

체질 진단을 위한 센서 시스템의 개발

정용래 · 김승우  
순천향대학교 전기전자공학부

A Development of Measurement System for Diathesis-Diagnosis

Yongrae Jung, Seongwoo Kim  
Soonchunhyang University

**Abstract**-This paper is to develop the sensing system for opening-force measurement such as O-Ring muscular meridian. We designed to overcome the functional limit that the conventional force-sensor can measure just the closing-force. Therefore, the new sensor can meet a variety of application as well as O-Ring test. The structure of the new sensor is an actuator-type system using an electromagnet. That is made up of mechanical system, electromagnet, current transformer and computer interface circuit. Driving software and user interface program of the new sensor system also is explained in this paper.

1. 서 론

1981년 오무라 박사가 "Acupuncture & Electro-Therapeutics Research, The International Journal"에서 디지털 오링 테스트(Bi-Digital O-Ring Test)에 대하여 소개하였다. 이 테스트는 2개의 손가락을 사용하는 근력 테스트의 방법으로 침과 뜸에서 이용하는 장기 대표점과 결부하여 그 부위를 조사함으로써 질병의 조기 진단이 가능하며, 약물을 복용하기 전에 그 치료 결과를 예측할 수 있는 것으로, 미국을 중심으로 하여, 북구 여러나라, 서독, 영국, 일본, 중국, 베네주엘라의 일부 의사에 의하여 실제로 사용되어 왔으며, 최근 국내에도 이 테스트에 관심을 갖고 있는 일부 한의사/의사들도 있으나, 대부분의 의사에게는 아직 충분히 알려져 있지 않다. 이유는, 디지털 오링 테스트에 대한 과학적인 의문이 풀리지 않은 것에 있으며, 또한, 진단을 정량적으로 할 수 있는 진단장치가 개발되지 않은 것에 그 이유를 찾을 수 있다. 아직 세계적으로 살펴보아도 디지털 오링테스트를 정량적으로 평가할 수 있는 의공학적인 장비가 개발되지 않고 있기 때문이다. 따라서, 디지털 오링 테스트를 적절히 사용하기 위해서는 이 방법의 체계화 및 정량화가 필요하며, 한국인의 체질에 맞는 디지털 오링 테스트의 기준을 확립할 필요가 있으므로, 본 논문에서는 디지털 오링 테스트를 정량적으로 수행할 수 있는 새로운 개념의 진단장치를 개발한다.

오링 테스트를 위한 계측 시스템은 사상체질과 관련된 시작품이 국내에서 수 차례 발표된 적은 있으나 그것들은 모두 센서 모듈형태로 정확한 제어 시스템을 사용하지 않았으며, 사용한 센서는 스트레인게이지(Strain Gauge)를 이용한 경근력의 측정방식으로, 그 센서는 구조적인 한계로 인하여 개경근력을 측정하지는 못했다. 그러므로 본 논문에서 새롭게 개발되는 액추에이터형 센서는 오링 경근력이 개구되는 시점에서의 힘을 측정할 수 있는 즉,

본래의 오링 테스트이론을 정확하게 자동화 할 수 있는 시스템이다. 본 논문에서 개발된 센서 시스템은 오링 개경근력을 측정할 수 있는 전자석을 이용한 새로운 방식의 액추에이터형 센서로서, 디지털 오링 테스트를 정확히 수행할 수 있는 제어용 하드웨어 및 소프트웨어를 개발했으며, 편리한 사용자 인터페이스를 레이저와 음식물을 디지털 오링 개경근력 측정기와 결부시켜 기존의 사상체질 및, 위, 간 신장, 폐의 상태 진단을 정확한 계측시스템으로 대체하는 역할을 수행할 수 있는 간편한 생체진단 센서 시스템의 새로운 구조를 제시하고 구현한다.

2. 본 론

2.1. 센서 시스템 구성

본 센서 시스템은 센서 및 PC와의 인터페이스 구조로 구성되어 있다.

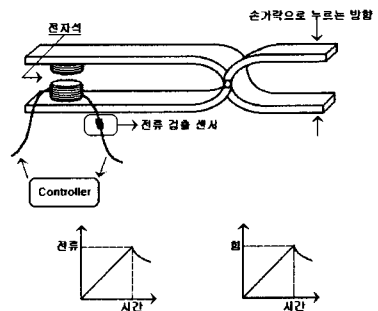


그림 2.1 체질진단 시스템 원리

위의 그림 2.1는 체질진단을 하는 시스템의 원리를 표현한 것이다. 전자석의 전류 변화가 시스템 구조물을 작동하게 되고, 이때 경근력(손가락힘)이 동시에 가해질 때 전자석의 전류변화를 전류센서로 측정함으로써 전류의 변화를 추출해내서 각각의 상관 관계를 관찰할 수 있도록 하였다.

본 시스템은 크게 하드웨어부와 소프트웨어부로 나누어질 수 있는데, 하드웨어부는 AD/DA 보드, 센서부로 사용될 전자석을 구동시키고 전류를 검출할 제어구동부(Control Drive), 그리고 구동형 센서부, 그리고 각 부분에 전원을 공급할 전력 공급부(Power Supply)가 있다. 소프트웨어부는 PC와 인터페이스 되어있는 AD/DA Board의 라이브러리를 이용하여 비주얼 C++로 만들어진다.

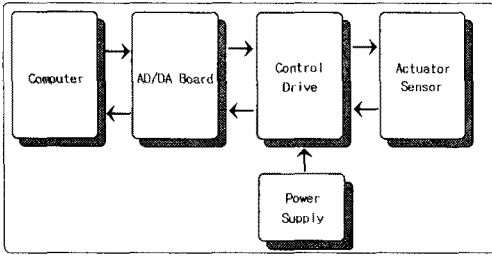


그림 2.2. 센서 시스템 구성

### 2.1.1. 하드웨어부

AD/DA 보드는 PC와의 인터페이스와 센서에 명령을 내리거나 센서의 출력을 받기 위해 사용하였다. AD (Analog-Digital Converter), DA(Digital-Analog Converter)가 내장되어 있어 출력과 입력을 아날로그 신호로 하고 이 신호가 컴퓨터에 인식할 수 있도록 디지털 신호로 바꾸어 ISA인터페이스로 컴퓨터와 데이터를 주고 받을 수 있다.

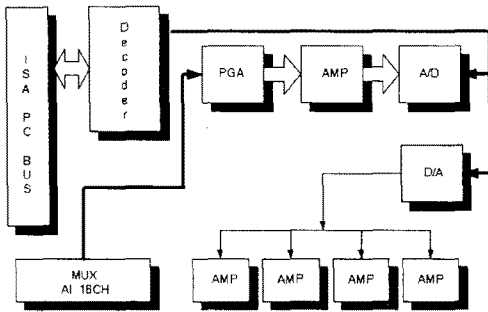


그림 2.3 AD/DA Board Block Diagram

컴퓨터의 제어를 센서부에 전달하거나 센서의 변화를 읽어 들일 수 있는 작동을 할 수 있는 보드이다. 직접제조의 의도도 있었으나, 개발기간과 시스템의 안정성을 위해 본 시스템에 알맞은 사양의 보드를 사용하였다. 제어구동부 부분은 AD/DA 보드의 아날로그신호를 받아 들여 센서부의 전자석을 구동시키는 일과 센서의 전류변화를 AD/DA 보드에 아날로그 신호로 전달하는 일을 한다. 내부적으로는 PWM(pulse width modulation: 펄스 폭 변조) 발생회로, 전자석 구동 드라이브, 전류센서로 구성되어 있다.

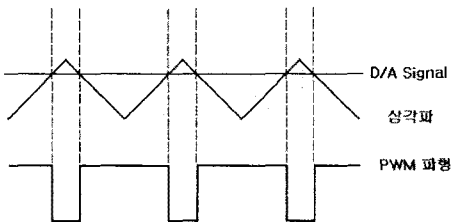


그림 2.4. PWM 파형 발생

PWM 발생회로는 OP-Amp로 구성하였고, 이 회로는 자체적으로 삼각파를 AD/DA 보드의 아날로그 신호와 비교 하여 PWM 파형을 발생시킨다.

전자석 구동 드라이브는 스텝모터나 DC모터 구동 소자인 L298을 사용하였다. 이 드라이브는 PWM신호를 받아들여 이 신호에 따라 구동부의 전압을 조절하여 모터

의 속도나 방향을 가변 할 수 있다.

전류센서는 정밀한 측정을 위하여 CT (Current Transformer)형 전류센서를 이용하였다. CT는 Current Transformer의 약자이며 변류기 라고도 한다. 방향성 구조 강판등을 링 형상으로 감은 코어에 2차 코일을 감고 그 링의 중앙 구멍에 피 측정 전류선 (1차선)을 관통시키면 관통 전류의 권수분의 1의 출력이 얻어 진다.

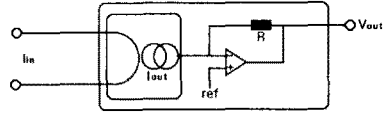


그림 2.5. CT형 전류센서 구조

교류전류인 관통전류 I의 이상적인 값은 식(2.1)과 같다.

$$I(\text{out}) = I / N \quad (N \text{ 은 } 2 \text{ 차 코일 수}) \quad (2.1)$$

$$V_{\text{out}}(\text{출력전압}) = I(\text{out}) \times R_L \quad (2.2)$$

그러나 실제 코어재의 철손이나 누설 자속등으로 출력 전압은 약간 저하한다. 이 오차를 결합도라고 한다. 결합계수를 K 라고 하면 출력전압을 식(2.3)에서 볼 수 있다.

$$V_{\text{out}}(\text{출력전압}) = K \times I(\text{out}) \times R_L \quad (2.3)$$

결합도가 100 % 라면 아주 이상적이라고 하겠고 K = 1이 된다. K = 1이 되기 위해서는 코어의 단면적이 클수록, 2차 권수 n 이 클수록, 부하저항이 작을수록 K = 1에 가까워진다. CT형 전류센서는 보통 원형이 많은데 완전한 링 형상 코어에 권선한 구조가 가장 결합도가 높은 이상적인 구조라고 한다. 그래서 짜 맞춘 코어나 자료에 갭이 있으면 결합도가 저하된다고 한다. CT형 전류센서의 사용 할 때 관통선의 통과 방법에 따라서는 어떤 방법이든 얻어지는 전류값은 오차가 없다. 간단히 생각하면 다를 것 같지만 관통선의 권수 N = 1 이기 때문이다. 구동형 센서부(Actuator Sensor)는 시스템이 실험자의 힘을 측정하기 때문에 직접적으로 움직이는 형태의 센서부가 필요하여 제작을 하게 되었다. 직접적으로 구동을 담당하기 위해 차폐형 전자석(Magnet Holder)를 사용하기로 하고 이를 구동하기 위해 구조물을 설계하게 되었다. 전력 공급부(SMPS)는 제어구동부에서 쓰이는 전원(+15, -15, 5V)과 구동단(L298)의 전원(+5V, +15~24V)이 여러 크기의 전원을 요구하고 제품특성상 소형화가 필요하여 SMPS를 사용하였다.

### 2.1.2. 소프트웨어부(제어부)

비주얼 C++를 사용하였으며, AD/DA 보드를 제어함으로써 전체시스템을 제어하게된다. AD/DA 보드의 제어는 제공된 라이브러리를 통하여 제어하였고, 작동은 윈도 우즈 타이머에 기준하여 작동하도록 하였다.

### 2.2 구동형 센서부

#### 2.2.1. 구동형 센서부 제작

그림 2.5의 센서부는 우측 상하 화살표로 표시된 부분이 손가락 힘(개경근력)이 작용하는 지점이고 내부에 전자석과 스프링이 서로 상대적인 힘이 작용할 수 있도록 설치였다. 전체적인 센서부를 설명하면 스프링의 인장력과 전자석인력+개경근력이 서로 상대적인 관계에 놓일 수 있도록 하였다.

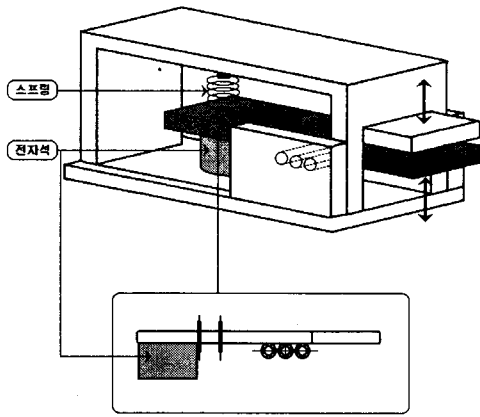


그림 2.6 구동형 센서부

2.2.2. 센서부 구조

센서부는 전자석 스프링 그리고 이를 받치고 있는 구조물로 나뉜다. 전자석은 설치가 용이한 차폐형 전자석 (Magnet Holder)을 이용하였다.



그림 2.7 제작 완료된 구동형 센서부

스프링은 인장스프링을 사용하였고, 이들이 고정되어지는 구조물은 설계를 하여 제작을 하였다. 그림 2.6이 제작 완료된 구동형 센서부이다.

2.2.3. 센서부 작동

그림 2.8은 센서 동작시의 전자석과 개경근력 스프링과의 힘의 관계를 간단하게 나타내는 그림이다.

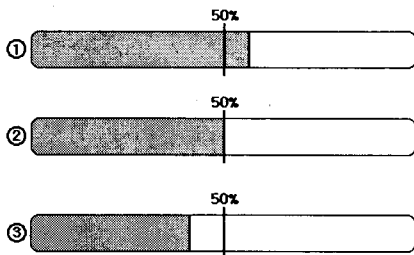


그림 2.8. 센서 동작시의 힘의 관계

그림①은 전자석에 전원을 공급하고 실험자가 동시에 개경근력을 센서부에 가하는 상황으로 회색으로 처리된 부분은 전자석의 인력과 실험자의 개경근력이 합해진 부분이고 흰색으로 처리된 부분은 인장 스프링의 인장력이다.

전자석 인력 + 개경근력 > 스프링 인장력

그림②은 실험이 진행되고 있는 상태이고 전자석의 전류는 선형적으로 감소되는 상황이다. 전자석의 인력과 실험자의 개경근력이 스프링의 복원력과 평형을 이루고 있는 상태이다

전자석 인력 + 개경근력 = 스프링 인장력

그림③은 실험이 종료되는 시점이다. 전자석에 공급되는 전류가 전자석이 접점에서 떨어질 정도로 감소되어 있는 상황으로서, 다시 설명하면 개경근력과 전자석의 인력이 스프링의 복원력을 이기지 못하고 센서부의 끝단 즉 실험자가 개경근력으로 버티고 있는 부분이 벌어지는 상황이다.

전자석 인력 + 개경근력 < 스프링 인장력

2.3 실험 및 결과

본 실험은 실험자가 오링 테스트를 받는 환경을 연상할 수 있도록 하였다. 그림 2.9은 실험을 하는 전체 시스템을 도식적으로 표현한 것이다. PC에서 전자석에게 최대 전류를 준 상태에서 선형적으로 전류를 감소시키면 전자석의 인력이 감소하고 이때의 전자석의 전류는 감소한다.

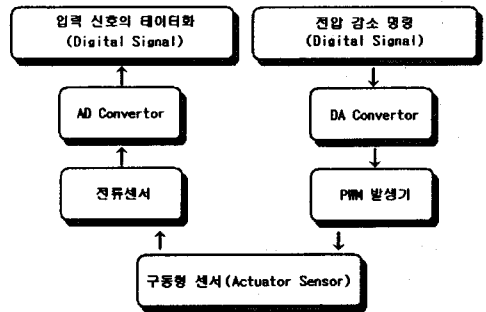


그림 2.9 시스템 제어 블록도

감소하는 전류는 전류센서를 통하여 다시 AD/DA 보드로 보내져 PC로 모니터링 되어진다. 시간이 지남에 따라 전자석의 힘은 약해질 것이다. 어느 정도 시점이 되면 전자석은 인력이 약해져 접점에서 떨어질 것이고, 이는 선형적으로 감소하는 전류변화 패턴에 일시적으로 다른 결과를 가져올 것이다. 그런 시점을 측정하는 것이 본 실험의 목적이다. 앞의 그림 2.10와 2.11의 실험 파형은 전자석을 접점에 붙이지 않은상태(무부하)상태에서 실험을 실시한

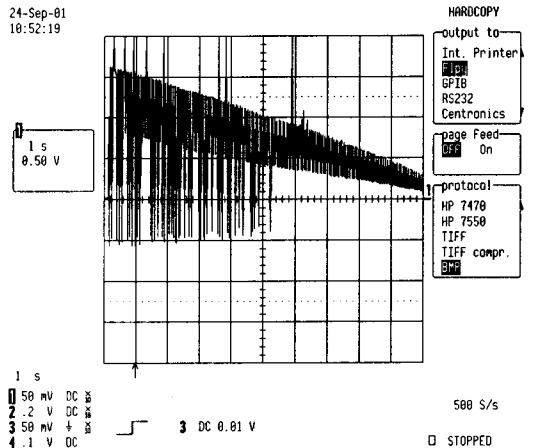


그림 2.10 실험파형(1)

것이다. 실험 파형(1)은 초기의 시스템에서 실험 파형을 관찰한 것이다. 출력 파형을 보면 노이즈로 인해 파형이 일그러져 있음을 볼 수 있다. 따라서 노이즈제거를 위한 회로의 추가가 필요하였고, 실험파형(2)가 노이즈 필터링을 하여 관찰된 파형이다. 그림 2.12 파형은 4명의 피실험자를 대상으로 실험을 한 파형을 중첩한 것이다.

[참고문헌]

1. Popp Fritz, "Electromagnetic Bio-Information 2nd. Ed", Munich, Urban & Schwabenberg, pp. 69, 1971.
2. Wills J. Tompkins and John G. Webster, EDS., "Design of Microcomputer-Based Medical Instrumentation", pp 167-286, Prentice-Hall, 1981
3. Franklin, Jon., "Molecules of the mind. Atheneum", New York, 1987 pp.128-134.
4. Basten A. Self tolerance. "The key to antimmunity", Proc. R. Soc., London(Biol), pp. 238-239, 1992.
5. Goldman L. Rockwell Rj, "Laser in medicine 1st Ed", New York, Gordon & Breach Science Publisher Inc. pp 69, 1971.
6. Yasuhiro S., "Muscle force measurement for BiDigital O-Ring Test using a Computerized Electro-mechanical System" Acup. & Electrotherapeutics Oct. pp. 132., 1993.
7. Coll. J., "Laser therapy today. 1st Ed", Barcelona, Grafiques Canigo. pp 44, 59, 1986.
8. Omura, Y., "Practice of Bi-Digital O-Ring Test IdoNo-Nippon-Sha", Tokyo, Yokosuka, Japan. 1st Ed. 1986.
9. Jung C.G., "Psychological Types". Princeton Univ. Pr N.J. pp. 531-535, 1971.
10. 이상엽., "Windows Programming Bible 2nd"

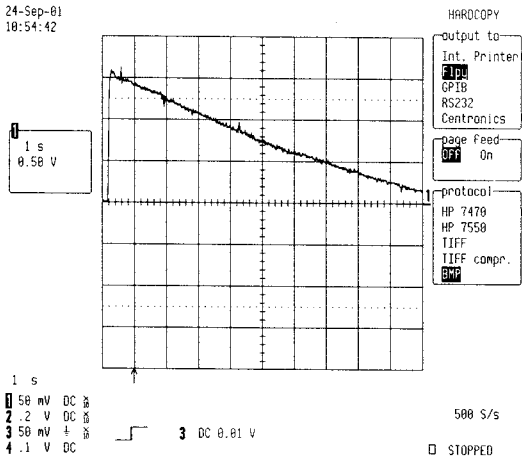


그림 2.11 실험파형(2)

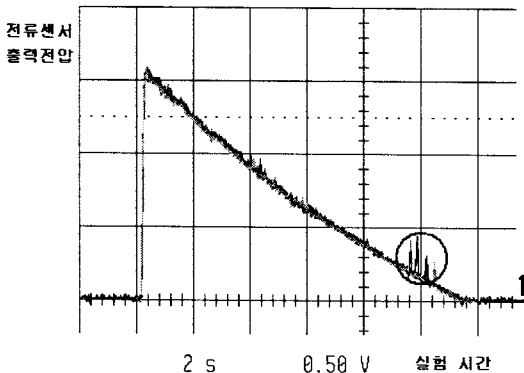


그림 2.12. 출력파형

전압이 시간에 따라 선형적으로 감소하는 것을 볼 수 있고 오른쪽을 보면 일시적으로 전압이 증가했다가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이 지점이 바로 전자석이 점점에서 떨어지는 시점이다. 서로 다른 시점을 보여줌을 알 수 있다. 즉 힘의 강약의 차이를 구별할 수 있다는 것을 알 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는, 오링 테스트를 위한 새로운 개경근력 측정 센서 및 센서제어기를 개발하였으며, 특히 액츄에이터 형태(Actuator-Type)의 새로운 센싱 방식과 고효율 전류센서(CT) 이용한 새로운 설계 방식을 이용하였다. 또한, 고속 인터페이스 회로 설계에 성공하여 빠른 처리 속도로 실시간 체질 측정 및 진단이 용이하게 되었다. 본 연구를 통하여, 지금까지는 센서분야에서 개발되지 있지 않았던 액츄에이터형 힘센서 라는 새로운 개념의 센서 개발 및 관련기술을 획득함으로써, 센싱 방식의 독창성 및 다양화라는 센서기술의 기본 목표와 매우 일치하는 아템이기 때문에, 이 센서를 다른 분야에 응용하여 새로운 부가가치 상품의 개발도 가능할 것이다.