

의료 기관용 실시간 고화질 비디오
전송 시스템 개발

연세대학교 대학원
생체공학협동과정
전기공학전공
정 석 명

의료 기관용 실시간 고화질 비디오
전송 시스템 개발

지도 김 남 현 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2001년 12월 일

연세대학교 대학원

생체공학협동과정

전기공학전공

정 석 명

정석명의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2001년 12월 일

감사의 글

석사 과정 2년이 어느 듯 지나갔습니다. 지나간 일들을 생각하면 많은 장면들이 스쳐지나갑니다. 많은 분들의 도움을 잊을 수 없기에 여기에서 간략하게나마 감사의 뜻을 전하고자 합니다.

먼저 저를 낳아서 길러주신 부모님의 은혜에 감사드립니다. 평생을 가도 그 분들의 은혜에 보답할 수는 없을 것 같습니다. 그 동안 저의 학문을 비롯한 인생행로에 대해 많은 길을 제시해주신 김남현 교수님께 감사드립니다. 저의 연구와 논문에 대하여 가르침을 주신 유선국 교수님, 박진배 교수님과 2년 간의 연구 활동에서 많은 지도 편달을 주신 서활 교수님, 김덕원 교수님, 김희중 교수님, 박종철 교수님께 감사드립니다. 연구에 필요한 귀중한 자료를 주시고 많은 조언을 해주신 김선호 교수님과 윤태성 교수님, 이병채 교수님, 정기삼 교수님께 감사드립니다.

연구실 생활 전반에서 많은 도움과 충고를 주신 수형 형님과 함께 일하면서 많은 도움을 준 광민과 기열에게 깊이 감사드립니다. 경하 형, 동휘 형, 봉주 형, 창용 형, 동일, 수찬, 기창, 현배, 영태, 승일, 종우, 동근, 윤희 씨, 은지 씨, 선영 씨에게 감사드립니다. 항상 연구실 업무에 힘쓰시는 유정숙씨와 연구 과제에 매진하시는 박정훈, 광기석, 박상우 학형에게 감사드립니다.

진효 형, 진현, 민식, 삼화를 비롯한 여러 친구들과 사우디에서 고생하시는 강수 형, 한동안 주거를 같이 했고 논문 작성에 많은 도움을 주신 성영 형과 형수님에게 감사드리고, 희정과 부군 창일씨에게 기쁨의 뜻을 전하고 싶습니다.

마지막으로 오늘도 열심히 매사에 정진하는 형님과 여동생 재희에게 감사드립니다.

2001년 12월

드림

차 례

그림 차례	iii
표 차례	iv
국문 요약	v
제 1 장 서론	1
제 2 장 고화질 비디오 전송 시스템 설계 및 구현	3
2.1 비디오 압축 표준	3
2.2 전송망의 선택	4
2.2.1 멀티미디어 원격진단 시스템에 사용되는 미디어의 분석	5
2.2.2 한국의 상용 전송망 분석	6
2.3 구현장비와 방법	7
2.4 시스템 전체 설계	9
2.5 기능모듈들의 구현	11
2.5.1 영상획득부	11
2.5.2 영상전송부	13
2.5.3 영상수신부	14
2.5.4 영상재생부	15
2.5.5 시스템제어부	16
2.5.6 영상저장부	17
2.6 전체 시스템 구현	18
제 3 장 테스트망 구성	20
제 4 장 결과 및 고찰	22
4.1 고화질 비디오 실시간 전송 시스템	22
4.1.1 Client	22
4.1.2 Server	23
4.2 시스템 테스트	23
4.2.1 기술적 테스트 결과	24
4.2.2 임상적 테스트 결과	26
4.2.2.1 응급환자	26
4.2.2.2 수술장면	28

4,2,2,3 내시경	31
4,2,2,4 초음파 영상	33
제 5 장 결 론	36
참고문헌	38
ABSTRACT	41

그림 차례

그림 1. DirectShow 개념도	8
그림 2. 고화질 비디오 전송 시스템	10
그림 3. 영상획득부 세부 구조	11
그림 4. 영상전송부 세부 구조	13
그림 5. 영상재생부 세부 구조	15
그림 6. 영상저장부 세부 구조	17
그림 7. DirectShow 기반의 시스템 흐름	18
그림 8. 네트워크 구성도	21
그림 9. 클라이언트용 고화질 비디오 전달 시스템	22
그림 10. 서버용 고화질 비디오 전달시스템	23
그림 11. 클라이언트 테스트 장면	26
그림 12. 서버 테스트 장면	27
그림 13. 경동맥 수술 장면의 2배 확대 영상	29
그림 14. 뇌혈관 수술 장면의 2배 확대 영상	30
그림 15. 시신경 종양을 제거한 장면의 2배 확대 영상	32
그림 16. 뇌에 생긴 혈종을 초음파로 확인하고 제거하는 모습(2배 확대 영상) ...	33

표 차례

표 1. 미디어에 따른 대역폭 요구사항	6
표 2. IEEE 1394 인터페이스 규격	12
표 3. 기술적 테스트 결과	25
표 4. 응급실 테스트 결과	27
표 5. 수술실 테스트 결과	31
표 6. 내시경 영상 테스트 결과	31
표 7. 초음파 테스트 결과	34
표 8. 각각의 사용용도와 전송 선로에 적합한 미디어 포맷	35

국 문 요 약

의료 기관용 실시간 고화질 비디오 전송 시스템 개발

원격의료는 시간과 공간을 초월하여 원거리에 위치한 환자를 진단하고 적절한 처치를 내리는데 사용된다. 원격지의 환자를 보다 정확히 진단하기 위해서는 고화질 동영상 비디오 신호를 실시간으로 전송할 수 있는 기술이 필요하다. 현재의 통신기술과 멀티미디어 압축 기법으로는 범용의 통신 서비스에서도 고품질 멀티미디어 비디오 전송 기술을 구현할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 전송 환경과 미디어 압축기술을 바탕으로 한국의 기간통신망들에서 사용 용도에 따라 자동으로 동영상 압축 포맷과 비트율을 설정할 수 있는 의료용 실시간 고화질 비디오 전송 시스템을 개발하였다. 시스템 구현에는 DirectShow와 DirectPlay 기술을 사용하였다. 동영상 압축 표준으로는 MPEG1, MPEG2, MPEG4를 사용하였다. DirectShow 기반에서 동작하기 위해 개별적 기능 모듈을 Filter로 구성하였다. 연구 과정에서 MPEG1, MPEG2 인코딩 Filter, 네트워크 전송 Filter, 비디오 제어 Filter를 직접 구현하여 소프트웨어적인 재사용성을 극대화시켰다.

동영상 압축 포맷과 비트율에 대한 자동 설정 기능을 구현하기 위하여 기술적 측면과 임상적 측면의 2가지 부분에서 수동적으로 여러 조건을 주면서 테스트하였다. 테스트에는 세브란스 병원의 내부 LAN 망과, 한국에서 상용 서비스되고 있는 E1, ADSL망을 사용하였다. 테스트 결과 내부 LAN, E1 망에서는 상당히 양호한 결과가 도출되었다. ADSL망에서는 MPEG4 포맷이 가장 좋은 결과를 보였다. MPEG2 포맷은 ADSL 망에서 제공하는 대역폭이 충분하지 못하여 화질이 많이 떨어졌다. 평균 지연 시간은 1초 이내로 실시간 서비스를 만족하였다. 테스트한 결과를 자동설정 기능에 적용하여 원활히 동작하는 것을 확인하였다.

본 연구를 통해 한국의 네트워크 여건에 맞는 의료용 실시간 비디오 전달 시스템을 개발하였다. 구현한 의료용 고화질 비디오 전송 시스템은 환자의 영상 정보를 고화질 실시간으로 전달할 수 있게 하여 원격 의료 서비스의 품질을 크게 향상시켰다.

핵심되는 말 : 원격진료 시스템, 고화질 비디오, 실시간 전송, DirectX, MPEG

제 1 장 서 론

원격의료는 시간과 공간을 초월하여 원거리에 위치한 환자를 진단하고 적절한 처치를 내리는데 사용된다. 초창기의 원격의료에서는 전화선로를 통해 간단한 의료정보 정도만 원거리의 상대방과 상호 교환할 수 있었다. 지금은 통신 환경이 많이 발전하여 환자의 진단에 필요한 각종 멀티미디어 의료정보를 고속의 네트워크를 통해 서로 교환할 수 있게 되었다[1-5]. 원격 의료에 사용되는 멀티미디어 데이터들 중에서 동영상 정보는 매우 큰 비중을 차지한다. 병원에서 사용되는 동영상 정보의 종류로는 초음파영상, 수술영상, 내시경영상 등이 있다. 이러한 기본적인 동영상 정보 외에 원격의료에서는 원거리 환자에 대해 실시간으로 모니터링하기 위한 동영상도 필요하다[3].

대용량의 동영상 정보를 실시간으로 전송하려면 초고속의 통신망이 필요하다. 그러나, 현재 한국에서 현재 상용화되어있는 통신망들은 그 전송속도에 한계가 있다[6]. 따라서, 동영상 정보를 한정된 속도를 지닌 네트워크 망에서 효율적으로 전송하려면 압축을 해야한다. 현재 제정되어 사용되고 있는 동영상 압축 표준들 중에서 의료용 고화질 비디오 압축에 적합한 표준으로 MPEG1(motion picture experts group 1), MPEG2, MPEG4가 있다. 이들 표준은 각각 고유한 압축효율과 화질을 가진다[7-13]. 지금까지는 동영상 데이터를 사용하기 전에 미리 전송해 두는 store-and-forward 방식의 시스템을 구축하는 연구가 활발히 진행되었다. 그러나, 원격 감시(remote monitoring), 응급 조언(emergency consultation), 원격 수술(tele-surgery) 등에 있어서는 실시간 데이터 전송이 필요하다[14-15]. 현재 한국에서 사용 가능한 고속 통신망은 ADSL(asymmetric digital subscriber line), 전용선(T1, E1), ISDN(integrated services digital network), CATV(cable TV) 인터넷망 등이 있다. 이러한 통신망들은 전송 특성, 구축비용 면에서 많은 차이점이 있다 [6][16-17].

본 연구에서는 이러한 한국의 기간 통신망에서 전송 속도와 사용 용도에 따라 자동으로 동영상 압축 포맷과 비트율(bit rate)을 설정할 수 있는 의료용 실시간

고화질 비디오 전송 시스템을 개발하였다.

연구는 다음과 같은 절차에 의해 진행되었다. 2장에서는 고화질 비디오 전송 시스템의 설계와 구현에 대하여 논한다. 3장에서는 구현된 시스템을 테스트할 전체 네트워크를 구축한다. 4장 결과 및 고찰에서는 먼저 여러 임상 자료에 대하여 구축된 시스템을 수동설정 모드로 테스트한다. 다음으로 테스트한 결과를 바탕으로 각각의 사용 용도에 맞는 최적의 설정을 도출한다. 그 다음으로는 도출된 결과를 시스템에 적용하여 자동설정 모드에서의 성능을 검증한다. 5장 결론에서는 구현한 시스템의 전반적인 성능에 대해 평가하고 종합적 결론을 제시한다.

제 2 장 고품질 비디오 전송 시스템 설계 및 구현

2.1 비디오 압축 표준

의료용 고품질 비디오의 저장과 전송에 사용할 수 있는 대표적 영상 압축 표준으로 MPEG 계열이 있다. 지금까지 MPEG 표준을 원격 의료에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다[3-5][14]. 현재로는 MPEG4가 표준안으로 결정되어 보다 광범위한 용도로 사용할 수 있게 되었다. MPEG7, MPEG21 등에 대한 표준화는 지금도 진행 중에 있다[7-13][18-19].

본 연구에서 사용하는 동영상 미디어 압축 부분에서의 대표적인 표준은 MPEG1, MPEG2, MPEG4, DV(digital video)의 4가지이다. 각각의 표준에 대한 특성은 다음과 같다.

1) MPEG1

비디오 CD를 위한 동영상 표준이다. 15Mbps의 최대 대역폭을 가진다. 이는 부호화 단위를 매크로블록(macro block)으로 하여 시간 공간적 상관 관계에 따라 정보를 압축하는 방식을 사용한다. 저장 매체에 대해 임의적 접근이 가능하고 NTSC(national television system committee method)와 PAL(phase alternation line) 주사 방식에 보다 적합한 구조를 가진다[11].

2) MPEG2

MPEG1의 화질을 보다 개선한 표준이다. HDTV(high definition television)에서 채택한 방식이다. MPEG2는 MPEG1과 마찬가지로 DCT(discrete cosine transform)를 사용하며 비월주사 방식도 가능하다. 색차 포맷에 있어서도 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 까지 사용하므로 고품질 서비스에 적합하다[12].

3) MPEG4

대역폭이 낮은 전송 환경을 고려한 표준이다. 5Kbps-10Mbps의 대역폭을 지원한다. 하나의 미디어를 객체별로 제어할 수 있는 특징을 가진다[13].

4) DV 포맷은 디지털 비디오 카메라에서 출력되는 신호를 프레임별로 압축하는 방법을 사용하여 고화질 편집이 간편한 특징이 있다. DV 포맷은 25Mbps의 대역폭을 가진다[8]. DV 포맷의 영상을 PC(personal computer)에서 입력받기 위해서 IEEE 1394 인터페이스를 사용할 수 있다. IEEE 1394 인터페이스는 USB 인터페이스와 함께 PC와 주변기기를 연결하는 표준이다. 이를 사용하면 카메라의 TV 신호를 별도의 캡처 장비 없이 고화질의 디지털 신호로 PC에 전달할 수 있다 [20-21]. 본 연구에서는 비디오 신호의 수집에 있어서 두 가지 방식을 사용한다. 첫째는 NTSC 또는 PAL 신호를 PC의 캡처 보드를 통해 입력하는 방식이다. 두 번째는 DV 포맷의 비디오 신호를 IEEE 1394 인터페이스 카드로 입력받는 방식이다. 이렇게 두 가지 방식으로 입력받는 것은 비디오 모듈의 활용성을 높이기 위한 것이다. 최근에 출시되는 노트북 PC 중에는 IEEE 1394 인터페이스가 기본적으로 장치되어있는 것이 많고 PCMCIA(personal computer memory card international Association) 방식의 IEEE 1394 인터페이스 카드도 이미 상용화되었기 때문에 IEEE 1394 인터페이스는 노트북 시스템에 쉽게 적용할 수 있다. 노트북을 사용하면 전체 원격의료 시스템의 부피를 많이 줄일 수 있는 장점이 있다.

2.2 전송망의 선택

한국의 상용 통신망들 중에서 고화질 비디오 전송 시스템에 적용 가능한 전송망을 선택하기 위해서는 2가지 사항을 파악해야한다. 먼저 원격의료 시스템에서 사용하는 각종 데이터에 대해 필요한 대역폭과 소요되는 시스템 자원을 분석해야 한다. 고화질 비디오 전송 모듈은 멀티미디어 원격의료 시스템의 한 부분으로 화상회의나 생체신호 등의 다른 데이터들과 같이 전송한다. 따라서, 전송망의 대역폭은 고화질 비디오 데이터와 원격의료 시스템에 사용하는 다른 데이터들을 같이

전송할 수 있을 만큼 충분해야 한다. 다음으로는 한국의 일반적 상용 통신망 중에서 이러한 요구조건을 만족하는 것을 파악해야 한다.

2.2.1 멀티미디어 원격진단 시스템에 사용되는 미디어의 분석

원격 의료에서 사용하는 멀티미디어 환자 정보에는 다음과 같은 것들이 있다. 환자로부터 직접 획득한 생체신호, 동영상, 방사선 영상 등의 정지영상, 환자와 의사의 음성 신호 등. 음성 신호의 경우는 화상회의용과 진단용으로 구분할 수 있다. 화상회의 용으로는 양방향 통신이 가능한 대표적 음성신호 표준으로 G.72x 표준이 있다[7][10]. 진단용 음성신호 표준으로는 MPEG1, MPEG2 등을 사용할 수 있다. MPEG4 표준은 응용 범위가 넓어 음성통신과 진단에 모두 적용할 수 있다. 효과적인 진단을 위해서는 CD(compact disk) 음질의 스테레오(stereo) 음향이 보장되어야 한다. 이것은 MPEG2 표준안에 따라 구현될 수 있다. 방사선 영상과 같은 의료용 정지영상에 있어서는 JPEG(joint photographic coding experts group) 계열의 압축 표준을 적용할 수 있다. 최근에는 DCT 기술과 Wavelet 기술을 함께 사용하는 JPEG2000이 제정되었고 이것은 최대 100:1까지의 압축 효율을 가진다 [22-23]. 화상회의용 영상 표준으로는 양방향 통신을 지원하는 H.261 표준안이 있다[7]. 생체 신호 전송의 경우에는 특별한 표준안이 정해져 있지 않다. 생체 신호들의 특성에 따라 각각에 필요한 대역폭의 차이가 크다. 그러나, 다른 멀티미디어 데이터에 비해 대역폭이 상대적으로 작게 소요된다. 대표적인 생체신호인 ECG(electrocardiogram)의 경우에 있어서는 500Hz의 샘플링율(sampling rate)로 8bit의 신호를 전송하는데 4Kbps의 대역폭이 필요하다.

원격 의료 시스템에서 고화질 비디오 신호는 이러한 멀티미디어 데이터들과 같이 전송된다. 따라서, 고성능 고화질 비디오 모듈을 설계하기 위해서는 다른 의료용 미디어들의 전송에 필요한 대역폭과 시스템 자원을 함께 고려해야 한다. 멀티미디어 원격의료 시스템에 사용되는 미디어들의 전송에 필요한 대역폭을 간략하게 나타내면 표 1과 같다.

표 1. 미디어에 따른 대역폭 요구사항[7]

Multimedia streams	Description	Bit rate
System stream	Session connection, Mouse Movement, Synchronization	Negligible
Speech	Full duplex, G.72x audio MPEG4	10-128Kbps 2-24Kbps
Diagnostic Audio	One-way, CD-quality stereo	32-768Kbps
Video Conference	Two-way, H.261	64Kbps-1.92Mbps
Diagnostic Video	One-way, MPEG2, MPEG4	3-15Mbps 200Kbps-700Kbps
Image Stream	Consultation	5Kbps-10Mbps
Biological Signal	ECG(8bits, 500Hz Sample)	4Kbps/Ch

표 1에서와 같이 진단용 비디오 신호를 제외한 다른 미디어에 소요되는 전체 대역폭은 100Kbps-2Mbps 이다. 진단용 비디오 신호를 포함하면 최소 2.5Mbps의 대역폭이 필요하다.

2.2.2 한국의 상용 전송망 분석

한국에서 서비스 되고있는 고속 통신망들을 사용자 비율에 따라 살펴보면 다음과 같다. 전용선(leased line)은 59.5%, ADSL은 35.4%, 전화선 모뎀(dial-up modem)은 25.3%, CATV는 11.1%이고 그 나머지는 ISDN과 휴대폰(mobile phone) 등으로 구성되어있다. 이 통계 자료는 중복응답(double response) 방식으로 수행된 것이다[6]. 대표적인 전용선으로 T1, E1이 있으며 T1 망의 전송속도는 1.544Mbps이다. E1 망은 T1 망의 채널(channel)수를 32개로 확장한 것으로 전송속도는 2.048Mbps이다. ADSL의 이론적 최대 속도는 0.64Mbps(up

link)/6.8Mbps(down link)이다. CATV 망을 사용한 통신은 ADSL과 서비스 품질이 비슷하여 전송 속도 범위가 256Kbps-10Mbps이다. 전화선 모뎀을 사용하면 최대 56Kbps로 데이터 전송이 가능하다. 휴대폰에서 사용하는 데이터 전송 서비스로 CDMA2000-1x(code division multiple access)가 있으며 최대 144Kbps의 대역폭을 지원한다[6][16][25]. 이러한 고속 통신망들 중에서 멀티미디어 데이터 스트리밍 서비스가 가능한 것은 전용선, ADSL, CATV망이다.

2.3 구현장비와 방법

고화질 비디오 신호를 실시간으로 압축하고 재생하기 위해서는 고성능의 PC가 필요하다. 이를 위해서 1GHz의 PC를 사용하였다. 카메라는 NTSC/PAL 신호를 출력하는 VC-C4(Cannon Inc., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 비디오 캡처 보드는 해상도 720×480을 지원하는 RADEON Board(ATI Technologies Inc., Thornhill, Ontario, Canada)를 사용하였다. DV 포맷을 입력받기 위해 Firebird DV(DVICO Inc., Sungnam City, Kyongki-do, South Korea) IEEE 1394 인터페이스 Board를 사용하였다. 디지털 카메라에서 들어오는 영상신호를 DV 포맷으로 변환하기 위해 DV Hardware Codec Converter DVMC-DA2(Sony Corp., Japan)을 사용하였다. 운영체제는 Microsoft Windows 2000 Professional을 사용하였다. 데이터베이스 모듈을 제작하기 위한 DBMS(database management system)로 Microsoft SQL Server 2000을 사용하였다. 소프트웨어 구현에는 Microsoft Visual C++ 6.0 프로그래밍 언어와 Microsoft DirectX 8.0 SDK(software development kit), GoMotion SDK(Ligos Technology, San Francisco, CA)를 사용하였다. GoMotion SDK는 MPEG1, MPEG2를 실시간으로 인코딩(encoding) 할 수 있는 라이브러리(library)이다.

고화질 비디오 전송 시스템은 비디오 신호를 캡처하여 MPEG 표준으로 압축하고 전송하는 Client 시스템과, 전송된 비디오 신호를 복원하여 재생하는 Server 시스템으로 구성된다. Microsoft사의 DirectX 기술은 이러한 멀티미디어 서비스를

보다 효율적으로 구현하기 위한 것이다[24]. 시스템 구현에 직접적으로 사용한 DirectX 기술로 DirectShow와 DirectPlay가 있다. DirectShow는 멀티미디어 데이터 스트리밍에 대한 것이다. DirectShow 기술에서는 Filter라고 불리는 COM(component object model) 객체들을 서로 연결하여 하나의 독립적인 시스템을 구성한다. Filter들은 완전한 기능을 수행하는 독립된 소프트웨어 모듈이므로 재사용성이 매우 높다.

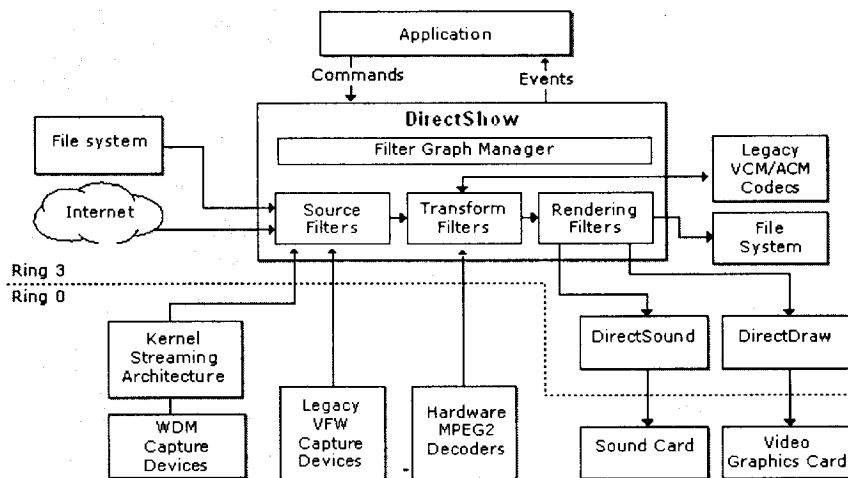


그림 1. DirectShow 개념도[24]

DirectShow에서는 그림 1과 같이 하나의 시스템을 Source Filters, Transform Filters, Rendering Filters로 구성한다. 각각의 Filter들은 Filter Graph Manager가 관리한다. Client 시스템에서는 비디오 신호를 입력받는 부분이 Source Filter이고, MPEG 표준으로 인코딩하는 부분이 Transform Filter이며, 네트워크를 통해 인코딩된 데이터를 전달하는 부분이 Rendering Filter이다. Server 시스템에서는 네트워크를 통해 전달된 데이터를 수집하는 부분이 Source Filter이고, MPEG 포맷으로 압축된 데이터를 복원하는 부분이 Transform Filter이며 스크린에 디스플레이(display)하는 부분이 Rendering Filter이다.

DirectPlay는 네트워크를 통한 멀티미디어 데이터 전송에 관련된 SDK이다. DirectPlay를 사용하면 하위의 네트워크층을 고려하지 않고, 상위 레벨에서 네트워크를 관리하며, 데이터를 송수신할 수 있다.

전체 고화질 실시간 비디오 전송 시스템은 Push 모드로 구현하였다. DireShow의 Filter 설계 방식은 Push 모드와 Pull 모드로 구분할 수 있다. 이들의 차이점은 미디어 데이터를 제어하는 방식이다. Push 모드는 미디어가 존재하는 쪽에서 미디어를 재생하는 쪽으로 데이터를 계속 전달한다. 반면 Pull 모드에서는 미디어를 재생하는 쪽에서 필요할 때마다 미디어가 존재하는 쪽에 데이터를 요청하는 방식이다. VOD(video on demand) 서비스는 일반적으로 Pull 모드로 구현된다. 본 연구에서 처음에는 고화질 비디오 전송 시스템을 Pull 모드로 구현하였다. 그러나, Pull 모드에서는 네트워크 수신 Filter에서 데이터 수신을 원활히 하기 위해 추가적인 버퍼링이 필요하였다. 이로 인해 영상 캡처와 재생 사이의 전체 평균 지연 시간이 3-5초 가량 발생하였다. 이렇게 지연 시간이 많이 발생하면 의료용 실시간 시스템으로는 사용하기 어렵다. 이러한 지연 시간 문제는 Push 모드로 구현함으로써 극복할 수 있었다. Push 모드에서는 데이터 수신 Filter에서 추가적인 버퍼링을 할 필요가 없었기 때문에 평균 지연 시간을 1초 이내로 줄일 수 있었다.

2.4 시스템 전체 설계

시스템의 전체 구조는 그림 2와 같다. Client 시스템에서는 고화질 카메라를 통해 들어오는 영상 신호가 IEEE 1394 인터페이스 보드나 비디오 Capture 보드를 거쳐 PC에 입력된다. 비디오 인코더에서는 입력된 비디오 신호를 동영상 표준 포맷으로 압축한다. Video Transmitter에서는 압축된 동영상 데이터를 네트워크를 통해 Server 시스템에 전달한다. Server 시스템의 Video Receiver는 전송된 데이터를 Video Decoder에 전달한다. Video Decoder는 데이터를 복원하여 Video Renderer에 전달한다.

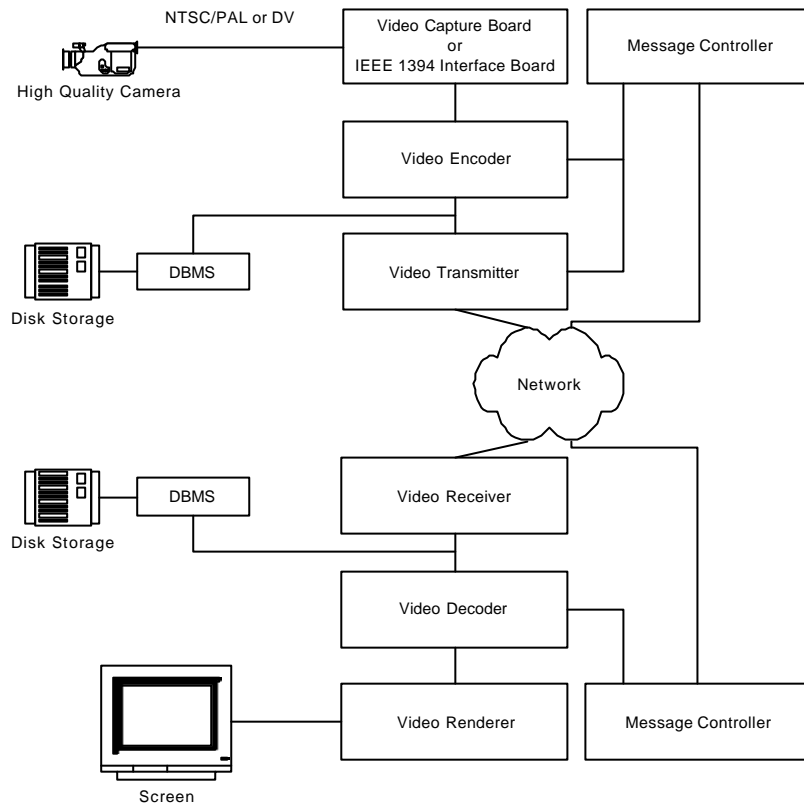


그림 2. 고화질 비디오 전송 시스템

Video Renderer는 복원된 데이터를 Screen에 디스플레이한다. 데이터 전송과 수신에 관계되는 데이터 흐름은 Client 시스템과 Server 시스템에 각각 존재하는 Message Controller가 담당한다. 네트워크를 통해 전송되는 데이터는 사용자 명령에 의해 선택적으로 Client나 Server 시스템에 저장된다. 이와 같은 시스템은 기능별로 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 1) 비디오 신호를 입력받아 압축하는 영상획득부
- 2) 압축된 데이터를 전송하는 영상전송부

- 3) 전송되는 데이터를 수신하는 영상수신부
- 4) 수신된 데이터를 재생하는 영상재생부
- 5) 영상을 저장 매체에 저장하는 영상저장부
- 6) 시스템 구동과 데이터 흐름을 제어하는 시스템제어부

2.5 기능모듈들의 구현

각각의 기능모듈들은 DirectShow에서 사용하는 Filter로 구성되었다. 이러한 Filter들은 미디어샘플(media sample) 단위로 데이터를 처리한다. 미디어샘플은 DirectShow에서 처리하는 기본적인 데이터 형식이다[24].

2.5.1 영상획득부

영상획득부는 그림 3에서와 같이 입력되는 비디오 신호를 PC에서 처리 가능하도록 전달하는 부분과 입력된 비디오 신호를 전송에 적합한 동영상 표준으로 변환하는 비디오 압축부분으로 구분된다.

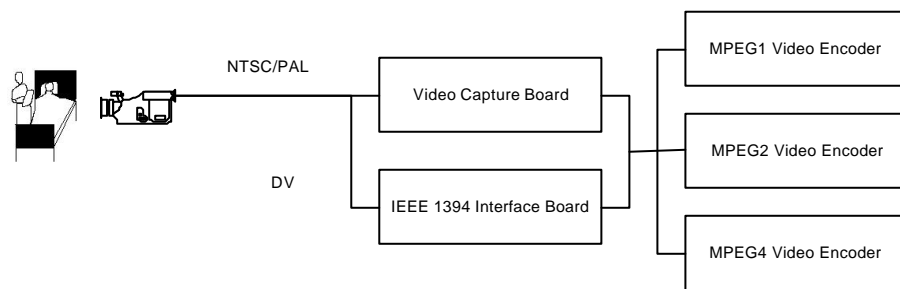


그림 3. 영상획득부 세부 구조

비디오 캡처보드를 사용할 경우 입력되는 비디오 신호로 NTSC/PAL을 사용한다. IEEE 1394 인터페이스 보드를 사용할 경우 입력되는 비디오 신호로 디지털 포맷인 DV를 사용한다. IEEE 1394의 인터페이스 규격은 다음의 표 2에서와 같은 특성을 가진다.

표 2. IEEE 1394 인터페이스 규격[20-21]

Category	Specification
Maximum Number of Devices	63
Hot-Swap	Possible
Maximum Cable Length Between Devices	4.5m
Data Transfer Rate	200Mbps (25MB/s)
Internal Peripheral Connection	Possible
Peripheral Device	HDTV DV Camcorder High-Resolution Digital Camera Scanner Printer HDD Set-Top Box

IEEE 1394 인터페이스에서는 모두 63개의 장치를 연결할 수 있다. 연결된 장치와 PC는 200Mbps의 전송률로 통신을 한다. IEEE 1394 인터페이스의 대역폭은 200Mbps이므로 25Mbps의 대역폭이 필요한 DV 포맷을 전송하기에 충분하다. 비디오 캡처 보드에는 전용 캡처 Filter가 존재한다. 비디오 캡처보드에서는 입력되는 비디오 신호를 UYVY(interleaved YUV) 포맷으로 변환하여 출력 핀으로 전달한다. IEEE 1394 인터페이스 카드로 DV 신호를 입력받기 위하여 Microsoft의 DV 신호 인터페이스 Filter를 사용하였다.

비디오 캡처 보드나 IEEE 1394 인터페이스를 통해 입력되는 비디오 신호는 인코딩 모듈의 입력 단으로 전달된다. 인코딩 모듈에서는 입력되는 비디오 신호를

MPEG1, MPEG2, MPEG4 포맷 중 한가지 형태로 인코딩한다. 인코딩 모듈을 구현하기 위해서 MPEG1, MPEG2 인코딩용 Filter를 제작하였다. 구현한 Encoding Filter는 입력핀에서 UYVY 또는 DV로 신호를 받아들인다. 입력된 신호는 MPEG1 또는 MPEG2 포맷으로 변환되어 출력핀에 전달된다. MPEG4 Encoding Filter는 Microsoft에서 제작한 것을 사용하였다.

2.5.2 영상전송부

영상전송부는 그림 4와 같이 전송할 데이터를 축적시키는 버퍼와 축적된 데이터를 전송하는 Transmitter로 구성된다.



그림 4. 영상전송부 세부 구조

고화질 영상을 전송하는데 있어서 기본이 되는 네트워크 프로토콜은 TCP/IP(transmission control protocol and internet protocol)이다[25-26]. 원활한 데이터 전송을 위해서 Microsoft에서 제공하는 DirectX SDK의 DirectPlay API(application programming interface)를 사용하였다. DirectPlay는 동영상이나 게임 등의 멀티미디어 데이터를 안정적으로 전송할 수 있는 SDK이다. 영상 전송에서는 DirectPlay의 peer-to-peer 방식으로 동영상 데이터를 전달한다. peer-to-peer 방식에서는 데이터를 주고받는 양쪽 PC가 서로 동등한 전송레벨을 가진다. 동등한 전송레벨에서는 한쪽 PC가 먼저 서버를 만들고 대기하면 다른 쪽 PC가 접속하게 된다. 데이터 전송율을 높이기 위하여 DirectPlay의 비동기 전송 모드를 사용하였다. 한번에 하나의 전송 작업을 수행하는 동기식 전송 모드와는 달리 비동기 전송 모드에서는 동시에 여러 개의 thread가 구동된다. 따라서, 동기식 전송 모드에서는 같은 시간에 보다 많은 전송 데이터를 처리할 수 있다[24].

영상전송부에서 버퍼를 사용하는 이유는 다음과 같다. 실험에서 구현한 고화질 비디오 데이터는 30Frame/Sec의 프레임율을 지원하므로 버퍼를 사용하지 않으면 매초 평균 30번씩 전송단을 호출하게 된다. 이렇게 빈번하게 초당 30개의 thread가 생성되어 수행되면 전송 과정에서 thread들이 완전히 작업을 끝낼 수 없게 되어 결과적으로 데이터 손실이 발생한다. 따라서, 초당 30번씩 생성되는 비디오 데이터를 일정한 단위만큼 모아서 동시에 전송하는 방법이 필요하다. 버퍼를 사용하면 보다 적은 횟수로 전송단을 호출하면서 작업을 수행할 수 있기 때문에 전송 작업에서의 데이터 손실을 막을 수 있다.

전송 프로토콜에서는 전송 데이터에 대한 신뢰성 보장과 전송 속도가 매우 중요한 요소이다. 이 두 가지 요소는 일반적으로 동시에 품질을 높일 수가 없다. 전송 신뢰성을 높이면 전송 속도가 떨어지고 반대로 전송 신뢰성을 낮추면 보다 빠른 속도로 전송할 수 있다[24-25]. 정지 영상의 경우는 전송 과정에서 발생한 일부 데이터의 손실이 전체 파일의 디스플레이에 막대한 지장을 초래한다. 그러나, 동영상 정보의 경우 초당 10 프레임 이상 디스플레이 되므로 전송 중에 데이터 일부가 소실되더라도 디스플레이할 때 순간적인 영향만 주게된다. 전송 과정에서 손실된 일부 데이터를 복구하려면 그 만큼의 지연 시간이 더 필요하다. 본 연구에서는 시스템을 보다 실시간으로 동작시키기 위하여 신뢰성을 보장받지 않는 방식으로 구현하였다. 영상 전송부의 모든 기능들은 하나의 Filter로 구현하였다. 전송 Filter는 주기적으로 입력핀을 통해 MPEG 데이터를 받아서 출력핀을 통해 영상수신부로 전송한다.

2.5.3 영상수신부

영상수신부는 네트워크를 통하여 전송된 비디오 데이터를 전달받는 기능을 한다. 영상수신부는 전송부와 마찬가지로 DirectPlay API를 사용한 peer-to-peer 방식을 사용하여 구현하였다. 영상수신부에서는 별도의 버퍼를 사용하지 않고 수신한 데이터를 곧 바로 영상재생부에 전달한다. 이러한 영상수신부의 기능들을 하나의 수신 Filter로 구현하였다. 수신 Filter는 전송 Filter와 쌍을 이루어 데이터 송수신을

담당한다.

2.5.4 영상재생부

영상재생부는 그림 5와 같이 동영상 표준에 따라 압축된 신호를 복원하는 디코딩(decoding) 모듈과 디코딩된 데이터를 화면에 디스플레이 하는 부분으로 구성된다.

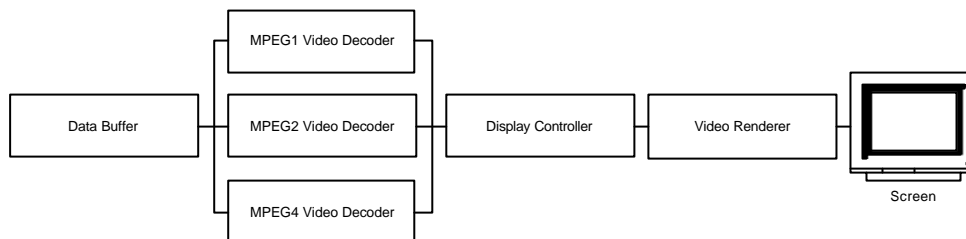


그림 5. 영상재생부 세부 구조

디코딩 모듈에서는 입력되는 동영상 데이터를 각각의 표준 포맷에 따라 디코딩한다. 디코딩된 데이터는 디스플레이 제어모듈에 입력된다. 디스플레이 제어모듈에서는 밝기 색상 등의 시각적 옵션을 조작자의 요구 사항에 맞게 조절하여 Video Renderer에 넘겨준다. Video Renderer는 전달받은 비디오 신호를 디스플레이 화면으로 보여준다. 영상 재생부에서는 5개의 Filter를 사용하였다. MPEG1 디코딩에는 Microsoft의 MPEG Video Decoder Filter를 사용하였다. MPEG2 디코딩에는 Software CineMaster 99 DVD Decoder(RAVISENT Technologies Inc., Malvern, PA)를 사용하였다. MPEG4 디코딩에는 Microsoft의 MPEG4 Video Decompressor Filter를 사용하였다. 렌더링(rendering) Filter는 DirectShow에서 제공하는 Video Renderer Filter를 사용하였다. 디스플레이를 제어하기 위한 Filter는 직접 제작하였다.

2.5.5 시스템제어부

시스템제어부는 Client와 Server 시스템을 구동하고 네트워크를 통한 데이터 흐름을 제어하는 모듈이다. 본 연구에서 구현한 시스템은 사용하는 의료 데이터 종류와 전송망에 따라 최적의 동영상 압축 포맷과 생성 비트율을 자동으로 설정할 수 있다. 사용자가 선택할 수 있는 사용용도 항목은 응급환자, 내시경, 수술장면, 초음파 진단의 4가지이고 전송망은 내부 LAN, E1×3, ADSL의 3가지이다. 사용용도와 전송망을 선택한 후 시스템을 가동시키면 시스템제어부는 먼저 전송 선로의 평균 전송 속도를 측정하여 전송속도에 문제가 있는지 파악한다. 평균 전송 속도는 1초간 전송한 데이터의 평균값으로 한다. 다음으로는 RTT(round trip time)를 측정하여 전송에 걸리는 지연시간을 측정한다. 측정이 끝나면 압축 방식과 초기 비트율을 자동으로 설정하여 최초의 전송을 수행한다.

전송 경로 상의 네트워크 환경은 여러 가지 요인으로 인하여 장애가 발생한다. 전송 도중 네트워크 장애가 발생할 때 적절한 조치를 취하기 위해서는 실시간으로 네트워크 상태를 감시할 필요가 있다. 전송 지연 시간은 다음과 같은 방식으로 제어하였다. DirectShow에서 사용하는 기본 데이터 단위인 미디어샘플들은 각각 고유한 재생 time을 가지고 있다. 재생부의 Filter는 재생할 미디어샘플들을 이러한 time에 따라 내부의 clock에 의해 재생한다[24]. 이때 수신된 미디어샘플들의 time과 clock의 차이를 주기적으로 검사하여 지연 시간을 측정하였다. 이렇게 측정한 지연 시간은 time을 조정하여 일정한 범위 내에서 제어하였다. 한편 네트워크를 통해 전송되는 데이터량은 다음과 같은 방법으로 제어하였다. 먼저 전송단에서는 전송할 미디어샘플의 헤더에 전송 데이터의 크기 정보와 일련 번호를 부착한다. 수신단에서는 전송된 미디어샘플의 일련번호와 크기 정보를 바탕으로 전송 과정에서 발생한 데이터 손실을 측정한다. 데이터 손실량이 일정기준 이상 증가하면 전송측에 제어 신호를 보내어 MPEG 인코딩 과정에서의 양자화 계수(quantization coefficient)를 단계적으로 늘임으로써 비트율을 떨어뜨린다. 전송률이 일정시간 이상 매우 양호할 때는 전송측에 제어 신호를 보내어 인코딩 할 때의 양자화 계수를 줄여 비트율을 높인다. MPEG1, MPEG2는 별도의 Filter로 구현하였기에 이 방

법이 가능하였다. 그러나, MPEG4 Filter는 Microsoft에서 제공하는 것을 사용하였으며 비트율의 조절은 가능하지 못하였다. Ligos사에서 발표하여 조만간 상용화될 MPEG4 SDK를 사용하면 MPEG4에서도 비트율을 실시간으로 제어할 수 있을 것으로 보인다. 만약 네트워크 자체가 단절되는 경우는 회복될 때까지 시스템 동작을 중지한다. 이때는 네트워크가 정상적으로 복구되었는지 주기적으로 체크하여 네트워크가 복구되면 다시 가동을 시작한다. 시스템 제어용 모듈 내부에서는 DirectShow 기술을 사용하지 않았으므로 Filter로 구현하지 않고 Class로 구현하였다.

2.5.6 영상저장부

영상저장부는 데이터를 저장하는 Disk Storage와 데이터베이스 파일, DBMS, 사용자인터페이스 모듈로 구성된다.

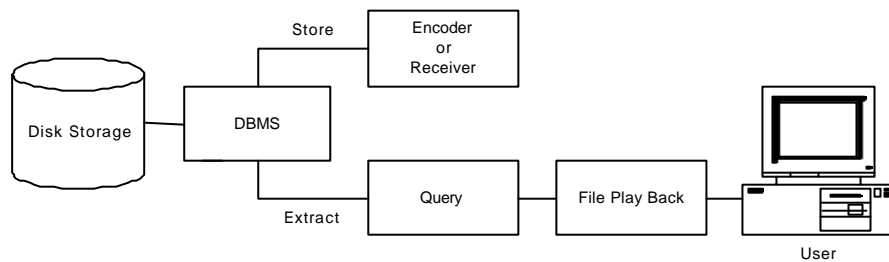


그림 6. 영상저장부 세부 구조

동영상 비디오 데이터는 필요에 따라 Client나 Server의 Data Storage에 저장된다. 사용자는 질의문(query)을 사용하여 보관된 데이터들을 데이터베이스로부터 추출한 다음 File Play Back 모듈을 통해 재생하거나 삭제할 수 있다. 영상저장부에서는 DirectShow에서 제공하는 File Splitter Filter를 사용하여 저장된 파일을 읽어 들인다. 읽어들인 데이터는 영상재생부에서 재생된다.

2.6 전체 시스템 구현

DirectShow에서는 Filter Graph Manager 객체가 각각의 Filter들을 관리한다. 전송부에서는 비디오 캡처 Filter, 인코딩 Filter와 데이터 전송 Filter를 하나의 Filter Graph Manager에서 관리한다. 수신부에서도 데이터 수신 Filter와 디코딩 Filter, Renderer Filter를 하나의 Filter Graph Manager에서 관리한다.

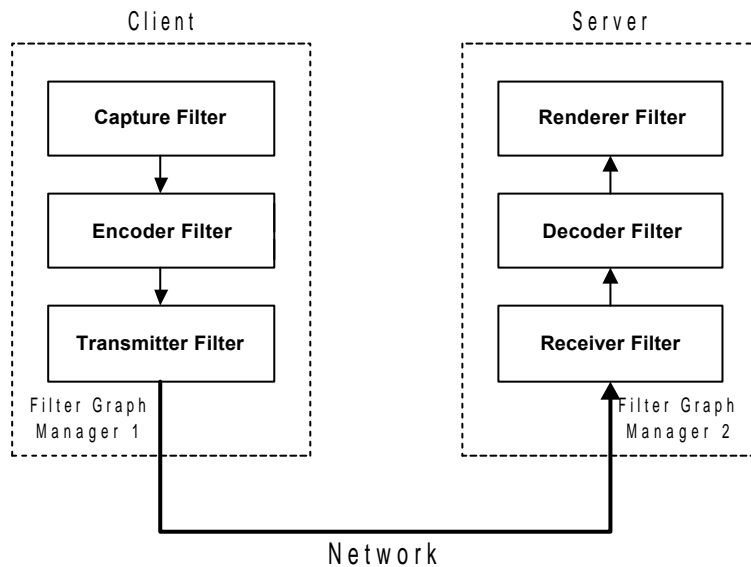


그림 7. DirectShow 기반의 시스템 흐름

구현한 비디오 전송시스템을 Filter들 사이의 데이터 흐름에 따라 분석하면 다음과 같다. 시스템을 가동하면 Server(receiver)에서는 Filter Graph Manager 2를 가동하여 Client(sender)가 접속할 때까지 대기한다. Client 시스템에서 Server에 접속하면 양쪽 시스템은 그림 7과 같이 Filter들을 연결한다. 연결이 끝나면 Filter Graph Manager 1과 Filter Graph Manager 2를 각각 구동시킨다. 비디오 신호는 Client의 Capture Filter를 통해 입력되어 Encoder Filter에서 압축한다. 압축된 신

호는 Transmitter Filter에 의해 Server에 있는 Receiver Filter에 전송된다. Receiver Filter는 전송된 데이터를 Decoder Filter에 전달한다. Decoder Filter는 압축을 해제하여 Renderer Filter에 전달한다. Renderer Filter는 화면에 동영상을 디스플레이한다.

제 3 장 테스트망 구성

구현한 시스템을 테스트하기 위해 내부 LAN, 전용선, ADSL 망을 사용하여 세브란스병원(연세대학교 대학병원, Seoul, South Korea)과 세란병원(Seoul, South Korea) 사이에 그림 8과 같은 네트워크망을 구성하였다. 고화질 비디오 전송 시스템은 병원 내부에서의 협의진료나 조연 등에서도 폭 넓게 사용할 수 있기 때문에 내부 LAN에서의 테스트도 필요하다. 내부 LAN을 구축하기 위해 세브란스병원의 응급실, 수술실을 100Mbps Ethernet Hub를 사용하여 연결하였다. 수술실은 환자의 비디오 정보를 수집하므로 Client 시스템을 설치하였다. 세브란스병원과 세란병원에는 고화질 화상 데이터의 송수신이 가능하도록 Client와 Server 시스템 모두를 설치하였다. 설치한 시스템들에는 100Mbps를 지원하는 NIC(network interface card)을 장치하였다. 전용선으로는 세브란스병원과 세란병원 사이에는 한국통신에서 서비스하는 E1 망 3개를 설치하였다. E1 망 3개를 동시에 사용하기 위해서 두 병원 각각에 CSU(channel service unit) 3개와 Cisco 3600 라우터(Cisco Systems Inc., CA)를 설치하였다. Client PC와 Server PC의 데이터 전송은 각각의 E1 선로에 연결된 CSU에서 담당한다. 라우터는 각각의 PC에서 나오는 데이터를 연결된 CSU들에 분배하여 전송한다. 세란병원에는 한국통신에서 서비스하는 ADSL 망을 설치하였다. ADSL 망을 통해 세브란스병원에서 세란병원에 전송하는 데이터들은 신촌 전화국의 교환기를 거쳐 세란병원의 응급실에 down link된다.

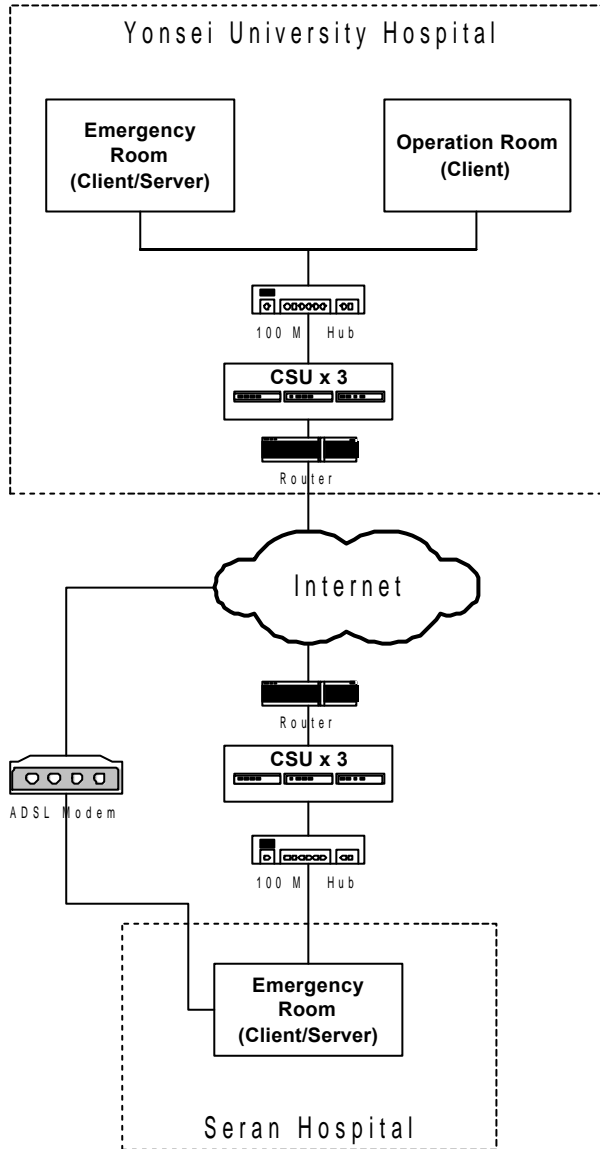


그림 8. 네트워크 구성도

제 4 장 결과 및 고찰

시스템은 다음과 같은 절차에 의해 동작한다. 먼저 Server 시스템을 가동하면 Server는 Client의 접속을 기다린다. Client 시스템을 구동하여 Server에 접속하면 Server는 Client와 연결을 설정한다. 시스템 구동에 사용한 중요한 사용자 인터페이스로는 동영상 Play, Stop, Pause와 저장이 있고 이러한 명령들은 Client와 Server 양쪽 모두에서 사용할 수 있다.

4.1 고화질 비디오 실시간 전송 시스템

4.1.1 Client

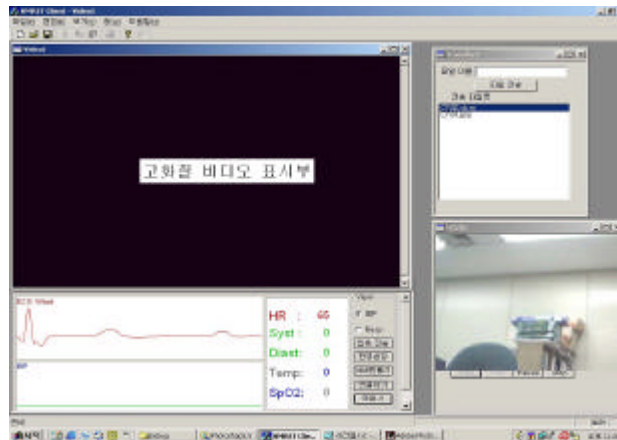


그림 9. 클라이언트용 고화질 비디오 전달 시스템

Client에서는 환자의 비디오 영상을 압축하여 전송한다. 입력된 비디오의 Preview 영상을 Client의 고화질 비디오 표시부분에 디스플레이한다. Client와 Server 시스템의 고화질 비디오 표시부는 가로 세로 720×480 크기이며 영상의

크기가 이보다 작을 때는 해상도를 720×480으로 늘여서 디스플레이한다.

4.1.2 Server



그림 10. 서버용 고화질 비디오 전달시스템

Server는 Client에서 전달한 영상을 디코딩하여 스크린에 디스플레이한다. 디스플레이 되는 화면은 DirectShow의 Overlay Mixer 2 Filter에 의해 스크린에 오버레이 된다[8].

4.2 시스템 테스트

테스트는 3가지 조건에 대하여 실시하였다. 첫 번째로 세브란스 병원의 응급환자 구급처치 장면과 수술실 데이터를 내부 LAN망을 통해 세브란스 응급실에서 모니터링하였다. 다음으로 세브란스 병원의 응급실과 세란병원의 응급실 사이에서 양쪽 병원의 응급 환자에 대해 각각 모니터링하였다. 다음으로 세브란스 병원의 수술실 데이터를 세란병원에서 모니터링하였다. 테스트에 사용한 수술실 데이터는 수술, 내시경, 초음파영상의 3가지이다.

기술적 측면에서 프레임율(frame rate), 비트율, 전송지연 시간 등을 측정하였다. 프레임율은 영상의 화질에 관계되고, 비트율과 전송지연 시간은 실시간 전송에 관계되는 요소들이다. 임상적 측면에서는 전문의 3명이 참여하여 응급환자 모니터링과 수술장면에 대한 영상의 화질을 각각 5가지 레벨로 측정하였다.

측정 시간은 테스트에서 매우 중요한 요소이다. 우리 실험실에서는 이미 세브란스 병원내의 네트워크 사용률을 시간대 별로 파악하였다. 이를 토대로 10:00-11:00, 14:00-15:00, 16:00-17:00의 3가지 시간대에서 각각 3번씩 테스트하였다[4].

MPEG2는 양자화계수를 달리하여 3가지 경우에 대하여 테스트하였다. MPEG2는 양자화계수에 따라 비트율의 차이가 많이 발생한다. MPEG4에서는 실시간 소프트웨어 인코딩을 원활히 하기 위해 생성 비트율을 500Kbps로 고정하였다.

4.2.1 기술적 테스트 결과

표 3은 실험에서 실시한 각각의 임상 테스트 경우들의 기술적 평균값을 나타낸다. 프레임 수는 Renderer Filter에서 1초당 디스플레이 되는 프레임 수의 평균을 측정하여 계산하였다. 비트율은 1초당 인코딩되는 데이터량의 평균값이다. 지연 시간은 Client에서 비디오 신호를 받아들여 Server에서 재생할 때까지 걸리는 시간의 평균값이다. 지연 시간은 다음과 같은 방법으로 자동적으로 측정하였다. Client는 자신의 System Time을 측정하여 Server에 전달한다. 그 다음으로 Server는 자신과 Client 사이의 RTT를 측정한다. Client는 메시지 헤더에 현재의 System Time을 기록하여 전송한다. Server에서는 렌더링 할 때 자신의 System Time을 측정하여 Client에서 전달된 System Time과 RTT를 사용하여 전송 지연 시간을 계산한다.

표 3. 기술적 테스트 결과

Network Line	MPEG1 (352×240)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG4 (720×480)
Internal LAN	30.3 Frame 1.4 Mbps 0.85 sec	29.4 Frame 1.5 Mbps 0.66	29.4 Frame 2.7 Mbps 0.45	29.4 Frame 4.3 Mbps 0.36	30.6 Frame 0.5 Mbps 0.75
E1×3	30.3 Frame 1.4 Mbps 1.06	29.4 Frame 1.5 Mbps 0.78	29.4 Frame 2.6 Mbps 0.65	24.0 Frame 4.3 Mbps 0.45	30.6 Frame 0.5 Mbps 0.79
ADSL	25.0 Frame 1.4 Mbps 1.23	24.0 Frame 1.6 Mbps 0.96	15.2 Frame 2.5 Mbps 0.90	0.3 Frame 4.6 Mbps 0.77	29.5 Frame 0.5 Mbps 1.07

기술적인 테스트 결과에 대해 분석하면 다음과 같다. 표 3에서와 같이 내부 LAN과 E1×3 전송망에서는 초당 30프레임 정도의 양호한 화질이 나왔다. ADSL 망에서는 MPEG4가 가장 양호한 프레임율이 나왔고 비트율이 높을수록 프레임율이 급격히 감소하였다. 이를 통해서 전송망의 전송 속도가 특정 동영상 포맷의 비트율을 다루기에 충분하지 못하면 프레임율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다. 다음으로 살펴볼 것은 전송 지연 시간이다. 전송 지연 시간은 내부 LAN에서 가장 짧았고, ADSL line에서 가장 길었다. 이것은 전송망 구성에 사용되는 물리적, 논리적 장치들에 의한 전체 지연 시간이 서로 다르기 때문인 것으로 추정된다. 한편 MPEG 포맷에 따라서도 지연 시간의 차이가 다소 발생한다. 압축 포맷에 따른 지연 시간의 차이는 Filter에 따라 인코딩과 디코딩에 소요되는 버퍼 크기와 데이터 계산량이 서로 다르므로 발생하는 것으로 추정된다.

실험에서는 비디오 신호 입력에 대하여 DV 인터페이스인 IEEE 1394 보드를 사용할 때와 비디오 캡처 보드를 사용할 경우를 별도로 테스트하였다. 테스트 결과 IEEE 1394 인터페이스 보드를 사용할 때도 별다른 문제점 없이 동작하였다.

4.2.2 임상적 테스트 결과

임상 테스트는 구현한 시스템을 실제로 사용할 전문의들이 내린 판단이다. 전문의들이 내린 주관적 판단은 수치적으로 표시하기는 어렵지만 시스템의 가용성을 판단하는데는 매우 중요한 역할을 한다.

4.2.2.1 응급환자

응급환자 테스트는 그림 11, 12와 같이 원거리에 위치한 환자를 응급처치하는 과정을 모니터링하면서 즉각적인 조언을 하는 경우에 대하여 실시하였다.



그림 11. 클라이언트 테스트 장면



그림 12. 서버 테스트 장면

표 4. 응급실 테스트 결과

Quant - Quantization Coefficient

Very High - 매우 양호한 상태, High - 양호한 상태, Medium - 약간 문제가 있음, Low - 사용하기 어려움, Very Low - 사용하기 거의 불가능함

Network Line	MPEG1 (352×240)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG4 (720×480)
Internal LAN	High	Very High	Very High	Very High	Medium
E1×3	High	Very High	Very High	Medium	Medium
ADSL	Medium	Medium	Low	Very Low	Medium

응급실 테스트에서는 전송망이 내부 LAN과 E1×3인 경우 비교적 양호한 결과

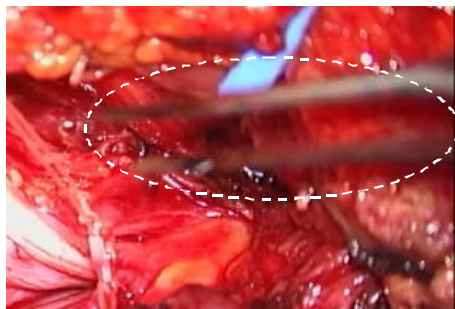
가 나왔다. MPEG2 포맷이 가장 양호하였고 양자화계수를 4로 준 경우(평균 비트율 4.3 Mbps)에서만 중간 정도의 화질이 나왔다. E1×3 line은 6,144 Mbps의 전송 속도를 지원하는데 모션이 많이 발생할 경우 MPEG2(Quant 4, 720×480)의 경우에 있어서는 순간적인 비트율이 6Mbps를 넘어간다. 이때 전송 과정에서 손실이 발생하여 화질이 저하되었다고 추정할 수 있다. ADSL망의 경우는 MPEG2에서 비트율이 높은 양자화계수 6, 양자화계수 4일 경우 화질이 급격히 감소하였다. 이러한 현상은 MPEG2의 높은 비트율을 ADSL망이 감당할 수 없기 때문에 발생한 것이라고 볼 수 있다.

4.2.2.2 수술장면

수술장면에 대한 테스트는 경동맥 수술이나, 뇌혈관 수술 등의 몇 가지 외과적 수술 상황에 대하여 실시하였다. 수술 데이터에 대한 결과는 응급실의 경우보다 MPEG1과 MPEG2(Quant 10)에서 조금 낮게 나타났다. 수술에서는 수술부위에 대한 매우 정확한 정보가 필요하다. 따라서, 상대적으로 화질이 떨어지는 MPEG1과 낮은 화질의 MPEG2의 경우는 그 만큼 점수가 낮게 나온 것으로 추정된다. 수술 장면에서 수술 부위는 움직임이 별로 없다. 따라서, 수술부위에 대해서는 MPEG4의 경우 상대적으로 MPEG1 보다 양호한 화질이 나왔다. ADSL 망에서는 응급실의 경우와 마찬가지로 높은 비트율의 동영상 포맷에 대해 화질이 급격히 떨어졌다.

그림 19에서는 움직임이 많은 핀셋과 움직임이 적은 수술 부위를 볼 수 있다. 핀셋이 움직이는 부분의 화질은 MPEG2가 가장 높고 MPEG1이 중간이다. MPEG4에서는 핀셋 주위로 영상의 왜곡이 많이 발생하였다. 그림 16은 물체들의 움직임이 별로 없을 경우이다. 여기에서는 MPEG2의 화질이 가장 높고 MPEG4가 그 다음이며 MPEG1이 가장 낮았다. 이러한 현상이 나타나는 이유에 대해 다음을 추정할 수 있다. MPEG1은 해상도가 352×240로 MPEG2, MPEG4에 비해 절반 밖에 되지 못한다. 따라서 정지 영상에 대해서는 MPEG1의 화질이 가장 떨어진다. 실험에서 사용한 MPEG4의 비트율은 500Kbps로 MPEG2에 비해 월등히 낮다.

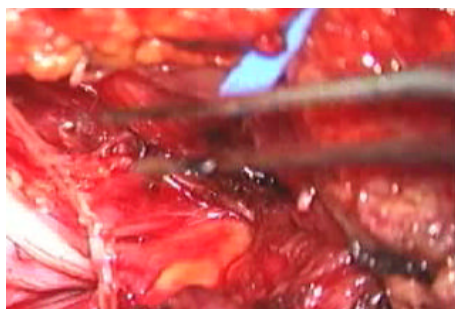
그러므로 정지영상에서는 MPEG2가 가장 양호한 성능을 가진다. 움직임이 많이 발생하는 곳일수록 높은 비트율로 인코딩 해야 양호한 화질이 된다. 실험에서 사용한 MPEG1이 MPEG4에 비해 해상도는 낮지만 최대 비트율은 15Mbps로 MPEG4의 500Kbps보다 3배 가량 높다. 따라서, 움직임이 많은 부분에서는 MPEG4 보다 화질이 양호하게 나타났다.



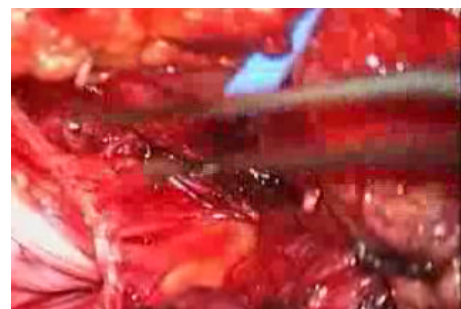
원본



MPEG1

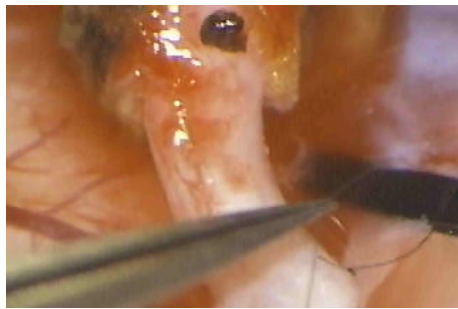


MPEG2(양자화계수 6)



MPEG4

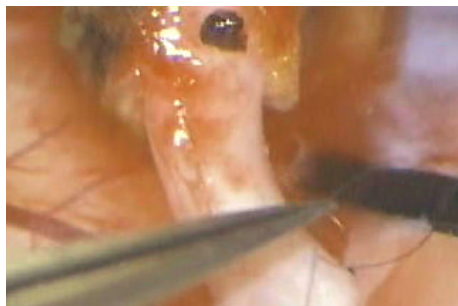
그림 13. 경동맥 수술 장면의 2배 확대 영상. 오른쪽 위 부분의 핀셋이 움직이고 있다. 원본 그림의 점선 부분이 핀셋이다.



원본



MPEG1



MPEG2(양자화계수 6)



MPEG4

그림 14. 뇌혈관 수술 장면의 2배 확대 영상.
이 장면은 환부와 수술도구의 움직임이 별로 없을 때이다.

표 5. 수술실 테스트 결과

Network Line	MPEG1 (352×240)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG4 (720×480)
Internal LAN	Medium	High	Very High	Very High	Medium
E1×3	Medium	High	Very High	Medium	Medium
ADSL	Low	Medium	Low	Very Low	Medium

4.2.2.3 내시경

표 6. 내시경 영상 테스트 결과

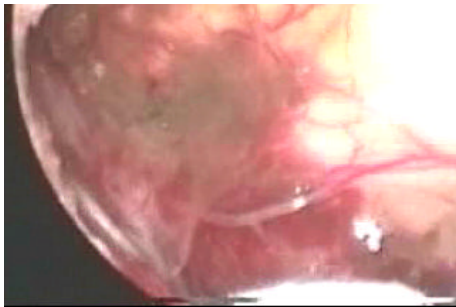
Network Line	MPEG1 (352×240)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG4 (720×480)
Internal LAN	Medium	Very High	Very High	Very High	High
E1×3	Medium	High	Very High	Medium	High
ADSL	Medium	Medium	Low	Very Low	High



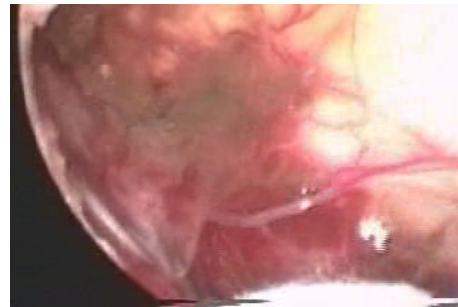
원본



MPEG1



MPEG2(양자화계수 6)



MPEG4

그림 15. 시신경 종양을 제거한 장면의 2배 확대 영상.

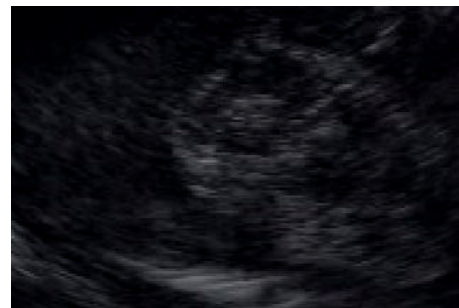
내시경 사진에서는 수술 장면에 비해 MPEG4에서의 성능이 높게 나타났다. 내시경 영상에서는 수술 도구의 급격한 움직임이 없기 때문에 수술 장면보다 움직임이 적었고 그로 인하여 MPEG4 포맷이 양호한 결과를 보인 것으로 판단된다. 그림 17을 살펴보면 MPEG4의 영상이 작은 비트율임에도 불구하고 원본에 비해 화질이 크게 떨어지지 않는 것을 알 수 있다.

4.2.2.4 초음파 영상

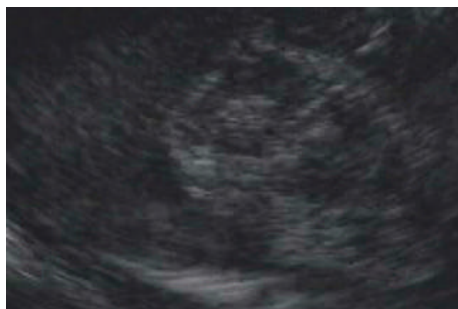
초음파 영상은 수술이나, 내시경 영상과는 달리 그림16에 나타나 있는 것처럼 원본 영상에 잡음이 많이 추가되어 있다. 따라서, 다른 영상에 비해 원본의 화질이 상당히 떨어진다. 표 7의 결과를 보면 이러한 사실을 확인할 수 있다. MPEG2에 비해서 화질이 떨어지는 MPEG1과 MPEG4의 화질이 다른 영상들에 비해 상대적으로 높게 나타났다.



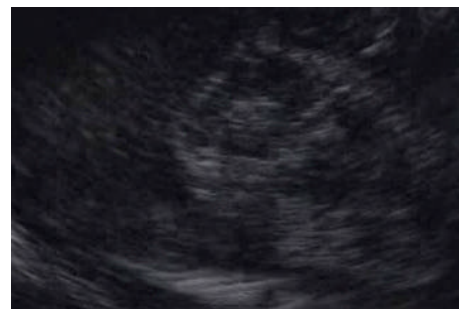
원본



MPEG1



MPEG2(양자화계수 6)



MPEG4

그림 16. 뇌에 생긴 혈종을 초음파로 확인하고 제거하는 모습(2배 확대 영상).

표 7. 초음파 테스트 결과

Network Line	MPEG1 (352×240)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG4 (720×480)
Internal LAN	High	Very High	Very High	Very High	High
E1×3	High	Very High	Very High	High	High
ADSL	Low	Medium	Low	Very Low	High

테스트 결과를 바탕으로 표 8과 같이 특정 전송선로와 사용용도에 적합한 미디어 포맷을 도출하였다. 응급실 테스트 결과에서 Medium으로 동일한 등급을 가지는 MPEG1, MPEG2(Quant 10), MPEG4 중에서 MPEG2를 선택한 것은 구현한 시스템이 MPEG1 또는 MPEG2 포맷에 대해서는 비트율을 자동으로 조절할 수 있고 일반적으로 MPEG2가 MPEG1 보다 화질이 우수하기 때문이다. 응급실 테스트의 E1×3 전송망에 대한 결과가 MPEG2(Quant 10), MPEG2(Quant 4)에서 Very High로 동일한데 MPEG2(Quant 4)를 사용한 이유는 양자화계수 4일 때 일반적으로 화질이 MPEG2(Quant 10)에 비해 더 높기 때문이다. 이러한 최적 조건을 시스템의 자동설정 조건에 적용하여 동작시켰고 원활히 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

표 8. 각각의 사용용도와 전송 선로에 적합한 미디어 포맷

Network Line	응급 환자 모니터링	수술영상	내시경영상	초음파영상
Internal LAN	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)	MPEG2 (Quant 4) (720×480)
E1×3	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)	MPEG2 (Quant 6) (720×480)
ADSL	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG2 (Quant 10) (720×480)	MPEG4 (720×480)	MPEG4 (720×480)

제 5 장 결 론

본 연구에서는 의료용 동영상 데이터를 실시간으로 전송할 수 있는 시스템을 구축하였다. 본 연구에서 구현한 시스템은 의료용 데이터 종류와 한국에서 서비스되고있는 대표적인 전송망들에 따라 자동으로 미디어 포맷과 비트율을 설정할 수 있다. 자동설정에 사용할 조건들을 알아내기 위해서, 구현한 시스템을 응급환자 모니터링, 수술, 내시경, 초음파 영상의 4가지 경우에 대하여 내부 LAN망, E1 전용선, ADSL 망에서 각각 테스트하였다. 실험에서 테스트한 전송망들과 의료 데이터는 한국에서 서비스되고 있는 많은 네트워크 전송망들과 의료 데이터들 중 대표적인 몇 가지 경우이다. 특히 내부 LAN 망과 ADSL의 경우는 서비스 시간과 시스템이 구축된 곳의 네트워크 상황 전화선로 등에 의해 많은 영향을 받기 때문에 실험으로 얻는 결과를 완벽한 최적 조건이라고 하기는 어렵다. 그러나, 테스트를 통해 다음과 같은 몇 가지 중요한 사실들을 도출하였다.

- 1) 의료용 영상의 화질과 재생 프레임율은 밀접한 관련이 있다.
- 2) MPEG1 포맷을 의료용으로 사용하기에는 해상도가 낮은 문제가 있다.
- 3) 움직임이 많은 의료 영상의 경우에 있어서 낮은 비트율의 MPEG4 포맷은 왜곡이 많이 생기므로 의료용으로 사용하기에는 부적절하다. 움직임이 별로 없는 의료 영상의 경우는 낮은 비트율의 MPEG4 포맷으로도 고화질 영상을 구현할 수 있다.
- 4) MPEG2 포맷이 화질이 좋기는 하나, 저속의 전송망에서는 사용하기 힘들다.
- 5) 내부 LAN과 E1 전용선 3쌍과 같은 5Mbps 이상의 고속 전송망에서는 MPEG2 포맷이 가장 적합하고, ADSL 망과 같이 보다 저속 전송망에서는 MPEG2와 MPEG4 포맷을 병용하는 것이 적절하다.
- 6) 인코딩과 디코딩 시간이 전체 전송지연시간에 미치는 영향이 크다.

구현한 시스템은 전송 중에 전송망의 상태에 따라 MPEG1, MPEG2 포맷의 비

트율을 실시간으로 제어할 수 있는 기능도 가지고 있다. 또한, 시스템을 구현하는 과정에서 인코딩과 전송을 담당하는 기능들을 모듈화 시켜 소프트웨어적인 재사용성을 극대화 시켰으며 인코딩 부분을 전부 소프트웨어로 구현하여 시스템 구축 비용을 줄였다. 본 연구에서 구현한 의료용 고화질 비디오 전송 시스템은 한국의 각종 의료 환경에서 환자의 영상 정보를 고화질 실시간으로 전달할 수 있게 하여 원격 의료 서비스의 품질을 크게 향상시켰다.

참고문헌

- [1] 김남현, "병원 전산망 및 의료정보", 대한의사협회지, 38(9), 1995, pp. 1119-1128
- [2] Mary Moore, "The evolution of telemedicine", FGCS 15, 1999, pp. 245-254
- [3] Sotiris A. Pavlopoulos and Anastasios N. Delopoulos, "Designing and Implementing the Transition to a Fully Digital Hospital", IEEE Trans. Inform. Technol. Biomed., Vol.3, No.1, March 1999, pp. 6-19
- [4] S.K. Yoo, S.H. Kim, N.H. Kim, Y.T. Kang, K.M. Kim, S.H. Bae, Michael W. Vannier, "Design of a PC-based multimedia telemedicine system for brain function teleconsultation", International Journal of Medical Informatics 61, 2001, pp. 217-227
- [5] Hiroshi Takeda, Kotaro Mianato, Takashi Takahasi, "High quality image oriented telemedicine with multimedia technology", International journal of Medical Informatics 55, 1999, pp. 23-31
- [6] National Computerization Agency "Korea Internet White Paper", June 2001, (http://www.mic.go.kr/eng/jsp/res/korea_internet_white_paper.zip)
- [7] Jerry D. Gibson, "Multimedia Communications Directions and Innovations", Academic Press, 2001
- [8] Adobe Dynamic Media Group, "A Digital Video Primer", Adobe, June 2000
- [9] 임영권, 임익진, 이재용, 이동진, "마이크로 소프트웨어", June 2001, pp. 210-261
- [10] 일본 멀티미디어 통신연구회, "Super Illustrated MPEG Text Book", ASCII Corporation, 1994
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s", June 1996
- [12] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Generic coding of moving pictures and

- associated audio information", October 2000
- [13] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Overview of the MPEG-4 Standard", March 2001
 - [14] Johannes N. Stahl, Jianguo Zhang, Christian Zellner, Eugene V. Pomerantsev, Tony M. Chou, and H. K. Huang, "Teleconferencing with Dynamic Medical Images", IEEE Trans. Inform. Technol. Biomed., Vol.4, No.2, June 2000, pp. 88-96
 - [15] Butner, S.E. Ghodoussi, "A Real-time System for Tele-Surgery", M. Distributed Computing Systems, 2001, 21st International Conference on , 2001, pp. 236-243
 - [16] John A. C. Bingham, "ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation", John Wiley & Sons, Inc., 2000
 - [17] David C. Yen, David C. Chou, Jyun-Cheng Wang "DSL: the promising standard for new Internet era", Computer Standards & Interfaces 23, 2001, pp. 29-37
 - [18] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Overview of the MPEG-7 Standard" March 2001
 - [19] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-21 Overview", July 2001
 - [20] R.H.J. Bloks, "The IEEE-1394 High Speed Serial Bus", Philips J. Res. 50, 1996, pp. 209-216
 - [21] IEEE, "IEEE Std 1394 - Standard for a High Performance Serial Bus", 1995
 - [22] John Puentes, Christian Roux, "Multimedia Technologies in Medicine: the Role of Emerging Standards", Proceedings, 2000 IEEE EMBS International Conference on , 2000, pp. 4-9
 - [23] A.N. Skodras, C.A. Christopoulos, T. Ebrahimi, "JPEG2000: The upcoming still image compression standard", Pattern Recognition Letters 22, 2001, pp. 1337-1345

- [24] Microsoft Corporation, "DirectX 8.0 SDK Manual", October, 2000
- [25] Michael A. Miller, "Data & Network Communications", Delmar Thomson Learning, 2000
- [26] Andrew S. Tenenbaum, "Computer Networks 3rd Edition", Prentice-Hall, 1996

ABSTRACT

Development of the Real-time High-quality Video Transfer System for Medical Facilities

Jung, Seok Myung
Dept. of Biomedical Engineering
The Graduate School
Yonsei University

We can use a telemedicine system to diagnose and treat a remote patient. High-quality real-time video transmission techniques are necessary for effective diagnosis of remote patient. With current communication techniques and multimedia compression methods, it is possible to implement a high-quality video transmission system upon the general communication network services of Korea. We can use a telemedicine system to diagnose and treat a remote patient. High-quality real-time video transmission techniques are necessary to effective remote patient diagnosis. With current communication techniques and multimedia compression methods, it is possible to implement a high-quality video transmission system upon the general communication network services of Korea.

This thesis depicts the implementation and testing of a real-time high-quality medical video transmission system in Korean network environment. A user can set the compression format and bit rate automatically in this system.

DirectShow and DirectPlay techniques were adopted in the system

implementation and MPEG1, MPEG2 and MPEG4 standards were used in the video signal compression. For the DirectShow architecture, I have implemented some individual function modules as Filters: MPEG1 and MPEG2 Encoding Filter, Network Transmission Filter, and Video Control Filter. DirectShow Filter is a highly reusable software module.

Today, the internal LAN, E1 and ADSL line are suitable for a real-time video transmission system in Korea. To determine the most appropriate video format and bit rate for these three network types and four medical usages (emergency monitoring, surgical operation, endoscopy and ultrasonography), I have done technical and clinical tests on each case. MPEG2 showed the best quality in the internal LAN and leased line whereas MPEG4 showed the best quality in the ADSL line as a result of the test. When applied to the ADSL line, the quality of MPEG2 format was relatively lower than others because of the insufficient network bandwidth. Because the average time delay is under 1 second, the implemented system is suitable for real-time services.

When I applied the test results to the automatic control module, the system operated well enough and showed good result.

I have developed a real-time medical video transmission system appropriate for Korean network environment and the quality of the telemedicine in Korea can be improved with this real-time high-quality video transmission system.

Key words : Telemedicine System, High-Quality Video, Real-Time Transmission, DirectX, MPEG