

공중 전화망을 이용한 Emergency Teleradiology 시스템의 구성

유 선 국¹ · 김 선 호² · 김 남 현¹ · 노 근 수¹

¹연세대학교 의용공학교실, ²연세대학교 신경외과학교실

Construction of Emergency Teleradiology System Using PSTN

Sun K. Yoo¹, Sun Ho Kim², Nam H. Kim¹, Keun S. Rho¹

¹Dept. of Medical Engineering, Yonsei Univ., College of Medicine

²Dept. of Neurosurgery, Yonsei Univ., College of Medicine

= Abstract =

So many types of data like characters, documents, stil images, moving images and voices can be processed by computers. In addition, as the communication technologies, telephones, facsimiles, etc, are developed, these technologies have applied to diagnose patients at hospitals.

In this paper, we will report the Teleradiology system developed by our research team and the results. Image transmission is carried out via a Public Switched Telephone Network. And images transmitted are compressed by Discrete Cosine Transform based iterative residual coding techniqe. This technique is very useful at data transmission over the low-bandwidth channels. And recon- structed images have enough quality to do decision making.

1. 서 론

컴퓨터가 처리할 수 있는 자료의 형태가 문자의 범위를 벗어나 문서, 정지화상, 동화상, 음성으로 까지 다양화되었고, 전화, Fax등의 통신기술이 발전함에 따라 이러한 기술을 병원에서 환자 진료에 응용하기 위한 연구가 진행되어 왔다.

그 중 대표적인 예가 Filmless Hospital을 지향하는 PACS(Picture Archiving and Communication System)이다. 현대까지는 전세계적으로 10개 미만의 병원에서 PACS를 도입하여 시험적으로 가동하고 있지만 초기투자비용이 많이 들고 임상적으로 수용하기에는 기술적으로도 어려운 점들이 남아있다.

하지만 PACS의 한 분야인 Teleradiology는 전화선이나 전용선을 이용하여 의료영상을 다른 병원으로 신속

히 전송할 수 있고, 대형 병원과 소형 병원간의 협력에 의해 전문가의 정확한 진단을 기대할 수 있다. 이 시스템의 개발에 선두적인 역할을 하고 있는 미 국방성의 MDIS(Medical Diagnostic Imaging Support System) Project의 경우를 보면, 천재지변이나 전쟁시 인공위성을 통한 Teleradiology 시스템을 운용하므로써 많은 인명을 구제하는데 효용성을 발휘하였다.

현재 국내에서는 높은 교통사고 발생율과 환자들의 대단위 종합병원으로 편중되는 경향을 인하여 응급 수술을 요하는 수많은 환자들이 응급실을 통하여 내원하게 되며, 병실에 입원 중 상태가 악화되어 응급 조치를 요하는 환자들이 발생되고 있다. 그러나 이런 환자에 대한 Sugical, Medical decision making이 필요할 때 담당 주치의가 병원에 없거나 전공의들만으로는 치료 방침의 결정이 어려운 경우가 종종 발생한다. 이러한 경우 지금까지의 통상적인 방법으로는 전화를 통하여 담당 주치의와 상의하여 환자의 치료를 결정하거나 상황의 전달이 어렵거나 경우에 따라서는 틀린 결정을 내

본 논문은 1995년도 연세대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임

리게 될 가능성은 항상 존재하며, 시간적으로도 환자가 입는손실이 클 수밖에 없다.

이러한 필요성으로 본 연구팀에서는 Teleradiology 시스템을 개발하였다. 현재 이 시스템은 연세대학교 신촌 세브란스병원의 응급실과 신경외과 및 외과를 대상으로 시범 운영하고 있다. 본 논문에서는 본 연구팀에서 개발한 Teleradiology 시스템과 운용 상황을 보고하고자 한다.

2. System Requirement

Teleradiology 시스템은 기본적으로 다음의 사항을 만족하도록 구성되어야 한다. 설치비용을 최소로 하고 현재 갖추어진 시스템들을 최대한 이용할 수 있어야 한다. 위와 같은 기능이 지원되려면, 이미 설치되어 있는 전화선이나 전용선을 이용하여 영상을 전송할 수 있어야 한다. 또한, 영상 정보를 가장 빨리 원격지로 전송하기 위해 정보의 손실은 최소로 하면서, 전송 데이터의 양도 최소화하는 영상 압축 알고리즘이 필요하다.

1) Software구성의 Requirement

소프트웨어는 크게 User Interface부분과 영상의 압축 및 저장으로 나눌 수 있다. User Interface는 프로그램의 개발시 되도록이면 사용자가 사용하기 편한 환경을 고려해야 하며, 영상의 압축에서는 적은 시간동안 많은 정보량을 전송할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

1) User Interface

임상활용을 극대화시키기 위한 Teleradiology 시스템의 User Interface는 컴퓨터를 모르는 임상에도 쉽게 사용할 수 있도록 설계가 되어야 한다. 대부분의 기능들을 구현시킬 때 Key Board의 사용을 되도록이면 줄여 한 번의 키입력으로 모든 기능의 수행이 가능해야 한다.

수신한 영상들은 모두 저장하여서 필요시에 Review 할 수 있는 기능이 있어야 하며, 영상의 전송이 끝나면 송수신 양자간의 통화가 가능하도록하여 Remote Consulting이 가능해야 한다.

대개 영상의 전송이 한 장의 필름만을 전송할 수도 있지만 대개 2~4장 정도의 필름을 전송할 필요가 있을 때도 빈번하다. 복수개의 영상을 수신하였을 경우 이전에 수신한 영상을 참고하면서 판독을 해야하므로 이 여러장의 영상을 Monitor에 Display하기 위한 배치는 판독을 하기 쉽게 고려되어야 한다.

한 번에 수신한 영상 갯수가 많으면 Review기능을 이용하여 축소된 영상이 Monitor에 모두 Display되도록 하여 사용자가 필요한 영상을 선택하여 확대해서 볼 수 있도록 한다. 이 때 축소된 영상과 고해상도 영상은 단순한 Toggle로 선택 될 수 있어야 한다.

모든 영상을 Display할 때는 영상을 수신한 순서대로 Display되도록 하면 효율적이다.

2) 영상의 압축전송

의료영상의 크기는 영상시스템의 종류에 따라 다르다. X-ray CT의 경우 512×512가 대부분이며, MRI와 초음파영상의 경우 256×256이 주로 이용된다. 핵의학영상의 경우 그 해상도가 떨어지므로 64×64에서 256×256정도의 저해상도 영상으로 충분하다[13].

의료영상의 Format이나 의료영상에 포함되어야 할 정보(환자에 대한 정보, 진단 시스템에 대한 정보 등)의 종류 및 Format에 대한 표준안을 ACR-NEMA (the American College of Radiology and the National Electrical Manufactures Association)에서 준비하여 모든 의료진단시스템과 PACS에서 사용하도록 하고 있고, 일본에서는 Partial PACS용 표준안으로 MIPS를, 유럽에서는 INTERFILE, 생산자협회는 SPI를 사용하고 있지만, 본 시스템에서는 송수신한 영상과 다른 그래픽 응용 프로그램과의 호환성을 고려하여 산업표준 그래픽 화일 저장 형식인 TIFF(Tagged Image File Format)을 사용하였고 150dpi영상을 사용하였다.

14"×17"의 Plain X-ray 필름을 150dpi(Dot Per Inch)로 스캔하면 데이터량이 약 5MByte정도가 발생한다. 이 정도의 양은 9600bps(Bit Per Sec)의 모뎀으로 전송하는데 약 1시간 20여분정도가 소요된다. 물론 이 정도의 시간이면 이 시스템은 효율성의 가치가 절감되고 만다. 그래서 영상정보의 전송에 있어서 압축은

표 1. Teleradiology 시스템의 요구사항

장 비	송 신 측	수 신 측
CPU	486DX-66	386DX-33 with Coprocessor
RAM	16MB	4MB
OS	MS-DOS, MS-Windows 3.1	MS-DOS, MS-Windows 3.1
MODEM	V42, V32가 지원되는 MODEM	V42, V32가 지원되는 MODEM

필수 불가결한 요건이된다. 본 시스템에서는 채널용량이 낮은 변환선을 이용한 영상전송 시스템인 것을 고려하여 DCT(Discrete Cosine Transfrm)를 기반으로 하며 Residual 영상들을 반복적으로 전송함으로써 임상의가 빠른 시간내에 많은 양의 영상 정보를 얻을 수 있도록 하였다[6].

2) Hardware구성의 Requirement

1) Computer System

송신측의 PC는 뒤에서 언급하겠지만 영상의 Encoding은 물론 Decoding도 이루어져야 하므로 처리 능력이 뛰어난 프로세서를 탑재한 PC를 택하였다. 수신측에서는 386급의 PC에서도 영상을 충분히 수신할 수 있을 정도로 시스템을 구현하였다. 결국 수신측에서는 기존의 거의 모든 장비를 이용할 수 있으며 9600bps를 지원하는 외장형 MODEM만 구비하면된다.

2) Image Acquisition & Storage System

아날로그 필름 영상은 Scanner← 통하여 디지털 데이터로 변환하는 방식을 취하고 있다. 영상은 150dpi (Dot Per Inch)로 스캔되어 TIFF로 저장하도록 하였다. 스캔한 영상들은 대부분 데이터의 크기가 무척크므로 ODD(Optical Disk Driver)나 Optical Jukebox에 저장하도록 한다. 최근의 병원들은 대개 HIS(Hospital Information System)이라는 Text중심의 의료전산화 시스템을 갖추고 있으므로 본 시스템과 데이터 베이스를 공유할 수 있도록 병원 업무를 좀더 효율적으로 처리할 수 있을 것이다.

3. 개 발

1) Coding Algorithm

본 시스템에서는 빠른 시간내에 영상을 전송하기 위하여 높은 압축률로 압축된 거친영상을 전송하고, 이어서 3차례에 걸쳐 Residual 영상을 송신하는 방식을 택

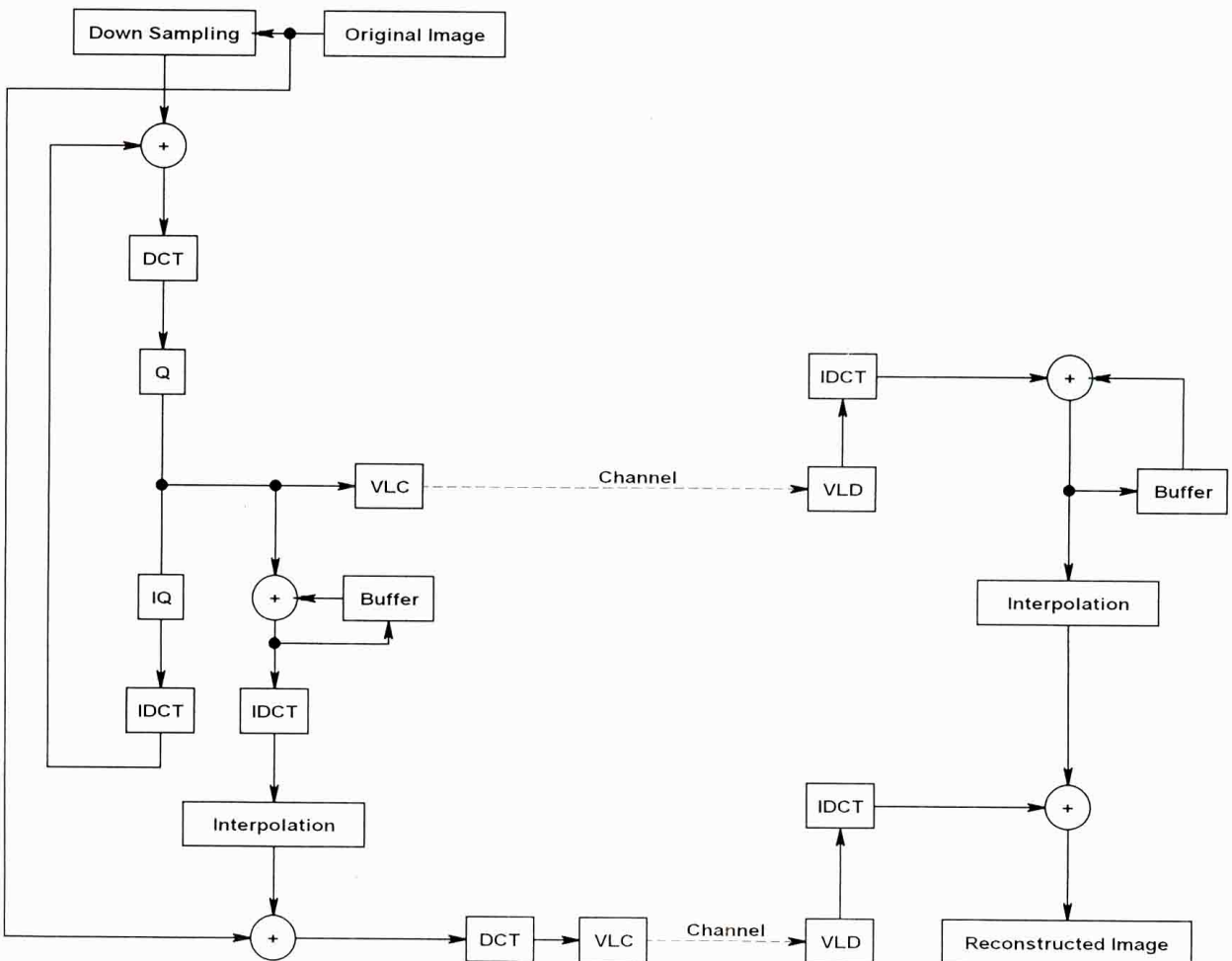


그림 1. Coding Algorithm의 Block Diagram

하고 있다. 이 방법은 채널용량이 제한된 전화선을 이용하는 경우 적정한 시간안에 수신한 영상이 원영상에 빠르게 근사화되는 장점이 있다. 자세한 방식은 그림 1과 같다. 그림 1에서 알수 있듯이 먼저 입력영상을 다운 샘플링하여 DCT를 취하고 큰 스텝사이즈로 거칠게 양자화한 영상을 Entropy encoder로 encoding하여 전송라인을 통하여 전송한다. 그리고 한편으로 동일한 양자화표를 이용하여 IDCT(Inverse Discrete Cosine Transform)을 취하여복원한 영상과 원영상과의 차영상을 차례로 coding하여 전송한다. 수신단에서는 전송단에서 보내온 영상들을 더하여 점차적으로 원영상에 근사해가는복원영상을 만들게 된다[6].

2) User Interface

본 시스템에서는 앞에서 언급한 바와 같이 영상의 송수신·Review·저장등의 기능을 실행함에 있어서 번잡한 키의 입력과정을 없애기 위해 한번의 키 입력으로 각 기능들을 수행할 수 있도록 구현해서 컴퓨터의 초심자라할지라도 짧은 시간동안의 교육으로 능숙히 사용할 수 있도록 하였다. 또한 수신측에서 여러장의 영상을 수신하였을 경우 최근에 수신한 영상을 최대 4장까지 화면에 표시하여 원하는 영상의 번호를 입력하면 즉각적인 Review가 가능하도록 하였다. 또한 영상

의 전송이 끝난후에는 바로 통화상태가 되도록 하여 송신측과 수신측간의 수신영상에 대한 Consulting이 가능하도록 구현하여, 영상의 전송후 Consulting을 위한 목적으로 전화를 다시 거는 번거로움을 제거하였다.

3) Transmission

본 시스템에서는 전화선과 MODEM을 이용하여 영상데이터를 전송하고 있다. 송수신측은 Full Duplex방식으로 전송이 이루어지고 있다. 전송에 사용하고 있는 프로토콜은 V.42를 이용하고 있다. CCITT(Consultative Committee for International Telephones and Telegraphs)에서 권고된 V.42는 DCE(Data Circuit Equipment)에서의 비동기-동기 변환을 이용한 에러 정정 프로토콜로서 LAPM과 MNP Class 4가 권고안에 포함되어 있다.

MNP(Microcom Networking Protocol)와 LAPM(Link Access Procedure for Modem)은 모두 동기식 Framing 기술과 CRC-16 Checksum을 이용한 에러 검출 방식을 사용한다.

LAPM은 HDLC Frame구조를 이용하는 동기식 전용 프로토콜로서 MNP보다 고속에서 동작하는, 미래 서비스 기술과 함께 사용될 수 있도록 프로토콜이다. MNP Class 4는 시로운 개념인 Adaptive Packet As-

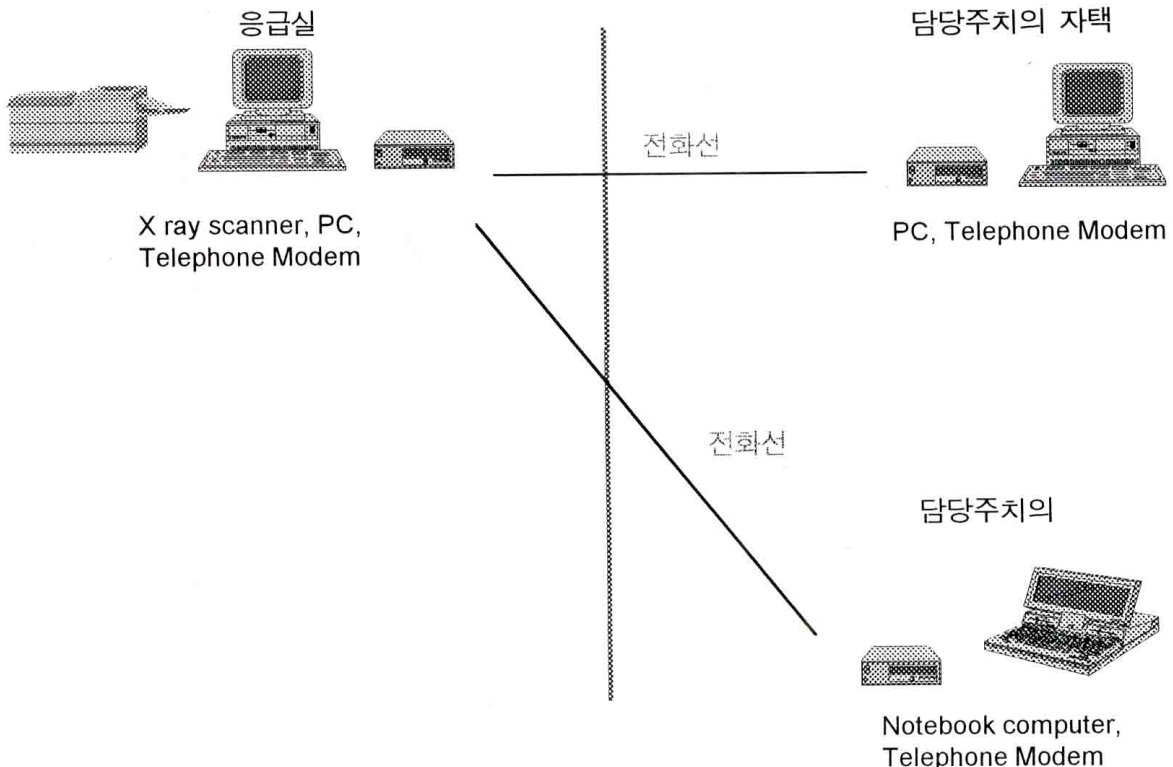
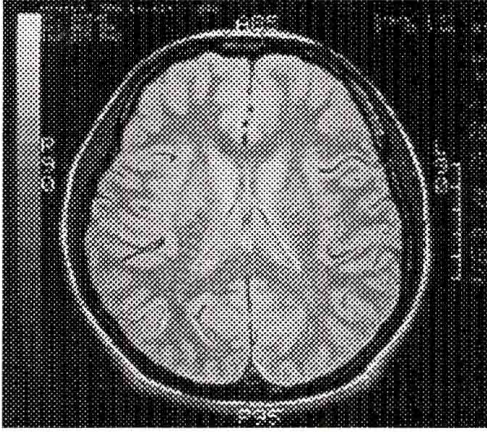


그림 2. Hardware 시스템 구성도

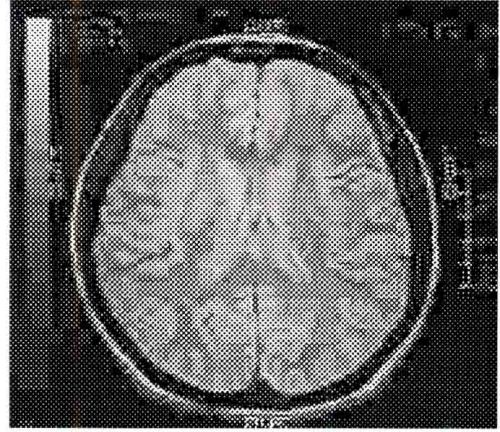
sembly와 Data Phase Optimization을 도입하여 에러 없는 데이터 통신을 한다. 모뎀은 전송하고자하는 데이터를 패킷으로 만들고, 통신 중 에러가 자주 발생하면, 패킷 크기를 줄여서 전송하고, 에러가 발생하지 않으면

정해진 최대 크기의 패킷을 보냄으로 전송 효율을 높입니다. 또한 에러가 발생하면, 재전송을 실시하여 데이터를 성공적으로 전송한다.

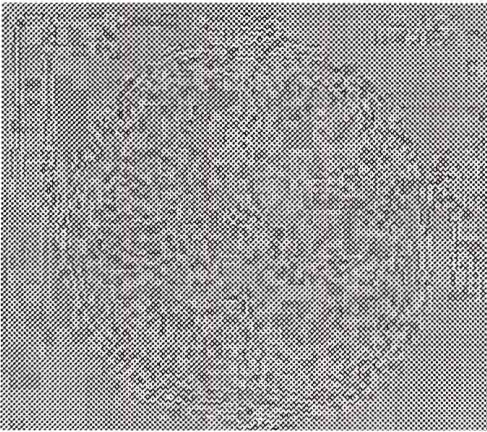
CCITT에서 권고된 데이터 압축 프로토콜은 V.42



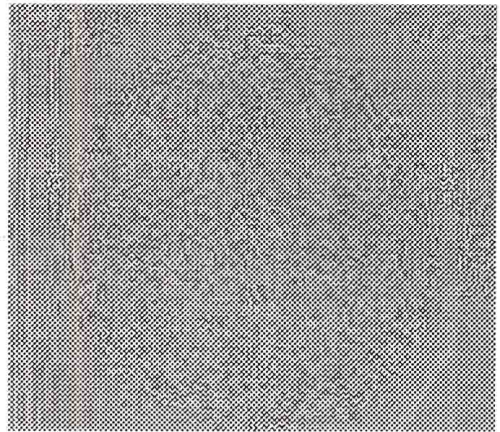
(a) Original Image



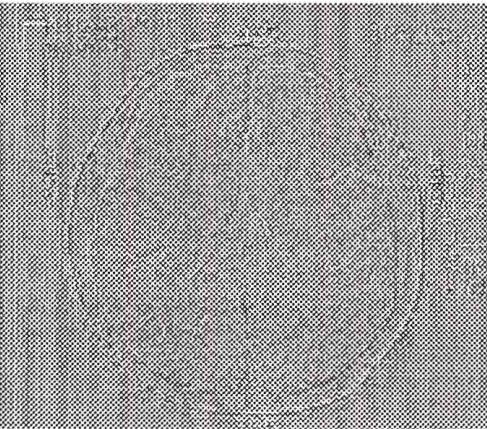
(b) First Image



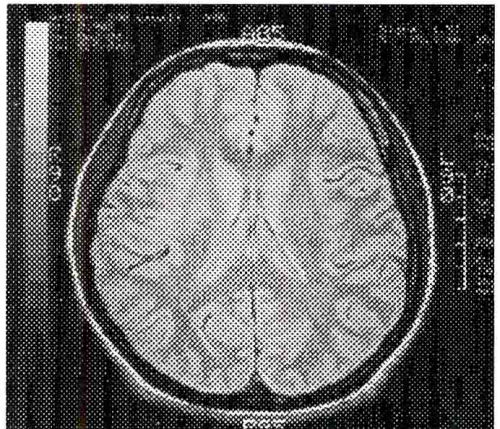
(c) Second Image



(d) Third Image



(e) Fourth Image



(f) Reconstructed Image

그림 3. 전송 영상의 흐름

bis는 자주 사용되는 문자열의 사전을 구성하여 문자열 대신 사전영역의 내용(entry)을 전송하는 압축 기술로서, 4Kbyte의 사전 영역을 이용하여 데이터 압축 기술로 제공한다. 이 압축 프로토콜은 V.42 에러 정정 접속 모드와 함께 사용되어 약 4:1까지의 압축을 제공한다.

4. 시스템 구성

현재 이 시스템은 응급실에 스캐너와 송신용 PC 및 MODEM을 설치하여 응급환자나 다른 기타 환자들의 영상의 전송이 필요할 때 스캐너를 통하여 영상을 입력받아 MODEM을 통하여 신경외과나 일반외과의 전문의의 가정집으로 영상을 보낼 수 있도록 되어있다.

그림 2는 현재 설치된 Teleradiology 시스템을 간략이 나타낸 것이다. 수신용 프로그램을 탑재한 PC나 Notebook을 이용하여 전화와 MODEM이 있는 곳이라면 어느 곳이든 영상을 전송할 수 있다.

5. 결 과

지금까지 외국에서 개발되어 사용되고 있는 Teleradiology 시스템의 대부분은 PACS의 일부분으로 사용되거나, 원거리에 떨어져 있는 방사선과 전문의에게 영상의 판독을 의뢰할 목적으로 개발된 시스템들이 주종을 이루고 있다. 따라서 대부분 Lossless Compression을 원칙으로 하며 수신자측의 장비들은 2K Monitor와 이를 운용할 수 있는 Computer 시스템으로 구성되어 있고 통신 선로 역시 일반적인 전화선을 이용하는 것이 아니고 인공위성 또는 광케이블을 이용하는 고가의 장비들이 필요로 하고 있으며 대부분이 CT, MRI 장비와 직접적으로 연결되어 사용되고 있다.

그러나 이 연구의 주된 목적은 진단이 아니라 Decision making이며, 신경외과 분야에서는 Decision making에 가장 결정적인 역할을 하는 영상 정보가 High Resolution을 요구하지 않는 CT, MRI이기 때문에 일부 정보의 손실을 감수하더라도 빠른 시간내에 데이터를 전송하게 하여 전체적인 Decision making에 주

안점을 두고 개발하였다.

지금까지 응급실과 신경외과 및 일반외과를 대상으로 시험운용해 본 결과 여러 방사선과 전문의들로부터 Decision making을 내리기에는 충분한 영상이라는 평가를 받았다. 표 2는 영상들의 종류에 따라 소요된 평균 시간을 나타내었다.

그림 3은 CT영상을 송수신한 결과이다. (a)는 원영상이며 (b)는 처음에 높은 압축률로 거친영상이 전송되는 것을 알 수 있다. (c)~(e)는 전송한 영상과 원영상간의 Residual 영상들이다. (f)는 수신단에서 복원한 영상이다. 원영상과 비교하여 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

6. 결 론

위와 같은 시스템으로 같은 장소가 아닌 서로 떨어진 장소로 자문을 구하거나 자문에 응할 때, 송수신 양측이 같은 영상을 Display하고 전화를 통해서 의견을 나눌때 한 사람이 영상에 표시를 하면 상대방의 화면에도 같은 표시가 나타나는 기능이 있으면 원격 자문이 쉬어진다. 이러한 기술은 멀티미디어 관련 기술의 발달로 그룹웨어라는 이름으로 PACS뿐 아니라 일반 사무실에서도 사용할 수 있는 회의 방법이다. 이러한 기술을 도입함으로써 좀 더 나은 Teleradiology 시스템을 구현할 수 있으리라 본다.

이처럼 병원의 운영을 위하여 필요한 모든 업무를 컴퓨터화하고, 의료진을 위한 모든 시설 및 장비를 첨단화·자동화하며, 병원내의 단일화된 고속정보통신망의 구축을 통하여 병원내외의 정보흐름을 신속정확히 파악함으로써 병원 전체의 운영이 효율화되고, 경영의 합리화가 달성될 때 21C를 지향하는 병원의 지능화 (IHS : intelligent Hospital System)는 이룩될 것이다.

참 고 문 헌

1. A.R.Baker, "HIS, RIS, and PACS", Comput. Medical Imag. & graphics, Vol. 15, No.3, pp. 157-160, 1991.
2. J.Duchene, J.F.Lerallut, N.Gong, and R.Danz, "Micro

표 2. 각 영상들의 전송 시간

영상의 종류	평균전송시간(단위 : sec)			
	1st Frame	2nd Frame	3rd Frame	4th Frame
X-rax	4.30	4.21	4.23	23.30
CT	5.28	5.23	5.20	62.41
MRI	5.16	5.37	5.42	68.54

- PACS : A PC-based small PACS implementation", Medical & Biological Engineering & Computing, Vol.31, pp. 268-278, 1993.
3. Gopinath R.Kuduvalli, and Rangaraj M.Rangayyan, "Performance Analysis of Reversible Image Compression Techniques for High-Resolution Digital Tele-radiology", IEEE Medical Imag., Vol.11, No.3, pp.430-445, Sept. 1992.
 4. Kevin M.Mcneill, et.al. "Evaluation of the ACR- NEMA standards for communicaions in digital teleradiography", IEEE Medical Imag., Vol.9, No.3, pp.281-289, 1990.
 5. K.K.Chan, R.K.Taira, "System integration for PACS", Comput. Medical Imag. & Graphics, Vol.15, No.3, pp. 177-181, 1991
 6. Limin Wang, and Morris Goldberg, "Progressive Image Transmission by Transform Coefficient Residual Error Quantization", IEEE Communication, Vol.36, No.1, pp. 75-87, Jan. 1988.
 7. S.C.Lo and H.K.Huang, "Radiological image compression : Full-frame bit allocation technimique", Radiology, Vol.155, pp.811-817, 1985.
 8. Y.Q.Zhang, R.L.Pickholtz, and M.H.Loew, "A combined transform coding for image data compression", IEEE Consumer Elect. Vol,37, No.1, pp.45-50, 1991.
 9. 김근섭, 임호근, 권용무, 이재천, 김형곤, "시범 MPAC 시스템 개발에 관한 연구", 의공학회지, 제12권, 제3호, pp. 215-222, 1991.
 10. 김원기, 김남현, 허재만, "의무기로용 워크 스테이션 개발에 관한 연구", 의공학회지, 제11권, 제2호, 1990.
 11. 이태수 외, "의료용 화상정보의 저장 및 전송시스템 개발", 의공학회지, 제9권, 제2호, pp.195-208, 1991.
 12. 정형홍, 김 혁, 김동운, "개인용 컴퓨터를 이용한 의료 영상관리 시스템에 관한 연구", 의공학회 추계 학술대회, 제14권, 제2호, pp.18-21. 1992.
 13. 박현욱, "X-ray 필름을 대신하기 위한 PACS용 워크스테이션의 기능", 대한PACS학회 창립총회 및 심포지움, pp. 36-47, 1994.
 14. William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell, "JPEG : STILL IMAGE DATA COMPRESSION STANDARD", Van Nostrand Reinhold, 1993.
 15. 최형식, 박현욱, 신창희, 한만청, "대형병원급 PACS 도입을 위한 개념적 설계", 대한 의료정보학회 제7차 학술대회, 31-47, July, 1993.