대한응급의학회지 제 14 권 제 5 호
Volume 14, Number 5, December, 2003

멀티미디어 원격진료시스템을 이용한 병원간 응급환자 협의진료 모델

연세대학교 응급의학교실, 연세대학교 의학공학교실[1], 세란병원 응급의학과[2]

박인철 · 조준호 · 김승호 · 김동근[1] · 유선국[1] · 오진호[2]

Design of a Multimedia Telemedicine System for Inter-hospital Emergency Consultation

In Cheol Park, M.D., Joon Ho Cho, M.D., Seung Ho Kim, M.D., Dong Keun Kim, PhD.[1] Sun Kook Yoo, PhD.[1], Jin Ho Oh, M.D.[2]

Purpose: The telemedicine systems for both timely decision of patient transfer and accurate direction of patient treatment through remote consultation are required for better patient care in emergency situation. In this paper, we present noble design methods to implement the emergency telemedicine system suitable for emergency consultation.
Methods: The prototype system designed can encompass multimedia components including radiological images, medical record, biological signals, video conferencing and full-quality video, as well as can transmit changing data in real-time. In the first stage, experimental tests at the local networks analyzed the technical aspects of designed systems, and optimize the parameters subjectively to run them with affordable error. In the Second stage, two medical emergency cases were examined between two hospitals, the first was advanced airway management, and second was the management a patient with cardiac problem.
Results: Experimental tests at the local networks, all multimedia components can be represented to both terminals without any problems. Two cases of clinical experiment have performed to demonstrate the clinical usefullness. Orotracheal Intubation was done successfully by local hospital physician who was directed by specialist at distant hospital. The second case, a patient with cardiac problem was good managed by specialist via this telemedicine system without any problems.
Conclusion: Inter-hospital experiments demonstrate the feasibility to be effectively used at emergency department.

Key Words: Multimedia, Telemedicine, Emergency consultation

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea, Department of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea[1], Department of Emergency Medicine, Seran General Hospital, Seoul, Korea[2]

서 론

의학의 궁극적인 목적은 더 많은 생명을 구하는 동시에 진료의 질을 높여 환자가 양질의 삶을 살아가도록 하는 것이라고 할 수 있다. 응급 상황에서 이 목적에 맞게 환자의 생명을 구하고 심각한 손상을 예방하려면 신속하고 정확한 전문 진료가 행해져야 할 것이다. 이를 위해 병원전단계에서는 응급구조사 등의 인력 양성, 의료 장비의 전문화를 모색하고 있으며, 병원단계에서는 응급의학 전문의, 응급 전문 간호사 등의 전문 인력을 충원하고 시설 및 장비를 보충하고 있다. 하지만, 2001년 12월 한국소비자보호원[1]이 발표한 병원응급실 이용실태 조사결과에 따르면 대부분의 응급 환자는 질환이나 응급 정도에 따른 적합한 병원을 이용하기보다는 지역적으로 가까운 병원으로 이송되는 경우가 많았다 (42.9%). 이렇게 되면 응급의학 전문의나 다른 전문의의 적절한 치료가 필요한 응급 환자들이 적절한 진료를 받지 못하는 상황에 처할 가능성이 많다. 이 외에 교통 체증이나 그밖에 다른 이유로 전문 의료인에게 응급 진료를 받을 수 없는 상황이 발생할 수도 있다. 그러므로 응급 상황에서 전문 의료인에 의한 적절한 진료를 받거나, 적절한 진료가 가능한 전문 의료기관으로의 전원을 결정하기 위한 방법이 필요하다.

원격진료는 응급진료의 지역적, 시간적 한계를 극복하는데 도움을 줄 수 있으며 다수의 응급 원격진료시스템이 자문, 진단, 진료 및 전원 결정을 위해 개발되고 있다[2-6]. 이

책임저자: 김 승 호
서울시 서대문구 신촌동 134번지
연세대학교 의과대학 응급의학교실
Tel: 02) 361-5790, Fax: 02) 392-3715
E-mail: edksh@yumc.yonsei.ac.kr
접수일: 2003년 7월 14일, 게재승인일: 2003년 10월 7일

런 원격진료시스템에는 여러 가지 멀티미디어의 요소가 포함되어 있지만 환자의 동영상, 그리고 심전도나 방사선 사진 등이 실시간으로, 통합되어 원격지에 있는 전문 의료인에게 제공되지 못하는 한계를 가지고 있다.

이에 연구자들은 고화질의 동영상과 더불어 생체 신호와 방사선 사진 등의 전송과 원격지 전문 의료인과 실시간 협의가 가능한 응급환자를 위한 원격 진료 시스템 (HMRET; High-quality Multimedia Real-time Emergency Telemedicine) 개발의 첫 번째 단계로 멀티미디어를 이용한 병원간 응급환자 협의진료 모형을 개발하였기에 보고하는 바이다.

대상과 방법

1. HMRET 시스템의 구성

혈압, 맥박, 호흡수, 체온, 동맥혈 산소포화도, 심전도 등 환자 감시장치로 측정이 가능한 생체 신호와 방사선 영상, 환자 동영상, 및 화상 회의 동영상을 실시간으로 전송할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 필요에 따라서 환자기록지도 방사선 영상과 같은 형태로 전송할 수 있도록 하였으며 각 구성 요소에 대한 상세 정보는 Table 1과 같다.

각 멀티미디어 구성 요소들은 대용량이기 때문에 압축을 해야만 네트워크를 통해 실시간으로 전송이 가능하다. 이를 위해 대용량의 동영상은 MPEG-2로, 그림 파일은 JPEG이나 DICOM 3.0으로 압축을 했다[7]. 화상 회의의 영상은 H.261, 음성은 F.711의 표준규격을 사용했다. 생체 신호는 표준 압축 기술이 개발되어있지 않아 Huffman encoding을 이용한 DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 기술을 개발하였다.

2. 하드웨어구조

Fig. 1과 같이 환자가 있는 응급실의 현장 단말기와 전문의가 있는 원격지 단말기로 구성하였는데 이 단말기들은 펜티엄-IV 프로세서와 256 Mbyte의 램, 1 GHz의 중앙처리장치 (Central Processing Unit)를 장착한 컴퓨터와 여러 가지 외부 장치들로 구성하였다. USB (Universal Serial Bus)로 연결되는 화상 회의용 카메라는 320×240의 공간 해상도와 초당 30프레임의 시간 해상도를 가지며 양쪽 단말기에 모두 장착했다. PCI (Peripheral Component Interconnect)로 연결된 마이크는 사운드카드를 통해 PCM (Pulse Code Modulation) 코드 음성으로 화상 회의 영상과 합성된다. 환자용 고화질 카메라는 PCI 인터페이스를 통한 화상캡춰보드를 통해 640×480의 공간 해상도와 초당 30프레임의 시간 해상도를 가지며 현장 단말기에 포함되며 RS-232 병렬 인터페이스를 통해 카메라의 각도와 줌을 원격지 단말기에서 조정할 수 있도록 했다. 생체 신호를 전달하는 감시장치는 신호를 디지털화하여 RS-232 병렬 인터페이스를 통해 현장 단말기에 전달된다. 심전도, 혈압, 호흡, 산소포화도 등 그래픽 형태의 생체신호는 300 Hz, 12 bits의 해상도로 얻어지며, 산소포화도, 체온, 혈압, 맥박 지수 등의 문자 신호는 30초 간격으로 전달된다. 디지털 카메라로 얻은 방사선 영상과 환자 기록지는 USB를 통해 현장 단말기로 전달된다. 두 단말기는 100Mbps Ethernet 랜 (LAN; Local Area Network) 카드를 통해 PACS 네트워크나 WAN (Wide Area Network)로 연결시켰다.

Table 1. Design constraints for HMRET system

Data type	Priority	Real-time	Remarks
ECG wave	High	Yes	12 bits resolution, 300 Hz sampling ratio
Respiration, BP, and SpO2 wave	High	Yes	12 bits resolution, 200 Hz sampling ratio
SpO2 value, systolic pressure, diastolic pressure, temperature, heart rate	High	Yes	Update once per 30 seconds
Radiological images (X-ray, CT, MR etc.)	Low	No	Capture by either DICOM 3.0 or digital camera interface
Medical record	Low	No	Capture by digital camera
Full-quality video	Medium	Yes	640×480 resolution, 30 frames/second
Audio in video conferencing	High	Yes	Do not disturb conversation
Video in video conferencing	Low	Yes	320×240 resolution

3. 소프트웨어 구조

양쪽 단말기는 비슷한 소프트웨어 구조를 갖고 있지만 수신쪽이 송신쪽보다 적은 하드웨어구조를 갖고 있기에 단순하다 (Fig. 2, 3). 자료를 얻는 가장 낮은 단계의 소프트웨어는 네트워크에 접속할 수 있는 TCP/IP 소켓과 사용자 인터페이스를 위한 각종 kerne로 구성된다. 높은 단계의 소프트웨어는 사용자 편의에 맞도록 운영할 수 있는 여러 가지 응용 프로그램이며 중간 단계의 소프트웨어는 이러한 두 단계를 연결시키는 운영 소프트웨어와 filter, 그리고 전용 block으로 이루어진다.

중간 단계의 visual C++언어로 작성한 custom-built

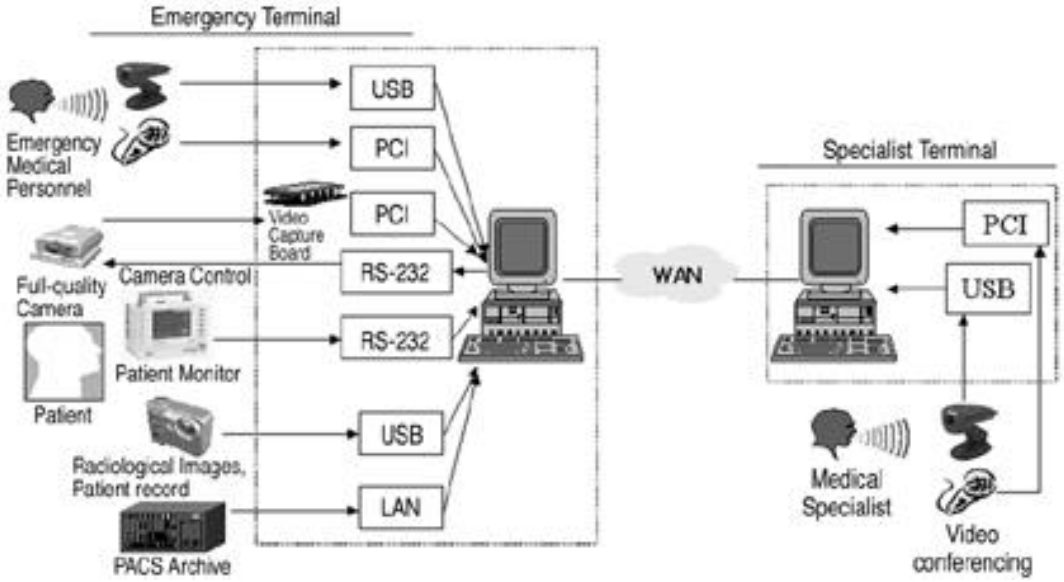

Fig. 1. Hardware configuration of the HMRET system

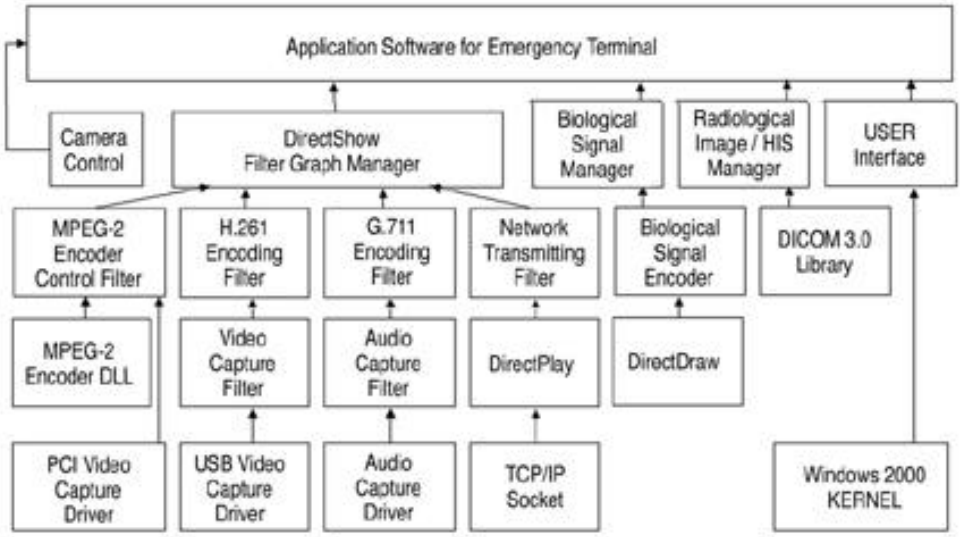

Fig. 2. Software configuration for emergency terminal

block은 Direct show, DirectPlay, 그리고 DirectDraw를 사용하였다. 높은 단계 소프트웨어의 사용자 인터페이스는 간단한 메뉴를 이용하도록 했고 여러 영상의 협의 진료를 원활하게 하기 위해 마우스포인터가 양쪽 단말기에서 동시에 사용이 가능한 tele-pointer를 구현하였다.

4. 단말기연결 모형

기술적 기능 시험과 실제 임상에서의 유용성을 알아보기 위해 두 단계의 임상 모형 실험을 실시하였다. 첫 단계에서는 Fig. 4와 같이 본원의 PACS 시스템과 연결된 지역 네트워크를 이용하여 두 가지 방법을 실시했다. 100 Mbps 속도의 빠른 Ethernet 허브를 사용하거나 무선랜 허브를 사용하였다. 두 번째 단계에서는 3차 병원인 본원의 응급진료센터와 2차 병원인 세란병원의 응급실에 병원간 실험적 네트워크를 구축하였다. 이때 두 개의 CSU (Channel Service Unit)을 이용하여 임차한 E1 선 (최대 전달 속도 4 Mbps)과 빠른 Ethernet (100 Mbps)이 연결된 라우터

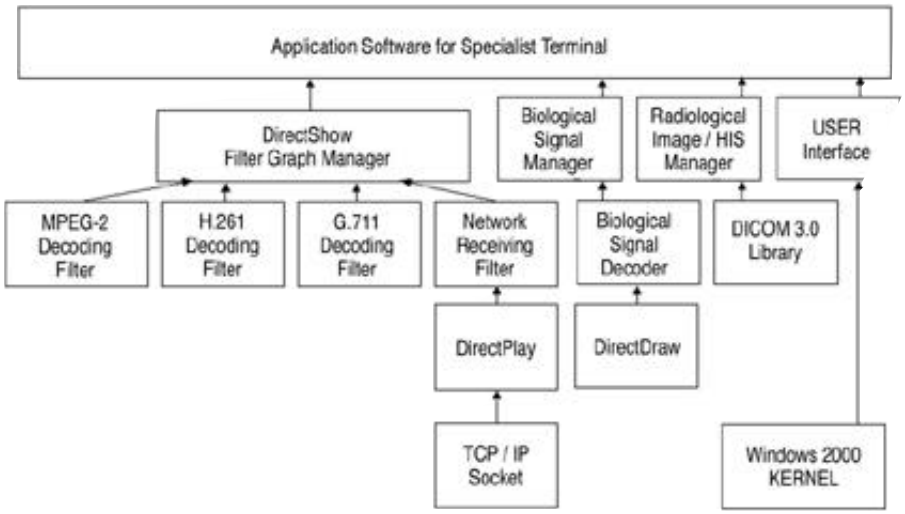

Fig. 3. Software configuration for specialist terminal

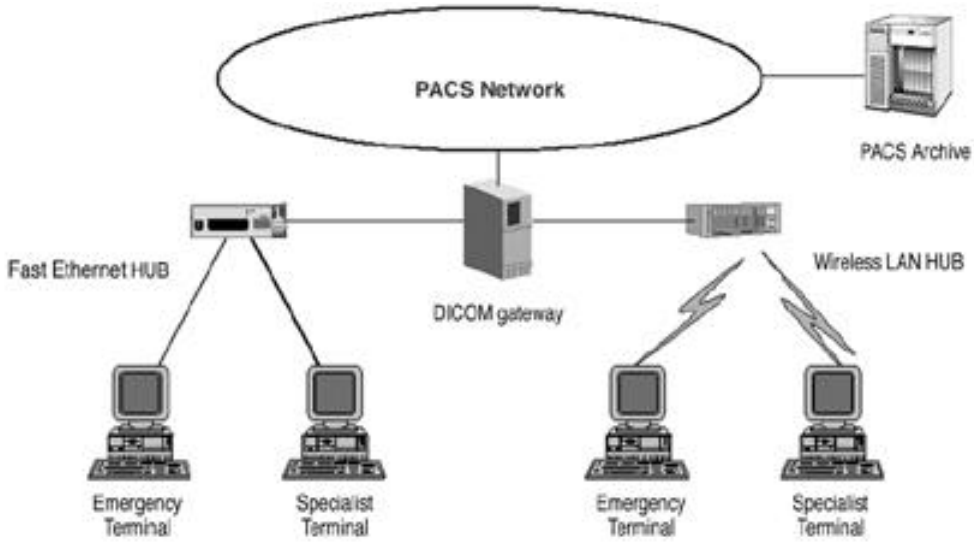

Fig. 4. Experimental network using fast Ethernet HUB and wireless LAN HUB.

(CISCO 3600)를 사용하였다 (Fig. 5).

5. 협의진료모델

현장의 응급 기관내삽관을 지도하는 모델과 흉부 불편감을 호소하는 환자에 대한 문진과 생체징후, 방사선 영상 및 12 채널 심전도 검사지를 통해 치료 방침을 지도하는 모델의 두 가지를 설정하였다. 첫 번째 모델에서는 원격지 전문의의 지시에 따라 현장 의료인이 기관내삽관을 시행하는데 따른 문제점을 평가하고자 하였다. 두 번째 모델에서는 원격지 전문의가 환자를 검진하고 치료 방침을 제대로 결정할 수 있는가를 평가하였다.

결 과

첫 번째 단계에서 빠른 Ethernet 허브를 사용한 경우, 측정된 전달 속도는 1.5 Mbps부터 6 Mbps 범위로 MPEG-2 encoder에 부과되는 고화질 동영상의 양에 따라 차이가 발생했다. 다른 생체 신호와 화상 회의 동영상, 음성 등은 실시간 전달되었으나 고화질 동영상은 2초간 지연 현상이 발생하였다. 무선 랜 허브를 사용한 경우 최고 속도는 2.9 Mbps로 고화질 동영상의 빠른 움직임이 간헐적으로 끊기는 현상이 나타났지만 고화질 영상을 제외한 다른 데이터들은 끊김 현상이 없었다.

두 번째 단계의 임상 모델을 실험하기 전 단계로 두 병원 응급실에서 2개월간 오전 7시 30분부터 오전 9시 30분까지 2시간 동안의 전달 속도를 평가하였는데 평균 2.5 Mbps (1.5~3.9 Mbps)였으며 간헐적인 고화질 동영상 끊김 현상이 발생하였지만 그 외 다른 데이터들은 실시간 전송이 되었다. 무선 랜 허브를 사용한 첫 번째 단계와 비슷한 현상이었다. 이런 끊김 현상을 방지하기 위해 버퍼 크기를 인위적으로 조절하여 고화질 동영상의 전달을 3.5초간 지연시키자 원격지에서의 끊김 현상이 없어졌다.

이러한 끊김 현상을 없앤 후 두 가지의 임상 모델을 적용하였다. 첫 번째 모델은 Fig. 6과 같이 현장의 환자 감시장치에 나타나는 모든 생체 신호가 원격지 전문의에게 빠짐없이 전달되었고 고화질 영상을 통해 환자 상태를 직접 보며 기관내삽관의 전 과정을 지도할 수 있었다. 통신 시작부터 기관내삽관이 끝나기까지의 전 과정은 10여분 동안 진행되었으며 그 동안 HMRET 시스템의 오류는 발생하지 않고, 원격지에서 고화질 영상을 통한 기관내삽관의 지도에는 어려움이 없었다. 두 번째 모델에서는 흉부 불편감을 호소하는 30대 환자에 대해 현장 의료인이 치료방침을 결정하지 못하는 상황을 설정하였다 (Fig. 7). 화상 회의 동영상과 고화질 동영상을 통해 원격지의 전문의는 현장 의료인과 환자에 대한 직접적인 시진 및 문진이 가능했다. 실시간으로 환자의 모습과 동맥산소포화도, 혈압, 맥박, 심전도 등의 다른 생체징후들을 감시하면서 Fig. 7의 D와 같이 현장에서 촬영한 방사선 영상이나 12 유도 심전도 검사지를 현장과 원격지 의사가 동시에 보면서 양쪽에서 모두 조절이 가능한 마우스포인터인 tele-pointer를 이용하여 의심되는 부위를 서로 상의하였다. 그 결과 현재 필요한 약물 처치를 지시하고 환자를 보다 상급 병원으로 이송하여 치료하는 것이 좋겠다는 결론을 내렸다. 협진이 진행되는 동안 시스템의 이상은 발생하지 않았다.

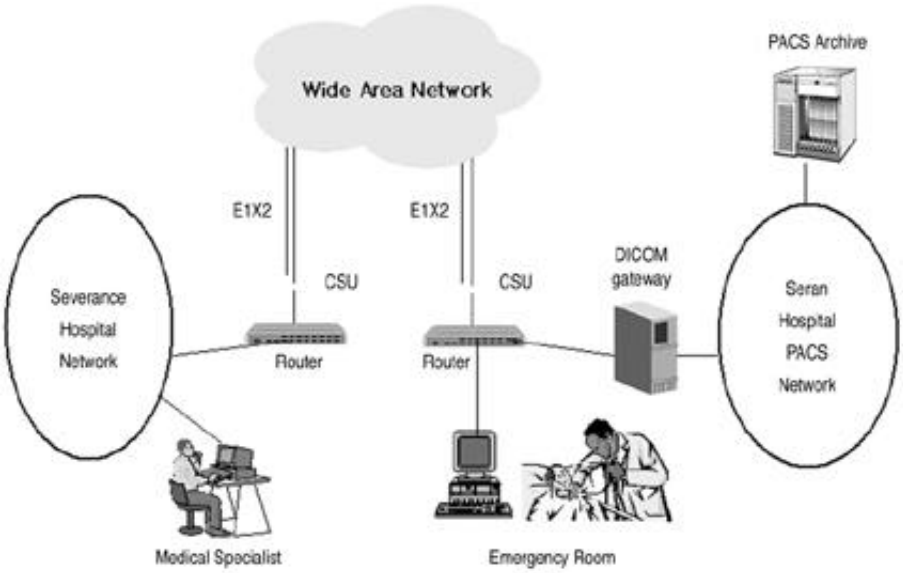

Fig. 5. Experimental setup between Severance and Seran hospital using leased two E1 lines.

Fig. 6. Artificial respiration procedure using manikin conducted through remote consultation.
A. System set up
B. Emergency personnel initially diagnoses the patient and starts to communicate with the remote specialist for the patient status.
C. Remote specialist guides how to maintain the patient breathing
D. Emergency medical personnel conduct the artificial respiration procedure through remote consultation.

고 찰

응급 환자의 진료 상담을 원격지에서 정확하고 신속하게 하기 위해서는 환자에 대한 정보를 실시간에, 현장과 같은 수준으로 접할 수 있어야 할 것이다. 이를 위해 원격 응급 진료 시스템에는 환자의 생체신호와 동영상 등의 멀티미디어 요소를 포함하는 것이 바람직하다. 하지만 많은 응급 원격진료 시스템은 아직도 여러 멀티미디어의 결합이나 변화하는 생체 신호들에 대한 실시간 전송이 이루어지지 못하고 있다[2-6]. 몇몇 연구자들이 여러 멀티미디어를 포함한 시스템을 개발하고 있지만 응급 상황에서 실시간에 효과적으로 이용하기에는 적합하지 않다[8,9]. Stahl 등[9]은 데이터 과부하를 줄이기 위해 고화질의 동영상을 사용하지 않았는데 이는 환자를 시진하는데는 적합하지 않다. Roger 등[10]은 외상센터와 1차 병원간에 생체신호 등의 멀티미디어 요소는 배제한 상태로 실시간 비디오 협의진료만을 통해서도 외상 환자에 대한 1차 병원에서의 치료가 보다 효과적으로 될 수 있다고 보고하였다.

연구자들이 개발하려하는 HMRET 시스템은 현장에 있는 의료인이 응급 환자 처치를 함에 있어서 원격지의 전문의와 협의하여 올바른 의사 결정을 할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 이를 위해서는 혈압, 맥박, 호흡수, 체온, 동맥혈 산소포화도, 심전도 등의 생체 신호가 현장과 똑같은 형태로 원격지 의사에게 실시간으로 전달되도록 하는 것이 필요하다. 또한 화상 회의에 사용되는 저화질의 동영상보다는 고화질 동영상을 통해 환자의 상태를 보다 더 정확히 파악할 수 있도록 하고, 저화질 동영상을 통한 진료 의사와의 화상 회의도 동시에 전송할 수 있도록 구성하였다. 그리고 필요에 따라 현장 병원에서 촬영한 방사선 영상을 단말기

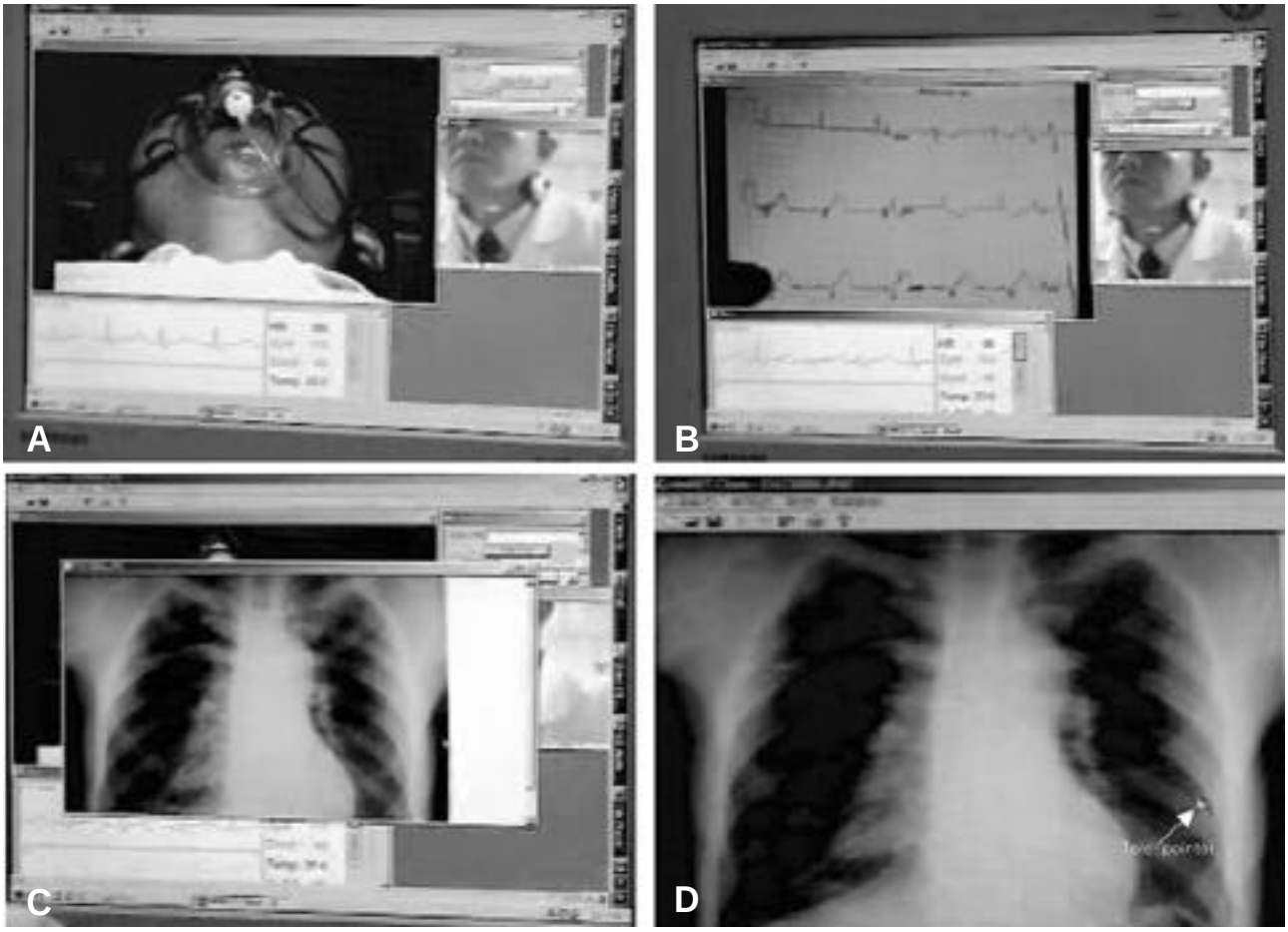

Fig. 7. The decision-making to transfer the cardiac patient to tertiary hospital conducted through remote consultation.
A. Start of consultation
B. Sometimes, transmission of chart recorded ECG using video camera is convenient and simple.
C. View of chest X-ray
D. Tele-pointer synchronizes the operation at both sides in inspecting the suspicious area.

화면에 비출 수 있게 하여 의료진간 협의를 할 수 있도록 하였다. 각 요소는 실시간 협의를 위해 멀티미디어 스트림 형태로 전송된다. 방사선 영상은 두 가지 방법으로 얻을 수 있도록 했는데 점차 여러 병원에서 사용되고 있는 PACS (Picture Archiving and Communications System) 내지 디지털 사진기로 영상을 얻을 수 있다[11]. 환자기록지나 12 유도 심전도 기록지는 디지털 사진기로 찍어서 보내거나 고화질 동영상으로 직접 촬영할 수도 있다. 두 번째 임상 모델에서 실시해본 결과 고화질 동영상을 통한 심전도 기록지를 정확히 해독할 수 있었다. 음성은 의료진 사이 뿐만 아니라 환자와 원격지 전문의 사이에도 진료에서 중요한 요소를 차지하기에 포함하였다.

이러한 멀티미디어 장치는 비용 효과 면에서 불리하게 작용할 수가 있기 때문에 연구자들은 비용이 적게들고, 사용이 편하도록 하드웨어를 비교적 소형으로 설계하였다. 하지만, 고화질 동영상을 제공할 수 있는 카메라와 감시장치의 생체신호를 컴퓨터로 보내주는 외부 기기가 환자 쪽에 있어야 하기 때문에 현장 쪽의 단말기를 전문의가 있는 원격지 단말기보다 복잡하게 구성할 수밖에 없었다.

소프트웨어 영역에서는 송신쪽과 수신쪽 모두 통제와 조작이 가능해야 하고, 네트워크를 통해 멀티미디어의 전송과 수신을 가능하게 하는 자료의 압축과 해제가 필수적이다. 이 단계의 핵심은 실시간 멀티미디어 스트림을 가능하게 하고, 높은 단계의 응용 프로그램을 효과적으로 사용할 수 있도록 해주는 것이다. 또한 멀티미디어의 기본 구성이 서로 다른 시스템간에도 호환될 수 있도록 설계되는 것도 중요하다[12].

연구자들은 생체신호, 화상회의, 고화질 동영상, 방사선 영상, 의무기록 등의 여러 멀티미디어 요소들을 한 개의 컴퓨터에 효율적으로 결합시켰다. 그리고 이들을 압축하고 의학적 영상으로 보편화시켜 전송하는 시스템을 개발하였다. 이러한 시스템을 2개월 이상의 시험 전송을 거쳐 실습 마네킨과 실제 환자 예를 이용하여 두 가지 협의진료 모델을 시

험해 본 결과 무척 효과적으로 원격 응급 진료가 이루어졌다. 이번 협의 진료 모델은 호흡 곤란 환자나 심장 이상 환자와 같은 내과적 영역에 국한시켜 설정해보았지만 Frederick 등[9]이 실시간 비디오 협의 진료만을 통해 외상 영역에서 환자 치료에 좋은 효과가 있었다는 보고를 한 바 있듯이 외상 환자에도 보다 효과적으로 사용할 수 있다고 생각된다. 연구자들은 계속적으로 보다 여러 형태의 임상 양상을 실험해보고, 실제 환자에 대한 원격 협의 진료를 통한 보다 구체적인 실례를 진행하고자 한다. 하지만 환자 정보의 보호를 위한 보안 장치와 원격 진료에서 발생할 수 있는 의료 사고에 대한 법적, 제도적인 보완이 먼저 이루어져야만 한다. 아울러 국내의 여러 네트워크에서 안정된 영상을 얻을 수 있는 영상 압축 해제 코덱도 시급히 개선되어야 한다고 생각한다.

결 론

이번 응급 원격진료 시스템 모형은 응급 환자의 협의진료를 위해 개발하였다. 이 시스템의 특징은 여러 가지 멀티미디어의 요소를 통합하였는데, 특히 응급 진료를 위한 고화질 동영상과 실시간 전송되는 생체신호가 포함되어 있다. 이를 통한 병원간 협의진료 모형을 통해 이 시스템이 응급 기관내삽관이 필요한 경우와 흉부 불편감을 호소하는 환자와 같은 응급 상황에서 효과적으로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 한국소비자보호원 생활경제국. 병원 응급실 이용실태 조사결과. 한국소비자보호원;2001.p.7.
2. Beltrame F, Maryni P, Orsi G. On the integration of healthcare emergency system in Europe: The WETS project case study, IEEE trans Inf Technol Biomed 1998;2:89-97
3. Herron JM, Yonas H. A multi-location, teleradiology system for emergency triage consultation, SPIE PACS Design Eval 1996;2771:408-14.
4. Karlsten R, Sjoqvist BA. Telemedicine and decision support in emergency ambulances in Uppsala, J Telemed Telecare 2000;6:1-7.
5. Pavlopoulos S, Kyriacou E, Berler A, Dembeyiotis S, Koutsouris D. A novel emergency telemedicine system based on wireless communication technology - AMBULANCE, IEEE trans Inf Technol Biomed 1998;2:261-7.
6. Tachakra S, Lynch M, Newson R, Stinson A, Sivakumar A, Hayes J et al. A comparison of telemedicine with face-to-face consultations for trauma management, J Telemed Telecare 2000;6(S1):178-81.
7. Symes P. Video compression demystified. New York: McGraw-Hill; 1998.
8. Gomez EJ, Pozo F, Ortiz EJ, Malpica N, Rahms H. A broadband multimedia collaborative system for advanced teleradiology and medical imaging diagnosis, IEEE trans Inf Technol Biomed 1998;2:146-55.
9. Stahl JN, Zhang J, Zellner C, Pomerantsev EV, Chou TM, Huang HK. Teleconferencing with dynamic medical images, IEEE trans Inf Technol Biomed 2000;4:88-96.
10. Rogers FB, Ricci M, Caputo M, Shackford S, Sartorelli K, Callas P et al. The use of telemedicine for real-time video consultation between trauma center and community hospital in a rural setting improves early trauma care: preliminary results. J Trauma 2001;51;1037-41.
11. Corr P, Couper I, Beningfield SJ, Mars M. A simple telemedicine system suing a digital camera, J Telemed Telecare 2000;6:233-6.
12. Takizawa M, Sone S., Hanamura K, Asakura K. Telemedicine system using computed tomography van of high-speed telecommunication vehicle, IEEE trans Inf Technol Biomed 2001;5;2-9.