

## 단일 주파수 방식 체지방측정기의 개발

박 찬 원\*, 최 병 상  
강원대학교 전기전자 공학부

### Development of single frequency type body-fat analyzer

Chan-Won Park\*, Byung-sang Choi\*  
Kangwon National University, Department of Electrical and Computer Engineering

**Abstract** - 본 논문은 단일주파수의 교류전류를 사용하고 8개의 접촉전극을 이용한 4 전극법방식으로 전신의 BIA (Bioelectrical Impedance Analysis) 측정용 최소한의 경제적인 회로를 이용하여 구현한 체지방측정기의 개발에 관한 것이다.

#### 1. 서 론

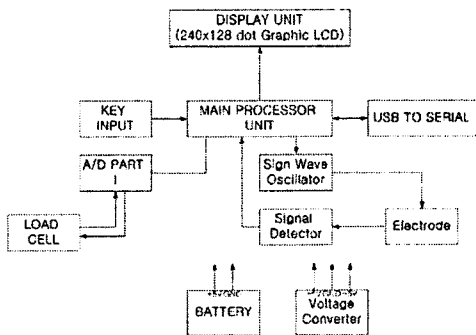
인체의 체지방량에 관한 정보는 여러 분야에서 관심을 가지고 있다. 예를 들면 스포츠 및 운동과학에서 운동프로그램 전후에, 그리고 병원 등에서 환자의 영양상태 평가를 위해 신체구성의 측정 및 평가는 필수적이다. 이에 대한 기존의 방법으로는 체수분법, 칼륨법, 노중크레아틴법, 중성지방성법, CT-scan 법, 핵자기공명영상법(MRI), 초음파법에 의한 피하지방두께측정법, 이중에너지 X-선 흡수법(DEXA) 등이 개발되어왔다. 이러한 방법은 유용한 평가법으로 알려져 왔으나, 비용이 많이 들고, 복잡하며 고도의 기술을 요하기 때문에 실용성이나 경제성에 문제가 있다. 최근 새로운 체지방량 측정 방식으로 생체전기임피던스방법(Bioelectrical Impedance Analysis; 이하 BIA)이 개발되어, 체지방율(%fat)을 평가하는 가장 일반적인 방법의 하나로 활용되고 있다. 이 BIA 측정법은 측정자의 연령, 성별, 체중, 신장, 그리고 신체 임피던스를 구하여 체지방을 측정하는 방법으로 신체에 일정주파수의 전류를 통과시켜 내부 임피던스를 구하고, 이 임피던스와 다른 측정값과의 관계로부터 체지방량을 측정하는 방법이다. 그러나 현재 시중에 나와 있는 BIA 측정 기기들은 대부분 복잡한 시스템으로 구성되어 가격의 부담이 커서 일반가정용 또는 소규모사업용으로는 적합하지 못한 단점이 있어 아직 일반용으로 보급이 되고 있지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 단일주파수의 교류전류를 사용하여 최소한의 경제적인 회로를 구성하고 적절한 소프트웨어제어로 신체 임피던스를 측정하고, 다양한 표본의 남녀한국인의 표본측정을 통하여 회기알고리즘을 적용함으로써 경제적인 체중계를 겸한 체지방계를 개발하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시스템의 구성 및 동작

###### 2.1.1 시스템의 구성

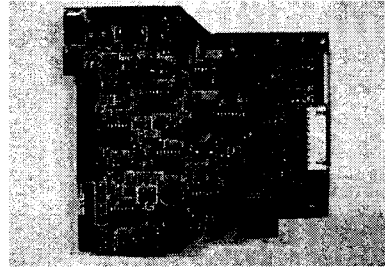
본 체지방 측정기는 로드셀 증량센서를 이용한 증량계측부와 정전류를 인체에 흘려 부위별로 전압강하를 측정하고 이를 체임피던스로 변환하여 체성분 분석을 하는 체성분계측부, 측정시이전스와 측정결과를 표시하는 LCD 표시부, 그리고 전원부로 구성되어 있다. 그림1은 본 시스템의 구성에 대한 블록도이고 그림2는 제작된 메인 보드의 사진이다.



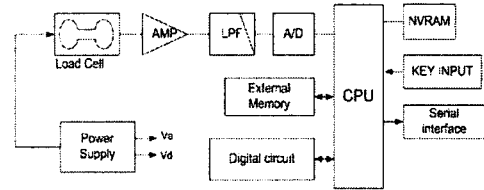
〈그림 1〉 개발된 시스템의 구성도

###### 2.2.1 체중 측정 회로

스트레인 게이지 방식의 하중센서인 로드셀을 이용하여 그림 3과 같이 구성된 계량부로 체중을 계측 하였다.



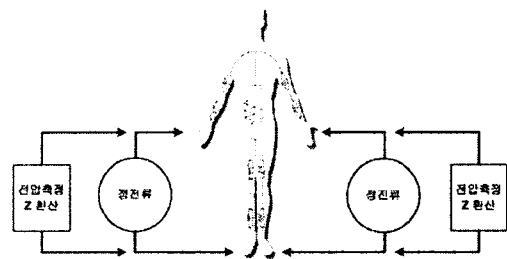
〈그림 2〉 개발된 주 기판의 사진



〈그림 3〉 체중측정회로의 구성

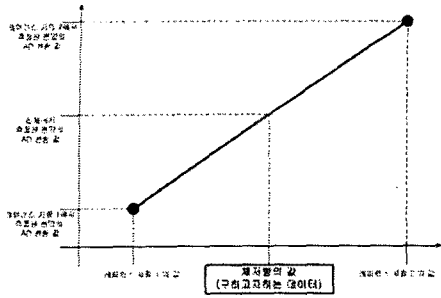
###### 2.2.3 체저항의 측정

그림 4은 인체의 전기적인 등가회로와 체저항측정의 원리를 나타낸 것으로 각 신체부분은 저항 및 커패시턴스 성분으로 등가화되며 각각의 임피던스를 측정하여 신체의 구성 성분을 추정하게 된다. 이러한 BIA 측정법은 인체속의 수분과 전기저항과의 전기적 관계를 이용하여 인체의 구성 성분(물, 단백질, 무기질, 지방)에 50kHz의 정현파 정전류를 흘려주어 전극에 측정된 전압으로 그림 4와 같은 시이전스를 통하여 각 부위별 체저항성분을 분석하도록 설계하였다.



〈그림 4〉 체저항성분의 측정원리

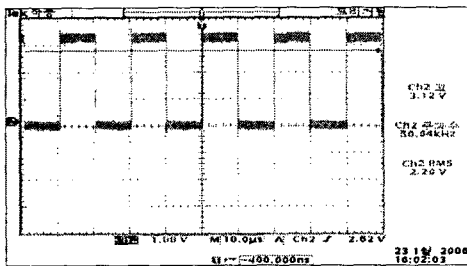
- ① 레퍼런스 저항1에 측정에 사용되는 정전류를 인가하고 저항 양단에서 측정되는 전압의 AD값을 취득한다.
- ② 레퍼런스 저항2에 측정에 사용되는 정전류를 인가하고 저항 양단에서 측정되는 전압의 AD값을 취득한다.
- ③ 인체의 오른쪽 손바닥과 오른쪽 발바닥 사이로 측정에 사용되는 정전류를 인가한다.
- ④ 오른쪽 손바닥과 발바닥 사이에 나타나는 전압값을 AD 변환한다.
- ⑤ 왼쪽 손바닥과 왼쪽 발바닥 사이에 측정에 사용되는 정전류를 인가한다.
- ⑥ 왼쪽 손바닥과 발바닥 사이에 나타나는 전압값을 AD 변환한다.
- ⑦ 레퍼런스 저항 1, 2와 신체의 오른쪽, 왼쪽에서 취득된 전압의 비를 이용하여 신체의 오른쪽, 왼쪽의 체저항을 계산한다.



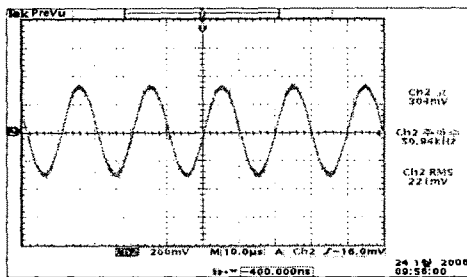
〈그림 5〉 체지방측정의 시이런스

기 취득된 체중과 체지방의 측정값과 사용자의 입력 데이터(신장, 연령, 성별)을 가지고 본 체지방 측정기의 공식을 이용하여 체성분을 계산한다.

그림 6 은 정전류신호를 인가하기위한 50kHz 의 클럭 발생파형이고 그림 7 은 측정전극에 인가되는 정전류파형을 보여준다.

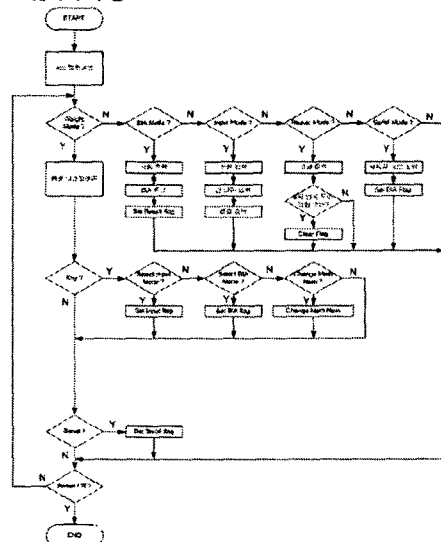


〈그림 6〉 50kHz 의 클럭 발생파형



〈그림 7〉 정전류파형

## 2.2 소프트웨어의 구성



〈그림 8〉 주 프로그램의 흐름도

그림 8 은 본 개발에서 구성된 주프로그램의 흐름도를 보여준다. 먼저 시스템의 초기화 후, 체중측정모드로 동작을 시작하고 사용자의 입력에 따라 체지방측정 모드를 실행한 후, 각종 신체정보를 입력하는 입력모드, 그리고 그 결과를 출력하는 단계를 거쳐 측정된 각종 체성분량을 분석하고 환산하는 과정을 수행하도록 구성하였다.

## 2.3 각종 체성분량의 산출

체중측정과 신체의 각 지수를 입력하여 각종 신체정보의 표시를 다음과 같은 과정으로 산출하였으며 표1은 임상실험으로 산출된 한국인의 체성분별 적정치이다.

### 가) 표준체중

신장과 연령별, 성별 적정 체중 지수를 이용하여 계산식으로 결과를 얻는다.

표준체중 = Height(m) \* Height(m) \* 적정체중지수(연령별, 성별)

### 나) 적정체중

현재의 근육량과 체지방량을 표준체중과 평균 체성분량을 이용한 표준 근육량, 체지방량과의 차이값을 구한 뒤, 근육량과 체지방량의 조절치를 산출하게 되고, 조절치와 현재 체중과의 산출연산으로 사용자에게 적정 체중을 제안한다.

### 다) 체지방

체지방량 = 현재 체중 - 체지방량

### 라) 근육량

근육량 = 체지방량 - 무기질량

〈표1〉 체성분별 적정치

현재체중(100%)			
체지방량			
남자 적정치 : 80-90%			
여자 적정치 : 72-82%			
근육량		무기질량	체지방량
남자 적정치 : 80%	여자 적정치 : 73%		
체수분	단백질	남자 적정치	남자 적정치
남자 적정치	남자 적정치	5%	10-20%
50-70%	20%	여자 적정치	여자 적정치
여자 적정치	여자 적정치	4%	18-28%
45-65%	18%		

## 3. 결 론

본 연구에서는 8점식 4 전극법방식의 전신의 BIA 측정장치를 단 일주파수의 교류전류를 사용하여 최소한의 경제적인 회로를 구성함으로써 기존의 고가의 체지방분석기를 일부 분야에서 대체하고자 개발하였다. 개발결과 가격대 성능이 만족되는 체지방측정기의 개발요구를 달성 하였으며, 가정용 및 소규모 사업장에서의 보급이 기대될 파 동시에 관련 분야 연구의 활성화에 기여 할 수 있으리라 생각된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Andrew P. Hills and Nuala M. Byrne, "Bioelectrical impedance and body composition assessment", Mal J Nutr 4:107-112, 1998
- [2] Rudolph J. Liedtke, "Fundamentals of Bioelectrical Impedance Analysis", 1998
- [3] R. GUDIVIAKA, et al "Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments", The American Physiological Society, 1999
- [4] Bodystat, <http://www.bodystat.com>