

FBG를 이용한 맥진 시스템 개발

전영주, 이진, 유현희, 이재훈, 이시우, 김종열

한국한의학연구원

Development of the pulse analyzing system using FBG

Jeon Young-Ju, Lee Jeon, Ryu Hyun-Hee, Lee Jae-Hoon, Lee Si-Woo, Kim Jong-Yeol

Korea Institute of Oriental Medicine

This work reports the pulse diagnosis system using FBG sensors which can display pulse signals detected while oriental medical doctors are conducting pulse diagnoses and simultaneously pressing the sensors by three fingers. Each optical fiber has five FBG sensing units fabricated in 2 mm width and 2 mm inter-sensor spacing. Three optical fibers with the FBG units in the parallel line configuration are then placed on each finger-pressing region and thus overall 9 fibers are used for the pulse measurements on the so-called "chon", "gwan", and "chdaeik". A fixture holding the optical fiber arrays is able to adjust the height of the FBG sensing units while placing the fibers on the wrist. The pulse signals detected by the FBG sensors from chon, kwan, and chuk have been analyzed using 4 channel spectrum analyzer connected to the optical fibers. The measured pulse signals exhibit variations due to the nonuniform pressure distributions applied, resulting in the differences in the detected pulse signals between fiber lines. However, this work is the first step towards objective and quantitative analyses of the pulse diagnosis in oriental medicine which has traditionally been performed on subjective basis. Future works will be devoted to improving sensor stability, developing the way applying pressure and algorithms reporting the objective classification of the pulse status from systemic measurements using the sensors instead of relying on the clinicians' diagnoses subjectively performed. A successful pulse diagnosis system emerging in the future is expected to contribute to education as well as promoting pulse diagnosis in oriental medicine to the scientific research area.

Keyword : FBG, Pulse wave, Pulse analyzing system, Pressure pulse parameter

I. 서론

한의학에서 맥진은 맥이 박동하는 신체 부위를 손으로 직접 촉진하여 이루어지는데 대부분의 경우 손목의 요골

동맥 부위를 위주로 한다.¹⁾ 이 때 진찰자는 좌우에서 요골의 정상돌기 근처와 그 위, 아래 총 6지점을 살피게 되는데 그 간격은 환자의 팔 길이나 한의사의 주관에 따라서 다소 달라진다. 아울러 누르는 깊이와 압력도 변화시키면서 맥상을 살피게 되는데 이것은 뚜렷한 맥상의 탐색은 물론 깊이에 따른 맥상의 반응 양상도 살피기 위한 것이다.²⁾

기존의 맥진 시스템은 촌, 관, 척을 동시에 측정할 수 없고 장맥과 단맥을 측정할 수 없으며, 센서가어레이 형태로 되어 있더라도 독립적으로 하우징 되어 있지 않아

접수 ▶ 2007년 11월 15일 수정 ▶ 2007년 11월 27일 채택 ▶ 2007년 12월 13일
교신저자 ▶ 김종열, 대전광역시 유성구 엑스포로 483 한국한의학연구원
Tel 042-868-0489 Fax 042-868-9349 E-mail ssm@kiom.re.kr
연구비 지원 ▶ 본 연구는 산업자원부 차세대기술개발사업 중 지능형 한방 콘텐츠 개발 (10028438)과 한국한의학연구원 기관고유사업인 한방진단 표준 개발의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

센서 간 간섭이 발생할 수 있기 때문에 대맥과 세맥의 측정 결과를 신뢰하기 어렵다는 문제점들이 존재한다. 이러한 문제점들을 보완하고 한의학적인 맥진 방법을 보다 충실히 구현할 수 있는 맥진 시스템 개발을 위해서는 맥진 위치나 깊이, 압력 등을 섬세하게 바꿀 수 있어야 한다. 아울러 진찰자가 맥을 감지함과 동시에 실시간으로 맥진 센서에 감지되는 신호를 모니터링 할 수 있다면 현재의 여타 맥진기에서 발생할 수 있는 위치나 깊이와 관련된 조작적 오차를 해결 할 수 있고, 의사가 원하는 지점과 시점에서 객관적인 맥진 정보를 얻을 수 있다. 또한 교육적 차원에서도 고전 문헌의 형이상학적 표현 외에 직접 파형의 모양과 특성에 따른 맥의 개념을 전달 할 수 있을 것으로 기대된다.³⁾

본 연구는 머리카락 굵기보다 얇은 FBG(Fiber Bragg Grating, 광섬유격자) 센서를 촌, 관, 척 부위에 위치시키고 한의사가 직접 센서를 손가락으로 누르면서 맥진을 하고 동시에 맥진센서에 감지되는 신호를 실시간으로 확인할 수 있는 맥진 시스템 개발에 관한 것이다. 개발하고자 하는 맥진 시스템은 총 45개의 어레이 센서를 이용하기 때문에 단일 센서로는 측정이 불가능 하였던 대/세맥, 장/단맥을 정확히 측정할 수 있어 한의학에서 말하는 여러 맥상의 보다 입체적인 형태를 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 목표는 FBG 센서를 이용하여 촌, 관, 척 부위에서 한의사가 맥진할 수 있는 맥진 시스템의 개발을 위하여 촌, 관, 척 부위에 FBG 센서를 어떤 크기와 간격으로 위치시킬 지를 정하고, 그러한 FBG 센서를 지지하고 스펙트럼 분석기와 연결시킬 수 있는 기구 물을 개발하는 것이다.

II. 본 론

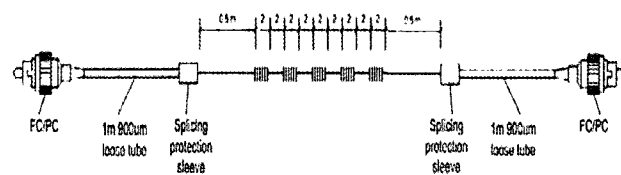
1. FBG 센서

FBG는 광대역의 광원이 입사되면 특정 파장의 빛만 반사시키고, 나머지 파장의 빛은 통과시키는 특성을 가지며, FBG 주위의 온도, 압력, 스트레인이 변화되면 그에 따라 광섬유의 굴절률 및 격자의 간격이 변화되고 이는 브래그 파장의 변화로 나타나게 된다. 따라서 브래그 파장의 변화를 측정하면 주위 물리량의 변화를 측정 할 수 있다.⁴⁾⁵⁾

FBG 센서의 가장 큰 장점은 파장 분할 다중화 방식을 이용하여 여러 개의 센서를 동시에 측정할 수 있다는 점이다. 즉, 각각의 파장이 서로 다른 여러 개의 광섬유 격자 센서를 직렬로 연결하고, 이를 하나의 광원을 이용하여 측정할 수 있어, 멀티 어레이 센서로 활용이 가능하다.⁶⁾

본 연구에서 제작한 FBG 센서는 요골동맥의 혈관 굵기를 고려하여 센서의 길이를 2mm, 센서 간 간격을 2mm로 구성하였으며, 총 5개의 센서가 1개의 라인에 연결되는 방식으로 제작하였다. <그림 1>과 표 1에 그 구성도와 규격(specification)을 나타내었다.

이러한 방식으로 5개가 한 개의 라인에 연결된 FBG 센서를 촌 부위에 3개 라인, 관 부위에 3개 라인, 척 부위에 3개 라인을 위치 시켜 <그림 2>와 같이 구성하였다. 각 부위의 라인 간 간격이 3mm로 구성된 것은 맥진 시 손가락 부위의 크기를 고려하여 결정하였고, 각 부위의 간격이 8mm로 설정된 것은 맥진 시 사용되는 검지, 중지, 약지의 일반적인 간격을 한의사와 상의하여 결정한 값이다. 하지만, 실제 한의사가 맥진 시 손가락 간의 간격을 일정하게 유지하지 않기 때문에 기구 물 제작 시 관 부위는 고정시키고 촌과 척은 수동으로 위치를 변경할 수 있도록 제작하였다.



<그림 1> FBG 센서 구성도

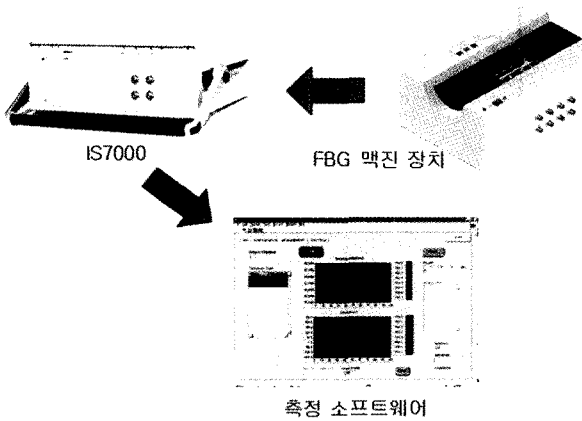
<표 1> FBG sensor specification

Parameter	Specification
Product	5-FBG Array
Reflection Center Wavelength (nm)	1538/1541/1544/1547/1550 1553/1556/1559/1563/1567
Wavelength Tolerance (nm)	±0.5
Peak Reflectivity (%)	> 50%
Reflection BW @ -3dB (nm)	< 1.0
FBG Length (mm)	2.0
FBG edge-to-edge separation (mm)	2.0
Fiber Type	SMF-28
Re-coating	Acrylate recoating
Fiber pigtail (m)	1.0
Connector	FC/APC(fusion splice on)

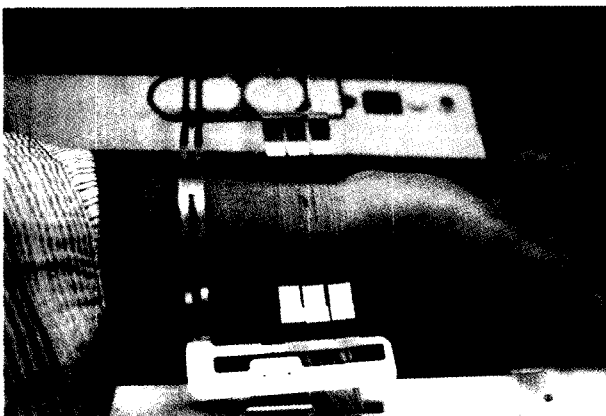
며, external interrupt와 RB4~RB7 port value change interrupt를 이용하여 포토 인터럽트와 연결하였다. <그림 5>에 PIC16F84A를 이용한 구동회로를 나타내었다.

3. 데이터 측정

맥진 신호의 측정은 촌, 관, 척 각각 3개의 라인 별로 총 45개의 센서의 데이터를 IS7000(FBG interrogation system, FiberPro)을 통하여 200Hz의 샘플링 주파수로 측정하였다. 개발한 FBG 맥진 시스템을 이용하여 촌, 관, 척 모든 부위에서 동시에 맥파를 측정하기 위해서는 총 8 채널의 IS7000 장비가 필요하지만 업체에서 대모용으로 4 채널 장비만을 구비하고 있어서 촌, 관, 척 부위를 개별적으로 측정하여 데이터를 저장하였다. <그림 6>에 데이터 측정에 대한 전체적인 흐름을 파악할 수 있도록 전체 블록 도를 도시하였으며, <그림 7>은 실제 측정을 위하여 오른쪽 손목을 기구 물에 올려놓고 FBG 센서를 부착한 사진을 나타낸 것이다.



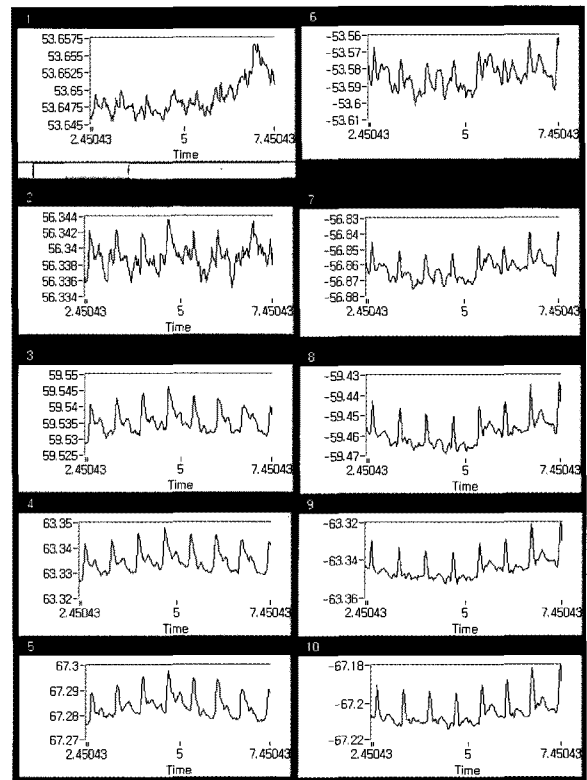
<그림 6> 데이터 측정에 대한 전체 블록 다이어그램



<그림 7> 맥진 실험 장면

III. 결 과

<그림 8>은 촌 부위에서 측정된 맥파를 나타낸 것이다. 이 그림에서 총 15개의 맥파가 나타나지 않고 10개의 맥파만 표시된 것은 실험 도중 첫 번째 라인의 FBG 센서에 오류가 발생하여 두 개의 라인에 대해서만 맥파를 측정할 수 있었다.

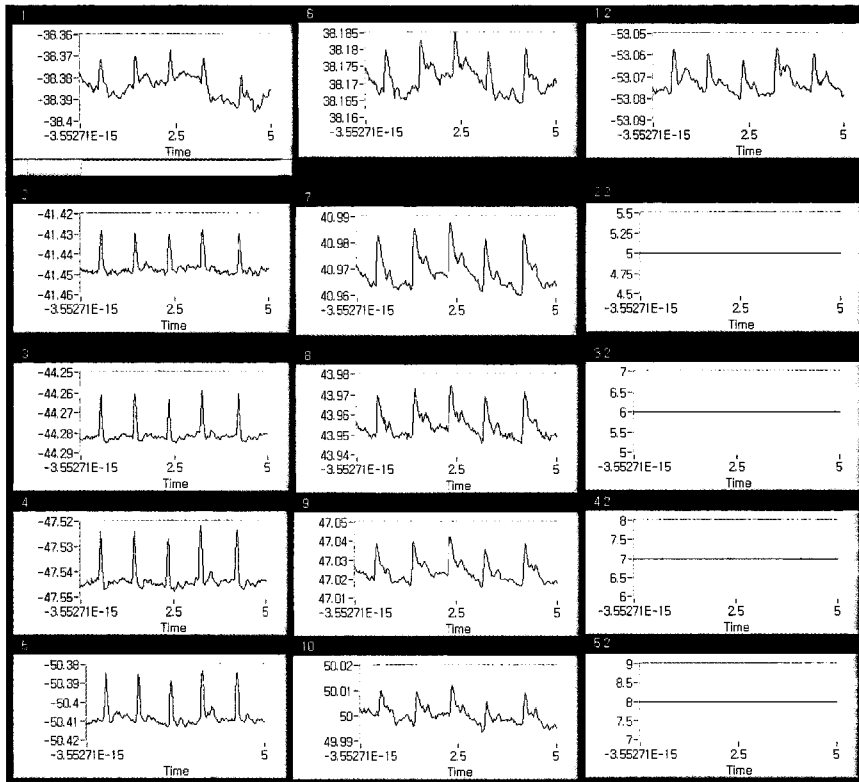


<그림 8> 촌 부위 맥파

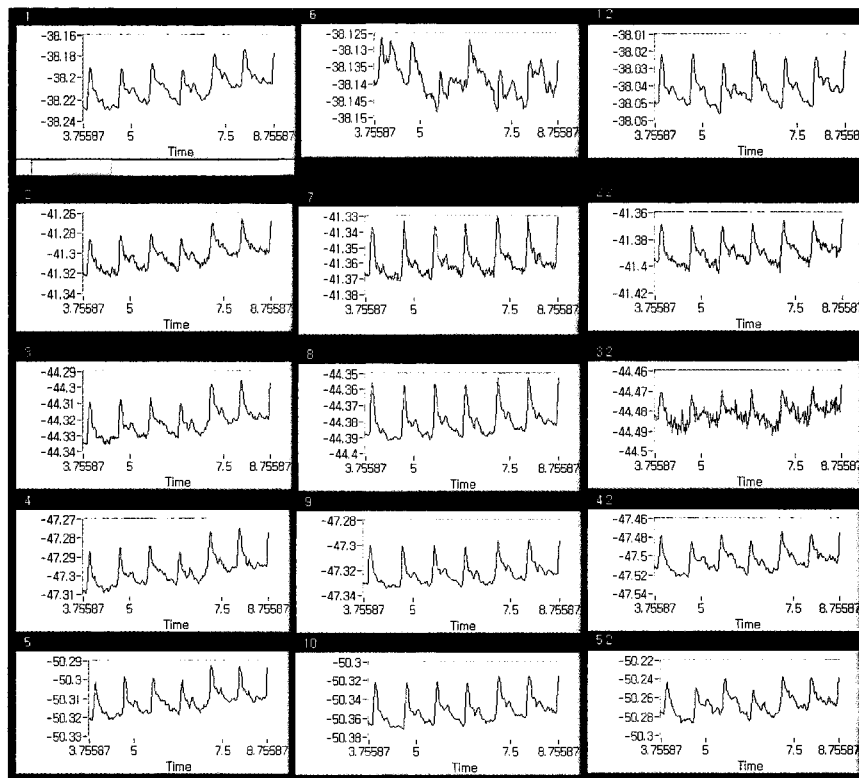
다음 <그림 9>는 관 부위에서 측정된 맥파를 나타낸 것으로서 마지막 라인의 5개 FBG 센서 중 4개에서 오류가 발생하여 총 11개의 센서를 통하여 측정된 맥파만을 나타낸 것이다.

<그림 10>은 척 부위의 맥파를 측정된 결과를 나타낸 것으로서 총 15개의 센서 모두에서 신호가 측정된 것을 확인할 수 있다. 다만 마지막 라인의 FBG 센서 중 두 번째와 세 번째 FBG 센서의 반사 특성이 좋지 못하여 잡음이 다소 인가된 것을 확인할 수 있다.

FBG를 이용한 맥진 시스템 개발



<그림 9> 관 부위 맥파



<그림 10> 척 부위 맥파

촌, 관, 척 모든 부위에서 측정된 맥파를 전체적으로 살펴보았을 때, 본 연구에서 개발한 FBG를 이용한 가로형 맥진 시스템에서 맥파 신호의 측정이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 센서를 사람이 직접 손가락으로 누르기 때문에 모든 센서에 적절한 압력이 균일하게 전달되지 않아 촌 부위의 맥파나 관 부위의 맥파에서 보듯이 파형의 모양이 차이가 나는 결과를 확인할 수 있었다. 또한 센서의 굵기가 작기 때문에 내구성에 문제가 있어 측정 시 센서에 오류가 나타나는 문제점이 발생하였다.

IV. 고찰 및 결론

본 연구는 머리카락 굵기보다 얇은 FBG 센서를 이용하여 한의사가 직접 센서를 누르면서 진맥과 동시에 센서에 감지되는 맥파 신호를 관찰 및 저장 할 수 있는 새로운 맥진 시스템 개발을 위하여 수행되었다. FBG 센서는 전기적 영향에 의한 잡음이 없으며, 매우 높은 민감도를 가지면서 어레이 형태로 제작이 가능하고 거의 모든 종류의 물리량 측정에 이용이 가능하다는 장점을 갖는다.

FBG 센서를 이용한 맥진 시스템 개발을 위하여 우선 2mm 크기의 FBG 센서를 2mm 간격으로 5개를 연결한 FBG 어레이 센서를 제작하였고, 촌, 관, 척 각 부위에 각각 세 라인의 FBG 어레이 센서를 고정 시킬 수 있는 센서 고정 부를 개발하였다. 그리고 마지막으로 손목을 올려놓고 스텝 모터를 이용하여 센서 고정 부를 촌, 관, 척 부위에 위치시킬 수 있도록 손목 지지 부를 개발하였다.

개발된 맥진 시스템을 이용하여 손목의 촌, 관, 척 부위에 센서를 위치시키고 센서를 손가락으로 누르면서 신호를 측정할 결과 맥파 신호를 얻을 수 있었지만 손가락으로 누르는 동작 자체가 안정적이지 못해 맥파 신호의 모양과 크기의 차이가 발생하는 등의 여러 문제들이 발생하였다. 또한 FBG 센서의 크기와 센서 간 간격을 혈관의 굵기를 고려하여 각각 2mm로 제작하였는데, 현재의 FBG 센서 기술로는 일반적으로 센서의 크기가 10mm 이상이 되었을 때 반사율이 우수한 특성을 갖는다. 따라서 본 연구에서 개발한 FBG 맥진 시스템에서 이용된 센서는 기존 상용의 FBG 센서에 비해 SNR ratio가 떨어지는 근본적인 문제도 내포하고 있다.

이러한 문제점들에도 불구하고 개발된 FBG를 이용한

맥진시스템은 한의사의 진맥과 동시에 맥파 신호를 측정하여 주관적으로 느끼는 맥의 의미를 객관화, 정량화 할 수 있다는 가능성을 제시하였다는 점에서 그 의미를 찾을 수 있다. 향후, 센서의 견고성을 높이고 안정된 가압 방식과 한의사가 주관적으로 느끼는 맥상을 측정된 맥파로부터 도출할 수 있는 알고리즘 개발이 이루어지면 맥진 관련 교육뿐만 아니라, 맥진의 과학화에도 기여할 수 있을 것이다.

V. 감사의 글

본 연구는 산업자원부 차세대기술개발사업 중 지능형한방 콘텐츠 개발(10028438)과 한국한의학연구원 기관고유사업인 한방진단 표준 개발의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

VI. 참고 문헌

1. 백정의, 「맥진의 기원과 내경의 맥진에 대한 연구」, 『대한한의원진단학회지』, 1998;2(1):225-248.
2. 이봉교, 박영배, 김태희, 『한방진단학』, 정보사, 2004: 161-276.
3. 김종열, 「맥진기의 문제점과 개선방안에 대한 연구」, 『대한한의원진단학회지』, 1999;3(1):28-36.
4. 이상배, 「광섬유 격자 센서 기술」, 『기계와 재료』, 2003;14(4):16-24.
5. Gabor Harsanyi, 『Sensors in Biomedical Applications』, USA:Technomic, 2000:30-33.
6. 김경복, 광계달, 「단일모드 광섬유 브래그 격자를 이용한 저주파수 대역의 음향 센서에 관한 연구」, 『센서학회지』, 2000;9(6):396-403.