

혈류 시뮬레이터를 이용한 매질별 광용적맥파 및 자계용적맥파 파형 차이점 연구

김경남*, 이강휘, 이영재, 강승진, 이정환**
 건국대학교 의학공학부

PPG and MPG waveform difference research using Bloodflow simulator

Kyeng-Nam Kim*, Kang-Hwi Lee, Young-Jae Lee, Seung-Jin Kang, Jeong-Whan Lee**
 College of Biomedical Engineering
 Konkuk University

Abstract - 광용적맥파는 인체 내에 흐르는 혈류의 움직임을 빛을 이용하여 관찰 및 측정하며, 자계용적맥파는 코일 주변에 발생하는 자기장을 이용하여 신호를 측정한다. 본 논문에서는 매질별 광용적맥파형과 자계용적맥파형을 혈류 시뮬레이터를 이용하여 비교하였다. 혈류 시뮬레이터의 출력파형은 동맥혈압파형으로 설정하여 실험을 진행하였다. 매질은 음용수와 식염수를 이용하였으며, 매질별 광용적맥파형의 변화는 거의 드러나지 않았으나 자계용적맥파의 파형은 변화가 있음을 확인하였다.

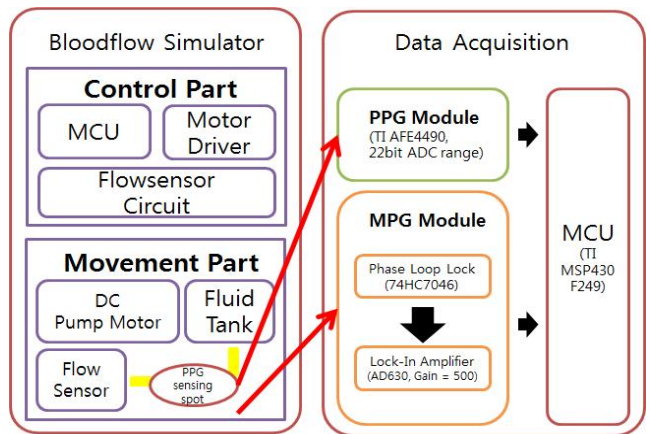
작부는 유체 제어용 DC모터펌프, 유체저장탱크, 혈류속도측정센서로 구성되어있으며, 제어부는 알고리즘을 기반으로 모터를 제어하는 MCU, DC모터 펌프 전력 공급을 위한 DC모터드라이버, 유체속도측정센서의 신호를 변환하는 유체속도측정회로가 있다.

1. 서 론

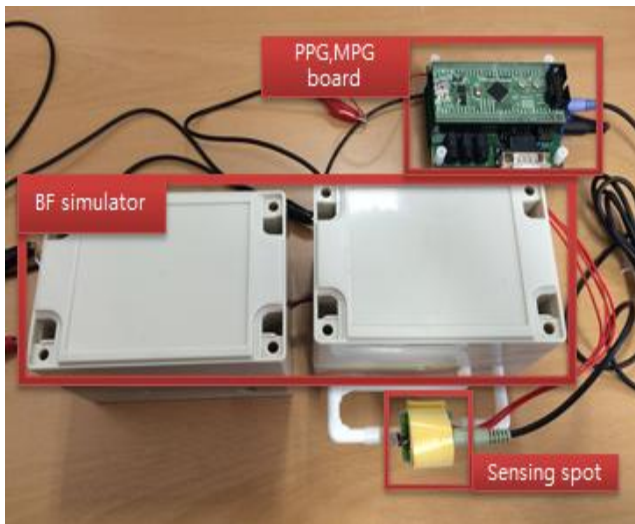
광용적맥파는 빛을 이용하여 혈류의 흐름을 측정 및 기록하는 방법이다. 반면에 자계용적맥파는 코일 주변에 생성되는 자기장의 변화를 관찰하는 방식이며[1] 이와 같은 이유로 매질별 광용적맥파형과 자계용적맥파형의 형태 비교에 대한 연구는 심혈관질환을 가진 환자들의 증상 진단에 유용하게 사용될 수 있다. 이 연구를 위해 인체의 혈류 흐름을 유사하게 재현, 실험할 수 있는 혈류 시뮬레이터를 제작하였다. 본 논문에서는 광용적맥파형과 자계용적맥파형에 영향을 끼치는 매질의 구성성분에 따른 실험을 진행하였으며 측정된 파형들을 분석하여 파형에 영향을 끼치는 요소들에 대한 연구를 진행하였다.

2. 본 론

2.1 전체 시스템 구성



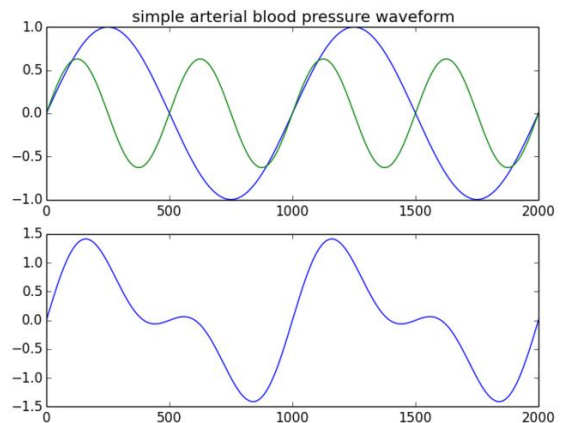
<그림 2> 시스템 블록 다이어그램



<그림 1> 시스템 구성 사진

파형 비교 실험을 위해 <그림 1>과 같이 광, 자계용적맥파 측정모듈과 혈류 시뮬레이터를 구성하였다. 시스템 구성은 <그림 2>와 같이 구성하였으며 광용적맥파 측정은 Texas Instruments사의 MSP430F249와 동사의 AFE4400 PPG 칩을 사용하며 MSP430F249는 AFE4490의 22bit PPG신호를 데이터 분석 시스템으로 전송하도록 설계되었다. 자계용적맥파 측정은 74HC7046을 이용한 PLL(Phase Loop Lock) 회로와 AD630을 이용한 LIA(Lock-In Amplifier) 회로를 구성하여 측정하였다. 해당 모듈은 콜피츠 발진기를 이용하여 1.6MHz의 주파수로 발진하는 자기장을 출력한다. 혈류 시뮬레이터는 동작부와 제어부 2개 부분으로 나뉜다. 동

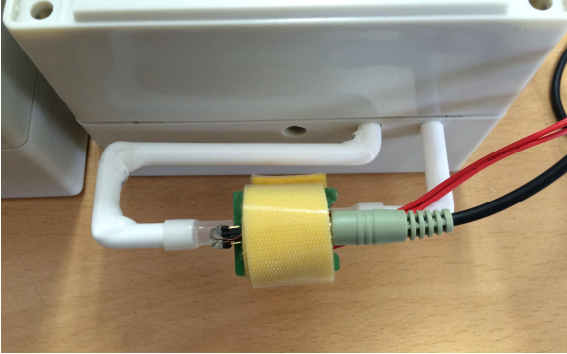
2.1.1 혈류 파형 알고리즘



<그림 3> Arterial Blood Pressure Waveform

혈류 파형 알고리즘은 푸리에 분석에 기반하여 기본주파수를 가지는 사인파와 여러 고조파의 합으로 구현하였다. 정확한 동맥 혈압 파형을 재현하기 위해서는 최소 6개에서 10개의 고조파가 필요하며, 본 실험에선 <그림 3>와 같이 기본파에 1개의 고조파를 추가하여 간단한 동맥 혈압 파형을 재현하였다[2][3]. 실험에 사용된 기본파는 주파수 1Hz, 진폭 1로 설정하였으며 고조파는 주파수 2Hz, 진폭 0.63으로 설정하였다.

2.2 실험방법



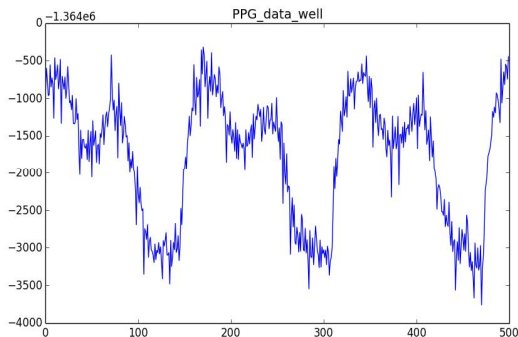
〈그림 4〉 PPG, MPG 센서 측정 방식

광, 자계용적맥파 신호를 비교 측정하기 위해 〈그림 4〉과 같이 혈류 시뮬레이터의 혈류 측정용 라텍스 튜브에 측정 모듈을 고정하여 측정하였다. 측정 센서는 주변 광량에 영향을 받지 않도록 충분히 차폐해주었으며 기타 영향을 받지 않도록 충분히 고정해주었다. 혈류 시뮬레이터 출력 파형 주기는 60 bpm으로 설정하였으며 출력 파형은 Normal arterial blood pressure waveform의 형태로 출력되도록 하였다. 유체 비교 측정을 위해 식수와 식염수를 이용하였으며 실험에 사용된 식염수는 1000mL 증 염화나트륨(KP) 9g인 용액을 사용하였다. 유체 교체 시 실험에 사용될 유체를 2회 이상 순환 및 교체하여 기존 잔류 유체를 충분히 제거해주었다.

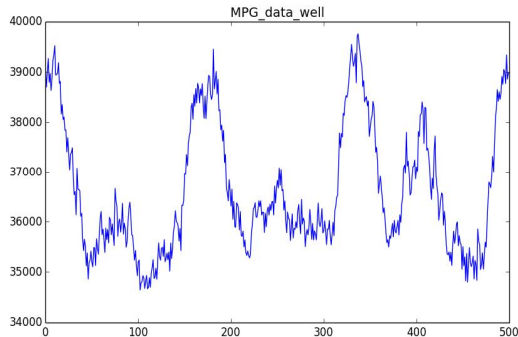
2.3 실험결과

실험 결과 〈그림 5〉, 〈그림 6〉, 〈그림 7〉, 〈그림 8〉과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

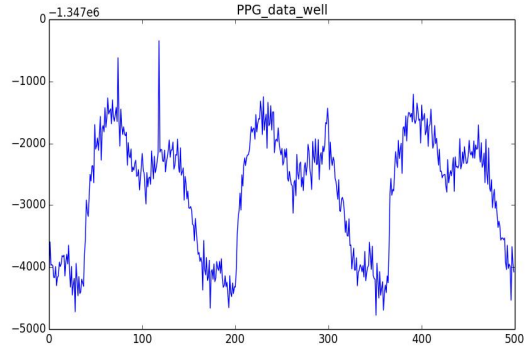
〈표 1〉에 각 파형의 진폭이 표시 되어있으며, 광용적맥파의 진폭은 거의 차이가 나지 않는 반면에 자계용적맥파의 진폭은 차이가 발생함을 알 수 있다.



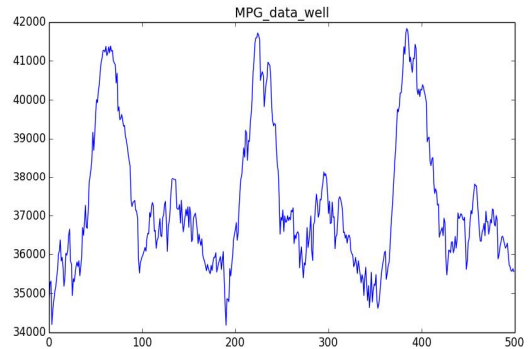
〈그림 5〉 식수 PPG Data Graph



〈그림 6〉 식수 MPG Data Graph



〈그림 7〉 식염수 PPG Data Graph



〈그림 8〉 식염수 MPG Data Graph

〈표 1〉 측정 그래프 진폭 크기

	MPG	PPG
식염수	6500	2600
식수	4000	2800

3. 결 론

본 논문에서는 혈류 시뮬레이터를 이용하여 광용적맥파와 자계용적맥파의 유체별 측정 파형 차이점에 대하여 연구하였다. 실험 결과 광용적맥파는 염분 농도에 따른 진폭 및 기타 형태학적 변화가 없음을 확인하였다. 하지만 자계용적맥파는 염분 농도의 변화에 대하여 신호의 진폭 변화를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이는 자계용적맥파가 기존에 사용되던 광용적맥파로는 측정 할 수 없는 부분까지 측정할 수 있음을 보여준다. 또한 광용적맥파는 주변 광량에 영향을 받으나 자계용적맥파는 영향을 받지 않으며 비침습적인 측정이 가능하다. 그리고 본 논문에선 식수와 식염수에 대한 실험만을 진행하였으며 차후 유체의 염분 농도 및 점도, 색상별 연구를 진행 할 예정이다.

[감사의 글]

이 논문은 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A2A2A04045455)

[참 고 문 헌]

- [1] 강승진, 이강휘, 이영재, 박희정, 김경남, 이정환, “자계용적맥파와 광용적맥파의 상관성에 대한 연구”, 대한전기학회, ICS 2014 정보 및 제어 심포지엄 논문집, 186-187 (2 pages), 2014
- [2] Jmaes A. L. Pittman, John Sum Ping, Jonathan B. Mark, “Arterial and Central Venous Pressure Monitoring”, 2004
- [3] Richard Joseph Gowen, “Blood pressure waveforms”, Retrospective Theses and Dissertations, Paper 1359, 1961