

---

# 비데용 유비쿼터스 헬스케어 모듈 개발

한영오\*

Development of the ubiquitous health care module for a bidet

Young-Oh Han\*

요 약

본 연구에서는 가정에 널리 보급되어 있는 비데에 장착하여 체지방 및 심박동수·혈중산소포화도를 측정할 수 있는 모듈을 개발하였다. 또한 노인, 만성피로환자, 심장질환자, 과도한 업무종사자 등의 사용자들이 일상생활에서 체지방·혈중산소포화도·평균심박동수 등의 모니터링을 통하여 건강상태를 확인하고, 급작사를 예방할 수 있도록 비데에 장착될 수 있는 구조로 모듈을 제작하였다.

## ABSTRACT

In this paper, the module which can measure body fat, heart rate and SpO<sub>2</sub> has been developed for being mounted on widespread bidets in the home. This module was manufactured by a structure that can be mounted on a bidet, users such as elderly, patients with chronic fatigue, heart disease and overworked workers checking their health status in every life through monitoring their body fat, heart rate and SpO<sub>2</sub> and preventing of sudden death.

## 키워드

bidet, SpO<sub>2</sub>, PPG, body fat, U-health care

비데, 혈중산소포화도, 광적용적맥파, 체지방, 유비쿼터스 헬스케어

## 1. 서론

세계적으로 고령화 사회의 가속과 경제 발전에 따라 유비쿼터스 헬스케어(Ubiquitous Healthcare) 시스템에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있는데, 유비쿼터스 헬스케어 시스템이란 무선인터넷과 단말기를 생체계측기와 치료기에 융합시켜 시간적·공간적 제약 없이 환자의 질병 및 건강관리가 가능한 시스템을 말하는 것으로서 기존의 생체계측기와 치료기의 크기와 중량을 최소화하여 사용자가 항상 휴대함으로써 언제·어디서나 편리하게 사용 가능한 시스

템을 말한다[1][2].

최근 세계적으로 식생활 변화, 환경 악화 등으로 비만 및 심장질환 환자가 빠른 속도로 증가하고 있고, 이로 인해 현대인들의 건강에 큰 문제점으로 대두되고 있는 실정이다. 비만에 의한 만성퇴행성질환이 급증하고 있고, 심혈관계 질환은 예상하지 못한 때에 급속하게 발병하며 따라서 지속적인 분석, 예방, 조기 치료가 매우 중요하다.

가정용 비만 측정 기술 동향을 살펴보면, 주로 BIA(Bioelectric Impedance Analysis : 생체 전기 임피던스 분석법) 기술을 사용한다. 전류는 인체 내에서

---

\* 남서울대학교 전자공학과 교수(youngoh@nsu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 06. 30

심사(수정)일자 : 2012. 07. 26

게재확정일자 : 2012. 08. 09

수분을 포함한 조직을 통하여 흐르는데, 이러한 원리를 이용하여 전기적인 방법으로 체수분을 측정하는 방법이다. 이 방법은 인체에 약한 교류 전류 신호를 보낼 때 전기는 전도성이 높은 체수분을 따라 흐르며, 수분의 많고 적음에 따라 전기가 흐르는 통로의 넓고 좁음이 결정되는데, 이를 임피던스라는 측정치로 나타내고, 이 임피던스를 기본으로 하여 준비된 수식을 통하여, 각 부위별 체성분(예를 들면, 체지방, 근육, 등)을 측정하는 분석방법이다. BIA 기술 관련특허를 많이 출원하고 있는 국내 회사로서는 (주)바이오스페이스가 대표적이고, 최근에는 이미 공지되어 있는 BIA 기술을 최대한 활용하여, 그 세부적인 변형이나, 다른 기술과의 조합을 통하여 보다 정밀한 측정기술을 개발하고 있으며 보다 간편하게 생활 속에서 이용 가능하도록 다양하게 변형시키는 연구가 진행 중에 있다.

SpO<sub>2</sub>(혈중산소포화도) 측정 장치는 1990년대 이후 세인전자, 바이오시스, 유니온메디칼, 바이오넷, MEK, 케이티메드 등 국내 10개 업체에서 다채널 환자감시 장비의 한 부분으로, 혹은 단일 제품으로 개발하여 판매하고 있는 실정이나 휴대용으로 사용할 수 있는 기술개발은 미미한 수준으로 아직까지는 국내 기업들이 휴대용 SpO<sub>2</sub> 측정기술 개발을 하지 못하고 있는 실정이다. 반면에 선진국에서는 요즘 어떤 환자에게도 측정 가능한 기술 및 초소형화 하여 PDA에 인터페이스 하거나 Spot Checker-용 및 24시간 이상의 지속적으로 모니터링 할 수 있는 손목착용 형태의 제품 개발이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 가정에 널리 보급되어 있는 비데에 장착하여 체지방 및 심박동수·혈중산소포화도를 측정할 수 있는 모듈을 개발하였다. 또한 노인, 만성피로환자, 심장질환자, 과로한 업무종사자 등의 사용자들이 일상생활에서 비만·혈중산소포화도·평균심박수 등의 모니터링을 통하여 건강상태를 확인하고, 돌연사를 예방할 수 있도록 비데에 장착될 수 있는 구조로 모듈을 제작하였다.

## II. 체지방 및 SpO<sub>2</sub> 측정 모듈

무독성 PVC, Plastic, Rubber 등, 금속성전극은 거울에 전극의 냉기로 사용자에게 온도충격을 줄 수 있어

이를 보완하기 위한 전도성 플라스틱 전극을 이용하여 비데부착 전도성 특수 전극 개발하였다. 생체적합성의 물질과 의료기기로써 생체적합성 시험에 결격사유가 없는 물질로 설계하였다. 그림 1과 같은 4점접전극 방식은 사용자의 체성분 분석을 위한 생체임피던스를 측정하는데 보다 정확한 측정을 위해 전류를 흘리는 전극과 센싱하기 위한 전극을 달리 두는 방식으로, 이 방식은 전극과의 접촉저항 및 측정보드와 전극연결선의 손실 등을 보상할 수 있다. 또한 비데사용자가 무의식적으로 사용될 수 있도록 변기의 둔부 접촉면에 전극을 장치하여 측정할 수 있도록 개발하였다.

본 연구에서는 체지방을 측정하기 위하여 생체전기 임피던스 분석법을 적용하였다[3]. 이 방법은 인체에 약한 교류 전류 신호를 보낼 때 전기는 전도성이 높은 체수분을 따라 흐르며, 수분의 많고 적음에 따라 전기가 흐르는 통로의 넓고 좁음이 결정되는데, 이를 임피던스라는 측정치로 나타내고 이 임피던스를 기본으로 하여 준비된 수식을 통하여, 각 부위별 체성분을 정하는 분석방법이다. 생체전기 임피던스 측정분석법(BIA)을 적용한 체성분 측정 회로 설계는 그림 2와 같이 6개 부분으로 구성하여 개발하였다.

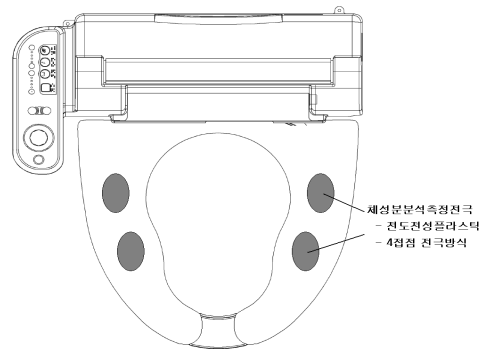


그림 1. 비데장치에 4점접 전극 부착도  
Fig. 1 4 contacts electrode adhesion on Bidet

체지방 측정모듈의 설계내역은 다음과 같다.

### - 전류 출력 회로

- 일정한 전류를 계속 흐르게 하기 위해 정전류를 사용

- 50kHz, 500 $\mu$ A의 교류 전류를 인가
- 저역 통과 필터
  - 50kHz 이상의 주파수를 차단함
  - 주파수 50kHz 이하의 전류는 세포외액을 통과하며, 100kHz 이상의 전류는 세포내 외액과 조직을 통과함
- 증폭 회로
  - 전극에서 측정된 신호를 증폭
  - 검파회로를 통하여 아날로그 신호로 마이컴에 전달.
- 마이컴 및 주변회로
  - BIA를 이용한 4전극법으로 측정된 신호를 식으로 계산
  - LCD을 이용한 Display
  - 펄스 파형을 이용하여 주파수 출력
  - TBW(체수분) 및 LBM의 연산방법
    - 남자 경우 :  $TBW = \frac{LBM}{0.68}$
    - 여자 경우 :  $TBW = \frac{LBM}{0.749}$
    - LBM = 체중 - BFM(체지방량)
  - 체지방량 BFM의 연산방법
    - BFM = (체중 $\times$ 체지방율)/1000
- 통신회로
  - RS-232(MAX232) Level with UART
  - Baud-Rate 115200bps
  - 8 Data bit
  - 1 Stop bit
  - no parity bit
- 전원 회로
  - 비데전원 I/F 설계 및 제작

SpO<sub>2</sub> 측정은 혈관 속에 산소 공급에 주요한 역할을 하는 산소 헤모글로빈과 환원 헤모글로빈을 통해 인체의 산소 공급을 모니터링하는 기술로써, 두 개의 파장을 이용하여 산소 헤모글로빈과 헤모글로빈의 흡수 계수를 통해 PPG(Photo Plethysmo Graphy : 광적용적맥파) 신호를 측정하는 기술이다[4]. 본 연구에서는 산소 헤모글로빈과 환원 헤모글로빈이 적색광 영역(650~750nm)과 적외광 영역(850~1000nm)에서의 흡수특성이 서로 바뀌기 때문에 적색 발광소자(Red

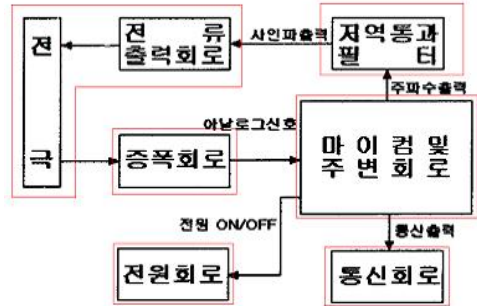


그림 2. 체지방 측정모듈 블록선도  
Fig. 2 Body fat measuring module block diagram

LED)와 적외 발광소자(Infrared LED)를 사용하여 구현하였다. SpO<sub>2</sub> 및 PPG 측정을 위한 모듈 회로설계 내역은 다음과 같다[5].

- 전류구동(current driver) 회로는 2개의 LED(파장 660nm와 900nm 적용)를 구동하기 위한 LED 구동 제어 부분과 광량을 조절하기 위한 전압레벨의 신호를 일정한 전류신호로 바꾸어 주기 위한 회로 설계
- 각각의 IR, RED LED에 흐르는 전류를 DAC로 제어
- 마이컴은 DAC 출력을 가변시켜 프로브의 광 다이오드에 가해지는 전류의 양을 제어하도록 설계 (사람마다 광의 투과도가 다르기 때문에 인체에 가해지는 광량 조절)
- 효과적인 신호를 검출을 위해 ADC를 통해 읽어 들인 DC 레벨을 DAC 제어로 IR과 RED을 같은 레벨로 일치시킴
- 손가락을 투과한 수광된 PPG 신호는 차동C-V 증폭기(differential C-V amplifier) 부분을 통해 증폭된 신호로 받게 되고, 이 신호를 IR과 RED 각각의 신호로 분리하면서 멀티플렉서를 사용하여 주변 신호(ambient signal) 제거
- 주변 신호 제거 후, 저역통과필터를 사용하여 노이즈 제거

그림 3은 SpO<sub>2</sub> 및 PPG 측정 모듈의 회로 구성도이다. 노이즈가 제거된 신호를 고해상도 ADC를 통해

데이터를 읽어 들이고, 버퍼에 저장한다. 버퍼에 저장된 데이터는 고주파 잡음이 혼입되어 있을 수 있으므로 8포인트 이동평균필터(moving average filter)와 미디언 필터를 적용하여 스파이크 잡음을 제거한다. AC 신호를 미분하여 zero-crossing 포인트를 찾아내고 문턱치를 적용하여 피크를 검출한다. 찾아낸 피크-피크 간의 카운터 값을 이용하여 맥박수를 계산하고 버퍼에 입력하여 맥박수 표시를 안정화한다. 그 다음, AC 신호의 피크로부터 투과된 적색광과 적외광의 양을 표준화한 비율 R을 식 (1)로, 산소 포화 농도는 식 (2)를 이용하여 연산한다. 이 때 오차를 보정한 룩업 테이블을 사용하여 정확한 값을 계산한다. (여기서 K, M은 상수)

$$R = \left( \frac{AC_R}{DC_R} \right) / \left( \frac{AC_{IR}}{DC_{IR}} \right) \quad (1)$$

$$\%SpO_2 = K \times ratio(R) + M \quad (2)$$

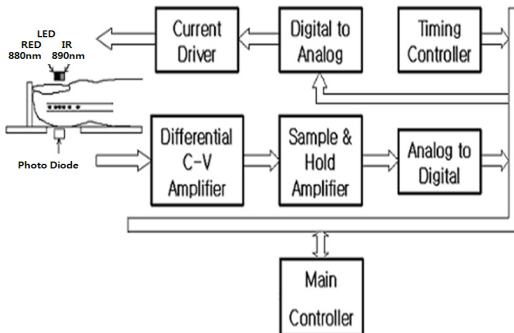


그림 3. SpO<sub>2</sub> 측정 모듈 구성도  
Fig. 3 SpO<sub>2</sub> measuring module diagram

그림 4는 획득된 PPG 신호로부터 피크검출을 통한 심박동수 측정과정을 나타낸다. 그림 4(c)의 상단의 신호는 추출된 PPG 신호를 하단은 PPG 신호를 식 (3)과 같이 5차 미분 후 제공한 후, 식 (4)로 3차 이동평균 필터링된 신호이며 문턱치를 이용하여 피크를 검출하는데 이는 피크검출의 효과적인 알고리즘이다 [6][7]. 그 결과 심박동수(pulse rate)는 76[bpm]임을 확인할 수 있다.

$$y[n] = \frac{2x[n] + x[n-1] - x[n-3] - 2x[n-4]}{8} \quad (3)$$

$$y[n] = \frac{1}{3}x[n] + x[n-1] + x[n-2] \quad (4)$$

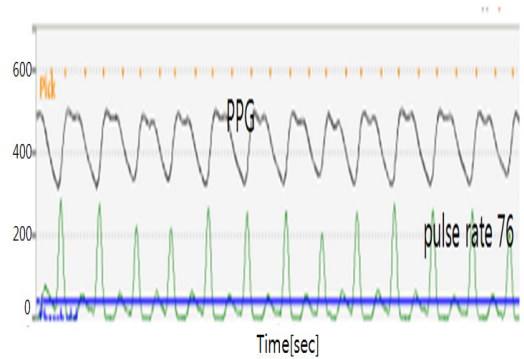


그림 4. 피크 검출 파형  
Fig. 4 Pick detection signal

### III. 비데 장착용 시제품

그림 5는 사용자 인터페이스를 위해 디자인한 화면을 나타낸다. 선택버튼에 따라 체지방, 맥박(심박동수), 혈중산소포화도가 LCD 출력창 표시된다.

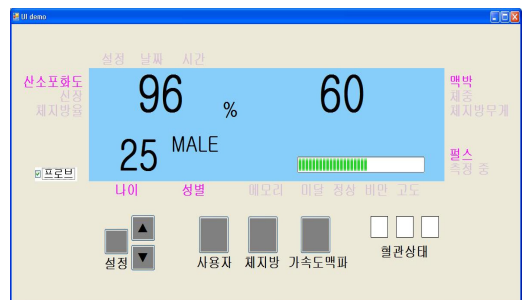


그림 5. 사용자 인터페이스 화면  
Fig. 5 User interface screen

그림 6은 체지방 및 SpO<sub>2</sub> 측정 모듈의 PCB 및 PCB 조립보드를 보여주고 있다. 비데의 제어부 내부에 장착할 목적으로 외형 변화를 고려하여 제작하였다. 그림 7은 이러한 모듈이 장착된 시제품을 나타낸다.

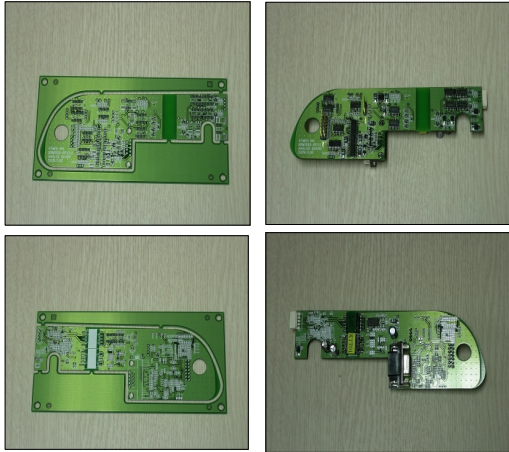


그림 6. 비데용 측정 모듈 PCB 보드  
Fig. 6 PCB board of measuring module for bidet



그림 7. 시제품  
Fig. 7 Prototype

## V. 결 론

본 연구에서는 비데에 장착할 수 있는 구조로 설계된 체지방 및 SpO<sub>2</sub> 측정 모듈을 개발하였으며 또한 이러한 모듈이 장착된 시제품을 제작하였다.

최근 건강에 대한 관심이 높아지고 있으며 웰빙에 대한 욕구 증대로 식생활 문화도 바뀌어 가고 있는 추세이다. 건강을 지키기 위해서는 일상적인 건강 진단의 필요성이 절실히 요구되고 있으며, 이는 단시간에 치료가 어려운 만성퇴행성질환, 즉 심장병, 고혈압, 당뇨와 같은 만성 질환의 발생빈도가 크게 증가하고 있기 때문이다.

한편, 종래에는 사용자가 화장실을 사용할 경우에 사용자의 요를 분석하고 혈압 측정을 병행하여 사용

자의 건강 상태를 파악할 수 있는 비데가 제안되었으나, 사용자가 측정 시 불편을 초래하여 상용화가 실패하였다.

본 연구에서 개발된 체지방 및 SpO<sub>2</sub> 측정 모듈은 비데장치에 장착하여 첫째, 비만도를 쉽게 측정할 수 있게 함으로써 사용자가 비만관리를 체계적으로 할 수 있고, 이에 따라 운동이나 식이요법 등을 통하여 만성퇴행성질환 예방에 활용할 수 있도록 하였다. 둘째, 개발된 측정 모듈에 SpO<sub>2</sub> 측정 센서를 연결하면 사용자의 손가락 등 신체의 일부분으로부터 수신한 신호를 분석하여 심박동수, 혈중산소포화도를 쉽고, 간편하게 측정할 수 있도록 함으로써 심박동수가 일정 수준 이상이면 위험을 감지하고 가족이나 타인에게 알려 사용자의 건강을 지킬 수 있도록 개발하였다.

본 연구 결과는 향후 유비쿼터스 정보사회 및 고령 사회에 대비한 유비쿼터스 헬스케어 시스템 구축 및 재택진료, 원격진료, 응급진료 분야에의 기술 활용에 기여할 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 논문은 2012년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

### 참고 문헌

- [1] 이민호, "U Health Care 동향", EIC 매거진, Vol. 5, pp. 16-21, 2009.
- [2] Berler A., Pavlopoulos S., and Koutsouris D., "Design of an interoperability framework in a regional healthcare system", In Proceedings of Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 2, pp. 3093-3096, 2004.
- [3] Ursula G. Kyle, "Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods", Clinical Nutrition, Vol. 23, pp. 1226-1243, 2004.
- [4] Johnson L, "A new method for pulse oximetry processing inherent insensitivity to artifact", IEEE BME, Vol. 5, pp. 2110-2118, 2001.
- [5] 한영오, "혈중산소포화도/맥파 신호 측정 및 무선 전송을 위한 모듈 개발", 한국전자통신학회 논문지, 6권, 6호, pp. 981-986, 2011.

- [6] M.E. Van Valkenburg : Analog Filter Design, Holt-Saunders International, pp. 218-240, 1998.  
[7] E.C. Ifeachor and B.W. Jervis, "Digital Signal Processing", Addison Wesley, pp. 374-427, 2000.

### 저자 소개



#### **한영오(Young-Oh Han)**

1886년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)

1989년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1985년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1996년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 디지털 신호처리, 의용공학