

전도성 섬유 기반 손목밴드타입의 맥파 검출 시스템 개발에 대한 기초연구

왕창원, 유수한, 정화영, 호종갑, 나예지, 민세동
 순천향대학교 의료IT공학과

A Preliminary Study on development for pulse detection system of wrist band type based on conductive textile

Changwon Wang, Suhan Yoo, Hwayung Jung, Jonggab Ho, Yeji Na, Se Dong Min
 Dept. of Medical IT Engineering

Abstract - 본 연구에서는 전도성 섬유기반 맥파 검출 시스템개발에 대한 기초연구로, 요골동맥의 맥파를 검출하기 위해 전도성 섬유 기반 proximity pressure sensor를 개발하였다. 잡음을 제거하기 위해 4차 low pass filter회로를 설계하였고, 60 Hz전원잡음을 제거하기 위해 Notch filter를 적용하였다. Band pass filter를 통해 얻은 신호와 FFT수행 결과를 바탕으로 맥파신호와 PPG(Photoplethysmogram)신호를 비교하고 맥파 추정을 위해 상관관계분석을 수행하였다.

1. 서 론

오늘날 현대 사회는 생활수준의 향상에 따른 인구의 고령화가 가속되고 있다. 이에 일상생활관리의 중요성이 대두되고 있고 이러한 니즈에 따른 개인 맞춤형 웰니스 및 헬스케어에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다 [1-2]. 이러한 건강관리가 가능하도록 웨어러블 디바이스 기기 및 관련 연구가 활발히 진행되고 있고, 그중에서 섬유-IT를 기반으로 심박수, 맥박, 체온 등 생체신호를 정량적으로 측정 및 분석하는 연구가 새로운 연구테마가 되고 있다[3-6]. 하지만 섬유 기반 생체신호 측정시, 노이즈, 배선문제 및 인체를 고려하지 않은 디자인 등으로 인해 연구는 활발히 진행되고 있지만 상용화 제품 개발은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전도성 섬유기반 맥파 검출 시스템개발에 대한 기초연구로 수행하였다. 먼저 요골동맥의 맥파를 검출하기 위해 전도성 섬유 기반 proximity pressure sensor를 개발하였다. 잡음 제거를 위해 4차 low pass filter 회로를 설계하였고, Biopac사의 MP150을 사용하여 PPG신호 및 맥파를 측정하였다. PPG는 PPG100C모듈을 통해 데이터를 측정하였고, 맥파가 제대로 검출되었는지 레퍼런스로 활용하였다. 맥파 검출을 위해 Matlab을 이용하여 Notch filter를 통해 60 Hz 전원 잡음을 제거하였고, 5차 Moving average filter를 적용하였다. 이후 1-5 Hz의 범위를 갖는 Band pass filter 및 FFT를 통해 데이터를 검출하였다. 이후 상관성을 보기 위해 상관관계분석을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 전도성 섬유기반 Proximity sensor

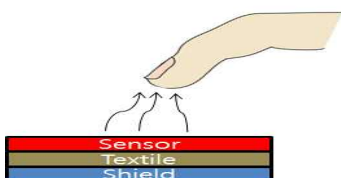


그림 1. Capacitance Proximity sensor 원리



그림 2. 개발한 Capacitance proximity sensor

Capacitance proximity sensor은 단일 plate와 shield로 구성되어 있고, 전자기장을 생성하는 특징이 있다(그림 1). Capacitance proximity sensor의 원리는 단일 plate에서 동심원 형태의 전극이 형성되고, 인체의 손가락과 가까워지면 전자기장이 발생한다.

본 연구에서는 맥파를 검출하기 위해 Capacitance proximity pressure sensor를 시중에 판매되고 있는 손목밴드를 이용하여 그림 2와 같이 개발하였다.

2.2 맥파

맥파는 심장이 수축할 때 방출한 혈액의 운동에너지와 혈관 벽의 탄력에 의해 생긴 파형으로, 동맥 경화 및 심혈관 질환 등을 평가하는 지표이다. 정상인 기준 맥박의 정상범위는 분당 50-60회에서 100회까지 정의된다.

본 연구에서는 요골동맥에서 맥파를 측정하였다(그림 3).

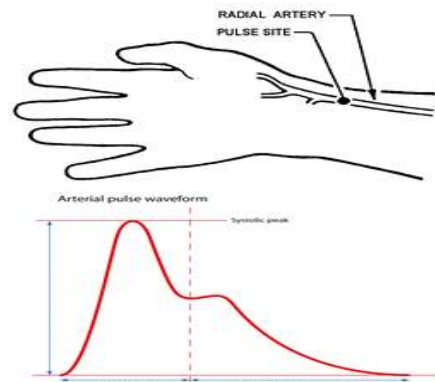


그림 3. 맥파의 파형 및 측정 위치

2.3 Signal processing

본 연구에서 잡음을 제거하고 맥파를 검출하기 위해서 먼저 20Hz의 차단 주파수를 갖는 4차 low pass filter

RC회로를 설계하였다(그림 4).

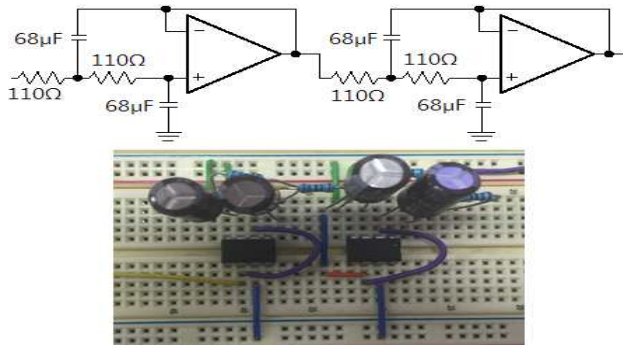


그림 4. 4차 low pass filter 회로

Biopac MP150을 통해 얻은 맥파 및 PPG 데이터는 Matlab을 이용하여 디지털 필터를 적용하였다. 먼저 공통적으로 Notch filter를 통해 60 Hz의 두 신호의 전원잡음을 제거하였다. 이후 맥파 검출을 위해 1-5 Hz범위의 Band pass filter를 적용하였다. 1-5 Hz를 측정한 이유는 정상인의 맥파 평균이 50-100회이기 때문이다.(그림 5-10).

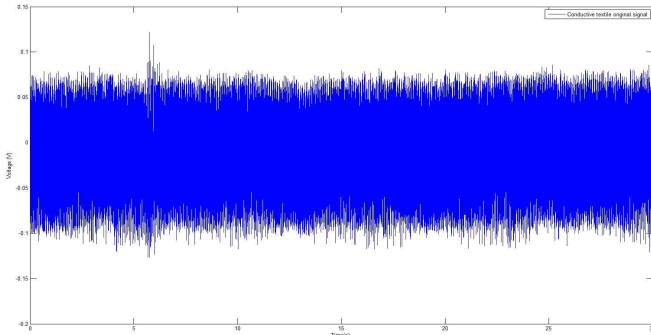


그림 5. Capacitance Proximity sensor 신호

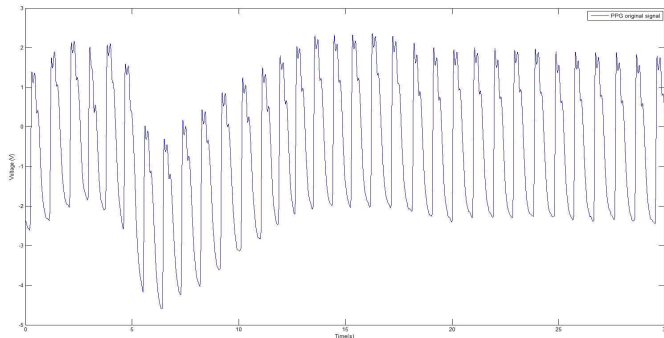


그림 6. PPG 원신호

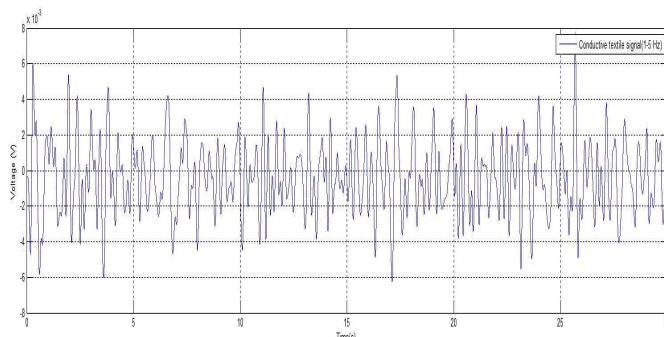


그림 7. 1-5Hz의 범위를 갖는 Capacitance Proximity sensor 신호

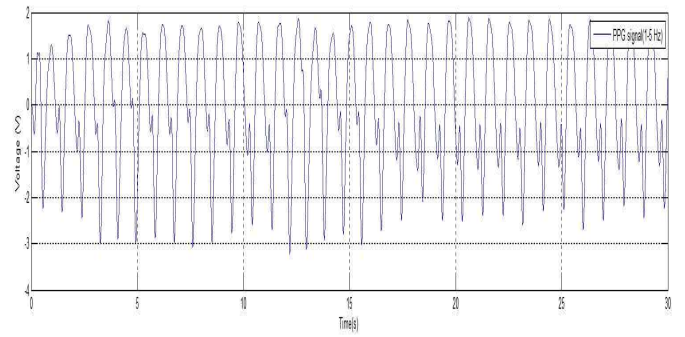


그림 8. 1-5Hz범위의 PPG신호

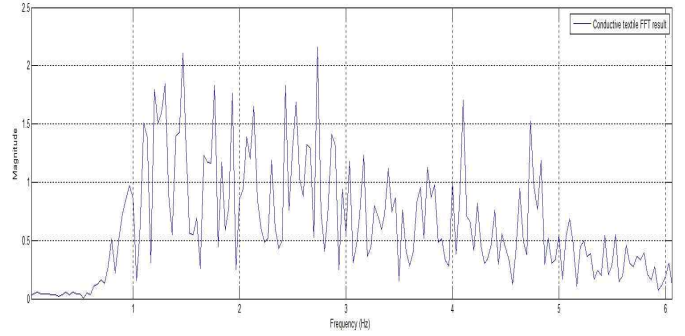


그림 9. Capacitance Proximity sensor 신호의 FFT결과

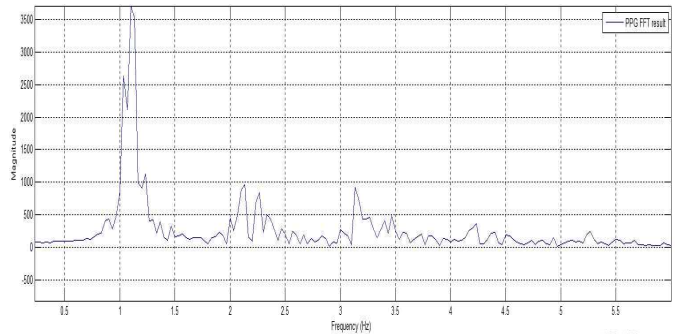


그림 10. PPG 신호의 FFT결과

2.4 단순상관관계분석

맥파 데이터와 PPG데이터의 상관성을 보기 위해 SPSS18.0을 사용하여 상관관계분석을 수행하였다. 데이터 군집이 30미만이므로 비모수 상관관계분석을 수행하였다. 상관성을 보기 위해 맥파 및 PPG신호의 FFT 결과 데이터를 인자로 사용하였다.

3. 결 과

그림 4는 Capacitance proximity sensor로 측정한 원신호로, 잡음으로 인해 맥파 신호를 확인할 수 없었다. 이에 1-5 Hz의 Band pass filter를 적용하였고, 5차 Moving average filter를 통해 신호를 smoothing하게 만들었다(그림 6). 또한 맥파가 제대로 나타나는지 확인하기 위해 PPG 신호 역시 동일하게 Band pass filter 및 Moving average filter를 적용하였다(그림 7). PPG신호는 -2V-2V범위에서 약 1.2 초 간격의 일정한 Peak주기 및 진폭을 갖는 것으로 나타났다(그림 8). 하지만 PPG 신호와는 달리 맥파 신호는 -5V-6V의 범위를 갖고 Peak 주기 및 진폭이 일정하지 않게 나타났다.

FFT수행 결과, PPG신호는 1-1.3 Hz에서 3600으로 Magnitude값이 가장 크게 나타났고, 맥파 신호는 1.3-1.4 Hz, 2.7 Hz에서 Magnitude값이 2.2로 가장

크게 나타났다(그림 9-10).

비모수 단순상관분석결과, 맥파 및 PPG의 FFT결과 간 상관계수는 0.00으로 나타났고 통계적으로 유의하게 나타났다(kendall's tau_b, Spearman's rho).

Correlation coefficient는 0.981로 강한 양의 선형 관계가 성립하는 것으로 나타났다(그림 11).

그림 12는 PPG 및 맥파 신호의 FFT결과들을 산점도로 나타낸 그래프로, 각 결과들의 스케일은 다르지만 데이터가 X축에서는 0.0-0.5, Y축은 0-500사이의 값에서 집중적으로 군집되어 있는 것으로 나타났다.

Correlations		PPG_FFT	TEXTILE_FFT
Kendall's tau_b	PPG_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	1.000 .981** 3750
	TEXTILE_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	.981** .000 3750
	TEXTILE_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	.996** .000 3750
Spearman's rho	PPG_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	1.000 .996** 3750
	TEXTILE_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	.996** .000 3750
	TEXTILE_FFT	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	.996** .000 3750

** .Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

그림 11. 맥파 및 PPG신호의 FFT결과 데이터 간 Correlation 결과

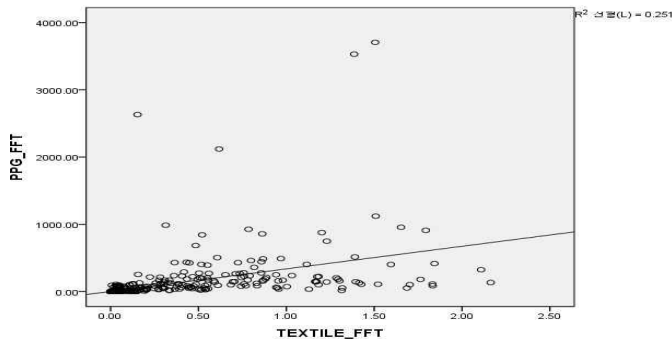


그림 12. 맥파 및 PPG데이터의 FFT결과 산점도

4. 결 론

본 연구는 전도성 섬유 기반 맥파 검출 시스템 개발에 대한 기초 연구로 수행하였다. 요골동맥의 맥파를 측정하기 위해 손목밴드 타입의 Capacitance proximity sensor를 개발하였고, 4차 low pass filter회로를 설계하여 잡음을 일차적으로 제거하였다. 이후 정상인의 맥파 신호를 검출하기 위해 1-5 Hz의 범위를 갖는 Band pass filter를 적용하여 PPG신호와 비교하였다. 그 결과 맥파 신호는 PPG신호와 같이 일정한 진폭, 주기가 나타나지 않아서 정확한 비교가 어려웠다.

FFT결과를 보면 PPG신호는 1-1.3 Hz에서 타 주파수 대역에 비해 월등히 Magnitude가 가장 크게 나타난 반면, 맥파 신호의 경우 1-3 Hz의 주파수 대역이 대체적으로 비슷하게 나타났다.

하지만 맥파 데이터의 스케일이 굉장히 작기 때문에 단순 주파수분석으로 맥파가 제대로 검출되었다 단언할 수는 없는 것으로 판단된다.

이를 보완하고자 상관관계분석을 수행하였고, 맥파와 PPG의 FFT결과 데이터들 간 유의확률 0.000으로 통계적으로 유의하게 나타났고, 상관계수가 0.981로 강한 양적선형관계에 있는 것으로 나타났다. 이는 맥파신호가 존재는 하지만 잡음으로 인해 맥파신호 검출이 어려운 것으로 판단된다.

본 연구의 맥파 신호가 정확하게 측정이 된 것이라 단언할 순 없지만, 향후 높은 해상도의 proximity sensor설계 및 효율적 filtering설계를 통해 잡음을 제

거한다면, 보다 정확한 맥파 측정이 가능할 것으로 판단된다.

5. Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009).

[참 고 문 헌]

- [1] Aravind Kailas, Chia-Chin Chong, and Fujio Wat anabe, "From Mobile Phones to Personal Wellness Da shboards", Pulse, IEEE, Vol.1, Issue.1, pp.57-63, 20 10.
- [2] Hee-Cheol Kim, Gi-Soo Chung, Tae-Woong Kim, "A framework for health management services in nan ofiber technique-based wellness wear systems", e-Hea lth Networking, Application and Services (Healthcom 2009. 11th International Conference on), pp.70-73, S ydney, 2009.
- [3] R. Wijesiriwardana, K. Mitcham, W. Hurley, and T. Dias, "Capacitive Fiber-Meshed Transducers for T ouch and Proximity-Sensing Applications", IEEE SEN SORS JOURNAL, Vol.5, No.5 , pp.989-994, 2005.
- [4] TH Westhoff, S Schmidt, R Meissner, W Zidek, M van der Giet, "The impact of pulse pressure on th e accuracy of wrist blood pressure measurement", Jou rnal of Human Hypertension, Vol.23, No.6, pp.391-3 95, 2009.
- [5] S. Ahmad, S. Chen, K. Soueidan, I. Batkin, M. Bolic, H. Dajani, V.Groza, "A Prototype of an Integra ted Blood Pressure and Electrocardiogram Device for Multi-Parameter Physiologic Monitoring", Instrum entation and Measurement Technology Conference(I2MT C) IEEE, pp.1244-1249, Austin, 2010.
- [6] Jen-Yu Peng, and Michael S.-C. Lu, "A Flexible Capacitive Tactile Sensor Array With CMOS Readout Circuits for Pulse Diagnosis", IEEE SENSORS JOUR NAL, Vol.15, No.2, pp.1170-1177, 2015.