radiological information system) 기술의 발달과 함께 고성능 MPACS (medical picture archiving and communication system)의 실용화를 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 또한 이와 병행하여 병원내 고도의 정보통신 체계가 구축되면서 HIS/RIS/PACS 시스템 상호간의 접속을 시도하여 장차 종합 의료 진단 시스템을 실용화 하기 위한 연구도 꾸준히 진행되고 있다[1][3][6]-[8].

병원내 모든 정보 자원을 디지털 체계로 전환 및 대체하는 MPAC 시스템 기술은 한정된 공간이나 시간 혹은 의료 자원을 효율적으로 운영하는 것이 가능하도록 한다. 특히 기존의 필름이나 마그

네틱 테이프를 사용하는 기록보존 시스템보다 온라인화된 ODL(optical disk libraries)을 사용하는 시스템의 장점으로는 디지털 형태의 기록 가능, 자료에 대한 접근이 용이, 자동화 가능, 자료 보관을 위한 공간이나 시간의 절약 및 자료에 대한 신뢰도의 증가 등을 들 수 있다.

그러나 실제 진료를 담당하는 방사선과 의사들은 위 디지털 의료 영상 시스템의 장점에는 대체적으로 공감을 하지만 여전히 기존의 필름 시스템 체계를 선호하는 경향이 있다. 이러한 이유로는 MPAC 시스템에 익숙하지 못한 점, 즉, man-machine 접속에 미숙하다는 점을 들 수 있다. 이외에도 기존의 라이트 박스와 비교할 때 CRT 화면의 밝기에 적응이 되지 않는 점, 영상 및 자료 처리가 느리다는 점 및 제한된 수의 CRT 화면 등을 들 수 있다. 한편, MPAC 시스템을 구축하는데 있어서 고려해야 할 가장 중요한 요소는 방대한 의료 영상을 어떻게 처리할 것인가 하는 기술적인 문제

(접수 : 1991년 10월 30일)

한국과학기술연구원 집적시스템연구실  
Integrated Systems Lab., KIST

가 지적되고 있다.

그래서 본 논문에서는 위에서 언급한 사항을 고려하여 시범적인 MPAC 시스템을 구축하였으며 크게 3가지 사항으로 나눌 수 있다. 첫번째는 디지털 의료영상 데이터의 효율적인 관리와 병원간의 호환성을 위하여 모든 의료 영상을 산업영상 표준 포맷인 TIFF 화일로 설계하였다. 두번째는 디지털 의료영상 데이터의 저장과 전송을 위하여 무손실 압축과 손실압축 시스템을 구축하였다. 마지막으로 X윈도우를 이용하여 디스플레이 응용 프로그램을 구현하였다.

## 2. MPAC 시스템의 개요

MPAC 시스템이 갖추어야 할 최소의 구성요소는 (1) 기억장치 (2) 영상표시 워크스테이션 (3) 영상관리를 위한 공유 데이터베이스 관리 시스템 및 (4) 고속 디지털 통신을 위한 네트워크 시스템 등을 들 수 있다.

MPAC 시스템의 필수적인 구성요소를 고려하여 구축한 전형적인 MPAC 시스템은 그림 1과 같이 구성되며 MRI(magnetic resonance imaging), CT (computed tomography), DSA(digital subtraction

angiography), CR(computed radiology) 등과 같은 의료영상 획득을 위한 입력 시스템, 방대한 의료 정보를 저장하기 위한 jukebox 형태의 ODL로 구성되는 저장 시스템, 의료 정보의 효율적인 관리를 위한 IMS(information management system), 영상 정보의 표시를 위한 고해상도의 영상 출력 워크스테이션으로 구성되며 이와 같은 모든 부 시스템은 고성능 통신망(LAN)으로 연결되어 있어 각 스테이션 상호간에는 필요시 의료 정보의 고속 전송 및 접근이 가능하여야 한다[7].

또한 이외에도 MPAC 시스템의 성능 향상을 위하여 부가적인 시스템이 추가될 수 있으며 이러한 부 시스템으로는 병원 외부와의 통신이 가능하도록 하는 공중망 접속, 고성능 필름 프린터, X-ray 필름 디지털라이저, 방대한 의료 영상 정보의 효율적인 저장이나 전송을 위한 의료 영상 압축 시스템, 진단 결과를 음성으로 저장하거나 음성을 이용하여 시스템을 동작 시키기 위한 음성합성, 음성코딩 및 음성인식 시스템 등을 들 수 있다.

## 3. MPAC 시스템 구성

본 연구에서 구축한 시범적인 MPAC 시스템은

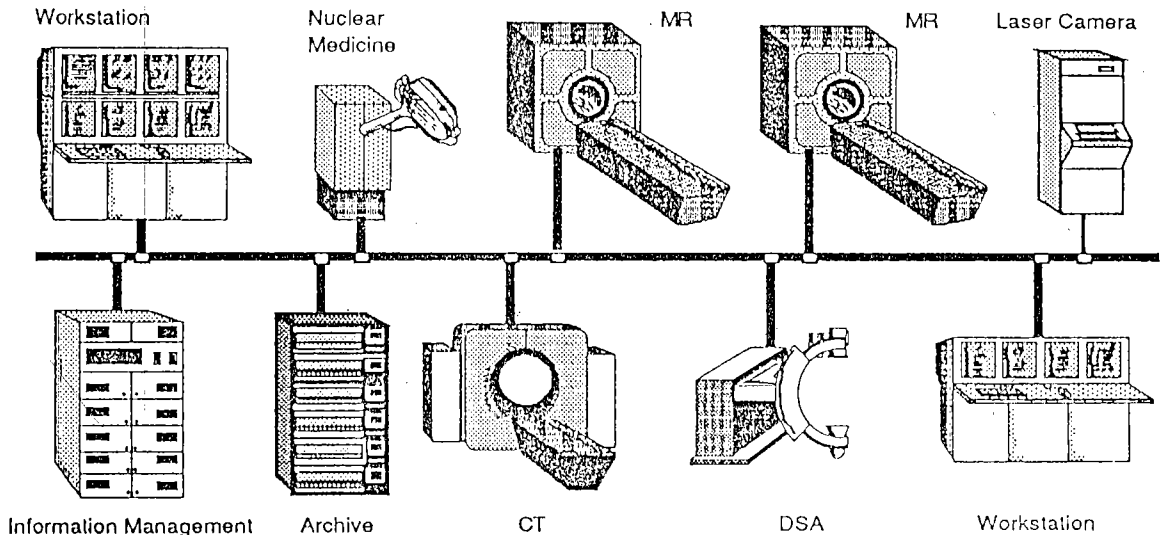


그림 1 전형적인 MPAC 시스템의 구성도  
Fig 1. Block diagram of a typical MPACS.

그림 2와 같이 나타낼 수 있으며 의료 정보 입력부, 의료 영상 압축부, 의료 영상 출력부와 지역망 및 광대역 통신망 접속부로 나눌 수 있다. 또한 전체 시스템은 10 Mbps 급 Ethernet으로 접속된 지역망을 형성하고 있고 gateway를 통하여 외부와 통신이 가능하도록 구축하였다.

본 MPACS에 적용한 실험환경은 다음과 같다. 디지털 의료영상 데이터의 수집을 위하여 Truvel사의 TZ-3X X-ray 필름 스캐너를 사용하였다. 성능 실험에 사용한 흉부 X-ray 의료영상은 8비트 gray scale, 1024×880 해상도를 가지며 이러한 실험용 흉부 의료 영상은 총 19개이다. 또한 두개골 CT 의료 영상은 8비트 gray scale, 720×560 해상도를 가지는 총 19개이며 하나의 CT 영상에는 4개의 두개골 영상과 환자정보인 문자까지도 포함하고 있다. 모든 영상 데이터의 압축처리는 SUN 4/370 워크스테이션에서 수행하였다.

### 3.1 의료 영상 입력부

MPAC 시스템에서 입력부의 주 역할은 의료영상 정보를 획득하는 부분으로서 X-ray 필름이나 CT 필름과 같은 아날로그 의료영상 정보로부터 디지털 의료영상을 획득하거나 원격 진단을 위해서 원격지로부터 전송되어온 의료영상 정보를 수신하여 주전산기에 저장 혹은 접속시키는 것이다.

현재 구축된 시스템에서 입력부는 그림 2에서와 같이 크게 2부분으로 구성되어 있다. 첫번째는 gateway를 통하여 외부 컴퓨터로부터 전송되어온 의료영상 정보를 획득하는 부분으로서 원격 진단 용에 사용된다. 이때 수신된 의료영상 정보는 LAN을 통하여 의료영상 표시장치나 처리장치에 직접 접속될 수도 있고 일단 저장장치에 두었다가 필요에 따라 추후에 사용할 수도 있도록 하였다.

입력부의 또 다른 부분은 스캐너를 통하여 직접

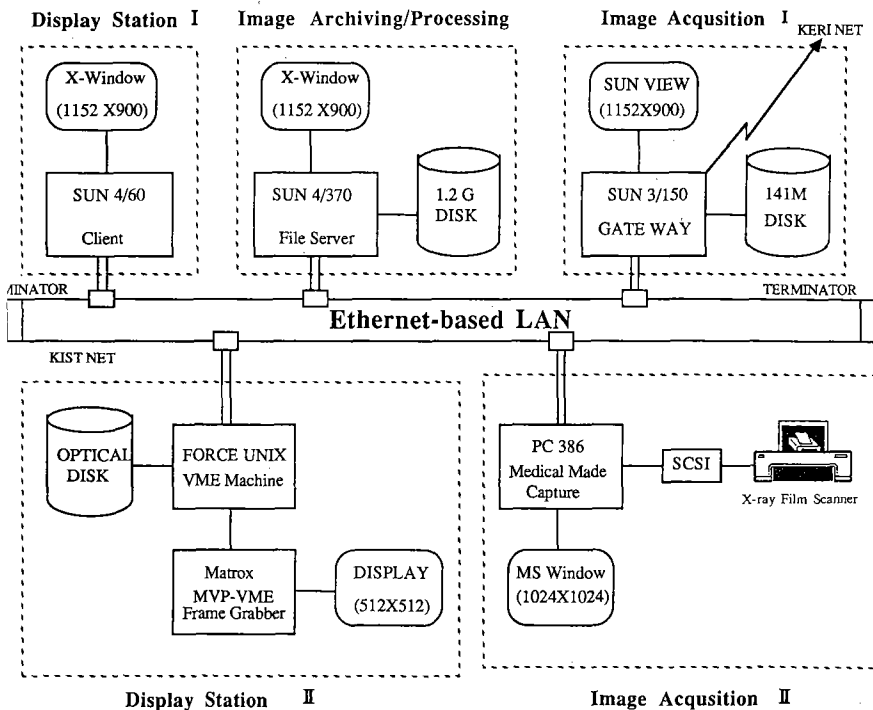


그림 2 구축한 MPAC 시스템의 구성도  
Fig 2. Block diagram of the pilot MPACS.

의료영상을 획득하는 부분으로서 X-ray 필름 스캐너와 PC 그리고 스캐너와 PC를 연결하는 SCSI (small computer system interface)로 구성된다. 입력부에서 가장 중요한 부분은 필름 스캐너 혹은 디지털라이저(digitizer)로서 의료 영상의 경우 특별히 고성능을 요구한다. 구축한 MPAC 시스템에서는 의료영상 전용 스캐너인 Truvel 사의 TZ-3X X-ray SPEC를 사용하였다.

PC는 입력부의 주전산기로 RCD(removable cartridge drive)와 SCSI를 제어하며 획득한 의료영상을 MS 윈도우 상에서 디스플레이 할 수도 있다. X-ray 혹은 CT 필름 영상은 스캐너를 통하여 디지털 영상으로 변환되고 획득한 디지털 의료 영상은 광범위하여 사용되는 TIFF 화일 형태로 저장되어 LAN을 통해 SUN이나 FORCE와 같은 주 워크스테이션으로 전송되어 저장하거나 처리하였다.

일반적인 TIFF 화일 구조는 그림 3과 같이 IFH (image file header), IFD(image file directory), DE (directory entry)로 구성되며 구축한 MPAC 시스템에서 채택한 표1의 TIFF는 그림 3의 TIFF 화일 구조를 근간으로 하여 설계하였다[5]. 이는 디지털 의료영상을 획득하는 기기가 다른 시스템이나 병

원간의 호환성을 주며 의료영상의 처리, 디스플레이 등을 용이하게 한다.

### 3.2 의료 영상 압축부

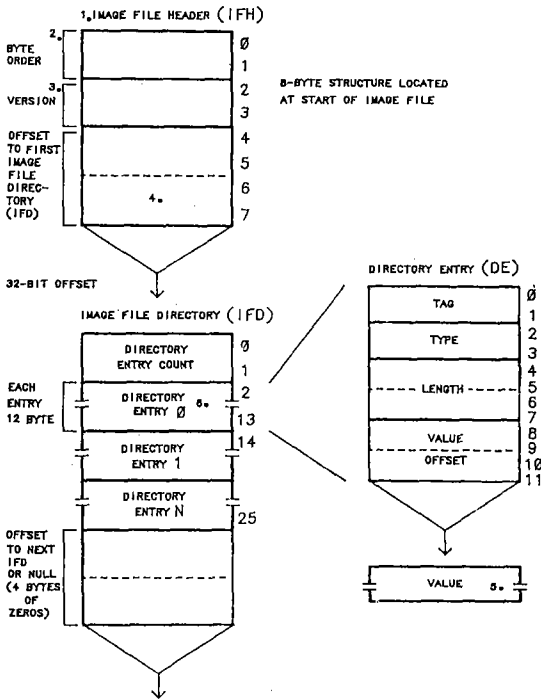
MPAC 시스템에서 의료 영상 압축부는 압축기술에 따라 크게 무손실 압축부와 손실 허용 압축부로 구성되어 있으며 이들 두 압축부를 선택적으로 사용하여 의료영상을 압축하였다. 손실허용 압축부는 적절한 신뢰성을 유지하는 범위내에서 입력 의료영상을 압축하므로 높은 압축률을 구현할 수 있기 때문에 방대한 의료영상을 효율적으로 저장 및 전송할 수 있도록 해준다. 반면에 무손실 압축부는 압축률은 높지 않지만 입력 영상과 완전히 일치하는 복원 영상을 재생할 수 있으므로 고신뢰성을 필요로 하는 의료 영상에 적용할 수 있다. 그림 4와 그림 5는 구축한 디지털 영상 압축 시스템(손실 허용과 무손실)의 블럭도이다.

한 프레임내에서 예측기법을 사용하여 영상의 중복성을 제거하기 위해서는 그림 5와 같은 2차원 DPCM(differential pulse code modulation)이 가장 적절하며 이 기법은 현재 부호화하고자 하는 신호를 선형예측하고 이렇게 예측한 신호와 실제의 영

표 1 설계한 TIFF 태그

Table 1. TIFF tags.

Num	Tag Name	Tag Value	Tag Type	Tag Length
Tags				
1.	BitsPerSample	258	SHORT	SamplesPerPixel
2.	ImageLength	257	SHORT/LONG	1
3.	ImageWidth	256	SHORT/LONG	1
4.	NewSubfileType	254	LONG	1
5.	PhotometricInterp	262	SHORT	1
6.	PlanarConfiguration	284	SHORT	1
7.	ResolutionUnit	296	SHORT	1
8.	SamplesPerPixel	277	SHORT	
9.	StripByteCounts	279	SHORT/LONG	
10.	StripOffsets	273	SHORT/LONG	
11.	XResolution	282	RATIONAL	1
12.	YResolution	283	RATIONAL	1



(주해)

1. 영상 파일 헤더는 파일에서 옵셋 0에 위치하여야 한다.
2. 바이트 순서 "II"(hex 4949)는 Intel에서 만들어진 영상화일에 대한 것이다. "MM"(hex 4D4D)는 Motorola에서 만들어진 영상화일에 대한 것이다.
3. Version은 항상 42(hex 2A)인데 절대로 바꿀 수 없다.
4. IFD는 영상파일 헤더의 다음에 있어도 되고 그렇지 않아도 된다.
5. Value가 Value 옵셋 필드에 맞다면 그곳에 그냥 둔다. Value가 맞지 않다면 Value가 위치한 곳에 있는 포인터(파일시작에서부터 파일 옵셋)을 포함할 것이다.
6. IFD entry는 Tag 값에 의해 오름 순서로 저장된다.

그림 3 TIFF 파일 구조

Fig 3. TIFF file structure.

상신호와의 차이를 부호화하여 전송하는 기법이다. 그림 5에서 R은 rounding 연산을 의미하며  $f(i, j)$ 는 실제 디지털 원영상 (8 bit),  $f_p(i, j)$ 는 예측신호,  $f_{pr}(i, j)$ 는 rounding 한 예측신호이며  $u_p(i, j)$ 는 차신호이고  $f(i, j)$ 는 복원영상이다.

무손실 압축부는 Huffman 부호화, Lempel-Ziv

부호화 및 산술 부호화와 같은 엔트로피 부호화 기법을 사용하여 구성하였으며 또한 DPCM 기법과 엔트로피 부호화 기법을 함께 사용하는 무손실 압축부도 구축되어 있다. 무손실 압축부는 SUN 4/370이나 Force 시스템 상에서 소프트웨어로 구현하였으며 압축된 영상을 복원하였을 때 입력영상과 완전히 일치하는 복원영상을 얻을 수 있었다.

성능 실험 결과 X-ray 영상에 대해서는 Huffman 부호화, 산술 부호화 및 Lempel-Ziv 부호화의 경우 각각 평균 1.12 : 1, 1.96 : 1, 1/28 : 1의 압축비를 보였으며 CT 영상에 대해서는 각각 평균 1.37 : 1, 1.73 : 1, 1.47 : 1의 압축비를 나타냈다.

한편, DPCM+Huffman 부호화, DPCM+Lempel-Ziv 부호화 그리고 DPCM+산술 부호화 기법을 사용하는 압축 시스템의 경우 X-ray 영상에 대해서는 각각 평균 2.64 : 1, 2

.54 : 1, 2.70 : 1의 압축율을 보였으며 CT 영상의 경우 압축비는 근소하게 감소되어 약 2 : 1 정도의 압축비를 나타내었다.

손실허용 압축부는 본 연구실에서 제안한 부분적 표준화 기법을 이용한 ADCTVQ(적응 이산여현 변환 벡터양자화) 시스템을 SUN 4/370이나 Force 시스템상에서 소프트웨어로 구현한 것이다[2].

의료 영상에 대한 압축 성능 실험 결과는 화소당 평균 0.3-0.6비트 할당하였을 때 흉부 X-ray 의료 영상의 경우 입력영상과 복원영상과의 SNR은 약 42-47dB 정도로 나타났으며 CT 의료 영상의 경우에는 평균 29-33dB 정도로 나타났다.

### 3.3 의료 영상 출력부

의료 영상 출력부는 획득한 의료 영상이나 저장된 의료 영상을 필요에 따라서 화면에 표시하는 장치로서 다음과 같이 3가지 방식으로 구현되어 있다. 첫번째는 TZ-3X X-ray 필름 스캐너로부터 획득한 의료영상을 PC MS 윈도우 상에서 1024 × 1024의 해상도를 갖는 영상을 표시할 수 있도록 하였다. 두번째는 SUN 4/60이나 SUN 4/370 워크스테이션의 X-윈도우 상에서 표시하는 방식으로서 최고 1152 × 900의 해상도까지를 지원한다. 세번째 방법은 Force UNIX VME machine에 장착된 Matrox 사의 MVP-VME 프레임 grabber를 이용

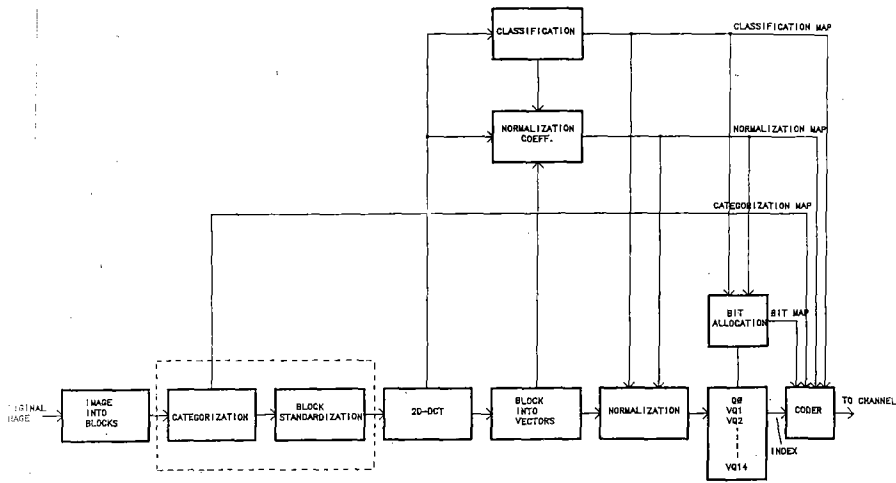


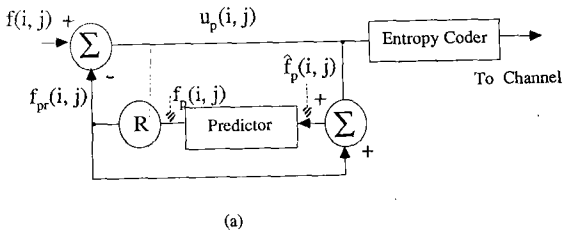
그림 4 구축한 손실허용 압축시스템의 블럭도  
Fig 4. Block diagram of the lossy compression system.

축 공개된 분산네트워크 상에서 여러 회사의 제품들을 포용하여 컴퓨터 자원 활용을 최대한 지원하는 환경의 요구를 충족시키기 위해서 제안된 방식이다.

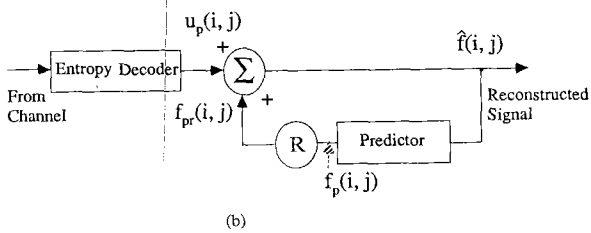
X 윈도우 시스템은 제공회사들에 대해 중립적인 자세를 유지하며 지역망 상에서 유연하게 구성할 수 있는 사용자/제공자 (Client/Server) 모델을 근간으로한 공개 시스템으로서 물리적으로 독립적인 응용처리와 표시 처리부를 X 프로토콜로 정의된 그래픽스 명령어를 통해 서로 통신이 이루어지게 한다.

X 윈도우는 유연성 있고 하드웨어 변화에 무관하며 또한 최근 UNIX를 기본으로 하는 윈도우 시스템의 표준으로 채택되어 있다. 따라서 본 연구에서도 장차 의료 영상 출력 방식은 표준화 동향에 따라 X-윈도우 방식으로 통일시킬 계획으로 있으며, 비단 의료영상 뿐만아니라 환자 정보나 의사 소견서와 같은 비영상 데이터와의 접속을 통하여 고성능 의료영상 처리 워크스테이션을 구축할 예정이다.

그림 6와 7은 X 윈도우 상에서 표시된 흉부 X-ray와 두개골 CT 의료 영상으로 손실 허용 압축 시스템에서 처리된 결과로 각각 (a)는 원 영상이고 (b)는 압축하여 복원된 영상이며 (c)는 (a)와 (b)영상의 차 영상으로서 실제 차 영상은 검은색



(a)



(b)

그림 5 DPCM을 이용한 무손실 압축 시스템의 블럭도 (a) 부호화기 (b) 복호화기

Fig 5. Block diagram of the lossless compression system using DPCM.

하여 표시하는 방식이며 최고 512×512 해상도의 영상을 고속으로 출력할 수 있다[1].

특히 위 세가지 출력 방식 가운데 X-윈도우를 이용하는 방식은 최근 엔지니어링 워크스테이션의 발달과 함께 발전한 컴퓨터 그래픽스의 환경이 구



a



b



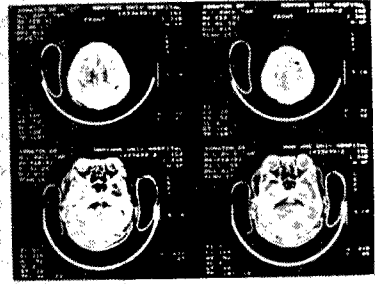
c

그림 6 “chest001” 흉부 X-ray 의료 영상 (“ct001”).

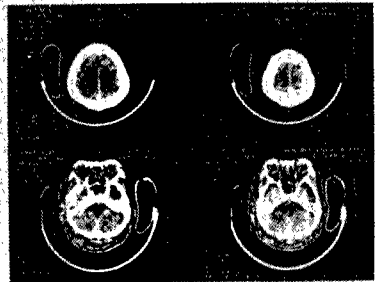
(a) 원 영상 (b) 복원 영상 (c) 차 영상

Fig 6. Chest X-ray image(“chest 001”).

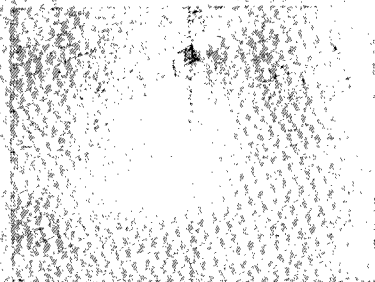
(a) original image (b) reconstruted image (c) dif-  
ference image.



a



b



c

그림 7 “ct001” 두개골 CT 의료 영상

(a) 원 영상 (b) 복원 영상 (c) 차 영상

Fig 7. Skull CT image(“ct 001”).

(a) original image (b) reconstructed image (c) dif-  
ference image.

근처 (“0” 주위의 값)에 집중되어 있으므로 CRT 화면에서 볼 때에는 별차이를 알 수 없으므로 시각적인 효과를 높이기 위하여 차 영상 값을 열배한 뒤 중간값인 “127”의 옴셋값을 더하여 디스플레이한 영상이다.

### 3·4 광대역 통신망 접속부

광대역 통신망 접속부는 내부 시스템을 연결하는 지역망과 외부 시스템과 연결되는 공중망 접속부로 구성된다. 내부의 의료기기를 10 Mbps 급 Ethernet으로 연결하는 지역망은 유용자원을 공유함으로써 결과적으로 운영 경비를 절감하게 할 뿐만 아니라 의료 정보를 고속으로 접근할 수 있게 함으로 의료 정보 접근시 불필요한 시간을 절감할 수 있게 해준다. Ethernet 접속부는 8 혹은 16 비트의 제어부가 주로 사용되었으며 이외에 맨체스터 부호화부 및 복호화부, 트랜시버부 등의 3부분으로 크게 나누어 질수 있다.

공중망 접속부는 gateway를 통하여 외부와의 의료 정보 통신을 담당하는데 농어촌과 같이 고급 의료진이 없는 외진 곳에서도 공중망을 통하여 의료 진단이 가능하게 하는 원격 의료진단 체계를 제공하며, 공중망을 통하여 병원 대 병원을 연결하여 전문 의료진들 간의 대화식 의료진단 체계를 제공할 수 있도록 구축하였다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 종합의료 진단시스템의 근간이 되는 MPAC 시스템에 대한 시범적인 시스템을 구축하였다. 특히 디지털 의료영상 데이터의 효율적인 관리와 병원 내외간의 호환성을 위하여 표준화 경향에 따른 TIFF 화일을 설계하였다. 그리고 방대한 의료 영상 정보의 효율적인 저장이나 전송을 위하여 극히 필요한 의료영상 무손실 압축시스템과 손실허용 압축시스템을 구축하였다. 또한 X 윈도우를 이용하여 디스플레이 워크스테이션의 근간이 되는 디스플레이 응용 프로그램을 개발하였다.

본 논문의 결과는 차장 실용화 될 종합 의료 진단 시스템을 실현하는 핵심 기술이 될 것이며 모든 국민이 저렴한 경비로 고급 의료 기술을 제공

받을 수 있는 의료 복지 설비의 기본 기술이 될 것이다. 그리고 일반적인 정지영상이나 동영상 압축기술(JPEC : joint photographic experts group, MPEG : moving picture experts group)을 본 MPAC 시스템에 적용한다면 확장된 MPAC 시스템이 될 것으로 사료된다. 또한 구축한 시범 MPAC 시스템의 보완·확장(고성능 영상 워크스테이션 개발, DB 관리 시스템 개발, 무손실 압축 시스템의 성능 개선)하여 보다 더 고성능의 MPACS를 구축할 예정이다.

### 참고문헌

- 1) 김근섭 외, “X 윈도우를 이용한 MPACS 환경 구축”, 대한전자공학회 하계종합학술대회논문집, 제14권, 제1호, pp. 406-409, 1991.
- 2) 박종현 외, “영상 압축을 위한 ADCT-VQ 시스템의 성능 개선”, 대한전자공학회 하계종합학술대회논문집, 제14권, 제1호, pp. 457-461, 1991.
- 3) 이태수 외, “의료용 화상정보의 저장 및 전송 시스템 개발”, 의용공학회지, 제9권, 제2호, vol 9, no 2, pp. 195-208, 1988.
- 4) Rao, K.R., and Yip, P. : Discrete Cosine Transform- Algorithms, Advantages, Applications : Academic Press, Inc, London, 1990.
- 5) C.A. Lindley, : Practical Image Processing in C : John Wiley & Sons, Inc, 1991.
- 6) C.L. Hall and J.H. Perry, “Simens Experience in PACS”, SPIE, vol 4, Medical Imaging IV : PACS system Design and Evaluation, pp. 354-359, 1990.
- 7) R.H. Freeman et al, “Operator Interface Design for a PACS Primary Diagnosis Workstation”, SPIE, vol 4, Medical Imaging IV : PACS system Design and Evaluation, pp. 430-441, 1990.
- 8) R.L. Arenson et al, “Software Considerations in the Design of an Image Archive”, SPIE, vol 4, Medical Imaging IV : PACS system Design and Evaluation, pp. 2-8, 1990.