

스마트 체중계의 PPG 신호를 위한 최적의 측정 위치 선택에 대한 연구

정승기*, 한태양**, 김찬영**, 문찬기*, 남윤영*
순천향대학교 컴퓨터공학과*,
주식회사 토브넷**

e-mail : tmdrl0813@naver.com, tyh.sunhan@gmail.com, davidkim@tovnet.co.kr,
moonchanki@naver.com, ynam@sch.ac.kr

A Study on Selection of the Optimal Region of Interest for Smart Scale Photoplethysmography

SeungGi Jung *, TaeTang Han **, ChanYoung Kim **, Chanki Moon *, Yunyoung Nam *
*Dept. of Computer Science and Engineering, Soonchunhyang University
**TOVNET CO., LTD.

요약

본 논문에서는 체중계에 올라선 상태에서 발바닥 다섯 부위의 PPG 신호를 측정하고 분석하여 가장 강한 신호가 측정되는 최적의 위치를 찾기 위해 비교 실험하였다. PPG 신호는 스마트폰 카메라로 측정하였고, 신호의 정확률을 비교하기 위해 발바닥과 손가락에서 동시에 PPG신호를 측정하였다. 발바닥과 손가락 끝에서 얻은 PPG 신호로부터 RRI를 산출한 후 Bland-Altman을 이용하여 유의성을 비교 분석하였다. 실험은 5 명의 젊은 남녀를 대상으로 수행되었으며 실험결과 부위 1 과 부위 2에서 높은 유의성을 보였다.

1. 서론

최근 헬스케어에 관한 관심이 높아지면서 생체 신호를 측정하여 건강 상태를 확인하는 기술들이 많이 연구되고 있다. 여러 생체 신호들 중 광용적맥파(photoplethysmography, PPG)는 간단히 생체신호를 모니터링 할 수 있는 신호로써 심장박동에 따라 혈관 내의 혈액량의 변화를 빛의 흡수, 반사, 산란을 이용하여 측정하는 신호이다. 의용계측 분야에서는 PPG 신호를 분석하여 안정상태의 혈중 산소포화도를 측정할 때 이용되고 있다. PPG는 동맥혈의 산소포화도를 측정하는데 사용되며 PPG 신호의 분당 피크 수를 측정하면 맥박을 계산할 수 있다[1]. PPG 신호를 측정하는 데는 일반적으로 투과형 PPG 센서를 사용하여 혈관이 많은 손가락이나 발가락에서 측정한다. 이러한 센서들은 손가락이나 발가락으로부터 신호를 측정해야 하기 때문에 손가락이나 발가락을 움직일 경우, 정확한 신호를 측정하기 어렵다. 본 논문에서는 체중계 위에 올라선 상태에서 발바닥의 여러 부위의 PPG 신호를 측정하고 신호의 유의성을 비교 분석하였다.

2. 관련 연구

지금까지 반사형 PPG 센서를 이용하여 심장박동 및 호흡 신호의 무구속적 검출에 대한 연구들 [2], [3], [4] 이 여러 연구자들에 의해 제안되었다. PPG를 이용한 호흡수 측정에 있어서 동작음을 이용한 정확도 향상

[2]에서는 수면 중 불편함을 주지 않고 지속적으로 생체 신호를 모니터링 하기 위해서 에어 배개에 누운 피검자의 목 뒷부분에 PPG 센서를 부착하여 호흡 및 심장박동 신호를 추출하였다.

PAPS를 위한 반사형 맥파 측정 장치의 개발 및 성능 평가 [3]에서는 PAPS를 위한 반사형 맥파 측정 장치를 개발하고 성능을 평가하는 연구로써 한국 성인을 대상으로 체력을 평가할 수 있는 체력평가 시스템을 위해 맥박을 이용하였다. 이 연구에서는 원신호의 최대 평균 크기에 대한 상대적인 기준선을 적용하여 피크와 벨리에서 얻어진 맥박의 그래프가 기준선과 거의 동일한 모양을 나타내는 높은 적합성을 보였다.

생명신호 측정용 광용적맥파 측정기의 움직임에 의한 신호왜곡 제거[4]에서는 생명신호 측정용 반사형 광용적맥파 측정기의 움직임에 의한 신호왜곡 제거를 위한 연구로써 PPG 신호가 피측정자의 움직임으로 인한 생체신호와 움직임 신호의 중첩 및 물리적 힘에 의하여 신호가 왜곡되어 정확한 신호의 획득이 어려운 단점이 있기 때문에 착용형 센서 개발을 위해서 3축 가속도 센서를 이용하여 신체의 움직임을 측정하고, 왜곡된 신호와의 상관관계를 이용하여 노이즈를 제거하였다. 걷기 동작, 뛰기 동작, 조깅동작의 속도로 측정한 결과 본 동작을 제거 방식을 통하여 6% 이내의 오차로 신호를 복구하여 낮은 동작에서 뿐

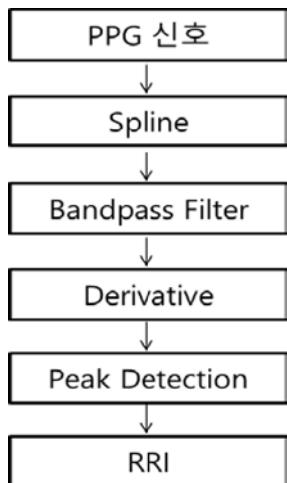
만 아니라 높은 주파수의 동작음 제거에서도 효과적임을 보였다.

본 논문에서는 체중계 위에 올라서서 손가락과 발바닥에서 동시에 PPG 신호를 측정하고 RRI를 산출하고 Bland Altman[5]을 이용하여 비교 분석하여 최적의 신호 측정 위치를 평가하였다.

3. PPG 신호분석

3.1 RRI 산출방법

발바닥과 손가락에서 측정한 PPG 신호는 Matlab 을 이용해서 RRI를 산출하였다. RRI 산출을 위한 Peak Detection과정은 그림 1과 같다.



(그림 1) RRI 산출 프로세스 흐름도

3.2 RRI 산출 알고리즘

RRI는 R피크간의 시간간격을 의미한다. PPG신호로부터 RRI를 구하기 위해 스마트폰 카메라로부터 측정된 PPG신호를 일정한 Sampling Rate를 가지도록 Spline을 연산을 한다. Spline 연산을 통해 생성된 신호는 Bandpass Filter를 통해 0.5Hz에서 5Hz 사이의 신호만 남기고 제거하여 움직임으로 인한 노이즈 및 베이스라인을 제거하고 피크를 더욱 명확하게 만든다. Derivative를 통해 Peak를 더 선명하게 만들고 Moving Window Integration을 통해 피크를 검출한다. 산출된 피크로 피크간의 간격을 계산하고 Sampling Rate 만큼 나눠서 RRI를 산출한다.

$$RRI = \frac{Peak_{n+1} - Peak_n}{Sampling\ Rate} \quad (1)$$

4. 실험 결과

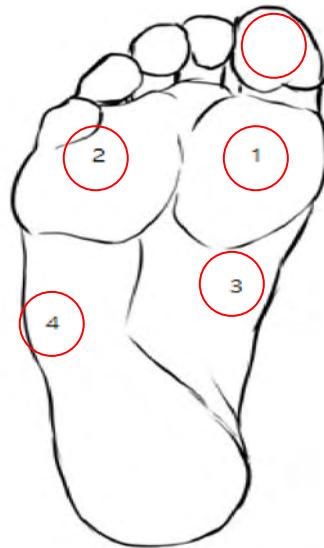
4.1 실험 환경

발바닥의 다섯 부위와 손가락 끝에서 동시에 PPG 신호를 측정하기 위해 스마트폰 카메라를 이용하였다. 발바닥과 손가락 끝에서 신호를 측정하기 위한 애플

리케이션은 각각 Objective-C 와 Java 로 개발한 애플리케이션을 이용하여 실험하였고, 유리판으로 제작된 체중계 아래에 오른손 검지에 스마트폰 카메라를 위치시키고 그림 2와 같이 PPG신호를 측정하였다. PPG 신호를 측정하기 위해 사용한 애플리케이션은 그림 2에서 보는 바와 같이 실시간으로 PPG 신호를 그래프와 intensity값을 볼 수 있다.



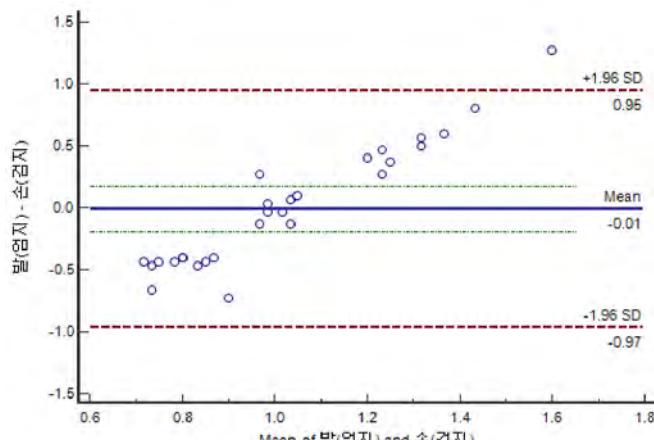
그림 4에서 보는 바와 같이 측정하려는 발바닥의 부위들의 신호의 유의성을 비교하기 위해 발바닥의 부위들은 엄지발가락과 부위 1, 2, 3, 4 의 5 개 부위를 함께 측정하였다. 실험에 참여한 5 명의 참여자의 몸무게는 67kg 부터 90kg 까지 다양하였으며, 연령은 23 세에서 26 세까지였다.



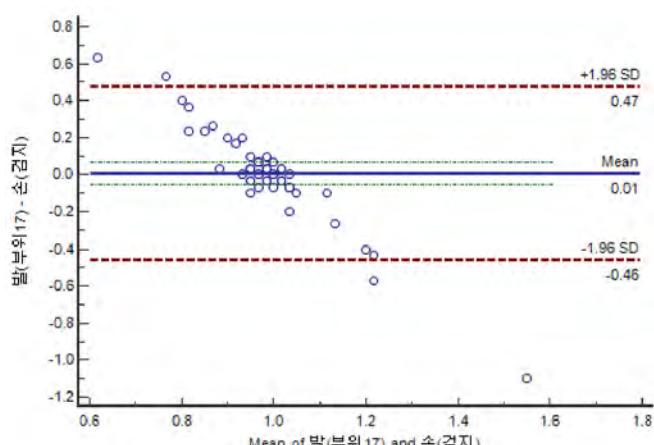
(그림 4) 발바닥의 각 부위별 인덱스

4.2 실험 결과

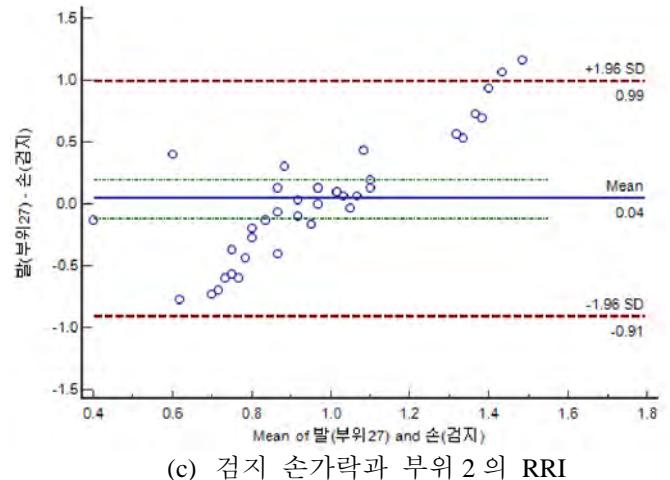
손가락 끝과 발바닥의 각 부위로부터 얻은 PPG 신호의 RRI를 Bland-Altman Plot을 사용하여 비교 분석하였다. 그림 5는 손가락 끝과 발바닥 각 부위와의 Bland-Altman을 보이고 있다.



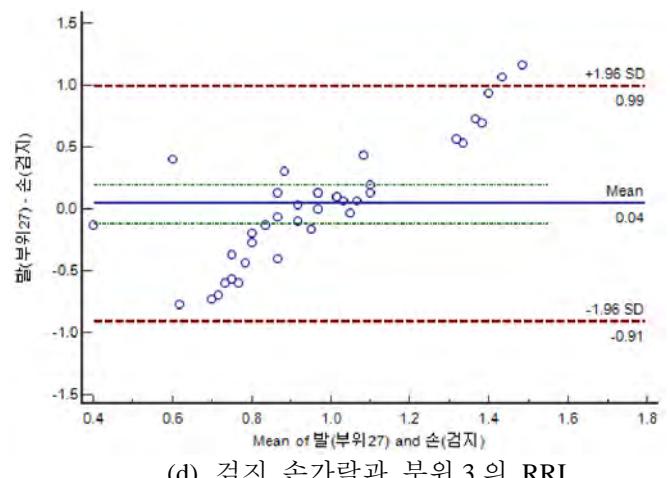
(a) 검지 손가락과 엄지 발가락의 RRI



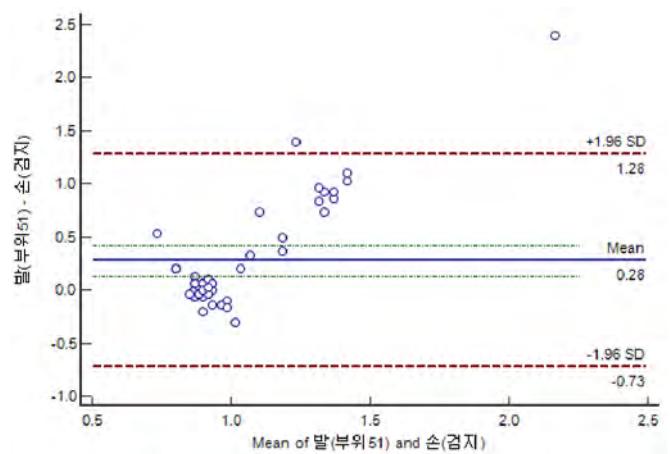
(b) 검지 손가락과 부위 1의 RRI



(c) 검지 손가락과 부위 2의 RRI



(d) 검지 손가락과 부위 3의 RRI



(e) 검지 손가락과 부위 4의 RRI

(그림 5) 손가락 끝과 발바닥 각 부위별 Bland-Altman Plot

표 1. 검지 손가락과 발바닥의 각 부위의 차이 평균값

	실험자 1	실험자 2	실험자 3	실험자 4	실험자 5	평균
엄지	-0.01	0.086	0.667	0.257	0.146	0.229
부위 1	0.005	0.037	-0.315	0.174	0.113	0.014
부위 2	0.015	0.031	0.297	0.162	0.284	0.157
부위 3	0.038	0.283	0.625	0.335	0.313	0.318
부위 4	0.278	0.081	0.415	0.377	0.253	0.280

표 1 은 손가락 끝과 발바닥의 각 부위별 차이 평균(Mean Difference)을 보이고 있다. 실험자의 엄지, 부위 1, 부위 2, 부위 3의 차이 평균값이 낮았다.

5. 결론

본 논문은 스마트 체중계의 PPG 센서로부터 가장 강한 PPG 신호를 측정하기 위해 최적의 발바닥 부위를 찾는 비교 실험을 하였다. 발바닥의 부위 중 부위 1, 부위 2 으로부터 얻은 PPG 신호가 손가락 끝의 PPG 신호와 가장 유사하였다. 서있는 상태로 PPG 신호를 측정하기 때문에 장시간 서 있는 동안 몸이 중심을 잡기 위해 앞뒤로 흔들려 각 부위에 가해지는 압박이 달라지는 문제로 PPG 신호에 노이즈가 포함되어 신호 분석에 어려움이 있었다. 따라서 PPG 센서에 압력이 가해져서 발생하는 노이즈에 강건한 알고리즘 개발이 필요하다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009)

참고문헌

- (1) 허영정, & 윤길원. (2008). 광용적맥파 (PPG) 를 이용한 호흡수 측정에 있어서 동작음을 이용한 정확도 향상. *센서학회지*, 17(6), pp. 447-453.
- (2) 차지영, 최현석, 신재연, & 이경중. (2008). PPG 센서를 이용한 심박 및 호흡 신호의 무구속적 검출에 대한 연구. *2008 CICS 정보 및 제어 학술대회 논문집*, pp. 482-483.
- (3) 김신자, & 이영우. (2012). PAPS 를 위한 반사형 맥파 측정 장치의 개발 및 성능 평가. *한국정보통신학회논문지*, 16(1), pp. 160-166.
- (4) 한효녕, 이연주, 김정식, & 김정. (2009). 생명신호 측정용 반사형 광용적맥파 측정기의 움직임에 의한 신호왜곡 제거. *한국정밀공학회지*, 26(12), pp. 146-153.

한 신호왜곡 제거. *한국정밀공학회지*, 26(12), pp. 146-153.

- (5) Dewitte, K., Fierens, C., Stöckl, D., & Thienpont, L. M. (2002). Application of the Bland–Altman plot for interpretation of method-comparison studies: a critical investigation of its practice. *Clinical Chemistry*, 48(5), pp.799-801.