

## 임피던스 방법에 의한 심장 및 호흡 신호의 측정

김형중, 심제옥, 장제명

건국대학교 의과대학 의학공학과

### Measurements of Cardiac and Respiratory Signals using Impedance Method

Hyung Joong Kim, Jae Ok Shim, and Jae Myeong Jang

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Kon Kuk University

#### ABSTRACT

We have developed a bioimpedance measurement system for impedance cardiography and pneumography. The system injects 50kHz, 200mA<sub>p-p</sub> current into the thorax and measures the voltage changes using body surface electrodes. We used the four-electrode method for the measurement of cardiac signals and two-electrode method for respiratory signals. We developed a MicroSoft Windows program for the acquisition, display, storage, and processing of impedance signals.

#### 측정기의 구조

Bioimpedance 측정기는 그림 2와 같이 크게 8부분으로 구성되며, 각 부분은 발진기와 전압을 전류로 바꾸는 V-I 변환기, 증폭기 및 대역통과여파기, 복조기 그리고 DC성분 제거를 위한 고역통과여파기, 중단 증폭기 및 저역통과여파기이다.

#### 발진기(Oscillator)

발진기는 Wien Bridge 발진회로를 사용하여 발진 주파수 50kHz의 9V<sub>p-p</sub> 정현파를 발생시켰다.

#### 전압-전류 변환기

발진기에서 발생한 전압을 전류로 바꾸기 위하여 전압-전류 변환 회로를 사용하였고, 출력 전류는 1:1 transformer를 이용하여 인체에 주입하였다.

#### 차동증폭기와 대역통과여파기

전압의 측정을 위하여 차동증폭기를 사용하였고, 중심 주파수가 50kHz이고 대역폭이 7.6kHz인 대역통과여파기를 사용하여 50kHz의 신호만이 통과되도록 하였다.

#### 검파회로

대역통과여파기의 출력은 50kHz의 신호로 그 포락선의 변화가 원하는 심장 및 호흡 신호를 담고 있으므로, 본 논문에서는 2가지의 포락선 검파 회로를 구성하였다.

심장 신호의 검출에는 AD630 (phase-sensitive demodulator)과 저역통과여파기에 의한 동기검파 방식을 적용하였고, 호흡 신호의 검출에는 정밀 전파정류회로와 저역통과여파기에 의한 포락선 검파 방식을 이용하였다.

#### 고역통과여파기

포락선 검파된 신호는 큰 DC성분을 포함하고 있으므로 이를 제거하기 위하여, 차단주파수가 0.5Hz인 고역통과여파기를 사용하였다.

#### 서론

심장의 박동과 호흡은 흉부의 전기 임피던스를 변화시키게 된다. 본 논문에서는 흉부 임피던스의 변화량을 측정하여, 심장의 박동에 기인하는 신호 성분과 호흡에 기인하는 신호 성분을 분리, 측정하였다. Impedance cardiography 및 impedance pneumography라고 하는 이러한 방법은 심박출량의 비관혈적 측정에 사용과 호흡의 연속적인 감시에 각각 응용이 되고 있다.

#### 측정원리

그림 1에 보인바와 같이 흉부에 일정 전류를 주입하고 그로인하여 발생하는 전위를 측정하면 그 비를 구하면, 흉부의 impedance 측정이 가능하다.

실제로는 안전성을 고려하여 수십 kHz의 교류 전류를 주입하며, 흉부 임피던스의 변화에 따른 전압 신호 포락선의 변동을 검파하는 과정이 필요하다.

**증폭기 및 저역통과여파기**

DC 성분이 제거된 신호는 최종 출력의 최대치가 2.5V가 되도록 증폭하였다. 심장 신호 측정기는 40Hz의 차단주파수를 가지는 저역통과여파기를 사용하였고, 호흡 신호 측정기에서는 차단주파수를 2.4Hz로 하였다.

그림 3은 본 논문에서 개발한 bioimpedance 측정기의 회로도이다.

**소프트웨어**

측정된 신호는 8-bit A/D 변환기를 통하여 PC에 입력하였다. 신호 수집, 처리 및 출력을 위한 프로그램은 MS Windows 환경 하에서 수행되도록 하였다. 이 프로그램의 개발에는 Borland 사의 C++ 컴파일러와 OWL (Object Window's Library)를 이용하는 객체지향형 프로그래밍 기법을 사용하였다.

프로그램의 기능에는 A/D 변환기의 제어, 신호의 화면 출력, 저장, 분석과 필터링 등의 기타 신호처리 기능이 있다.

그림 4는 프로그램의 구성도를 보여주고 있다. 각 부분의 기능은 다음과 같다.

**ADC 제어부**

신호 수집을 위한 하드웨어를 제어하여 임피던스 신호를 프로그램에 입력한다.

**Data Buffer**

입력된 신호 데이터를 임시로 저장하여, 화면에 도시하거나 사용자의 선택에 따라 file로 저장할 수도 있다.

**Signal Path**

Buffer에 있는 데이터가 화면에 출력되기 전에 통과되는 처리과정으로써, 각종 디지털 신호처리가 수행된다.

**Display Buffer**

Signal Path를 통과한 신호를 화면에 출력하기 위하여 저장한다.

**Display**

Display Buffer에 저장된 신호를 non-fade 방식으로 화면에 출력한다. 사용자의 선택에 따라 화면출력 속도, 신호의 확대 및 축소가 가능하다.

**실험 및 결과**

심장 신호의 측정을 위하여, 그림 5와 같이 4개의 전극을 부착하였고, 호흡 신호의 검출을 위하여 2개의 전극을 부착하였다. 주입 전류는  $100\mu A_{pp}$ , 50kHz로 하였다. 심장 신호의 측정에는 40Hz의 차단 주파수를 가지는 저역통과여파기를 사용하였고, 호흡 신호의 측정에는 2.4Hz의 차단 주파수를 가지는 저역통과여파기를 사용하였다.

그림 6는 실험 결과를 보여주고 있다. 첫번째 신호는 심장 신호이고 두번째 신호는 호흡 신호로서, 200 samples/s의 표본화 주파수로 A/D 변환하였다. 화면 출력 속도는 40mm/s로 하였다. 크기는 1V/cm의 sensitivity를 가지도록 하였다.

심장 신호의 주기는 0.8초이므로 심박수는 75 bpm이고, 호흡 신호의 경우 그 주기가 4초로서 호흡률은 15 bpm으로 측정되었다.

**결론**

본 논문에서는 임피던스 측정 방법에 의한 심장 및 호흡 신호의 측정 장치와 출력 프로그램을 개발하였다. 인체를 대상으로 하는 실험 결과, 사용하는 전극의 크기, 부착 위치, 부착 방법, 부착 상태 등에 따라 잡음의 양이 크게 달라짐을 알 수 있었다. 큰 전극을 사용할수록 잡음을 감소시킬 수 있었고, 전극 부착 부위의 피부를 알콜로 닦아내고 전극 용액을 바른 뒤에 전극을 단단히 부착하는 것이 필요하였다. 또한, AD630을 이용한 동기검파 방식에서는 반송파의 위상을 보정하는 과정이 필요하였다.

앞으로 개선할 사항으로는 심박출량의 계산, 무호흡의 검출 등 신호처리 기능의 보강, 최적의 전극 위치 및 모양과 부착 방법의 고안, 아날로그 출력부에서의 광결합 회로의 추가 등이 있다. 또한, 호흡 신호에 중첩되어 나타나는 작은 크기의 심장 신호의 제거가 필요하다.

**참고문헌**

- [1] John G. Webster (ed), 1992, Medical Instrumentation: Application and Design, 2nd ed., Houghton-Mifflin, Boston.
- [2] 官崎仁, 1990, OP 앰프 회로 실험 사진집, 전자기술, 제 3권, 4호, 2 - 79.
- [3] 官崎仁, 1993, 기초부터 OP 앰프 철저 해명, 전자기술, 제6권, 3호, 1 - 86.
- [4] MicroSoft 사, 1992, MicroSoft Windows Software Development Kit Reference Vol.1
- [5] Ted Faison, 1992, Borland C++3 Object-Oriented Programming, SAMS Computer Books.
- [6] Norton and Paul Yao, 1992, Borland C++ Programming for Windows, Bantam Computer Books.

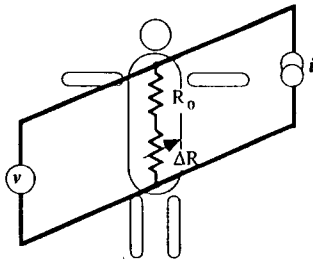


그림 1 Bioimpedance의 측정 원리

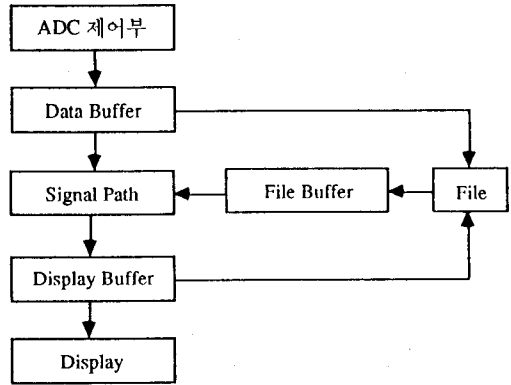


그림 4 프로그램의 구성도

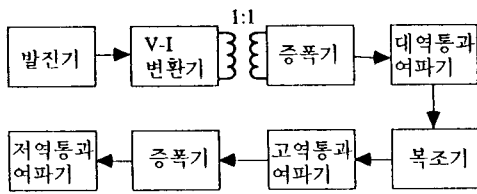


그림 2 측정기 구성도

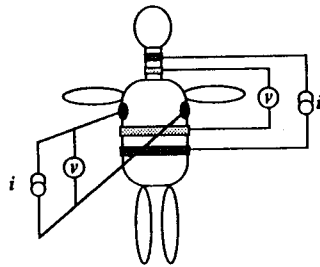


그림 5 실험방법

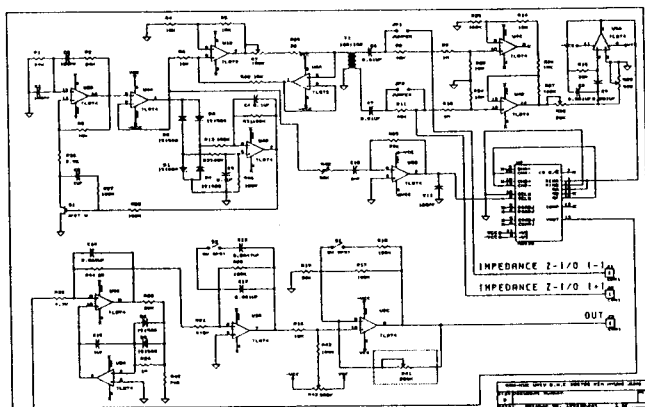
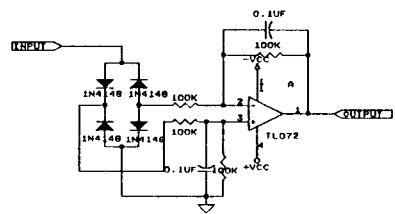


그림 3 측정기 회로도



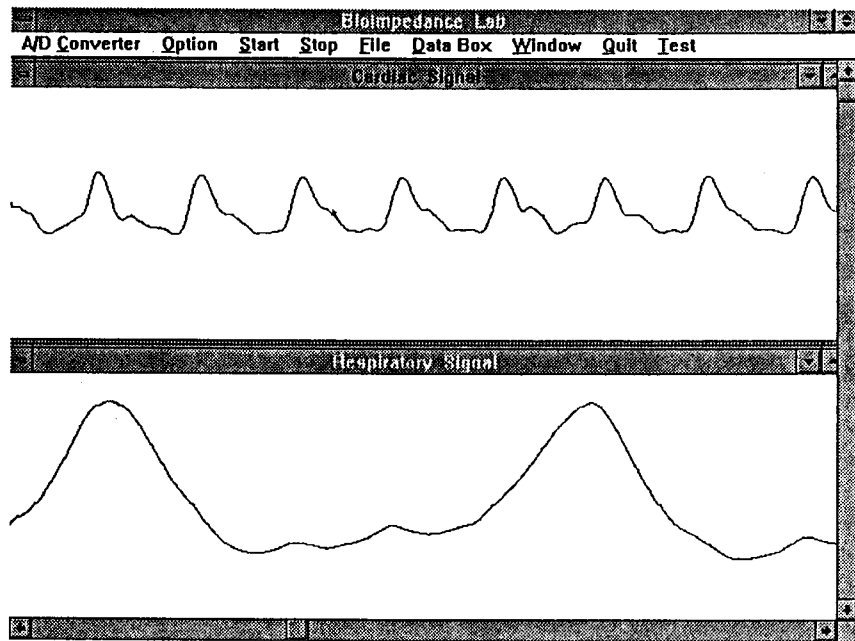


그림 6 실험결과