

CDMA망 기반 3 채널 심전도 모니터링 시스템의 평가

홍주현, 차은종, 이태수

충북대학교 의과대학 의공학교실

Evaluation of CDMA Network Based Wireless 3 Channel ECG Monitoring System

Joo-Hyun Hong, Eun-Jong Cha, Tae-Soo Lee

Department of Biomedical Engineering, School of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

(Received March 13, 2008. Accepted June 3, 2008)

Abstract

A wireless 3 channel ECG monitoring system was developed so that it could monitor the health and movement state during subject's daily life. The developed system consists of a wireless biomedical signal acquisition device, a personal healthcare server, and a remote medical server. Three experiments were performed to evaluate the accuracy, reliability and operability, applicability during daily life of the developed device. First, ECG signals were measured using the developed device and commercial reference device during sitting and marking time and compared to verify the accuracy of R-R intervals. Second, the reliable data transmission to remote server was verified on two types of simulated emergency event using patient simulator. Third, during five types of motion in daily life, the accuracy of data transmission to remote server using CDMA network was verified on two types of event occurring. By acquiring and comparing subject's biomedical signal and motion signal, the accuracy, reliability and operability, applicability during daily life of the developed device were verified. In addition, PDA-phone based wireless system enabled subject to be monitored without any constraints. Therefore, the developed system is expected to be applicable for monitoring the aged and chronic diseased people and giving first-aid in emergency.

Key words : wireless biomedical signal acquisition device, personal healthcare server, remote medical server, CDMA network

1. 서론

현 대인의 생활수준의 향상과 의료기술의 발달로 인하여 인간의 수명이 연장되고 독거노인 인구가 늘어나면서 이들의 삶을 보조할 수 있는 휴대형 모니터링 시스템의 중요성이 부각되고 있다. 일상생활에서 헬스케어용으로 사용하는 신호는 매우 다양하며, 심전도, 맥박, 혈압, 혈중 산소 포화도 등의 생체 신호와 가속도, 각속도 등의 운동신호가 있다. 이 중에서 심전도는 심혈관계 질환을 진단하는 지표로서 가장 많이 연구되고 있고, 이것의 지속적인 모니터링은 개인의 건강상태를 측정하는데 중요한 기준이 된다. 부정맥, 심실성빈맥 등의 심장질환을 가지고 있는 환자는 갑작스러운 심장사의 위험부담이 높다. 이러한 환자의 대부분은 부정맥 모니터링 시스템 또는 심장에 문제가 일어났을 때 경고를 해 줄 수 있는 장치 없이 생활을 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 병원

에서는 일상생활 중에 환자의 심전도 파형의 변화를 확인하기 위하여 24 시간 홀더 감시장치를 환자에게 착용시켜 심혈관계 질환을 알아낸다. 하지만 이장치의 경우 심전도 파형의 변화를 지속적으로 저장할 수는 있지만 파형을 실시간으로 분석하여 응급상황 발생시 경고를 해 줄 수 있는 기능은 아직 실현되지 않았다[1]. 그래서 최근에는 이러한 문제점을 해결하기 위해 무선통신기술과 원격서버기능을 이용한 많은 연구가 진행되고 있다[2]. Fensli 등은 지속적으로 환자의 심장 상태를 모니터링 하고 있다가 이벤트 발생시 원격의사에게 경고를 해 줄 수 있는 이벤트 레코더 장치를 개발하였다. 이 장치는 개인영역무선통신기술과 GPRS 휴대폰 통신기술을 이용하여 이벤트 발생시 원격의사에게 신속히 경고를 해 줄 수 있는 기능을 가지고 있다[3].

Hernandez 등은 인터넷 기법을 이용하여 실시간으로 심전도를 전송할 수 있는 원격의료 시스템을 구축하였고[4], Andreasson과 그의 동료들은 블루투스를 이용하여 환자를 감시할 수 있는 원격 모니터링 시스템을 개발하였다[5]. 이러한 다양한 통신기법의 의료응용 시스템들은 아무런 구속없이 환자의 생체정보를 전송하고

Corresponding Author : 이태수
충북대학교 의과대학 의공학교실
충북 청주시 흥덕구 성봉로 410 (우)361-763
Tel : +82-43-269-6332 / Fax : +82-43-272-6332
E-mail : tslee@chungbuk.ac.kr
본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임.
(과제고유번호: A040032)

응급상황 발생시 원격지 서버로부터 의료서비스를 호출할 수 있기 때문에 매우 효과적이다[6-8]. 심전도와 더불어 대상자의 일상적인 움직임을 측정하는 것은 매우 중요하다. 산업화된 국가에서의 인간의 수명은 점차 증가하고, 이에 따라 간호가 필요한 만성질환자의 수는 갈수록 증가하고 있다. 또한 관절염, 심혈관계질환, 신경변성과 같은 만성병들은 노약자들의 이동성을 제한하고, 움직임에 제약을 주게 된다. 따라서 일상생활 중에 인체의 동작에 대한 측정은 대상자의 건강상태 및 치료에 대한 평가를 더욱 의미 있게 할 것이며, 이에 대한 기록은 행동의 평가에 매우 유용할 것이다 [9-11]. Keijsers와 그의 동료들이 개발한 신경망 시스템은 6 개의 가속도 센서를 사용하여 파킨슨병을 분석하였다. 이것은 2 축 가속도 센서를 목통, 다리, 손목에 각각 부착시켜 환자의 동작 패턴을 분석하기 때문에 정밀한 분석이 가능하다[12]. 그리고 Najafi와 그의 동료들이 개발한 이동형 시스템은 가속도 및 회전문동을 감지하는 두 개의 센서를 환자의 흉부에 직접 부착시켜 노인의 정량화된 자세와 움직임을 평가하였다. 이것은 가속도 센서와 자이로스코프를 연결하여 사용하기 때문에 세밀한 움직임에 대한 정보를 간편하게 얻을 수 있으며, 일상생활에서 노인이나 만성질환자에게 사용하기 적합한 시스템이다[13]. 각각의 연구에서 제시된 사항들은 모두 병원이 아닌 일상생활에서 측정가능하고, 갑자기 일어날 수 있는 상황에 대하여 신속히 처리할 수 있도록 제작된 시스템이다. 하지만 앞서 서술한 장치들은 심전도 혹은 운동신호 중에서 하나의 신호만을 측정하기 때문에 일상생활중 대상자들의 통합된 건강정보를 얻을 수 없고, 유선으로 연결되어 있기 때문에 응급상황에 대하여 신속히 대처할 수 없다. 그리고 무선으로 연결되어 있기는 하지만, 크기, 중량 등의 문제와 빈번한 배터리 교체로 인하여 사용자에게 불편함을 준다. 또 한, 이들 연구에서는 유비쿼터스 헬스케어의 가능성만을 제시할 뿐, 장치의 신뢰성, 일상생활중 적용 가능성 및 기능성에 대한 구체적이고 종합적인 검증을 수행한 결

과가 보고된 바 없다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 각종 소형, 저전력의 센서기술과 무선통신 기술을 사용하여 통합된 시스템을 구성해야 하며, 응급상황시 신속하게 대처할 수 있는 원격모니터링 기능을 추가하여야 할 것이다. 그래서 본 논문에서는 일상생활중에 생체신호와 운동신호를 동시에 측정하고, 대상자에게 문제가 일어났을 때 그 상황에 대하여 신속하게 처리해 줄 수 있는 통합된 시스템을 제시한다. 그리고 다양한 실험을 통하여 제안된 시스템이 유비쿼터스 헬스케어를 위한 시스템으로 사용 가능한지를 검증 할 것이다.

II. 재료 및 방법

그림 1은 일상생활 중에 노인이나 만성질환자가 아무런 구속없이 원격서비스를 받을 수 있도록 구성된 전체 시스템 구성도이다. 전체 시스템 구성은 무선생체신호 획득장치, 개인건강관리서버, 원격의료서버로 나누어져 있다. 첫 번째로 무선생체신호 획득장치는 생체신호와 무선통신 기술을 이용하여 대상자의 여러 가지 생체정보를 신체영역통신망을 이용하여 개인건강관리서버로 전달하는 기능을 한다. 생체센서는 대상자의 생체정보를 획득하기 위한 것으로 심전도, 근전도, 혈압, 산소포화도 등의 생체신호와 가속도, 각속도 등의 운동신호를 얻을 수 있다. 이러한 여러 가지 신호 중에서 심전도와 가속도 신호를 이용하여 대상자의 심장상태와 운동기능을 측정하고자 하였다. 개인건강관리서버는 무선생체신호 획득장치에서 전송한 생체데이터를 CDMA망을 이용하여 원격의료서버로 전송하는 기능을 가지고 있다. 이것은 지그비 수신부와 PDA폰으로 구성되어 있으며, 응급상황 발생시 수신부로 전송된 데이터를 PDA폰을 이용하여 원격의료서버로 전송한다. 마지막으로 원격의료서버는 개인건강관리서버에서 전송된 신호를 원격의료서버 화면에 보여주고 저장한다.

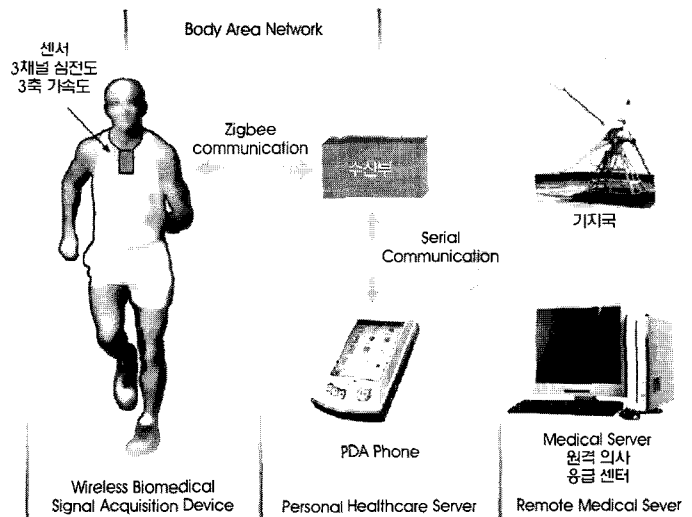


그림 1. 전체시스템 구성도.
Fig. 1. Total system configuration

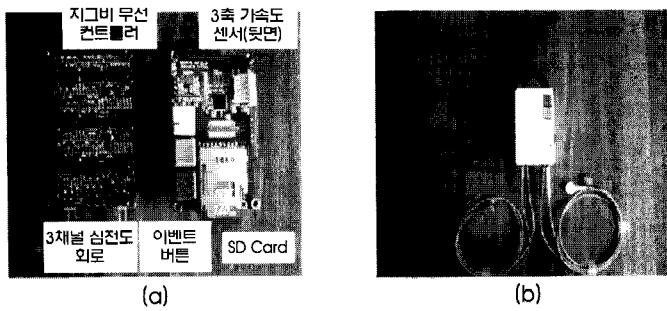


그림 2. 무선생체신호 획득장치
Fig. 2. Wireless Biomedical Signal Acquisition Device

A. 무선생체신호 획득장치

무선생체신호 획득장치는 대상자의 생체신호를 획득하는 센서부와 무선으로 데이터를 전송할 수 있는 송신부로 구성되어 있다. 이 장치에서의 이벤트는 개발된 장치에 장착된 버튼을 누르거나, ECG 전극이 탈착되었을 경우에 발생한다. 이 장치는 대상자의 심장상태와 움직임상태에 대한 정보를 SD 카드에 저장하고(홀터 기능), 응급이벤트 발생시 30 초 분량의 현재 데이터를 지그비통신을 이용하여 개인건강관리서버로 전송한다(이벤트-레코더 기능). 구현된 장치는 2×1.5 V AAA 배터리와 2.4 GHz의 주파수 대역폭을 가지고 있는 CC2420 RF 트랜시버를 포함하고 있다. 그림 2는 무선생체신호 획득장치의 실제 사진을 보여주고 있다.

(a)는 구현된 장치의 심전도 증폭부분과 신호처리부분을 보여주고 있다. 심전도 증폭부분은 3 채널 심전도 획득을 위한 전처리 회로, 필터 회로 및 증폭회로로 구성되어 있고, 신호처리 부분은 가속도센서와 마이크로컨트롤러, 지그비, SD 카드로 구성되어 있다. (b)는 구현된 장치를 하나의 통합된 장치로 구성하여 착용할 수 있도록 구성한 것이다. 장치는 대상자의 흉골 부위에 목걸이 형태로 부착시켜 데이터를 획득하고, 문제발생시 지그비 무선통신을 이용하여 저장된 데이터를 수신부가 부착된 PDA폰으로 전송한다.

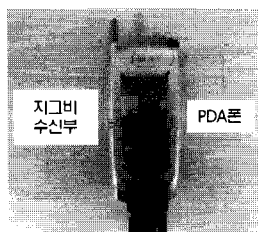


그림 3. 지그비 수신부가 부착된 PDA폰의 실제사진
Fig. 3. Photographic image of PDA phone connected with Zigbee receiver

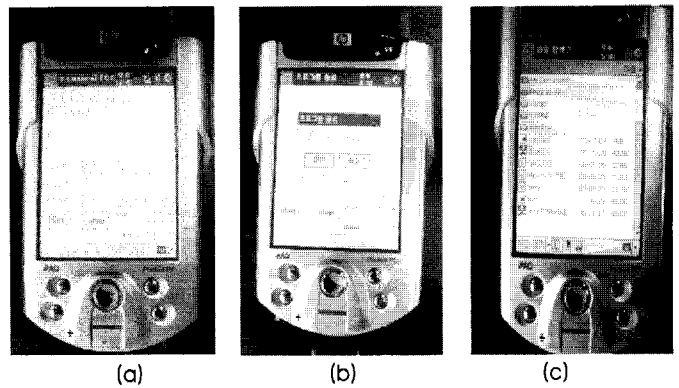


그림 4. 개인건강관리 서버
Fig. 4. Personal Healthcare Server

B. 개인건강관리서버

개인건강관리서버는 PDA폰과 지그비 수신부로 구성되며, 무선생체신호 획득장치에서 전송된 생체 데이터를 CDMA망을 통하여 원격의료서버로 전송한다. 그림 3은 지그비 수신부가 부착된 PDA폰의 실제사진을 보여주고 있다.

현재 많이 사용하고 있는 휴대전화는 사회적인 인프라가 잘 구축되어 있기 때문에 헬스케어 분야에 응용한다면 많은 비용을 줄일 수 있을 것이다. 그리고 이것은 개인이 몸에 항상 휴대하기 때문에 응급상황이 발생한 경우에 쉽게 대처할 수 있다. 하지만 휴대전화는 음성으로 대화하는 것을 목적으로 하기 때문에 다른 장치와의 인터페이스가 하드웨어 및 소프트웨어 문제로 매우 어려운 경우가 많다. 또 한 실행 프로그램을 휴대전화에 포팅하기 위해서는 많은 부분을 이동통신 회사와 교류해야하기 때문에 제약되는 요소가 많다. 그래서 개인건강관리서버를 위하여 CDMA 단말기 확장팩을 PDA에 연결하여 PDA폰으로 사용하였다[14-15]. 그림 4는 개인건강관리서버의 실행 화면을 보여주고 있다.

그림 4의 (a)는 개인건강관리서버가 지그비 수신부와 연동하여 데이터를 받을 준비를 하고 있는 상태를 나타낸다. (b)는 무선생체 획득장치의 SD 카드에 저장되어 있던 환자의 데이터를 이벤트 받

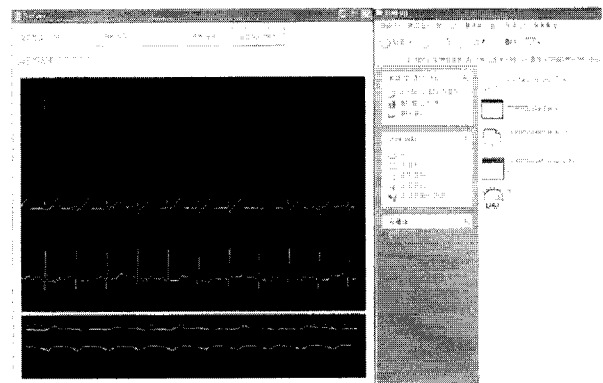


그림 5. 원격의료서버
Fig. 5. Remote Medical Server

생시 무선으로 수신부를 통해 전송받게 되고, 이를 휴대폰망을 통해 원격의료서버로 전달하는 과정에서, CDMA 데이터 전송이 완료되었을 때 나타나는 메시지를 보여주고 있다. (c)는 데이터가 정확하게 들어왔는지 PDA에 저장된 백업용 텍스트 파일을 보여주고 있다. 데이터 전송 완료시 백업으로 저장된 텍스트 파일의 크기는 48 Kbyte이다. 따라서 개인건강관리서버의 기능은 응급상황 발생시 수신부로 획득된 데이터를 PDA폰을 이용하여 원격의료서버로 전송하는 것이며, 실시간 모니터링을 하기 위한 중간매개체 기능을 한다.

C. 원격의료서버

원격의료서버는 장시간에 걸쳐 측정된 데이터로부터 건강상태, 생활패턴 등을 분석하는 기능을 한다. 그림 5는 원격의료서버의 실행화면을 보여주고 있다. 그림 5는 개인건강관리서버로부터 데이터 전송이 완료 되었을 때 나타나는 화면으로, 전송이 완료되었을 때 48 Kbyte의 test.dat 파일이 생성되고, 서버화면에 전송된 데이터를 디스플레이 한다.

D. 실험방법

본 논문에서는 개발된 장치의 정확성, 신뢰성 및 동작성, 일상생활중 적용가능성을 평가하기 위해 3 가지 실험을 하였다[16]. 첫 번째로, 앉아있는 자세 및 제자리 걷기 운동중에 개발된 장치와 바이오팩 심전도 장치(기준장치)에서 측정된 신호를 비교·분석하여 R-R 간격의 정확도를 검증하였다. 실험은 앉기 자세와 제자리 걷기 자세에 대하여 실험자당 각각 8 번씩 수행하도록 하였다. 이 실험에서 바이오팩의 샘플율은 1000 Hz로 하였고, 개발된 장치의 샘플율은 200 Hz로 하여 데이터를 획득하였다. 두 번째 실험은 환

자 시뮬레이터를 이용하여 개발된 장치에서 두 가지 응급이벤트(전극 탈착, 이벤트버튼 누름)를 발생시켰을 때 원격의료서버로 데이터가 신뢰성 있게 전송되는지를 확인하였고, 이때의 배터리 소모시간을 측정하여 장시간동안 사용가능anz이를 검증하였다. 이벤트는 한 시간에 1 번씩 발생시키고, 이때의 배터리 소모시간을 측정하였다. 세 번째 실험은 CDMA망을 이용하여 일상생활중의 5 가지 행동유형(앉기, 서기, 앉아 있다가 서기, 보통 걷기, 빨리 걷기)에 따라 두 가지 이벤트를 발생시켰을 때 원격의료서버로 해당 데이터가 정확하게 전송되는지를 실험하였다. 실험은 5 명을 대상으로 5 가지 행동유형에서 두 가지 이벤트를 4 번씩 수행하여 대상자당 40 번씩 실험을 하였다.

III. 결 과

A. 개발된 심전도 장치와 바이오팩 심전도 장치의 신호에서 계산된 R-R 간격의 상관관계

개발된 장치와 기준장치로 사용된 상용의 바이오팩 심전도 장치에서 R-R 간격 데이터를 동시에 측정하고 비교함으로써, 본 논문에서 개발한 심전도 장치의 정확성을 검증하고자 하였다.

1) 앉기 자세에 대한 결과 데이터

앉은 자세에서 바이오팩 심전도 장치와 개발된 심전도 장치에서 측정된 R-R 간격 데이터 1934 개의 상관관계 결과를 그림 6에서 보여주고 있다. 표준편차(SD)는 0.00209 이고, r은 0.99988 이었으며, $p < 0.0001$ 로 나타났다.

앉기 자세에 대한 R-R 간격 정확도는 99.99 % 이었으며 개발된 장치의 정확성을 실험을 통하여 검증할 수 있었다.

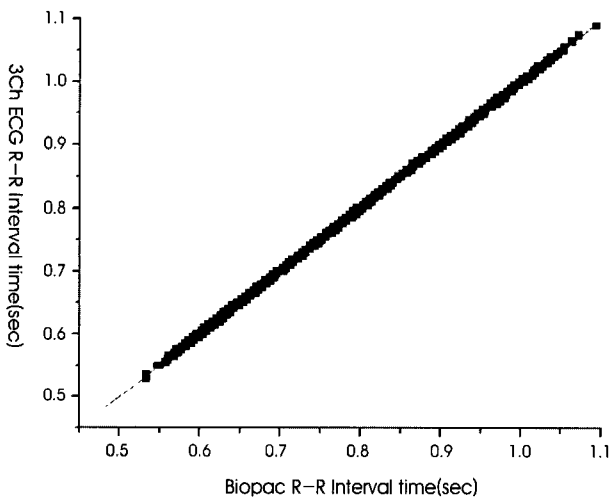


그림 6. 바이오팩 심전도 장치와 개발된 심전도 장치의 R-R 간격 상관관계 그래프(앉기)

Fig. 6. Correlation graph of the R-R intervals of Biopac ECG device and the developed ECG device(sitting)

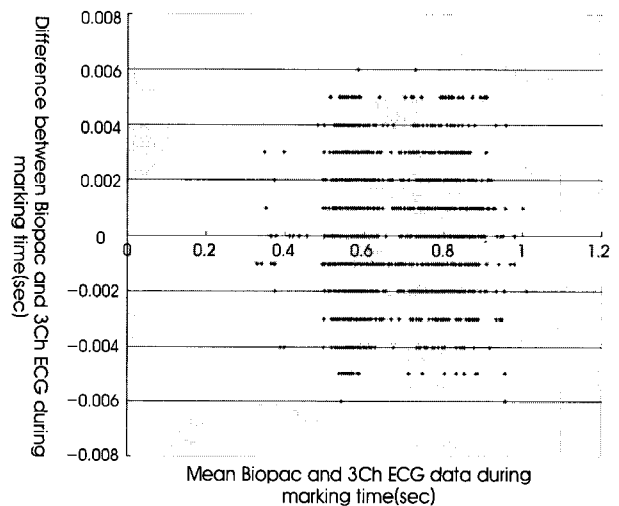


그림 7. 개발된 장치와 바이오팩 장치의 R-R 시간 비교 결과 그래프(제자리 걷기)

Fig. 7. R-R interval comparison graph between the developed and reference device in marking time

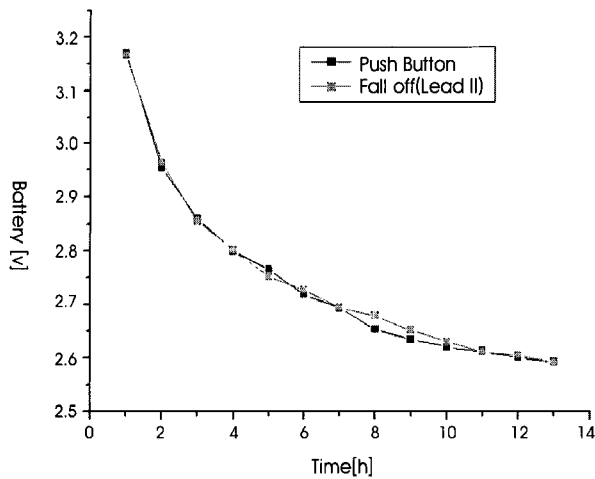


그림 8. 이벤트 발생시 배터리 소모시간
 Fig. 8. Battery discharging characteristic on event occurring

2) 제자리 걷기에 대한 결과 데이터

제자리 걷기에서 개발된 장치와 바이오팩 장치에서 측정된 R-R 간격 데이터 2336 개의 비교 결과를 그림 7에서 보여주고 있다. x 축은 두 장치에서 측정된 R-R 간격을 평균한 값을 나타낸 것으로, 0.3-1.2 초 내의 범위에 있음을 알 수 있다. y 축은 개발된 장치의 R-R 간격과 바이오팩 장치의 R-R 간격의 차를 나타낸 것으로 상관관계 그래프에서는 알 수 없는 차이값의 분포도를 보여주고 있다. 표준편차(SD)는 0.00219 이고, r은 0.99982 이었으며 $p < 0.0001$ 로서 얽은 자세와 유사한 상관관계를 보임을 알 수 있다.

제자리걷기 자세에 대한 R-R 간격 정확도는 99.99 % 이었으며 개발된 장치가 움직임이 있는 상태에서도 정확하게 측정되는 것을 확인할 수 있었다. 이 두 가지 결과로 개발된 장치는 현재 상용화된 휴대성이 없는 장치와 비교하여도 심박수를 측정함에 있어서 전혀 손색이 없음을 실험을 통하여 검증하였다.

B. 개발된 장치의 성능평가 및 배터리 소모시간 결과

개발된 장치에서 두 가지 이벤트를 발생시켰을 때 원격서버로의 신뢰성 있는 데이터 전송여부와 개발된 장치의 배터리 소모시간을

측정하여 장시간동안 사용가능성을 실험하였다. 실험은 1 시간에 한 번씩 이벤트를 발생시켜 실험결과를 확인하였다. 이벤트는 대상자가 몸에 이상이 있을 경우 직접 이벤트를 발생시키는 이벤트-레코더 수동 모드와 대상자의 심전도 전극이 탈착되었을 때 발생하는 이벤트-레코더 자동 모드로 구성되어 있다.

측정결과, 이벤트-레코더 수동 모드와 이벤트-레코더 자동 모드의 경우 둘 다 100 % 정확하게 데이터가 전송된 것을 확인할 수 있었다. 개발된 장치의 동작시간은 두 가지 경우 모두 13 시간이었다. 이 결과는 개발된 장치가 홀터 기능 및 이벤트-레코더 기능을 둘 다 사용할 수 있는지를 실험한 결과로 두 기능에 대한 신뢰성을 실험을 통하여 증명하였다.

C. CDMA망을 이용한 생체신호 이벤트 발생 결과

CDMA망을 이용하여 행동유형별로 이벤트를 발생시켰을 때 원격서버로 데이터가 정확하게 전송되는지를 확인한 결과이다. 실험은 5 명의 실험자가 두 가지 이벤트에 대하여 5 가지 유형으로 실험을 하였고, 실험시간은 5 분간 유형별로 측정하였다. 실험자 1-실험자 5 까지 100 % 에러 없이 48 KB의 데이터를 원격의료서

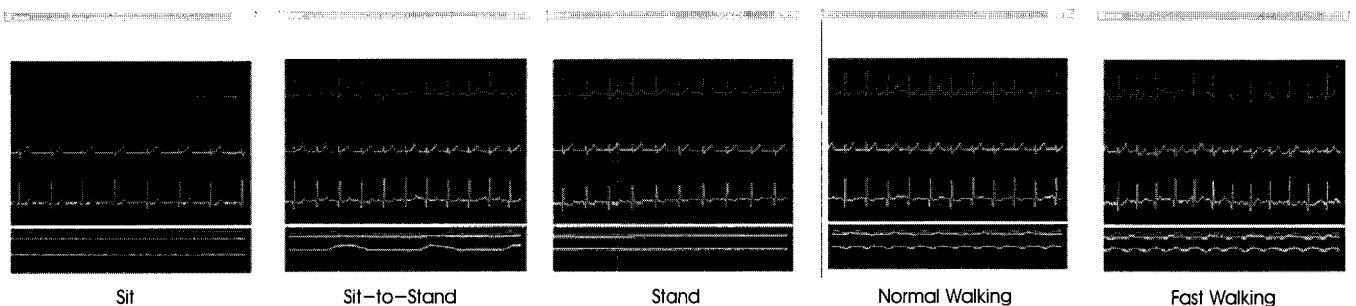


그림 9. 실험자 1의 이벤트 발생시 원격서버 전송결과(버튼을 누른 경우: 상단부터 Lead II, I, III, Acceleration X, Y, Z)
 Fig. 9. Remote server screen on button pressing event of subject 1 (from upper most Lead II, I, III, Acceleration X, Y, Z)

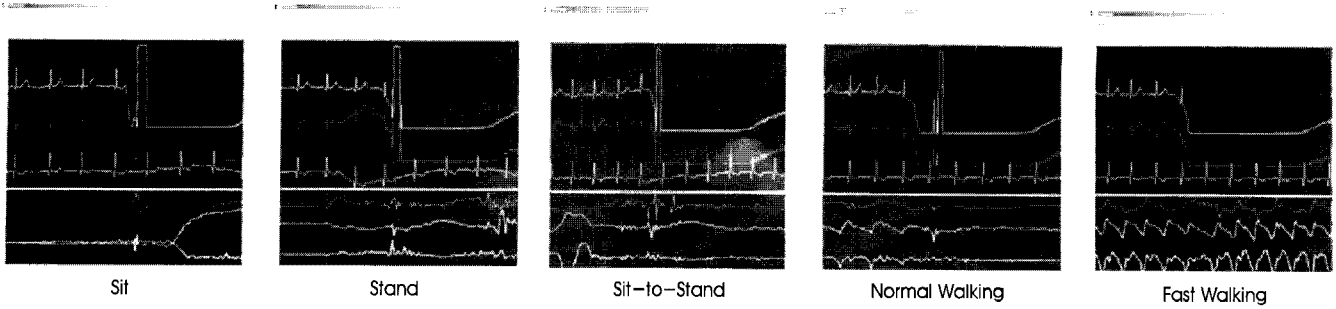


그림 10. 실험자1의 이벤트 발생시 원격서버 전송결과전극이 탈착된 경우: 상단부터 Lead II, I, III, Acceleration X, Y, Z)
 Fig. 10. Remote server screen on electrode detached event of subject 1(from upper most Lead II, I, III, Acceleration X, Y, Z)

버로 전송하였다.

그림 9, 10은 이벤트(버튼을 누른 경우와 전극이 탈착된 경우)가 발생되었을 때, 원격의료서버로 전송되어온 3 채널 심전도 신호와 운동신호를 보여주고 있다. 이 결과는 앉기, 서기, 앉아 있다가 서기 등의 위치 이동이 없는 움직임뿐만 아니라 보통걷기, 빨리 걷기와 같은 이동이 있는 움직임에서도 원격의료서버로 데이터가 정확하게 전송된 것을 확인한 결과이다. 이는 재택뿐만 아니라 이동중에도 대상자의 생체신호를 지속적으로 모니터링 하여 이벤트 발생시 신속하게 처리할 수 있다는 의미를 가진다. 이 실험결과는 본 논문에서 목표로 하고 있는 시스템의 핵심기능에 의한 것이며, 상용화된 휴대용 심전도 장치와 차별화되는 부분 중에 하나이다. 또한, 심전도 신호와 함께 운동신호를 동시에 확인할 수 있기 때문에 대상자가 어떤 상황에 있는지 알 수 있다.

IV. 고찰 및 결론

본 논문에서는 이동중에 지속적으로 심전도와 운동 신호를 측정하고 응급상황 발생시 CDMA망을 통하여 응급상황 데이터를 원격의료서버로 전송하여 그 상황을 알려줄 수 있는 통합된 시스템을 개발하였고, 개발된 시스템의 정확성, 신뢰성 및 동작성, 일상생활중 적용가능성을 실험을 통하여 검증하였다. 개발한 시스템은 홀터 심전계 기능과 이벤트-레코더 기능을 함께 구현한 것으로, 기존에 상용화된 장치와는 많은 차별성을 가지고 있다. 기존에 상용화된 심전도 모니터링 시스템은 유선으로 연결되어 있어 대상자가 매우 불편함을 느끼고 이동성이 제한되어 있다. 또한, 대상자가 몸에 이상이 있을 때 신속히 대처하기가 어렵다. 본 논문에서 개발한 시스템은 이러한 문제를 해결하였다. 첫째, 무선통신 기술을 이용하여 대상자의 심전도 신호와 운동신호를 수신부가 부착되어 있는 개인건강관리서버로 데이터를 전송하여 원격의료서버에서 대상자에 대한 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 구성하였다. 이것의 장점은 대상자가 언제 어디서나 자신의 건강상태를 확인할 수 있고 갑자기 일어날 수 있는 상황에 대하여 빠르게 대처할 수 있다. 둘째, 대상자의 심전도 신호와 운동신호를 동시에 측정하고 분석할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 기존의 휴대형 심전도 모

니터링 시스템은 단지 심전도만 평가하여 대상자의 심장상태를 파악하였다. 하지만 이러한 장치는 갑자기 발생할 수 있는 이상증후에 대하여 신속하게 처리하는 것이 불가능하다. 특히, 이동중 발생할 수 있는 여러 가지 상황에 대한 정보는 알 수가 없다. 그래서 본 논문에서는 운동기능을 평가할 수 있는 센서를 이용하여 심장의 건강상태뿐만 아니라 대상자의 운동상태에 대한 정보를 동시에 얻을 수 있도록 제작하였다. 셋째, 휴대하기 간편하고 이동성에 제한이 없도록 구성하였다. 개발된 시스템은 휴대성을 위해 소형, 저전력 등을 고려하여 설계하였고, 이동 중에 대상자의 심전도와 운동신호를 원격에서 관리하기 위해 CDMA 2000 단말기 확장팩을 PDA에 부착시켜 언제 어디서나 진단을 받을 수 있도록 하였다. 따라서 본 논문에서는 3 가지 실험결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 실험자의 생체신호와 운동신호를 획득하여 비교한 결과 개발된 장치의 정확성, 신뢰성 및 동작성, 일상생활중 적용가능성을 실험에 의해 증명할 수 있었고, 심전도 신호와 운동신호에 대한 모니터링이 일상생활 중에 수행되는 것을 볼 수 있었다. 또한 PDA폰 기반의 무선 시스템은 대상자에게 아무런 구속없이 모니터링하는 것을 가능하게 하였다. 그러므로 본 논문에서 개발한 시스템은 일상생활에서 노약자나 만성질환자를 모니터링 할 수 있는 장치로 개발하는데 사용될 수 있을 것이고, 원격 의료서버는 대상자의 상태를 지속적으로 모니터링 할 수 있고 응급 상황에서 도움을 줄 수 있을 것이다. 향후에 다양한 심장질환 정보를 추가하여 실제 환자에게 적용시킬 수 있도록 시스템을 향상시킬 것이다. 그리고 노인이나 거동이 불편한 사람에게서 빈번하게 발생하는 낙상을 대상으로 연구하여 심장질환 뿐만 아니라 낙상도 동시에 감지할 수 있도록 알고리즘을 개발할 것이다.

참고문헌

- [1] K.Y. Kong C.Y. Ng and K. Ong, "Web-Based Monitoring of Real-Time ECG Data", *Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE*, Sept. 2000, pp.189-192.
- [2] J.H. Hong, N.J. Kim, E.J. Cha and T.S. Lee, "A PDA-Based Wireless ECG Monitoring System for u-Healthcare", *J. Medical Informatics*, vol. 12, no. 2, pp.153-159, 2006.

- [3] R. Fensli, E. Gunnarson and O. Hejlesen, "A wireless ECG system for continuous event recording and communication to a clinical alarm station", *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, USA*, Sept. 2004, pp.2208-2211.
- [4] A.I. Hernandez, F. Mora, G. Villegas, G. Passariello and G. Carrault, "Real-Time ECG Transmission Via Internet for Nonclinical Applications", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 253-257, 2001.
- [5] J. Andreasson, M. Ekstrom, A. Fard, J.G Castano and T Johnson, "Remote System for Patient Monitoring Using Bluetooth", *Proceedings of IEEE*, 2002, pp.304-307.
- [6] T. Martin, E. Jovanov and D. Raskovic, "Issues in Wearable Computing for medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device", *Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers ISWC*, 2000, pp.43-50.
- [7] E. Jovanov, "Wireless Technology and System Integration in Body Area Networks for m-Health Applications", *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, 2005, pp.7158-7160.
- [8] C.A. Otto, E. Jovanov and A. Milenkovic, "A WBAN-based System for Health Monitoring at Home", *Proceedings of the 3rd IEEE-EMBS International Summer School and Symposium on Medical Devices and Biosensors*, 2006, pp.20-23.
- [9] F. Foerster, M. Smeja, J. Fahrenberg, "Detection of Posture and Motion by accelerometry: A Validation study in ambulatory monitoring", *Comput Hun Beh*, vol. 15, no. 5, pp.571-583, 1999.
- [10] B.C. Spillman and J. Lubitz, "The effect of longevity on spending for acute and long-term care", *N Eng J Med*, pp. 1409-1415, 2000.
- [11] S. Tuljapurkar, N. Li and G. Boe, "A universal pattern of mortality decline in the countries", *Nature*, vol. 15, no. 405, pp.789-792, 2000.
- [12] L.W. Keijsers, M. Horstink and S. Gielen, "Automatic Assessment of Levodopa-Induced Dyskinesias in Daily Life by Neural Networks", *Movement Disorders*, vol. 18, no. 1, pp.70-80, 2003.
- [13] B. Najafi, K. Aminian, F. Loew and C.J. Bula, "Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: monitoring of daily physical activity in the elderly" *IEEE transactions on biomedical engineering*, vol. 50, no. 6, pp.711-723, 2003.
- [14] Y.H. Lin, I.C. Jan, C.I.K. Patrick, Y.Y Chen, J.M Wong and G.J Jan, "A Wireless PDA-based physiological monitoring system for patient transport", *IEEE Transactions on Information Technology In Biomedicine*, vol. 8, no. 4, pp.439-447, 2004.
- [15] W. Chen, D. Wei, X. Zhu, M. Uchida, S. Ding and M. Cohen, "A Mobile Phone-based Wearable Vital Signs Monitoring System", *Proceedings of the 2005 the fifth International Conference on Computer and Information Technology*, Sept. 2005, pp.950-955.
- [16] K.J. Heilman and S.W. Porges, "Accuracy of the LifeShirt[®] (Vivometrics) in the detection of cardiac rhythms", *Biological Psychology*, vol. 75, no. 3, pp.300-305, 2007.