

# ISDN(Integrated Services Digital Network)을 통한 멀티미디어 원격 초음파 영상 전달 시스템 구현에 관한 연구

이영훈\*·민경선\*·신동우\*·이행세\*·김영길\*·안영복\*\*·고형화\*\*\*

= Abstract =

## A Study on the Implementation of Multimedia Remote Ultrasound Image Transfer System through ISDN

Young Hoon Lee\*, Kyoung Sun Min\*, Dong Woo Shin\*, Haing Sei Lee\*, Young Kil Kim\*,  
Young Bok Ahn\*\*, Young Hwa Kho\*\*\*

A multimedia remote ultrasound image transfer system for tele-medical services was implemented. The image data of the ultrasound scanner system of the slave is compressed using image compression system. It is transferred to the master PC via ISDN UNI(User-Network Interface) and decompressed by image decompression system.

The total system is composed of three parts; first, the image capture card which transfers bidirectional data between ultrasound scanner system and PC, second, image compression and decompression card, finally, ISDN TA(Terminal Adaptor) card for transferring the image.

This system has a easy user interface because it is executed on the basis of MS-WINDOWS. So it is capable of serving medical services at a remote place.

**Key words** : ISDN, Multimedia, Ultrasound image, LAPD, LAPB

### 서 론

본 연구는 초음파 의료 영상을 실시간적으로 압축하여 고속으로 전송하고 송신 측에서는 영상을 복원하여 관리하는 시스템에 대한 개발에 목적을 두고 있다. 원격 초음파 영상 전달 시스템을 이용하면 전문의가 없는 낙후된 지역에서도 신속하고 신뢰성 있는 의료 서비스를 제공할 수 있다. 개발된 시스템은 멀티미디어 환경에서 의료 영상 데이터를 관리하여 보다 효율적으로 데이터 영상을 이용할 수 있다<sup>1)</sup>.

본 연구에서는 PC를 이용하여 초음파 진단장치의 의료 정보를 관리할 수 있는 시스템을 개발하였다. 초음파 진단장치를 PC와 접속함으로써 초음파 진단장치에서 얻어지는 모든 의료정보를 PC에 일반 데이터 파일의 형태로 간편하게 저장하여 효율적으로 관리할 수 있다. PC의 통신망(PSTN, ISDN)을 통해 초음파 의료정보를 원격 전송하기 위해서도 PC를 이용해야 하기 때문에 초음파 진단장치와 PC의 접속은 반드시 필요하다. 현재 통신망을 통해 초음파 의료 영상을 원격 전송하기 위해서는 폴라로이드 사진기로 찍은 사진을 스캐너(Scanner)를 이용하여

\* 아주대학교 전자공학과

Dept. of Electronics, Ajou Univ.

\*\* 건국대학교 전자공학과

Dept. of Electronics, Kon Kuk Univ.

\*\*\* 광운대학교 전자통신공학과

Dept. of Electronic Communication Eng. Kwang Woon Univ.

통신저자 : 김영길, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5번지, Tel. 82-331-219-2364, Fax. 82-331-212-9531

본 논문은 한국과학재단의 특정기초연구과제(92-21-00-08) 연구비 지원으로 수행되었음.

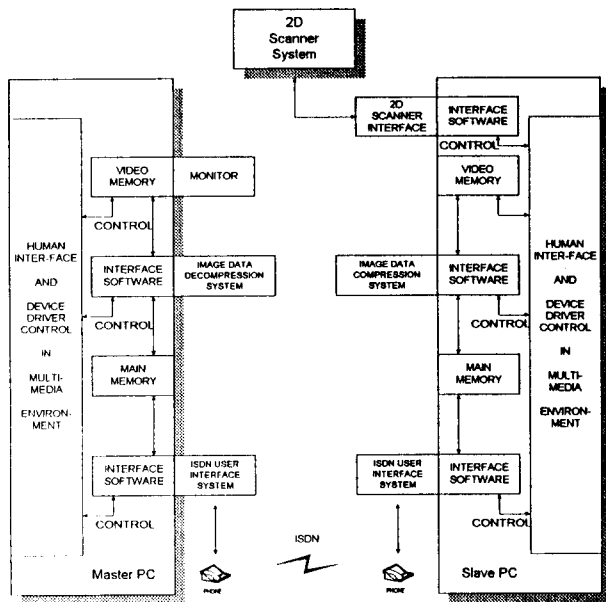


그림 1. 전체 시스템의 구성도  
Fig. 1. Block Diagram of the Total System

디지털 신호로 바꾸어 PC에 파일로 일단 저장해야 한다. 그러나 초음파 의료영상은 사진을 찍는 과정에서나 스캐너를 이용해서 디지털 신호로 바꾸는 과정에서 해상도가 매우 떨어지기 때문에 의사가 환자를 오진하는 원인이 될 수 있다.

ISDN을 이용하면 현재 모뎀(28.8kbps)의 5배에 가까운 144kbps의 전송률로 영상정보를 전송할 수 있어 정보 전송 시간과 통신 비용을 절약할 수 있다. 또한 영상 및 음성 데이터를 각각 B1, B2 채널을 이용하여 동시에 전송할 수 있으며, B 채널의 프로토콜은 계층 2 이상을 사용자가 정의하여 사용할 수 있으므로 프로토콜의 확장 및 축소가 용이하다.

본 관리 시스템은 초음파 진단장치내에 저장되어 있는 디지털 영상 데이터를 직접 PC에 저장하기 때문에 원래의 영상 정보를 그대로 유지할 수 있다. 또한 PC에 영상 데이터를 관리할 수 있는 데이터베이스 S/W를 구축함으로써 저장된 의료정보를 보고자 할 때는 환자의 이름이나 주민등록번호를 이용하여 저장된 영상을 쉽게 찾아볼 수 있기 때문에 사진을 찍어 보관했을 경우에 발생하는 여러 가지 번거로운 문제점들을 해결할 수 있다.

### 전체 시스템 구성도

본 연구에서 구현된 시스템의 전체 구성도는 그림 1에 있으며, 다음과 같이 크게 3부분으로 나눌 수 있다.

첫 번째로, 진단 장치의 프레임 메모리에 저장되어 있는 디지털 의료 영상 데이터와 메모리에 저장되어 있는 기타 의료 영상 관련 시스템 정보를 인터페이스 카드를 통해서 PC로 전송하는 부분(초음파 영상정보 관리 시스템)이다. 얻어지는 모든 정보는 PC에 파일로 저장된다.

두 번째로, 얻어진 데이터를 영상의 화질에 열화가 없을 정도로 압축하여 기억장치에 저장하거나 기억장치의 데이터를 복원하여 데이터를 얻는 부분(초음파 영상 압축 시스템)이다. 압축과정에서 효율적인 압축을 위하여 초음파 영상 압축에 최적의 성능을 나타낸, DCT를 이용한 JPEG 알고리즘을 이용하였으며, 이 DCT 알고리즘을 On-Chip으로 구현한 Microsystem사의 CL550을 이용하였다.

마지막으로, 저장된 데이터를 ISDN망을 통하여 전송하거나 전송 받는 부분(초음파 영상 전달 시스템)이다. 초음파 영상 압축 시스템에서 압축되어 PC에 저장된 데이터 파일은 LAPD와 LAPB의 두 프로토콜로 전송된다. PC와의 인터페이스 부분은 Dual-Port-RAM을 사용하였으며, ISDN과의 물리적 인터페이스와 D-channel Access를 지원하는 S-인터페이스 부분은 SIEMENS사의 ISAC (ISDN Subscriber Access Controller)를 사용하여 구현하였다.

### 시스템의 구현

#### 1. 초음파 영상 정보 관리 시스템

##### 1) 하드웨어의 구현

초음파 진단기와 PC를 접속하여 의료 영상과 관련 정보를 전송받을 수 있도록 그림과 같이 인터페이스 카드를 제작하였다. 단방향일 경우에는 기존의 초음파 진단기에 있는 PPI(Peripheral Programmable Interface)를 사용하면 되지만 PC에서 다시 진단기로 의료 영상을 전송할 수 있도록 하기 위해서는 양방향이어야 하기 때문에 양방향 인터페이스 카드를 제작하였다<sup>2,3)</sup>. 그림 2에 진단 장치와 PC 사이의 구성도가 있다.

인터페이스 카드는 PC의 소프트웨어적인 통신 프로토콜을 통하여 외부와의 통신을 수행하는 중계기의 역할을 수행하게 되며, 프로토콜에 의하여 PC와 외부의 다른 장치와 데이터 통신시 동기를 맞추어주는 기능도 수행하게 된다.

본 연구에서 구현한 인터페이스 카드는 병렬 통신을 위한 8비트 데이터 버스와 제어 신호의 임출력을 위한 제어단자, 그리고 데이터의 임시 저장을 위한 버퍼가 내장되어 있다.

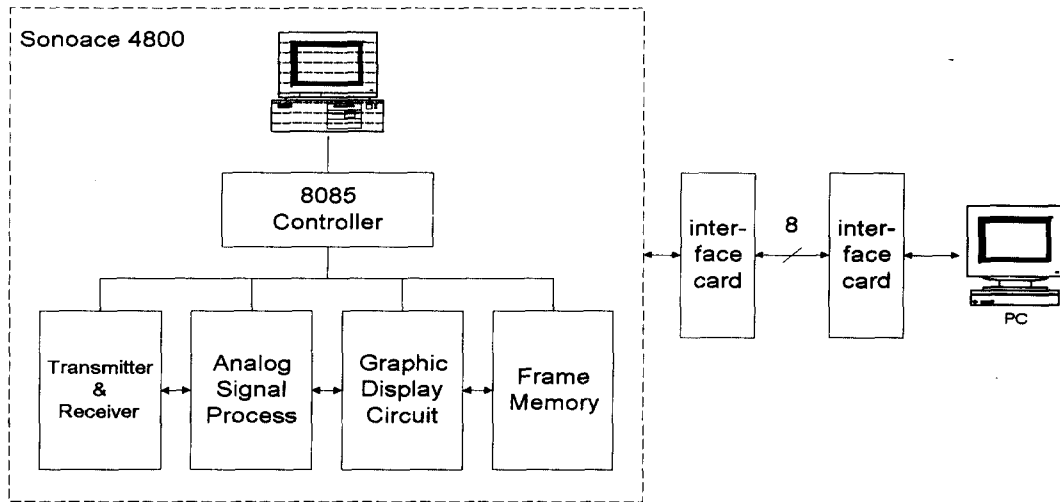


그림 2. 진단장치(SONOACE-4800)와 PC 사이의 인터페이스  
Fig. 2. Interface between SONOACE-4800 and PC

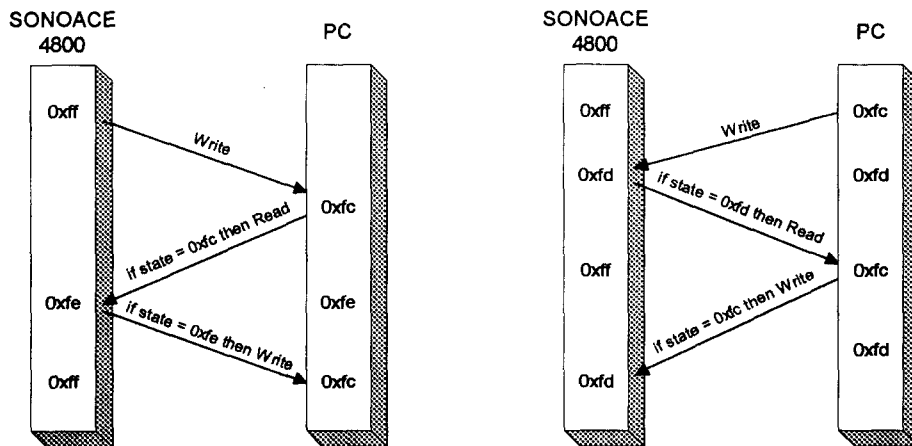


그림 3. (a) 진단장치로부터 PC로의 전송 프로토콜 (b) PC로부터 진단장치로의 전송 프로토콜  
Fig. 3. (a) Transmission Protocol from SONOACE-4800 to PC (b) Transmission Protocol from PC to SONOACE-4800

## 2) 전송 프로토콜

진단장치와 PC가 서로 비동기로 동작하기 때문에 영상 데이터를 전송할 때 에러없이 전송하려면 양쪽 시스템 간에 동기를 맞추기 위해서 데이터를 쓰거나 읽을 때 상태값을 체크하여 동기를 맞추도록 소프트웨어를 구현하였다. 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 인터페이스 카드의 읽기값은 읽기(read) / 쓰기(write) 동작에 따라 초기 상태값(진단장치 쪽의 초기 상태값은 0xff이고 PC 쪽의 초기 상태값은 0xfc이다.)이나 0xfe 또는 0xfd로 바뀌도록 설계되어 있기 때문에 이 상태값을 검사해서 동기를 맞출 수 있다. 이와같은 전송 프로토콜로 진단장치와 PC의 데이터 전송을 한다.

## 2. 초음파 영상 압축 시스템

본 연구에서 의료 영상의 원격 진단 시스템의 구성을 위해서는 영상 신호의 디지털화가 필요하다. 초음파 영상의 원격 의료 진단을 위해서는 의료영상이라는 특수성을 감안하여 정보의 손실을 최소로 하며, 최대의 압축의 효과를 가지는 영상 압축 기술이 필요하다. 또한 디지털 영상 신호의 데이터 양이 방대하므로 전송시간의 단축과 저장 용량의 감소, 채널 용량의 감소를 가져오기 위하여 영상의 압축이 필요하다. 이를 위해 초음파 스캐너로부터 입력되어 기억장치에 저장된 영상을 8비트로 양자화한 데이터를 압축 알고리즘에 적용하였다<sup>5, 6)</sup>.

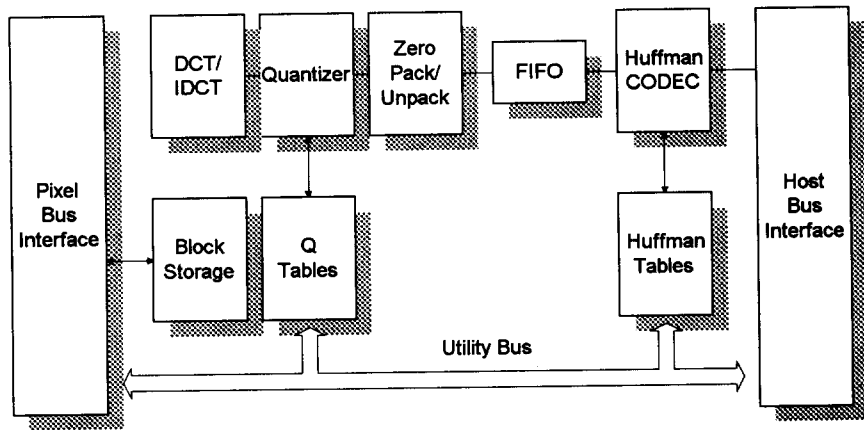


그림 4. 영상 압축 보드의 하드웨어 구성도  
Fig. 4. Hardware Block Diagram of Image Compression Board

1) 하드웨어의 구현

컴퓨터 시뮬레이션 연구의 결과 다양한 영상 압축 알고리즘 중에서 DCT를 근간으로 하는 JPEG 알고리즘이 초음파 의료 영상 압축에 최적의 성능을 발휘함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 Microsystem사가 개발한 JPEG 프로세서인 CL550 chip을 이용하여 의료 영상 압축 시스템을 구현하였다.

CL550 영상 압축칩의 내부에는 DCT(Discrete Cosine Transform)/IDCT unit, 양자화 계수, 영 연속길이 부호화(Zero Run-Length Coding), 엔트로피 부호화(Entropy Encoding)가 내장되어 있는 칩으로써 on-chip 화상 압축 부호기 및 복호기로서 정지 영상 압축을 구현하기에 가장 적합한 칩이라고 할 수 있다<sup>7)</sup>.

입력 영상은 스캐너를 통해서 얻어진 초음파 입력 영상을 크기 256×256 pixel, 해상도는 8 bit/pixel로 된 흑백 화상 데이터를 처리한다. 압축 정도에 따라서 파일의 크기를 조정할 수 있다. 압축비는 칩에 내장되어 있는 양자화 테이블에 따라 제어할 수 있으며 열화가 거의 없는 4 : 1-30 : 1의 압축이 가능하도록 H/W 시스템을 구현하였다. 시스템의 구조를 간단하게 하기 위해 PLD(Programmable Logic Device)를 이용하였다. 또한 일반적인 PC의 16 비트 확장슬롯에 적합하도록 구성하였다.

CL550칩은 압축 동작과 복원 동작을 행한다. 그림 4에서와 같이 압축 동작에서는 영상 데이터가 버퍼를 통해 칩의 Pixel Bus Interface에 writing 된다. 여기에서는 입력되는 데이터를 블록 단위로 재구성한다. 컬러 영상의 경우에는 YUV-to-RGB 컬러 변환도 수행한다. 픽셀 데이터 블록들은 Block Storage Unit에 저장된다. 그리고 DCT unit에 의해서 처리된다. DCT 처리에 의해서 만들

어진 DCT 계수들은 Quantizer Unit에 의해서 양자화되어지고 이 양자화된 계수들은 Zig-zag Scan Unit를 거친다. AC 항들은 run-length 부호화되어지고 FIFO에 저장된다. Huffman CODEC에서는 직류항에 대해서 DPCM을 수행하고 DC와 AC에 대해서 허프만 부호화를 행한다. 마지막으로 허프만 코드들이 JPEG 압축 데이터로서 Host Bus Interface에 전달되어진다. 복원 과정은 압축 과정의 역으로 데이터 버스를 통해서 Host Bus Interface에 허프만 코드들이 쓰여지고 이것들이 허프만 CODEC을 거치고 IDCT 과정을 거쳐 Block Storage Unit에 저장된다. 최종적으로 픽셀 버스에 전달된다<sup>8)</sup>.

2) 소프트웨어의 구현

압축 동작에서 Huffman coder unit는 FIFO가 1/4 정도 차면 동작한다. FIFO로부터 데이터와 상위의 11번과 12번 비트를 읽어서 데이터의 형태를 구분한다. 양자화된 DC값인 경우에는 이전 블록의 DC값과 차를 구해서 이것을 DPCM 레지스터에 저장한다. Run-length 값인 경우에는 이것을 적절한 JPEG run-length 코드값으로 변환시킨다. JPEG에서 최대 run-length는 16이지만 FIFO에는 1에서 62까지의 값이 저장될 수 있다. 16이 넘는 경우에는 이것을 작게 분할하면 된다. AC값인 경우에는 직접 부호화 된다.

복원 동작에서 Huffman Decoder Unit는 CODEC 레지스터에 있는 32비트 데이터 값을 대상으로 하여 동작한다. Huffman Table RAM은 736×18 SRAM으로 구성되어 있고 메모리는 4개의 섹션으로 구성되어 있다. 그림 5과 그림 6은 압축 및 복원 알고리즘의 흐름도이다.

이영훈 외 : ISDN(Integrated Services Digital Network)을 통한 멀티미디어 원격 초음파 영상 전달 시스템 구현에 관한 연구

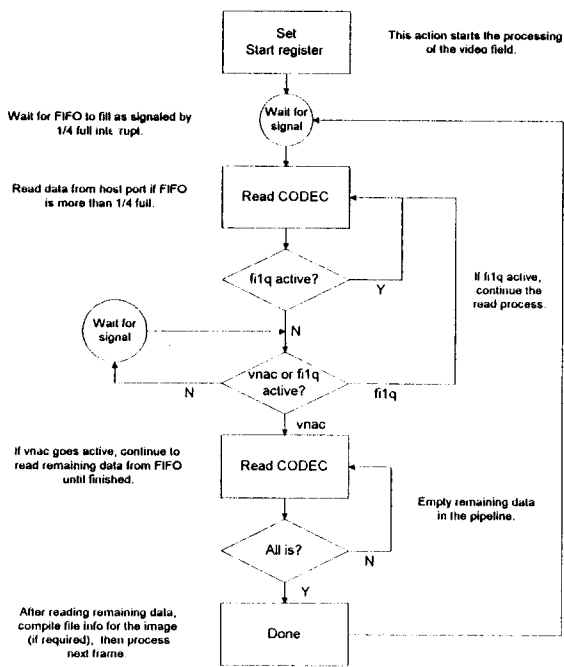


그림 5. 압축 흐름도  
Fig. 5. Compression Program Flow Chart

### 3. 초음파 영상 전달 시스템

#### 1) 하드웨어의 구현

하드웨어는 그림 7과 같이 CPU 부분, S-인터페이스 부분, PC-인터페이스 부분으로 구현되었다.

CPU 부분의 하드웨어에는 80C188 MPU와 64KByte

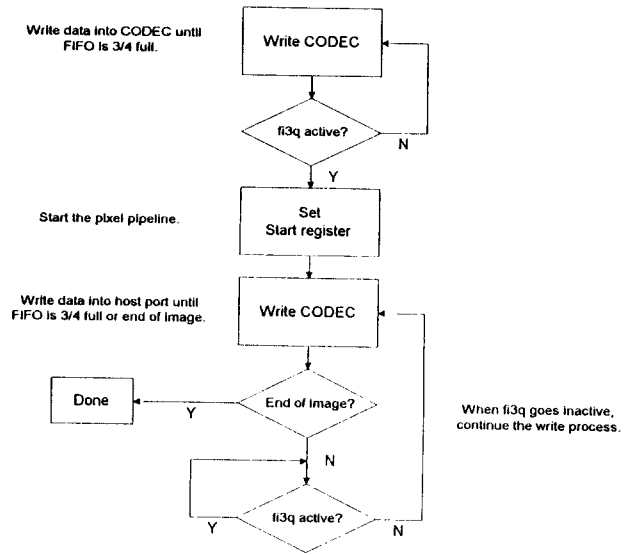


그림 6. 복원 프로그램의 흐름도  
Fig. 6. Flow Chart of the Decompression Program

RAM, 64KByte ROM이 사용되어 XINU 및 계층 1에서 계층 3까지의 소프트웨어는 모두 ROM에 저장되고 RAM은 각 프로그램 모듈이 실행되며 사용하는 스택과 메모리 할당용, 데이터 저장용으로 사용된다. 모든 소프트웨어는 최종적으로 최적화되어 약 50KByte에서 60 KByte 정도가 된다.

S-인터페이스 부분은 ISAC(ISDN Subscriber Access Controller), HSCX(High-level Serial Communication Controller), ARCOFI(Audio Ring Codec Filter)의 3개의 칩으로 구성된다. 실제의 물리적인 인터페이스는 ISAC

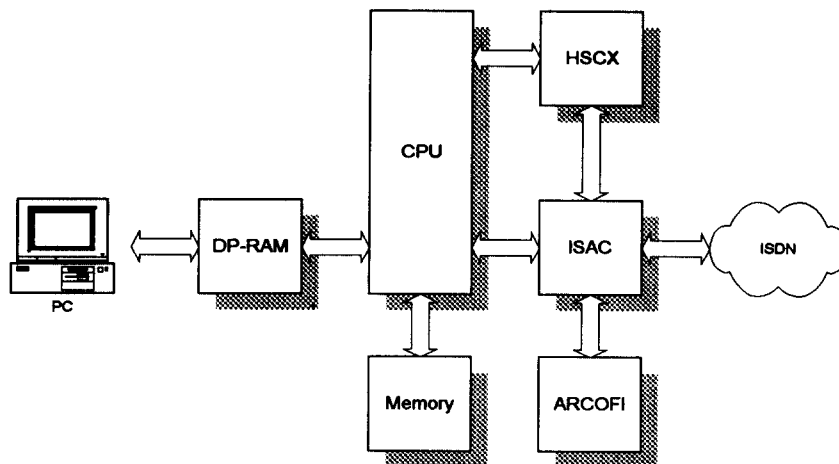


그림 7. 초음파 영상 전달 시스템의 하드웨어 구조  
Fig. 7. Hardware Structure of Ultrasound Image Transfer System

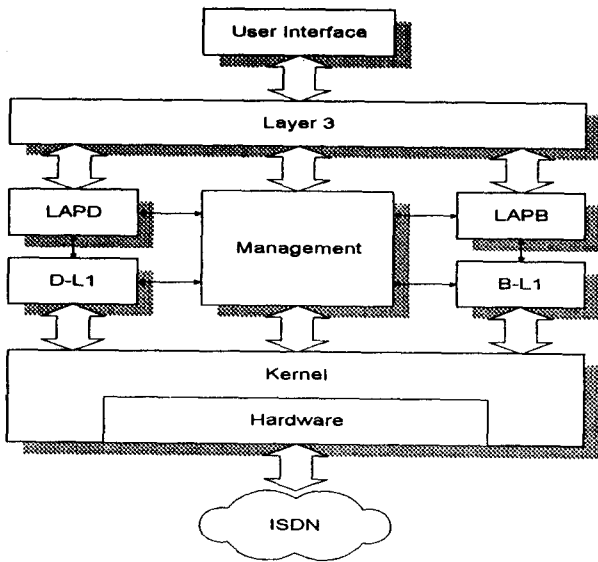


그림 8. ISDN TA의 소프트웨어의 구조  
Fig. 8. Software Structure of ISDN TA

이 모두 담당하며 ISAC에서는 D 채널에 관계된 작업을 수행한다. D 채널에 관계된 메시지나 데이터는 ISAC의 인터럽트를 통해 상위 계층으로 전달되거나 상위 계층으로부터 받는다. 그러나 ISAC은 B 채널 데이터를 처리하지는 않고 단순히 물리적인 프레임 구조에서 추출해 내 HSCX라는 B 채널 전용 칩으로 스위칭해 준다. HSCX는 자동 동작모드가 있어서 별다른 소프트웨어의 도움 없이도 B 채널 데이터 전송 등의 역할을 담당해 준다. HSCX는 패스 설정 후 자동모드에서 동작하도록 프로그래밍되었다. ARCOFI는 전화기용의 CODEC으로 LAPD를 통해 상대측과 다이얼링 절차로 확립된 패스로 전화통신을 가능하게 해주는 ISDN 용 CODEC이다<sup>9)</sup>.

PC-인터페이스 부분은 DP-RAM(Dual Port RAM)으로 구성되어 있다. 3개의 채널과 그에 상응하는 비트올로 데이터를 송수신하려면 PC에서 제공하는 Serial Port로는 한계가 있다. 특히 Serial Port로는 3개의 채널 데이터를 동시에 처리하기가 불가능하므로 PC의 쓰이지 않는 메모리 영역에 2K Byte의 영역을 할당해서 여러 가지 데이터를 주고 받게 설계되어 있다.

## 2) 소프트웨어의 구현

기본적으로 1개의 16Kbps D 채널과 2개의 64Kbps B 채널을 제공하는 ISDN은 OSI의 7 계층 프로토콜을 따르고 있기 때문에 각 계층(layer)과 채널 별로 정의된 기능을 구현해야 한다. 일반적으로 TA(Terminal Adaptor)에서는 계층 1에서 계층 3까지가 구현되어 있다.

특히 D 채널의 계층 2와 B 채널의 계층 2를 LAPD

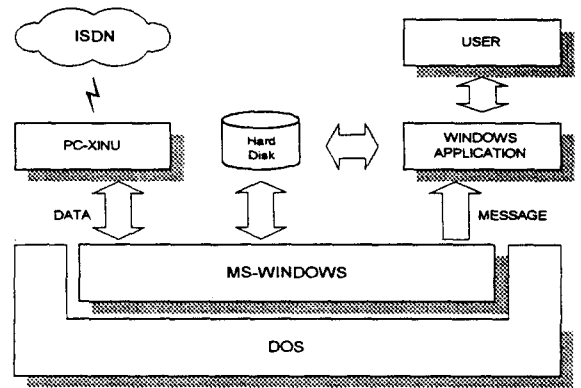


그림 9. 운용 소프트웨어에서의 데이터의 흐름도  
Fig. 9. Data Flowchart in Operating Software

(Link Access Procedure on the D-channel)와 LAPB (Link Access Procedure on the B-channel)라고 한다. 이 LAPD와 LAPB는 각각의 채널에서 호제어(call control) 절차를 담당하게 된다. 이런 계층별로의 기능은 물리계층인 계층 1의 일부를 제외하고는 모두 소프트웨어적으로 구현되었다<sup>10,11)</sup>.

각 계층의 기능이 소프트웨어로 구현되기 때문에 중요한 점은 각 계층별로의 메시지를 독립적으로 처리할 수 있어야지만 처리가 유연해지고 임의로 일어나는 메시지 처리에 대처할 수 있다는 것이다.

ISDN으로부터 수신되는 메시지는 랜덤하고, 계층 1과 계층 2, 계층 3에서 처리하는 작업 또한 메시지의 송수신에 따라 랜덤하다. 이것을 싱글 태스킹(single tasking)으로 구현하게 된다면 메시지 처리를 하는 동안 수신되거나 송신되어야 하는 메시지의 처리는 불가능하게 된다. 이를 위해서 각 계층별로의 소프트웨어를 모듈화하고 각각을 멀티 태스킹(multi tasking)해야 한다. 이는 멀티 태스킹 OS(Operating System)의 커널(kernel) 부분을 만들고 이를 기반으로 해서 소프트웨어 모듈들이 동작하도록 하면 해결할 수 있다.

본 연구에서는 이를 위해 XINU라는 멀티 태스킹 OS를 이식해 사용했고 각각의 프로그램 모듈은 위의 그림 8과 같이 구성되어 있다<sup>12)</sup>.

## 4. 운용 소프트웨어의 구현

운용 소프트웨어는 MS(Micro Software)사의 MS-WINDOWS를 기반으로 하여 구현되었다.

MS-WINDOWS는 GUI(Graphic User Interface)를 기반으로 하기 때문에 간단한 마우스의 움직임으로 쉽게 사용할 수 있다. 그림 13에서 보는 바와 같이 메뉴에서 원하는 기능을 선택만 하면 원하는 결과를 얻을 수 있다.

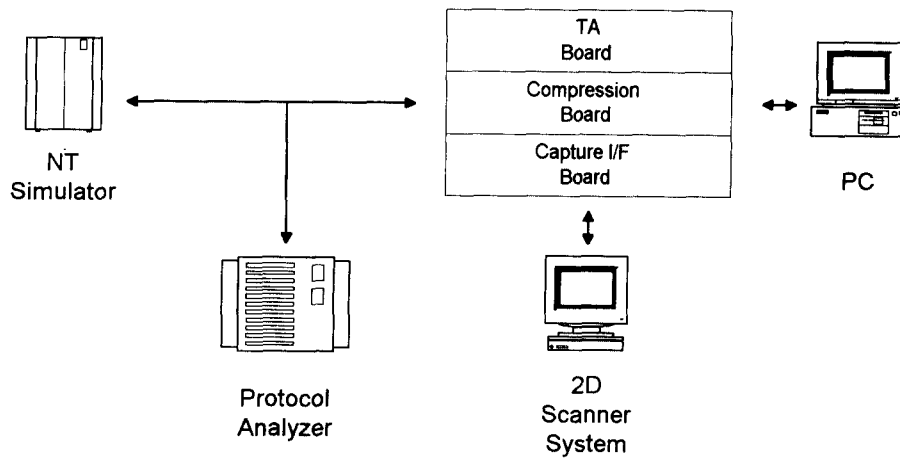


그림 10. 실험 환경  
Fig. 10. Experimental Environment

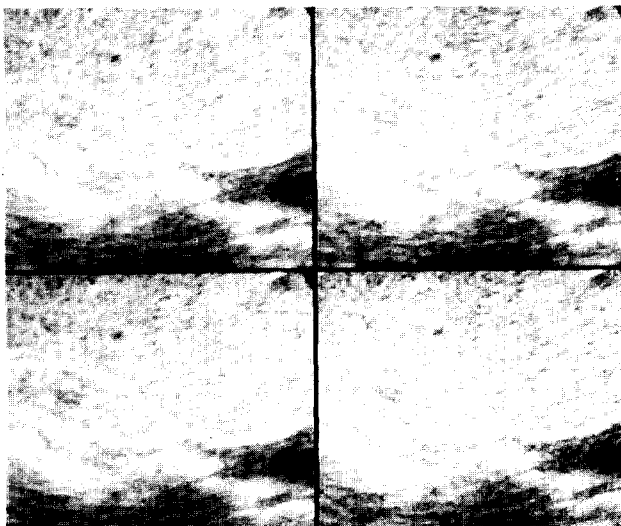


그림 11. kidney의 원영상과 압축영상  
Fig. 11. Original Image and Compression Image of kidney

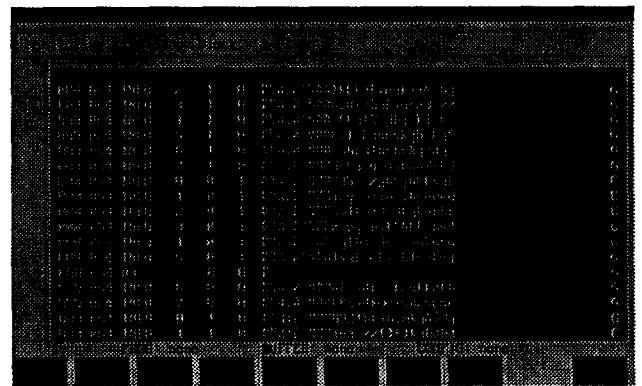


그림 12. 데이터 전송  
Fig. 12. Data Transfer

### 실험 및 고찰

MS-WINDOWS은 DOS를 기반으로 동작하며, 본 소프트웨어는 그림 9와 같이 WINDOW를 통해서 PC-XINU와 데이터를 주고 받는다. 즉, PC-XINU로부터 전송된 데이터는 기억장치에 저장되며 이때 WINDOW는 본 프로그램으로 메시지를 전달한다. 그러면 본 소프트웨어는 기억장치로부터 데이터를 읽어들이게 된다.

읽어들인 데이터는 WINDOWS BMP 파일로 변환되어 화면에 보여지며, 이 파일은 BMP 형식을 지원하는 다른 프로그램에서도 이용될 수 있다. 또한 아이콘(icon)을 클릭함으로써 영상을 확대하거나 축소하여 볼 수 있다.

실험 환경은 그림 10과 같이 PC를 기반으로한 ISDN 망 TA(Terminal Adaptor) 보드와 영상 압축 및 복원용 보드, 초음파 영상 캡처 보드, ISDN망 NT 역할을 하는 PC53(NT Simulator, Intel PC-53 card), 그리고 초음파 영상 스캐너 시스템인 SONOACE 4800 초음파 진단기((주) 메디슨)와 구현된 TA와 NT 사이에서의 메시지 전송 및 데이터 전송을 관찰하기 위한 프로토콜 분석기(FELINE Series Model 8853PC)가 사용되었다. 이를 통해 PC로의 이미지 전송, 이미지의 압축 및 복원, ISDN 망으로의 패스의 설정, 해제, 이미지의 전송등을 실험 하였다.

그림 11은 압축하기 전의 원영상과 압축한 후의 영상을 비교한 것으로 실험 영상을 10:1, 20:1, 30:1의 압축

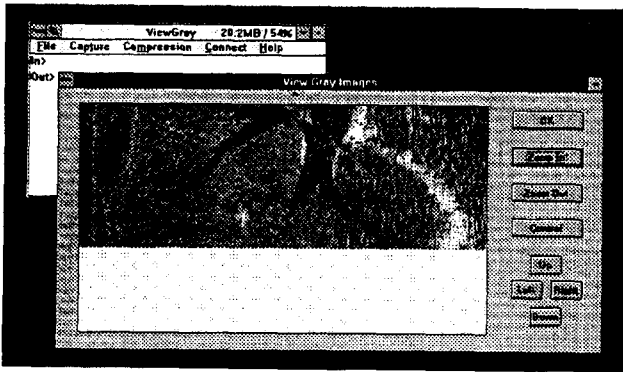


그림 13. 운용 소프트웨어의 실행  
Fig. 13. Execution of Operating Software

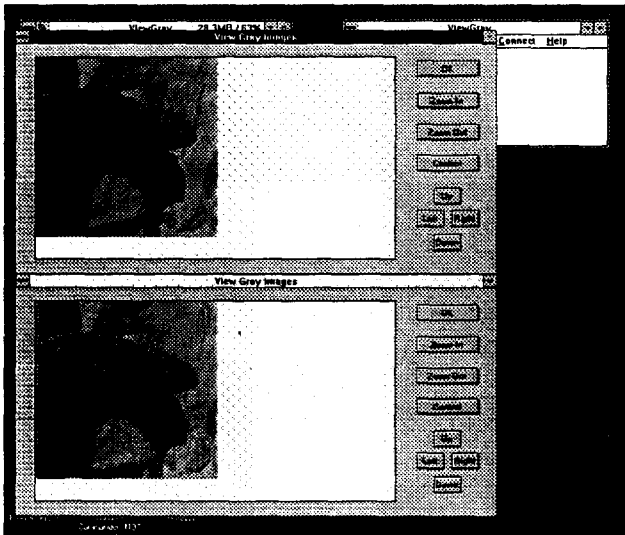


그림 14. 전송한 영상과 전송 받은 영상의 비교  
Fig. 14. Comparison between a transferring image and a received image

률로 압축했을 때 얻어지는 영상을 나타낸다. 압축률을 크게 할수록 원영상(왼쪽 상단)과의 오차가 커짐을 볼 수 있다. 그림 12는 프로토콜 분석기의 분석 결과 TA가 초기화 되고 TEI(Terminal Equipment Identifier)를 할당 받아 호의 설정이 완료된 후에 데이터 전송이 이루어지는 모습이다. 이로부터 연속된 데이터의 전송 모습을 볼 수 있다.

그림 13과 그림 14는 MS-WINDOWS 하에서 전체 시스템을 실행시킨 결과이다. 화면 상에서 줌(Zoom) 버튼을 이용하여 영상을 확대하거나 상하좌우 이동하여 볼 수 있다. 압축률을 20:1로 맞추면 전송속도와 해상도를 모두 만족시킬 수 있다.

## 결 론

초음파 의료 영상을 실시간적으로 압축하여 고속으로 전송하고 수신측에서는 영상을 복원하여 관리하는 시스템을 개발하였다. 원격지(slave)에서는 초음파 스캐너 시스템으로부터 데이터를 받아 영상 압축 시스템을 이용하여 압축한다. 압축된 데이터는 ISDN 사용자-망 인터페이스 시스템을 통하여 전문의(master)에게 전달된다. 전문의에게 전달된 데이터는 영상 복원 시스템을 이용하여 복원된다. 원격 초음파 영상을 이용하여 전문의가 없는 낙후된 지역에서도 신속하고 신뢰성 있는 의료 서비스를 제공할 수 있다. 개발된 시스템은 멀티미디어 환경에서 의료 영상 데이터를 관리하여 보다 효율적으로 데이터 영상을 이용할 수 있다.

본 연구는 초음파 영상 전달을 위한 ISDN의 UNI (User-Network Interface)에 포함되는 D 채널 계층 2 LAPD 프로토콜과 B 채널 계층 2 LAPB 프로토콜을 새롭게 구현하였으며, 그 결과로 2B+D(144kbps)의 회선 교환 접속방법을 제공함으로써 화상과 음성 데이터를 각각 64kbps로 동시에 전송할 수 있게 되었다.

또한 근래에 들어 가정마다 개인용 PC가 많이 보급되어 있으므로 이러한 컴퓨터 환경을 효과적으로 이용할 수 있도록 H/W 시스템을 PC 내부에 장착할 수 있도록 하였고, 좀더 많은 사람들이 사용할 수 있도록 저렴하게 시스템을 구현하였다.

## 참 고 문 헌

1. 서정수 외, "초음파 영상 관리 시스템의 개발," 대한 의공학회지, 제15권, 제3호, pp. 245-252, 1994.
2. SONOACE-4800 SERVICE MANUAL Version 1.0, MEDISON CO., LTD., 1992.
3. SONOACE-4800 OPERATION MANUAL Version 1.0, MEDISON CO., LTD., 1992.
4. S. C. Leavitt et al, *A scan conversion algorithm for displaying ultrasound images*, HP Journal, 1983.
5. M. Rabbani and P. W. Jones, *Digital Image Compression Techniques*, SPIE Optical Engineering PRESS, 1991.
6. 이충응 외, "의용생체공학 특집," 대한전자공학회지, 제13권, 제6호, pp. 1-6, 52-58, 1986.
7. E. J. Delp and O. R. Mitchell, "Image Compression using Block Truncation Coding." IEEE Tran. Comm. vol. COM-27, pp. 1335-1342, 1979.
8. A. Leger and G. K. Wallace, "JPEG Still Picture



이영훈 외 : ISDN(Integrated Services Digital Network)을 통한 멀티미디어 원격 초음파 영상 전달 시스템 구현에 관한 연구

- Compression Algorithm.*” Optical Engineering vol. 30 No. 7, pp. 947-954, 1991.
9. 이동화, 임춘성, 정희창, 김영길, “종합정보통신망 환경 속에서 의료 영상정보 전달을 위한 PC-CARD 개발에 관한 연구,” 대한의공학회지, 제12권, 제4호, 1991.
  10. 정용길, 한민수, 임용곤, 나상신, 김영길, 고희화, 안영복, 이행세, “초음파 영상 전달을 위한 ISDN(Integrated Services Digital Network)의 LAPD(Link Access Procedure on the D-Channel) 프로토콜에 관한 연구,” 대한의공학회지, 제14권, 제4호, 1993.
  11. 남상규, 이영훈, 김영길, 이행세, 나상신, 민경선, 안영복, 고희화, “다중처리 구조를 갖는 초음파 의료영상 전송용 ISDN(Integrated Services Digital Network) TA(Terminal Adaptor) 구현에 관한 연구,” 대한의공학회지, 제15권, 제3호, 1994.
  12. Douglas Comer and Timothy Fossum, *Operating System Design vol. 1, XINU approach*, Printice-hall, 1988.
  13. 한국통신 기술협회, TTA 표준 및 ISDN 사용자-망 인터페이스 기본표준, 1991.
  14. CCITT ISDN Series Vol. 1, Digital Subscriber Signaling, No. 1(DSS 1) Data link Layer(Recommendation Q920 and Q921), 1988.
  15. CCITT ISDN Series Vol. 2, Digital Subscriber Signaling, No. 1(DSS 1) Network Layer(Recommendation Q930 and Q931), 1988.
  16. CCITT ISDN Series Vol. 4, Digital Subscriber Signaling, No. 1(DSS 1) Network Layer(Recommendation Q931, Annex A), 1988.
  17. CCITT ISDN Series Vol. 5, Digital Subscriber Signaling, No. 1(DSS 1) Network Layer and User-network management (Recommendation Q932 and Q940), 1988.
  18. James L. Conger, *WINDOWS API BIBLE*, Waite Group Press, 1992.
  19. Lafore, *WINDOWS Programming Made Easy*, Waite Group Press, 1993.
  20. Luse, *Bitmapped Graphics Programming in C++*, Addison Wesley, 1993.