

피부 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정에 관한 연구

박진수, 이재갑, 홍광석*

성균관대학교, 성균관대학교, *성균관대학교

qkrwlstn91@gmail.com, leejg5044@gmail.com ,*kshong@skku.ac.kr

A Study on Robust Pulse and Respiratory Rate Measurement Using Skin Image

Park Jin Soo, Lee Jea Gap, Hong Kwang Seok*

Sungkyunkwan Univ., *Sungkyunkwan Univ.

요약

본 논문에서는 피부 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정 방법을 제안한다. 기존의 피부 영상 기반 맥박수 및 호흡수 추정방법은 피부 관심 영역에서 계산된 색상 신호에 FFT(Fast Fourier Transform)를 적용하여 주파수 영역으로 변환하고 맥박(0.67~3.34Hz) 또는 호흡(0.13~0.33Hz) 관련 주파수 대역에서 가장 큰 파워를 가지는 주파수 값을 이용하여 측정하며, 상기 방법은 주변 환경 및 조명 변화 등에 영향을 많이 받기 때문에 PPG(Photoplethysmography)와 같은 접촉식 장치를 이용하여 측정한 맥박수 및 호흡수와 오차가 크다는 단점이 있다. 제안된 방법은 피부 관심 영역에서 계산된 색상 신호에 FFT를 적용하고 맥박, 호흡 관련 주파수 대역 각각에 IFFT(Inverse FFT)를 적용하여 맥파 및 호흡 신호를 산출한다. 산출된 맥파 및 호흡 신호로부터 계산된 맥박 RR 간격(피크-피크 간격)과 호흡 PP 간격 평균값을 이용하여 높은 정확도의 맥박수와 호흡수를 측정할 수 있다. 성능 평가를 위해 PPG 장치와 피부 영상에서 측정한 맥박수 및 호흡수의 비교 분석 실험을 진행하였으며, 성능 평가 결과 맥박수 2.63%, 호흡수 5.98%의 오차율이 계산되었으며, 기존 방식보다 맥박수 1.16%, 호흡수 1.24% 개선되었다.

I. 서론

다양한 장치를 이용하여 맥박수와 호흡수를 추정하기 위한 방법들이 제안되고 있으며, 일반적으로 PPG 신호에 필터링과 신호처리 과정을 거쳐 추출하는 방법이 제안 되었다[1]. 상기 방식에서 접촉식 방식의 단점을 해결하기 위해 최근 피부 영상의 색상 데이터를 이용한 비접촉식 맥박수 및 호흡수 추정방법이 개발되어 왔다[2].

본 논문에서는 피부 영상에서 산출된 Cg 색상 신호에 FFT(Fast Fourier Transform)를 적용하고 맥박 및 호흡과 관련된 관심 주파수를 선정하여 iFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 적용하여 호흡 신호를 산출한다. 산출된 맥파 및 호흡 신호로부터 검출한 맥박 및 호흡 피크(Peak)를 이용하여 계산된 맥박 RR 간격(피크-피크 간격)과 호흡 PP 간격(피크-피크 간격) 평균값을 이용하여 맥박수와 호흡수를 추정하였다. 제안된 방법의 성능 평가를 위해 피부 영상과 PPG 장치에서 계산된 맥박수와 호흡수의 오차율 비교 실험을 진행하였다.

II. 관련 연구

피부 영상을 이용한 비접촉식 맥박수 및 호흡수 측정 관련 기존 연구[3]에서는 PPG 장치에서 산출된 맥파 신호의 주파수 분석을 통해 계산된 맥박수 및 호흡수와 그림 1과 같이 얼굴 영상의 피부 관심 영역에서 계산된 Cg 색상 신호에 FFT을 적용하여 주파수 영역으로 변환하고 맥박(0.67~3.34Hz) 또는 호흡(0.13~0.33Hz) 관련 주파수 대역에서 가장 큰 주파수 파워값을 이용하여 추정된 맥박수와 호흡수를 비교하였다.

호흡수는 얼굴 피부 영상에서 산출된 Cg 색상 신호에 FFT를 적용한 결과로부터 맥박 관련 주파수 대역 내에서 가장 큰 파워를 가지는 주파수 값이 1.36보다 작으면 식 1과 같이 설정하고, 1.36보다 크면 식 2와 같이 설정하여 계산하였다.

$$f_{pulse}/4 - 0.21 \leq f_{respiration} \leq f_{pulse}/4 - 0.01 \quad (1.36 \leq f_{pulse}) \quad (1)$$

$$0.13 \leq f_{respiration} \leq 0.33 \quad (1.36 > f_{pulse}) \quad (2)$$

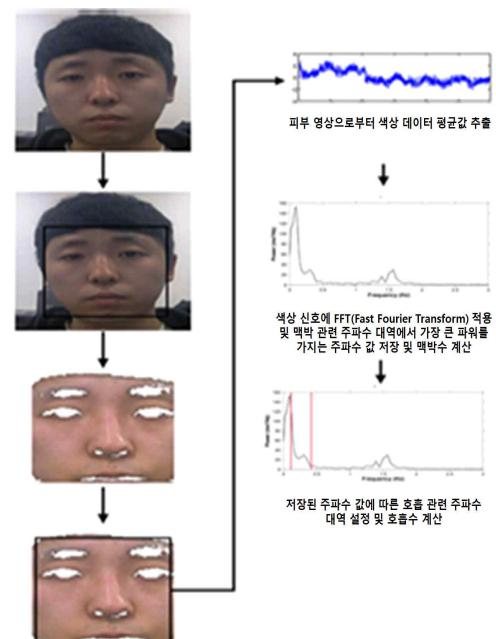


그림 1. 얼굴 영상을 이용한 맥박수 및 호흡수 추정 흐름도

III. 강인한 맥박수 및 호흡수 측정

피부 영상의 피부 관심 영역 RGB 색상체계를 YCgCo 색상체계로 변환하여, 계산된 Cg 색상 신호에 FFT를 적용하고 맥박, 호흡 관련 주파수 대역 각각에 iFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 적용하여 맥파 및 호흡 신호를 산출한다. 산출된 맥파 및 호흡 신호로부터 맥박 피크(Peak) 및 호흡 피크 위치를 검출하고, 검출된 피크 각각에서 계산된 맥박 RR 간격(피크-피크 간격)과 호흡 PP 간격(피크-피크 간격)을 이용하여 파라미터 δ (맥박 RR 간격과 호흡 PP 간격의 평균 δ)을 산출한다. 그리고 산출된 파라미터 값을 아래 식 3, 4에 적용하여 높은 정확도의 맥박수와 호흡수를 측정하는 방법을 제안한다[4]. 측정 흐름도는 아래 그림 2와 같다.

$$\text{맥박수 (Pulse rate)} = \frac{60 \times \text{영상 Fps}}{\text{맥박 RR간격(피크-피크 간격의) 평균값}} \quad (3)$$

$$\text{호흡수 (Respiratory rate)} = \frac{60 \times \text{영상 Fps}}{\text{호흡 PP간격(피크-피크 간격의) 평균값}} \quad (4)$$

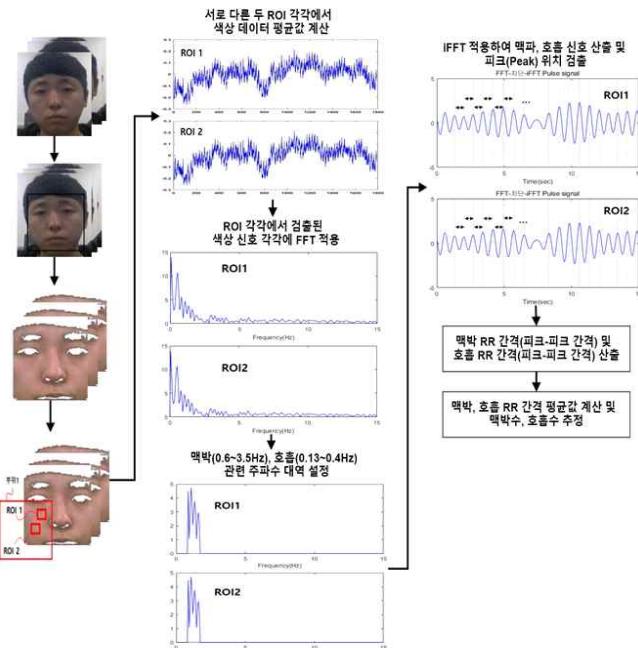


그림 2. 피부 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정 흐름도

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위해 피부 영상의 피부 관심 영역에서 계산된 Cg 색상 신호로부터 추정된 맥박수 및 호흡수를 측정하였으며, 실제 PPG 장치에서 측정된 맥박수 및 호흡수와의 오차율을 계산하였다. 실험 1회당 15초 동안 촬영한 얼굴 영상을 이용하여 맥박수를 측정하였고, 총 4명의 피험자를 대상으로 각 10회씩 총 40개의 얼굴 피부 영상에서 산출된 맥박수와 호흡수의 오차율을 비교하였다. 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1. PPG 장치와 피부 영상으로부터 추정된 맥박수 및 호흡수 오차율

구분	평균 오차율	
	기존 방법	제안된 방법
맥박수	3.79%	2.63%
호흡수	7.22%	5.98%

그림 3과 같이 얼굴 피부 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정방법이 포함되어 있는 앱 ‘활력징후(맥박 호흡 혈압 체온)’을 개발하였으며, 현재 본 논문에서 제안된 방법을 적용하여 기존 대비 높은 정확도로 맥박수 및 호흡수를 측정할 수 있다[5].

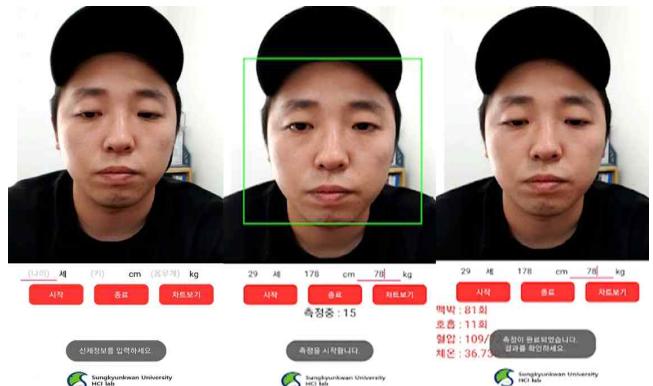


그림 3. 활력징후(맥박, 호흡, 혈압, 체온)

V. 결론

본 논문에서는 피부 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정 방법을 제안하였고, 실현 결과 기존 대비 PPG 장치와 얼굴 피부 영상으로부터 추정된 맥박수와 호흡수의 오차율이 기존 방식보다 맥박수 1.16%, 호흡수 1.24% 감소한 것을 확인하였다. 하지만, 영상을 이용할 경우 조명 변화 등 주변 환경이 결과값에 영향을 미칠 수 있으므로 성능 향상을 위해서 영상의 품질 개선 등에 관한 연구가 병행되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (NRF-2018R1D1A1B07042422)을 받아 수행된 것임

참 고 문 헌

- [1] (주)바이오센스크리에이티브(한국과학기술연구원벤처). “맥파신호분석을 이용한 혈관건강 및 스트레스 검사시스템 및 방법”, 특허등록 제 10-0954817. (2010).
- [2] Lee, Hyo-Haeng, et al. “Video-based Bio-Signal Measurements for a Mobile Healthcare System.” Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, ACM, pp. 92, January 2016
- [3] Park Jin-Soo, Hong Kwang-Seok, “A Study on Improved Respiration Rate Estimation Method Using Image”, The 18th Conference on Electronics & Information Communications, pp.185–186, December 2016.
- [4] 박진수, 홍광석. “얼굴 영상을 이용한 강인한 맥박수 및 호흡수 측정 방법 및 장치”, 특허출원 제10-2020-0008182.
- [5] Google play store ‘활력징후(맥박 호흡 혈압 체온)’
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hci.vitalsign_hci