

DICOM 3.0 표준안에 의한 의료 영상 전송 및 화상회의 시스템

유선국¹ · 강영태¹ · 김광민¹ · 배수현¹ · 김선호² · 김남현¹

¹연세대학교 의과대학 의용공학교실, ²연세대학교 의과대학 신경외과학교실

Teleconferencing and Medical Image Transmission System by DICOM 3.0

S.K. Yoo¹, Y.T. Kang¹, K.M. Kim¹, S.H. Bae¹, S.H. Kim², N.H. Kim¹

¹Department of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine

²Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine

= Abstract =

In this paper, telemedicine system, which has the capability of radiological images transmission as well as teleconferencing, has been developed. The designed system adopted the DICOM 3.0 medical imaging standard as a radiological image format to compromize the compatibility to diverse set of telemedicine systems. To cope with real-time requirement of both video and audio transmission over low-bandwidth hospital network such as Ethernet, it uses the hardware CODEC to speed up the compression and decompression time. In addition, all the software modules are designed with modular fashion for future expansion and easy adaption of various hospital environment.

1. 서 론

환자에 대한 의료혜택의 기회를 확대하고, 최상의 의료서비스를 제공하고자 하는 노력은 최근의 컴퓨터 및 통신기술의 발달에 부응하여 다양한 성능과 응용범위를 갖는 원격의료 시스템이 개발되어 왔다(4) (6). 원격방사선, 원격병리, 원격피부, 원격심장등과 같은 다양한 원격의료 시스템 중에서 많은 정보를 내포하고 있으며, 의료기기의 발전에 따라 점점 사용빈도가 증가하고 있으며, 가장 기본적인 시스템이 X-ray, CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging)등과 같은 의료영상을 전송할 수 있는 원격방사선 시스템이다.

또한 궁극적인 원격의료 시스템의 목적이 시공간적인 제약을 극복하여, 여러병원을 통신망을 통하여 한데 묶어서 환자에 대한 의료 서비스의 개선에 둔다면, 병원간의 이종의 원격의료 사용에 대한 호환성을 고려 하

여야 하며, 동시에 의사간에 환자에 대한 정보교환의 원활한 매개체를 갖고 있어야 하며, 동시에 개발된 원격의료 시스템은 저가격의 컴퓨터 시스템을 사용하여야 한다.

그러므로 본 연구의 목적은 여러병원에 원격의료 시스템의 확대를 위하여 저가격의 퍼스널 컴퓨터를 기반으로 한 시스템을 구성하며, 다양한 원격의료 시스템과의 데이터 호환성 및 확대를 만족하기 위하여 의료영상의 정보전달은 의료영상표준안인 DICOM 3.0 파일 형식(3)을 만족하는 시스템을 개발하였다. 또한 전문의사간에 전송된 방사선 영상을 통한 환자의 진단 및 진료의 효율을 향상하기 위하여 의사의 얼굴과 음성을 동시에 전달할 수 있는 화상회의 시스템을 복합 설계하고자 한다.

2. 시스템 구성

1) 컴퓨터 시스템 구성

원격의료 시스템을 위한 컴퓨터는 저자격이며, 시스템의 확대를 고려하여 가장 흔히 사용하고 있는 펜티엄 퍼스널 컴퓨터를 사용하여 구성하였다. 16 Mbyte 이상의 메모리와 ZIP 드라이버와 19" 인치 이상의 칼라모니터에서 동작한다. 화상회의를 위한 Hardware CODEC은 128 Kbps를 사용하며, H.320 화상회의 국제 표준안 [2]을 만족하는 Intel Proshare 보드를 사용하여 구성하였다. 소규모 병원에서의 방사선 사진 입력을 위하여 스캐너와 접속하며, 현재 PACS망을 갖춘 경우의 직접적인 데이터 획득을 위하여 DICOM 3.0 규약을 만족하는 G/W(Gate Way)와 접속된 병원내 근거리 통신망과 접속하여 데이터를 획득한다. 외부통신망과의 접속은 병원내의 여러 단말기와의 접속을 위하여 가장 병원에서 일반화되어 있으며, 설치 비용이 싼 Ethernent를 통하여 접속하였다.

2) 소프트웨어의 구성

원격의료 시스템의 소프트웨어는 PC의 Windows 95

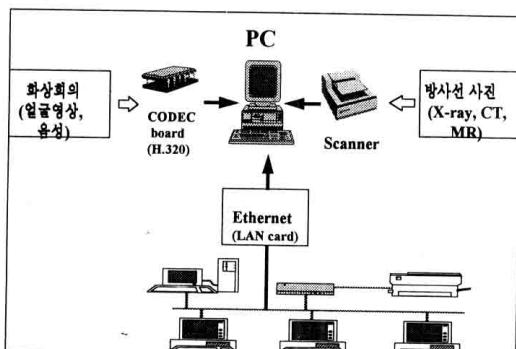


Fig. 1. 원격의료 시스템의 하드웨어 구성

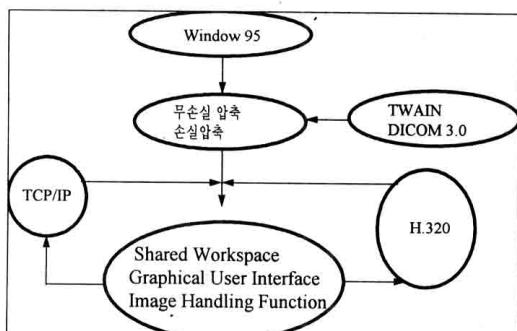


Fig. 2. 원격의료 시스템의 소프트웨어 구성

환경에서 동작하도록 Visual C⁺⁺를 사용하여 모듈화하여 설계하였다. 스캐너로 부터의 데이터 입력은 TWAIN(5)을 통하여 접속되며, 입력된 데이터는 DICOM 3.0 파일 형식으로 변환되거나 DICOM G/W를 통하여 직접 DICOM 3.0 형식으로 입력되어 보조기역 장치에 저장된다. 입력된 데이터는 진단을 위한 고화질의 데이터를 요구하는 경우와, 응급인 경우나 고화질을 요구하지 않는 경우로 구분하여 무손실 또는 손실 압축하여 전송한다. 네트워크의 접속은 Winsock Ver.1.1(1)을 사용하여 TCP/IP 프로토콜(1)로 설계하였다. 화상회의, 방사선 사진 및 공유 작업장(Shared workspace)을 위한 데이터 전송은 서로 다른 port number(1)를 사용하여 구성한다. 지역적으로 멀리떨어진 의사간의 데이터의 대화형 조작을 위하여 공유작업장을 설계하였으며, 영상의 다중조작, 원격 포인터의 조작, 영상의 선택 및 이동을 위한 권리를 선택하여 조작하도록 하였다. 사용자 편의 소프트웨어는 의사의 사용에 익숙하여진 윈도우 커널(5)을 사용하여 접속하였다.

3. 시스템 설계

1) DICOM 3.0

미국의 ACR-NEMA 연합 위원회에서 제안한 의료영상에 대한 표준인 DICOM 3.0(3)은 표준 네트워크 환경(OSI와 TCP/IP)에서의 동작을 규정하고, 데이터를 서로 교환하기 위한 conformance를 규약하며, 의료영상 정보의 형식을 표현하기 위한 information object를 정의한다. 그러므로 이를 구현하기 위하여 DICOM 3.0에서 규정하고 있는 encoding rule에 의하여 attribute와 description을 포함하는 원격의료 영상 전송용 파일 형식을 만족하기 위한 함수를 모듈화 계층화 하여 설계하였다.

(1) *Message Module*: DICOM 3.0 메시지는 Command Set과 Data Set으로 구성된다. Data Set에는 24개의 데이터 형식에 따라 필요한 data element들로 구성이 되며, 각 data element는 group과 element별로 구성된다. 또한 JPEG compression을 지원하도록 함수화 하였다.

(2) *Object Data Module*: DICOM 3.0에서는 의료영상과 관계되는 사항(환자, 영상, 판독 결과 등)들을 Object별로 구분한다. 이러한 것을 Information Object라고 하며, Object Data Model 모듈의 요소로 구성하였다.

(3) *Service Class Module*: 의료영상을 다루는데 관

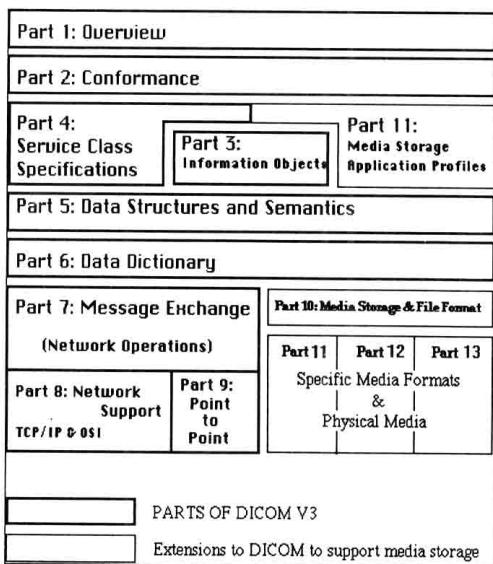


Fig. 3. DICOM 3.0 표준안의 구성

계되는 작업들을 service로 구분하였다. 이것을 Service Class라고 한다. 여기에는 Storage, Query, Retrieval, Study Management 등을 포함하여 모듈화 하였다.

(4) *Data Dictionary Module*: data로 사용될 수 있는 모든 정보를 data element 형식으로 구성하여 group별로 나누어 저장하였으며, 정보의 해독은 설계된 Data Dictionary Module을 억세스 하여 해독하도록 하였으며, ACR-NEMA 2.0의 호환을 위하여 모든 정보를 포함하도록 모듈화 하였다.

다음 그림은 본 연구에서 모듈을 구현하기 위하여 참조한 현재 13개의 part로 나누어져 있는 DICOM 3.0의 구성도이다.

2) 영상 획득 및 디스플레이

원격의료 시스템에 사용되는 의료영상은 CR, X-ray, CT, MR 등의 방사선 사진을 포함하고 있다. 소규모 병원의 PACS(Picture Archiving and Communication System)망이 없는 일반적인 경우를 가정하여, 방사선 사진은 기본적으로 스캐너를 통하여 입력받은 후, 이를 DICOM 3.0 형식으로 변환하여 전송할 수 있도록 설계하였다. 그러나 PACS망이 구성되어 DICOM 3.0 규약을 만족하는 경우에는 방사선 사진을 직접 획득하여 저장후, 전송할 수 있도록 하였다. 또한 시스템 개발과정의 DICOM 3.0 형식의 검증은 현재 CR과 접속되어 운용되고 있는 DICOM G/W(디저넷 회사)와 접속하여 검증하였다.

영상을 보여주기 위한 프로그램은 Visual C++ 4.2를 이용하여 구현하였으며, Windows 기반의 사용자 편의



Fig. 4. 원격의료 시스템에서의 확대경 운용

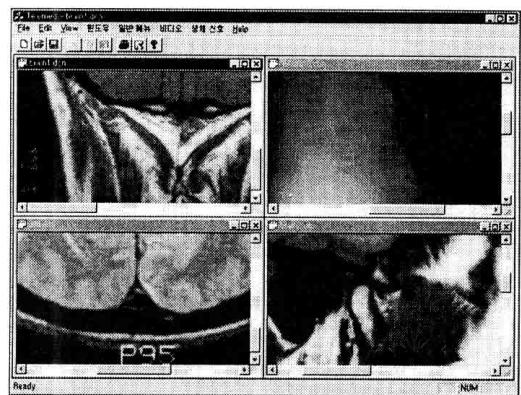


Fig. 5. 공유작업장에서의 다중 영상 표시

환경을 공유하도록 설계하였으며 기본적인 기능으로서는 수신된 방사선 영상을 화상회의 시스템을 통하여 그림 4과 같이 Zoom In, Zoom Out, Magnify 기능을 첨가하여 화상회의의 사용자가 이미지를 자세히 볼 수 있도록 지원하고 있다.

또한 원격의료 시스템에서의 가장 중요한 기능은 공유 작업장에서의 공통된 의료영상의 공유에 있다. 이를 위하여 공유작업장의 동작은 작업의 충돌을 방지하기 위하여 먼저 선택한 사용자에게 우선권을 제어하여 동작시켰다. 또한 다중 송/수신 영상의 공통 표시, 활성화 영상의 선택, 원격 포인터에 의한 의심 부위의 지시, 선택된 영상 윈도우의 확대 및 축소기능을 그림 5.에서와 같이 부여하였다.

3) 화상회의(Teleconferencing)

본 연구에서 개발한 화상 회의에 필요한 기본 요구 조건으로는 486 DX2-66(Pentium 이상 권장), 메모리 16M 이상(32M 권장), 256이나 그 이상을 지원하는 비디오 드라이버, 네트워크 카드, 비디오 및 오디오 캡춰보

드 등이 있다. 실제 사용한 캡춰 보드는 Intel 사의 Proshare 비디오 캡춰 보드와 오디오 보드를 이용하였다.

동영상과 오디오에 관한 데이터 압축은 ITU (International Telecommun. Union)에서 화상회의에 관한 표준안으로 채택한 H. 320 표준(비디오는 H.261, 오디오는 G.728)을 따랐다. 비디오/오디오 데이터의 전송 방법에는 ISDN, LAN, Modem을 모두 지원하고 있고 본 연구에서는 isochrony(등시 지속성)이 보장되지는 않지만 대역폭면에서 좀더 고특성을 갖는 LAN(Local Area Network) 방식(TCP/IP 프로토콜)을 사용하고 있다. 실제 LAN 방식에서는 네트워크 상황에 따라 다르지만 일반적으로 200kbps 정도로 나타난다. 그러나 여러 사람이 동시에 화상회의를 할 때에는 LAN 방식보다는 MCU(Multi-point Control Unit)를 이용하는 ISDN(Integrated Service Digital Network) 방식이 훨씬 유리하다. 본 연구에서는 여러 사람간의 화상 회의보다는 point-to-point 관점의 한 단말기대 한단말기의 접속을 고려하였다. 프로그램 관점에서는 이러한 전송 방식에 독립적이므로 후에 변경이 가능하다.

화상회의에 관한 프로그램은 객체 지향적 프로그램 언어인 Visual C⁺⁺을 사용하였고 PDK(Proshare Developer Kit)의 OCX 객체를 생성하여 이루었으며 이에 해당되는 OCX의 property와 method 그리고 각각에 대한 event를 이용하여 각 컨트롤에 대한 특성과 범위 등을 조절하였다.

사용된 OCX 컨트롤에는 컨퍼런스 매니저 컨트롤, 로컬 비디오 컨트롤, 그리고 리모트 비디오 컨트롤이 있다. 이들 각각은 해당되는 이벤트들이 있고 프로그램자에 의해 이러한 이벤트들은 이벤트 핸들러 함수에 의해 처리가 되게 되고 이것을 필요에 따라 화상회의 사용자

에게 디스플레이 시켜준다.

컨퍼런스 매니저 컨트롤은 화상회의 응용프로그램의 시작, 감시, 연결 기다림(listen), 연결 종료 등 대부분의 작업들을 수행하는데 쓰이는 핵심적인 컨트롤로서 화상회의에 대한 대부분의 이벤트를 발생/처리하고 이러한 이벤트를 상대방의 컨퍼런스 매니저 컨트롤에게 알리기도 한다. 로컬 비디오 컨트롤은 현재 사용자 본인의 비디오 영상 정보를 캡춰하고 정해진 프레임 상에 디스플레이하는 역할을 담당하고 있다. 리모트 비디오 컨트롤은 상대방의 비디오 정보에 대한 캡춰와 디스플레이를 맡고 있으며 위의 로컬 비디오 컨트롤과 리모트 비디오 컨트롤 모두 디스플레이 되는 비디오의 크기, 화질 등의 비디오 특성조절도 함께 맡는다.

여기서 쓰이는 컨트롤의 property에 대한 변경(SetProperty method)은 VARIANT 구조체의 wrapper 클래스인 CVariant 클래스 객체를 이용하여 초기화 되어진 후 GetProperty에 의해 위에서 변경된 property의 변수 타입과 값이 자동으로 설정된다.

각각의 이벤트 역시 CVariant 클래스 객체를 사용하고 있고 파라미터라이징 기법을 이용하여 이벤트가 발생할 때마다 해당되는 파라미터가 다이나믹하게 변경되어 처리할 수가 있다.

실제 구현된 프로그램에서 화상회의 시스템은 디지털로그 형태를 사용하고 있고 각각의 비디오 화면들은 프레임이라는 control에 자리하고 있다.

또 네트워크나 화상회의에 관련된 상황들을 사용자에게 필요에 따라 알려주기 위하여 그림 6과 같이 edit box를 통해 상황정보를 주고 있다. 각각의 디지털 비디오를 통해 얻어진 비디오 영상 정보들은 비디오 보드에서 캡춰되고 압축되어 전송되거나 자신의 화면상에 디스플레이된다. 음성 또한 헤드폰과 마이크가 함께 있는 헤드셋을 통해 입출력을 받고 오디오보드를 통해 캡춰되어져서 압축되어 전송 된다.

4) 의료영상 전송

의료 영상에 대한 전송은 MFC(Microsoft Foundation Class)에서 네트워크의 TCP/IP(Transmission Control Protocol / Internet Protocol) 프로토콜을 지원하기 위해 제공하고 있는 CWinsock 클래스를 적용하였으며, 안정적이고 연결 지향적 (connection-oriented)인 스트림 소켓으로 다루었다. 서버-클라이언트 개념에서는 클라이언트쪽에서의 일방적인 연결 요청에 의해서만이 연결이 이루어지지만 본 프로그램에서는 양쪽 모두 서버 개념에서 소켓을 생성/바인드 하

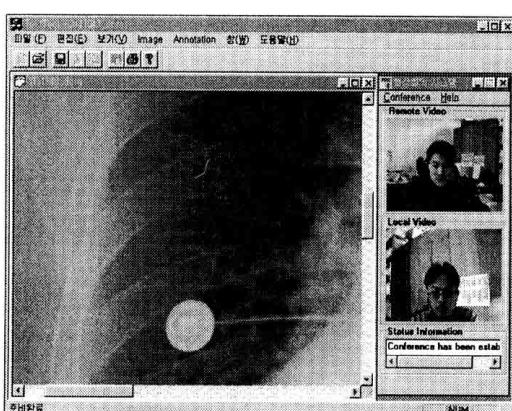


Fig. 6. 화상회의 시스템

고 연결을 서로 기다리다가 둘중 어느 한쪽이 요청을 해오면 이 연결 요청에 의해 각각은 또 다른 연결 소켓을 생성하여 연결이 이루어지게 만들었다. 연결이 이루어진 후의 모든 작업(데이터송수신)은 비동기적인(asynchronous) 함수의 사용으로 비차단(nonblocking) 송수신을 할 수 있게끔 개발하였다.

5) 영상압축

영상의 화질을 유지하기 위하여 $14'' \times 17''$ 크기의 방사선 사진 1장의 영상이나 PACS망을 통하여 직접 획득한 CR 한 장의 영상 크기는 약 7 Mbyte 이상의 데이터를 갖고 있다. 이를 LAN을 통하여 데이터를 송수신 할 경우의 많은 양의 데이터는 병원내의 네트워크 트래픽을 야기하게 되며, 원격의료 시스템의 성능을 저하 시키게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 방사선 사진의 전송은 가능한 통신의 복잡도, 데이터 저장 효율의 증가, 통신 사용료의 절감을 위하여 데이터 압축 모드를 지원하였다. 데이터 압축은 DICOM 3.0 표준안에서 권고하고 있는 JPEG(Joint Photographic Expert Group) 압축 방법을 지원하여 데이터 양을 감소 시켰다. 정밀 진단의 경우 DPCM(Differential Pulse Code Modulation)에 의한 무손실 JPEG 압축 방법을 적용하여 약 2:1의 압축비로 압축하였다. 정밀 진단이 아닌 경우 DCT(Discrete Cosine Transform)에 근거한 변환부호화 방식인 JPEG baseline 손실 압축방법을 사용하여 약 20:1 정도의 압축비로 압축하였다.

4. 네트워크 실험

실제 개발된 방사선 영상 전송 및 화상회의 시스템의 동작은 신킹존 세브란스 병원과 영동 세브란스 병원간을 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망으로 연결하여 실험 하였다. 다중 사용자의 동시 운용을 고려하여 ATM망을 통한 병원내의 네트워크는 가장 일반화된 10 Mbps급의 Ethernet과 접속하여 실험하였다. 신촌 세브란스 병원과 영동 세브란스 병원은 약 30Km 이상 떨어져 있고, 각 병원은 ATM 스위칭 장비를 갖추고 있으므로 병원간의 데이터 전송 대역폭은 155Mbps이다.

병원간 운용한 결과 화상회의의 운용은 그림 4와 6에서와 같이 양쪽 사용자는 마이크가 내장된 이어폰을 통하여 음성을 전달하고 카메라를 통하여 얻어진 상대방 얼굴역시 네트워크를 통하여 상대방에게 전달되어 30 frame/sec의 실시간 전송으로 디스플레이 된다. 음성

Table 1. 신촌-영동 세브란스간 데이터 전송실험

용량 (Kbyte)	전송시간(second)		
	1회	2회	3회
30	0	0	0
66	1	1	1
104	1	1	1
186	1	1	1
257	2	3	2
470	3	4	3
536	3	3	4
978	5	5	6
1,037	4	5	6
3,768	23	15	17
7,358	49	50	47

의 전달 지연은 의견교환시 전혀 문제가 없었으며, 전송 우선권이 높은 공유작업장의 제어신호 전달에 따른 시간차를 느낄 수 없었다.

표 1은 다양한 파일 크기의 방사선 사진의 전송을 3회에 걸쳐 실험한 결과치로서 1초단위로 측정하였다. 전송 속도는 1Mbps에서 2Mbps까지의 네트워크의 사용량에 따른 전송속도를 얻었다. 따라서 방사선 사진의 전달은 155Mbps 급의 병원간의 ATM 망에서는 문제가 없었으며, 10Mbps 급의 Ethernet 대역폭 속도에 제한을 받았다. 전혀 압축을 하지 않은 데이터의 전송에 약 50초 정도의 시간이 소요된 반면 압축비를 높여 손실 압축을 적용하였을 경우의 전송시간은 2초이내의 전송이 가능하였으며, 무손실 압축의 경우에도 약 2배정도의 시간을 개선할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 방사선 사진의 전송과 화상회의가 복합된 원격의료 시스템을 대화형, 개방형, 모듈형으로 설계하였다. 시스템의 확대와 다양한 병원에서의 운용을 가능하게 하기 위하여 컴퓨터 시스템은 저가격의 퍼스널 컴퓨터를 사용하였으며, 네트워크는 가장 일반화된 Ethernet에서 동작하도록 설계하였다. 다양한 원격의료 시스템 및 PACS를 포함한 의료영상정보 시스템과의 호환성을 위하여 의료영상 데이터 파일 형식은 DICOM 3.0 표준안 조건을 만족하도록 하였다. 또한 네트워크 프로토콜은 DICOM 3.0에서 권고하고 있는 네트워크의 de-facto 표준안이며, OSI 7계층에 기반을 둔

TCP/IP로 설계하였으며, 데이터 압축 방법 또한 DICOM에서 권고하고 있는 JPEG 압축방법을 사용하였다. 실시간 화상회의의 지원을 위하여 국제 표준안인 H.320 규약에 의한 하드웨어 CODEC을 사용하여 개방형으로 설치하였다. 또한 모든 소프트웨어는 시스템의 확장과 호환을 위하여 계층적으로 모듈화 하였으며, 공유작업장을 설계하여, 전송된 데이터의 조작과 운용을 대화형으로 설계하였다.

개발된 시스템은 광대역 ATM망과 Ethernet을 연결하여 시스템의 실제적인 운용과 성능을 평가하였다.

Acknowledgement

본 연구는 1996년 정보통신부의 초고속정보통신 응용 기술 개발사업의 결과이다(과제명 : DICOM 3.0 표준안에 의한 초고속정보통신 원격의료영상 전송 및 화상회의 시스템의 구축).

참 고 문 헌

1. Arthur Cumas, Programming Winsock, SAMS Publishing, 1995
2. CCITT H. 261 Draft, Video codec for audio-visual services at p*64 kbps, ITU, 1990
3. NEMA standards Publication PS3. x, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), 1994
4. M. Gerneth, F. R. Bartsch, R. Schosser, "The evaluation of communication experiments in teleradiology using a standardized study design", SPIE PACS Design and Evaluation 1993;1899:352-358
5. Peter Aitken and Scott Jarol, Visual C++ Multimedia, Coriolis Group Books, 1995
6. Y. P. Wu, R. MArtinez, E. Krupinski, R. Weinstein, "Analysis of JPEG compression on communications in a telpathology system", SPIE PACS Design and Evaluation 1994;2165, 283-294