

# 스마트폰의 PPG 신호를 위한 최적의 관심영역 선택에 대한 연구

신수혜\*, 홍지은\*\*, 문찬기\*\*, 남윤영\*\*

\*순천향대학교 수학과

\*\*순천향대학교 컴퓨터공학과

e-mail : ssh5670@gmail.com, kali27@naver.com, moonchanki@naver.com, ynam@sch.ac.kr

## A Study on Selection of the Optimal Region of Interest for Smartphone Photoplethysmography

Suhae Shin\*, Jieun Hong\*\*, Chanki Moon\*\*, Yunyoung Nam\*\*

\*Dept. of Mathematics, Soonchunhyang University

\*\*Dept. of Computer Science and Engineering, Soonchunhyang University

### 요약

최근 스마트폰 내장 카메라와 플래시를 사용하여 PPG 신호를 측정하고 생체정보를 측정하는 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 스마트폰 카메라를 사용하여 측정하는 PPG 신호는 스마트폰 카메라와 플래시 위치에 따라 각 측정 영역의 신호의 세기가 다르다. 본 논문에서는 스마트폰 카메라와 플래시 위치에 따라 강한 PPG 신호를 가지는 ROI를 찾기 위해 비교, 분석하였다. ROI를 계산하기 위해 PPG 신호를 측정하고 ROI를 설정할 수 있는 스마트폰 애플리케이션을 개발하여 각 ROI의 PPG 신호의 편차를 계산하고 가장 최적의 영역을 실험을 통해 비교분석하였다.

### 1. 서론

스마트폰을 이용한 Healthcare 애플리케이션이 사람들의 관심이 증가함에 따라 기하급수적으로 개발되고 있다. 그로 인해 사람들은 전문적인 의료장비를 가지고 있지 않아도 스마트폰을 이용하여 쉽게 자신의 생체 신호를 측정하고 모니터링할 수 있게 되었다. 많은 생체 신호 중 심박수는 우리 몸의 상태를 나타내는 대표적인 지표 중 하나이다. 특히 심혈관 질환은 예방과 관리가 중요하다[1-2].

PPG(Photoplethysmogram)는 용적맥파를 시각적으로 표현한 것으로 피부를 비춰 빛 흡수를 통해 피부 피하조직(손가락, 팔볼 등)에서의 혈류량의 변화를 통해 얻어진다. PPG는 심박수를 측정할 수 있는 대표적인 방법이다. 스마트폰의 카메라와 플래시를 통해 손가락 끝에서 촬영한 혈량의 변화로 PPG 신호를 획득하여 심박수를 측정할 수 있다. 그로 인해 사람들은 스마트폰을 이용하여 저비용으로 언제 어디서나 건강관리를 받을 수 있게 되었다[3]. 그러나 스마트폰 제조사와 기종 별로 카메라 위치와 플래시 위치가 다르기 때문에 일정한 PPG 신호 측정이 어렵다. 또한 측정할 때 카메라 렌즈에 놓인 손가락의 위치에 따라 노이즈가 발생한다.

본 연구에서는 손가락 끝을 카메라에 위치시켰을 때 카메라로 촬영한 영상의 영역 중 PPG 신호의 세기가 가장 큰 영역을 찾기 위해 비교분석 하였다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 플래시 방향에 따른 ROI 설정

PPG 신호를 추출하기 위한 방법 중 플래시와 카메라에 손가락 끝을 접촉하는 방법이 있다. 이때 램베르트-비어 법칙에 따라 손가락을 따라 광자가 이동하게 되고 이동 거리가 길수록 광자를 흡수한다. 이러한 원리로 플래시에서 먼 쪽이 픽셀의 편차가 낮다. 픽셀 변화량이 큰 플래시와 가까운 쪽을 ROI로 설정하는 경우 계산 부하도를 낮출 수 있다.

#### 2.2 관심영역 설정

ROI를 설정하는 방법으로 VAR(Variance), SER(Spectral Energy Ratio), TM (Template Matching), TD(Temporal Difference), GRAD (Gradient)가 있다. TD 방법은 인접한 두 개의 프레임 사이에서 각 픽셀 값의 차이를 계산하여 TD 값 평균이 가장 높은 구간을 관심 영역으로 선택한다. 또한, 본 논문에서도 TD 방법을 사용하였으며 ROI 크기는 20X20 - 100X100을 사용하였다.

### 3. 최적영역 선택

#### 3.1 실험 환경

실험은 VEGA r3, LG G3 CAT.6를 이용하여 수행하였고, 초당 30 프레임으로 영상을 녹화하였으며 ROI 크기는 176X144으로 설정하였다. 그림 1에서 보는 바

와 같이 카메라의 플래시를 켜 상태에서 카메라에 손 가락 끝을 위치시키고 진행하였다[4].

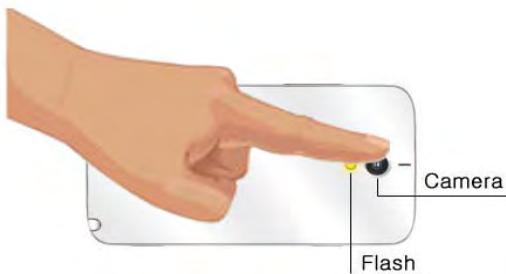


그림 1. 실험 방법

### 3.2 PPG 신호 추출

본 연구에서는 RGB 중에 Green 값만을 추출하였다. 혈액에 포함된 헤모글로빈은 녹색 빛을 흡수하는 특성을 가지기 때문에 녹색 빛을 통해 혈류량을 감지하는 신호 세기가 가장 크다[5-7]

ARGB는 Alpha, Red, Green, Blue의 총 4byte = 32bit의 배열로 표현된다. 식 (1)과 같이 Green 값은 RGB 배열을 shift 연산을 이용하여 8bit 만큼 이동하고, 그 값에 & 0xFF의 비트연산을 하여 추출할 수 있다.

$$\text{Green} = (\text{color} \gg 8) \& 0xFF \quad (1)$$

영상처리에서 관심영역은 처리속도에서 중요하다. 모든 영역을 검사하는 것보다 일부 중요한 영역만을 검사하는 것이 처리량이 적고, 같은 시간 내에 더 많은 작업을 수행하기 때문이다[5-6]. 최적의 ROI를 결정하기 위해 입력 받은 영상의 각 픽셀의 Green 값의 변화량을 계산한다. 영상은 하나의 프레임에서 각 구간마다 Green 값의 평균을 계산하였고, 측정한 시간에서의 최대 Green 값과 최소 Green 값을 이용하여 Green값 편차를 계산하였다.

$$\text{med}[\arg_n \max\{\text{x}(n)\} - \arg_n \min\{\text{x}(n)\}] \quad (2)$$

med는 median 값을 나타내며 n은 프레임 번호이다.

실험에서 screen orientation을 landscape로 설정하여 영상의 이미지가 반 시계 방향으로 90° 회전한 상태로 값을 측정하였다. LG G3 CAT.6의 플래시는 카메라의 오른쪽에 위치하지만 입력 영상에서는 카메라의 아래에 위치한다.

그림 2와 그림 3은 8 X 8 영역으로부터 추출한 PPG 신호의 편차의 예이다. 그림 4와 그림 5는 각 영역에서 계산된 편차를 2차원으로 가시화 하였고, 그림에서 보는 바와 같이 중앙 하단에서 신호의 세기가 가장 강했다.

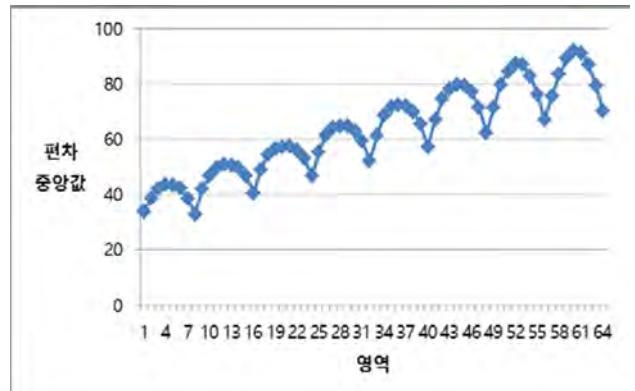


그림 2. LG G3 CAT.6에서 8X8 영역에서 추출한 PPG 신호의 편차의 예.

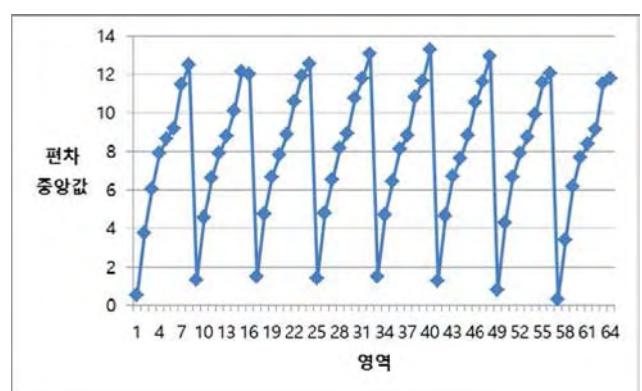


그림 3. VEGA r3에서 8X8 영역에서 추출한 PPG 신호의 편차의 예.

마찬가지로 실제 VEGA r3의 플래시는 카메라 아래에 존재하지만 영상의 이미지가 반 시계 방향으로 90° 회전한 상태로 값을 측정하여 영상에서는 카메라의 오른쪽에 위치한 것으로 측정된다.

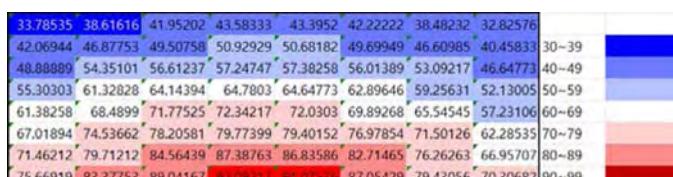


그림 4. LG G3 CAT.6로부터 얻은 PPG 신호의 편차



그림 5. VEGA r3로부터 얻은 PPG 신호의 편차

그림 5에서 보이는 바와 같이 VEGA r3에서는 오른쪽 중앙에서 측정한 신호가 가장 강했다. VEGA r3의 플래시는 카메라 아래에 존재하지만, 영상의 이미지

가 반 시계 방향으로 90° 회전하여 영상을 입력 받기 때문에 영상의 중앙에서 측정한 값이 가장 크다.

실험을 통해 플래시에 근접한 영역에서 얻은 신호가 가장 강한 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 스마트폰의 플래시와 함께 카메라로부터 얻은 영상에서 PPG신호를 추출하고 Green 값을 추출하였다. 전체 영역을 일정한 크기의 구간으로 나누어 관심영역을 찾기 위해 비교, 분석하였다. 손가락 끝을 카메라에 위치시켜 측정하는 TD와 같은 방법은 측정하는 영역에 따라 신호의 세기가 다르기 때문에 적당한 영역으로부터 신호를 측정하지 않으면 신호 분석을 어렵게 한다. 따라서 적당한 관심영역을 설정함으로써 심장박동과 부정맥 진단 등 자동진단의 정확률을 높일 수 있다.

실험에서, 스마트폰의 기종과 관계 없이 플래시에 근접한 PPG영역에서 추출한 신호의 편차가 가장 컸다. 또한, ROI의 크기를 적절히 조절함으로써 강한 PPG 신호의 파형을 얻을 수 있다.

이러한 결과를 이용하여 스마트폰 기종에 관계 없이 최적의 영역으로부터 PPG신호를 얻을 수 있는 애플리케이션 개발에 도움이 될 것으로 기대한다.

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

#### 참고 문헌

- [1] W. Karlen, G. A. Dumont, C. Petersen, J. Gow, J. Lim, J. Sleiman, and J. M. Ansermino, "Human-centered Phone Oximeter Interface Design for the Operating Room," in HEALTHINF 2011 - Proceedings of the International Conference on Health Informatics, V. Traver, A. Fred, J. Filipe, and H. Gamboa, Eds. Rome, Italy: SciTePress, 2011, pp.433–8.
- [2] 김호철, 정원식, 이원희, 남기창. (2015). 스마트폰의 CMOS 영상센서를 이용한 광용적맥파 측정방법 개발. 한국산학기술학회논문지, 16(6).
- [3] M. J. Gregoski, M. Mueller, A. Vertegel, A. Shaporev, B. B. Jackson, R. M. Frenzel, et al., "Development and validation of a smartphone heart rate acquisition application for health promotion and wellness telehealth applications," International Journal of Telemedicine and Applications, vol. 2012, pp. 696324-696324, 2012.
- [4] W. Karlen, J. Lim, J. M. Ansermino, G. A. Dumont, and C. Scheffer, "Recognition of Correct Finger Placement for Photoplethysmographic Imaging," in Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2013, p. accepted
- [5] Vizbara, V. (2013). Comparision of green, blue and infrared light in wrist and forehead photoplethysmography. BIOMEDICAL ENGINEERING 2014, 17(1)
- [6] Rokunuzzaman, M., Sekiyama, K., Fukuda, T. (2010). Automatic ROI detection and evaluation in video sequences based on human interest. Journal of Robotics and Mechatronics, 22(1), 65.
- [7] Walter Karlen, J. Mark Ansermino, Guy A. Dumont, Cornie Scheffer, "Detection of the Optimal Region of Interest for Camera", 35<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE EMBS Oska, Japan, 3-7 July, 2013, pp.2263-2266