

생체 임피던스 계측 방법의 구현에 관한 연구

A Study on an Implementation of Bioelectric Impedance Instrumentation

김 흥 석*, 박 세 화**

* 한국생산기술연구원 첨단생산설비연구팀 수석연구원 (Phone: 041-5898-473; Fax: 041-5898-400; E-mail: hskim@kitech.re.kr)

** 한국생산기술연구원 의료반도체기술연구팀 선임연구원 (Phone: 041-5898-467; Fax: 041-5898-540; E-mail: sspark@kitech.re.kr)

Abstract: A new bioelectric impedance measurement method is proposed for the precise measurement of the bioelectric impedance. To obtain the impedance from the known applied a.c. current and the measured voltage signals, a frequency conversion circuit, like the mixer in heterodyne receivers, is introduced to reduce the frequency of the original current. It can be observed from several lines of derivation that the impedance is independent on the amplitude and phase of the mixing signals. This makes it possible to use low-speed analog-to-digital converters and thus utilize cheaper electronic parts in the implementation. The possibility of the method is shown by simulations, and a generic structure applicable to bioelectric impedance measurement devices is also proposed.

Keywords: frequency conversion, bioelectric impedance

1. 서론

생체전기 임피던스법(BIA: Biomedical impedance analysis)은, 1969년 Hoffer에 의해 체수분량이 신체의 전기 임피던스와 역비례 관계가 있다는 것이 보고되면서, 그 동안 의사, 영양학자, 체육학자 등을 중심으로 많은 연구가 이루어져 왔다[1]. 이는 생체내의 수분의 양을 전기적인 방법으로 측정하여 신체적인 특성 즉, 지방량과 무기질량 등을 구할 수 있다. 또한, 생체전기 임피던스법을 이용하여 인체의 트렁크(trunk) 임피던스의 변화량을 실시간으로 감지하여 심박출량(Cardiac Output)[2]을 측정한다면 임상적으로 많은 유용한 정보를 실시간으로 제공할 수 있다.

임피던스는 인가된 전압과 이 전압에 의해 흐르는 전류의 비(ratio)로서, 전압-전류 간의 위상차까지 고려하여 저항(resistance)과 리액턴스(reactance)의 벡터 합으로 표현된다. 인체(human body)의 경우, 저항은 약 $500 \pm 20 \Omega$, 리액턴스는 $50 \pm 20 \Omega$ 정도로, 저항이 대부분을 차지하고 있다. 리액턴스 부분은 크지는 않지만 신체적인 특성을 나타내는데 중요하며, 임피던스를 정확히 계측하기 위해서는 저항 성분 및 리액턴스 성분 모두를 계측할 필요가 있다.

생체전기 임피던스 신호는 알려진 크기의 교류 전류를 두개의 전극을 통하여 신체에 흘려주고, 체성분 차이의 결과로 나타나는 전압을 측정전극으로 계측하는 것이다. 측정된 전압은, 구하려는 저항과 리액턴스 값들이 교류 전류의 주파수로 변조된 형태로 나타난다[3].

생체전기 임피던스 계측을 위해 기존의 방법으로서 다주파수 측정법, 동기화된 샘플링 방법 등이 보고되고 있으며[4], Ackmann은 복잡한 생체임피던스 계측에 대한 방법들을 고찰하기도 했다[5]. 하지만 기존의 대부분의

계측 방법들은 임피던스 계측을 위해 복잡한 아날로그적인 처리가 요구되어 파라미터의 변경 등이 쉽지 않으며, 최근의 복합 다기능화 추세에 대응하는데 용이하지 않다. 임피던스 계측을 위해 보통 수십에서 수백 KHz의 미약한 교류 전류를 신체에 흘려보내 주므로 정확한 측정을 위해 고속의 샘플링을 통한 신호변환이 필수적이다.

본 논문에서는, 측정된 (교류) 전압의 주파수를 저속 A/D 변환기를 적용할 수 있을 만큼 낮추고 변환된 신호를 소프트웨어적으로 처리하여 생체전기 임피던스를 측정하는 방법을 제시하고, 이 방법이 계산상 실제적으로 일어날 수 있는 위상과 크기의 변이를 최소화할 수 있음을 보인다.

2. 생체전기 임피던스 계측 방법

교류 정전류원

$$i(t) = I \cos \omega_c t, \quad \omega_c = 2\pi f_c \quad (1)$$

에 대하여 측정되는 전압이

$$v(t) = V(t) \cos(\omega_c t + \theta(t)) \quad (2)$$

일 때, 저항, $R(t)$ 와 리액턴스, $X(t)$ 는 각각

$$R(t) \triangleq V(t) \cos \theta(t) / I, \quad X(t) \triangleq V(t) \sin \theta(t) / I \quad (3)$$