

홀소자를 이용한 손목착용 맥진기의 혈압추정 알고리즘

안명천

(주)디트론, 한방의료기기산업진흥센터 203호, 강원 원주시 우산동, 220-702

최종구¹ · 손일호² · 이상석^{1,2*}

¹상지대학교 대학원 동서의료공학과, 강원 원주시 우산동, 220-702

²상지대학교 한방의료공학과, 강원 원주시 우산동, 220-702

김근호

고려사이버대학교 컴퓨터정보통신학과, 서울시 종로구 계동 1-21, 110-800

(2010년 3월 16일 받음, 2010년 4월 16일 최종수정본 받음, 2010년 4월 16일 게재확정)

비기압 상태에서 혈압 및 맥박을 정확하게 측정할 수 있는 방법을 얻기 위하여 안정시 휴대성과 소형화가 가능한 지성 홀소자를 이용한 손목 착용형 맥진기의 시제품을 개발하였다. 본 시제품을 이용하여 맥진파를 분석한 13명의 임상시험 데이터로 상관인자를 정하여 혈압추정 알고리즘의 회귀식을 구하였다. 5초간 비기압 맥진기로 맥진파를 수집한 혈압추정값과 전자혈압계나 수은혈압계로 측정된 혈압값을 비교하였다. 비기압 맥진기로 추정된 최고혈압과 최저혈압의 표준편차는 혈압국제규격 허용치 범위 안에 있는 12.1과 5.9로 각각 나타났다.

주제어 : 홀소자, 비기압, 손목착용 맥진기, 맥진파, 혈압추정 알고리즘

I. 서 론

혈압 및 맥박을 측정하기 위한 센싱기술은 혈압 및 맥박의 생체신호를 실생활에서 측정할 수 있는 온라인 네트워크를 통해 운동, 식이, 투약 등 원격서비스를 제공하여 질병을 지속적으로 관리하거나 건강증진을 위해 서비스를 제공하는 것이다. 뿐만 아니라 운동선수들의 효과적인 운동량 및 건강상태를 관리할 수 있는 중요한 수단이다[1-3]. 현재 개발된 센서들은 정확도가 다소 낮으며 측정 가능한 시공간에서 제약이 따르는 불편함이 있다. 특히 혈압 및 맥박을 측정하는 경우 기압식으로 불편한 압박감 없이 측정이 불가능하며 정확도가 현저히 낮다. 생체정보의 정확도가 신뢰되지 않으면 의료행위의 기초 판단자료로 사용될 수 없으므로 정확한 측정은 U-헬스산업에 있어서 필수 전제조건이다[4, 5].

종래의 기술은 휴대용 혈압 및 맥박 측정장치를 손목시계형 또는 반지(ring)형으로 구현할 수 있다고 개념적으로만 정립하였을 뿐 이에 대한 기술을 개발하지 않는 상황이다[6, 7]. 또한 전통적인 맥진법으로는 맥진파 측정센서를 요골 동맥상에서 고정시켜 혈압 및 맥박을 측정할 수 있으나 이동시에는 이의 센서를 고정시키기 어렵고 잡음이 발생하여 정확하게 데이터를 측정하기 어렵다. 종래의 맥진파 측정센서로는

광센서, 심전센서, 압력센서 등이 있으며 측정 방법이 어렵고 측정장치의 부피가 크다는 단점으로 사업화가 어려운 문제가 야기된다. 상기의 문제들을 해결하기 위해서는 손목의 요골 돌출부에 센서를 고정시켜 효과적으로 홀소자를 이용하여 요골동맥의 맥진파를 측정하므로 혈압 및 맥박을 분석하고 모니터링하는 손목 착용형 혈압 및 맥박 측정기를 개발할 필요가 있다[8, 9]. 위와 같이 측정된 데이터는 유무선 네트워크를 통해 데이터를 전송함으로써 향후 U-헬스케어의 네트워크를 기반으로 온라인상에서 원격진료 및 건강관리를 할 수 있을 것이다.

인간에 의해 수행되는 전통적인 맥진법에서 측정하는 맥진기의 주요 요소로는 맥동의 힘, 맥동의 주기, 맥의 팽창과 수축의 빠르기, 맥의 축지 깊이, 맥의 폭, 맥의 유효한 축지 길이 등이 있다. 본 연구의 손목 착용형 맥진기는 손목의 요골 돌출부 또는 척골 돌출부에 지지하여 고정시켜서 효과적으로 요골 동맥의 맥진파를 측정하므로 혈압 및 맥박을 분석하고 모니터링 하는데 기술적으로 의미가 있다[10-12]. 종래의 안정된 상태에서 측정하는 혈압 측정기나 맥박 측정기는 휴대로 사용하기 불편하고 압박에 의한 고통으로 실생활에서 사용할 수 없었다. 근래 일본에서 손목 착용형 혈압 측정기를 개발하고 판매하였으나 이 역시 지속적인 생체신호를 측정할 수 없고 통증을 유발시키며 다소 큰 부피를 차지하여 지속적으로 착용하기에 어려움이 있었다. 따라서 본 연구목적은 차

*Tel: (033) 738-7961, E-mail: ssllee@sangji.ac.kr

세대 U-헬스산업에 맞아 실생활에서 휴대가 가능하고 비가압식으로 통증없이 혈압 및 맥박을 동시에 측정할 수 있도록 벨트의 길이를 조절하고 피부에 접촉하는 센서는 요골 동맥을 가볍게 눌러 “부”, “중”, “침”으로 구분할 수 있게 하여 전통적인 맥진법보다 재현성이 뛰어나게 혈압 및 맥박을 측정하고 착용이 편리하도록 소형화하여 기술경쟁 우위를 실현하는데 있다[13, 14].

혈압 및 맥박의 정확한 측정 데이터를 도출하기 위해 안정된 상태에서 측정하는 제품을 기반으로 하여 휴대성으로 용이하고 소형화가 가능하도록 연구하였다. 또한 전력소모를 최소화하도록 회로 구성을 설계하였으며 실생활에서 제품을 손목에 착용하여 지속적인 혈압 및 맥박 측정 데이터를 얻을 수 있도록 하였다. 재현성이 뛰어난 손목 착용형 맥진기를 상품화하기 위해 제품 디자인 및 기구 설계를 소형화하고 혈압 및 맥박 측정기로 얻은 다중 생체신호를 비교 분석하는 소프트웨어를 개발하고 시스템을 구축하였다. 이의 소프트웨어를 통해 네트워크상에서 진료하고 처방하며 규칙적으로 운동하고 식사조절을 할 수 있도록 생체기초자료를 전송하여 개인의 건강상태를 실시간으로 관리할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 맥동과 영구자석에 의한 미세한 자기장 변화를 측정하는 자성 홀소자 맥진센서를 이용하여 손목 착용형 맥진기의 시제품을 제작하였으며 임상시험 데이터로부터 획득한 맥진파를 분석할 수 있도록 재현성이 뛰어난 혈압추정 알고리즘을 개발하였다.

II. 홀소자를 이용한 맥진기 특성

손목 착용형 맥진기를 제작하기 위해 자성 홀소자를 일정한 배열로 정렬하여 이에 따른 파형을 읽어 들여 공간적인 맥의 형태를 구현하고자 얻은 실험 데이터를 분석하였다. 홀(Hall)소자의 홀 효과를 이용한 자성변환소자의 핵심재료는 일반적인 인듐안티모나이드(InSb), 인듐아세나이드(InAs), 게르마늄(Ge), 실리콘(Si) 등으로 구성된 반도체를 사용하였다[15]. 자기장에 의해 홀 기전력이 발생하여 그 크기로 자기장의 세기를 측정할 수 있어서 자기장이나 미소 부분의 자기장을 측정할 수 있는 장점이 있으며 자기장의 변화가 위치 등에 기인할 때 이들 위치의 측정이 가능하였다.

손목 착용형 맥진기의 기본 구조도는 Fig. 1과 같다. 자성 홀소자를 이용하여 요골 동맥에 놓여 있는 영구자석의 위치 변화에 따른 전압의 변화를 전기적 신호로 얻었다. 전기적 신호는 맥의 파형 신호를 의미하는데 이 신호는 다시 회로의 하드웨어를 통해 신호들을 미분하여 자기장 변화에 따른 신호만 얻는다. 신호처리 모듈의 구조도는 Fig. 2와 같으며 소프트웨어를 통해 위치 변화에 따른 자기장 변화의 크기에 따라 그 형태를 맥진 영상으로 얻어 손목 착용형 맥진기의 기본적인 구조를 보여준다. 요골 동맥 위치에서 맥파형 센서로 사용하는 반도체를 기반으로 한 자성 홀 다중소자의 크기와 자장감응도는 Fig. 3에서 알 수 있듯이 자성 홀 다중소자를 장착한 PCB(Print Circuit Board)의 실제 모양과 다중 특성

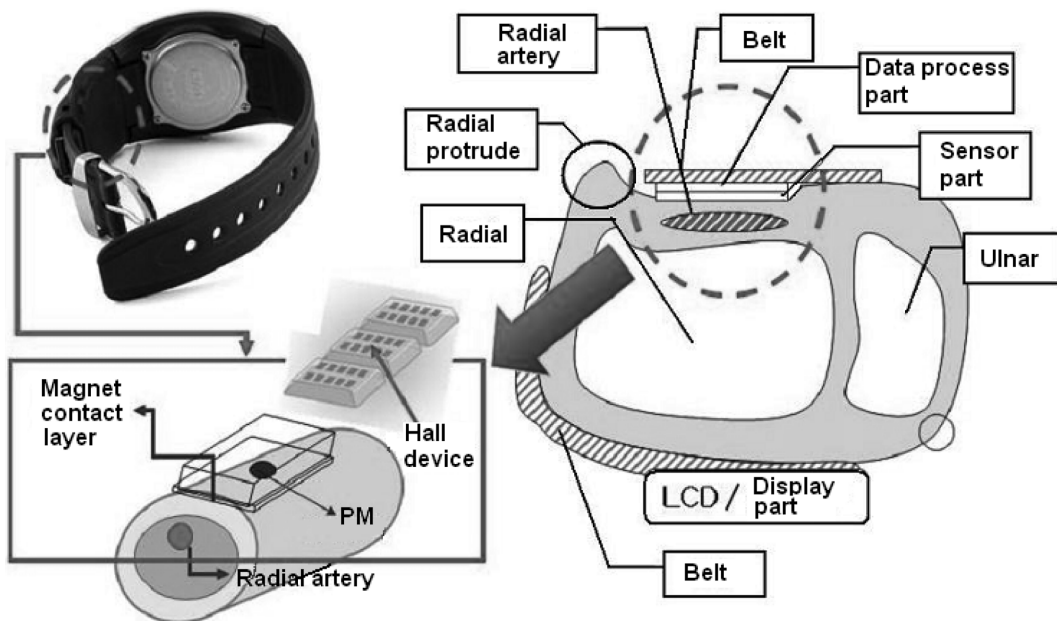


Fig. 1. Schematic of the basic structure of wrist wearable pulsimeter. Schematic of a cross-section of one form of the radial artery pulsimeter's pulse-sensing and skin-contacting parts by using multiple Hall devices and permanent magnets, respectively. The pressure chamber between the skin-contacting and pulse-sensing parts is full of air.

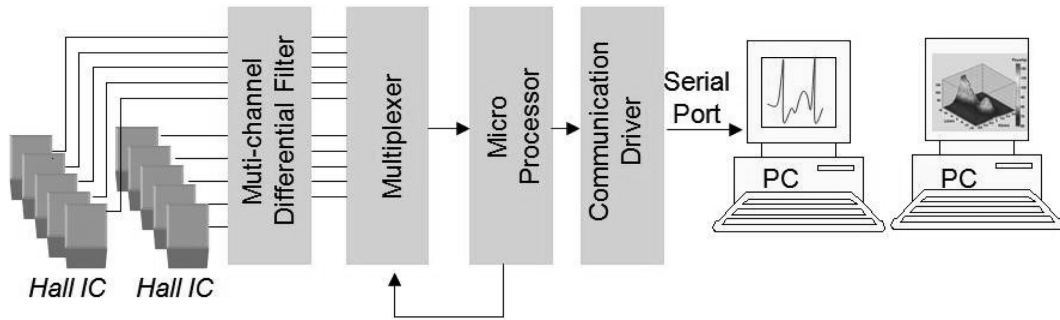


Fig. 2. Schematic for the signal process module of Hall device from multiple hall devices to PC through multi-channel differential filter, multiplexer, micro-processor, communication driver, and serial port.

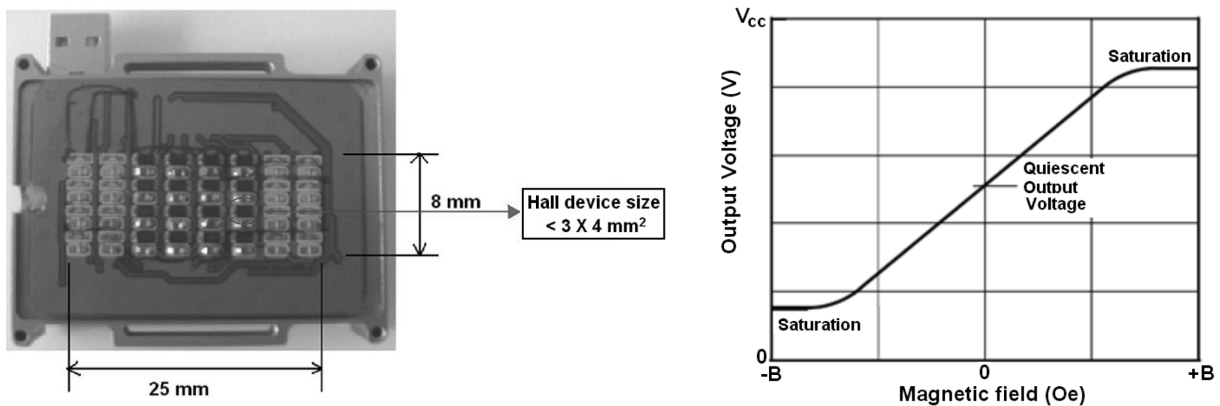


Fig. 3. PCB pulse-sensing part mounted with a multiple $5 \times 9 = 45$ array of Hall devices corresponding to the permanent magnets under it. Output voltage versus magnetic field for the commercial, A3515- and A3516-type Hall device with a high sensitivity of 2.5-5 mV/Oe and a linearity in the magnetic field and temperature range of from -10 Oe to $+10$ Oe and from -40 °C to $+150$ °C, respectively.

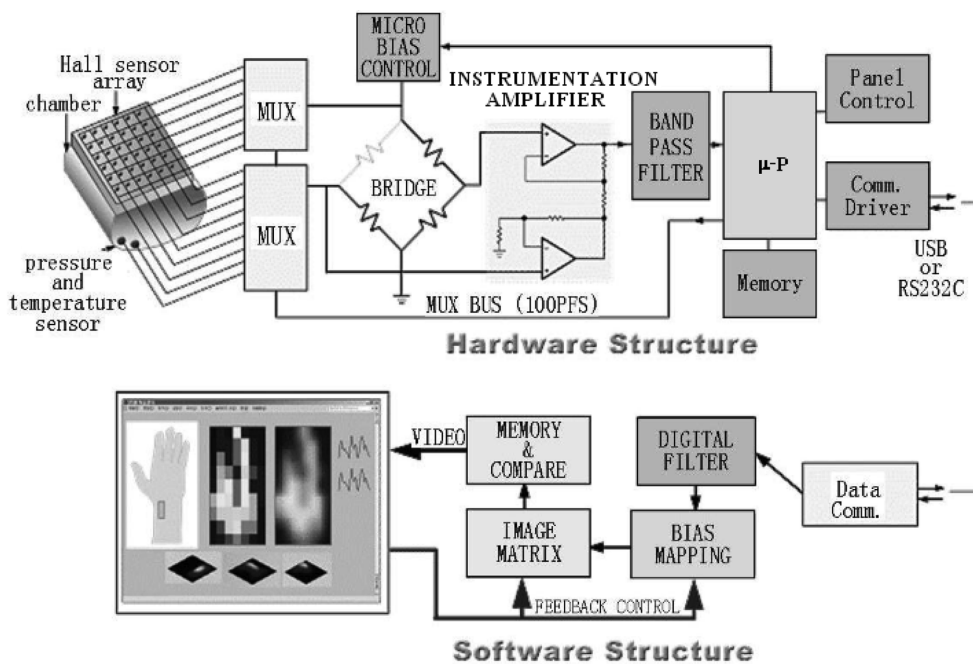


Fig. 4. Schematic of acquisition process circuit system of pulse images for the "Chon", "Gwan", and "Chuck" regions using the product testing of the radial pulsimeter system with multiple Hall devices.

곡선으로 각각 $3 \times 4 \text{ mm}^2$ 와 1.2 mV/Oe 이다.

Fig. 4는 12개의 자성 홀소자를 한 세트의 하에 3개의 세트를 기준으로 36개 홀소자를 읽어 들여 컴퓨터로 영상화하는 시스템의 회로도이다. 크게 하드웨어를 통해 홀소자의 신호는 파형으로 변환하여 소프트웨어로 전달되며 이의 파형들을 모두 합하여 파형의 최대값(피크 값)들만 얻어 영상 신호를 바꾸어 모니터링하는 구조로 이루어져 있다. 하드웨어에서의 부분별 기능은 다음과 같다. 홀센서 어레이에서 다중 플럭스(Multiplex: MUX) 3개를 거쳐 입력된 전기적 신호는 휘트스톤 브리지 회로를 거쳐 미세 평형 조건을 갖는다. 또한 증폭기 회로와 대역폭 필터회로를 통해 메모리 장치에 저장된다. 초당 30 프레임의 데이터가 신속하게 처리된다. 처리된 하드웨어의 출력 신호들은 RS 232C로 연결된 소프트웨어의 회로 부분으로 전달되며 이때의 신호를 디지털로 변환하여 이미지 매트릭스를 거쳐 Mat-Lab 프로그램으로 영상을 모니터

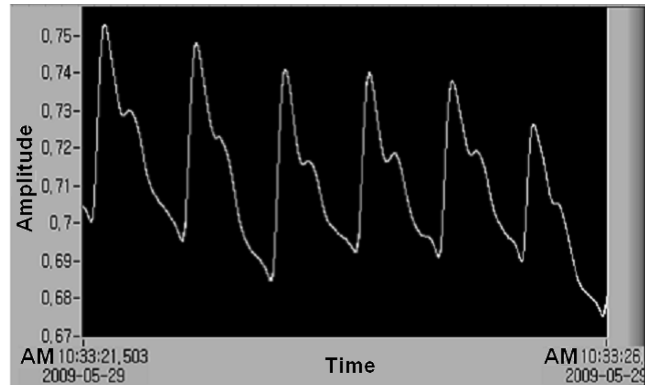
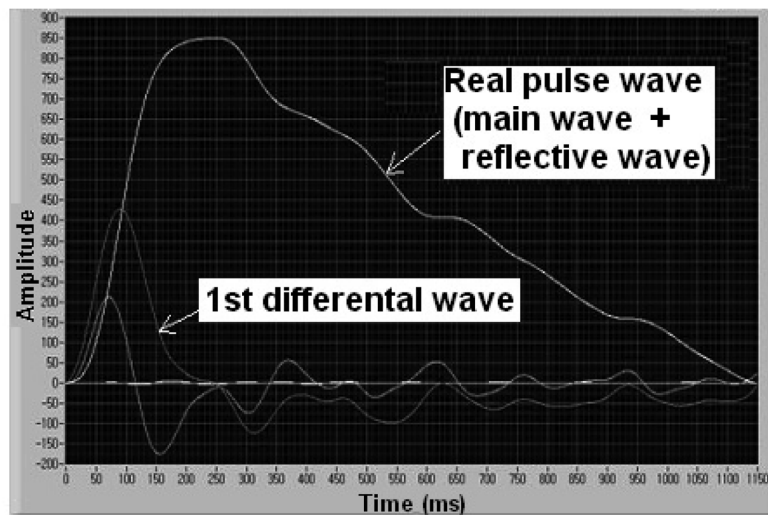
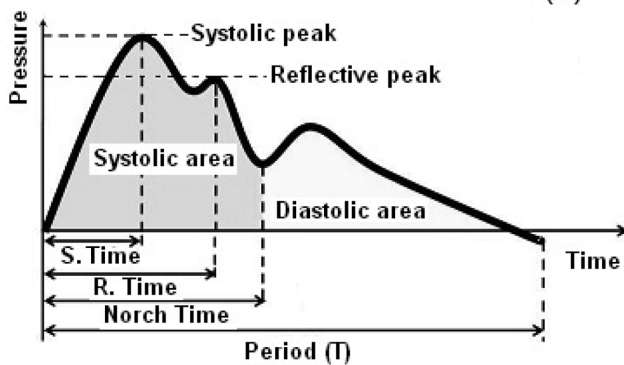


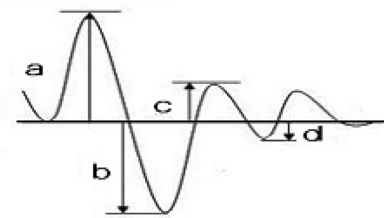
Fig. 5. Typical pulse waveform of one point obtained by the compositional analysis of pulse signal of the clinical product testing of the pulsimeter using Hall device. Example of measuring time (seconds) versus temporally typical signal of one point pulse obtained from the analysis for an arbitrary pulse signal of one position of small permanent magnet.



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. (a) The typical real feature of pulse wave and the 1st pulse wave combined the main pulse and the reflective pulse. (b) The regression analysis equation for the estimated algorithm of blood pressure needs to the following six major correlative factors; ① the period of pulse wave, ② the time of systolic period, ③ the reflective time, ④ the notch time, ⑤ the ratio of area (systolic period area/diastolic period area), and ⑥ the increasing pressure index (reflective wave peak/systolic wave peak).

로 나타내었다.

맥진파는 계측 증폭회를 통해 증폭되었으며 자동 영점 세팅, 고출력 이득, 노이즈 필터, 출력 감쇄기를 통해 맥진파 신호를 얻었다. 이를 다시 12 bit 해상도로 30 FPS(frame per second), RS232C의 출력을 통해 낮은 파워에 컴퓨터 시뮬레이션으로 파형을 얻었다. 다중 흡소자를 이용한 맥박계의 파형을 분석하기 위해 LabVIEW와 연동한 실시간 영상, 다중 소자의 2차원 영상, 연속 무제한 저장 데이터, Matlab을 이용한 파형분석 저장 데이터 등을 32개의 채널에서 각각 분석하였으며 5점 이동평균필터를 통해 얻은 대표적인 맥진파(분당 맥박수 = 약 64회)는 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보여주는 파형은 영구자석에 의한 미세한 자기장 변화를 감지하는 자성 흡소자를 이용하여 비가압식으로 맥진파를 측정하고 분석한 데이터를 바탕으로 혈압추정 진단 알고리즘을 얻은 것이다.

III. 맥진파 분석을 통한 혈압추정 주요 상관인자

혈압을 조절하는 감각신경계 중 하나인 대동맥소체에 위치한 화학수용체가 CO₂ 증가와 O₂ 감소를 감지하고 원활한 산소 공급을 위해 혈액량이 증가하게 되면서 혈압이 상승한다. 혈액 공급량을 증가시키기 위해 심박수가 증가하고 이에 따라 맥박수도 증가하여 혈압이 상승(부정맥 및 협심증 환자의 경우 제한적 사용)하게 된다. 맥진파의 형태에 의한 구분은 심장에서 나가는 요골 동맥의 주맥파와 복대 동맥에서 요골 동맥으로 반사되는 반사파의 이격 시간차가 발생(고혈압의 경우 같이 합쳐지는 형상을 보임)하고 이를 통해 개인의 혈관 특성을 알 수 있으며 개괄적인 혈압의 특성을 알 수 있다. Fig. 6은 혈압추정 알고리즘을 적용한 예로 혈압추정 회귀식에 대한 주요 상관인자의 정의를 보여주고 있다. 혈압추정 회귀식 도출에 필요한 주요 상관인자인 수축기 시간, 반사파 시

간, 절흔점 시간, 주기, 맥진파에서의 가속도, 면적비(수축기 면적/이완기 면적), 증강압 지수(반사파 크기 피크/수축기 크기 피크) 등을 각각 나타내었다.

IV. 임상 데이터 결과를 분석한 혈압추정 알고리즘

임상 데이터를 얻기 위해 사용된 흡소자를 이용한 손목 착용형 맥진기의 시제품은 Fig. 7과 같다. 기낭의 안쪽에 붙어 있는 영구자석과 흡소자는 Fig. 7에서 알 수 있듯이 요골 동맥에서 맥동이 가장 큰 위치에 안정되게 접촉이 되도록 배치하였다. 배터리를 포함한 실제 무게는 약 80 g으로 경량화시켰다. Fig. 7과 같이 시제품을 손목에 착용한 후 작동시 리튬이온 배터리로 소모되는 전력량은 1.65 W(출력전류 500 mA, 3.4 V) 이내로 나타났다. 100 % 충전한 후 사용할 경우에는 1일 정도 분량으로 고/저혈압과 맥박수의 측정치를 저장할 수 있다.

혈압추정 알고리즘에 대하여 이미 언급한 <맥진파 분석을 통한 혈압추정 주요 상관인자>인 앞절에서 심박수의 증가는 혈액공급량과 맥박수를 증가시켜 혈압이 상승한다는 사실에 이론적인 근거를 두었다. 맥파 형태에 의한 구분으로 가능한 수축기 혈압과 평균 동맥압의 맥파 상관관계에서 정상인과 고혈압 환자를 구별하였다.

혈압추정 알고리즘에 대한 기술적인 방법으로 저장된 맥파 데이터를 불러와 대표 맥파를 자동적으로 구하거나 특정점을 지정하여 선택하였다. 자동 입력된 맥파 데이터는 자동연산을 거쳐 8가지 검출 데이터로 8가지 인자값이 생성되도록 하였다. 만약 자동입력이 오동작시 수동으로 입력하여 자동연산 단계에 도달하게 되면 자동연산에서는 대표맥파를 판단하고 이를 처리하여 주기와 맥박수를 얻고 1차 미분파의 5번째, 6번째 영점 바로 앞의 맥파를 주기의 시작과 끝으로 지정하였

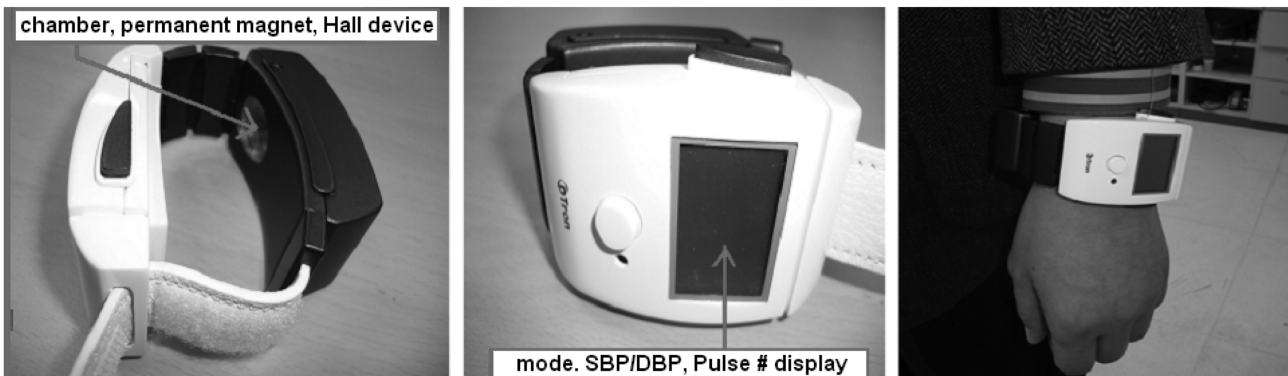


Fig. 7. Photographs of the clinical product testing of the pulsometer using Hall device. Here the weight and consuming power of the wrist wearable pulsometer are 80 g and 1.65 W, respectively. The product testing of the proposed radial pulsometer and the measuring feature, which are a wrist watch or bracelet, transfer the increased pressure to the skin-contacting part intact when the pressure of the constant pressure chamber is increased.

다. 이완기는 대표맥파의 시작점으로, 수축기는 1차 미분파의 첫 번째 영점으로 정하였다. 증강점과 절흔점은 정상혈압의 맥파와 6차 미분의 2번째 혹은 3번째 영점으로, 고혈압의 맥파와 6차 미분의 3번째 혹은 4번째 영점으로 각각 정하였다.

혈압추정 알고리즘에 대한 임상적인 방법으로 임상시험의 대상자는 상지대학교 한방의료공학과 재학생과 대학원생 및 교직원으로 남자 7명과 여자 6명을 포함하여 13명이었으며 나이는 20대 초반에서 60대 초반까지 골고루 분포되게 하였다. 실험방법은 5초간 비가압식 맥진기로 맥진파를 측정하여 혈압추정 값을 얻은 후 바로 오른팔에서는 전자혈압계로, 왼팔에서는 수은혈압계로 혈압을 측정하였으며 한 사람당 3개의 맥진파를 선택하여 각각의 인자들을 추출하였다.

혈압추정 회귀식을 얻기 위한 맥파 측정인자 및 맥파 데이터 분석은 ① 증강압 지수, ② 절흔점 지수, ③ 반사파 도달 시간, ④ 주기(맥박수), ⑤ 맥파의 2차 미분의 첫 번째 미분 피크(peak)와 골(valley)값의 비, ⑥ 맥파의 2차 미분의 두 번째 미분 피크(peak)와 골(valley)값의 비, ⑦ 수축기와 주기 시간비, ⑧ 수축기와 이완기 면적비 등 8가지 맥파 측정 인자들로 이루어져 있다. 그리고 맥진파의 1차 미분파와 영점에서의 맥파의 Y값과 대표 맥파의 미분파 분석으로부터 얻은 측정점과 자동검출 결과를 보완하였다. 여기서 데이터 분석은 상관분석 및 회귀분석인 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 방법으로 실행하였다.

혈압추정 알고리즘을 개발하기 위한 맥진파의 주요 인자는 영구자석이 장착되어 있는 가량의 공기가 상대적인 압력에 따라 비둘 수 있으므로 진행파와 반사파가 도달하는데 걸리는 시간과 각 시간과의 비율을 적용하여 추출하였다. 보다 정확한 혈압추정 값을 얻기 위해 20대 초에서 60대 초반까지 10단위로 5개의 모드를 나누어 임상시험의 데이터를 분석한 결

과, 상관인자를 고려한 수축기와 이완기의 혈압추정 회귀식은 수축기 혈압(S_{BP}), 이완기 혈압(D_{BP}), 수축기 시간(S_T), 절흔점 시간(N_T), 가속도 맥파에서의 최고값(a)과 최저값(b), 반사파 시간(R_T), 맥박수(P_N), 절흔점지수(N_I) 아래의 식 (1)과 식 (2)로 나타났다. 여기서 혈압의 단위는 mmHg이다.

$$S_{BP} = -233.072 \times S_T + 220.77 \times N_I + 21.22 \times \left(\frac{b}{a}\right) - 297.958 \times R_T + 0.096 \times P_N + 161.191 \quad (1)$$

$$D_{BP} = 12.65 \times N_I + 5.866 \times \left(\frac{b}{a}\right) + 66.23 \quad (2)$$

Table I은 41명의 임상 데이터를 적용한 혈압 측정 및 추정값을 비교한 것이다. 여기서 회귀식 (1)과 (2)를 이용하여 혈압추정값으로 얻은 최고혈압과 최저혈압의 표준편차는 각각 12.1과 5.9로 나타났다. 여기서 최고혈압은 표준 혈압국제 규격(BP International Standard)의 오차범위 ± 10 보다 약간 높았지만 최저혈압은 ± 10 이내로 값을 유지하였다[16]. 많은 임상시험의 데이터를 축적하여 최고혈압인 수축기 혈압의 오차를 줄일 수 있는 혈압추정 알고리즘을 개발하면 비가압식 혈압 측정기를 상용화할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 혈압추정 알고리즘을 적용하여 얻은 결과로 명확한 기준으로 한 패턴을 연령별로 구분하였을 때의 유효한 값을 얻었고, 유사한 패턴을 갖는 맥진파별로 분류하여 회귀식을 구성할 수 있었다.

만약 손목 착용형 맥진기를 상시 착용하면 진단 빈도가 비약적 증가하고 질병의 조기 발견 가능성을 획기적으로 높여 줄 것이다. 더 나아가 손목 착용형 맥진기를 상시 착용하여 가정에서 개인의 건강을 관리하고 다양한 건강상태의 문제를 해결할 수 있는 새로운 정보를 얻을 수 있다. 또한 BT와 IT

Table I. Comparison of the measured value and estimated value of BP (blood pressure) applied to the clinical medical data.

BP Classification	Systolic blood pressure (SBP)			Diastolic blood pressure (DBP)			
	Clinical patient number	Estimated value	Measured value	Error	Estimated value	Measured value	Error
	1	123.0	145	22.0	69.0	63	-6.0
	2	121.6	140	18.4	70.0	63	-7.0
	3	125.1	142	16.9	69.3	81	11.7
	4	125.4	140	14.6	68.8	77	8.2
	5	122.9	142	19.1	68.6	78	9.4
	6	122.8	135	12.2	68.5	81	12.5
	7	125.0	137	12.0	67.6	73	5.4
	8	123.6	135	11.4	67.1	74	6.9
	9	123.3	136	12.7	67.1	74	6.9
	10	122.9	133	10.1	65.5	58	-7.5
	11	118.3	130	11.7	68.0	61	-7.0
	12	123.1	135	11.9	67.3	54	-12.3
	13	119.6	105	-14.6	64.7	50	-14.7
	Standard deviation			12.1	5.9		

기술을 접목시켜 새로운 U-헬스케어의 시스템을 개척하여 지속적인 생체신호의 데이터를 저장하고 유무선 네트워크를 통해 원격서비스로 데이터를 분석하며 개인의 건강관리뿐만 아니라 운동선수의 체력관리와 만성질환자를 위한 효율적인 의료서비스 등을 제공해 줄 수 있다.

새로운 의료패러다임인 U(Ubiquitous)-헬스산업이 도래함에 따라 병원에서 단발성 진단 및 치료에 국한되었던 기존의 의료서비스가 이제는 실생활 영역에서도 시공간적으로 확대되어 제공될 것이다. U-헬스산업에 발맞추어 인텔, IBM 등 해외 글로벌 IT기업은 이미 이를 진출하거나 확장하고 있어 국내기업의 기술개발이 필요한 실정이다. U-헬스산업은 차세대 신 성장산업으로써 고령화 시대에 따른 고령층의 의료비가 급증하고 있는 국내 경제의 현실에서 의료비 절감의 수단으로 매우 중요하다. U-헬스산업 시장의 지속적인 성장이 예상되는 가운데 기술적인 측면에서 U-헬스산업의 핵심기술인 센싱의 정확도와 편리성 그리고 개인별 건강관리 등에 필요한 의료정보를 표준화하여 제품을 개발할 수 있는 기술이 필요한 실정이다. U-헬스산업을 실생활 영역에서의 공간적 측면으로 볼 때, 개인의 건강을 관리하고 환자의 심박 및 혈압 등을 측정하는 센싱기술의 발전은 의료서비스 범위를 확대하는데 필수요건이다. 이는 만성질환자 또는 노약자, 고령자를 위해 혈압 및 맥박을 반복적으로 측정하고 모니터링하는 서비스와 적극적인 질병예방을 위한 건강증진 추구 등 최적화된 건강관리를 가능하게 한다.

V. 결 론

혈압 및 맥박의 정확한 측정 데이터를 도출하기 위해 안정시의 제품을 기반으로 휴대가 가능한 손목 착용형 맥진기의 시제품을 소형화 되도록 개발하였다. 또한 전력소모를 최소화하게 회로 구성을 설계하였으며 손목 착용이 편리하게 비가압식을 이용한 맥진과 분석 알고리즘으로 지속적인 혈압 및 맥박 측정 데이터를 얻을 수 있도록 하였다. 대상자 13명의 임상시험으로 얻은 맥진과 데이터로 상관인자를 정하여 혈압 추정 알고리즘의 회귀식을 구하였다. 동시에 왼쪽 손목에서 5초간 비가압 맥진기로 맥진과를 수집한 혈압추정값과 오른쪽 위팔에서 전자혈압계로, 왼쪽 위팔에서 수은혈압계로 얻은 혈압의 측정값을 비교한 결과, 비가압 맥진기로 얻은 최고혈압과 최저혈압의 표준편차는 각각 12.1과 5.9으로 혈압국제규격 허용치와 근사하여 비가압 혈압 및 맥진기로 상용화 할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 영구자석의 미세한 자기장 변화를 감지한 자성 홀소자를 이용한 비가압 맥진과 분석으로 한의학의 새로운 혈압추정 진단 알고리즘을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 보건복지가족부 한의약선도기술개발사업의 한방 의료기기개발에 의하여 이루어진 것임(B100030).

참고문헌

- [1] Q. Yu, J. Zhou, and Y. C. Fung, *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, **265**, 52 (1993).
- [2] A. Lu, C. H. Cheng, Y. Y. Lin Wang, and W. K. Wang, *Am. J. Chin. Med.*, **24**, 315 (1996).
- [3] Y. Z. Yoon, H. M. Johng, K. S. Shin, C. G. Jung, and K. S. Soh, *SaeMulli*, **40**, 494 (2000).
- [4] E. M. Ka and D.-R. Son, *J. Magnetics*, **13**, 34 (2008).
- [5] N. T. Thanh, D. Y. Kim, and C. G. Kim, *J. Magnetics*, **12**, 40 (2007).
- [6] 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**, R908 (2006).
- [7] S. D. Choi, S. W. Kim, G. W. Kim, M. C. Ahn, M. S. Kim, D. G. Hwang, and S. S. Lee, *J. Magn. Magn. Mater.*, **310**, e983 (2007).
- [8] S. S. Lee, D. G. Hwang, G. W. Kim, S. W. Kim, and H. H. Kim, *The Korean Patent Registration Number*; 0730385, 2007; S. D. Choi, M. S. Kim, M. C. Ahn, Y. G. Choi, G. W. Kim, D. H. Park, D. G. Hwang, and S. S. Lee, *J. Kor. Mag. Soc.*, **16**, 216 (2006).
- [9] S. A. Hope, P. Antonis, D. Adam, J. D. Cameron, and I. Meredith, *J. Hypertension*, **25**, 2105 (2007); *The Korean Patent Publication Number*; 10-2001-28668, 10-2002-96224; *The Korean Patent Utility Registration Number*; 20-0358195.
- [10] X. Niu, X. Z. Yang, C. Y. Fu, *Zhongguo Zhong, Xi Yi Jie, and He Za Zhi*, **14**, 435 (1994).
- [11] M. F. O'Rourke, R. P. Kelly, and A. P. Avolio, *The Arterial Pulse*, 1st Ed., Lea & Febiger, Philadelphia (1992).
- [12] 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. Kor. Mag. Soc.*, **15**, 307 (2005).
- [13] S. S. Lee, G. W. Kim, M. C. Ahn, Y. S. Park, J. G. Choi, S. D. Choi, D. H. Park, D. G. Hwang, and H. R. Yoon, *J. Biomed. Eng. Res.*, **28**, 721 (2007).
- [14] S. S. Lee, M. C. Ahn, and S. H. Ahn, *J. Magnetics*, **14**, 132 (2009).
- [15] S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, pp. 30-35 (1981).
- [16] M. C. P. Carrasquero, L. M. H. Bernard, H. Kobori, Y. Ozawa, K. S. H. Smith, L. L. Hamm, and L. G. Navar, *Hypertension*, **44**, 223 (2004).

Estimated Blood Pressure Algorithm of Wrist Wearable Pulsimeter Using by Hall Device

Myung-Cheon Ahn

Dtron Co., Ltd, Room #203, Oriental Medical Industry Development, Wonju 220-702, Korea

Jong-Gu Choi¹, Il-Ho Son², and Sang-Suk Lee^{1,2*}

¹*Dept. of Oriental-Western Biomedical Engineering, Sangji University, Wonju 220-702, Korea*

²*Dept. of Oriental Biomedical Engineering, Sangji University, Wonju 220-702, Korea*

Kuen-Ho Kim

Dept. of Computer and Information Communication, The Cyber University of Korea, Seoul 110-800, Korea

(Received 16 March 2010, Received in final form 16 April 2010, Accepted 16 April 2010)

In order to get the precise blood pressure and pulse number in the cuffless status, the wrist wearable pulsometer with a portable and small size apparatus using by Hall device is developed. The regression analysis of the pulse wave measured by the testing product of pulsometer is conducted two equations of the blood pressure algorithm. The estimated values of blood pressure obtained by the cuffless pulsometer during 5 s are compared with the practical values measured by electronic or mercury liquid blood pressure meters. The standard deviation of the estimated value and the practical value for the high blood pressure and the low blood pressure were 12.1 and 5.9, respectively, which have the neighborhood values of BP International Standard. The detail analysis of a pulse wave measured by cuffless wrist wearable detecting the changes of the magnetic field can be used to develop a new diagnostic algorithm of blood pressure applying for oriental medical apparatus like as the wrist wearable pulsometer.

Keywords : Hall device, cuffless pressure, wrist wearable pulsometer, a pulse wave, estimated algorithm of blood pressure