

## 다중 홀소자를 이용한 맥진기의 3차원 파형 획득 연구

최상대 · 김미선

상지대학교 생명과학연구소, 강원 원주시 220-702

안명천 · 최영근

상지대학교 대학원 동서의료공학과, 강원 원주시 220-702

김기왕

상지대학교 상지대학교 한의학과, 강원 원주시 220-702

박달호 · 황도근 · 이상석\*

상지대학교 응용물리전자학과 및 한방의료공학과, 강원 원주시 220-702

(2006년 6월 14일 받음, 2006년 7월 28일 최종수정본 받음)

10개의 다중 홀(Hall)소자를 이용하여 요골동맥에 놓여진 영구자석의 위치 변화에 따른 전압의 변화를 전기적 신호로 얻었다. 전기적 신호는 맥의 파형 신호를 의미하며 이들을 다시 회로의 하드웨어를 통해 신호들을 미분하여 자장의 변화 신호만 얻었다. 소프트웨어를 통해 위치 변화에 따른 자장 변화의 크기에 따라 그 형태를 3차원 영상을 얻어 착용형 맥진기로서의 개발 가능성을 보여주었다.

**주제어** : 홀소자, 맥의 파형, 맥진기, 자기민감도

### I. 서 론

중국의 오랜 역사와 함께 중국의 전통 의학은 아직까지도 동양의 중국을 비롯한 한국, 일본 등에서 널리 이용되고 있다. 아직도 중국에서는 양방보다는 한방이 우위를 차지하고 있으며, 국가가 정책적으로 중요시하고 있다. 서양에서도 동양의학에 관심을 가지기 시작하면서 이러한 한방에서의 오랜 전통의학이 좀 더 과학적이고 진단 결과의 객관화를 절실히 요구하고 있다. 한방에서는 경락을 중심으로 한 침술과 심혈관계를 중심으로 한 맥진이 중요한 부분을 차지하고 있는데, 그중에서도 맥진은 한의사들의 손에 의한 주관적인 판단으로 각자의 진단 결과를 오랫동안 전해오고 있으나 28맥을 객관적으로 구분하지는 못하고 있으며, 전문 한의사가 28맥을 전부 구별하는 것도 결코 쉽지 않다[1, 2].

한의진단에서 맥진 소견의 확인은 원칙적으로 거의 모든 진단 과정에서 필요한 필수적인 과정임으로 맥진기 개발의 중요성은 매우 크다고 볼 수 있다. 우선적으로 국내의 연구 개발 현황을 살펴보면, 1970년대 초반 국내 연구진에 의해 압전소자를 센서로 사용한 아날로그 방식의 맥진기가 개발되어 최근까지 임상 현장에서 사용된 바 있다. 이후로 제품화된 맥

진기로서 단일 채널 모델 또는 3채널 모델 등이 등장하였으나 이러한 기기는 압전소자를 사용한 맥진기로서 맥압의 변화량만을 측정할 수 있었고, 맥압의 절대 값을 측정할 수 없었다. 학계에서도 다양한 센서를 사용한 여러 가지 형태의 맥진기를 개발하였으나, 이들 모두 맥파(pulse wave)의 파형(波形)만을 측정하는 기기였다는 한계를 가지고 있었다[3, 4].

개발된 기존의 기기는 반도체 압력 센서를 사용하여 다음과 같은 네 가지의 문제점을 해결하지 못한 상태이다. 첫째로, 맥의 폭과 길이를 제대로 측정하기 위해서는 맥의 종축, 횡축 방향으로 각각 6개 이상의(전체 36개 이상의) 센서가 필요하나 이 제품은 단지 5개의 센서만으로 맥의 폭과 길이를 측정케 하는 센서집적도에 한계가 있다. 즉, 과도한 보간(interpolation)을 통해 맥의 공간적 정보를 보여줄 수밖에 없다는 것이다. 둘째로, 최적 맥진부위 탐색에 과도한 시간의 소요로서 맥의 공간적 특성을 제대로 측정하기 위해서는 센서가 동맥의 위치를 정확히 찾아야 하는데, 단지 5개의 센서로 동맥 중심의 위치를 찾을 수는 없으므로 매니플레이터의 이동을 통해 최적 맥진 부위를 찾아 가는 방식을 채택하게 되어 맥진 부위 탐색에 상당한 시간이 소요되는 특징이 있다. 셋째로, 매니플레이터가 부가된 형식으로서 휴대용 기기에 적용하는 것이 곤란할 뿐만 아니라, 반도체 압력 센서의 특성상 움직임 잡음에 취약하여 착용한 채로 맥상 측정을 하는

\*Tel: (033) 730-0415, E-mail: sslee@sangji.ac.kr

것이 불가능하다는 것이다. 넷째로, 강제로 구성된 맥진 센서를 사용함으로써 인가 압력 조절시 통증을 유발하게 된다. 따라서, 향후 개발될 맥진기는 위에서 서술한 문제점을 해결하기 위해 나노자성 박막센서나 홀소자 센서 도입이 필요하다[6, 7].

본 연구에서는 맥진에서 28맥상을 좀 더 의사들의 손가락에 전해오는 감각에 가깝게 3차원 착용형 맥진기를 제작하기 위하여 홀소자를 일정한 배열을 두어 이에 따른 과정을 읽어 들여 공간적인 맥의 형태를 얻는데 그 목적을 두고 얻은 실험 데이터를 보여 준다.

## II. 실험 방법

본 연구에서 홀소자의 홀효과를 이용한 자전변환소자(磁電變換素子)의 핵심재료는 일반적으로 상용화된 인듐안티모나이드(InSb), 인듐아세나이드(InAs), 게르마늄(Ge)이나 실리콘(Si) 등의 반도체를 사용한다. 자기장에 의해 홀기전력이 발생하여 그 크기로 자기장의 세기를 측정할 수 있다. 이로써 자기장이나 미소부분의 자기장을 측정할 수 있는 장점이 있다. 또 자기장의 변화가 위치 등에 기인할 때는 이들 위치의 측정이 가능하다[8].

Fig. 1과 같이 제작하여 요골동맥 부위에 올려놓은 후 영구 자석의 진동에 의한 홀소자에서 유기되는 전압의 변화를 측정하였다. 이때 요골동맥의 손·관·척 자리에 일정한 압력을 인가하기 위하여 소프트 패드를 사용하였다. 소프트 패드의 크기는  $2 \times 5 \text{ cm}^2$ 이며, 홀소자들 사이의 수평과 수직 거리는 5 mm로 동일하게 하여 실제보다 크게 제작하여 측정하였다.

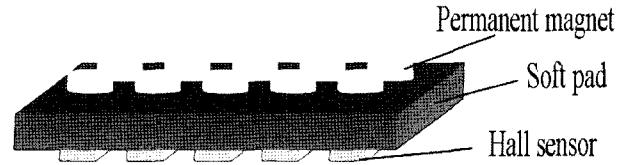


Fig. 1. Schematic of oriental pulse diagnostic sensor using multiple Hall sensor.

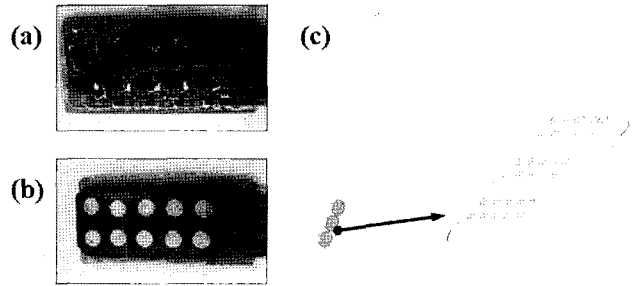


Fig. 2. (a) A photo of pulse diagnostic apparatus mounted and connected by Hall devices (10 ea) and electrode wires in the back side. (b) A photo of soft pad and permanent magnets (10 ea) in the front side. (c) Imaginary schematic for real sensing pulse diagnostic apparatus.

10개의 다중 홀소자는 Allegro사의 1차원 홀효과 센서 1301을 사용하였으며, 홀소자의 자기 민감도는  $2.5 \text{ mV/Oe}$ 이다. 10개의 홀소자의 위치에 맞게 영구자석은 중심축을 정하였으며, 지름이 3 mm, 두께가 1 mm인 Nd 자석을 이용하였으며, 중심축에서 1 mm 떨어진 곳에서 자기장의 크기는 200 Oe 정도이다. 홀소자의 센싱 출력값을 미분 입력하였으며 자동 영점셋팅, 고출력 이득, 노이즈 필터, 출력 감쇄기를 통해 3차

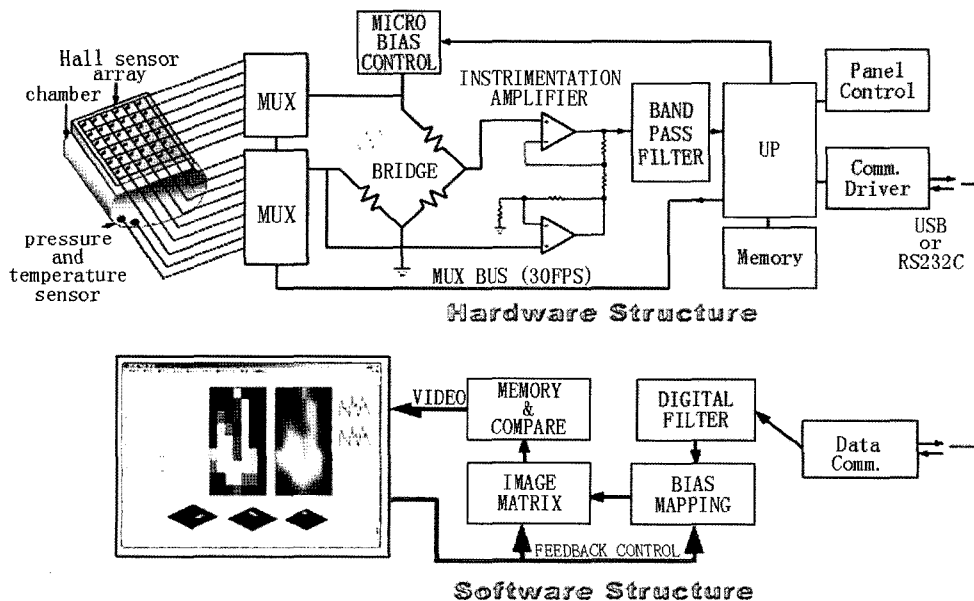


Fig. 3. Schematic circuit diagram of internal system structure for portable 3-dimensional pulse images.

원 파형 신호를 얻었다. 이를 다시 12bit 해상도로 30FPS, RS232C 출력을 통해 낮은 파워에 컴퓨터 시뮬레이션으로 파형의 3차원 모형을 얻었다.

### III. 실험결과 및 고찰

Fig. 2는 홀소자를 이용하여 직접 제작한 맥진기 센싱 부분이다. Fig. 2(a)는 홀소자 10개를 배열해 놓은 것이며, 뒷면은 Fig. 2(b)와 같이 영구자석을 같은 위치에 배열해 놓은 것이다. 이것을 한 세트로 하여 3개의 세트를 각각 요골동맥에 위치시켰을 때 Fig. 2(c)와 같이 맥을 짚는 각각의 손가락 역할을 한다. Fig. 2(a)와 (b)는 자장에 따라 홀소자로 측정이 가능한 지를 확인하기 위해 실제로 제작될 맥진 센싱 부분에 비해 약간 크게 제작된 것이다. Fig. 2(c)에서 보는 것과 같이 실제로는 홀소자 10개 세트가 손가락 크기인 1×2 cm로 제작할 것이며, 요골동맥 부위에는 1×1.5 mm의 더 작은 영구자석으로 촘촘히 배열할 것이다.

여기에 이용된 홀소자는 linear 홀센서로 자기민감도가 다른 홀소자에 비해 높다. 자장이 증가하면 전압도 같이 증가하고 자장과 전압사이의 기울기인 자기민감도는 2.5 mV/Oe로 자장의 변화에 따라 높은 전압의 변화를 얻을 수 있다. 맥의 진동이 자석에 전달되어 자석이 진동하게 되면 자장이 변화되고 홀소자를 통해 읽어 들이므로 미세한 맥의 진동을 홀소자가 읽어 들이기 위해 자기민감도는 매우 중요하다. 자석과 홀소자 사이의 거리와 자기민감도는 상호 영향을 주게 되는데 자석의 거리가 가깝더라도 측정이 외부 흔들림의 영향으로 정확히 맥의 파형만을 얻어내는 것 또한 매우 어려운 문제이다. 또한 피부의 굴곡에 따라 홀소자와 자석 사이의 거리는 제각각이기 때문에 그에 따른 홀소자에서 읽어 들이는 신호 또한 제각각이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 홀소자에서 얻어진 전기적 신호는 회로를 통해 미분 처리하여 오직 자장의 변화만을 측정하도록 하였다.

Fig. 3은 10개의 홀소자를 한 세트로 하여 3개의 세트를 기준으로 30개 홀소자로 읽어 들여 컴퓨터로 영상화하는 시스템의 회로도이다. 크게 하드웨어를 통해 홀소자의 신호를 파형으로 바꾸어 소프트웨어로 전달되며 이들 파형들을 전부 합하여 파형의 최대값(피크 값)들만을 얻어 영상 신호를 바꾸어 모니터링 하는 구조로 이루어져 있다. 하드웨어 부분별 기능은 다음과 같다. 홀센서 어레이에서 다중 플럭스(Multi flux : MUX) 3개를 거쳐 입력된 전기적 신호는 휘트스톤 브리지 회로를 거쳐 미세 평형 조건을 만든다. 또한 증폭기 회로와 대역폭 필터회로를 통하여 메모리 장치에 저장된다. 초당 30 프레임의 데이터가 신속하게 처리과정을 거친다. 처리된 하드웨어의 출력 신호들은 RS 232C로 연결된 소프트웨어 회로

부분으로 전달된 신호를 디지털로 바꾸어 이미지 매트릭스를 거쳐 Mat-Lab 프로그램으로 3차원 영상을 모니터로 나타내게 하였다.

Fig. 4는 Fig. 2에서 각각의 자석을 임의로 눌러주었을 때 10개의 자석에서 나오는 자장들의 변화를 10개의 홀소자를 통해 읽어 들인 후 Fig. 3의 측정시스템에 의해 자동으로 미분 값으로 바꾸어 변화 값만 읽어 들이게 된다. 즉 자장의 크기가 얼마에서 시작하든 항상 zero 값을 가지며 거기에 따른 변화 값은 파형 신호로 내보내지는 데 이들 파형의 최대 값들만 선택하여 다시 3차원 영상을 얻어낸 것이다. 요골동맥의 운동에 의한 위치변동을 고려하여 자석들의 위치를 변화시켜 주었을 때, Fig. 4(a)에서 (h)로 맥진파형이 바뀌는 것을 영상으로 확인할 수 있었다.

Fig. 4의 실험결과로 볼 때, 제작 가능한 실제 착용형 맥진 진단기를 상시 착용할 경우, 진단 빈도의 비약적 증가는 질

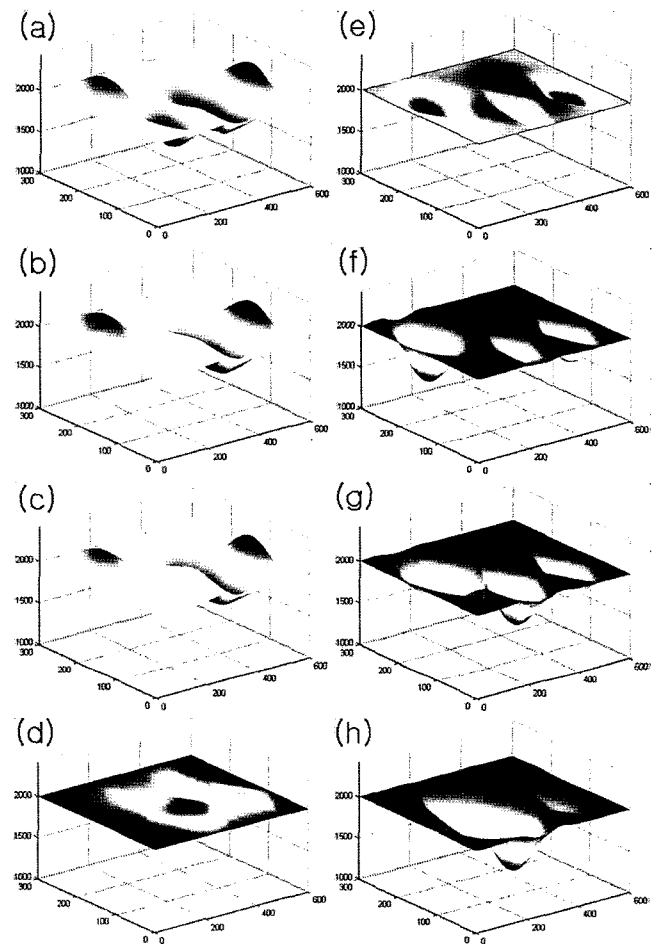


Fig. 4. The 3-dimensional images obtained by the variation of magnetic field corresponding to the change of artery pulse at the position of Chon-Kwan-Chuck of radial and ulnar side. Here the initial and final spatial pulses of these process are (a) and (h), respectively.

병의 조기 발견 가능성을 획기적으로 높여준다. 또한 착용형 진단기기에 의한 진단 빈도의 증가는 기존 의료 기관에서 진단하지 못했던 다양한 건강상의 문제를 새로운 진단 정보로서 제공할 수 있다. 맥진기를 착용형으로 구현했을 때의 효과로 맥진기를 착용형으로 구현할 경우 일중(日中) 스트레스 변동, 식사의 영향, 음주, 흡연의 영향의 감시와 감염 질환의 조기 경보, 수면의 평가 등 의료기관의 방문을 통해서는 이루어질 수 없는 많은 기능을 실현할 수 있다. 또한 맥진을 이용한 비침습적이고도 간단하게 측정할 수 있는 의료기기인 착용형 맥진기를 통해 관찰 가능한 정보의 일부는 현대 의학 적 방법과 협진의료로의 활용도 가능할 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

10개의 다중 홀효과 센서 1301 소자를 이용하여 요골동맥의 촌·관·척에 놓여진 200 Oe 자장 크기의 영구자석의 위치 변화에 따른 전압의 변화를 전기적 신호로 얻었다. 전기적 신호는 다시 회로의 하드웨어를 통해 신호들을 미분한 신호로 바꾸었으며, 소프트웨어를 통해 위치 변화에 따른 자장 변화의 크기로 나타내었다. 획득한 3차원 영상은 제작 가능한 실제 착용형 맥진기로 개발될 때, 진단 빈도의 비약적 증가로 인해 질병의 조기 발견 가능성을 높여줄 것으로 보인다.

#### 감사의 글

본 연구는 2005년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의한

것입니다.

#### 참고문헌

- [1] J. D. Cameron, B. P. Mcgrath, and A. M. Dart, *J. Am. Coll. Cardiol.*, **32**(5), 1214 (1998).
- [2] N. Harada, M. Makijarvi, P. Korhonen, P. Talaka, J. Montonen, Y. Salorinne, L. Oikarinen, M. Viitasalo, and L. Toivonen, *Basic Res. Cardiol.*, **95**, 424 (2000).
- [3] W. K. Wang, T. L. Hsu, H. C. Chang, and Y. Y. Wang, *Am. J. of Chinese Med.*, **24**(3-4), 305 (1996).
- [4] K. W. Mun and K. S. Soh, *J. Kor. Phys. Soc.*, **40**(2), 289 (2000).
- [5] Y. Z. Yoon, H. M. Johng, K. S. Shin, K. S. Soh, C. G. Jung, and K. S. Soh, *Sae Mulli*, **40**(5) 494 (2000).
- [6] M. S. Kim, S. W. Kim, G. W. Kim, S. J. Lee, S. G. Lee, H. S. Lee, D. H. Park, D. G. Hwang, and S. S. Lee, *J. Magn.*, **15**(6), 307 (2005).
- [7] S. W. Kim, Y. G. Choi, H. S. Lee, D. H. Park, D. G. Hwang, S. S. Lee, G. W. Kim, S. G. Lee, and S. J. Lee, *J. Appl. Phys.*, **99**(8), R908 (2006).
- [8] A. Thiaville, L. Belliard, D. Majer, E. Zeldov, and J. Miltat, *J. Appl. Phys.*, **82**(7), 3182 (1997).

## **Achievement of 3-D Pulse Waves of Pulse Diagnostic Apparatus by using Multi-Hall Devices**

**S. D. Choi and M. S. Kim**

*Life Science Institute, Sangji Univ., Wonju 220-702*

**M. C. Ahn and Y. G. Choi**

*Dept. of Oriental and Western Medical Engineering, Graduation, Sangji Univ., Wonju 220-702*

**G. W. Kim**

*Dept. of Oriental Medicine, Sangji Univ., Wonju 220-702*

**D. H. Park, D. G. Hwang, and S. S. Lee\***

*Dept. of Applied Physics and Electronics, Dept. of Oriental Biomedical Engineering, Sangji Univ., Wonju 220-702*

(Received 14 June 2006, in final form 28 July 2006)

The electric signals for the voltage as a function of distance between Hall devices and permanent magnets over the radial artery were investigated. The electric signals, that means signals of arterial pulse wave, were differentiated by the hardware of circuits and then were changed to differential signals as magnetic field. The 3-D images simulated by the software as function of the intensity of differential signals were achieved. It shows that these system can apply to pulse diagnostic apparatus of portable type medical instrument.

**Key words** : hall device, wave of artery pulse, pulse diagnostic apparatus, magnetic sensitivity