

휴대용 개인 정보 단말기를 이용한 생체신호 획득 시스템

Bio-Signal Acquisition System Using Mobile Device

김형배 · 권만준 · 차은종* · 전명근*

Hyung-Bae Kim, Man-Jun Kwon, Myung-Geun Chun, Eun-Jong Cha*

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

*충북대학교 의과 대학 의학과

School of Electrical and Electronic Computer Engineering, Chungbuk National University

*School of Medicine, Chungbuk National University

요 약

본 논문에서는 휴대용 개인정보 단말기를 이용하여 개인의 생체신호를 보다 쉽게 취득 하고 분석하는 시스템을 제안한다. 바쁘게 사는 현대인들이나, 거동이 불편한 환자들에게 병원을 직접 내원하여 검사를 받거나 진단을 받는 일은 큰 부담이 아닐 수 없다. 이에 본 연구에서는 원격지에서의 병원이나 타 의료장치에서 취득된 생체신호를 유비쿼터스 환경에서 블루투스로 전송하고 이 데이터를 블루투스가 내장된 PDA에서 획득하여 화면상에 다양한 표현방법으로 표현하는 생체신호 획득 시스템 구현을 목표로 한다. 이와 같은 시스템을 구현함으로써 이전의 생체신호와 현재의 생체신호를 쉽게 비교하고 분석할 수 있으며, 자신의 건강상태를 자가 점검하거나 의료기관의 의사에게 보내어짐으로서 검진 받을 수 있는 원격진료가 가능하다.

Abstract

In this paper, we propose a mobile telemedicine system that acquires more easily and analyzes individual's bio-signal using PDA. It is not easy for modern people who live busily, disabled patients, or old people to visit hospital. The major goal of this study is to implement the mobile telemedicine systems that the captured bio-signal from remote hospital or other medical treatment device is transmitted via Bluetooth module in ubiquitous environment, PDA with built-in Bluetooth module receives its data and displays on the screen in various form. By implemented systems, it is possible to compare current bio-signal with historical bio-signal and analyze bio-signal, and it is able to make a self diagnosis and it is available to be examined and treated remote diagnosis by sending stored bio-signal to a medical doctor.

Key words : 유비쿼터스(Ubiquitous), 모바일(mobile), 생체신호(Bio-signal), PDA(Portable device)

1. 서 론

순환계 질환은 서구 선진국의 경우 유병율, 치사율에 있어서 가장 중요한 성인병 중의 하나이다. 특히 성인에게 일어나는 급사의 주된 원인이 바로 협심증, 심근경색증과 같은 관상동맥 질환이다. 우리나라에서도 최근에 사회 환경 및 식생활 등의 서구화에 따라 순환계 질환이 크게 증가하여 사망률이 전체 사망률의 30% 이상을 차지하고 있는데, 그 중에서도 특히 허혈성 심장병 등 관상 동맥 질환으로 인한 사망률이 최근 10년 이내에 수십 배 급증하고 있다. 이처럼 혈관 질환의 이상으로 사망률이 증가함에 따라 보다 쉽게 혈압을 측정하는 시스템의 필요가 불가피하다[1][2].

본 연구에서는 원격지에서의 병원이나 타 의료장치에서 취득된 생체신호를 유비쿼터스 환경에서 블루투스로 전송하고 이 데이터를 블루투스가 내장된 PDA에서 획득하여 화면상에 다양한 표현방법으로 표현하는 생체신호 획득 시스템 구현함으로써 보다 편리하게 자신의 건강상태를 체크할 수 있도록 하였다.

이를 위해서 의료장비에서 나오는 신호를 마이크로프로세서를 이용하여 연산하고 해당 데이터를 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)를 사용하여 블루투스 장치로 넘겨주면 이 장치는 데이터를 블루투스 방식으로 무선 전송하게 된다. 또한, 블루투스가 내장된 PDA에서는 무선 전송된 데이터를 블루투스 형식으로 받고 그래픽 기반 언어인 LabVIEW를 통하여 이 데이터를 화면상에 디스플레이함과 동시에 다른 여러 생체정보(혈압, 당도, ECG, EMG, 혈류량, 산소포화도)를 포함함으로써 보다 편리하게 자신의 건강상태를 검진 받을 수 있도록 하였다.

* : 교신저자

접수일자 : 2005년 4월 1일

완료일자 : 2005년 6월 2일

감사의 글 : 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업 휴대형진단치료기기개발센터의 지원에 의하여 이루어진 것임(고유번호 : 0405-ER01-0304-0001)

2. 원격 생체신호 계측

2.1 혈압계

대상이 되는 생체신호로서 혈압신호를 선정하였으며, 고혈압은 당뇨병과 함께 대표적인 만성질환으로써 1970년대 이후 순환기 질환 중 우리나라 사람들의 사망 원인 중 1위를 나타내고 있으며, 이러한 순환기 질환으로 인한 사망 원인은 대부분 고혈압성 질환인 것으로 보고 되고 있다(통계청,1998).

수축기 혈압 140mmHg이상 그리고 이완기 혈압 90mmHg 이상이라는 기준(WHO/ISH)을 적용하면 우리나라 성인의 약 10~15%가 고혈압 환자인 것으로 추산된다[3]. 이렇게 고혈압 환자들이 증가함으로써 정기적으로 스스로 혈압수준을 측정하여 자가 관리하는 것이 필수적이므로 본 연구에서 제안하는 원격 생체신호 획득 시스템이 매우 유용할 수 있다. 혈압신호를 얻기 위하여 그림 1과 같이 혈압 측정장치를 제작하였다.

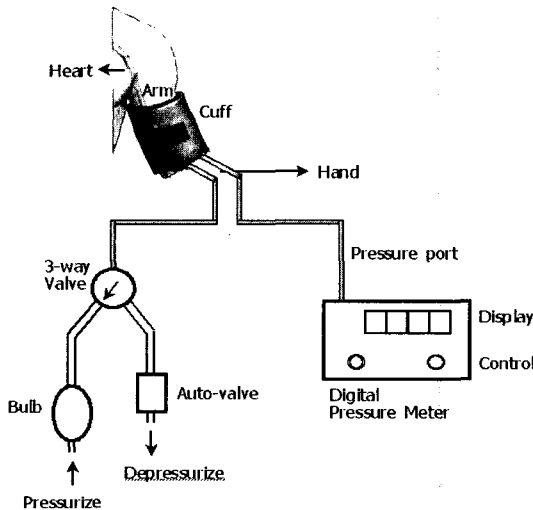


그림 1. 혈압 측정장치의 모식도.

혈압은 전통적으로 널리 사용되는 oscillometric 기법을 이용하여 측정하였다. 그림 1.에서 팔에 감은 가압대(cuff)에 공기를 주입하여 약 200mmHg까지 승압한 후 auto-valve를 통해 서서히 공기를 빼며 가압대내 압력감소를 유도하며 디지털 압력측정회로에 축적하였다. 가압대내 압력변화신호를 대역여파(0.5~20Hz)한 신호도 함께 축적하였다. 이 과정에서 가압대내 압력이 충분히 높으면 팔 안의 모든 동맥이 폐쇄되고 가압대 압력이 서서히 감소함에 따라 폐쇄되었던 동맥들이 서서히 열리게 된다. 동맥 내의 혈압은 심장의 박동현상에 기인하며 동맥의 폐쇄정도에 따라 박동현상이 가압대내로 전달되는 정도가 달라진다. 심장 박동현상이 cuff내로 전달되면 압력신호에 박동신호가 실리게 되므로 이를 대역 여파하여 박동신호만 추출할 수 있다. 본 논문에서 사용한 감압밸브(auto-value)의 성능 실험을 위하여 auto-value의 각도를 0°, 45°, 90°로 변화시키며 실험한 결과 90°에서 가장 좋은 선형적인 감압이 이루어졌다.

그리고 감압밸브(auto-value)에 연결되는 압력센서로는 광범위한 자료조사를 통하여 적절한 압력센서인 Honeywell

사의 Model 24PCDFA6D를 이용하였다. 그림 2는 모델의 선형적인 특성을 나타내는 그래프이다.

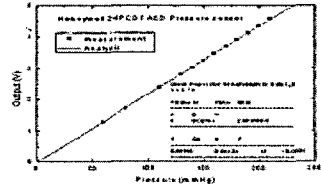
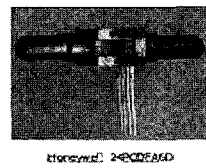
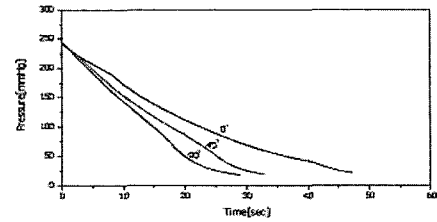


그림 2. 각도에 따른 압력감소그래프(위)
압력센서의 선형적인 특성(아래)

또한 제작한 압력신호추출회로는 Psys/Pdias 값을 추출하기 위하여 심장박동성분(Po)를 분리하는 회로가 포함되어 있다. 그림 3은 심장박동 분리 회로를 보이고 있다.

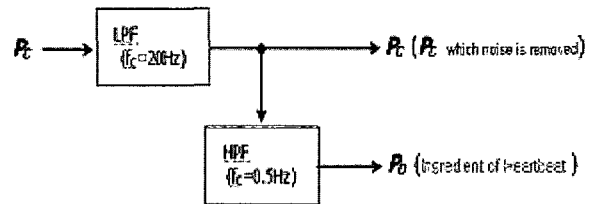


그림 3. 심장박동 분리 회로

2.2 감압 밸브(Auto-value)의 동작

리이크 밸브의 유체저항(R)이 PC에 비례해야 함으로 스프링을 이용하여 자동 조절되는 장치를 그림 4와 같이 고안하였다.

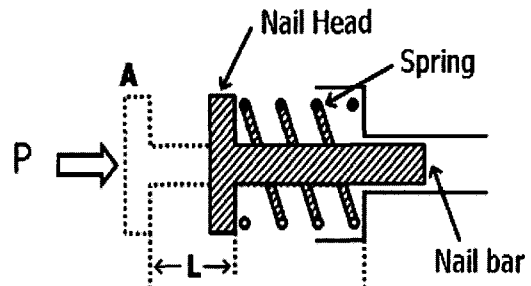


그림 4. 스프링의 동작구조

이 스프링의 동작은 관내 압력이 '0'일 때 완전히 이완되고 이때의 길이가 L0이다. 반대로 관내 압력이 'P'가 되면 Nail head에 힘 $F = A \cdot P$ 가 가해져 스프링이 L만큼 압축 ($A = \text{Nail head의 단면적}$) 되며, Spring constant = K라 하면 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A \cdot P = K \cdot L \quad (1)$$

$$\text{where } A = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad K = \frac{A \cdot P}{L} = \frac{\pi D^2}{4L} \cdot P$$

위의 식에서 Nail head의 직경(D)과 압축길이(L)이 주어지면 K와 P간의 관계식을 얻을 수 있으며, 최대 압력(Pmax)과 최대 압축길이(Lmax)를 설정하여 상수 K값을 구하면 식(2)와 같다.

$$K = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \left(\frac{P_{\max}}{L_{\max}}\right) \quad (2)$$

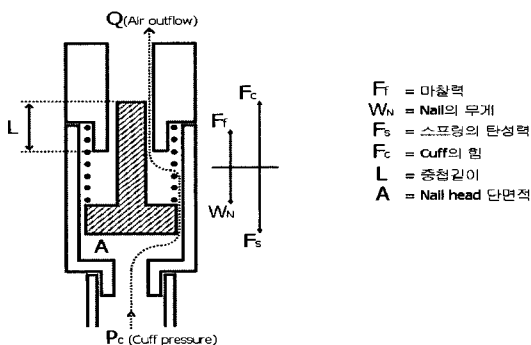
K값을 구하기 위하여 Unit들을 변환시키면 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} 1[\text{mmHg}] &= 1\text{mmHg} \times \frac{13.55\text{gm}}{\text{cm}^3\text{Hg}} \times \frac{1\text{Cm}^3}{(10\text{mm})^3} \times \frac{980\text{cm}}{\text{f타하단}} \\ &= \frac{13.55}{1000} \left[\frac{\text{gm} \cdot \text{f}}{\text{mm}^2} \right] \\ \Rightarrow 1000\text{mmHg} &= 13.55 \frac{\text{gm} \cdot \text{f}}{\text{mm}^2} \\ \therefore P_{\text{gm} \cdot \text{f}/\text{mm}^2} &= \frac{13.55}{1000} P_{\text{mmHg}} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [K] &= \frac{\pi [D]^2}{4} \cdot \left[\frac{P_{\max}}{L_{\max}} \right] \\ &= \frac{\pi [\text{mm}^2]}{4} \cdot \left[\frac{[\text{mmHg}]}{[\text{mm}]} \right] \cdot \frac{13.55 [\text{gm} \cdot \text{f}/\text{mm}^2]}{1000 [\text{mmHg}]} \\ &= \frac{13.55\pi}{4000} \cdot \left[\frac{\text{gm} \cdot \text{f}}{\text{mm}} \right] \\ K \left[\frac{\text{gm} \cdot \text{f}}{\text{mm}} \right] &= \frac{13.55\pi}{4000} \cdot \frac{D^2 \cdot P_{\max}}{L_{\max}} \quad (4) \end{aligned}$$

where $[D, L_{\max}] = \text{mm}$
 $[P_{\max}] = \text{mmHg}$

위와 같은 조건에서 스프링 및 내부 구조물들이 움직일 때 발생하는 마찰력이 장애가 되므로 이를 중력으로 상쇄하는 방법을 그림 5와 같이 설계하고 제작하였다.



(a) 감압밸브의 동작



그림 5. (b) 감압밸브의 외관

2.3 블루투스(Blue Tooth)기술

블루투스는 1994년 PC·통신 전문업체인Ericsson사에서 정보 단말기와 주변기기와의 복잡한 통신선을 없애자는 목적으로 연구가 시작되어 현재 Intel, IBM, Nokia, Toshiba 등이 중심이 된 SIG(special interest group)와 1800개의 블루투스 SIG에서 별도의 라이선스 없이 사용할 수 있는 ISM(industry science medical) 주파수 대역(2.4GHz)을 79채널로 이용한 공개 사양이며 작고 저렴한 가격, 적은 전력 소모의 실현으로 핸드폰 PDA, 노트북 등과 같은 포터블(portable)한 장치들 간의 양방향 근거리 통신(10~100m)을 복잡한 전선 없이 무선으로 연결하기 위한 하나의 무선 인터페이스 규격 사항이다[7][8].

또한 데이터 전송속도가 1[Mbps](실제 속도는 721[Kbps])로 10m내의 거리에서 각종 단말기들을 무선으로 접속해 사용할 수 있다. 단 출력을 확장해주는 안테나나 앰프를 사용하면 최대100m거리까지도 데이터를 전송할 수 있다. 또한, 2.4Ghz대역에서 대역폭을 1Mhz로 나눔으로써 79개의 채널로 설정할 수 있으며, 주파수 도약방식(FHSS, Frequency Hop Spread Spectrum)의 스펙트럼 확산 기술을 이용(1초에 1600번 도약)해 동대역이 많은 복잡한 지역에서도 성능을 고르게 유지할 수 있다. 소비전력은 대기 상태에서 0.3mA와 데이터 교환시 최대 30mA로 다른 무선 장비들보다 매우 작은 편이다[9][11].

그밖에 블루투스는 하나의 피코넷 내에 최소2개 최대 8개까지 장비들을 하나의 네트워크로 묶을수 있으며 벽 등과 같은 장애물이 있는 경우도 RF통신방법을 사용함으로써 통신이 가능하다. 또한, 음성전송 및 인터넷등 동기/비동기 어플리케이션을 모두 지원하며 양방향 통신을 하기 때문에 세계 어느 곳에서나 같은 표준을 이용할 수 있는 등 많은 장점이 있으며, 표 1은 무선통신들의 특징을 비교하였다.

표 1. 무선 통신 특징 비교

	Bluetooth	IEEE802.11	Home RF	IrDA
전송속도	1Mbps	2Mbps	0.8Mbps, 1.6Mbps	6Mbps
Frequency	2.4Ghz	2.4Ghz	2.4Ghz	Infrared rays
소비 전력	Transmission 30mA Reception 0.3mA	Maximum 1W	Secret	수 mA

3. PDA를 이용한 생체신호 획득시스템

3.1 시스템의 구조

그림 6은 제안하는 전체 혈압측정 시스템 구성도로, 본 장치를 크게 나누면 혈압을 측정하고 Bluetooth로 생체신호를 보내주는 송신 부분과 이 생체신호를 받아서 데이터를 표현하고 저장하는 PDA와 PC부분으로 나눌 수 있다. 그림 6에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구성도를 보이고 있다.

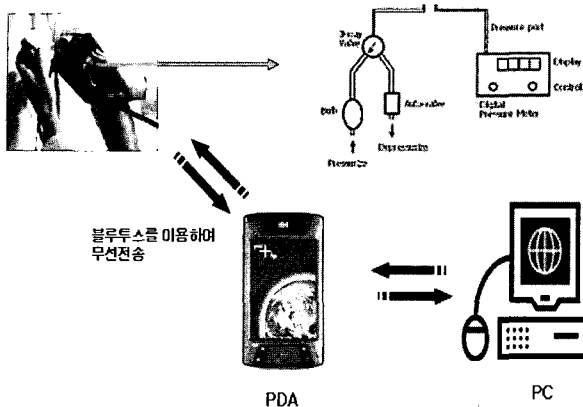


그림 6. 전체 시스템 구성도

3.2 송·수신 시스템

그림 7은 송신 시스템의 블록도로서, 송신시스템은 환자에서 측정된 생체신호(혈압)값을 입력 받는 부분과 이 데이터를 무선통신 규격인 블루투스로 전송하는 부분, 송신시스템 전체를 제어하는 마이크로 컨트롤러 부분으로 나뉜다. 방법으로는 오토밸브(3~5mmHg/sec)를 사용하여 일정시간동안 취득된 생체신호를 Microcontroller의 ADC-Converter를 이용하여 디지털 데이터로 변환 한다.이 변환 된 디지털 데이터는 시리얼 통신방법인 UART를 이용하여 블루투스 장치로 넘겨줌으로써 무선전송을 하게 된다.

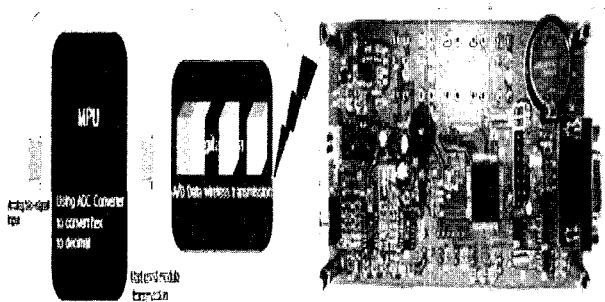


그림 7. 송신시스템의 구성

수신시스템은 송신측에서 보내준 생체신호를 받아서 그래픽 기반언어인 LabVIEW와 Visual Basic, Visual C++을 이용하여 PDA 와 PC 화면상에 디스플레이 함과 동시에 데이터를 저장함으로써 보다 쉽게 자신의 생체정보를 비교할 수 있으며 생체정보를 네트워크를 통하여 주치의에게 정보를 보내 검진 및 점점 받을 수 있다.



그림 8. 수신 시스템의 구성

4. 실험 및 결과

프로그램 언어는 컴퓨터 기반 프로그램과 휴대가 가능한 휴대용 개인정보 단말기 기반의 프로그램으로 구성하였다. 그림 7은 송신시스템의 구성도를 보이고 있으며, 컴퓨터기반의 프로그램은 Visual Basic과 Visual C++언어를 사용하여 휴대용 개인정보 단말기(PDA)기반의 프로그램은 LabVIEW7.0 Express를 사용하여 프로그램 하였다. 수신측에서는 수신한 측정자의 생체신호(혈압)를 화면상에 실시간 그래프로 표현하고 일정시간 경과후 전체혈압 데이터 중 최고 혈압과 최저 혈압 그리고 평균을 텍스트 파일로 표현함과 동시에 저장하여 차후에 자신의 생체정보를 쉽게 비교분석할 수 있도록 하였으며, 그림 9는 구동 프로그램 순서도를 보였다.

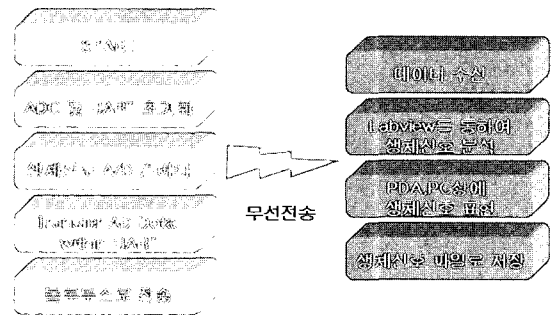


그림 9. 구동 프로그램 순서도

4.1 혈압계의 출력신호

그림10 에서 박동신호의 크기가 최대가 되는 시점의 cuff 내 압력신호의 값을 읽으면 평균 동맥혈압이 얻어진다. 박동현상이 충분히 관찰되는 시점과 사라지는 시점의 cuff 압력 값들을 읽으면 각각 수축기 및 확장기 혈압을 얻을 수 있다. 위와같은 cuff내 압력변화 신호와 박동신호 모두를 연속 무선 전송하였다.

개발환경의 운영체제로는 Window XP를 사용하였으며 프로그램 언어는 Visual Basic과 C언어를 사용하였다.

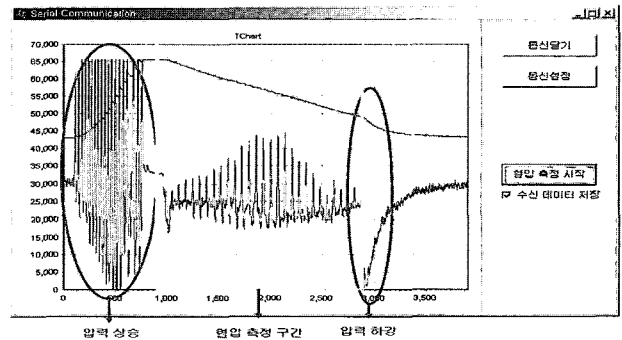


그림 10. Cuff내 압력변화신호(상)와 박동신호(하)의 예

4.2 휴대용 개인 정보 단말기 프로그램

혈압을 이동 중에서도 편리하게 측정, 수신할 수 있도록 PDA에서 프로그램 하였다. 휴대용 개인정보 단말기(PDA)는 Pocket PC용 Microsoft Windows Mobile 2003 Second Edition와 블루투스v1.2가 내장된 HP사의 iPAQ hx 4700을 사용하였으며 PDA프로그램은 National Instruments사의

LabVIEW 7.0 Express을 사용하였고 PDA 다운로더는 PDA MODULE를 사용 하였다[13]. 그림 11은 휴대용 개인 정보 단말기 프로그램 이다. 가상 COM포트를 통하여 혈압 신호가 입력되며 이 생체신호는 실시간으로 화면상에 표현되고 일정시간 경과 후 전체 데이터는 우측 박스에 텍스트로 표현 된다.

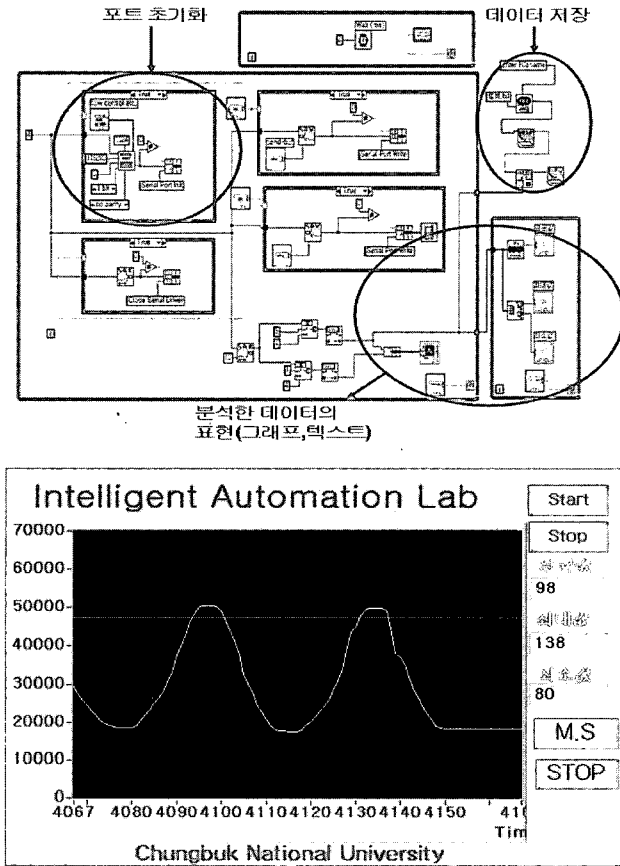


그림 11. LabVIEW의 블록다이어그램(위) 휴대용 개인 정보 단말기 실행화면(아래)

5. 결론 및 향후 과제

이 논문에서는 바쁜 현대인들이나 몸이 불편한 환자들 생체신호를 취득함에 있어 환자가 직접 병원이나 의료장비가 있는 장소로 가야하는 불편함을 해소시키기 위하여 무선통신 기술 중의 하나인 블루투스가 내장된 혈압계와 PDA를 사용함으로써 생체신호를 보다 쉽게 취득하고 보다 쉽게 표현하고 저장함으로써 개인의 생체정보를 체크할 수 있도록 만들었다.

향후 과제으로써는 개인의 생체정보가 측정장치로부터 측정이 완료되면, PDA상에 표현됨과 동시에 안전하게NETWORK상에 생체정보를 특정ID와 함께 보냄으로써 실시간으로 의료기간의 의사에게 개인의 생체정보를 전달함으로써 개인의 건강상태를 수시로 점검 및 검진 받을 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] Engene BraunWald. Heart Disease; a Textbook of Cardiovascular Medicine, W.B.Saunders company fifth edition
- [2] 이원로,임상 심장학,고려의학, 1998
- [3] 유수정, "고혈압 노인에서 복식호흡 이완훈련과 자가 간호 교육이 혈압에 미치는 효과" 학위논문 서울대 학교 대학원 : 간호학과 간호학전공
- [4] SIG,1999,Specification of the Bluetooth System Version 1.0B PartB : Baseband specificaton pp. 41-178
- [5] Jennifer Bray and Charles F Sturman, "Bluetooth connect without cables", Prentice-Hall, pp. 41-65, 2001
- [6] J.F.L Goosen, D. Tanase and P,J,French. 1st Annual Int. IEEE-EMBS Special Topic Conf. on Microtechnologies in Medicine & Biology October 12-14, 2000, Lyon, France
- [7] Bluetooth special version 1.1 Bluetooth SIG,2001.2
- [8] Bluetooth BNEP specification 0.95A
- [9] 김기태, "블루투스를 이용한 3채널 심전도의 무선전송 (Three Channel Wireless Electrocardiography System with Bluetooth Communication)"광운대학교 정보통신 대학원 전자통신 공학과 석사학위 논문, 2003
- [10] J. C. Haartsen, 2000, "The Bluetooth Radio System", IEEE Personal Communication, pp.28-36
- [11] Discovering Bluetooth, 송형규, 신동일, 유동환 공역, 사이텍 미디어, 2002
- [12] 이문수, 강치운, 오종택, 이정재, 변건식, 2001, 한국어판 블루투스 Connect without Cable, 홍릉과학 출판사 , pp.45-101, pp.313-358.
- [13] 컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW Express, 광두영, ohm사, 2004

저자 소개



김형배 (Hyung Bae Kim)
 2004년 : 충주대학교 제어계측공학과(학사)
 2004년~현재 : 충북대학교 제어계측공학과 석사과정

관심분야 : 얼굴인식, 생체신호를 이용한 응용시스템 개발, 패턴인식



권만준(Man-Jun Kwon)

1989년 : 부산대 전자공학과 학사졸업.
1991년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사졸업.
2003년~현재 충북대 제어계측공학과 박사과정.

관심분야 : 퍼지이론, 생체인식, 얼굴인식, 임베디드 프로그래밍



전명근(Myung Geun Chun)

1987년 : 부산대학교 전자공학과(학사)
1989년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
1993년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
1993년~1996년 : 삼성전자 자동화연구소 선임연구원

2000년~2001년 : University of Alberta 방문교수
1996년~현재 : 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : Biometrics, 감정인식, 지능시스템



차은중(Eun Jong, Cha)

1980년 : 서울대학교 전자공학과 학사
1987년 : 미국 남가주대학 의공학 박사, Research Associate
1988~현재 충북대학교 의과대학 의공학교실 교수
2001~현재 : 씨케이인터내셔널 대표 겸직

관심분야 : 생체계측, 물리센서, 심폐 의료기기