

論文99-36T-12-12

스트레인 게이지를 이용한 맥파 검출 시스템의 구성

(Construction of The Mac Wave Detection System using Strain Gage)

李鍾昊 *

(Chong-ho Yi)

요 약

본 논문에서는 한방의료에서 인체 전신의 상태를 파악하는데 주요한 요소인 맥파를 과학적으로 관찰하고자 스트레인 게이지를 이용하여 맥파를 검출하는 새로운 시스템을 구성하였다. 스트레인 게이지는 센서의 변형에 대해 선형적으로 고유한 저항값이 변화되므로 손목에서 맥의 변화는 스트레인 게이지를 이용하여 맥파의 파형으로 검출할 수 있다. 맥파 검출 시스템의 구성에서 스트레인 게이지로부터 발생된 저항변화값을 검출하기 위해 정밀 브리지회로와 고감도 증폭회로를 설계, 제작하였으며 이 시스템으로 미세한 맥의 변화를 상응하는 전압파형으로 출력시킨다. 구성된 시스템을 이용하여 6인의 맥을 직접 검출하고 시간영역과 주파수 영역에서 맥의 특성을 관찰하므로써 본 연구에서 구성된 맥파 검출 시스템의 과학적인 효용성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, a new Mac-wave detection system by strain gage is constructed for study on a Mac-wave which is major factor of diagnosis in oriental medicine. Inherent resistance of a strain gage is linearly changed with strain of the sensor, thus the Mac-wave of wrist can be detected by using of the strain gage. A precision bridge circuit and high sensitive amplifier is designed for detecting the change of resistance of the strain gage in this experiments. A very small change of Mac-wave is acquired in the circuit. And the digital signal of the detected Mac-wave are acquired on a PC by multichannel A/D converter and displayed graphically by programming. The characteristics of the Mac-wave of sampled 6 persons in the time and the frequency domain are analysed, therefore the usefulness of the system constructed in this experiments are proved.

I. 서 론

최근 한의학분야는 그 진단과 치료의 우수성으로 인해 동양에서 뿐만 아니라 서양의 과학자들에 의해 많은 연구가 수행되고 있다. 맥진은 한의학에서 가장 근

본이 되고 중요한 진단방법으로서 인체의 생리적인 변화와 맥의 상관관계를 밝히려는 연구가 수행되고 있으며 맥상의 발생기전, 검출방식 및 임상적 응용방법등 다양한 관점에서의 접근이 이루어지고 있다^[1]. 또한 중국에서는 맥상과 생리학적 인자의 관계 및 맥상과 임상과의 연계성에 대해서도 심도있게 연구되고 있다. 국내에서는 맥의 형성 및 검출기술, 맥파와 인체 생리학적 변화의 상관관계, 맥파와 체질과의 관계등 몇몇 연구가 수행되고 있으나^[2,3] 심도있고 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

* 正會員, 仁荷工業專門大學 電子計算機科

(Dept. of computer Eng. Inha Technical college)

※ 본 연구는 1999년도 인하공업전문대학 연구지원에 의해 이루어짐.

接受日字:1999年6月28日, 수정완료일:1999年11月10日

서양의학에서 맥이란 단순히 심장 수축에 의한 혈관

운동을 의미하며 이에 반해 동양의학에서 맥은 인간의 오장육부 및 감정상태까지도 포함하는 중요한 매개체이다.

진맥은 경맥을 눌러보므로써 진단하며 환자에 대한 한의사의 주관적인 견해로 판단된다. 따라서 이러한 맥진을 객관화 시킬 수 있는 연구가 필요하며 맥진파를 기술적으로 검출하는 시스템의 개발이 요구된다. 현재 까지 맥파를 압전소자 및 광파이버 센서를 이용하여 검출하는 몇몇 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 검출소자로서 스트레인게이지를 사용하고 이 소자에 맞는 정밀 브리지회로 및 고감도 증폭 회로를 설계, 제작하여 맥파를 검출하였으며 6인의 맥을 검출하고 분석하므로써 본 맥파 검출 시스템의 효용성을 확인하였다.

II. 맥파검출 시스템의 설계

본 연구에서 사용된 스트레인 게이지의 특성은 표1.에 나타났다. 여기서 게이지의 고유저항은 120Ω이며 결합계수는 (+1.0±0.2)%이다. 스트레인게이지의 고유저항값은 브리지회로를 설계하는 데에 중요한 요소가 된다.

표 1. 스트레인게이지의 특성표
Table 1. The Characteristic Table of Strain Gage.

	고유저항	게이지factor at 24°C	결합계수, Kt
수 치	120.0±0.15%	2.080±0.5%	(+1.0±0.2)%

스트레인게이지는 변형에 대하여 이에 상응하는 미소한 저항값의 변화가 발생되며 이 저항변화를 전압값으로 검출하기위해 브리지회로를 아래와 같이 설계하였다.

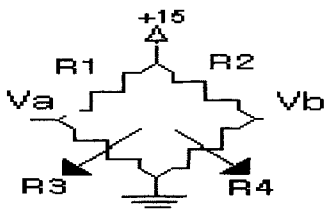


그림 1. 저항-전압변환을 위한 브리지회로
Fig. 1. Bridge Circuit for R-V Transform.

그림 1에서 스트레인게이지의 고유저항이 120Ω이므로 R1=120Ω으로 놓고 R2, R3, R4값을 결정한다. 브리지 양쪽 절점에서의 전압값이 평형을 이루는, Va=Vb가 되는 조건은 식 1과 같다.

$$R2R3=R1R4 \tag{1}$$

또한 절점에서의 전압값 Va와 Vb는 식2, 식3과 같이 나타낼 수 있다.

$$Va=VR3/(R1+R3) \tag{2}$$

$$Vb=VR4/(R2+R4) \tag{3}$$

본 실험에서 사용된 스트레인게이지의 저항변화는 표1.에 나타난 바와 같이 120.00.15%이므로 그림 1에서 R1값이 0.1변화될 때 Va와 Vb의 전압차가 1V되도록 설계한다. 식 2에서 R1=R1+0.1로 놓고 두절점에서 전압값이 평형을 이루는 조건 식 1을 이용하여 식 3에 R2=R1, R4=R3로 놓고 이차방정식Va=Vb를 풀면 R2, R3, R4값이 결정된다.

스트레인게이지는 저항값의 변화에 대해 그림1.의 브리지회로 출력전압값이 선형적으로 변화되며 이는 변형을 검출하고자 하는 대상체에 스트레인게이지를 부착하였을 경우 대상체 변형에 대해 출력전압값이 선형적으로 변화될 수 있음을 알 수 있다. 그림 2에서는 본 실험에서 설계, 제작되어진 맥파검출 시스템의 전체회로도를 이다.

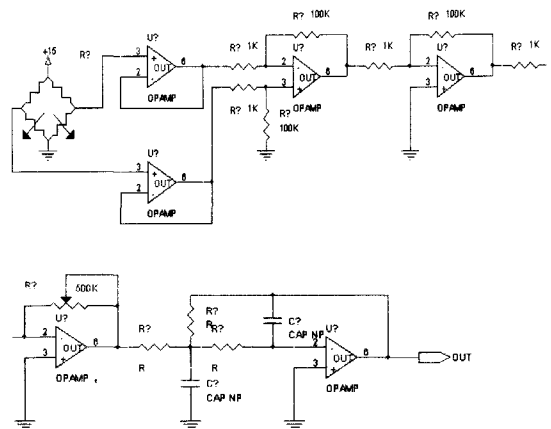


그림 2. 스트레인게이지를 이용한 맥파 검출시스템의 회로도
Fig. 2. Circuit of The Mac-Wave Detection System using Strain Gage.

그림 2에서 나타낸 바와 같이 게이지에서의 미소 저항변화를 검출하기 위해 4단의 OP앰프 증폭기를 브리지회로 출력단에 접속하여 수만배 증폭하였다. 사용된 OP앰프는 미소전압값을 검출해야하므로 ultra low noise 형을 사용하였으며 OP앰프 회로의 증폭도는 사람의 맥파를 검출하기 위해 저항값을 변화시키면서 실험적으로 조절하였다. 또한 측정초기값을 결정하기 위해 그림 1의 R2에는 Va와 Vb의 평형을 조절하는 가변 저항 2개를 부착하였다.

III. 맥파의 검출 및 분석

본 실험에서는 그림 2의 맥파검출회로를 이용하여 그림 3과 같이 맥파검출 시스템을 구성하였다.

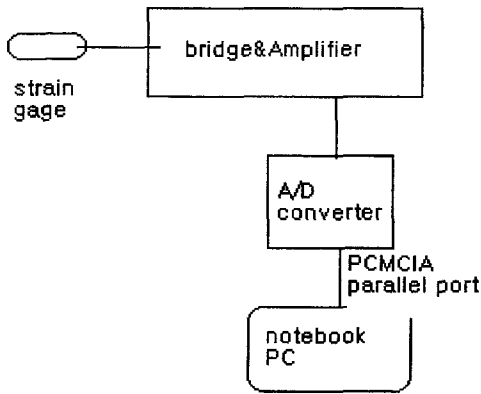


그림 3. 맥파 검출 시스템
Fig. 3. The Mac-Wave Detection System.

그림 3에서 사람 손목에서 맥파는 손목과 접촉되어 있는 스트레인게이지로 검출되어 미소저항값의 변화가 발생되며 이변화는 브리지회로로 저항변화에 대응되는 미소전압값으로 변환된다. 이 값은 매우 미소하며 잡음을 제거하기 위해 OP앰프(AD743)로 구성된 4단 증폭기로 증폭된다. 맥파신호는 주파수가 수Hz이하이므로 공간전자파 잡음에대한 영향은 매우 적고 내부소자에 대한 잡음을 제거하기 위해 OP앰프를 ultralow noise형으로 선택하였다. 이때 신호의 offset을 맞추기 위해 브리지회로에 부착된 가변저항으로 적절히 조절한다. 또한 이신호는 다채널 A/D변환기로 검출하고 변환된 디지털값을 PCMCIA병렬포트를 이용하여 노트북PC로 거의 실시간으로 검출한다. 본 실험에서는 one 채널로 시스템을 구성하였으나 시스템의 확장을 위해 다채널

A/D변환기를 사용하였다.

위와 같이 구성된 시스템으로 임의의 6인의 맥을 검출하였고 그 맥상을 시간영역과 주파수영역에서 관찰하였다. 맥의 측정에서는 임의의 한 지점에서 게이지를 부착하여 맥파를 검출하였으며 그림 4~그림 9는 임의의 6인의 맥파형이다.

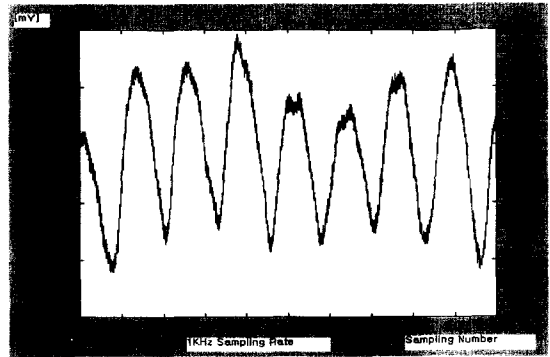


그림 4. 임의의 맥파 I
Fig. 4. Sample I of The Mac-Wave.

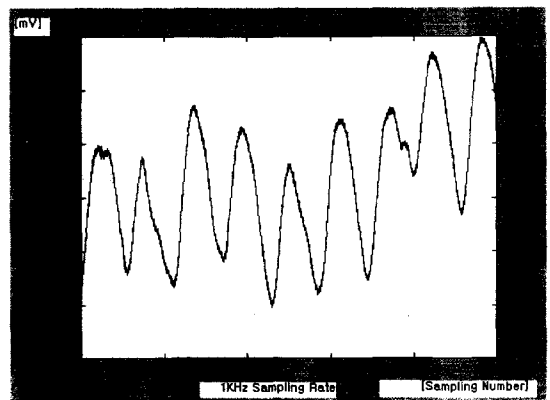


그림 5. 임의의 맥파 II
Fig. 5. Sample II of The Mac-Wave.

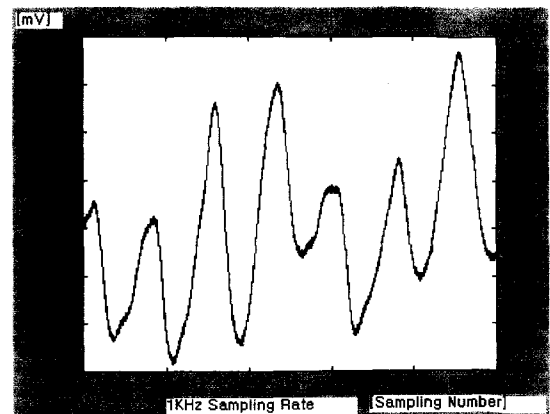


그림 6. 임의의 맥파 III
Fig. 6. Sample III of The Mac-Wave.

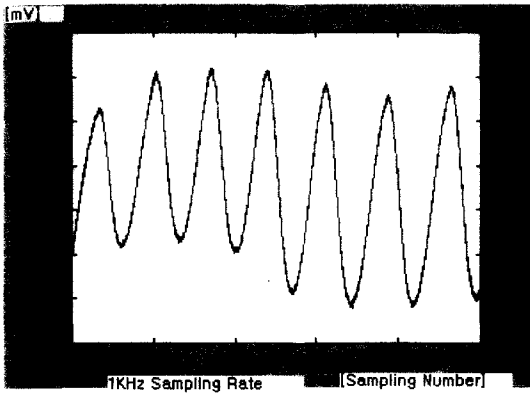


그림 7. 임의의 맥파IV
Fig. 7. SampleIV of The Mac-Wave.

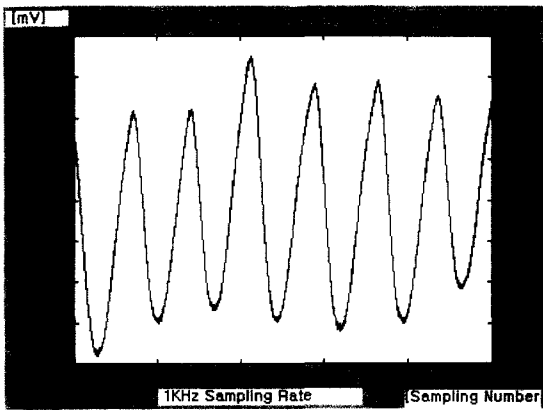


그림 8. 임의의 맥파V
Fig. 8. SampleV of The Mac-Wave.

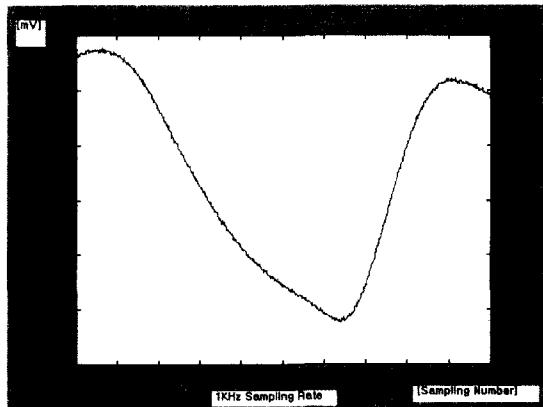


그림 9. 임의의 맥파VI
Fig. 9. SampleVI of The Mac-Wave.

그림 4~그림 9는 거의 실시간으로 검출되는 신호중 임의의 영역에서 임의의 데이터span으로 검출한 것이다. 그림을 비교해보면 임의의 6인의 맥상은 시간영역에서 사람에 따라서 그 고유한 특징을 갖고 잘 나타남

을 알 수 있으며 A/D변환기의 샘플링주파수를 1kHz정도로하므로써 시간영역에서의 그 분해능도 매우 높아서 맥상의 세밀한 관찰이 가능하다. 그림 9는 시간영역에서 고주파성분의 특성을 세밀히 관찰하기위해 time span을 늘려서 관찰한 것이고 본 시스템으로 미소하고 주파성분도 잘 검출되었다. 이로써 스트레인지지를 이용하여 맥파를 검출할 때 시간영역에서 각각의 맥의 특징을 잘 분석, 관찰할 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 맥상신호들은 한의학에서 사람의 건강상태, 감정 및 체질 등의 생리학적인 요소를 포함하며 이 요소들을 객관적으로 분석하기 위한 중요한 데이터가 될 것이다.

표 2에서는 임의의 6인의 체중조건 및 연령을 나타낸 표이다.

표 2. 6인의 신체조건 데이터
Table 2. The Physical Data of 6 persons.

표 본 / 신 체	I	II	III	IV	V	VI
연령[세]	35	40	33	22	22	35
체중[Kg]	60	70	65	70	60	58
키[cm]	176	175	168	180	175	177

위의 표 2에서 보는 것처럼 본 실험에서는 다양한 신체조건을 표본으로 맥파를 검출하였으며 각각의 신체특성에 따라 고유한 맥파형을 관찰할 수 있었다. 하지만 의학적으로는 더욱 많은 임상실험을 통해 신체의 상태와 맥파형의 상관관계를 밝혀야 할 것이다.

그림 10~그림 15에서는 위의 맥파들을 주파수영역에서 관찰하기 위해 FFT를 수행한 결과이다.

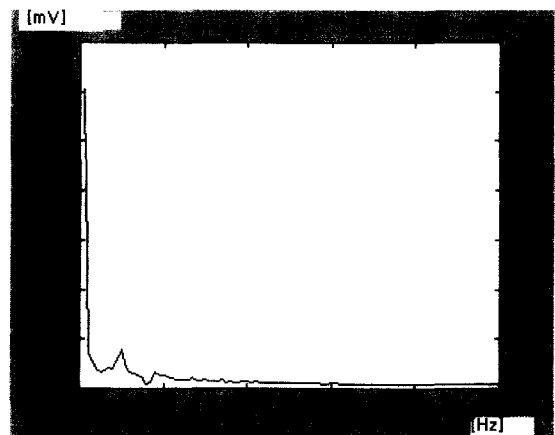


그림 10. 주파수영역에서의 맥파 I
Fig. 10. The Mac-Wave I in Frequency Domain.

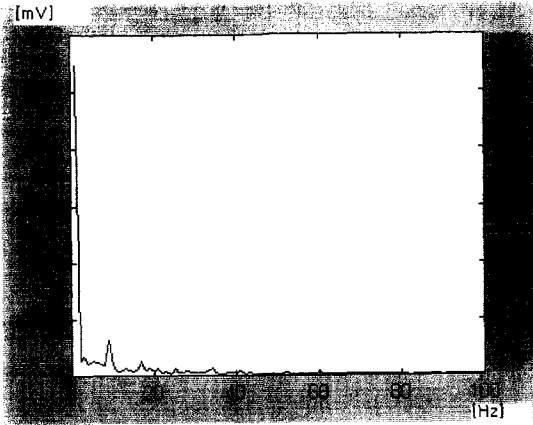


그림 11. 주파수영역에서의 맥파II
 Fig. 11. The Mac-WaveII in Frequency Domain.

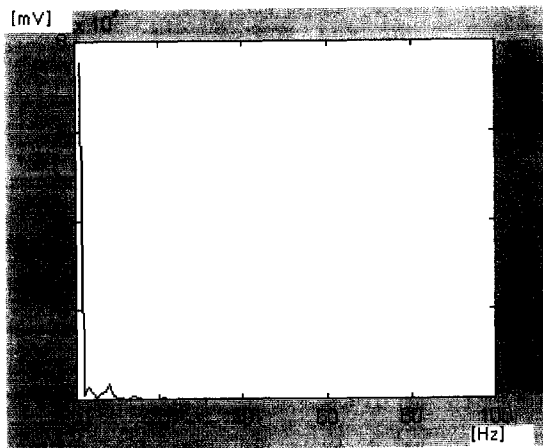


그림 12. 주파수영역에서의 맥파III
 Fig. 12. The Mac-WaveIII in Frequency Domain.

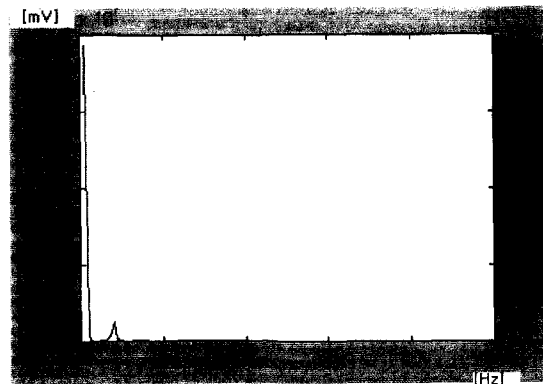


그림 13. 주파수영역에서의 맥파IV
 Fig. 13 The Mac-WaveIV in Frequency Domain.

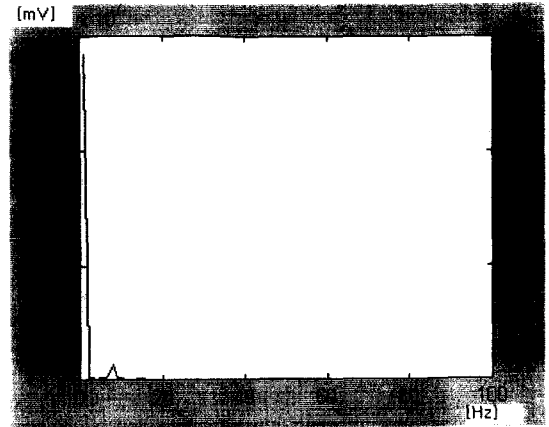


그림 14. 주파수영역에서의 맥파V
 Fig. 14. The Mac-WaveV in Frequency Domain.

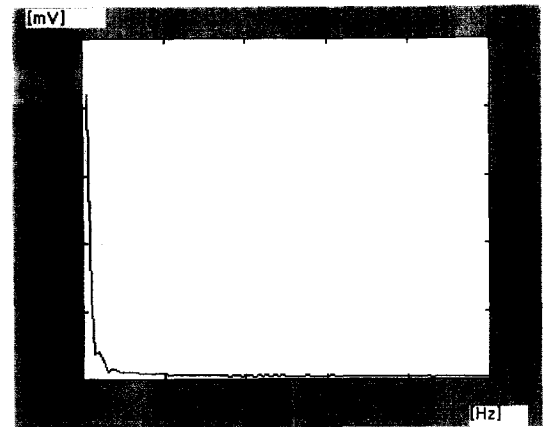


그림 15. 주파수영역에서의 맥파VI
 Fig. 15. The Mac-WaveVI in Frequency Domain.

그림 10~그림 15는 그림 4~그림 9를 FFT한 것이며 사람의 맥은 수 Hz이하의 저주파이므로 시간적으로 잘 관찰할 수 있도록 주파수 span을 100 Hz정도로 설정하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 사람 맥의 main lobe는 저주파로 관찰될 수 있으며 이와 별개로 매우 특이한 사항이 관찰된다. 그림 10~14의 제 2 고조파 성분은 8~9Hz정도에서 관찰되며 형태도 매우 다르게 나타난다. 또한 그림 15에서는 고조파성분이 거의 보이지 않으며 그림 10~14에서 나타난 바와 다른 양상을 보인다. 이는 위에서 언급한바와 같이 사람의 생리학적, 감정적특징에 따라 서로 고유한 특성을 갖고 나타난다는 것을 알 수 있다.

주파수영역에서는 시간영역에서 관찰할 수 없는 각 신체별로 서로 다른 주파수 피크값이 나타나는 특성을 볼 수 있으며 이는 사람의 맥파형을 객관적으로 관찰

할 수 있는 주요한 요소로써 이용될 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 동양의학에서 인체 전신의 감정적, 생리학적 상태를 파악하는데 주요한 진단요소인 맥파를 과학적이고 객관적으로 관찰하고자 스트레인 게이지를 이용하여 맥파를 검출하는 새로운 시스템을 구성하였다.

맥파 검출 시스템에서 인간의 맥은 손목과 접촉되어진 스트레인 게이지의 저항변화를 야기시키며 정밀 브리지회로와 고감도 증폭회로를 통하여 전압값으로 변환시킨다. 이신호를 다채널 A/D변환기와 컴퓨터 PCMCIA병렬포트를 이용하여 검출하고 영상처리하여 맥파를 시간영역과 주파수영역에서 분석하였다.

구성된 시스템을 이용하여 6인의 맥을 직접 검출하여 시간영역과 주파수영역에서 맥의 특성을 관찰한 결과 각각의 맥은 두영역에서 서로 다른 양상을 뚜렷이 나타냈다. 특히 주파수영역에서는 사람에 따라 고유한 고조파성분이 명확히 나타났으며 이로써 본 논문에서 구성된 맥파 검출 시스템의 객관적이고 과학적인 효용성을 입증하였다. 본 연구는 공학적인 관점에서 설계, 제작된 스트레인게이지를 이용한 맥파검출시스템의 유

용성을 증명한 것이고 의학적, 임상학적인 관점에서 다양한 실험을 통하여 인간의 신체와 맥파형과의 상관관계를 밝혀야할 것이다.

본 연구는 한의학의 과학적인 접근방법으로 유용하게 사용될 수 있으며 추후에는 본 시스템을 이용하여 맥상과 신체의 생리학적, 감정적특성 및 체질등과의 관계를 밝히는 한의학적인 임상연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 박영배, "맥진기의 현황과 전망", 대한한의진단학회, pp86~94, 1997.5
- [2] 최승규, "체질구분을 위한 맥파의 특성과파라미터 검출", 경희대학교 전자공학과 석사학위논문, 1998.8
- [3] 홍승홍, "맥파검출과 이의 유효성", 전자공학회지, 제15권1호, 1978
- [4] S.Lawrence Marple Jr, "Digital Spectral Analysis with Applications", by Prentice Hall Inc., 1987.
- [5] Willis J. Tompkins, "Biomedical Digital Signal Processing", by Prentice Hall, 1993.

저 자 소 개



李 鍾 昊(正會員)

1988. 2 : 경희대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1990. 2 : 경희대학교 공과대학 전자공학과(공학석사). 1990-1991 : 한국전자통신연구소 연구원. 1995. 2 : 경희대학교 공과대학 전자공학과(공학박사). 1994~현재 : 인하공업전문대학 전자계산기와 조교수