

홈헬스케어를 위한 휴대형 원격 건강모니터링 시스템 구현

윤정윤^{*} · 정 환^{**} · 황준흠^{**} · 정도운^{**}

^{*}동서대학교 디자인&IT전문대학원, ^{**}동서대학교 컴퓨터정보공학부

Implementation of the Portable Remote Vital Signal Monitoring System for Home Healthcare

Jeong-Yun Youn^{*} · Hwan Jung^{**} · Jun Heum Hwang^{**} · Do-Un Jeong^{**}

^{*}Graduate School of Design&IT, Dongseo University

^{**}Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University

E-mail : dujeong@dongseo.ac.kr

요 약

본 연구에서는 가정 내에서 보다 편리하게 건강모니터링을 수행하기위한 홈헬스케어용 휴대형 건강모니터링 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위해 전문 의료인의 도움을 받지 않고도 일반인들이 쉽게 측정할 수 있으며, 많은 건강정보를 포함하고 있는 생체신호인 심전도, 맥파 그리고 체온을 동시에 모니터링 할 수 있는 다중생체 계측 시스템을 구현하였다. 구현된 생체계측 시스템은 신호검출을 위한 센서부, 각각의 생체신호를 증폭 및 필터링하기 위한 아날로그 신호처리부, 아날로그신호를 디지털로 변환하여 처리하고, 시스템 주변장치를 제어하기위한 시스템제어부로 구성되었다. 또한 근거리 무선통신을 통해 시스템 자체에서의 생체신호 모니터링뿐만 PC 등의 홈서버 상에서 무선모니터링이 가능하며, 웹을 통해 원격지에서도 생체신호의 모니터링이 가능한 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템의 성능평가 결과 홈헬스케어를 위한 원격 건강모니터링의 가능성을 확인하였다.

키워드

Keyword : Remote health monitoring, ECG, Pulse, Temperature, 블루투스.

1. 서 론

현대 사회는 IT기술을 기반으로 한 의료서비스분야가 급속도로 발전하고 있으며, 시간과 공간의 제약이 없는 인터넷 공간에서 정보를 공유하거나 인터넷 병원을 이용하여 원격의료의 혜택을 누리는 것이 현실화 되어 가고 있다[1]. 의료관련 기술이 비약적으로 발전함에 따라 현대인들의 건강관리와 질병의 사전 예방에 대한 관심이 늘어나고 있다. 이러한 변화는 진료중심의 의료에서 예방중심의 의료로, 질병관리 중심에서 건강관리 중심으로 변화하고 있다. 과거에는 질환을 조기에 진단하여 치료하기위한 기술이 주류를 이루었으나 최근에는 자신의 건강상태를 수시로 모니터링 하여 항상 건강한 상태를 유지할 수 있도록 지원을 하는 의료기술에 관심이 집중되고 있다[2]. 병원 중심의 생체신호 측정에서 진일보하여 일반 가정 내에서 일상생활 중에서 지속적인 건강상태를 모니터링 하고, 계측된 생체신호를 웹이나 TCP/IP를 통해 원격지에서 실시간으로 모니터링하는 연구들이 수행되고 있다[3]-[5].

본 연구에서는 가정 내에서 보다 편리하게 건

강관리를 수행하기 위해 비교적 간편하게 측정할 수 있고 많은 건강정보를 포함하고 있는 생체신호인 심전도, 맥파 및 체온을 측정하여 TCP/IP를 통해 원격지의 의료기관이나 전문가가 실시간으로 모니터링 할 수 있는 원격 모니터링 시스템을 구현하고자 하였다.

이를 위하여 생체신호검출을 위한 센서부, 각각의 생체신호를 증폭 및 필터링하기 위한 아날로그 신호처리부, 아날로그신호를 디지털로 변환하고 생체계측 시스템의 주변장치를 제어하기위한 시스템 제어부를 구현하였다. 시스템 제어부에서는 휴대형 시스템에 부착된 TFT LCD를 통해 계측된 신호의 실시간 모니터링이 가능할 뿐만 아니라 계측된 생체신호를 블루투스 모듈을 이용하여 가정 내에서 무선통신을 통해 PC로 전송이 가능하다. 계측 시스템으로 부터 전송된 생체신호를 PC상에서 분석, 저장 및 디스플레이 하기 위해 .NET Framework 2.0을 이용하여 원품 형태의 홈서버용 모니터링 프로그램을 구현하였고, 원격지 PC에서의 모니터링을 위하여 .Net Framework 2.0에서 지원하는 스마트 클라이언트를 이용하여 원격지 모니터링 프로그램을 구현하였다.

II. 시스템 구현

1. 전체시스템

본 연구에서는 기존 병원중심의 건강관리에서 확장하여 가정 내에서 보다 편리하게 건강상태를 모니터링하기 위한 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템은 일반인들이 손쉽게 동작시킬 수 있도록 사용자 편의성을 고려한 소형의 휴대형 시스템으로 설계 및 구현하였으며, 시스템 자체적으로 실시간 생체신호의 모니터링이 가능하다. 또한 근거리 블루투스 무선통신을 통해 홈 서버 PC로 데이터의 전송이 가능하며, TCP/IP를 통해 원격지의 의료기관이나 전문가가 실시간으로 원격 생체신호 모니터링이 가능하다.

본 연구에서 구현한 원격 건강 모니터링 시스템은 다음과 같이 크게 세부분으로 구분될 수 있다. 먼저 심전도, 맥파 및 체온을 측정하기 위한 생체신호 센서부를 구현하였다. 심전도의 계측을 위하여 일회용 전극과 실드처리된 리드 시스템을 구현하였으며, 맥파의 계측을 위하여 말초동맥에서의 광전용적방식의 맥파 측정 프로브를 제작하였다. 또한 체온의 계측을 위하여 PT100센서를 이용하여 초소형의 온도센서를 제작하였다. 생체신호 계측센서로부터 검출된 신호를 증폭 및 필터링 처리하기 위하여 OP-Amp를 이용한 아날로그 신호처리회로를 설계하였다. 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고, 그 변환된 신호를 실시간 디스플레이 및 무선 전송하기 위한 시스템 제어부를 구현하였다. 시스템 제어부에서는 마이크로프로세서(Atmega 128, ATmel Co., USA)를 이용하여 실시간 디스플레이를 위한 TFT LCD제어 및 데이터 무선전송을 위한 블루투스 모듈을 제어하도록 프로그래밍 하였다. 그리고 2.4GHz 대의 무선주파수를 사용하는 근거리 무선통신인 블루투스를 통해 전송된 생체신호를 가정 내 PC 또는 홈 서버에서 분석, 저장 및 디스플레이 할 수 있도록 .NET Framework 2.0을 이용한 PC모니터링 프로그램을 구현하였다. 또한 TCP/IP를 통해 원격지 PC에서도 웹으로 건강모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 본 연구에 의해 구현된 홈헬스케어용 건강모니터링 시스템의 전체적인 구성을 그림 1에 나타내었다.

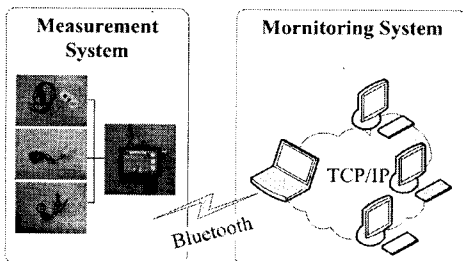


그림 1. 전체시스템 구성도.

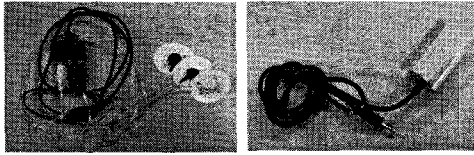
2. 생체신호 측정부

심전도는 많은 건강정보를 포함하고 있으며, 비침습적으로 측정 가능하여 의료 전문가가 아닌 일반인들도 손쉽게 측정이 가능하다. 심전도 신호를 측정하기 위하여 Ag-AgCl 전극을 사용하여 전극 사이의 전압차를 절대치로 기록하는 표준사지유도법 중 양극 유도를 사용하는 LEAD1법을 적용하였다. 유효한 심전도 신호의 검출을 위하여 1차 저역통과필터와 계측용 증폭기(INA118, BB Co., USA)로 구성된 전치증폭부를 구성하였다. 전치증폭부에 적용한 계측용 증폭기는 낮은 오프셋전압과 110dB이상의 동상신호제거비, 높은 입력임피던스, 저전력 및 저전압 단전원 동작이 가능하고 입력단에 $\pm 40V$ 고전압 보호회로를 내장하고 있어 생체신호 계측용으로 유용하게 활용할 수 있다. 또한 전극으로부터 유도된 양극과 음극의 중간전압을 검출하여 피드백하는 반전 동상신호 구동회로를 적용하여 전극으로 유입되는 동상신호를 최소화 하였다. 그리고 차단주파수가 0.05Hz인 고역통과필터를 설계하여 심전도 신호에 포함된 기저선 및 저주파 성부의 잡음을 제거하도록 하였고, 상용전원에 의한 전원잡음의 제거를 위하여 구조가 간단하지만 주파수 차단대역 저지 성능이 우수하고 Q값의 조정이 가능한 60Hz 트윈티 노치필터(Twin-T notch filter)를 설계하였다. 그리고 신호 증폭회로와 35Hz의 차단주파수를 갖는 2차 버트워즈 저역통과필터를 설계하여 최종 아날로그 심전도를 검출하였다.

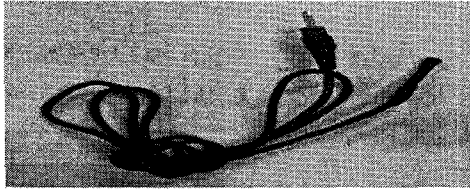
맥파의 검출을 위해 본 연구에서 적용한 방법은 사용자에게 불쾌감과 통증을 유발하지 않고, 비침습적으로 맥파신호를 계측하고자 하였으며, 이를 위하여 적외선 LED와 포토 다이오드로 구성된 반사형 광전용적맥파 센서를 제작하였다.

말초혈관에서의 혈류량 변화는 포토다이오드의 전류변화로 검출가능하며, 이를 위하여 전류-전압변환회로를 구현하였으며, 60 Hz 전원잡음을 제거하기 위해 2차의 트윈티 60 Hz 노치필터를 설계하였다. 0.5 ~ 10 Hz의 맥파 주파수 대역을 검출하기 위하여 0.5Hz의 차단주파수를 갖는 고역통과필터를 설계하였으며, 10Hz의 차단주파수를 갖는 버트워즈 2차 저역통과필터를 설계하였다. 그리고 10 ~ 20배의 증폭이 가능한 가변 증폭회로를 구성하였다.

또한 체온의 측정을 위하여 PT100 온도센서를 실리콘으로 패키징한 체온측정센서를 구현하였으며, PT100 온도센서의 저항변화를 정밀하게 계측하기 위하여 브리지 회로와 차동증폭기로 구성된 체온측정회로를 구성하였으며, 30 ~ 40°C 사이의 측정범위를 구성하여 보다 정밀한 체온의 측정이 가능하도록 하였다. 본 연구에 의해 구현한 심전도, 맥파, 체온 센서를 그림 2에 각각 나타내었으며, 각각의 생체신호를 처리하기 위한 아날로그 생체신호 계측부의 구성도를 그림 3에 각각 나타내었다.



(a) ECG 센서 (b) PPG 센서



(c) 체온측정 센서

그림 2. 생체신호 측정용 센서.

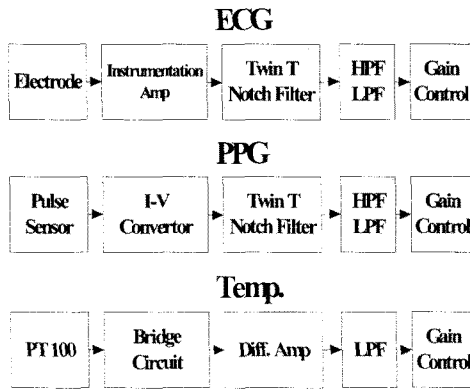


그림 3. 생체신호 계측부의 구성도.

3. 시스템 제어부

생체신호 계측부로부터 검출된 심전도, 맥파, 체온신호를 디지털 신호로 변환하여 디스플레이 및 저장 분석하기 위하여 마이크로프로세서(ATmega128, Atmel Co., USA)를 이용한 시스템 제어부를 구현하였고, 그 구성도를 그림 4에 나타내었다.

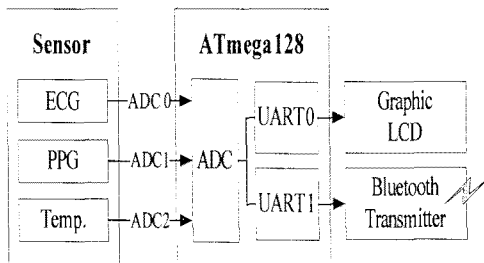


그림 4. 시스템 제어부 구성.

시스템 제어부에서는 각각의 생체신호를 초당 128회 샘플링하여 10-bit의 디지털 신호로 변환하고자 하였으며, 이를 위하여 마이크로프로세서의 타이머/카운터 오버플로우 인터럽트를 이용하여 정확한 샘플링 간격을 유지하도록 프로그래밍 하였다. 또한 디지털화 된 심전도, 맥파 신호를 간편하게 확인할 수 있도록 TFT 그래픽 LCD에 디스플레이 하는 모니터링 시스템을 구현하였으며, 터치스크린에 의해 모니터링 프로그램의 제어 및 시스템 설정이 가능하도록 설계하였다. 그리고 계측된 신호를 홈 서버에 전송하기 위해 블루투스 모듈(AirCode, Comfile Co, KOREA)을 이용한 무선 전송부를 구현하였다. 무선 전송부에 적용한 블루투스 모듈은 양방향 실시간 데이터 통신이 가능하며, 2.4GHz 대역의 고주파를 사용함으로써 전파의 간섭과 데이터 손실율이 적고, 직렬통신 프로토콜을 지원하므로 시스템과 인터페이스가 용이한 특징을 가지고 있다. 본 연구에서 구현한 시스템 제어부의 실제 사진을 그림 5에 나타내었으며, 구현한 시스템을 이용하여 생체신호를 모니터링하는 모습을 그림 6에 나타내었다.

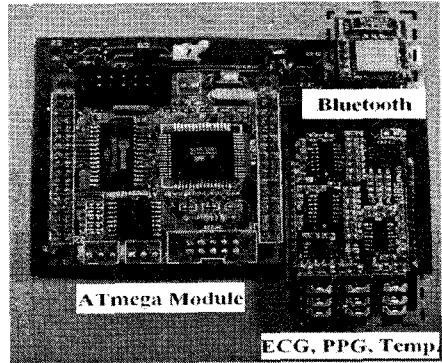


그림 5. 신호계측시스템

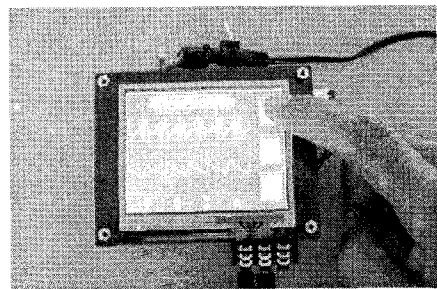


그림 6. LCD 모니터링 스크린샷.

4. 실시간 모니터링 프로그램

생체신호 계측시스템으로부터 실시간 무선 전송된 데이터를 PC에서 데이터저장, 신호분석 및

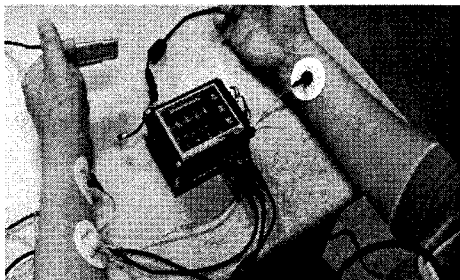
모니터링 하기 위해 .NET FrameWork 2.0을 이용하여 모니터링 프로그램을 구현하였다. 모니터링 프로그램에서는 디지털화 된 생체신호에 포함된 잡음의 제거를 위하여 35Hz 4차 IIR 디지털 저역통과필터, 0.05Hz 고역통과필터, 노치필터 등을 선택적으로 적용할 수 있도록 프로그램을 구성하였다. 그리고 계측된 데이터의 실시간 디스플레이를 위해 원뿔 그래프 컴포넌트를 통해 다양한 형태의 그래프 표시가 가능하도록 디스플레이부를 구성하여 파형의 확대와 축소뿐만 아니라 계측된 생체신호로부터 다양한 건강정보를 시각적으로 확인할 수 있도록 구성하였다.

또한, 원격지에서 TCP/IP를 통한 실시간 심전도 및 맥파 모니터링을 위하여 TCP/IP 소켓 프로그래밍을 통해 원격지로 데이터 전송이 가능하도록 하였다. 원격지 모니터링 프로그램은 .Net Framework 2.0에서 지원하는 스마트 클라이언트를 이용함으로써 원뿔 형태의 프로그램을 인터넷상에서 구동 가능하며, 기존 ActiveX보다 비용 및 보안성 측면에서 장점을 갖도록 원격 모니터링 프로그램을 개발하였다.

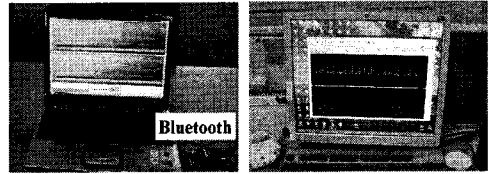
III. 실험 및 결과

본 연구에서는 가정에서 보다 편리하게 건강 상태를 모니터링 하기위해 비교적 편리하게 측정 가능하면서도 많은 건강정보를 포함하고 있는 심전도, 맥파 및 체온 계측시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 계측시스템에 부착된 TFT 그래픽 LCD를 통해 계측과 동시에 신호의 모니터링이 가능하며, 블루투스 무선통신을 통해 PC로 데이터 전송이 가능하다. 또한 PC로 전송된 데이터는 TCP/IP를 통하여 원격지의 PC를 이용하여 의료기관이나 전문가가 모니터링 할 수 있다.

본 연구에 의해 구현한 홈헬스케어용 휴대형 건강모니터링 시스템을 이용하여 생체신호를 모니터링하는 모습을 그림 7의 (a)에 나타내었으며, PC상에서 생체신호를 모니터링하는 장면을 그림 7의 (b)에 나타내었다. 그리고 원격지에서 TCP/IP를 통해 생체신호를 모니터링하고 있는 고 있는 장면을 그림 7의 (C)에 나타내었다.



(a) 계측시스템에 부착된 LCD 모니터링



(b) PC 모니터링 (c) 원격모니터링
그림 7. 건강모니터링 시스템 구현 결과.

생체신호 계측시스템으로부터 전송된 데이터를 PC에서 모니터링하기 위해 .Net Framework 2.0을 이용하여 원뿔 형태의 홈 서버용 모니터링 프로그램을 구현하였고, 원격지 PC에서의 모니터링을 위하여 .Net Framework 2.0에서 지원하는 스마트 클라이언트를 이용하여 원격지 모니터링 프로그램을 구현하였다. PC상에서 계측된 생체신호가 디스플레이 되고 있는 결과를 그림 8에 나타내었다.

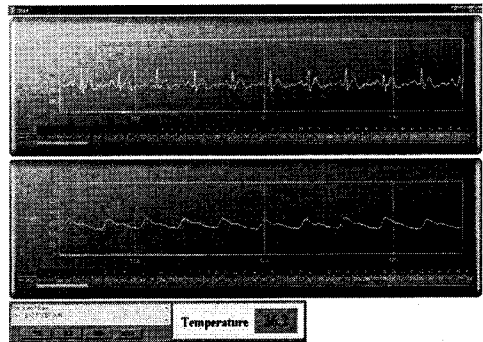


그림 8. PC상에서 생체신호 모니터링 결과.

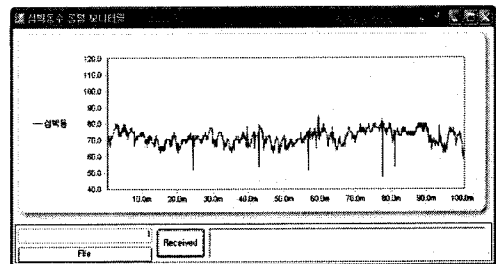


그림 9. 장시간 심박동수 모니터링.

그리고 일상생활 중 지속적인 건강모니터링의 가능성을 확인하기 위하여 구현된 시스템을 이용하여 건강한 대학생을 대상으로 TV시청을 하는 동안 약 100분간 생체신호를 계측하였다. 구현된 시스템을 이용하여 계측된 신호는 실시간으로 PC상에서 모니터링을 수행 하였으며, 이와 동시에 원격지에서 생체신호를 모니터링 하였다. 원격지에서 모니터링 된 생체신호 중 심전도로

부터 심박동수 변화를 추출한 일례를 그림 9에 나타내었으며, 이 실험을 통해 구현된 시스템을 이용한 원격 건강모니터링의 가능성을 확인하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 일반 가정에서도 심전도, 맥파 및 체온을 측정하여 건강 상태를 쉽게 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였고, 블루투스를 통해 실시간으로 측정된 데이터를 홈 서버로 전송하여 분석 및 저장을 통해 모니터링 할 수 있다. 또한, 측정된 데이터는 TCP/IP를 통하여 원격지의 의료기관이나 전문가가 건강상태를 모니터링 할 수 있도록 구현하였다. 구현한 시스템의 성능 평가를 통해 가정 내에서 측정된 생체신호를 원격지에서 모니터링 할 수 있음을 확인하였으며, 많은 움직임이 없는 가정 내에서의 일상생활 중 생체신호의 측정을 통한 건강모니터링의 가능성을 확인하였다.

향후 연구에서는 보다 편리한 홈헬스케어를 위해 저전력 생체신호 측정 및 최소자원으로 원격 건강모니터링을 수행하기 위한 연구와 측정된 생체신호로부터 건강정보를 추출하기 위한 연구를 지속적으로 추진하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] 이준영, "Web기반 맥진 데이터베이스 구축을 위한 디지털 시스템 설계", Doctoral thesis of Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei Univ., Korea, 2001.
- [2] 통계청, 장래인구 추계결과, 2004.
- [3] 산업자원부, e-Health 산업육성 로드맵, 2004.
- [4] M. H. Jin, R. G. Lee, C. Y. Kao, Y. R. Wu, D. F. Hsu, T. P. Dong, and K. T. Huang, "Sensor Network Design and Implementation for Health Telecare and Diagnosis Assistance Applications", *Proceedings of 11th Int. Conf. on Parallel Distributed Systems*, IEEE Computer Society, 2005, Vol.2. pp407-411
- [5] Einstein Lubrin, Elaine Lawrence, Karla Felix Navarro, "Wireless Remote Healthcare Monitoring with Motes", *Int. Conf. on Mobile Business 2005*, Vol.4. pp235-241