
U-헬스케어를 위한 패치형 체온 측정 시스템

김현중* · 양현호**

Patch Type Body Temperature Measurement System for Ubiquitous Healthcare

Hyun-joong Kim* · Hyun-ho Yang**

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0025460)

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 발전과 함께 의료와 접목되어 시간과 공간에 구애받지 않고 언제 어디서나 건강관리를 받을 수 있는 새로운 형태의 의료서비스인 u-헬스케어가 많은 관심을 받고 있다. u-헬스케어를 실현하기 위해서는 일상생활 중 안정적인 생체정보 모니터링이 필수적이며 사용자를 구속하지 않으면서 생체정보를 간편히 측정할 수 있는 생체정보 측정 모듈이 연구되고 있으며 이를 통해 생체정보를 모니터링 하고자 하는 시도들이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 u-헬스케어를 위한 무선센서네트워크 기반의 소형, 경량의 온도 센서노드를 제작하고 패치 형태로 신체에 부착하여 사용자의 활동에 불편함이 없이 실시간으로 체온을 측정하고 모니터링하여 이를 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

ABSTRACT

With the advancement of ubiquitous computing technology, u-Healthcare (i.e. ubiquitous health care), is regarded as a key application for information society, which provides health management service at anytime in anywhere. To implement u-Healthcare system, it is essential to monitor stable biological information in daily life. In this paper, we proposed a small size, light weight, patch type real time temperature monitoring system based on wireless sensor network (WSN) technology to monitor patients' body temperature without any inconvenience of activity.

키워드

유비쿼터스 헬스케어, 무선센서네트워크, 패치형 센서노드, 모니터링 프로그램

Key Word

u-Healthcare, Wireless Sensor Network, Patch Type Sensor node, Monitoring Program

* 준회원 : 군산대학교 정보통신공학과

접수일자 : 2011. 02. 17

** 정회원 : 군산대학교 정보통신공학과 (교신저자, hhyang@kunsan.ac.kr)

심사완료일자 : 2011. 03. 07

I. 서론

최근 삶의 질이 향상되고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 유비쿼터스 기술과 의료를 접목한 u-헬스케어(Ubiquitous Healthcare)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. u-헬스케어란 공간적, 시간적 제약에 구애받지 않고 생활공간에서 다양한 의료 센서 및 기기를 통해 수집된 생체 정보와 환경 정보를 기반으로 어디서나 의료 피드백을 받을 수 있는 새로운 형태의 의료 서비스이다[1].

u-헬스케어는 일상생활 중 건강과 질병에 관련된 생체정보를 간편하게 측정할 수 있는 초소형 센서들이 개발되고, 블루투스, 지그비 등과 같은 근거리 무선통신기술과 스마트폰과 같은 이동통신기의 발전으로 언제 어디서나 손쉽게 네트워크에 접속할 수 있는 환경이 구축되면서 다른 유비쿼터스 응용 분야와는 달리 상용화 서비스가 가장 빠르게 진행되고 있으며 홈 헬스케어, 모바일 헬스케어, 헬스케어 웨어러블 시스템, 헬스케어 디바이스를 중심으로 연구가 활발히 이루어지고 있다[2]. u-헬스케어는 기본적으로 인체의 생체정보인 체온, 심전도, 호흡, 폐음 심음, 근전도, 뇌파, 혈당, 체중, 혈압 등을 일상생활에서 안정적으로 측정하는 것이 필수적으로 요구되며 사용자를 구속하지 않으면서 간편하게 생체정보를 측정할 수 있는 의복, 모자, 벨트, 장갑, 시계 등과 같은 다양한 형태의 생체정보 측정 디바이스가 개발되고 있다.

본 연구에서는 인체의 가장 기본적인 생체 신호인 체온을 이용하여 신생아, 노인, 기타 의료 환자 등에 응용할 수 있는 무선센서네트워크 기반의 패치형 체온 측정 시스템을 설계 및 구현하였다. 본 시스템은 측정된 체온을 무선으로 전송할 수 있는 소형, 경량의 온도 센서노드를 제작하여 패치형태로 인체에 부착할 수 있도록 설계하였으며 사용자의 활동에 불편함이 없이 실시간으로 체온을 측정하고 모니터링 할 수 있도록 하였다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구로써 유비쿼터스 헬스케어에 대해 보다 자세히 기술하였으며 생체신호로써 체온의 측정과 관리에 대한 중요성에 대해 설명하였다. 3장에서는 패치형 체온 측정 시스템에 대한 구조와 센서노드 하드웨어 플랫폼의 구현, 센서노드 운용을 위한 소

프트웨어 설계 및 실시간 체온 모니터링 프로그램에 대해 기술하였다. 4장에서는 실험을 통하여 시스템의 성능 평가를 하였으며 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 제시하였다.

II. 관련연구

2.1. u-헬스케어 서비스

u-헬스케어는 그림 1과 같이 인체의 여러 가지 생체정보를 측정할 수 있는 생체정보 측정 단말과 측정된 생체정보를 다양한 유무선 통신기술을 이용하여 전송하는 네트워크, 전송된 정보를 수집 및 운영하고 이를 분석하여 다양한 건강 및 질병을 관리하는 정보처리 시스템, 의료 시스템과 연계하여 사용자에게 다양한 형태의 서비스를 제공하는 응용서비스로 구성된다[3].

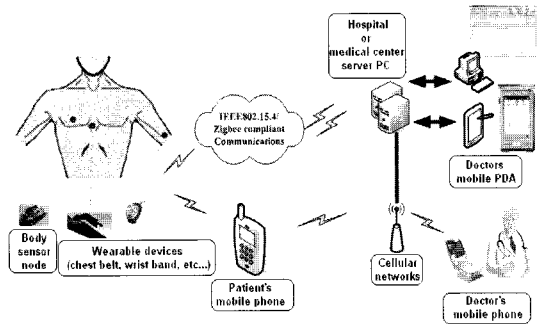


그림 1. u-헬스케어의 구성
Fig 1. Architecture of u-Healthcare system

u-헬스케어와 관련한 국외 연구로 유럽연합에서 추진하고 있는 **MobiHealth** 프로젝트는 고위험도의 임산부, 만성 질환자, 심장 질환자 등을 대상으로 일상생활 속에서 지속적인 환자 모니터링을 통해 질병 판단 및 예측, 응급상황에 대처 등의 서비스를 제공하는 플랫폼과 비즈니스 모델에 관한 연구를 진행하고 있다[4]. 또한 암, 신생 질병의 집중 치료를 받은 후, 퇴내에서 원격 모니터링 및 진단 서비스를 받는 지속적인 의료 케어 (MCC) 프로젝트가 진행 중에 있다[5]. 국내에서는 한국 전자통신연구원에서 바이오서즈, 바이오 패치와 같이 u-헬스케어를 위한 웨어러블 디바이스에 대한 연구가

활발히 이루어지고 있다[5]. 바이오 셔츠에는 전도성 섬유로 제작된 전위센서가 내장되어 있어, 이를 통해 심전도를 측정할 수 있으며 바이오 패치는 몸에 직접 부착하여 심전도를 측정하고 3축 가속도 신호를 측정해 속도, 운동량, 활동량을 측정할 수 있다.

2.2. 유비쿼터스 헬스케어 위한 생체 신호

인간의 몸속에는 많은 기관이 있으며 이러한 기관은 고유의 신호를 생성한다. 생체신호는 관찰 하고자 하는 생체기관으로부터 얻어지는 신호로서 이러한 신호를 이용하여 몸 상태를 검진 및 진단을 할 수 있다. 대표적인 생체신호로는 심전도, 호흡, 혈당, 체온, 맥파, 혈압 등이 있으며 본 연구에서는 가장 기본적이며 중요한 신호인 체온을 이용한 u-헬스케어 방법을 제안한다.

일반적으로 인체는 36.5℃~37.5℃의 온도를 유지하며 흔히 말하는 체온은 체내 온도 즉, 심부체온을 말한다. 표피체온은 대기온도, 습도, 바람, 의복에 따라 변하지만 심부체온은 일정하다. 체온은 겨드랑이, 구강, 고막, 직장에서 측정하며 정확한 심부체온을 측정하기 위해서는 직장 부위에서 측정을 시도한다[6]. 보통 겨드랑이와 고막부위에서 체온을 측정하며 표 1은 측정 부위와 연령에 따른 정상체온 범위를 나타낸 것이다.

표 1. 측정 부위와 연령에 따른 정상체온 범위
Table 1. Range of Normal Body temperature

측정 부위	범위	연령	범위
겨드랑이	34.7~37.3℃	0~2세	36.4~38.0℃
구강	35.5~37.5℃	3~10세	36.1~37.8℃
고막	35.8~38.0℃	11~65세	35.9~37.6℃
항문	36.6~38.0℃	65세 이상	36.8~37.5℃

III. 패치형 체온 측정 시스템

3.1. 패치형 체온 측정 시스템의 구조

본 연구에서 제안하는 무선센서네트워크 기반의 패치형 체온 측정 시스템의 전체 구조는 그림 2와 같다. 시스템은 체온을 측정하는 소형의 온도 센서노드(Temperature Sensor Node)와 무선으로 전송되는 신호의

수신을 위한 싱크 노드(Sink Node), 그리고 측정 신호를 모니터링하기 위한 호스트 컴퓨터(Host Computer)로 구성된다.

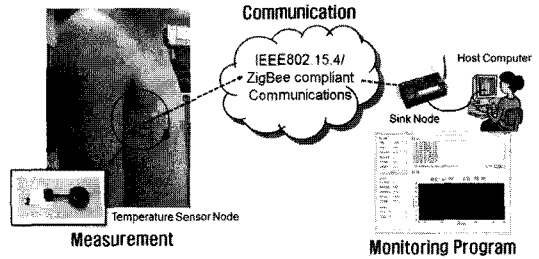


그림 2. 패치형 체온 측정 시스템의 구조
Fig 2. Architecture of Patch-type Body Temperature Measurement System

체온 측정은 다음과 같이 이뤄진다. 온도 센서노드는 패치형태로 겨드랑이이나 기타 체온 측정 가능부위에 부착되며 센서노드는 센싱되는 체온을 일정 시간마다 무선으로 싱크노드에 전송한다. 사용자는 싱크노드와 연결된 호스트 컴퓨터를 통하여 수집된 신호를 실시간으로 모니터링하여 상황에 따라 적절한 조치를 취할 수 있도록 하였다.

3.2. 센서노드 하드웨어 플랫폼의 구현

그림 3은 센서노드의 하드웨어 플랫폼 블록 다이어그램을 나타낸 것으로 인체에 부착하였을 때 움직임이 불편하지 않도록 소형, 경량화에 초점을 두었다. 소형화 설계에는 PCB에 부착되는 부품의 크기가 중요한데, 본문에서는 이를 위해 프로세서와 RF 트랜시버, 메모리 등을 하나의 칩으로 구현하는 SoC(System-on-Chip) 솔루션을 이용하였다.

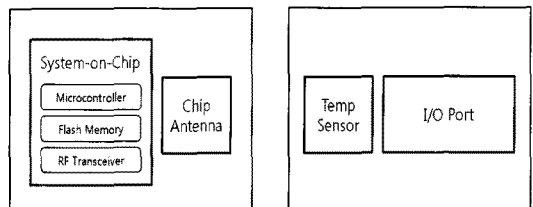


그림 3. 하드웨어 플랫폼 블록 다이어그램
Fig 3. Hardware Platform Block Diagram

설계에 사용된 SoC는 TI사의 CC2430F128[0] 모델로 IEEE 802.15.4 표준을 지원하는 2.4GHz RF 트랜스시버, 8비트 8051 저전력 MCU, 128Kbyte 플래시 메모리, 8KB RAM등을 단일칩으로 하며 7mm×7mm의 초소형으로 설계에 있어서 최적의 환경을 제공하였다[7]. 또한 중요한 구성요소인 온도 센서는 실리콘 타입의 SHT11(센서리온) 온/습도 센서를 선택하였으며 이는 적외선을 이용하는 방식의 센서에 비해 크기가 작고 저렴하며 교정되어 판매하므로 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있기 때문이다. SHT11[0]은 7.4mm×4.9mm의 크기에 접촉식 디지털 출력형 온/습도 센서로 뛰어난 성능과 안정성을 특징으로 한다.

그림 4는 최종적으로 구현된 센서노드의 상위층(Top Layer)과 하위 층(Bottom Layer)을 나타낸 것이다. 전체적인 크기는 33mm×14mm이며 상위층에는 CC2430 SoC와 32MHz 크리스탈, 수동소자 및 통신을 위한 칩 안테나가 탑재되어 있는 것을 볼 수 있으며 하위 층에는 SHT11 온/습도 센서와 안정적인 전압 공급을 위한 레귤레이터, 32.768KHz 크리스탈 및 소스 포팅을 위한 I/O 핀이 탑재되어 있는 것을 볼 수 있다.

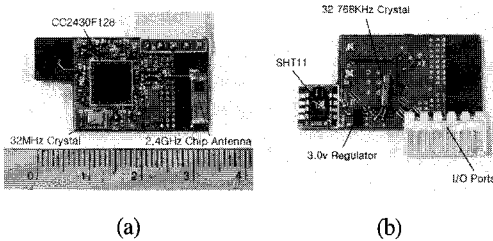


그림 4. 구현된 온도 센서노드
(a) 상위 층 (b) 하위 층
Fig 4. Implemented Temperature Sensor Node
(a) Top Layer (b) Bottom Layer

3.3. 응용 프로그램

본 논문에서는 센서노드의 동작을 위해서 TinyOS를 탑재하였으며 역할에 따라 싱크노드와 온도 센서노드로 나누어 프로그래밍 하였다. 싱크노드는 온도 센서노드에서 보내진 데이터를 취합하여 호스트 컴퓨터로 전송하는 기능을 하며 온도 센서노드는 인체로부터 체온을 센싱하고 데이터 패킷에 노드 아이디, 배터리 잔량, 온도 값, 습도 값, RSSI, LQI를 실어 싱크노드로 전송하

는 기능을 한다. 그림 5(a)와 (b)는 각각, 온도 센서노드와 싱크노드의 메인 함수에 사용된 컴포넌트들의 구성 및 동작 흐름을 나타낸 것으로 역할 별로 설명 하면 다음과 같다.

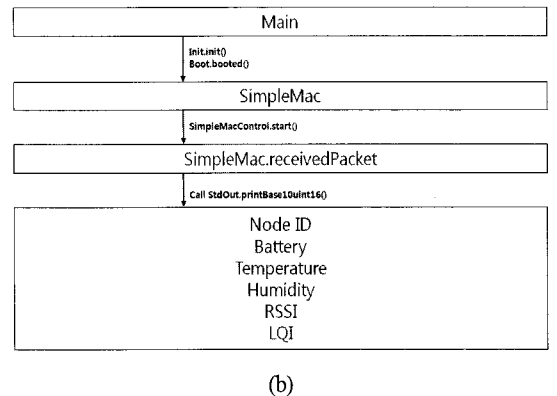
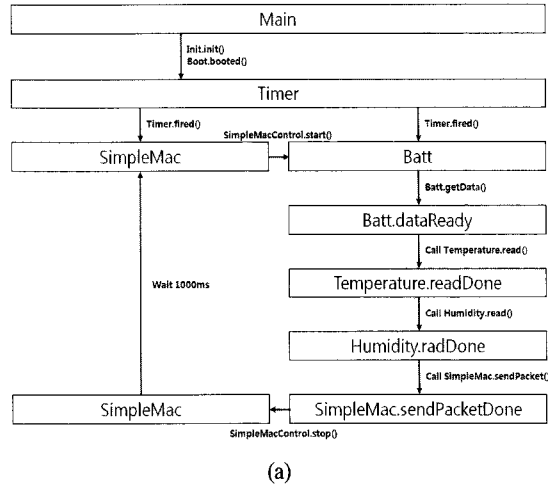


그림 5. 컴포넌트의 구성 및 동작 흐름
(a) 온도 센서노드 (b) 싱크노드
Fig 5. Components and Operation Flow
(a) Temperature Sensor Node (b) Sink Node

온도 센서노드는 10초 단위로 타이머가 만료되어 발생하는 오버플로우 이벤트에 의해 통신 및 센싱이 수행 되도록 하였다. 초기화 과정을 거쳐 센서노드가 부팅이 되면 첫 번째로 SimpleMac 컴포넌트에 의해 CC2430의 RF 제어가 이루어지며 싱크노드 역시 같은 과정을 거치게 된다.

다음으로 배터리 잔량 체크를 위한 `Batt.getData()` 함수가 호출되고 그림 5(a)에 나타난 흐름을 거쳐 싱크노드로 패킷 전송을 완료하면 RF 컴포넌트를 오프시킴으로써 전력소모를 줄일 수 있도록 하였다.

싱크노드는 타이머를 사용하지 않으며 데이터 수신 이벤트가 발생할 때마다 `StdOut.print()` 함수를 호출하여 호스트 컴퓨터에 UART 전송을 할 수 있도록 하였다.

싱크노드와 호스트 컴퓨터는 UART 통신을 하기 때문에 시리얼 통신 프로그램을 사용하면 데이터 확인이 가능하다. 하지만 가공되지 않은 패킷이 전송되기 때문에 이를 실제 값으로 변환하고 사용자에게 직관적으로 전달하기 위해 본 연구에 적합한 모니터링 프로그램을 구현하였으며 그림 6과 같다. 응용 프로그램은 GUI를 위해 C#으로 프로그래밍 하였으며 노드 아이디, 배터리 잔량, 신호 세기, 링크 품질, 체온, 습도를 사용자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 하였다.

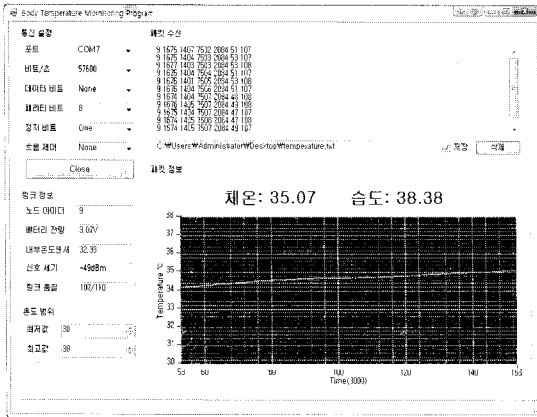


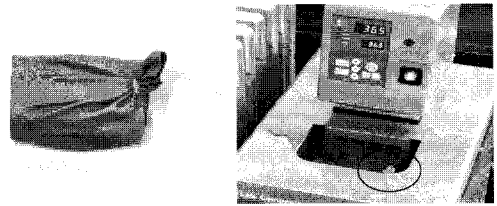
그림 6. 체온 모니터링 프로그램의 GUI
Fig 6. GUI of Temperature Monitoring Program

IV. 실험 및 성능 평가

4.1. 보정

본 연구에서는 센싱된 온도 값의 정확도 평가와 측정 값의 보정을 위해 그림 7과 같이 저온 순환 수조 (Refrigerating Bath Circulator, JEIO TECH) 실험을 실시하였다.

그림 7의 (a)는 온도 센서노드를 실리콘으로 패키징 한 모습으로 안정된 전력 공급을 위해 알카라인 건전지 (1.5V 1500mAh, Duracell) 2개를 연결하였으며 (b)와 같이 저온 순환 수조에 넣고 34.5°C~37.5°C의 범위에서 0.5°C씩 변화시키며 센싱된 값을 싱크노드로 전송하도록 하였다.



(a) (b)

그림 7. 저온 순환 수조에서의 온도 측정 실험
(a) 실리콘 패키징 (b) 저온 순환 수조
Fig 7. Calibration Using Refrigerating Bath Circulator
(a) Silicon Packaging (b) Refrigerating Bath Circulator

그림 8은 각 기준 온도 별로 측정된 300개의 Raw 값을 제조사에서 제공하는 식(1)을 통해 실제 값으로 변경한 후 그래프로 나타낸 것이다.

$$Temp = Raw * 0.01 - 40 \tag{1}$$

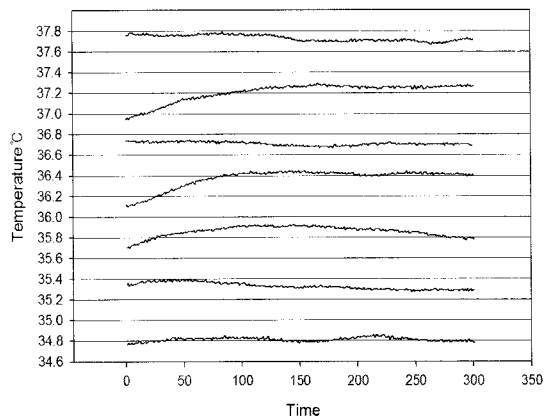


그림 8. 식(1)을 사용하여 변환한 값
Fig 8. Converted Values Using Eq.(1)

그림 8에 나타난 것과 같이 기준 온도에 비하여 평균적으로 0.38℃ 낮게 측정 되었으며 이를 보정하여 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Temp = (Raw * 0.01 - 40) + k \quad k = 0.38 \quad (2)$$

4.2. 체온 측정 실험 및 성능 평가

체온 측정 실험에 앞서 실험 후의 데이터와 비교를 위해 시중에 판매되는 껏속형 적외선 체온계(TB-100, 휴비딕)와 의료용 디지털 체온계(MT1681, Microlife)로 실험자의 껏속과 겨드랑이를 측정하였으며 각각 36.0℃와 35.8℃를 가리켰다. 그림 9는 체온 측정 실험을 위해 패치를 실험자의 겨드랑이에 부착한 모습으로 온도 센서노드에는 전력 공급을 위해 소형의 코인 배터리(CR2450, 650mAh, 파나소닉)를 장착하였다.

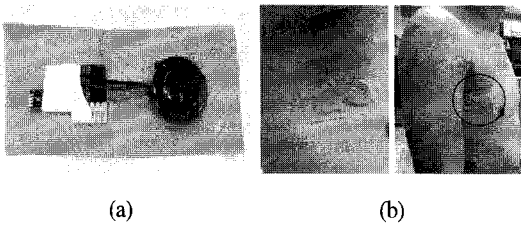


그림 9. 패치를 겨드랑이에 부착한 모습
(a) 체온 측정을 위한 패치 (b) 부착 모습

Fig 9. Patched sensor Node
(a) Sensor Node with Patch (b) Patched Sensor

실험은 상온 22℃의 실내에서 실시하였고 실험자가 실내 공간에서 자유롭게 이동할 수 있도록 하였으며 10초마다 싱크노드로 센싱된 체온을 전송하도록 하였다. 그림 10은 측정된 1000개의 패킷을 식(2)를 통하여 변환한 후 그래프로 나타낸 것이며 표 2는 앞서 상용체온계로 측정한 체온과의 비교이다.

그림 10에 보이는 것처럼 열평형상태를 이루기 위해서는 시간이 필요하며 그 후 측정값이 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다.

표 2에 나타난 실험값은 열평형상태를 이룬 후의 값들을 평균한 것으로 껏속형 적외선 체온계와는 0.18℃, 의료용 디지털 체온계와는 0.02℃의 차이를 보이며 높은 정확도를 얻을 수 있었다.

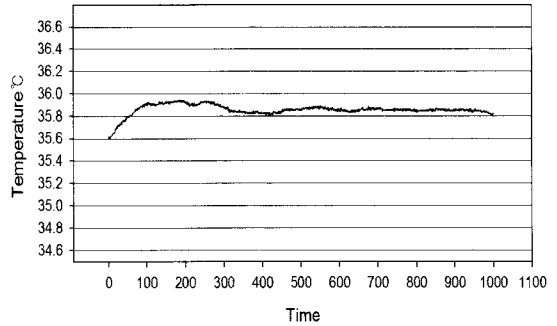


그림 10. 식 (2)를 통하여 변환한 값
Fig 10. Converted Values Using Eq.(2)

표 2. 상용 체온계로 측정한 체온과의 비교
Table 2. Comparison of measured Values

측정 부위	측정 값(℃)	실험 값(℃)	차이(℃)
껏속형	36	35.82	0.18
의료용	35.8		0.02

V. 결론

본 논문에서는 u-헬스케어에 위한 무선센서네트워크 기반의 패치형 체온 측정 시스템을 설계 및 구현하였다. 그동안 연구된 u-헬스케어 서비스는 심전도, 산소포화도, 혈압 등의 생체신호를 이용하는 것이었지만 이 같은 기술들은 비교적 부피가 큰 장비를 이용하므로 착용의 편리함이나 착용감에 있어 거리가 있었다. 본 연구에서는 SoC(System-on-Chip)를 이용하여 인체에 부착할 수 있는 소형의 센서 노드를 패치형태로 제작하였으며 사용에 불편함이 없도록 하였다. 또한 측정 신호의 정확도를 높이기 위해 저온 순환 수조 실험을 실시하였으며, 기준 온도 값에 따라 변화되는 측정값을 얻고 오차 범위에 따른 상수 값을 이용하여 껏속형 적외선 체온계와는 0.18℃, 의료용 디지털 체온계와는 0.02℃ 차이의 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 모니터링 프로그램으로는 C#을 이용하여 GUI 환경을 구축하였으며 체온뿐 아니라 배터리 잔량, 신호 세기, 링크 품질, 습도의 정보를 사용자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 구현하였다.

본 연구에서 설계 및 구현한 패치형 온도 센서노드는 실제 환경에서 상용 체온계와 근사한 체온 측정 성능을 보였지만 다음과 같은 몇 가지 개선이 필요한 부분이 있다. 센서 노드의 케이스 제작을 통하여 사용자의 이질감을 줄이고, 호스트 컴퓨터에서의 1차적인 정보 수집이 아닌 인터넷, 모바일 등을 통한 모니터링과 정보 처리 및 관리, 원격 진료 등의 다양한 형태의 서비스를 제공할 수 있는 시스템 구축에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 박찬용, 임준호, 박수준, “유헬스케어 표준화 기술 동향”, 전자통신동향분석, 제25권, 제4호, 2010.
- [2] 김승환, “유비쿼터스 헬스케어를 위한 생체신호 모니터링 기술”, IT SoC Magazine, 2008.
- [3] Raghavendara V. Kulkarni, “Computational Intelligence in Wireless Sensor Networks”, IEEE, Issue:99, 2010.
- [4] 김경호, “유비쿼터스 헬스케어와 IT의 접목”, 임베디드 월드, 2008.
- [5] 손미숙, “u-Health 서비스 지원을 위한 웨어러블 시스템”, 전자통신동향분석, 제21권, 제3호, 2006.
- [6] 체온에 따른 신체 변화, <http://blog.daum.net/i2free/94>
- [7] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2430.html>

저자소개



김현중(Hyun-Joong KIM)

2009년 군산대학교
전자정보공학부(공학사)
2009년 ~ 현재 군산대학교
정보통신공과
(공학석사과정)

※ 관심분야: 무선 센서 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅



양현호(Hyun-ho Yang)

1986년 광운대학교 전자공학과
(공학사)
1990년 광운대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)

2003년 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학박사)
1989년 ~ 1990년 삼성 SDS 주식회사
1991년 ~ 1997년 포스데이타 주식회사
1997년 ~ 2005년 순천청암대학
2005년 ~ 현재 군산대학교 정보통신공학과
※ 관심분야: 무선 데이터통신, Ad Hoc 네트워크, 무선
센서망