

원격 응급 진료 시스템을 위한 무선 환경에서의 고정 연결 이동-고정시스템 구현

論 文

52D-8-1

An Wireless Mobile-Fixed Station System for Remote High Quality Multimedia Emergency System

朴 廷 勳* · 朴 珍 培** · 俞 善 國*** · 尹 泰 星§

(Jung Hoon Park · Jin Bae Park · Sun Kuk Yoo · Tae Sung Yoon)

Abstract - Many attempts have been made for the health and lives of patients at a remote site. but little attention has been given to emergency system using wireless or other intelligent networks. In this paper, shown is a remote emergency system which can be used in an ambulance. It possibly gives a great help to the patients who may lose their lives, in other words, gives pre-hospital cure to them being sent to the hospital. Doctors or specialists are able to give a quick help which may give a new life to patients. This system deal with very important patient's data-ECG, SpO₂, blood pressure, biomedical signal data etc. - as other emergency system. A good performance better than other system is many but shortly spoken as follows. First, this system is user friendly system activated in windows 2000 environment. Second, MPEG4 and ECG data sent to the other station for specilists can give a pre-hospital cure to patients in advance. Third, there exist effective algorithms to operate this system. Fourth, this system has been made with software mostly, so this system can be easily embedded in IBM compatible computer. In addition to this performance, for the better and reliable system, various tests were proceeded and recursively tested. Tests were made in EV-DO wireless network and Local Area Network. This mobile-fixed remote emergency system using wireless network like EV-DO network will give a great usage to needed area.

Key Words :multimedia, MPEG4, wireless, CDMA, ambulance, telemedicine

1. 서 론

무선 이동-고정시스템은 사고지에서 병원으로 이동 중인 환자에게 원격진료를 시행하여 이동 중 목숨을 잃는 많은 환자의 생명을 구하기 위해 구현된 시스템이다. 이동중인 환자가 원격진료를 받기 위해서는 환자와 무선으로 연결가능한 장치가 필요한데, 이를 위해 많은 나라에서는 다양한 종류의 무선망을 이용하여 원격진료시스템을 개발해 왔다[1]. 초기 원격의료시스템은 최대 64 kbps의 공중전화망(PSTN-Public Switched Telephone Network)을 기반으로 하는 시스템이었다. 이를 극복하는 효율적인 전송방법을 위해 압축기술이 발달하게 되었고, 이후 ISDN망을 이용한, 생체신호나 방사선영상데이터, 그리고 고화질 동영상도 전송되는 원격진료시스템이 구현되었다. 최근 초고속 인터넷 망을 이용하여 고화질의 영상회의 및 실시간 방사선 영상 전송을 지원하는 원격 진료 시스템이 구현되기는 하였으나, 비싼 통신회선 사용료에 경제적인 부담이 커서 연구결과 이상의 응용은 시행되지 않고 있다. 미국이나, 유럽 같은 지역에서는 GSM(the global system

for mobile communication) 이동통신망이나 위성을 사용하여 원격진료 시스템을 구현하기도 하지만[2], 9.6kbps정도의 대역폭을 가지는 GSM망이나 위성통신망도 환자정보를 원활하게 보내는 데는 역부족이어서 이를 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 한국에서의 원격진료시스템도 유선 전화망과 이동식 모뎀과 같은 다양한 전송선로를 통한 연구가 진행되었거나, 진행되고 있다.

본 논문에서의 무선 이동-고정 시스템은, EV-DO망과 같은 무선망을 이용한 원격응급 진료시스템으로 원격지에 있는 전문의에게 환자정보를 전송하여 병원에 있는 전문 의사나 혹은 다른 장소에 있는 전문가로 하여금 환자를 진단할 수 있도록 설계된 시스템이다. 이 시스템에서 우선적으로 중요한 것은 방사선영상, 생체신호, 의무기록 같은 환자의 정보를 신속하게 그리고 신뢰성 있게 원격지로 전송하는 것인데, 여기에는 무선망의 대역폭이 절대적으로 중요하다. 본 논문에서는 Microsoft사의 범용적인 OS인 windows 2000 환경 하에서 MPEG4 고화질 동영상, 생체신호를 동시에 보낼 수 있는 시스템을 제안한다. 기존의 시스템과는 차별화하여, 생체계측기 화면과 환자 동영상을 컴퓨터의 화면에 적절하게 표시하여 운영자의 집중도를 높였다. 이동시스템에서 보내는 데이터를 원격지에 있는 고정시스템에서 수신 받아, 이동시스템에서 보내는 환자데이터를 수신 받을 수 있게 구현하였고, 프레임 레이트 컨트롤, 생체신호 버퍼링, 생체신호 압축[3]등의 알고리즘을 제안하여 무선망에서 효율적으로 전송될 수 있음을 확인하였다.

* 準 會 員 : 延世大學 電氣電子工學科 博士課程

** 正 會 員 : 延世大學 電氣電子工學科 教授

*** 正 會 員 : 延世大學 醫科大學 醫學工學教室 副教授

§ 正 會 員 : 昌原大學 電氣工學科 教授

接受日字 : 2002年 10月 29日

最終完了 : 2003年 6月 13日

2. 본 론

2.1 이동 및 고정시스템의 데이터

원격지의 환자진료에 필요한 데이터 중에는 생체신호데이터, 의무기록데이터, 환자에 관련된 모습을 촬영한 고화질 비디오 데이터 등의 다양한 데이터들이 존재한다. 이 여러 데이터들을 데이터종류에 따라 적절한 방법 및 압축방법을 사용하여 전송하기 위해 다양한 데이터 처리기술이 필요하게 된다. 이 다양한 데이터를 전송하기 위해서는 데이터별로 우선순위(priority)를 결정하고 그에 따라 적절한 전송방식을 적용하여야 한다. 표1은 각 데이터 표준안에서 제시하는 전송대역폭을 정리한 것이고, 이동 및 고정시스템의 데이터에는 크게 생체신호데이터와 고화질 동영상데이터가 있다.

생체 신호 데이터는 의사나 전문가로 하여금 환자에 대한 중요한 판단을 내릴 수 있게 하는 중요한 환자 정보중 하나이다. 본 연구에서 생체신호는 국내기업에서 제작된 환자 감시 장치로부터 데이터를 획득하는데, 이때 획득되는 데이터로는 ECG, 산소포화도, 체온, 혈압, 심박수 등이 있다. 이중 ECG데이터는 12bit, 300Hz, 호흡과 산소 포화도(파형 데이터)는 75Hz의 샘플링 주기로 샘플링 되고, 1초에 한번씩 체온, 혈압, 심박수, 산소포화도(문자 데이터)값이 획득되어 고정시스템으로 보내기전의 이동시스템으로 이동된다. 데이터의 생체신호는 매우 다양한 전송대역폭이 요구 되지만 방사선 영상이나 동영상 전송에 비하면, 상대적으로 작은 대역폭이 소요된다.

의사들에게 친숙한 내시경 정밀 동영상, 수술 동영상 등은 의사 들이 수술을 진행하거나 교육 시 사용되어왔고, 주로 자료녹화의 형태인 비디오 테이프로 저장, 토론이나 교육에 사용되어 왔었다. 하지만 이 아날로그데이터들은 실시간이 아닌 과거 어느 시점의 산물이다. 의료동영상은 현재 일어나는 상황을 원격지에 있는 의사나 전문가에게 실시간으로 보여질 수 있도록 구현한 것인데, 원격 진료에서 동영상을 사용하기 위해서는 아날로그 데이터를 디지털로 변환하는 작업이 필요하다. 본 시스템에서는 고화질 카메라로부터 나오는 비디오 신호를 DV Converter를 거쳐 노트북에 연결하여 동영상을 디지털 화 하였고, 본 연구에서는 의료 동영상을 MPEG4 규격에 의하여 압축하여 전송한다.

2.2 시스템 설계

이동 및 고정시스템의 구성 도는 그림 1과 같다. 고화질 동영상이 데스크 탑인 경우는 PCI 포맷으로, 노트북인 경우는 DV 포맷으로 각각 입력이 된다. 생체신호는 RS-232 포맷 방식으로 데스크탑이나 노트북에 입력이 되고 입력되어진 데이터는 이동시스템 소프트웨어에 의해 가공이 되어, 고정시스템으로 전송 된다.

2.2.1 이동시스템

이동시스템은 이동성을 위주로 구현하였고, 환자의 생체신호와 고화질동영상을 고정시스템으로 전송한다. 이동시스템에서는 획득되어진 동영상 데이터를 MPEG-4로 압축하여 전

표 1 데이터에 따른 대역폭 요구사항

Table 1 The bandwidth of each data

Multimedia Stream	Description	Bit rate	비고
시스템 스트림	세션 연결, 마우스 이동, 동기화	negligible	
diagnostic 비디오	MPEG4	200~700kbps	프레임 레이트별
생체신호	ECG(8bits, 500Hz sample)	4kbps/Ch	

송하므로, 고성능의 PC일수록 유리하다. 이동시스템을 구성하는 요소는 고화질 카메라, 생체계측기, 그리고 무선전송을 담당하는 Cellular phone, phone과 PC를 연결하는 USB 데이터통신 케이블과 이동시스템용 프로그램이 구성 요소이다. Canon사에서 제작한 고화질 카메라 VC-C4는 NTSC방식의 비디오 표준과 410000의 유효픽셀, 48dB의 SNR을 가지고 있다. 또한 자동초점기능과 16배 줌 기능, 수평 100도 상하 120도의 각을 가지고 있으며, pan speed는 초당 90도의 속도를 가지고 있다. RS-232방식으로 카메라 컨트롤이 가능하며, 메시지를 전송필터에 넣어서 전송한다면, 원격조정도 가능하다. 현대의 PC로 총 9대까지 컨트롤 할 수 있으며, 역시 RS-232C포트로 제어가 가능하다. Canon사에서 직접 제공하는 API함수를 이용하여 간단한 카메라 컨트롤을 할 수 있으며, 원격으로 제어할 시 실시간 화면을 볼 수 있다면, 세세한 카메라 동작까지 원격으로 제어가 가능하다. 또한, 이동시스템에서는 MPEG-4 부호화 작업을 하기 때문에 고정시스템보다는 훨씬 성능이 뛰어나야 한다. MPEG-4 동영상의 부드러운 부호화작업을 해야 하는 점이 그 이유이기도 하지만, 빠른 PC의 성능은 시스템의 성능을 배로 향상시키기 때문이다. 따라서 CPU 1.6 GHz, 메인메모리 512M, 하드디스크 40G, IEEE 1394포트지원, 세 개의 USB 포트 지원과 함께 메모리 스틱 슬롯이 내장된 고성능 노트북 PC를 사용하였다.

본 연구에서 사용한 생체신호계측기는 Biosys사의 Guardian제품으로 환자의 생체신호를 획득 시 사용하였다.

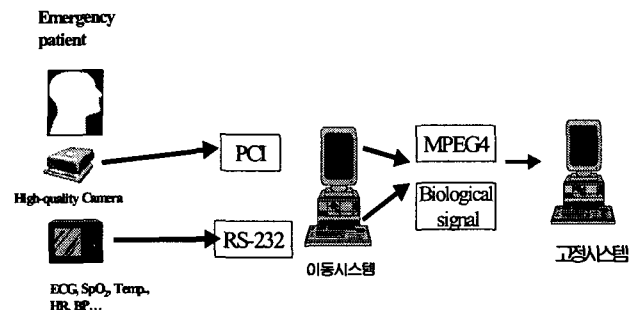


그림 1 이동 및 고정 시스템 구성도
Fig. 1 Mobile and Fixed system

이 생체신호계측기는 환자의 ECG, NIBP, RESP, 2TEMP, SpO2같은 다양한 생체데이터를 얻을 수 있으며 24시간 데이

터를 획득하는 것이 가능하다. RS-232방식으로 이동시스템과 연결되며, 환자의 데이터를 일정 패킷에 실어서 1초에 한번씩 이동시스템으로 보내준다. 이동시스템에서는 이 데이터를 받아 적절하게 분류하여 화면에 디스플레이 해주고 이를 고정시스템으로 전송한다.

그림2에서 볼수 있는 셀룰러폰은 이동시스템에서 발생하는 데이터를 고정시스템으로 전송 시 사용되는 EV-DO망 프로토콜을 지원 하는 장치이다. 이동시스템과 연결 시에는 USB 데이터 통신케이블을 사용하여 연결한다. 이동시스템과 연결 전 셀룰러 폰용 드라이버를 반드시 이동시스템에 설치하여야 하며, 이동 통신사에서 제공하는 접속용 소프트웨어도 설치하여야 한다. 설치방법은 매우 간단하며 설치 후 전화 연결 시 셀룰러 폰의 화면에 '데이터통신 연결 중' 이란 표시와 함께, 전화 연결음을 듣게 된다. 화면에 '송신' 과 '수신'이란 글자와 송/수신 바(bar)가 움직이는 것을 볼 수 있으면 정상 동작을 하는 것이다.

USB 데이터통신케이블은 그림 2의 좌측에 보이는 셀룰러 폰과 노트북 PC사이를 연결하는 케이블을 말한다. 이 케이블은 직렬타입과 USB타입 두 가지 종류가 있는데, 본 시스템에서는 USB 타입을 선택해서 사용 했다. 제조사에서 제공하는 USB 드라이버를 설치해야 제대로 동작한다.

2.2.2 고정 시스템

고정시스템은 LCD 액정 모니터와 컴퓨터 본체로 구성되어 있다. 고정시스템은 이동시스템과는 달리 유선망에 접속되어있고, 고정시스템에서는 이동 시스템에서 부호화된 데이터를 복호화하여 화면에 표시를 하기 때문에 이동시스템에 비해서는 굉장히 간단하다. 그림3의 좌측 LCD창과 화면 중앙에 보이는 데스크 탑이 고정시스템의 구성요소이다. 고정시스템의 하드웨어는 동영상 복호화만을 담당하기 때문에, 상대적으로 좋은 성능을 보유해야하는 이동시스템에 비해 기본적인 성능 정도를 가져도 상관없다. 고정시스템의 CPU는 1.6GHz이고, 512M 기본메모리, 40G의 하드 디스크, 그리고 수신전용 소프트웨어로 구성 되어있다. 단, 고정시스템에는 DirectX 소프트웨어와 MPEG4 디코더, 그리고 네트워크 수신 필터가 반드시 설치되어 있어야 한다.

2.3 소프트웨어 설계

전체적인 소프트웨어 설계에 가장 영향을 끼치는 부분은 무엇보다도 빈번하게 변하는 대역폭의 변화이다. 이를 위해 대역폭을 측정, 설계에 도움이 되도록 하였다. 음성의 경우에는 물리계층으로 바로 전송하기 때문에 물리계층의 FER (Frame Error Rate)가 결정적이지만, 무선데이터의 경우는 물리계층, RLP, 전송계층(transport layer)등 주요 3가지를 측정해야 무선망의 평가가 가능하다. IS-2000규격에 무선데이터는 음성에 비해 link budget이 훨씬 높게 설계되어 있다. 물리계층은 음성신호에 대해, 20ms frame이 20개 정도의 loss가 발생해도 트래픽이 끊기지 않는 10E-3으로 정의되어 있고, 데이터는 훨씬 높은 10E-6 BER로 설계되어 있는 이유로 무선데이터의 경우 오류가 발생하면, 바로 상위 계층인 MAC 부분계층의 RLP가 해결해준다. 따라서 전과환경이 열

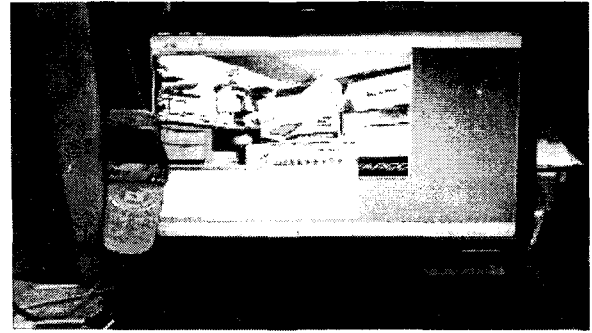


그림 2 EV-DO폰 및 데이터통신케이블
Fig. 2 EV-DO Phone and data communication cable



그림 3 전체시스템 연결 상태 사진
Fig. 3 The picture of total system connection

악한 지역에서는 물리계층에서 오류가 많이 발생하므로 기지국과 단말기 사이는 빈번한 RLP 재 전송으로 인하여 속도가 느려지며 RLP 초기화가 자주 발생할 경우 현저하게 속도가 떨어지는 결과를 가지게 된다[4]. 고품질 동영상과 생체신호를 보내는 데는 단말기의 무선 전송속도가 큰 관건이므로 전송속도의 측정이 중요하며, transport layer의 속도 평가는 정해진 시간에 단순히 송수신되는 TCP 패킷의 수를 계산하는 방식으로 간단히 해결될 수 있다. 1x EV로 접속한 단말기는 기지국에서 무선데이터를 처리하는 PDSN(Packet Data Serving Node)으로 바로 접속되어 관련서비스를 받게 되는데, 퀄컴 사의 MSM4500의 경우는 1x EV만 처리하는 모뎀 칩이나, MSM5500이나 MSM6500은 cdma2000 1x와 1x EV-DO를 하나의 칩으로 동시에 처리할 수 있다.

이동시스템의 소프트웨어 구조는 고정시스템에 비해 매우 복잡하다. 고화질카메라로부터 들어오는 동영상 데이터는 비디오 캡처 드라이버에 의해 획득되고, MPEG-4 엔코더 DLL은 가공되지 않은 데이터를 MPEG-4 포맷으로 가공하게 된다. 이 과정은 다이렉트쇼 필터 그래픽 매니저에 의해, 디스플레이 부분은 다이렉트 드로우에 의해 제어되어 화면에 디스플레이 되게 된다. MPEG-4 동영상에는 프레임을 조절할 수 있는 기능을 구현하여 부드러운 화면이 구현될 수 있도록 하였다. 네트워크 필터는 원속 기반으로 설계되었으며, 다이렉트X 필터들과 호환 가능하도록 설계되었다. 이동시스템에서 발생하는 모든 데이터들은 이 네트워크 필터들을 통해 전송되고, 고정시스템의 소스필터에 의해 수신되게 된다.

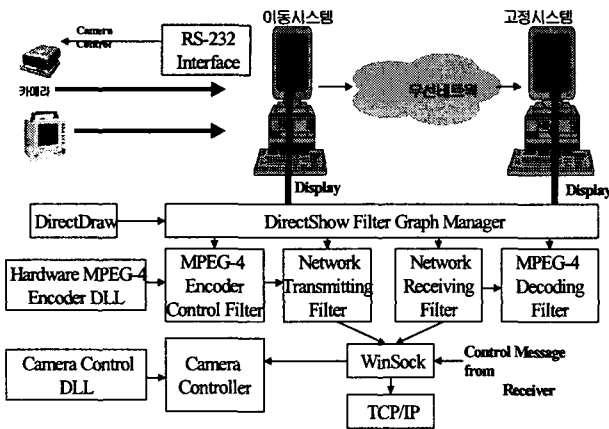


그림 4 이동 / 고정 시스템의 소프트웨어 구조
 Fig. 4 The software architecture of Mobile / Fixed system

생체신호는 ECG와 호흡파형, 산소포화도 파형데이터와 산소포화도(문자데이터)를 받아, 체온, 혈압, 맥박 수를 구분하여 RS-232포트로 전송되고, 이는 BSM(Biological Signal Manager)에 의해 이동시스템 메인 소프트웨어로 전달된다. 데이터량은 생체신호 압축 알고리즘을 사용하여 줄였는데, 압축 알고리즘은 DPCM, 허프만 코딩 방법을 적용하였다. 이는 유선환경보다 작은 대역폭을 가지는 무선환경에 효율적인 데이터전송을 위함이다. 이동시스템으로부터 전송된 모든 데이터는 고정시스템의 윈속기반의 네트워크 수신 필터를 통해 MPEG-4 디코딩 필터, 생체신호 매니저로 넘겨지며, MPEG-4 동영상 데이터는 MPEG-4 디코딩 필터에 의해 MPEG-4 동영상을 복원하여 다이렉트쇼 필터 그래프 매니저에게 넘겨진다. 구체적인 소프트웨어 설계 기술은 다음과 같다.

2.3.1 다이렉트쇼

멀티미디어 스트림은 매우 빨리 전송될 수 있는 많은 양의 데이터를 가지고 있다. 이때 오디오, 비디오 그리고 추가적인 스트림은 동시에 시작되고 멈추어야만 하고, 또 같은 속도로 플레이되어야만 한다. 스트림은 국부적인 미디어 파일을 포함한 파일들, 컴퓨터 네트워크, 지구상의 방송, 비디오카메라, 그리고 다른 미디어 디바이스들과 같은 다른 소스들로부터 올 수 있고 AVI, ASF, MPEG, DV, MJPEG(Motion JPEG)과 같은 여러 가지 형태의 포맷으로 오기도 한다. 어플리케이션은 최종적인 사용자 시스템에 어떤 하드웨어 디바이스들이 존재하고 있는 지 알 방법이 없기 때문에, 이 부분을 해결하기 위해서 다이렉트쇼 기반으로 디자인되었다. 다양한 종류의 소스, 포맷, 하드웨어 디바이스를 다루기 위해서 다이렉트쇼는 필터라고 부르는 시스템 내의 모듈형태로 동작하는 구조를 사용하는데, 필터들은 cutting-edge멀티미디어 캡처, WDM(Windows Device Manager)에 근간을 둔 튜닝 디바이스들을 지원하고, VFW(Video for Windows) 캡처카드와 ACM으로 구성된 코덱 그리고 VCM인터페이스를 지원하는 기능을 한다. 다양한 종류의 필터들은 많은 다른 시나리오들을 지원하기 위해 섞이고, 매치될 수 있다.

2.3.2 네트워크 송/수신 필터 제작기술

이동시스템에서 데이터가 전송되는 부분의 필터를 렌더러(renderer) 필터라고 하고, 고정시스템에서 데이터를 받아들이는 부분을 소스필터라 한다. 본 시스템에서 사용한 소스필터와 렌더러필터도 내부적으로는 윈속으로 데이터 처리를 하고, 외부적으로는 다이렉트쇼 필터와 호환이 될 수 있도록 구현되었다. 멀티미디어 데이터는 크기가 크기 때문에 복사하는 횟수를 줄일수록 성능을 향상시킬 수 있다. 이때 필요한 기술이 버퍼협상이라는 기술인데, 다이렉트쇼는 이 기술을 통해 불필요한 복사연산을 줄이도록 설계되었다. 본 시스템의 네트워크 담당필터 ITeeRenderer클래스와 ITeeSource 클래스 또한 이 기술을 사용한다. 네트워크 담당필터는 ITeeRenderer필터와 ITeeSource필터로 이루어져 있는데, 이동시스템의 네트워크부분을 담당하는 클래스는 ITeeRenderer Class이고, 고정시스템의 네트워크부분을 담당하는 클래스는 ITeeSource Class이다.[5] ITeeRender Class는 properties, renderer, renderpin, network, mediatypecheck, media data협상의 클래스로 이루어져 있다. 이동시스템을 크게 보면, 캡처필터 ⇒ MPEG4엔코딩 필터 ⇒ Sample Tee ⇒ TeeRenderer 필터의 순서로 이루어져 있고, ITeeRenderer필터를 거친 동영상데이터는 무선망을 거쳐 고정시스템의 ITeeSource 필터로 전달이 된다. ITeeSource Classes 역시 properties, renderer, renderpin, network, mediatypecheck, media data협상의 클래스로 이루어져 있다. 고정시스템을 크게 보면, ITeeSource 필터⇒MPEG4 디코딩필터 ⇒ Sample Tee ⇒videoRenderer필터의 순서로 이루어져 있고, 무선망을 통해 전송된 데이터가 이동통신망을 거쳐 유선네트워크를 통해 ITeeSource필터에 전달되게 된다. ITeeRenderer필터에서 전송된 미디어는 ITeeSource필터와 미디어협상, 편협상 등의 과정을 통해 미디어를 고정시스템에 전달할 수 있게 구현되었다.

2.3.3 프레임 레이트 컨트롤 기술

프레임레이트 컨트롤(frame rate control)기술은 이동시스템의 MPEG4 엔코딩 필터 앞단에 프레임 레이트 컨트롤이 가능한 널 필터(null filter)를 위치하게 하여 프레임 수를 컨트롤 할 수 있는 기술이다. 프레임 레이트를 컨트롤 하는 이유는 무선 환경에서 변화하는 대역폭에 지능적으로 대응하기 위해서인데, 이동시스템을 운영 시에 위치나 환경에 따라서 예상보다 많은 량의 데이터가 발생할 수 있으며, 이 데이터들을 한정된 시간 안에 처리하기 위해서 CPU는 빠르게 움직여야 한다. 프레임레이트 컨트롤 루틴은 무선망의 대역폭에 맞추어 이동시스템에서 발생하는 데이터량을 조절하기 위함이다. 프레임레이트 컨트롤은 초당 30프레임씩 재생되는 MPEG4 고화질화면의 프레임수를 time stamp(멀티미디어 clock)에 의거하여 조정하여, 내부적으로는 널 필터를 이용하여 만들어진 framerate control COM object는 OS의 system directory에 카피가 되고, 등록이 되어야 콜 후에 사용된다.

2.3.4 생체신호 압축 알고리즘

신호 데이터에서 DPCM은 전 데이터에서 현재의 데이터를

편 차를 구하여 현재의 데이터에 할당하면 된다. DPCM은 보통 단일 알고리즘만으로 압축에 이용되지는 않아, 후 처리로써 Huffman 부호화를 행한다.

BSM은 송신부와 수신부 프로그램이 동일하여 언제나 서로, server와 client의 역할을 할 수 있도록 되어 있어서, 한 프로그램 내에 압축(compress)과 복원(reconstruction)이 포함되며, 프로그램 작동 중에는 이중 한 가지 동작만 취하게 된다. BSM프로그램 내에서의 데이터의 진행은 그림5와 같고, 데이터구조는 다음과 같다.

* BSM data 구조

- 1초당(unsigned char) 1140 bytes data : 구조는 GUARDIAN data 구조를 그대로 가져와서 처리
- 비 압축 전송시 : server 및 client 동일한 1140 bytes의 데이터 처리
- 압축 전송시 : wave data의 압축된 크기 + 90 byte의 parameter data 전송
: 전송시 option -
 - 1) ECG only 전송 :
ECG 600 bytes의 Huffman 압축된 크기 + parameter 90 bytes
 - 2) Other wave 전송:
(ECG 600 + SpO2 150)bytes의 Huffman 압축량 + parameter 90 bytes
(ECG 600 + Resp 150)bytes의 Huffman 압축량 + parameter 90 bytes
(ECG 600 + IBP 150)bytes의 Huffman 압축량 + parameter 90 bytes

2.3.5 Windows socket 기반 기술

소켓은 응용계층과 전송 계층사이의 API(Application Programming Interface)이다. 소켓부분은 현 시스템에서 전송부분을 담당하는 부분으로 데이터는 유선링크에서는 TCP를, 무선구간에서는 RLP를 이용하여 데이터를 전송하게 되므로, 정교하게 디자인되어야 한다. TCP 사용 시 에러검출이나 패킷의 순서는, 전송계층으로 데이터를 넘겨지면 흐름제어나 에러검출 및 재 전송 등이 설정된 TCP에 의해 이루어지게 되고, 무선구간에서는 RLP 프로토콜에 따라 송수신 된다.

표 2 이동시스템과 고정시스템의 연결과정
Table 2 The connection process between mobile and fixed system

고정시스템	이동시스템
// 소켓선언	// 소켓선언
//소켓생성;1,2	// 소켓생성2
// listen	
	//고정시스템과 연결 시도3,4
// 이동시스템으로 부터의 연결을 인식하여 새로운 소켓 생성후 연결 // accept connection5	
연결 후 데이터 및 메시지 송수신	

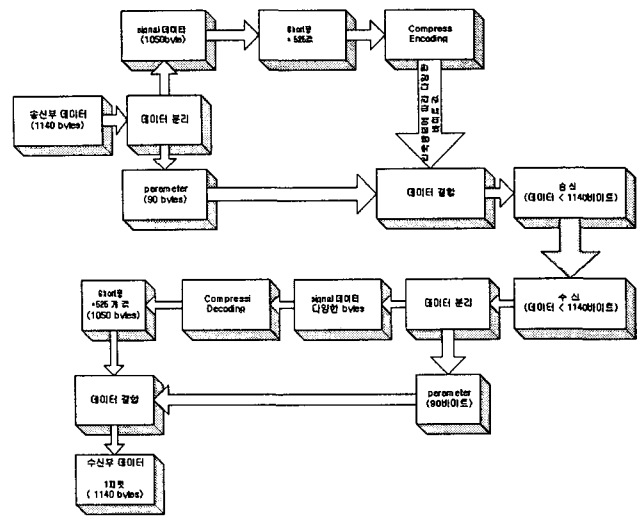


그림 5 BSM 프로그램 내에서의 데이터의 진행
Fig. 5 The data flow in BSM program

연결과정은 표2와 같다. 이동시스템에서는 데이터를 발생 하는 순서대로 헤더를 붙여 전송하게 되어있고, 고정시스템에서는 불 규칙적으로 수신되는 데이터를 끊어질 없이 받기 위해, 네트워크에서 발생되는 지연이나 지연이 일어날 수 있는 상황을 고려하여 TCP의 특성에 맞게 디자인된 thread기법으로 수신하고 있다. 또한 송신 시에는 데이터의 독립성을 보존하기위해 critical section방법을 사용하여, 데이터들이 순차적으로 수신되게 구현하였다.

2.4 실험 및 결과

테스트를 위해서 연구실과 그리고 실외 장소에서 무선 환경을 규칙적인 시간으로 점검하여 기본데이터를 추출하였다. 이 데이터에 근거하여 진행된 테스트 시 측정항 항목은 동영상 및 생체신호 대역폭, 프레임 레이트별 테스트, 전송데이터 세그먼트별 테스트, 생체신호 압축 및 비 압축 시 테스트이다. 연구실의 무선대역폭의 전체적인 속도는 약 20k bps 안팎으로, 점심시간인 12시와 12시 30분 즈음, 그리고 저녁 시간인 오후 6시 정도에 적절한 속도를 얻을 수 있었고, 이른 아침이 아닌 오전이나 오후에는 10 k bps정도속도를, 오전 9시경에는 평균 35~40k bps정도의 속도를 얻을 수 있었다.

전체적으로 보면 실내보다는 실외에서 높은 속도를 얻을 수 있었고, 오후 1시 전후에는 대역폭이 현격하게 줄어드는 결과를 얻었다. 모든 데이터는 1초 동안 보낸 packet을 매초 측정하여 수치화하였는데, 연구실 측정 시에는 10시 30분경과 16시 30분경이 전체적으로 대역폭 속도가 좋고, 점심시간 이후인 14시 30분대와 20시 30분대는 전체적으로 대역폭 속도가 나오지 않는 것으로 나타났다. 비교적 좋은 대역폭을 가지는 지역 A의 시간대별 변화를 시간대별로 측정하였다. 9시경과 점심시간인 12시경이 대역폭 속도가 전체적으로 좋은 것으로 나타났고, 속도는 40kbps내외였다.

2.4.1 동영상 및 생체신호 대역폭

앞서 알아본 full 대역폭 속도를 바탕으로, 설계된 시스템

의 대역폭을 측정하였다. 시스템의 대역폭은 표 3과 같다. 생체신호는 무 압축시를 기준으로, 동영상 및 생체신호 대역폭은 시스템을 직접 구동한 상태에서 측정하였다. 모든 데이터는 송신 단에서 보낸 패킷 데이터 량을 측정하여 일정시간동안 평균값과 variation을 구하여 수치화 하였다 .

2.4.2 프레임 레이트 별 테스트

프레임 레이트는 화면의 품질을 결정하는 요소이다. 동영상 전송 시 움직임이 부드러운 화면을 요한다면 25 프레임 이상을 보내야 하지만, 현재 이동시스템에서의 동영상은 생체신호보다 우선순위가 낮으므로 생체신호를 우선적으로 보내고, 여분의 확보되는 무선대역폭을 이용하여 동영상을 보내기 위해서 동영상 데이터 량을 조절해야 한다. 이에 필요한 기술이 프레임레이트 컨트롤이다. 1초에 30프레임씩 재생하게 되어있는 동영상을 타임스탬프에 의해 적당한 회수의 프레임으로 나누어 MPEG4 엔코더로 전송하도록 설계하였다.

2.4.3 전송 데이터 크기별 실험

본 시스템이 사용하는 프로토콜은 이동시스템이 이동통신망에 접속 후 IWF를 통하여 유선망을 흘러갈 때 사용하는 TCP/IP와 이동시스템이 이동통신망과 연결될 때 사용하는 RLP 프로토콜이 대표적이다. 본 전송데이터 크기별 시험은 RLP 프로토콜에서의 기본 단위의 배수와 네트워크 속도와의 관계를 알아보기 위함이다. 본 시스템의 네트워크 필터는 소켓으로 제작 되어 있고, 발생하는 메시지나 혹은 시스템에서 발생하는 메시지에 의해 구동하는 메시지 드리븐 방식을 쓰고 있다. 메시지가 발생할 때 마다 정해진 적절한 동작을 통하여 본 이동시스템에서는 데이터 및 메시지를 송 수신 할 때 일정 크기를 정하여 한번 보낼 때의 기준 크기로 삼는다. 이를 데이터 세그먼트라고 칭한다. 전송에 최적인 크기는 데이터 세그먼트 크기로 정해진 패킷 내에 일정규칙의 데이터를 입력하여 데이터 세그먼트별로 속도테스트를 진행하여 찾았다. 64, 128, 256, 512, 1024 byte등의 다양한 사이즈의 크기로 테스트 결과를 얻어 표 5에 나타내었다. 일정 데이터를 송신 시, 고정시스템에서 수신 데이터 량은, 데이터 세그먼트별 속도는 ±15 kbps의 변화를 가졌다. 1024와 512바이트의 경우에는 대체로 속도가 비슷하였고, 256바이트의 경우는 속도가 조금 떨어졌으며, 64바이트 일 때는 1024바이트 일 때에 비해 약 10 kbps정도의 낮은 속도를 얻었다. 1024바이트일 경우에 전체적으로 높은 속도를 얻었다.

2.4.4 생체신호 버퍼테스트

생체신호의 버퍼테스트는 이동시스템에서 전송된 생체신호가 고정시스템에 수신되었을 때, 제대로 화면에 표시될 수 있도록 수신 측과 송신 측에 버퍼를 두어 버퍼링 후 가지는 결과 테스트이다. 본 시스템은 RLP와 TCP가 공존하는 시스템이므로, 두 프로토콜이 최적으로 협상을 하지 않는 이상 여러 가지 지연 요소가 발생할 수 있는데, 이를 최대한 줄이기 위해 이동 및 고정시스템에 타이머를 사용, 생체신호를 버퍼링하여 정확히 1초마다 전송하도록 하였다.

표 3 동영상 및 생체신호 대역폭

Table 3 The bandwidth of MPEG4 and ECG Signal

생체신호와 동영상프레임 수	대역폭(kbps)
1 Frame + 생체신호	6 ± 3
2 Frame + 생체신호	14 ± 3
3 Frame + 생체신호	20 ± 5
5 Frame + 생체신호	36 ± 5
6 Frame + 생체신호	40 ± 5
10 Frame + 생체신호	65 ± 10
15 Frame + 생체신호	110 ± 10
30 Frame + 생체신호	195 ± 15

표 4 프레임 레이트별 동영상 대역폭

Table 4 The bandwidth of MPEG by various frame rate

동영상프레임 수	대역폭(kbps)
1 Frame	5 ± 3
2 Frame	13 ± 3
3 Frame	18 ± 5
5 Frame	35 ± 5
6 Frame	39 ± 4
10 Frame	64 ± 9
15 Frame	109 ± 11
30 Frame	194 ± 14

표 5 데이터 세그먼트별 데이터 전송테스트

Table 5 Data transfer test by various data segment

이동시스템 : 보라매공원 단위 : kbytes	고정시스템 : 연구실 단위 : kbps	데이터 세그먼트 크기 단위 : bytes
200	48	5000
400	59.9	
400	51.7	
4000	49.5	
20	51.2	
30	25.3	
30	29.2	
40	56	
200	44.6	
300	45.7	
30	33	1016 (1024-8)
200	55	
200	63.3	504 (512-8)
30	34.7	
200	62.7	120 (128-8)
200	51.7	
200	26.4	56 (64-8)
200	57.8	
200	48.9	
200	44.6	

이때 동영상은 3 frame으로 고정하고 테스트를 진행하였다. 버퍼 수에 따라 확률적으로 살펴보면, 전체적으로 버퍼수가 4개 및 5개 일 때가 생체신호 에러율도 낮고 동영상 또한

안정적으로 화면에 표시된다. 테스트 시에는 또 하나의 선제 조건이 될 수 있는 송수신 대역폭을 같이 비교하였는데, 전체적으로 대역폭은 3프레임과 생체신호를 합한 대역폭 20±5 kbps 내외였으며 송신 대역폭이 아주 안 좋을 경우는 5kbps 이하로 떨어질 경우도 수 초간 있었다. 이 때, 동영상은 일부 프레임 보내지 않는 결과가, 생체신호의 경우에는 burst error가 발생되었다가 복구되는 결과를 보여주었다. 생체신호의 압축에는 DPCM방식을 사용하였고, 비 압축시의 결과는 표 6에 나타내었다. 버퍼수 별 에러를 비교하기 위해서 1초에 한번씩 전송되는 파형의 정상표시/비정상표시를 살펴 도 시하였는데, 표 6의 파형error수는 송신 측에서 전송된 파형이 무선망대역폭의 협소함으로 인해 수신 측에 도착하지 않아 매초 표시되지 않은 상황을 에러파형 수로 세어 표시한 것이고, 비교란에 정리된 개수는 에러파형개수이며, 괄호 안 숫자는 에러파형이 발생한 회수이다. 예를 들어 1개(7)이라 함은 심전도파형이 한번 표시되지 않은 것이 7번 있었다는 뜻이며, 에러율은 파형에러수를 총 생체신호로 나눈 값을 백분율로 나타낸 값이다.

DPCM압축시의 파형에러수를 표7에 표시하였다. 전체적으로 살펴 보았을 때 최적 버퍼크기는 4, 5개가 다른 버퍼크기에 비해 훨씬 좋은 것으로 나타났으며, 비 압축 시 보다는 DPCM으로 압축 했을 때의 성능이 좋은 것으로 나타났다. 다음은 이동시스템 이동속도별 테스트 결과이다. 각 이동시스템의 속도는 사람 걷는 속도, 20km~30km 속도, 생체신호 압축, 비 압축별 테스트, 그리고 마지막으로 터널테스트를 진행하였다. 중점 관찰부분은 생체신호였고, 일정시간의 생체

신호 에러 율을 측정하였으며 좋지 않은 무선 환경에도 1프레임 전송 시에는 실시간으로 전송됨을 확인하였다. 속도별 테스트 시에는 버퍼 수 4로 통일, 동영상은 1프레임으로 고정 후 테스트하였다.

① 사람 걷는 속도 시 (5km/h이하)

표 8은 사람 걷는 속도 시 생체신호를 압축하지 않았을 때의 시스템성능을 나타낸 것이다. 시스템이 전체적으로 고른 송수신 대역폭 속도를 가질 때의 파형 에러 수는 10개이고, 에러 율은 3.3%이다. 표 9는 DPCM 압축했을 때의 시스템 성능을 나타낸 것이다. 파형 에러 수는 37개이고, 에러 율은 12.3%이다.

② 20~30km/h, 생체신호 압축/비압축

20km~30km/h는 학교 내 진입로를 왕복하면서 측정하였다. 평균 20km/h였으며 방지턱을 넘거나 속도가 감속될 시는 약 5km/h까지, 속도가 증가될 때는 30km/h까지의 변화폭이 있었다. 표 10은 20~30km/h로 이동 시 생체신호를 압축하지 않았을 때의 시스템 성능을 나타낸 것이다. 일정시간 동안 데이터를 송수신 하지 못하여서 수신 측에서 burst error가 발생하였고, 7개짜리 파형에러가 발생하였다. 파형 에러 수는 42개이고, 에러 율은 14%이다. 표 11은 20~30km/h로 이동 시 생체신호를 압축했을 때의 시스템 성능을 나타낸 것이다. 역시 고르지 못한 송수신 대역폭이 에러파형을 많이 생성시키는 것을 알 수 있다. 파형 에러수는 39개이고, 에러 율은 13%이다.

표 6 비 압축시 버퍼 개수별 시험결과
Table 6 Test results of no compression buffer test

버퍼수	생체 신호수	파형 에러수	에러율	비고
2	300	80	26.7%	6개(7), 4개(3), 3개(6), 1개(8)
3	300	96	32%	7개(1), 6개(6), 5개(1), 4개(3), 3개(4), 2개(6), 1개(12)
4	300	37	12.3%	6개(3), 2개(6), 1개(7)
5	300	31	10.3%	6개(1), 2개(12), 1개(2)

표 7 생체신호 DPCM 압축 시 버퍼개수별 시험결과
Table 7 Test results of DPCM compression buffer test

버퍼수	생체 신호수	파형 error 수	에러율	비고
2	300	58	19.3%	6개(4), 4개(1), 3개(4), 2개(2), 1개(14)
3	300	69	23%	8개(1), 7개(1), 6개(1), 4개(5), 3개(2), 2개(5), 1개(11)
4	300	22	7.3%	6개(3), 1개(4)
5	300	25	8.3%	6개(3), 4(1), 2(1), 1(1)

표 8 사람 걷는 속도 시 생체신호 에러 율
Table 8 ECG signal error-rate when pedestrian walk

버퍼	생체 신호수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	300	10	3.3%	3	6개(1), 3개(1), 1개(1)

표 9 사람 걷는 속도 시 생체신호 에러 율(DPCM압축 시)
Table 9 ECG signal error-rate when pedestrian walk (DPCM Compression)

버퍼	생체 신호수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	300	37	12.3%	20	6개(1), 4개(1), 3개(2), 2개(5), 1개(11)

표 10 속도 20~30km/h로 이동 시 생체신호 에러율
Table 10 ECG signal error-rate when vehicle moving by 20~30Km/h

버퍼	생체 신호수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	300	42	14%	15	7개(1), 6개(1), 4개(4), 3개(1), 2개(2), 1개(6)

표 11 속도 20~30km/h로 이동 시 생체신호 에러율 (DPCM압축 시)
Table 11 ECG signal error-rate when vehicle is moving by 20~30Km/h(DPCM Compression)

버퍼	생체 신호수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	300	39	13%	29	4개(2), 3개(2) 2개(10), 1개(15)

표 12 고속 주행 시(60~80Km/h)생체신호 에러율
Table 12 ECG signal error-rate when vehicle moving by 60~80Km/h

버퍼	생체 신호 수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	336	37	11%	13	6개(3), 4개(3), 1개(7)

표 13 터널 통과시 (60Km/h로 이동시) 생체신호 에러율
Table 13 ECG signal error-rate when vehicle moving into tunnel by 60Km/h

버퍼	생체 신호 수	파형 error 수	에러율	에러 빈번도	비고
4	296	44	14.9%	16	6개(2), 3개(2) 2개(4), 1개(8)

③고속 주행 시 (60~80km/h)

표 12는 시스템을 연결한 채로 60~80km/h 주행 시 얻은 결과 값이다. burst error율이 이동시스템이 저속으로 움직일 때보다 훨씬 높으므로 생체신호는 무 압축으로 설정하고, 테스트를 진행 하였다. 파형 에러 수는 37개이고 에러율은 11%이다.

④ 터널 통과 시 (60km/h)

표 13은 터널 통과 시 측정된 결과 값이다. 파형 에러수는 44개이고 에러율은 14.9%이다. 생체신호와 이동시스템 이동속도와의 관계를 정리하면 표14와 같다. 송수신 대역폭과 생체신호의 관계를 살펴보면, 사람 걷는 속도의 경우에는 송수신 대역폭이 굉장히 고르게 분포되어있고, 이때의 생체신호 에러율은 약 3%에 가까운 것으로 나타났다. 약 30km/h의 속도로 이동시스템이 움직일 때, 생체신호압축시의 사람 걷는 속도와 20~30 km/h의 속도일 때는 송수신 대역폭을 살펴볼 때 일정 시간동안 무선 환경이 좋지 않아 수신 받지 못하는 것을 알 수 있다. 이때 역시 생체신호가 burst error로 깨지는 것을 볼 수 있었고, 버퍼링을 하지 않았으면 아마 다 많은 숫자의 생체신호가 깨지는 것을 볼 수 있었을 것이다. 학교 밖에서의 고속 주행테스트(60~80km/h) 시에는 이동속도가 빨라진 이동시스템으로 인해 평균 데이터 전송속도가 빨라졌고, 터널 안 진입순간까지는 생체신호가 제대로 전송되었으나, 터널을 반 이상 지나갔을 때는 burst error가 생기기 시작하였고, 터널을 빠져나갈 때 즈음에 무선 링크가 끊어졌다.

고속 주행 시에는 송수신 대역폭을 확인 했을 때 생체신호 압축/비압축 시의 성능 차이점은 거의 없었고, 학교 내



그림 6 응급차 내의 이동시스템
Fig. 6 Mobile system in Ambulance



그림 7 Consultation 센터 고정시스템
Fig. 7 Fixed system in consultation center

무선 환경이 좋지 않은 곳을 천천히 통과할 때에는 압축전송을 하는 것이 burst error에 강한 성능을 발휘하였고, 무선 환경이 좋지 않아 일정 시간 데이터를 수신하지 못하는 경우에는 생체신호 압축/무압축에 관계없이 생체신호 burst error가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 생체신호는 burst error가 생겨서 신호가 손실되더라도 곧 회복하여 정상 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 6과 7은 각각 구급차 내부에 설치된 이동시스템과 consultation센터에 있는 고정시스템에서의 실제 구현된 결과를 보여준다.

표 14 시스템의 생체신호와 이동시스템 이동속도와의 관계
Table 14 The relationship between ECG Signal and mobile system's moving speed

순번	테스트 상태	생체 신호수	파형 error 수	에러 빈번도율	비고
1	사람 걷는 속도	300	10	3.3%	1 frame, 생체신호 비압축
2		300	37	6.6%	1 frame, 생체신호 압축
3	20~30 km/h	300	42	5%	1 frame, 생체신호 비압축
4		300	39	9.6%	1 frame, 생체신호 압축
5	60~80km/h	336	37	4.3%	1 frame, 생체신호 비압축
6	터널 통과시	296	44	5.3%	1 frame, 생체신호 비압축

3. 결 론

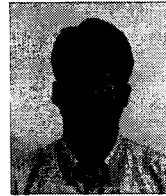
본 논문에서는 PC를 기반으로 하고 무선망을 이용한 애플런스에서 이용 가능한 무선 이동/고정시스템을 설계하였다.

시스템을 설계하기 위해 실제 무선망의 시간별 대역폭을 측정하여 데이터를 얻은 후 이를 토대로 이동 및 고정시스템 프로토콜을 설계하였다. 고화질 동영상과 생체신호를 신뢰성 있게 전송하기 위해 프레임별로 동영상의 전송속도를 측정하였고, 압축 시와 비 압축시의 생체신호 전송시의 전송속도, 실제대역폭을 측정하여 시스템의 성능을 평가하였다. 대역폭이 좁은 무선망의 결점을 보완하기 위해 수신단의 데이터 량에 따라 프레임 레이트를 조절할 수 있게 구현하였으며, 데이터 세그먼트별 크기가 전송속도에 어떻게 영향을 미치는 지도 테스트를 통해 살펴보았다. 본 시스템의 테스트는 EV-DO 무선망을 이용하여 테스트되었으며, 고화질 동영상과 생체신호를 실시간으로 보낼 수 있음을 확인하였고, 수신측에 전용소프트웨어만 설치하면, 이동시스템에서 보내는 데이터를 수신하여 화면에 표시될 수 있도록 구현하였다. 향후에 더 연구되어야 할 부분은 송수신 대역폭에 능동적으로 변화하는 프레임레이트 컨트롤러에 대한 연구와 현재 무선망의 역방향 링크에 지원되지 않는 Qos기술지원에 관한 연구가 진행되어야 한다. Qos기술은 전체적으로 송수신단에 priority를 위한 버퍼링을 하여 미리 정해진 알고리즘에 의해 데이터를 보내고 받는 부분이기 때문에 더욱 정교한 알고리즘이 필요한 부분이다.

참 고 문 헌

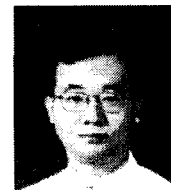
- [1] C. S. Pattichis, E. Kyriacou, S.Voskarides, M. S. Pattichis, R.Istepania, C.S. Schizas "wireless telemedicine Systems : an overview".
- [2] Hajime Murakami, Koichi shimizu, Katsuyuki Yamamoto, Tomohisa Mikami, Nozomu Hoshimiya, and kimio Kondo "telemedicine using mobile satellite communication" IEEE transaction on biomedical engineering, Vol. 41, No. 5, May 1994.
- [3] B. R. S. Reddy and I. S. N. Murthy, "ECG data compression using Fourier descriptors," IEEE transaction on biomedical engineering, vol. 33, pp. 428-434, 1986.
- [4] 김현욱, 김연규, 이성범, 이명성, "IMT-2000이동통신원리", 진한도서, 2001.
- [5] microsoft corporation, "directX 8.0 sdk manual", October, 2000.
- [6] 박정훈, "고품질 멀티미디어 데이터의 무선망에서의 효율적 전송", 연세대학교 대학원, 2003.2

저 자 소 개



박 정 훈(朴廷勳)

1971년 2월 4일생 1996년 아주대 전자공학과 졸업 1996 ~1999년 삼성전자 근무 2003년 연세대 대학원졸업(석사) 2003년~현재 동대학원 박사과정
Tel) 02)2123-2773, Fax)02-362-4539
E-mail: skyzami@control.yonsei.ac.kr



박 진 배(朴珍培)

1954년 8월 7일생 1977년 연세대 전기공학과 졸업 1985년 Kansas State Univ 졸업(석사) 1990년 동대학원 졸업(공학박) 1992년~현재 연세대 제어공학연구실 교수
Tel) 02)2123-2773, Fax)02-362-4539
E-mail : jbpark@control.yonsei.ac.kr



유 선 국(兪善國)

1959년 1월 8일생. 1981년 연세대 전기공학과 졸업. 1983년 동대학원 졸업(석사). 1989년 동대학원 졸업(공학박). 1995년~현재 연세대학교 의학공학교실 부교수.
Tel : 02) 361-5403
E-mail : sunkyoo@yumc.yonsei.ac.kr



윤 태 성(尹泰星)

1956년 6월 22일생. 1978년 연세대 전기공학과 졸업. 1980년 동대학원 졸업(석사). 1988년 동대학원 졸업(공학박). 1989년~현재 창원대학교 전기공학과 교수
Tel : 055)279-7513, Fax : 055) 263-9956
E-mail : tsoyon@sarim.changwon.ac.kr