

u-Healthcare를 위한 바이오 단말기의 개발 현황

이태수, 홍주현

충북대학교 의과대학 의공학교실

Current Developments of Biomedical Mobile Devices for Ubiquitous Healthcare

Tae-Soo Lee, Joo-Hyun Hong

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

(Received June 10, 2009. Accepted June 17, 2009)

Abstract

Biomedical mobile devices for ubiquitous healthcare consist of biomedical sensors and communication terminal. They have two types of configuration. One is the sensor-network type device using wired or wireless communication with intelligent sensors to acquire biomedical data. The other is the sensor embedded type device, where the data can be acquired directly by itself.

There are many examples of sensor network type, such as, fall detection sensor, blood glucose sensor, and ECG sensors networked with commercial PDA phone and commercial phone terminal for ubiquitous healthcare. On the other hand, sensor embedded type mounts blood glucose sensor, accelerometer, and etc. on commercial phone.

However, to enable true ubiquitous healthcare, motion sensing is essential, because users go around anywhere and their signals should be measured and monitored, when they are affected by the motion. Therefore, in this paper, two biomedical mobile devices with motion monitoring function were addressed. One is sensor-network type with motion monitoring function, which uses Zigbee communication to measure the ECG, PPG and acceleration. The other is sensor-embedded type with motion monitoring function, which also can measure the data and uses the built-in cellular phone network modem for remote connection.

These devices are expected to be useful for ubiquitous healthcare in coming aged society in Korea.

Key words : Biomedical mobile device, Sensor network type, Sensor embedded type, Ubiquitous healthcare

1. 서 론

현 대인의 생활수준의 향상과 의료기술의 발달로 인하여 인간의 수명이 연장되고 고령 인구가 늘어나면서 이들의 진료비 문제를 해결하면서도 삶의 질을 개선시킬 수 있는 의료서비스의 중요성이 부각되고 있다. 즉, 환자의 질병을 진단하고 치료하는 기존 의료 서비스에서 질병을 예방하고 관리하는 것으로 서비스의 요구가 변화되고 있는 것이다. 이러한 서비스를 위해서는 유비쿼터스 개념이 포함된 바이오 단말기의 필요성이 요구되고 있다. 이것은 만성질환자와 거동이 불편한 고령자가 매번 의료기관을 방문하여 진료를 받는 기존의 의료서비스를 개선하여 자신의 집 또는 이동중에 개인의 건강관리에 대한 실시간 서비스를 가능하게 하기

때문에 이들의 삶의 질 향상에 도움이 될 것으로 기대되고 고령화 사회에서 의료비 절감에 기여할 것이다. 이러한 서비스를 가능하게 하기 위해서는 환자의 건강상태를 어떠한 상황에서도 감시할 수 있는 바이오 단말기가 요구되며, 여기서 발생된 생체신호를 원격의 서버에 전달하고 원격지의 의사에게 환자의 현재 상태에 대한 정보를 제공하는 정보통신장치 및 원격서버는 필수적인 요소가 될 것이다. u-Healthcare 서비스를 위한 바이오 단말기(Biomedical mobile device: BMD)는 의료용 센서와 결합 또는 유무선으로 연결되어 생체신호를 획득·저장·처리·관리하고, 휴대폰 네트워크를 통해 원격서버로 의료 정보를 전송하는 기능을 가진 단말장치로 정의할 수 있다[1-3]. 이러한 장치는 기본적으로 환자가 휴대 및 착용할 수 있는 형태로 구현되어야 하므로, 크기 및 중량이 최소화되어야 하며 최소한 24시간 이상 사용할 수 있도록 저 전력으로 구동되는 것이 바람직하다. 또한, 무선기능을 탑재하여, 환자가 일상 생활에서 구속받지 않고 자유롭게 활동할 수 있도록 구현되어야만 한다. 바이오 단말기에 대한 연구 및 개발은 국내외적으로 활발히

Corresponding Author : 이태수

(361-763) 충북 청주시 흥덕구 성정로 410

충북대학교 의과대학 의공학교실

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)

진행되고 있으며, 이것은 센서 네트워크형과 센서 일체형으로 분류된다. 센서 네트워크형 바이오 단말기는 바이오센서와 통신단말장치가 유·무선의 네트워크로 연결된 것으로서, 지능형 센서에서 데이터를 획득하여 단말장치로 전송한다. 그 이후에, 생체신호를 전송받은 단말장치는 원격지 서버로 해당 데이터를 전송한다. 센서 일체형 바이오 단말기는 바이오센서가 통신단말장치에 내장된 것으로서 단말장치 자체에서 데이터를 획득하여 원격지 서버로 환자의 데이터를 직접 전송하는 장치를 말한다. 본 논문에서는 국내 외적으로 활발히 연구 및 개발되고 있는 바이오 단말기 기술에 대하여 서술하고, 휴대형진단치료기기개발센터(UBDC)에서 구현한 바이오 단말기의 사례를 보고하고자 한다.

II. 바이오 단말기의 구현에 따른 분류

바이오 단말기에 관련된 핵심기술로는 신체영역통신망 기술(Body Area Network), 생체신호센서 데이터획득 기술, 생체신호 처리 및 분석 기술, 원격의료서버와의 메시지 송수신 기술 등의 4가지로 분류할 수 있으며, 그 내용 및 키워드, 기술확보 핵심기업을 표 1에 정리하였다. 이러한 기술을 사용하여 홈헬스케어용, 모바일 헬스케어용, 및 병원용으로 단말기가 제품화되고 있으며, 그 내용

및 키워드, 기술확보 핵심기업을 표 2에 정리하였다. 바이오 단말기는 센서와 통신단말장치의 구현 방식에 따라, 센서 네트워크형과 센서 일체형으로 분류할 수 있으며, 이에 대해 서술하고자 한다.

A. 센서 네트워크형

u-헬스케어 분야에서 가장 일반적인 단말기의 형태로서, 이에 대한 연구-개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 무선통신 기술로는 주로 블루투스를 사용하며, 저전력 소모를 위해 지그비가 사용되기도 한다. 표 3은 센서 네트워크형 바이오 단말기의 대표적인 사례이다.

표 3에서 서술된 연구들에서 센서는 혈압, 심전도, 체온 등 다양한 생체과라메터를 측정할 수 있도록 구성되어 있고 PDA폰, 휴대폰과 같은 단말장치를 이용하여 환자의 생체신호를 무선으로 획득할 수 있도록 구현되어 있다. 이렇게 구현된 단말기는 발생된 생체신호를 원격지의 서버로 데이터를 전송하게 되고, 원격지 서버는 전송된 데이터를 지속적으로 모니터링 하고 분석하여 건강 및 질병에 대한 것을 관리하고 다양한 형태의 서비스를 제공한다. 현재 대부분의 u-Healthcare용 단말기들이 이러한 구조로 되어 있으며, 전 세계적으로 다양한 형태의 플랫폼들이 연구 개발되고 있다. 하지만 이러한 플랫폼의 경우 대개 무선통신을 이용하여 데이터를

표 1. 바이오 단말기의 핵심기술 분류

Table 1. Core technologies of biomedical mobile devices

기술명	내용	키워드	핵심기업
신체영역통신망 기술(Body Area Network)	지능형 생체신호 센서와 역추예이터를 단말장치와 무선센서네트워크를 구성하는 기술로서, 부착 및 착용형 센서와의 통신망인 on BAN와 이식형 센서와의 통신망인 in BAN 기술 등이 있다.	MBAN(Medical Body Area Network), WBAN(Wireless Body Area Network), USN(Ubiquitous Sensor Network), WPAN(Wireless Personal Area Network), Zigbee, Bluetooth, WiFi, MICS(Medical Implant Communication Service), WMTS(Wireless Medical Telemetry Service)	Chipcon, Zarlink
생체신호센서 데이터획득 기술	단말기에 내장 또는 유선 연결된 생체신호센서에서 데이터를 획득하는 것으로서, ECG, PPG, BCG, BG(혈당), GOT/GPT, Activity 등의 데이터를 획득한다. 단말기에 SD카드 등의 저장장치가 있는 경우, 획득된 원데이터가 여기에 저장된다. 그렇지 않은 경우, 데이터 획득은 지능형 센서에서 수행되며, BAN을 통해 무선 게이트웨이나 개인서버 형태의 단말기로 실시간 전송된다.	ECG, EEG, PPG, BCG, BG, GOT/GPT, Skin temperature, GSR(galvanic skin response), Accelerometer, Gyroscope, Magnetometer, GPS, SD, mini-SD, micro-SD, 융합센서(생체신호센서와 운동신호센서), 홀터레코더, 이벤트레코더	VivoMetrics, STnD, Kribb, UBDC, ABRC, 인포피아, 펠스피아, 아이센스
생체신호 처리 및 분석 기술	단말기 자체의 마이크로프로세서를 사용하여, 획득된 데이터를 실시간으로 처리 및 분석하는 기술이다. ECG에서 HR(심박수), RR(호흡수)를 계산하고, 가속도계 데이터에서 보행수-주행수를 계산하고, 자세를 분석하며, 심장기능이상 및 낙상 등의 응급상황을 인지하는 기술이다.	HR, RR, Step Count, Posture, Fall detection, Context awareness, 데이터융합 처리-분석, 이벤트감지, 가속도센서를 이용한 생체신호의 신뢰성 판단	UBDC, ABRC
원격의료서버와의 메시지 송수신 기술	응급상황 발생시에 현재 데이터를 휴대폰을 통해 원격의료서버로 송신하며, 응급처지명령을 수신하는 기술이다.	First aid, Emergency, Remote server, Telemedicine server, Tele-health server, Cellular phone network, CDMA module, 응급SMS전송, 이벤트 전송	Vitaphone, Tunstall, RTX Healthcare

표 2. 바이오 단말기의 응용분야에 따른 분류

Table 2. Applications of biomedical mobile devices

응용 분류	내용	키워드	핵심기업(제품명)
홈헬스케어용 단말기	홈헬스케어 환경에서 개인용으로 사용되는 단말기로서, 휴대폰망에 직접 연결되는 형태와 홈게이트웨이를 통해 원격서버로 연결되는 형태로 구분할 수 있다. 환자의 정보보안을 위해 미국의 경우 HIPAA와 같은 법규를 준수하여야 한다.	HIPAA(Health Insurance Portability and Accountability Act)	Health Hero Network(Health Buddy), Philips(Movita), RTX(RTX Healthcare)
모바일헬스케어용 단말기	모바일 헬스케어 환경에서 개인용으로 사용되는 단말기로서, 휴대폰, PDA폰, 또는 스마트폰을 단말장치로 사용하는 형태와 통신모듈이 단말장치에 내장되어 있는 형태가 있다. 환자의 정보보안을 위해 미국의 경우 HIPAA와 같은 법규를 준수하여야 한다.	휴대폰, PDA폰, 스마트폰, 통신모듈, HIPAA	Vitaphone, Tunstall, RTX Healthcare
병원용 단말기	병원의 OCS, EMR, PACS 등의 의료정보시스템에 연계되어 사용되는 단말기로서, 무선통신 기능을 내장한 휴대형 단말기(Mobile Clinical Assistant: MCA)이다. 생체신호데이터 및 의료정보를 POC(진료연장, Point of Care)에서 획득하며, IEEE 11073이나 HL7과 같은 의료정보표준이 적용된다. 환자의 정보보안을 위해 미국의 경우 HIPAA와 같은 법규를 준수하여야 한다.	POC, IEEE 11073, HL7, OCS, EMR, PACS, HIPAA	Intel(Motion C5), Panasonic(Mobile Clinical Assistant: MCA)

지속적으로 전송하기 때문에 모바일 폰의 경우 배터리 문제가 있다. 그리고 반드시 모바일 장치를 휴대해야만 하는 불편함이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 센서 일체형 바이오 단말기가 요구되고 있는 것이다.

B. 센서 일체형

일체형 바이오 단말기의 경우 센서와 단말장치가 일체형으로 구현된 것으로서, 데이터 획득과정이 단말기 자체에서 수행되며, 대표적인 연구사례를 표 4에 나열하였다.

표 3. 센서 네트워크형 바이오 단말기의 사례

Table 3. Examples of sensor network type BMD

장치명	기능	무선통신방식	기관(프로젝트)명
Wireless Intelligent Sensor[4]	WBAN을 이용한 건강 모니터링 시스템	Zigbee	알라바마 대학
CodeBlue[5]	응급구조시 사용 가능한 무선센서 네트워크 기술	Zigbee	하버드 대학
Mobile base unit[6,7]	이동형 헬스케어 서비스	Bluetooth/WLAN	(MobiHealth)
HealthGear[8]	수면무호흡 진단	Bluetooth	마이크로소프트
RMT(Remote Monitoring and Training) System[9]	BAN (Body Area Network) 을 이용한 원격건강관리	Bluetooth	(MyoTel)
Wireless 3 Channel ECG Monitoring System[10]	운동감시 기능을 가진 센서 네트워크형 단말기	Zigbee	(UBDC)

표 4. 센서 일체형 바이오 단말기의 사례

Table 4. Examples of sensor embedded type BMD

장치명	기능	휴대폰통신방식	프로젝트(기업)명
Advanced Care and Alert Portable Telemedical Monitor[11]	팔찌형 생체신호 원격감시 서비스	GSM	AMON
MobilAlarm[12]	노약자-장애인을 위한 위치추적서비스	GSM	MobilAlarm
WBSMT(Wearable Biomedical Signal Measurement Terminal)[13]	심전도와 가속도 측정에 의한 이동형 헬스케어 서비스	CDMA	UBDC
당뇨폰[14]	휴대형 혈당측정서비스	CDMA	(헬스피아)

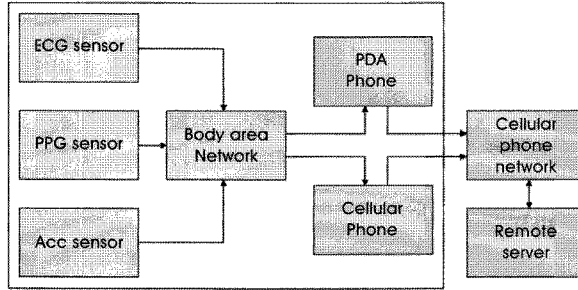


그림 1. 센서 네트워크형 바이오 단말기의 시스템 구성도
 Fig. 1. System configuration of sensor network type BMD

유럽에서 진행한 AMON 프로젝트의 경우 일체형 바이오 단말기의 대표적인 연구사례 중의 하나이다. 이것은 산소포화도, 혈압, 심전도, 체온 등을 측정할 수 있도록 구성되어 있으며 GSM 망을 이용하여 측정된 생체정보를 원격지 서버로 전송하고, 전송된 데이터를 분석후 결과를 사용자에게 알려주는 서비스 기능을 가지고 있다. 그리고 장애인, 만성질환자, 독거노인을 위해 개발된 MobilAlarm의 경우 GPS 기술과 GSM 네트워크를 이용하여 이동 중 응급상황이 발생했을 때 신속하게 응급상황을 대처할 수 있도록 개발되었다. 국내의 경우 헬스피아에서 당뇨폰 형태의 바이오 단말기를 개발하여 서비스를 하고 있는 상태이다. 이는 당뇨환자를 위해 휴대폰과 측정기기를 직접 연결하여 혈당을 측정할 수 있도록 제작되었으며, 측정된 혈당수치를 휴대폰화를 통해 서비스 센터로 전송하고, 측정된 데이터로부터 혈당관리 서비스를 휴대폰화로 받을 수 있도록 구성된 서비스 플랫폼이다[14].

III. UBDC에서 구현한 바이오 단말기

A. 운동감시 기능을 가진 센서 네트워크형 바이오 단말기

그림 1은 UBDC에서 구현한 센서 네트워크형 바이오 단말기의

전체 시스템 구성도를 보여주고 있다.

단말기는 무선생체신호 획득장치와 개인건강관리서버가 신체 영역통신망으로 연결되어 동작하며, 원격의료서버와 연계되어 전체 시스템을 구성한다. 무선생체신호 획득장치는 생체신호와 무선통신 기술을 이용하여 대상자의 여러 가지 생체정보를 신체영역통신망을 이용하여 개인건강관리서버에 전달하는 기능을 한다. 여기서 무선통신 기술로 Zigbee를 사용하였다. 생체센서는 대상자의 생체정보를 획득하기 위한 것으로 심전도, 혈압, PPG 등의 생체신호와 가속도, 가속도 등의 운동신호를 얻을 수 있다. 이러한 여러 가지 신호중에서 심전도와 가속도 신호를 이용하여 환자의 심장상태와 운동기능을 측정하고자 하였다. 개인건강관리서버는 무선생체신호 획득장치에서 전송한 생체데이터를 CDMA망을 이용하여 원격의료서버로 전송하는 기능을 가지고 있다. 이것은 Zigbee 수신부와 PDA폰으로 구성되어 있으며, 응급상황 발생시 Zigbee 수신부로 전송된 데이터를 PDA폰을 이용하여 원격의료서버로 전송한다. 원격의료서버는 개인건강관리서버에서 전송된 신호를 서버의 화면에 보여주고 저장한다.

그림 2(a)는 본 연구에서 구현한 무선생체신호 획득장치이다. 이것은 기존의 병원에서 사용하고 있는 홀터 심전계를 업그레이드

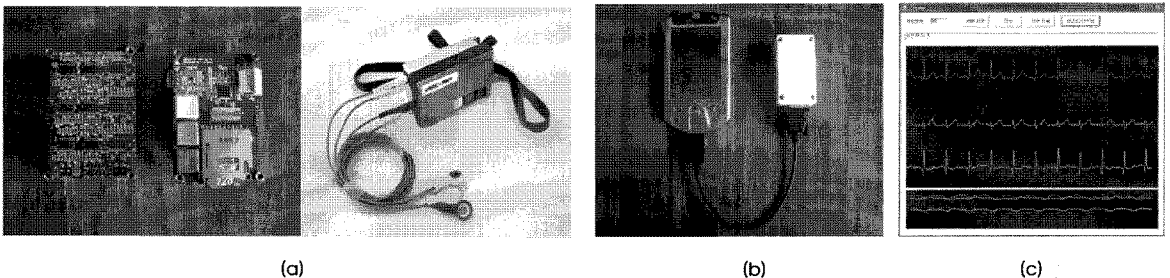


그림 2. 센서 네트워크형 바이오 단말기의 UBDC 구현 예. (a) 무선생체신호 획득장치(목걸이형) (b) 개인건강관리서버 (c) 원격의료서버 화면
 Fig. 2. Realization of sensor network type BMD by UBDC. (a) Wireless biomedical signal acquisition device(Necklace type) (b) Personal health server (c) Remote server screen

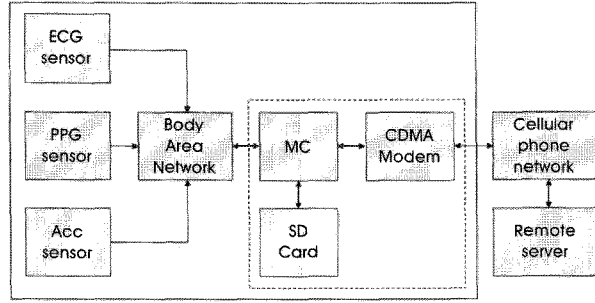


그림 3. 센서 일체형 바이오 단말기의 시스템 구성도
 Fig. 3. System configuration of sensor embedded type BMD

한 형태로 운동감시 기능을 추가하여 환자의 심장상태 뿐만 아니라 운동기능을 동시에 측정할 수 있도록 개발되었다. 그리고 SD Card를 탑재하여 데이터를 지속적으로 저장하고 응급상황 발생시 Zigbee 통신을 이용하여 개인건강관리서버로 데이터를 전송할 수 있도록 구성하였다. 이것은 기존에 문제시 되었던 센서 네트워크형 바이오 단말기의 배터리 문제를 SD Card로 대체하여 해결한 것으로 평상시에는 지속적으로 데이터를 SD Card를 통해 저장하고 있다가 이벤트 발생시 응급데이터는 그림 2(b)의 개인건강관리 서버로 전송되며, 휴대폰망을 통해 원격서버로 전달되며 그림 2(c)와 같이 서버의 화면에 표시되도록 구성하였다. 임상 실험결과 환자의 생체신호를 지속적으로 모니터링 할 수 있었고 개발된 장치의 정확성, 신뢰성 및 동작성, 일상생활중 적용가능성을 실험에 의해 증명할 수 있었다[10].

B. 운동감시 기능을 가진 센서 일체형 바이오 단말기

UBDC에서 개발한 일체형 바이오 단말기는 대상자의 생체신호를 지속적으로 얻고 문제 발생시 CDMA망을 통하여 신속히 데이터를 원격의료서버로 전송하기 위해 구성된 것으로 다양한 생체 파라미터중에 심혈관계 질환을 진단하는 지표로서 가장 많이 연구되고 있는 심전도를 사용하였다. 또한 대상자의 일상적인 움직임

을 측정하기 위해 가속도 센서를 내장하여 심전도와 함께 측정할 수 있도록 제작하였다.

그림 3은 일체형 바이오 단말기의 시스템 구성도이다. 이 장치는 심전도와 가속도 신호를 동시에 측정할 수 있도록 설계된 것으로, 애플기, 걷기, 뛰기와 같은 운동신호를 심전도와 동시에 측정하여 대상자가 어떤 상황에 있는지를 확인 할 수 있다.

그림 4(a)는 일체형 바이오 단말기를 구현한 것으로 생체신호 획득부, 생체신호 데이터 저장부, 데이터 전송부로 구성되어 있다. 이 장치는 마이크로컨트롤러, 3채널 심전도 계측증폭기, SD Card, 3축 가속도센서, CDMA모듈로 구성되어 있다. 마이크로컨트롤러에 입력된 신호는 A/D Conversion되어 SD Card에 기록되고, 이벤트 발생시 CDMA망을 통해 원격서버로 데이터를 전송하게 된다. 그림 4(b)는 원격의료서버의 화면으로서 센서 네트워크형 바이오 단말기에서 구현한 기능을 동일하게 수행한다. 그림 4(c)는 SMS가 송신 및 수신되고 있는 것을 나타내는 화면이다. 이 기능은 노약자나 만성질환자가 일체형 바이오 단말기를 통해 신속한 구조·구급서비스를 받을 수 있도록 구성된 것으로, 의료진 등이 원격의료서버로 전송되어온 심전도와 가속도의 파형을 확인한 후, 문제가 발생한 경우에 환자에게 응급 메시지를 전송하여 응급상황을 알려주는 역할을 할 것이다.

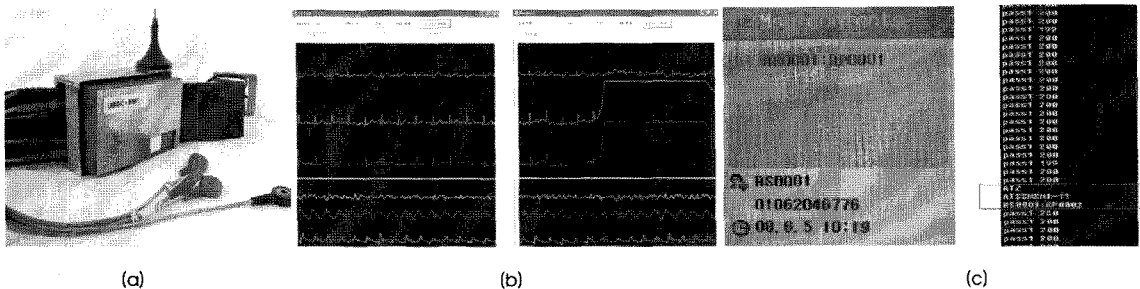


그림 4. 센서 일체형 바이오 단말기의 UBDC 구현 예. (a) 센서 일체형 바이오 단말기 (b) 원격의료서버 화면 (c) SMS 송신-수신 화면
 Fig. 4. Realization of sensor embedded type BMD by UBDC. (a) Sensor embedded type BMD (b) Remote server screen (c) SMS sending and receiving screen

IV. 고찰 및 결론

본 논문에서는 국내외적으로 활발히 연구 및 개발이 진행되고 있는 바이오 단말기 기술에 대하여 소개하였고, 휴대형진단치료기기개발센터(UBDC)에서 구현한 바이오 단말기에 대하여 서술하였다.

바이오 단말기는 휴대폰 및 PDA 폰을 통신단말장치로 사용하는 센서 네트워크형과 휴대폰망에 직접 연결되는 의료전용의 단말기 형태로 개발된 센서 일체형으로 구분된다. 이러한 단말기는 의료 정보 시스템의 일부 또는 의료기기로 사용되며, 의료정보적인 응용에서는 환자용, 의료진용 및 일반관리용이 있어서, 환자용의 경우 환자의 진료 예약, 투약 및 식이관리, 응급정보전달, 의료정보 조회, 운동처방관리에 사용된다[15]. 의료진용은 X-선 사진 조회, 피부질환 및 상처 영상 전송, 및 환자정보 실시간 조회 등에 사용되며, 일반관리용은 환자, 스태프, 의료장비의 위치추적 및 재고관리에 도 응용된다. 의료기기적인 응용에서는 휴대형, 착용형, 이식형, 부착형 생체신호 센서와 연결되어, 정보의 처리, 저장, 분석 및 원격서버로의 전송 등의 기능을 담당한다. 본 논문에서는 주로 의료 기기적인 측면에서의 바이오 단말기의 응용에 대해 소개한 것이다.

또한, UBDC에서 개발한 두 가지 형태의 바이오 단말기에 대해 서술하였다. 센서 네트워크형 바이오 단말기의 경우 항상 휴대 및 착용할 수 있는 형태로 구현되었고, 크기 및 중량을 최소화 시켜 개발되었다. 장치에서의 생체 신호 전송은 무선통신을 이용함으로써, 환자의 일상생활에서 구속을 주지 않도록 구현되었다. 그리고 생체 데이터를 지속적으로 모바일 폰으로 전송하는 경우 발생하는 폰의 배터리 문제를 해결하기 위해 SD Card를 이용하여 생체 데이터를 지속적으로 저장하고 있다가 이벤트 발생시 응급 데이터를 개인건강관리서버로 전송할 수 있도록 단말기를 구성하였다. 또한 개인건강관리서버를 PDA 폰으로 구성하여 일반 휴대폰에 비해 용이하게 개발할 수 있었다.

센서 일체형 바이오 단말기의 경우 사용자가 휴대폰이나 PDA 폰을 별도로 사용하지 않기 때문에 센서 네트워크형에 비해 간편하고 편리하다는 장점을 가지고 있으며, 24시간 이상 사용할 수 있도록 구현하였다.

이들은 일상생활에서 노약자나 만성질환자를 모니터링 할 수 있는 장치로 개발하는데 사용될 수 있을 것이며, 원격 의료서버는 환자의 상태를 지속적으로 모니터링하여 응급 상황에 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한, 구현된 장치의 크기와 중량은 보다 소형화해야 할 것이고, 이는 향후 기술적으로 해결할 수 있을 것으로 판단되며, 임상적인 신뢰도 향상 등의 문제는 추후 연구과제이다.

참고문헌

[1] T.S. Lee and J.H. Hong, "Wearable Biomedical Digital Assistant", *J. Telecommunications Review*, vol. 17, no. 2, pp.4-12, 2007.

- [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] J.H. Hong, N.J. Kim, E.J. Cha and T.S. Lee, "Development Brief of a Body Area Network for Ubiquitous Healthcare: An Introduction to Ubiquitous Biomedical Systems Development Center", *J. Biomedical Engineering Research*, vol. 26, no. 5, pp.331-335, 2005.
- [4] E. Jovanov, A. Milenkovic, C. Otto and P.C. de Groen, "A Wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation", *J. Neuro Engineering and Rehabilitation*, vol. 2, no. 6, pp.1-10, 2005.
- [5] K. Lorincz, D.J. Malan, T.R.F. Fulford-Jones, A. Nawoj, A. Clavel, V. Shnyder, G. Mainland, M. Welsh and S. Moulton, "Sensor networks for emergency response: challenges and opportunities", *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 3, no. 4, pp.16-23, 2004.
- [6] D. Konstantas and R. Herzog, "Continuous monitoring of vital constants for mobile users: the MobiHealth approach", *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Sept. 2003, pp.17-21.
- [7] A.V. Halteren, R. Bults, K. Wac, D. Konstantas, I. Widya, N. Dokovsky, G. Koprnikov, V. Jones and R. Herzog, "Mobile Patient Monitoring: The MobiHealth System", *J. Information Technology in Healthcare*, vol. 2, no. 5, pp.365-373, 2004.
- [8] N. Oliver and F. Flores-Mangas, "HealthGear: a real-time wearable system for monitoring and analyzing physiological signals", *Proceedings of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, April. 2006, pp1-4.
- [9] H.J. Hermie, M.M.R. Vollenbroek-Hutten, "Towards remote monitoring and remotely supervised training", *J. Electromyography and Kinesiology*, vol. 18 pp.908 - 919, 2008.
- [10] J.H. Hong, E.J. Cha and T.S. Lee, "Evaluation of CDMA Network Based Wireless 3 Channel ECG Monitoring System", *J. Biomedical Engineering Research*, vol. 29, no. 4, pp.295-301, 2008.
- [11] U. Anliker, J.A. Ward, P. Lukowicz, G. Troster, F. Dolveck, M. Baer, F. Keita, E.B. Schenker, F. Catarci, L. Coluccini, A. Belardinelli, D. Shklarski, M. Alon, E. Hirt, R. Schmid and M. Vuskovic, "AMON: a wearable multiparameter medical monitoring and alert system", *IEEE Transactions on Information Technology In Biomedicine*, vol. 8, no. 4, pp.415-427, 2004.
- [12] Available at: <http://www.mobilalarm-eu.org>. Accessed Jun 15, 2009.
- [13] J.H. Hong, E.J. Cha and T.S. Lee, "Performance Evaluation of Wearable Biomedical Signal Measurement Terminal", *Proceedings of International Conference on uHealthcare 2008: Biomedical Engineering for u-Healthcare*, Oct. 2008, pp.144-147.
- [14] Available at: <http://www.healthpia.com>. Accessed Jun 15, 2009.
- [15] theMobileHealthCrowd, "101 Things to do with a mobile phone in healthcare", Available at: <http://www.themobilehealthcrowd.com>. Accessed Jun 15, 2009.