

심박수 측정을 위한 안면 얼굴 영상 데이터 수집 시스템 설계

장승주*

Design of Facial Image Data Collection System for Heart Rate Measurement

Seung-Ju Jang*

*Professor, Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47340 Korea

요 약

본 논문은 심박수 측정을 위한 안면 얼굴 영상 데이터 수집 시스템을 설계한다. 본 논문의 설계 내용은 웹 카메라를 이용하여 사용자 얼굴 영상 정보들을 수집하고, 수집된 사용자 얼굴 영상 정보들을 이용하여 심박수를 측정하는 기능이다. 웹 카메라를 이용한 비접촉식 심박수 측정으로 인하여 오차가 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 논문에서는 심박수 측정시 얼굴 영상 데이터 분류를 통해서 오차가 발생한 경우와 정상적인 경우를 구별하여 심박수 프로그램 오차 수정에 이용할 수 있도록 하고자 한다. 오차가 발생된 경우의 자료를 이용하여 오차를 줄이기 위한 목적으로 사용할 수 있도록 한다. 본 논문에서 제안하고 설계한 내용에 대해서 실험을 수행하였다. 실험 결과 본 논문에서 설계한 내용이 정상적으로 동작됨을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we design a facial facial image data collection system for heart rate measurement using a web camera. The design content of this paper is a function of collecting user face image information using a web camera and measuring heart rate using the user's face image information. There is a possibility that an error may occur due to non-contact heart rate measurement using a web camera. Therefore, in this paper, it is to be used for correcting heart rate program errors through classification of data in cases of error and normal. The data in case of error can be used for the purpose of reducing the error. Experiments were conducted on the proposed ideas and designed in this paper. As a result of the experiment, it was confirmed that it operates normally.

키워드 : 심박수 측정, 안면 얼굴 영상, 영상 데이터 수집, 영상 데이터 분류, 영상 데이터 수집 시스템

Keywords : Heart rate measurement, Facial image, Image data collection, Image data classification, Image data collection system

Received 3 May 2021, Revised 6 May 2021, Accepted 19 June 2021

* Corresponding Author Seung-Ju Jang(E-mail:sjjang@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1710)

Professor, Department of Computer Engineering, Dongeui University, Busan, 47340 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.7.971>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

IT 기기의 발달로 인간 생활이 편리해져 가고 있다. 특히, 컴퓨터 및 스마트 폰 기술의 발전은 빠르게 진행되고 있다. 컴퓨터 기기를 이용한 다양한 응용 분야는 인간 생활을 편리하게 하고 있다. 컴퓨터를 이용한 응용 분야로 카메라를 이용한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 최근 웹 카메라 기술이 발전해서 저 비용으로 고해상도 화질의 영상을 누구나 쉽게 사용할 수 있다.

기존의 컴퓨터 카메라를 이용한 연구는 다양한 분야에 적용되어 사용되고 있다. 하지만 컴퓨터 카메라를 이용한 심박수 측정을 위한 연구는 극히 일부 기관에서 수행되고 있다. 특히 건강과 관련하여 비접촉식 생체 신호 측정 기술 등에 국한된 연구가 진행되고 있다 [1, 2].

웹 카메라를 이용한 응용 분야로 스포츠, 원격 의료 등 다양한 분야에 적용하여 편리하게 사용할 수 있도록 하는 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 컴퓨터에서 사용하는 일반 웹 카메라를 이용하여 비접촉식으로 심박수를 측정하는 프로그램을 개발하는 과정에서 오차를 찾아서 오차를 줄이기 위한 방안을 설계한다.

웹 카메라는 이제 컴퓨터 시스템에서 보편적으로 사용하는 기기가 되었다. 웹 카메라는 영상을 획득하고 저장하는 기능에서 획득한 영상을 다양하게 활용하는 분야로 확대되고 있다. 웹 카메라를 이용한 기술은 시간과 공간의 제약을 극복할 수 있도록 해주고 있다. 멀리 떨어진 사람들 간에 화상 통화를 하는 경우, 화상 회의용으로 이용하는 경우 등이 있다. 웹 카메라를 이용하여 영상 감시 시스템 등으로 활용되기도 한다. 그리고, 의사와 환자간에 원격 진료 시스템 등에도 활용되고 있다 [1, 2, 3].

비접촉식 심박수 측정 기술은 비접촉식 원격진료 수행을 위한 핵심적인 기술이다. 또한, 본 논문에서 제공하는 기술은 스포츠 분야 등에 활용이 가능하다. 본 논문은 웹 카메라를 이용하여 사람의 얼굴을 촬영한 후, 이 촬영된 얼굴 영상(정지 영상, 이미지)을 분석하여 심박수를 측정하는 프로그램을 개발하기 위한 얼굴 영상 데이터 수집 시스템을 설계한다. 얼굴 영상 데이터 수집 시스템을 통해서 심박수 측정에서 오차가 발생하는 경우에 대한 지속적인 오류 보정을 통해서 보다 정확한 심박수를 측정할 수 있도록 한다.

본 논문은 2장에서 관련 연구, 3장에서 시스템 설계,

4장 실험, 5장 결론 순으로 기술한다.

II. 관련 연구

최근 코로나-19로 인하여 전 세계적으로 사람들의 활동에 제약을 많이 받고 있다. 이러한 환경으로 인하여 인간들 간의 관계도 대면에서 비대면이 주를 이루는 흐름으로 변화되고 있다. 학교 수업도 강의실에서 대면 강의를 하는 대신에 원격 강의 등과 같은 비대면 수업으로 진행되고 있다.

본 논문에서 제안하는 심박수 측정 프로그램도 비접촉식으로 사람의 심박수를 측정하는 기능을 제공한다. 웹 카메라를 이용한 심박수 측정 프로그램과 관련한 기존의 연구들은 다음과 같다. 웹 카메라를 이용한 비대면 심박수 측정 관련 연구는 MIT대학에서 진행된 연구가 있다. MIT대학 연구의 비대면 심박수 측정 기능은 전기 장치에 의하여 측정할 필요없이 간단하게 얼굴 인식을 통해서 수행하게 된다. 이 연구는 사람 얼굴 정보를 웹 카메라로부터 입력을 받아서 얼굴 색상 정보의 추적을 통해서 심박수를 측정하는 방식으로 이루어진다 [1, 2, 3].

MIT 대학 연구는 카메라로 입력되는 영상에 대한 분석은 MATLAB으로 작성된 맞춤형 소프트웨어를 사용하여 수행되었다. 카메라로부터 얼굴 영상을 인식하기 위하여 MATLAB 호환 버전의 Open Computer Vision (OpenCV) 라이브러리를 사용하여 얼굴 위치의 좌표를 얻었다 [2, 4, 5, 6]. 이외에도 비접촉 심박수 측정을 위한 연구들이 진행되고 있다 [7, 8, 9, 10].

최근에는 딥러닝 기술을 활용한 얼굴 인식 분야에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 원격 의료 등 다양한 분야에 응용이 가능한 비접촉식 심박수 측정에 대한 연구가 진행이 되고 있다. 또한, 코로나-19로 인하여 비대면 비접촉식 체온 측정 등의 분야에서 연구가 진행되고 있다.

III. 시스템 설계

본 논문은 심박수 측정을 위한 안면 얼굴 영상 데이터 수집 시스템을 설계한다. 기존의 심박수 측정 방법은 신체 접촉을 통해서 이루어진다. 그러나 본 논문은 웹 카

메라를 이용하여 비접촉식으로 심박수를 측정한다.

비접촉식으로 심박수를 측정하기 위하여 측정하고자 하는 사람의 안면 얼굴 영상 자료를 수집한다. 얼굴 영상 자료를 수집하고 이 자료를 이용하여 심박수를 측정하는 자료로 사용한다. 비접촉식으로 심박수를 측정하기 위해서 얼굴 영상 자료를 이용하는데 이 얼굴 영상 자료가 심박수 측정에 아주 중요하다.

본 논문에서 비접촉식으로 심박수를 측정하기 위한 시스템 구조는 그림 1과 같다.

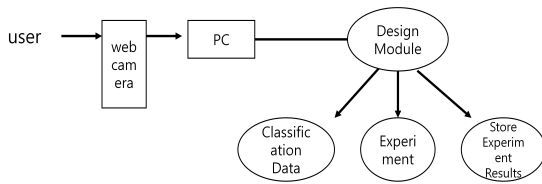


Fig. 1 System Structure

위 그림 1은 비접촉식 심박수 측정을 위한 시스템 구조이다. 심박수 측정 모듈은 컴퓨터에 장착된 카메라 앞의 사람 얼굴을 인식하게 된다. 사람 얼굴을 인식하는 프로그램은 사람의 얼굴에 대해서 정확히 인식하여 사람 얼굴 영상 자료들을 컴퓨터에 저장하게 된다. 사람 얼굴 정보를 이용하여 심박수를 측정하는 프로그램은 얼굴 자료 정보를 분석하게 된다. 이때 정보 분석이 마무리되면 심박수를 출력하게 된다. 최종 분석된 심박수 자료는 엑셀 파일로 저장하게 된다.

엑셀 파일에 저장되는 정보는 본 논문에서 구현한 심박수 측정 프로그램의 수행 결과값과 스마트폰 심박수 측정값을 저장하게 된다. 이렇게 저장된 정보는 실제 심박수와 측정된 심박수의 정확도를 알 수 있도록 기록하게 된다.

심박수를 측정하는 과정은 다음과 같다. 비계층적인 군집 분석 기법중 중심 기반(Center-based) K-means 알고리즘을 이용한다. n개의 d-차원 데이터 오브젝트 (x1, x2, ..., xn) 집합이 주어졌을 때, k-평균 알고리즘은 n개의 데이터 오브젝트들을 각 집합 내 오브젝트 간 응집도를 최대로 하는 k개의 집합 S = {S1, S2, ..., Sk} 으로 분할한다. μi가 집합 Si의 중심점이라 할 때 각 집합별 중심점과 집합 내 오브젝트간 거리의 제곱합을 최소화 하는 집합 S(아래 수식(1))를 찾는 것이 이 알고리즘의 목표다.

$$\operatorname{argmin}_S \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (1)$$

이렇게 해서 찾아진 얼굴 영상정보를 저장한후 이 영상 자료의 색상을 분석하게 된다. 그리고, 최대 색상 비율 정보를 얻는다. 그리고 색상 비율 정보를 이용하여 R(Red) 색상 정도에 따라서 심박수를 측정하게 된다.

얼굴 영상 데이터 수집 시스템 설계 내용은 다음과 같다. 웹 카메라로부터 입력되는 사람의 얼굴을 저장하게 되는데 저장되는 자료는 폴더별로 저장하면 된다. 이 폴더정보는 엑셀에 동일하게 기록 및 저장하게 된다. 그림 2는 심박수 측정을 위한 얼굴 영상 데이터 분류 시스템 구조이다. 이 시스템은 웹 카메라로부터 읽어들이는 영상 정보를 일정한 시간 간격으로 사진 파일로 저장한다. 얼굴 영상 사진 파일 저장이 완료되면 심박수 측정 사용자명과 심박수 측정 “년월일시분”형태로 폴더를 구성하여 얼굴 사진 파일을 저장하게 된다.

사진 파일을 저장하게 되면 심박수를 분석하는 모듈에서 이 얼굴 영상 사진 파일을 읽어들이어 이 사진들을 분석하여 심박수를 측정할 수 있도록 한다. 심박수 측정 모듈에서 사용자 얼굴 사진 파일을 저장할 때 사용자 이름, 사용한 폴더 이름을 엑셀 파일내에 기록하게 된다. 사용자 이름, 사용자 폴더 이름 정보 등을 엑셀 파일에 저장하는 하는 것은 심박수를 측정된 사용자 정보와 시간 정보 등을 관리할 수 있다. 심박수 측정이 마무리되면 측정된 심박수 값을 엑셀 파일에 기록하게 된다. 심박수 측정 사용자에게 대한 실제 심박수를 측정하여 엑셀 파일에 기록한다.

실제 심박수 정보를 엑셀 파일에 저장하여 오차가 발생된 영상에 대한 정보를 축적하고 나중에 영상을 다시 분석할 수 있도록 자료를 수집한다. 이것은 얼굴 영상을 이용한 심박수 측정시 발생하는 오차를 줄이기 위한 것이다.

본 논문은 비접촉식 심박수 측정을 위한 얼굴 영상 데이터를 체계적으로 관리, 분류하여 심박수 측정의 정확성을 높이고자 한다. 심박수 측정을 위하여 웹 카메라를 구동시킨 후, 심박수 측정 모듈은 웹 카메라 앞에 있는 사람의 얼굴을 판별하여 얼굴 영상만 캡처하게 된다.

얼굴 영상을 인식하기 위해서 웹 카메라로부터 입력되는 영상에서 얼굴 부분을 인식할 수 있는 기능이 설계된 본 논문에서는 웹 카메라로부터 입력되는 얼굴 영상

정보를 관리하기 위하여 파이썬(Python) 프로그램 언어를 사용한다.

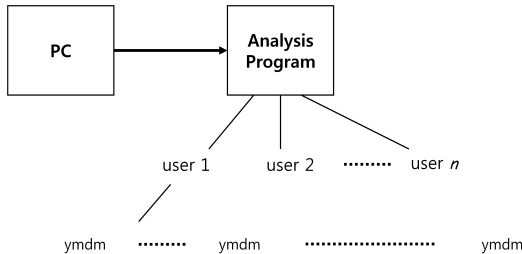


Fig. 2 Face image data storage folder structure

입력된 얼굴 영상들은 “사용자1”, “사용자2” 폴더내에 저장하여 구분이 용이하도록 한다. 그리고, 각 사용자에 대해서 년월일시분 폴더를 생성하여 실제 실험한 시간 폴더 내에 사용자 얼굴 영상을 저장하게 된다. 이렇게 함으로서 사용자 얼굴 영상 데이터를 보다 효율적으로 관리할 수 있다. 얼굴 영상과 관련된 내용들은 엑셀 파일 내에 저장하여 관리한다.

얼굴 영상 자료를 저장할 때 ‘사용자 이름’ 폴더 밑에 “년월일시분” 폴더를 생성하고, 폴더 이름을 이렇게 생성하여 저장함으로서 실제 사용자가 심박수 측정할 시간 정보를 쉽게 알 수 있도록 한다. 사진 파일 이름은 “년월일시분” 폴더 밑에 초(second)값으로 저장한다. 이렇게 함으로서 해당 파일의 검색이 용이하도록 하고, 관리가 쉽도록 한다.

그리고, 얼굴 영상 인식후 저장되고 실험한 결과에 대해서 폴더 이름과 실험 결과값을 엑셀 파일에 정리하도록 모듈 내에 설계되었다. 이처럼 웹 카메라로부터 입력되는 영상을 지정된 폴더 형식으로 저장하여 보다 효율적으로 관리할 수 있도록 한다.

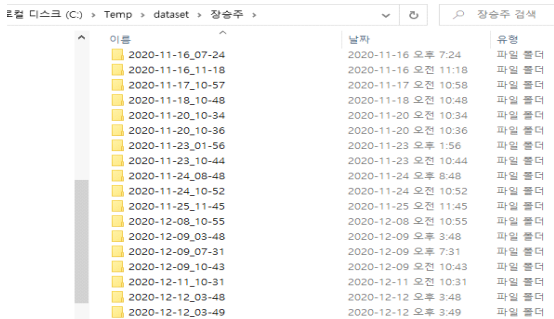


Fig. 3 Face image data storage screen

위 그림 3은 심박수 측정을 위한 사용자 안면 얼굴 영상 자료들이 저장된 실제 폴더 내용이다. 심박수 측정을 하게 되면 해당 사용자 이름 폴더내에 년월일시분 폴더를 만들어서 이 폴더내에 사용자 얼굴 영상 정보를 저장하게 된다. 여기에 저장된 영상 정보를 이용하여 심박수 측정 모듈은 심박수를 측정하게 된다. 이렇게 함으로서 심박수 측정에 따른 오차 발생을 줄이기 위한 목적으로 사용할 수 있다. 엑셀에 저장된 심박수 측정값은 그림 4와 같다.

장승주				
2020-11-12 11:45:09				75
평온한 얼굴 : A등급 ----> 평균 심박수 70 ~ 75 범위임 !!!				
장승주				
2020-11-13 11:05:34				72
평온한 얼굴 : A등급 ----> 평균 심박수 70 ~ 75 범위임 !!!				
장승주				
2020-11-16 11:19:40				70
평온한 얼굴 : A등급 ----> 평균 심박수 70 ~ 75 범위임 !!!				

Fig. 4 Contents saved in Excel as a result of the experiment

심박수 측정 결과값을 엑셀에 저장하고 난후, 실제 심박수 측정을 수행한다. 실제 심박수 측정은 스마트폰에 있는 심박수 측정 앱과 장치를 이용하여 수행한다. 이 결과값도 엑셀 파일에 저장하게 된다. 이렇게 함으로서 실제 심박수와 실험한 심박수 사이의 오차가 어느 정도 인지를 정리하게 된다. 이렇게 정리된 실험 자료들은 오차를 수정하는데 이용할 수 있도록 한다.

IV. 실험

본 논문에서 제안하는 비접촉식 심박수 측정 프로그램의 실험 환경은 다음과 같다. 본 논문에서는 심박수 측정 시스템 개발을 위해서 파이썬(Python) 프로그램 언어를 사용하였다. 그리고, 실제 심박수 측정을 위해서 스마트폰에서 제공하는 심박수 측정 기능과 앱을 이용하였다. 실제 심박수를 측정하는데 사용된 스마트폰은 삼성 갤럭시 10노트와 갤럭시 10노트에서 제공하는 심박수 측정 프로그램을 이용하였다.

실제 심박수 측정 기록값과 본 논문에서 제안한 비접촉식 심박수 측정값 간에 차이를 정리한다. 그리고, 저장된 정보를 이용하여 오차가 큰 실험 데이터에 대한 재분석을 통해서 프로그램 오차를 줄일 수 있도록 한다.

본 논문에서 제안하는 비접촉식 심박수 측정 프로그램

본 논문은 비대면으로 심박수를 측정하는 기능에서 오차가 발생하는 경우의 자료를 효율적으로 관리함으로써 오차가 발생한 자료에 대한 수정 작업을 용이하게 할 수 있도록 한다. 이렇게 함으로써 비대면 방식 심박수 측정에서의 오차를 줄여서 정확한 심박수 측정이 가능한 프로그램을 개발하고자 한다.

향후 연구로 본 연구 내용을 바탕으로 오차를 줄이는 심박수 측정을 위한 연구가 이루어져야 할 부분이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This Work was supported by Dong-eui University Foundation Grant(2020)

References

[1] M. Z. Poh, D. J. McDuff, and R. W. Picard, "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation," *Optics Express*, vol. 18, no. 10, pp. 1-13, May. 2010.

[2] M. Garbey, N. Sun, A. Merla, and I. Pavlidis, "Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 54, no. 8, pp. 1418-1426, Jul. 2007.

[3] D. Shao, C. Liu, and F. Tsow, "Noncontact Physiological Measurement Using a Camera : A Technical Review and Future Directions," *ACS sensors*, vol. 21, no. 7, pp. 321-334, Dec. 2020.

[4] E. Moya-Albor, J. Brieva, H. Ponce, and L. Martínez-Villaseñor, "A non-contact heart rate estimation method using video magnification and neural networks," *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 23, no. 4, pp. 56-62, Jun. 2020.

[5] J. R. Maestre Rendon, T. A. Rivera Roman, A. A. Fernandez Jaramillo, N. E. G. Paredes, and J. J. S. Olmedo, "A non-contact photoplethysmography technique for the estimation of heart rate via smartphone," *Applied Sciences Basel*, vol. 10, no. 154, pp. 1-11, Dec. 2019.

[6] N. Ibrahim, M. Tomari, and W. Zakaria, "Analysis of minimum face video duration and the effect of video compression to image-based non-contact heart rate monitoring system," *Bulletin of Electrical Engineering Informatics*, vol. 9, no. 1, pp. 1-11, Dec. 2019.

[7] M. Lewandowska, J. Rumiński, and T. Koccejko, "Measuring Pulse Rate with a Webcam - a Non-contact Method for Evaluating Cardiac Activity," *2011 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, Poland, pp. 405-410, 2011.

[8] D. Lee, S. Hwang, M. Kim, S. Park, and M. Whang, "Real-time Measurement System of Heartbeat based on Facial RGB," *Extended Abstracts of HCI KOREA*, pp. 85-86, 2014.

[9] D. J. McDuff, E. B. Blackford, and J. R. Stepp, "The impact of video compression on remote cardiac pulse measurement using imaging photoplethysmography," *2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017)*, Washington DC, pp. 1- 8, 2017.

[10] H. Rahman, M. U. Ahmed, S. Begum, and P. Funk, "Real-time Heart Rate Monitoring From Facial RGB Color Video Using Webcam," *The 29th Annual Workshop of the Swedish Artificial Intelligence Society (SAIS)*, pp. 1-8, Jun. 2016.



장승주(Seung-Ju Jang)

1985년 부산대학교 계산통계학(전산학) 학사
 1991년 부산대학교 계산통계학(전산학) 석사
 1996년 부산대학교 컴퓨터공학 박사
 1987년~1996년 한국전자통신연구원(ETRI)
 시스템 SW연구실

1993년~1996년 부산대학교 시간강사
 2001년~2002년 Univ. of Missouri at Kansas City,
 visiting professor

1996년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

※관심분야: 운영체제, 임베디드 운영체제, 분산시스템,
 시스템 보안, 스마트 폰 시스템 운영체제,
 자율주행차 운영체제