

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.2.145>

JIWIT 2012-2-18

모세관 맥동과 영상을 이용한 맥파 측정 시스템

Pulse wave Measurement System by analyzing a Moving Pulse Image in the Capillary Tube

이우범*, 최창열*, 홍유식*, 이상석**, 남동현***

Woo-Beom Lee, Chang-Yur Choi, You-Sik Hong, Sang-Suk Lee, Dong-Hyun Nam

요약 심혈관계 질환의 발병 위험요인 분석이 가능한 맥진기는 한방 의료기기에서 대표적인 연구 분야 가운데 하나이다. 그러나 기존의 대부분의 센서 기반의 맥진기는 측정시의 맥박 박동치와 센서부의 접촉상태에 따른 편위, 검출된 파형의 부정확성 및 파형분석의 어려움 등에 있어서 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에는 특성 센서를 사용하지 않고 단지 맥동에 의해서 유발되는 모세관 시험액의 상태 변화를 촬영한 맥동영상을 분석하여 환자의 맥파의 측정이 가능한 맥진기를 제안한다. 제안한 방법에서는 맥동영상 분석을 위한 시약영역 추출, 이진화, 수정된 열림연산, 변위측정 등의 영상처리 방법들이 적용된다. 제안한 맥진기의 성능 평가를 위해서는 추출된 압맥파로부터 맥파 분석에 필수적인 5가지 주요 특징점에 대한 추출률을 측정한 결과 성공적인 결과를 보였다.

Abstract The pulsimeter is a representative device in the oriental medicine, which can analysis a risk factor in a cardiovascular diseases. However, most of the previous methods have the limit by the contacted sate of the brachial pulse and sensor in the measuring time, the inaccuracy of detected pulse, and the difficulty of pulse analysis. Accordingly, we propose the moving pulse image analysis based pulsimeter that can acquire a pulse of patient in real time by analyzing a moving image. then this video is shot the state change of the T.S. occurred by a pulse in capillary. In order to evaluate the performance of the our pulsimeter, we measured a respective detecting-rate about the essential 5 feature-points in the pulse analysis from the detected original pulse. As a result, the proposed method is very successful.

Key Words : Pulsimeter, Capillary tube, Moving pulse image, Motified Opening operation, pulse analysis

1. 서 론

인류는 고대로부터 인체의 주요 동맥 박동치에서 맥박을 측정하여 건강상태를 평가하고 질병을 진단하여 왔다. 특히, 맥파 파형이 노화에 따라 특징적인 변화를 나타내며, 이러한 변화가 대동맥을 포함하는 큰 동맥의 경

화성 변화에서 기인한다는 사실이 밝혀지면서^[1, 2], 현재 맥파는 심혈관계 질환의 발병 위험요인 분석에 널리 활용되고 있다^[3].

그러나 한의사에 의한 고전적 임상적 맥진은 측각으로 환자의 질병을 판단하기 때문에 고도의 전문적, 주관적 경험과 실상파악으로 전신 십이경락의 부조, 오장육

*정회원, 상지대학교 컴퓨터정보공학부

**정회원, 상지대학교 한방의료공학과

***정회원, 상지대학교 한의학과

접수일자 2012.2.8, 수정완료 2012.3.28.

게재확정일자 2012.4.13.

Received: 8 February 2012 /Revised: 28 March 2012 /

Accepted: 13 April 2012

*Corresponding Author: beomlee@sangji.ac.kr

Dept. of Computer Information engineering, Sangji University, Korea

부의 상태와 그 증후의 음양허실, 표리한열 등을 판단하고 있으며 근원적인 심의 허, 실까지의 진단을 필요로 한다. 또한 기존의 압전소자를 사용한 맥진기는 센서 집적도, 측정시간, 동잡음의 민감성, 측정자의 통증 유발에 의한 문제점을 유발한다. 그리고 촬상소자를 이용한 맥진 센서의 경우에는 최적 맥진 부위를 찾기 위한 조작 없이 대면적의 고해상도 3차원 맥진 특성의 측정은 용이하지만 동잡음에 의해서 분석 대상의 영상 프레임을 선별하는 과정이 필요하며, 3차원 영상의 복잡한 분석 과정을 요구한다.

따라서 본 논문에서는 기존의 문제점을 해결하기 위하여 맥동에 따른 모세관(Capillary Tube) 시험액의 상태를 촬영한 맥동영상을 분석하여, 개인의 주관적, 경험적 판단에 따른 맥진을 보다 객관적이고 정확한 맥진 정보와 표준화된 맥진 측정 정보의 제공이 가능한 맥진기를 제안한다.

제안하는 맥파 측정 시스템은 그림 1과 같이 맥동과 영상의 촬영을 위한 자체 개발한 맥파 획득 장치와 맥파 분석을 위한 맥파 측정 모듈, 그리고 측정된 맥파의 가시화를 위한 사용자 모니터링 부분의 세 부분으로 구성된다.

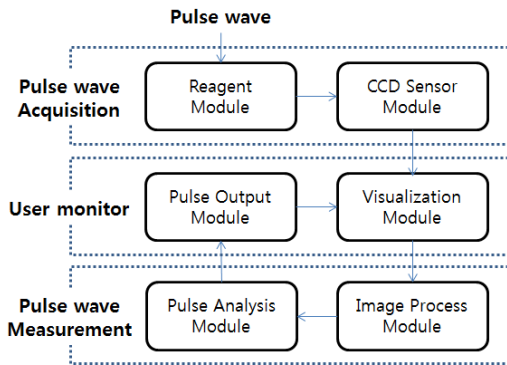


그림 1. 맥파 측정 시스템 구조
Fig. 1. The Proposed Pulse Wave Measurement System

II. 맥동 영상 획득 시스템 구조^[10]

본 논문에서 제작한 맥진기는 손목 안쪽의 요골 동맥을 측정하기 위하여 맥동 측정 부위에 인접한 모세관의 시험에 상태 변화를 촬영하는 맥동측정부와 맥동에 따른 시험액의 상태 변화를 촬영한 영상으로부터 맥동의 변위

를 분석하는 맥동영상 분석 소프트웨어로 구성된다.

그림 2는 우리의 연구에서 개발된 맥동 영상 획득 장치이다. 피측정자가 맥진기의 손목지지부에 손목을 안착하면 맥동측정부의 높이를 맥동측정 부위가 정확히 위치할 수 있도록 조절한다. 피측정자의 맥동에 의해서 연결된 모세관으로 맥동 압력이 전해지면 모세관 수용액의 변화가 발생하고 이 상태의 변화를 영상으로 촬영한다. 이때, 모세관은 기준선 및 시험액의 관내 상승 정도를 파악할 수 있는 계측선이 포함되며, 내부 시험액은 시험액 모세관의 외형과 구별이 가능한 색상인 빨간색 액체를 이용한다. 그리고 모세관 하부는 맥동 측정 부위에 접촉되어 맥동에 따른 압력을 전달하기 위해서 하부를 밀봉되어 있다.

모세관 맥동을 촬영하기 위해서는 CCD(Charge Coupled Device) 또는 밀착형 이미지 센서(CIS : Contact Image Sensor)의 촬상소자로 구성된 소형 카메라를 사용하며, 주변 광도에 따른 촬영 영상의 훼손 방지를 위해서 카메라 양측에 LED 광원을 설치하여 주변 광도를 조절한다.

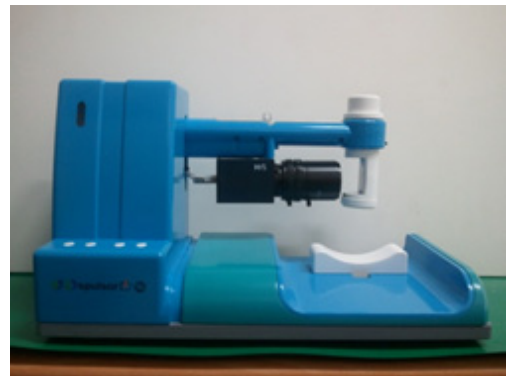


그림 2. 맥동영상 획득 장치
Fig. 2. Moving Pulse Image Acquiring Device

III. 맥동 영상 분석

피측정자의 맥동에 의해서 발생하는 모세관 속의 시험액 변위 영상은 맥동 분석을 위해서 연결된 컴퓨터에 전송되어 소프트웨어적으로 분석된다.

전송된 모세관 영상의 분석은 그림 3과 같이 시약 영역 추출, 그레이 이진화, 잡음제거, 시약 변위 측정의 단계로 구성된다. 그림 4는 압맥파의 변위 추출을 위한 전

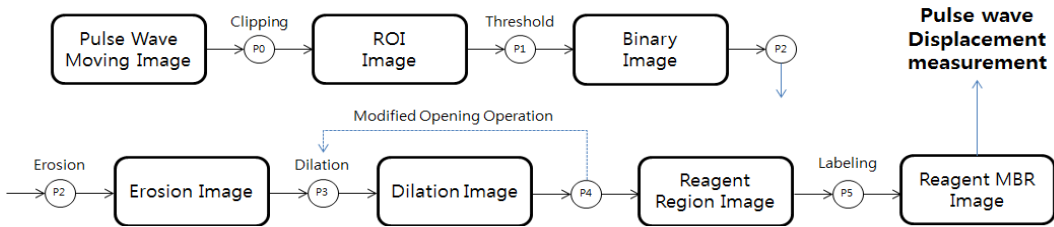


그림 3. 맥파 측정을 위한 제안한 맥동 영상 처리 과정

Fig. 3. The Proposed Moving Pulse wave Processing Diagram of for Measuring a Pulse Wave

처리 과정으로서 각 단계의 맥동 영상의 각 단계별 처리 결과 영상을 나타내고 있다.

시약 영역을 관심 영역(ROI; Region Of Interest)으로 분리하는 이유는 실제 맥파 분석에 사용되는 부분은 시약의 변위에 따라 결과 값이 영향을 받기 때문에 그 이외의 영상 영역은 무의미한 배경 영역으로 제거함으로써 영상 분석에 있어서 처리속도의 증가와 맥파 측정의 정확도를 높이는 데에 효과적이다. 이러한 모세관 시약 영역의 추출 작업은 모세관 영상이 정형화된 맥동 영상 측정 시스템의 촬영 조건으로 획득 가능하기 때문에 간단한 영상의 클리핑 작업으로 수행 가능하다.

그 다음으로 획득된 시약 영역은 모세관에 주입된 시약 영역만을 추출하기 위해서 그레이 변환이 수행된다.

그레이 변환 단계에서는 클리핑된 24 BIT RGB 모세관 영역을 아래 식 (1)에 의해서 8 BIT 그레이(Gray) 영상으로 변환하여 이진화를 수행한다.

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \quad (1)$$

그러나 이 과정에서 모세관 자체의 반사광이나 모세관 내부 시약의 점성에 의한 유착된 시약 영역에 의해서 획득된 영상에 잡음이 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 영상 잡음의 해결을 위해서 수리형태론에 근거한 수정된 열림 연산(Modified Opening Operation)을 모세관 영역에 적용하여 완전한 시약영역을 획득한다.

본 논문에서 제안하는 수정된 열림 연산은 잡음 제거를 목적으로 아래 식 (2)과 같은 수리형태론의 열림 연산을 획득된 맥동 ROI에 적용한다^[4].

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (2)$$

where,

$$A \ominus B = \{x \in E^N | x + b \in A \text{ for every } b \in B\}$$

$$A \oplus B = \{c \in E^N | c = a + b \text{ for some } a \in A \text{ and } b \in B\}$$

여기서 A는 칼라 이진화된 모세관 맥동 영상의 시약 영역 영상이고, B는 구조 형태소(Structuring element)를 의미한다. 그리고 \ominus 는 수리형태론의 녹임(Erosion) 연산이고, \oplus 는 불림(Dilation) 연산을 나타낸다. 따라서 열림 연산은 수리형태론의 녹임 연산의 결과에 불림 연산을 적용함으로써 수행된다. 열림 연산을 이진 영상에 적용하면, 영상의 전역-기하학적(global geometric) 특징의 왜곡이 없이 구조 형태소보다 작은 세부적인 잡음을 제거할 수 있다.

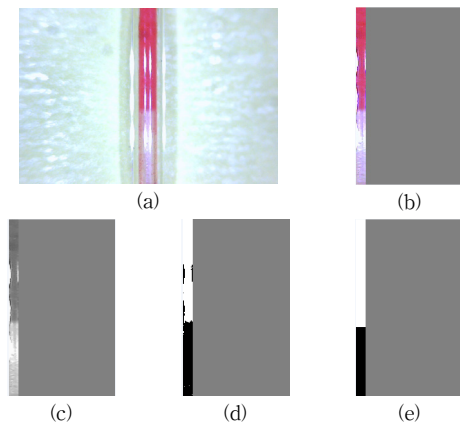


그림 4. 맥동 영상 처리 과정 영상

(a) 원 맥동영상, (b) 시약영역추출, (c) 그레이영상, (d) 이진화영상, (e) 잡음제거 영상

Fig. 4. Moving Pulse Image Processing Images (a) Original moving pulsewave image, (b) ROI image, (c) gray image (d) binary image, (e) noise removal image

그러나 열림 연산 후에도 시약 영역에 있어서 부분적

인 홀(Holl), 즉 시약이 없는 부분이 남아 있다. 이러한 오류 부분은 맥파 변위 측정에 있어서 화소의 값으로 반영되지 않기 때문에 오차를 발생한다. 따라서 본 논문에서는 모세관 시약 영역의 홀 부분을 제거하기 위하여 아래 식 (3)와 같이 반복적 불림 연산을 적용하는 수정된 열림 연산을 적용한다.

$$O^{n+1}(x,y) = O^n(x,y) \oplus B \quad (3)$$

where, $O^0(x,y) = A \circ B$

여기서 $O^n(x,y)$ 는 화소 x, y에서 이전 n-1번째 불림 영상에 구조 형태소 B를 불림 연산 적용한 n번째 영상값이고, 반복 적용하기 전의 잡음 제거를 위한 초기 영상값 $O^0(\cdot)$ 는 식 (2)에 상응하는 열림 연산의 결과 값이다.

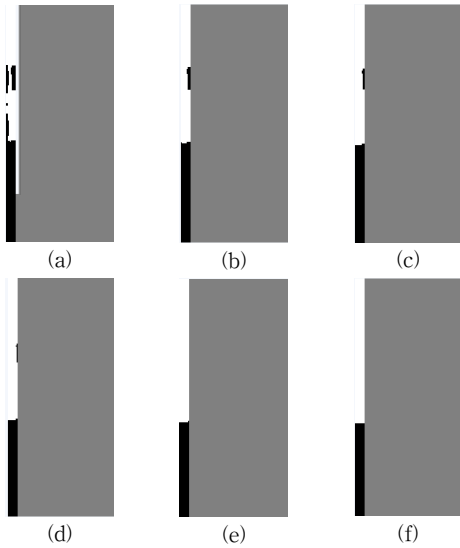


그림 5. 수정된 열림 연산 (n=4)
(a) 녹임, (b) 불림 0, (c) 불림 1, (d) 불림 2, (e) 불림 3, (f) 불림 4

Fig. 5. Modified Opening Operation(n=4)
(a) Erosion, (b) Dilation 0, (c) Dilation 1, (d) Dilation 1, (e) Dilation 3, (f) Dilation 4

그림 5는 모세관 내의 시약 영역에 대하여 본 논문에서 제안하는 수정된 열림 연산에 의한 잡음 제거 처리 과정에서의 단계별 결과 영상의 예이다.

시약 영역에 대한 잡음 제거가 완료되면, 그림 6과 같이 시약 영역 영상의 이전 프레임과의 영상차 연산에 의해서 변화된 부분만을 획득할 수 있다. 획득된 영역은 정

형화된 사각형 영역이기 때문에 화소 단위의 면적 계산에 의해서 변화된 수치의 계산이 가능하다.

본 논문에서는 아래 식 (4)을 이용하여 실시간으로 변화하는 맥파 변위(Pd; Pulsewave Displacement) 계산이 가능하다.

$$Pd(t) = f(t) - f(t-1) = Pd_t \quad (4)$$

여기서 $Pd(t)$ 는 시간 t에서의 맥파 변위량을 의미하고, $f(t)$ 는 시간 t에서 획득된 맥동 영상으로부터 잡음이 제거된 ROI의 총 화소수를 의미한다. 이 때, $f(t)$ 계산을 위한 화소수의 카운팅은 화소 단위의 반복적 카운팅이 아닌, 그림 6에서 빨간색 사각형 영역의 ROI의 최소 근접 사각형의 넓이 계산에 의해서 일회 연산으로 고속 수행 가능하다. 그리고 그림 6에서 (b) Pd_1 과 (c) Pd_2 는 시각 n과 n+1에 각각 측정된 압맥파의 상승 변위와 하강 변위의 예를 나타낸다.

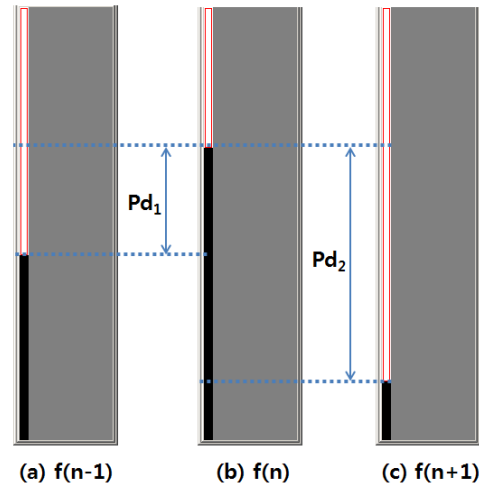


그림 6. 맥파 변위 측정
Fig. 6 Pulse Wave Displacement Measurement

마지막으로 압맥파의 변위 계산이 완료되면, 사용자 모니터를 위한 측정 맥파 가시화 과정이 수행된다. 맥파 가시화는 측정된 맥파 변위의 표시를 위해서 아래 식 (5)의 $Line To(\cdot)$ 함수를 정의한다.

$$Line To(x + s, y + Pd(t)) \quad (5)$$

where, $s [\text{pixel}] = 1/\text{fps}$

함수 $LineTo(x,y)$ 는 그림 7과 같이 현재 가시화 화면 내의 화소 위치 (x,y) 로부터 변위 $(s, Pd(t))$ 만큼 증가된 화소 위치까지 선을 그린다. 이 때, s 와 Pd 는 각각 샘플링 간격과 식 (4)에 의해서 계산된 t 시간에서의 맥파 변위 값을 의미한다. 여기서 샘플링 간격 s 는 획득 가능한 영상의 프레임 비율만큼 표시되어 컴퓨터 화면에 연속적으로 표시된다.

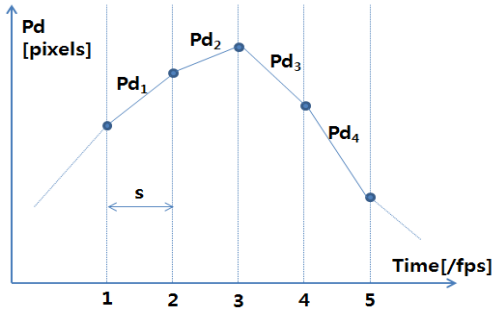


그림 7. 압맥파 가시화 방법
Fig. 7. Pressure Pulse Wave Visualization

IV. 실험

본 논문에서 제작한 맥동 영상 기반 맥파 측정 시스템의 성능 평가를 위해서 윈도우 7 환경에서 Intel社의 컴퓨터 버전 라이브러리인 OpenCV 1.0^[5]과 마이크로소프트社의 MFC 라이브러리를 기반으로 C++ 언어를 이용하여 맥파 모니터링 프로그램을 구현하였다. 이때 모세관 시약으로는 일반적인 적색물감을 사용하였으며, 시약의 변화를 촬영하는 센서로는 초당 30 프레임의 성능을 가진 웹캠을 사용하였다.

측정된 맥파의 유효성 검사를 위해서 20대 초반에서 30대 초반까지의 성인을 대상으로 그림 8에 나타난 좌와 같이 일반적 압맥파에서 맥진의 초기 진단에 지표가 되는 주요 특징점 5가지에 대한 각각의 추출률을 분석하였다.

그림 8에서 S점은 좌심실 수축으로 좌심실 내압이 상승하여 대동맥관이 개방됨으로써 좌심실의 혈액이 대동맥궁(大動脈弓; aortic arch)으로 구출되는 시점을 의미하고, P점은 좌심실로부터 대동맥궁으로 혈액이 빠른 속도로 유입 되어 혈관내 압력과 혈관 용적이 최대에 이르는 시점이다. 그 다음으로 혈액의 구출량(strokevolume)의 감소로 인해 압력과 용적의 감소하고 대동맥 벽이 팽창

하는데, 그 때 잠시 감소의 속도가 늦춰지는 시점에서 반사파에 의해서 생성되는 점이 T이다. 그리고 절흔이라고 불리는 C점은 좌심실 내압이 대동맥궁으로 혈액을 구출하기 위한 압력보다 충분히 낮아질 경우 대동맥판막이 폐쇄되면서 우심방이 수축하고 좌심실은 이완되는데, 이 때 대동맥판이 폐쇄되는 지점을 의미한다. 마지막 D점은 절흔으로 인한 중복과로서 대동맥판이 폐쇄된 이후 동맥내 압력과 용적이 근소하게 상승하는 시점이다.

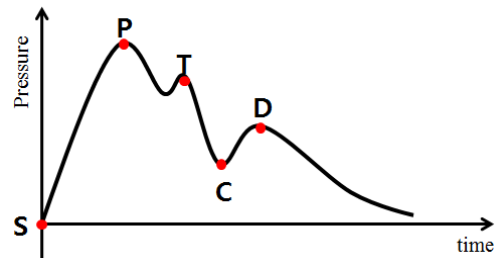


그림 8. 압맥파의 주요 특징점
Fig. 8. Principal Feature-Points in the Pressure Pulse Wave

이상에서 설명한 압맥파의 5가지 특징점은 맥파 신호의 임상학적 적용을 위한 절흔계수, 승각시간(昇脚時間), 증강지수(AI; augmentation index) 등의 변위 계수로 활용 가능하며, 이 측정치로 혈관 상태 및 심장의 수축력, 혈압 등의 진단에 이용할 수 있다^[6].

실험 결과 T점과 C점을 제외한 S, P, D의 특징점은 97% 이상의 추출률을 보였다. T점과 C점의 낮은 추출률의 원인은 맥파의 측정에 있어서 본 논문에서 제안한 맥동 영상 기반의 방법은 연속적으로 제시되는 맥파의 변위 영상의 획득이 입력 장치인 카메라의 성능에 의존적이기 때문이다. 즉, 해당 특징점이 제시된 프레임을 입력 카메라가 포착하지 못하면 특징점의 추출이 어렵게 된다. 특히, T점과 C점은 변곡점을 나타내는 기간이 극히 짧기 때문에 일반적 성능의 웹캠으로는 정확한 지점의 추출이 어려울 수 있다.

그러나 상대적으로 낮은 추출률을 보인 T와 C 특징점은 일반적으로 말초 혈액 순환을 평가하기 위해서 최적의 지표로 많이 사용되는 이차미분맥파(SDPTG; Second Derivation Photoplethymogram) 분석을 통해서 잘 나타날 수 있다. 따라서 본 논문에서 제작한 맥동 영상 분석 기반의 맥파 측정기에 의해서 측정된 맥파는 실제 맥진을 위해서 유효한 데이터라고 할 수 있다.

그림 9는 맥진을 위해서 맥동에 의한 모세관 시험액의 변화를 가시화한 맥파 모니터링 소프트웨어의 실행 예이고, 표 1은 맥파 모니터링 시스템에 의해서 가화된 맥파에서의 주요 특징점에 대한 추출률을 나타낸다.

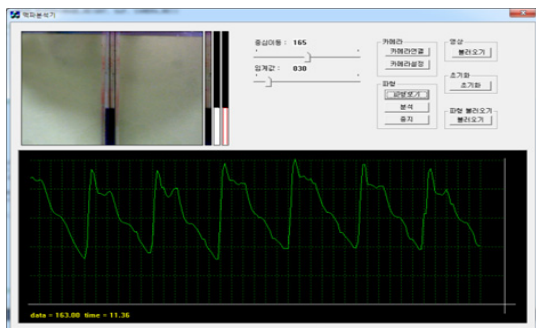


그림 9. 맥파 모니터링 소프트웨어
Fig. 9. Pulse Wave Monitoring Software

표 1. 압맥파 주요 특징점 추출률(단위:%)
Table 1. Extraction Ratio of Feature-Points in the Pressure Pulse Wave(Unit:%)

특징점	S	P	T	C	D
추출률	99.44	99.44	80.80	64.66	93.33

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 맥진기의 한계점을 해결할 수 있는 맥동 영상 분석 기반의 맥진기를 제작하고 소프트웨어적으로 측정된 맥파의 유효성을 검사하였다.

본 논문에서 제안한 맥진기는 맥동에 따른 모세관 시험액의 상태를 활상한 맥동영상을 컴퓨터를 이용하여 가시화함으로써 맥진에서 한의사 개인의 주관적, 경험적 판단에 따른 진료를 보다 객관적이고 정확한 맥진 정보와 표준화된 맥진 진단 정보의 제공이 가능하다.

특히, 활상 소자에 의해서 촬영된 모세관 내의 맥압 변화는 전자센서에 의해서 획득된 맥진 데이터 보다 훨씬 실제 한의사의 촉진과 유사한 자연스럽고 아날로그한 진료 데이터의 획득이 가능하다. 또한, 설치된 단일 카메라는 여러 시점의 다중 카메라로 확장 설치 가능하며, 따라서 고차원의 다채널 맥파 측정기로 확장 가능하다.

제안한 맥파 측정 시스템은 모세관 시약의 점성과 변위 측정을 위한 활상 소자의 성능 개선의 문제점은 있지만, 실제 임상 진단을 위한 맥파 특징점의 자동 추출

기능과 진단 정보의 수치화 기능이 추가된다면, 한방 진료에 있어서 컴퓨터 기반의 맥진기로서의 큰 유효성을 지닌다.

참 고 문 헌

- [1] Chowienczyk PJ, Kelly RP, MacCallum H, etc., "Photoplethysmographic assessment of pulse wave reflection: blunted response to endothelium-dependent beta2-adrenergic vasodilation in type II diabetes mellitus", J. Am Coll. Cardiol. Vol. 34, pp. 2007-2014, 1999.
- [2] Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiyama C., "Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform", J. Hypertension, Vol. 32, pp. 365-370, 1998.
- [3] Millasseau SC, Ritter JM, Takazawa K, Chowienczyk PJ. "Contour analysis of the photoplethysmographic pulse measured at the finger", J. Hypertension, Vol. 24, pp. 1449-1456, 2006.
- [4] R. M. Haralick, et al., "Image analysis using mathematical morphology", IEEE Trans. on PAMI Vol. 9(4), pp. 532-550, 1987.
- [5] Intel. Open source computer vision library: Reference manual. 2001.
- [6] Wilkinson, Ian B., Fuchs, Sabine A. et al., "Reproducibility of pulse wave velocity and augmentation index measured by pulse wave analysis", J. Hypertension, Vol. 16(12), pp. 2079-2084, 1998.
- [7] Rafael G. Gonzalez, *Digital Image Processing 3/e*, Prentice Hall, 2007.
- [8] M. Sonka, et al., *Image Processing, Analysis, and Machine Vision 2th*, PWS, 1999.
- [9] D. Marr, *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. W. H. Freedom & Company, 1982.

[10] WB Lee, CY Choi, YS Hong, SS Lee, DH Nam, "Pulsimeter Design by analyzing a moving pulse image", Spring KoCon COnference Vol.9(1), pp. 13-14, 2011.

[11] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks : Architecture, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall Inc., 1994.

※ 본 연구는 2010년도 보건복지가족부 한의학선도기술개발사업의 한방의료기기개발과제 (과제번호 : B100030)에 의하여 이루어진 것임.

저자 소개

이 우 범(정회원)



- 1995 영남대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1997 영남대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2000 영남대학교 컴퓨터공학과 박사
- 2000.03-2004.02 대구과학대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2004.03-2007.02 영남대학교 전자정보공학부 컴퓨터전공 특임교수

• 2007.03-현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
 <관심분야 : 뉴로비전컴퓨팅, IT융합의료기(한방의료영상), 제스처인식>

최 창 열(정회원)



- 2010 상지대학교 컴퓨터정보공학부 (학사)
 - 2012 상지대학교 컴퓨터정보공학과 (석사)
- <관심분야 : 영상처리, 한방의료영상진단기, 컴퓨터비전>

홍 유 식(중신회원)



- 1984 경희대학교 전자공학과 (학사)
- 1989 뉴욕공과대학교 전산학과 (석사)
- 1997 경희대학교 전자공학과 (박사)
- 1985-1987 대한항공(N.Y.지점 근무)
- 1989-1990 삼성전자 종합기술원 연구원
- 1991-현재 상지대학교 컴퓨터공학부 교수

• 2006-현재: 인터넷 방송통신 TV학회 부회장
 • 2006-2010: 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
 <관심분야: 퍼지 시스템, 전문가시스템, 신경망, 교통제어>

이 상 석(정회원)



- 1992.3-1993.2 KAIST 전자세라믹센터 연구원
- 1994.3-현재 상지대학교 한방의료공학과 교수
- 1999.9-2000.8 (미)스텐퍼드대학교 재료공학과 Post-doc 및 방문연구원
- 2002.2-2004.2 상지대학교 생명과학연구소장

• 2005.9-2006.2 서울대학교 물리천문학부 교류교수
 • 2006.4-현재 한방의료기기산업진흥센터 센터장

남 동 현(정회원)



- 1999 경희대학교 한의학과 졸업
- 2002 동 대학원 한의학석사
- 2008 동 대학원 한의학박사
- 1999-2003 경희의료원 한방병원 침구과전문의
- 2006-2010 경희대학교 동서신의학병원 척추센터 임상조교수

• 2010-현재 상지대학교 한의과대학 진단생기능의학교실 조교수