

# 홈 헬스케어용 심전도 및 맥파 측정시스템 구현

황준흠\* · 김세진\*\* · 정도운\*

\*동서대학교 컴퓨터정보공학부, \*\*동서대학교 디자인&IT전문대학원

## Implementation of the ECG and Plethysmograph Monitoring System for Home Healthcare

Jun-Heum Hwang\* · Se-Jin Kim\*\* · Do-Un Jeong\*

\*Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University

\*\*Graduate School of Design & IT, Dongseo University

E-mail : junhum@nate.com, dujeong@dongseo.ac.kr

### 요 약

본 연구에서는 기존 병원중심의 생체신호모니터링을 가정 내에서 보다 편리하게 수행하여 일상생활 중 지속적인 건강상태를 모니터링 하고 계측된 생체신호를 웹을 통해 병원이나 전문가가 실시간으로 모니터링 할 수 있는 생체신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템은 범용적인 건강모니터링에 활용할 수 있는 생체신호인 심전도, 맥파를 측정대상으로 하였다. 심전도와 맥파의 계측을 위하여 신호 측정부를 구성하였고, 신호측정부로부터 검출된 신호를 PC기반의 신호모니터링 프로그램으로 전송하기 위하여 마이크로프로세서를 이용한 신호변환 및 시스템 제어부를 구성하였다. 계측된 데이터는 시스템 자체에서 그래픽 LCD를 이용하여 디스플레이가 가능하도록 구성하였으며, 블루투스 통신을 통해 PC와의 무선통신이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 또한 PC기반의 실시간 모니터링 프로그램을 구현하여 데이터의 디스플레이 및 저장이 가능하도록 하였으며, 더 나아가 원격지에서의 신호모니터링이 가능하도록 시스템을 구현하였다.

### 키워드

ECG, Portable, plethysmograph, Home Healthcare

### 1. 서 론

첨단 의료기기의 개발 및 의료기술의 향상에 따라 질병의 조기진단 및 치료에 따른 질병의 완치율이 높아지고 있으며, 삶의 질 또한 급격하게 향상되고 있다. 2004년도 우리나라 65세 이상 인구는 약 410만 명으로 전체 인구의 약 8.7%를 차지하며, 이미 UN이 지정한 고령화사회를 지나 고령사회로 이행중이다[1].

인구의 고령화화 더불어 의료관련 기술의 발전에 의해 의료패러다임의 변화가 가속화되고 있다. 정보통신의 비약적인 발전과 더불어 보건 의료에 대한 사회적 인식 변화는 의료서비스에 대한 개선 요구로 나타나고 있으며, 정보통신 기술의 결합을 통한 보건의료분야의 새로운 패러다임이 제시되고 있다. 이러한 패러다임은 진료 중심의 의료에서 예방중심의 의료로, 질병관리 중심에서 건강관리 중심으로 변화하고 있다. 과거에는 질환을 조기에 진단하여 치료하기 위한 기술이 주류였으나 최근에는 자신의 건

강상태를 수시로 모니터링 하여 항상 건강한 상태를 유지할 수 있도록 지원을 하는 의료기술에 관심이 집중되고 있다[2].

또한 환자가 병원을 방문하여 의사로부터 치료를 받거나 의사가 환자를 방문하여 치료해주는 직접 대면 방식에서 초고속 네트워크, 로봇 등 첨단 IT 기술을 활용한 원격의료분야의 연구 개발이 활발함에 따라 환자와 의사가 직접 만나지 않아도 원격진료가 가능한 시대가 도래하고 있다. 의료장비와 환자 진단에 있어서 가장 중요한 생체신호로 인식되고 있는 심전도는 심장활동에 관련된 여러 정보를 내포하고 있어 심장 질환이나 진단에 결정적 혹은 중요한 보조적 역할을 할 수 있다. 또한 예고 없이 발생하거나 악화되는 심장 질환은 환자의 생명에 치명적인 위협이 되고 있으며 이를 예방하기 위해 심장질환 보유 환자는 지속적인 건강상태의 모니터링이 필요하다[2-3].

본 연구에서는 기존 병원중심의 생체신호모니터링을 가정 내에서 보다 편리하게 수행하여 일

상생활중 지속적인 건강상태를 모니터링 하고 계속된 생체신호를 웹을 통해 병원이나 전문가가 실시간으로 모니터링 할 수 있는 생체신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 또한 PC기반의 실시간 모니터링 프로그램을 구현하여 데이터의 디스플레이 및 저장이 가능하도록 하였으며, 더 나아가 원격지에서 신호모니터링이 가능하도록 시스템을 구현하였다.

## II. 본 론

### 1. 심전도 및 맥파의 개요

심전도 신호는 심장 내에 존재하는 특수흥분 전도시스템에 의해 심장을 구성하는 심근이 규칙적으로 수축과 이완 작용을 수행함에 따라 발생하는 생체 전위이며, 이러한 전기·생리학적인 기전에 의해 발생한 전기적인 신호를 체외의 전극을 이용하여 측정된 파형을 심전도라 한다. 심전도신호는 정상적인 경우 거의 일정한 주기를 가지며 규칙적인 리듬으로 발생한다. 따라서 심전도신호의 각 파형들을 분석하여 심장의 이상 유·무와 병변 부위를 추측할 수 있으며, 심장의 병리·생리학적인 메커니즘 추정과 여러 가지 심질환의 진단에 많이 활용되고 있다. 본 연구에서 적용한 심전도 유도방법은 두 전극 사이의 전압의 차를 절대치로 기록하는 양극 유도방법인 표준사지유도법 중 LEAD1법을 적용하여 심전도 신호를 계속하였다.

맥파(pulse wave)는 맥동성 압력 파형으로 심장에서 박출되는 혈액이 혈관을 따라 전파되는 파형의 변화를 나타내며, 혈관의 기계적 특성에 따라 파형의 모양이 달라진다. 그리고 맥파가 전파되는 속도는 혈압의 상승 또는 혈관의 수축 상태에 영향을 받으며 동맥혈관의 긴장도(vascular tone)에 비례하는 특성을 가지고 있다. 인체로부터 맥파를 검출하는 방법은 크게 침습적(invasive)인 방법과 비침습적인 방법으로 구분할 수 있다. 이들 중 침습적인 방법은 스트레인 지 게이지를 이용한 압력변환기(pressure transducer)를 직접 피검자의 혈관에 삽입하여 맥파를 검출하는 방법이나 침습성으로 인해 불편화되어 있지 않다. 이와는 달리 비침습적인 방법은 피검자에게 통증을 유발하지 않고 측정할 수 있는 방법이며, 크게 광학적 기법과 기계적 기법으로 구분된다. 먼저 광학적 기법은 광조사(optic device)를 이용하며, 광원의 생체 조직 및 혈액의 투과 특성에 영향을 받는다. 즉 발광원에서 광을 인체에 주사한 후 인체를 투과하는 광을 검출하는 기법을 사용한다. 발광원으로는 발광다이오드(LED, Light Emitted Diode)를 주로 사용하며, 광 검출 소자로는 포토다이오드(PD, Photo Diode), 포토트랜지스터(PT, Photo Transistor)를 사용한다. 본 연구에서는 적외선 LED와 포토다이오드를 이용하여 비침습적인 광

적용적맥파 측정법을 적용하였다.

### 2. 시스템의 구성

본 연구에서는 가정에서 보다 편리하게 심전도와 맥파를 계속하고 웹을 통해 원격지에서도 생체신호를 모니터링 할 수 있도록 시스템을 구현하였으며, 구현된 시스템의 전체적인 구성도를 그림 1에 나타내었다.

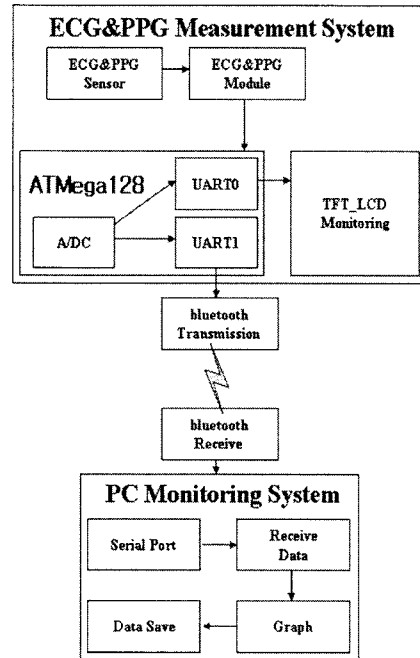


그림 1. 전체 시스템의 구성도.

심전도와 맥파를 측정하기위한 각 센서 및 신호처리회로를 구성하였으며, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고, 변환된 신호를 계속 시스템에 부착된 그래픽 LCD에 디스플레이 및 무선 통신을 통해 PC로 전송하기 위하여 마이크로프로세서(ATmega128, ATmel Co., USA)로 구성된 제어부를 구성하였다. 그리고 전송된 생체신호를 PC상에서 디스플레이 및 저장하기 위한 모니터링 프로그램을 구현하였으며, 또한 웹을 이용하여 원격지에서 생체신호 모니터링이 가능하도록 하였다.

### 3. 계속시스템의 구현

피부표면에서 측정되는 심전도 신호는 대략 1mV 정도의 미약한 신호이다. 그리고 이 신호는 심전도 신호뿐만 아니라 측정부위의 근육 등의 생체 흥분조직에서 발생하는 신호, 주변 환경의 부유용량을 통한 신호접속, 각종 전자장비에서 발생하는 원하지 않는 신호 등 많은 노이즈 성분을 포함하고 있다. 따라서 미약한 신호를 증폭 하면서 원하는 심전도 신호만을 추출하기 위한

심전도 신호처리회로를 설계하였다. 심전도 신호 처리용 전치증폭부에서는 114dB의 동상제거비(CMRR)를 지니는 계측용 증폭기(INA326, Texas Instruments Co., USA)를 사용하였다. 계측용 증폭기의 입력임피던스는 약  $10^{10} \Omega$  이며, 단일전원에 의해 동작이 가능한 저전력 증폭기이다. 필터부로는 60 Hz 전원잡음을 제거하기 위해 2차의 트윈티(twin-T) 60 Hz 노치필터를 설계하였고, 필터의 Q값의 가변이 가능하도록 설계하였다. 또한 동잡음의 제거와 기저선 변동을 최소화하기 위하여 가변이 가능한 고역통과필터를 설계하였으며, 35 Hz의 차단주파수를 갖는 버트워즈 2차 저역통과필터를 설계하였다. 그리고 심전도 신호의 증폭을 위해 약 1000의 이득을 갖는 단증폭 회로를 설계하였다.

그리고 맥파의 측정을 위하여 적외선 LED와 포토다이오드로 구성된 반사형 광전용적맥파 센서를 구현하였다. 말초혈관에서의 혈류량 변화는 포토다이오드의 전류변화로 검출가능하며, 이를 위하여 전류-전압변환회로를 구현하였다. 60 Hz 전원잡음을 제거하기 위해 2차의 트윈티(twin-T) 60 Hz 노치필터를 설계하였다. 0.5 ~ 10Hz의 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. 본 연구에 의해 구현된 심전도 및 맥파 측정용 센서와 신호계측을 위해 구현된 시스템의 사진을 그림 2와 3에 각각 나타내었다.

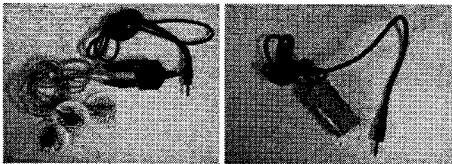


그림 2. 심전도 및 맥파 검출을 위한 센서.

심전도, 맥파, 체온신호를 디지털 신호로 변환하여 디스플레이 및 저장 분석하기 위하여 마이크로프로세서(ATmega128, Atmel Co., USA)를 이용한 시스템 제어부를 구성하였다.

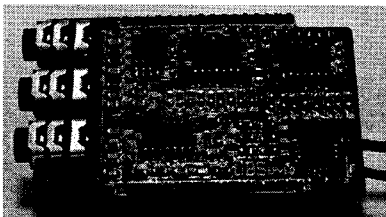


그림 3. 구현된 심전도 및 맥파 계측 시스템.

시스템 제어부에서는 각각의 생체신호를 초당 128번 샘플링하여 10-bit의 분해능으로 디지털 신호로 변환하고자 하였으며, 이를 위하여 Atmega128 프로세서의 타이머/카운터 오버플로우 인터럽트를 이용하여 정확한 샘플링 간격을 유지하도록 프로그래밍 하였다. 또한 디지털화된 신호를 디스플레이 하기 위하여 그래픽 LCD를 사용하여 심전도, 맥파, 체온을 디스플레이 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 그리고 계측된 데이터를 PC 또는 서버와의 인터페이스를 위하여 소형의 블루투스 모듈(AirCode, Comfile Co, KOREA)을 이용한 무선 데이터 전송부를 구현하였다. 적용한 블루투스 모듈은 양방향 실시간 데이터 통신이 가능하며, 2.4 GHz 대역의 고주파를 사용함으로써 전파의 간섭이 적고, 직렬통신 프로토콜을 지원하므로 시스템과 인터페이스가 용이한 특징이 있다.

심전도와 맥파 처리 회로로부터 계측된 데이터를 PC상에서 수신하여 디스플레이, 데이터 저장, 신호분석 등의 처리를 위하여 Visual-Studio2005를 이용한 모니터링 프로그램을 구현하였다. 모니터링 프로그램에서는 시스템제어부로부터 전송된 심전도와 맥파 신호를 수신하여 데이터 무결성 검사 및 패킷정보를 추출하여 실시간 디스플레이 되도록 한다. 데이터 디스플레이를 위하여 윈폼 그래프 컴포넌트를 이용하여 파형의 확대와 축소뿐만 아니라 다양한 형태의 파형정보를 시각적으로 확인할 수 있도록 구성하였으며, 윈폼 그래프 컴포넌트를 이용하여 윈격지에서의 웹모니터링이 가능하도록 구성하였다.

### III. 실험 및 결과

#### 1. 시스템 구현 결과

본 연구에서는 가정에서 보다 편리하게 건강 상태를 모니터링 하기위해 비교적 편리하게 측정 가능하면서도 많은 건강정보를 포함하고 있는 심전도와 맥파 계측시스템을 구현하였다. 구현된 계측시스템은 자체적으로 그래픽 LCD를 부착하여 계측과 동시에 신호의 모니터링이 가능하며, 블루투스 무선통신을 통해 PC로 데이터 전송이 가능하다. 본 연구에서 구현된 시스템의 성능평가를 위하여 상용 Ag-AgCl 전극과 LEAD I 방식의 심전도 유도법을 사용하였으며, 심전도와 동시에 맥파 계측을 수행하기위해 본 연구에서 구현된 실험셋을 그림 4에 나타내었다.

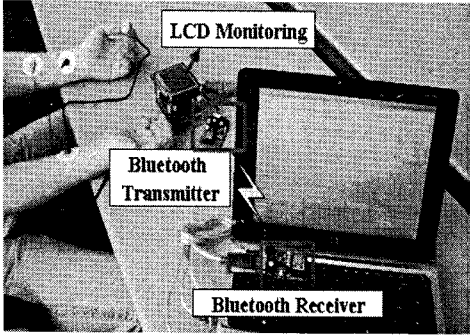


그림 4. 구현된 심전도 및 맥파 측정 시스템.

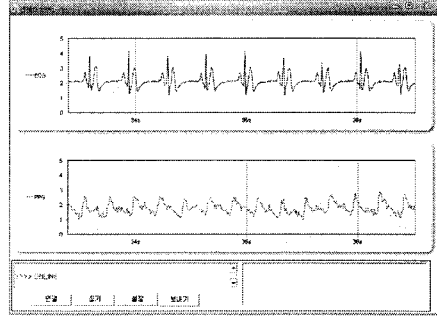


그림 6. PC에서의 모니터링 결과.

## 2. 생체신호 모니터링 결과

본 연구에서 구현한 생체신호 계측시스템은 가정에서 보다 편리하게 심전도와 맥파를 측정하여 실시간으로 건강상태를 모니터링 하도록 지원한다. 따라서 계측과 동시에 시스템에 부착된 그래픽 LCD를 이용하여 신호의 모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였으며, 실제 시스템 상에서의 모니터링 결과를 그림 5에 나타내었다. 그리고 PC 또는 원격지에서 웹을 통해 모니터링 하기 위한 프로그램을 구현하였으며, 실제 구현된 서버용 PC 모니터링 프로그램을 그림 6에 나타내었다. 실험결과에서 확인할 수 있듯이 본 연구에 의해 구현된 시스템을 통해 가정 내에서 보다 편리하게 심전도 및 맥파의 모니터링이 가능하며, 더 나아가 원격 건강모니터링의 가능성도 확인할 수 있었다.

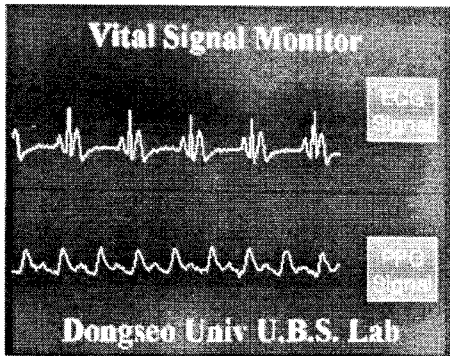


그림 5. 시스템에서의 모니터링 결과.

## IV. 결론

본 연구에서는 기존 병원중심의 생체신호모니터링에서 탈피하여 가정 내에서 보다 편리하게 건강상태를 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하고자하였다. 이를 위하여 소형의 휴대형 저전력 심전도 및 맥파 계측시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 자체 디스플레이에 의해 실시간 건강정보 모니터링뿐만 아니라 무선 데이터 전송에 의해 가정 내에서의 홈서버 또는 원격지에서 건강모니터링도 가능하다. 향후 연구에서는 보다 편리한 건강모니터링을 위하여 무구속 무자가 계측의 필요성을 느끼며, 일상생활 중 지속적인 건강모니터링을 위해서는 인체부착형 모니터링 시스템에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 유비쿼터스 환경하에서의 건강모니터링을 위해서는 진단용 생체신호처리기법과는 차별화되는 건강모니터링용 신호처리기법의 개발을 위해 심전도 및 맥파로부터 건강모니터링을 위한 다양한 파라미터의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

## 참고문헌

- [1] 고령화 사회의 복지기술. KISTI 한국과학기술정보 연구원 2005. 12.
- [2] 노윤철, "연구망을 활용한 원격의료분야 연구 동향", 국제협력연구실, 2005.
- [3] U. Anliker et al, "AMON: A wearable multi parameter medical monitoring and alert system", *IEEE Transaction on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 8, No. 5, pp.415-427, December 2004.