Telemetry를 통합한 재택 진료시스템의 개발

함지훈, 지영준, 임상현, 박광석
서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학 전공, 서울대학교 의과대학 의공학교실

Development of Home-care Medical Information System integrating Telemetry

J. H. Ham, Y. J. Chee, S. H. Yim, and K. S. Park
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University

ABSTRACT

We developed the system that enables patients to be treated at home during their daily life through digital telemetry and public communication line. This system records and transfers ECG signals through wireless digital telemetry unhindering the patient's normal activities in long-term recording, and transmits the processed data, which enables real-time remote examination via ISDN phone line. Patient's image, voice, and transmitted signals are transferred to medical experts in remote medical center interactively.

서 론

의료 기술의 발달과 경제력의 증가로 평균 수명이 높아지고 있다. 이에 따른 환자의 고령화와 의료 수요의 증가는 현재의 의료 인력과 진료 방법으로는 상대적인 의료 수준의 저하를 가져올 수 있다. 의료 수요 중에서도 외과적 치료보다 장기간의 생체 신호 검사와 정기적 진단이 필요한 노인성 환자 층이 증가할 것이라는 예상과, 미래의 정보화 사회에서의 발달된 정보 교류 기술이 본격적인 원격 진료를 가능하게 할 것이라는 가정 하에, 환자가 가정에서 현재의 통신 기반에서 진료를 받게 될 환경을 구현하였다.

구체적으로, 가정에서의 환자, 또는 노약자의 무구속적인 생활을 보장하면서 장시간 동안 다양한 생체 신호를 측정할 수 있는 무선 의료 정보 측정 전송기술 및 측정된 정보를 분석 및 공중 전화망을 통해 전송하여 의사와의 실시간 진료를 가능하게 하는 기술을 개발하였다.

방 법

2-1. 전체 시스템의 구성

본 연구에서는 심전도 신호를 측정하고 이를 가정 내에서 무선으로 전송하는 휴대형 Patient Unit과,

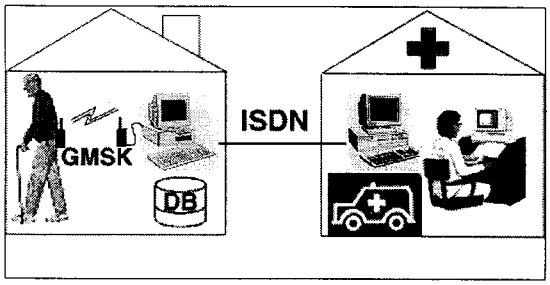

그림 1. 재택 화상 진료 시스템의 전체적 구성

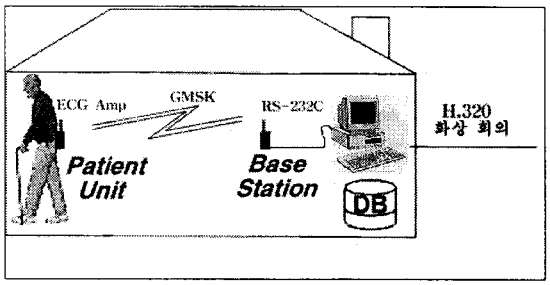

그림 2. 집안에서의 시스템 상세도

이를 수신하고 저장 및 분석하며 의사와의 화상 진료를 가능하게 하는 PC 기반의 Base Station으로 나누어 연구했다.

2-2. 심전도 증폭 시스템

생체 신호 취득의 가장 기본적이며 중요한 문제는 10uV~1mV 수준의 작은 생체 신호를 다음 단계에서 디지털로 처리할 수 있는 크기의 신호로 증폭시키는 것이다.

설계한 회로는 전단증폭기에서 약 200배의 증폭을 하게 되며, 전극의 영향을 줄이기 위한 임피던스 변환기, 차동증폭기, 기저선 변동을 제거하기 위한 직류 제거 필터, 누설 전류에 의한 환자의 안전과 주증폭기의 잡음을 제거하기 위한 배터리 전원 설계, 60Hz에 의한 잡음을 제거하기 위한 Notch-Filter로 구성되어 있다.

주증폭기에 입력된 신호는 직류의 변동, 앰프에 의한 잡음, 근전도 신호에 의한 잡음을 제거하기 위한

60Hz 대역 제거 필터, 저역 통과 필터(Anti-aliasing filter 역할도 동시수행), 고역 통과 필터를 거친 후에 심전도 신호의 크기에 따라 이득을 바꾸는 가변 이득조정부를 거쳐 최종 증폭된다. 개발된 측정 시스템 및 증폭 시스템으로 얻은 최종적 심전도 신호를 그림 3.에 보였다.

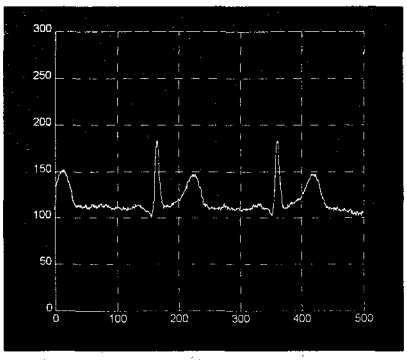

그림 3. 증폭후 무선전송된 심전도 신호

2-3. Patient Unit와 A/D 변환부

Patient Unit은 1CH 심전도 증폭기와 A/D 변환, RF Module을 제어하기 위한 MCU(microcontroller unit:16c74)로 구성되어 있다.

시스템의 제어장치로 MicroChips사의 16C7X 계열의 원칩 16C74 마이크로콘트롤러를 사용하여 single CPU Board를 설계하고, A/D 변환기는 PIC16C74에 내장된 것을 사용하여 제작하였다.

Patient Unit은 생체 신호를 A/D 변환하여 Base Station으로 전송할 수 있는 직렬 데이터 형태로 변환하기 위한 프로그램을 내부 ROM에 써넣고 동작하게 된다. PIC16C74 는 40핀 타입의 8비트 CMOS 마이크로 프로세서로 192바이트의 RAM과 33개의 I/O핀을 가지고 3개의 타이머/카운터 등의 주변장치들을 칩내부에 내장하고 있다. 비동기식 시리얼포트로 RS232C 포트로 사용할 수 있고 고속의 8비트 A/D 변환기가 내장되어 있다.

심전도는 증폭기를 거쳐 마이크로프로세서에 내장된 8-bit A/D 변환기를 이용하여 250Hz로 sampling 된다. A/D 변환된 데이터는 레지스터에 쓰여지고, 데이터는 RF 모듈 입력단자에 4800bps로 입력된다.

2-4. 근거리 디지털 무선 전송 시스템

재택 생체 정보 처리에서 가장 핵심적인 내용이라고 할 수 있는 것은 디지털 정보를 무선으로 전송하는 시스템이다. Patient Unit은 디지털 데이터를 4800bps로 전송한다.

디지털 데이터를 4800bps로 전송하기 위해서는 우선 변조를 하여야 하는데, 이는 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying) 모뎀칩 (MX589P: 0,1 의 디지털 데이터를 GMSK로 변환)을 사용하여 구현한다. GMSK는 가우스필터를 통과한 후 오프셋 4상 위상변조방식(OQPSK)의 위상변화를 최대 90도로 변화하는 지점인 위상 불연속부분을 중첩시키므로 연속적으로 접속하게 하는 변조방식이다. RF모듈로는 TMX729를 사용하고, 송신주파수 대역이 447.2625 MHz부터 447.9874MHz이고 수신주파수는 425.6125MHz부터 426.3375MHz까지이다. 송신출력은 5 ~ 12 mW이고, 변조속도는 FSK일 경우 1200/2400/4800bps, MSK일 경우 1200/2400/4800bps 이다.

전원이 연결된 후 RF 모듈이 데이터를 송신하기까지의 자동적 초기화 과정은 다음과 같다.

RF 모듈의 TXVco를 High로 입력한 다음 송신 주파수를 결정하여 내부에 있는 PLL을 세팅하는 과정을 거친 후 LOCK_OUT 핀을 체크하여 "1"을 확인한 후 60 msec 지난 후에 TXPW를 High로 입력한 다음 송신할 GMSK 데이터를 MOD_IN 단자에 입력하면 ANT를 통하여 전송이 시작된다.

2-5. Base Station의 수신부

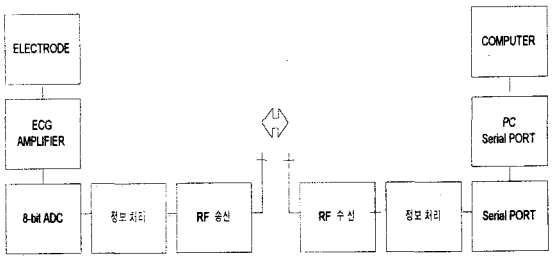

그림 4. Patient Unit과 Base Station 수신부의 연결

RF 모듈의 수신부의 초기화 과정은 다음과 같다.

전원이 들어오면 RX_ON 핀을 High로 입력한 다음 수신 주파수를 결정하여 내부에 있는 PLL을 세팅하는 과정을 거친 후 SQ_ON 핀을 체크하여 "1"을 확인 후 의미 있는 데이터를 수신한다.

Base Station과 컴퓨터간의 통신은 마이크로프로세서에 내장된 직렬통신 채널을 통하여 9600bps의 전송속도로 이루어진다. 한 sampling 데이터가 수신되면 연속적으로 전송되도록 하였다. 데이터의 전송은 RS232C 프로토콜을 사용하였다.

2-6. Base Station의 화상 통신 및 사용자 인터페이스

LAN이나 전용선 없이도 기존의 전화망을 이용하여 고속의 (2 * B-channel(128kbps)) 디지털 통신을 할 수 있는 ISDN 전화망을 사용하여 일반 가정에 보급되어 있는 PC의 기반의 Base Station을 구현했다. 이를 위해 GUI를 제공하는 Windows 95 멀티미디어 환경에서 동작하는 응용 프로그램을 제작하였다.

ISDN을 이용한 화상 회의 시스템을 모델로 하여 재택 화상 진료 시스템을 아래와 같은 규격으로 구축하였다.

○ 1BRI(Basic Rate Interface) 사용
○ H.320 화상 회의 데이터 압축 규격
○ Window 95 응용 프로그램 및 사용자 인터페이스.

○ 1/4" CCD 카메라, 마이크 및 스피커 등의 멀티미디어 주변기기

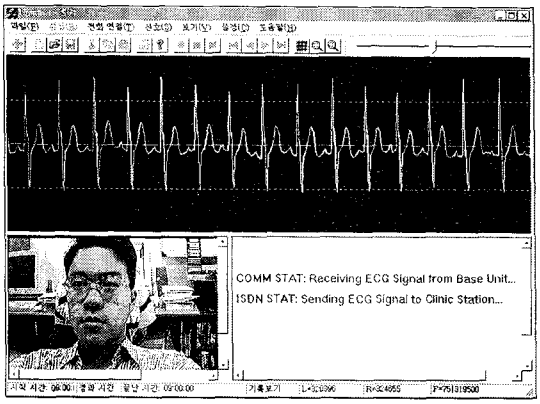

사진 1. 사용자 인터페이스

응용 프로그램은 크게 두 가지의 기능을 갖는다. 하나는 Base Station의 수신부에서 들어온 직렬 데이터를 PC의 데이터베이스에 저장하고 이를 화면에 적절히 디스플레이 하는 것이다. 장시간 측정시의 방대한 데이터 양을 고려하여 8비트 샘플된 신호를 저장한다. 데이터베이스는 수신 개체, 디스플레이 객체와 독립된 쓰레드로 동작하여 신호의 무결성을 보장한다.

또 하나의 기능은 데이터의 수신, 저장, 디스플레이와 더불어 의사의 PC로 전송하는 기능이다. 전송시 ISDN의 대역폭인 128kbps를 최대한 활용하기 위해 생체 신호를 필요한 정확도에 따라 down-sampling하여 의사의 PC 전송하는 방식을 택했다. 그러나 제한된 통신망의 대역폭에 의한 화상과 음성, 심전도 신호의 지연 문제는 근본적으로 해결될 수 없다.

심전도 신호를 실시간으로 보내는 기술의 난점은, 온라인 통신망의 시변적 지연 특성에 의해 데이터가 손실될 수 있다는 것이다. 따라서 패킷 단위의 전이중 통신을 사용하여 데이터의 정확한 전송을 제어하고, 오류발생시 오류 복구를 해야 한다.

결 론

완성된 Patient unit의 구성은 다음과 같다. ECG 표준유도 신호 제1의 취득 시스템을 채택하였으며, 증폭기는 1채널로 하였으며, 이득은 2000배이고 대역폭은 0.5-100Hz이다.

마이크로프로세서에 내장된 8-bit A/D 변환기에 기초한 데이터의 수집장치는 250Hz로 sampling 된다. A/D 변환된 데이터는 GMSK 방식으로 무선 전송되어 Base Station의 직렬통신 채널을 통하여 9600bps의 전송속도로 PC에 입력된다.

Base Station에서는 수신되는 심전도 신호를 저장하고 화면에 보여주며, ISDN 전화망 기반의 화상 회의 기능을 이용하여 이 신호를 의사의 PC로 전송한다.

의사는 환자의 음성과 화상으로 기초적인 검진을 하게 되며 환자의 실시간 심전도 신호나 과거의 신호를 Base Station의 데이터베이스에서 전송 받을 수 있다. .

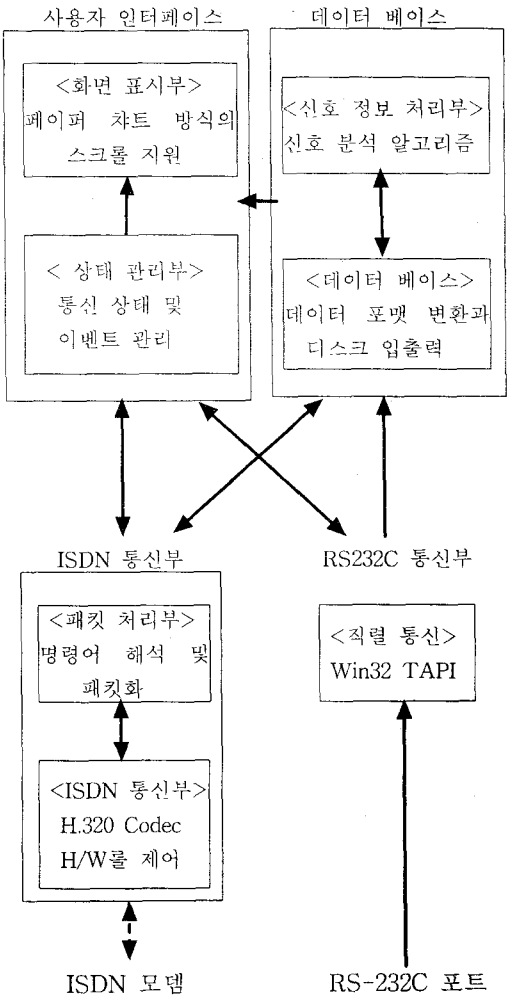

그림 5. 프로그램의 블럭도

고 찰

위의 시스템은 세 가지 형태로 운용될 수 있다.

첫째, 장시간의 무구속적 생체 신호 측정 및 저장 시스템. 현재 구현된 생체 신호 측정 장치는 휴대성을 고려하여 심전도 측정기로 제한하였으나, EEG나 EMG, 보행 측정기 등을 사용하여 환자의 평상적 활동시의 생리적 데이터를 측정 및 수집하여 병리적 징후와의 연관성을 연구할 수 있다.

둘째, 병원 외 장소에서 의사와의 1:1 화상 진료를 가능하게 하는 시스템. 생체 신호를 온라인으로 진료기관으로 전송하므로 특수 질병의 장기적, 정기적 진료에 대해 그에 알맞은 진료를 가정에서 받을 수 있게 한다. 생체 신호를 온라인으로 진료 기관으로 전송하여 병원에게

셋째, 환자의 응급 상황 감시 및 경보 시스템. 한 환자의 심전도 신호에 대한 장기간의 데이터베이스를 가지고 있으므로 이를 바탕으로 실시간으로 측정되는 환자의 신호를 통계적으로 분석하여 응급 상황을 감지할 수 있다. 응급 상황이 감지되면 경보를 울리고 진료 기관으로 앰뷸런스를 호출하는 등의 조치를 취한다.

참고문헌

[1] 이호성, 우응제, 박승훈, 이종민, 박광석, "고해상도 심전계의 개발", 의공학회지, vol. 18, No.1, 179-183, 1996
[2] R.S.Mackay : Bio-Medical Telemetry, IEEE Press, New York, 1993
[3] M.S.Bruce : The Role of Telecommunication in Future Implantable Device System, IEEE EMBS Conference Proceeding, 1013-1014, 1994
[4] Hiroyuki Horio : Clinical Telecommunication network system for home monitoring,Medical & Biological Engineering & Computing, 227-230, 1994
[5] J.Jay : Automatic tracking system of miniatururised transmit for telemetry of physiological parameters, Medical & Biological Engineering & Computing, 201-203, 1993
[6] Carl Pieper : Comparison of ambulatory blood pressure and heart rate at home and on work and non-work days, J.of Hypertensia, 11, 177-183, 1993
[7] Johannes H. van Oostrom : MEDCOM: A Communiation Protocol to Transmit Physiological Data Reliably Over a Modem Connnection, IEEE EMBS Conference Proceeding, 264-265, 1996
[8] Masa Ishijima, Long-Term Cardiopulmonary Monitoring in Bed Without Subject Awareness, IEEE EMBS Conference Proceeding, 503-504, 1996
[9] Toke Hoppenbrouwers, Multivariable CardioRespiatory Monitoring at Home: Collaborative Home Infant Monitoring Evaluation, IEEE EMBS Conference Proceeding, 1092-1093, 1996
[10] M.J. Rodriguez, A Home Telecare Management System, IEEE EMBS Conference Proceeding, 616-265, 1994