JPEE 실천공학교육논문지 JOURNAL OF PRACTICAL ENGINEERING EDUCATION

실천공학교육

J. Pract. Eng. Educ. 16(2), 115-119, 2024

PoseNet을 이용한 개인 맞춤형 VDT 증후군 예방 시스템

Personalized VDT Syndrome Prevention System Using PoseNet

조영복*

국립안동대학교 컴퓨터교육과

Young-bok Cho*

Department of Computer Education, Andong National University, Gyeongsangbuk-do 36729, Korea

[요 약]

ICT 산업 종사자 수의 증가에 따라 VDT 증후군 예방을 위한 연구가 요구되고 있다. 기존의 자세 교정 제품들은 대부분 카메라 의존도가 높거나 웨어러블 기기의 센서에만 의존하고 있다. 본 논문에서는 내장 카메라와 원형 압력 센서를 활용하여 자세 정보를 수집하는 자세 교정 시스템을 개발하였다. 또한 초기 사용자의 '바른 자세'를 입력받고 이를 기반으로 사용자의 자세를 모니터링하는 맞춤형 서비스를 제공한다. 본 시스템은 사용자의 일상 업무 중 자세를 정밀하게 교정함으로써 VDT 증후군을 예방 및 개선하며 최종적으로 ICT 산업 종사자의 업무 효율 향상을 기대할 수 있다.

[Abstract]

With the increase in the number of ICT industry workers, there is a demand for research on preventing VDT syndrome. However, existing posture correction products mostly rely heavily on cameras or sensors in wearable devices. In this paper, we have developed a posture correction system that utilizes built-in cameras and circular pressure sensors to collect posture information. Additionally, the system provides a personalized service by capturing the correct posture of the user initially and monitoring the user's posture based on that input. By precisely correcting postures during users' daily tasks, this system aims to prevent and improve VDT syndrome, ultimately enhancing the efficiency of ICT industry workers.

Key Words: ICT Industry, Personalized, Pose estimation, VDT syndrome, Work environment

http://dx.doi.org/10.14702/JPEE.2024.115

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.

Received 6 March 2024; **Revised** 24 March 2024
Accepted 8 April 2024

***Corresponding Author**
E-mail: ybcho@anu.ac.kr

I. 서 론

연구조사에 따르면 ICT 산업 종사자가 2019년 103만 명에서 2023년 110만 명으로 작년 대비 약 6.8% 증가하였다[1]. 이처럼 4차 산업혁명으로 ICT 산업이 발전하면서 연도별 관련 업계 종사자가 증가하고 있으며, 이에 따라 VDT 증후군에 대한 문제가 대두되고 있다. VDT 증후군(Visual Display Terminal Syndrome)이란 오랜 시간 모니터를 보고 키보드를 사용하며 작업할 때 생기는 각종 정신적·신체적 질환을 의미한다[2]. 영상기기를 자주 사용하는 사무직, 학생 등이 목 또는 허리에 통증을 경험하고 있으며[3], VDT 증후군은 눈의 피로·충혈·이물감 등 일상생활에도 불편을 야기할 수 있다. 이는 수면장애, 두통 및 어지러움 등의 증상으로 악화될 수 있다[4].

이에 본 논문에서는 사용자에게 일상 업무 중 자세 교정 서비스를 제공하는 시스템을 제안한다. 내장 카메라와 FSR402 압력 센서를 병행 활용하여 높은 장비 의존성 문제를 보완하였다. 제안 시스템은 Pose Estimation 기술인 PoseNet을 통해 실시간으로 좌푯값을 추출하고, 추출한 좌푯값을 정제하여 사용자의 자세 정보를 수집한다. 사용자의 초기 자세 정보를 기반으로 자세를 추정하여 사용자별 신체 구성이나 작업 환경 등의 조건을 고려하였으며, 이를 통해 개인 맞춤형 자세 교정 서비스를 제공한다. 본 시스템은 실시간으로 업무 중 사용자 자세를 모니터링하여 점수를 산출하고 일별·주별·월별 통계를 제공함으로써 사용자 접근성을 기대할 수 있다. 기간별 통계 데이터는 시각 자료 형식으로 제공되어 사용자 경험을 향상시킬 수 있다. 또한 사용자의 민감한 정보를 수집하기 때문에 JWT(JSON Web Token)와 데이터베이스 암호화를 기반으로 보안을 강화하였다.

II. 관련 연구

ICT 산업 종사자 수가 증가함에 따라 VDT 증후군을 예방하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 기존 연구들은 디바이스에 내장된 카메라를 활용하여 사용자의 자세를 모니터링하고 있다.

임윤지 외 5명은 건강 문제로 알려진 거북목 증후군을 예방하기 위해 첨단 자세 교정 시스템을 개발하였다[5]. 전자기기에 장착된 고성능 카메라를 활용하여 사용자의 상반신 영상을 정밀하게 촬영하고, OpenPose의 Keypoints 기술을 통해 상반신 관절 좌표를 추출하여 JSON 파일에 자세 정보를 기록하였다. 수집한 자세 정보를 활용하여 어깨의 좌우 비대칭, 고개를 젖힌 자세, 아래로 숙인 자세, 거북목 자세 등 총 6가지 자세 유형을 검출하였다. 또한 사용자가 올바르지 않은 자세를 유지하는 시간을 모니터링하고 이를 기반으로 자세의 정확도를 판단하며, 검출된 자세 유형 정보와 자세 유지 시간 데이터를 종합하여 상황에 맞는 경고 메시지를 출력하고 있다. 이를 통해 사용자는 자세 교정에 필요한 구체적인 피드백을 수용하고 자세를 교정 받을 수 있다. 해당 연구는 거북목 증후군 예방을 위한 실질적인 솔루션을 제시하며, 스마트 기기 사용자의 건강 증진에 기여하고 있다.

한지예와 박진호는 스마트 기기 사용으로 인한 건강 문제에 대응하기 위해 합성곱 신경망(CNN, Convolution Neural Network) 기술을 활용한 자세 모니터링 연구를 수행하였다[6]. 노트북에 내장된 카메라를 활용하여 사용자의 자세를 실시간으로 감지하고 거북목 증후군을 유발할 수 있는 자세를 식별하여 즉각적으로 경고하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 웹캠을 통해 사용자의 자세를 실시간으로 모니터링하며, 해당 연구는 CNN 모델을 기반으로 2,050개의 학습 데이터와 480개의 평가 데이터를 학습하여 올바른 자세와 거북목 자세를 식별하였다. 자세 감지 결과에 따라 사용자에게 즉각적으로 경고 메시지를 전달하여 거북목 증후군을 예방하고 올바른 자세 습관을 형성할 수 있도록 지원하고 있다. 해당 연구는 스마트 기기 사용자의 건강 증진에 기여하는 방향으로 진행되고 있음을 강조하고 있으며, 현대 사회에서 증가하는 스마트 기기 사용에 따른 건강 문제에 대한 대안을 제시하고 있다.

이러한 선행 연구들은 단순히 카메라를 활용해 자세를 추정하기 때문에 카메라 의존도가 높다. 또한 자세를 판단하기 위한 데이터 모델이 한정적이므로 사용자의 카메라 환경과 신체적 특징 등 추가 변수에 따른 정확성 변동에 한계가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 카메라를 비롯한 압력 센서를 활용하여 카메라 의존도를 낮추고, 사용자에게 초기 바른 자세 정보를 입력 받아 개인 맞춤형 실시간 자세 교정 서비스를 제공하는 시스템을 제안한다.

III. 자세 교정 시스템 구현

A. 개발 환경

제안하는 시스템은 표 1과 같이 Mac과 Windows 환경에서 개발되었으며, JavaScript, SQL 등의 언어를 사용하였다. 또한 Arduino Uno를 기반으로 FSR402 압력 센서 및 블루투스 HM-10 모듈을 사용하였다. 그림 1은 본 논문에서 사용

표 1. 개발환경 및 도구

Table 1. Development environment and tools

Category	Content
OS	MacOS
	MS-Windows
Language	JavaScript
	SQL
	Arduino
H/W	Arduino Uno R3
	Round Force Sensor [FSR402]
	Bluetooth 4.0 BLE HM-10 [CC2541]

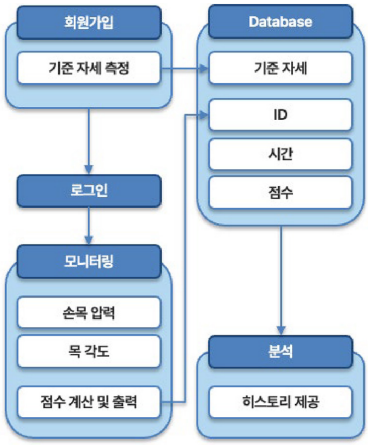

그림 1. 사용자 시나리오

Fig. 1. User scenario.

한 FSR402 센서의 구성도를 도식화한것이다. FSR402(Forse Sensitive Resistor) 압력 센서는 물리적인 힘이나 무게가 가해졌을 때 저항값이 감소하면서 압력을 측정한다. FSR402는 시그널 컨디셔닝 장치 등이 별도로 내장되지 않았으나 간단한 구조로 산업용으로 자주 사용된다. 본 논문에서는 FSR402 압력 센서를 활용하여 키보드 작업 시 손목에 가해지는 압력을 측정하고 손목 자세 데이터를 수집한다. 또한 저전력으로 웹과 기기 간의 무선통신을 지원하기 위해 블루투스 4.0 BLE(Bluetooth Low Energy) HM-10 모듈을 채택하였다[7].

B. 자세 점수 산출 방법

본 논문에서는 사용자에게 직관적인 자세 수준을 제공하기 위해 자세 점수 산출 시스템을 도입하였다. 자세 점수는 표 2의 정의를 기반으로 사용자의 초기 자세 데이터와 실시간 자세 평균 데이터의 차이로 책정한다.

표 2. 자세 점수 산출 상세

Table 2. Posture score calculation details

Definition	Content
P_{0_n}	Initial correct position (neck angle)
P_{0_w}	Initial correct position (wrist pressure)
$A_n = \frac{1}{frame}\sum_{i=1}^{frame} S_i$	Neck angle average
$A_w = \frac{1}{frame}\sum_{i=1}^{frame} S_i$	Wrist pressure average
$P = 100 - \frac{\left(\frac{\lvert P_{0_n} - A_n \rvert}{P_{0_n}} + \frac{\lvert P_{0_w} - A_w \rvert}{P_{0_w}}\right)}{2} \times 100$	Posture score calculation

① 사용자에게 초기 바른 자세(P_{0_n}, P_{0_w})를 입력받는다. 웹 카메라와 압력 센서를 통해 초기 목 각도와 손목 압력 데이터를 수집한다. ② 사용자의 실시간 자세 정보를 수집한다. 평균 목 각도(A_n)는 두 단계를 거쳐 환산된다. PoseNet을 기반으로 양쪽 어깨와 눈의 평균 좌표를 추출하고, 추출한 좌표값을 통해 두 점 사이의 벡터를 계산한다. 계산된 각도를 라디안에서 도(degree)로 변환한다. 동시에 5초 간격으로 손목 압력 평균(A_w)을 산출하여 웹으로 전송한다. ③ 초기 데이터와 실시간 데이터의 상대 오차를 백분율로 환산한다. 환산된 값을 100에서 차감하여 최종 자세 점수(P)를 산출한다. 최종 자세 점수는 초기 바른 자세를 기준으로 한 사용자 자세 수준을 의미한다. ④ 산출된 점수는 측정 시간과 함께 데이터베이스에 저장된다. 이미 데이터베이스에 동일 날짜의 데이터가 있을 경우, 측정 시간에 비례하여 자세 점수를 합산하고 이를 업데이트한다. 저장된 데이터는 사용자의 자세 평가 및 개선 추이를 추적하며, 이는 사용자에게 제공되거나 분석에 활용될 수 있다.

C. 실험 결과

본 논문에서는 그림 2와 같은 시스템을 통해 자세 교정 서비스를 제공한다. 사용자는 별도 프로그램의 설치 없이 가입할 수 있다. 사용자가 로그인에 성공하면 모니터링 화면으로 이동한다. 시작 버튼을 누르고 블루투스를 통해 웹과 손목 측정 기기를 연결한다. 동시에 내장 카메라가 활성화되며 자세를 추정하고 모니터링한다. 사용자는 주기적으로 현재 바른 자세 점수를 확인할 수 있다. 사용자의 자세가 부적절하다고 판단되면 경고창을 출력한다. 사용자는 '자세 분석' 메뉴에서 자세 점수의 기간별 통계 내용 확인할 수 있다. 특히

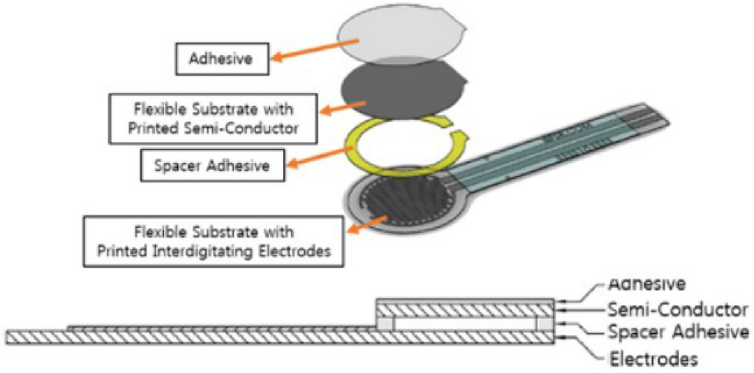

그림 2. FSR402 센서 구성도

Fig. 2. FSR402 sensor configuration diagram.

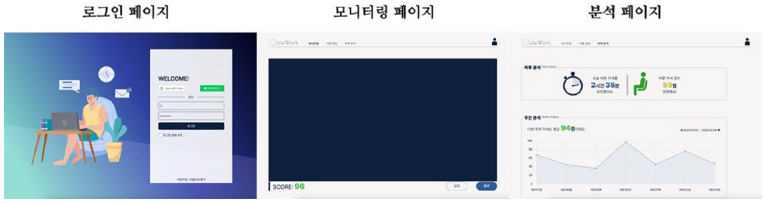

그림 3. 웹 화면 예시

Fig. 3. Web screen example.

주간 분석은 라인 차트로, 월간 분석은 히트맵 형태로 제공되어 자세 변화 추이를 확인할 수 있다. 각 메뉴를 구현한 웹 화면은 그림 3과 같다. 제안하는 시스템은 각 사용자의 자세 데이터를 별도의 데이터베이스로 관리함으로써 개인 맞춤형 서비스를 제공한다. 또한 JWT(Json Web Token)를 활용한 사용자 인증 및 권한 부여 시스템을 도입하여 데이터와 서비스의 무단 접근을 방지한다.

IV. 결 론

ICT 산업 종사자가 증가하면서 VDT 증후군 예방을 위한 연구가 필요한 반면, 기존 자세 교정 제품은 카메라 의존도가 높거나 기기의 센서에만 의지하는 경우가 많다. 따라서 본 논문에서는 내장 카메라와 압력 센서를 병행 사용하여 자세 정보를 교정하는 시스템을 제안하였다. 웹 페이지를 통해 사용자로 하여금 업무 중 실시간으로 자세를 교정할 수 있도록 하며, 일별·주별·월별로 자신의 자세 변화 추이를 확인할 수 있는 히스토리 기능을 제공한다.

성능 평가를 위해 10명의 테스트 이용자를 모집하고 2주간 자세 변화를 추적한 결과, 사용자 평균 자세 점수는 87점에서 93점으로 약 6.9% 향상되었다. 특히 사용 전보다 사용 후 업무시간 피로도가 감소하였다는 긍정적인 평가가 이어졌다.

향후 스마트폰 애플리케이션과 연동하여 히스토리를 확인하거나 스마트폰 거치를 통해 자세를 측정하는 등의 기능을 추가 제공하여 시스템 접근성을 향상시킬 예정이다. 또한 자세 추정을 활용한 스트레칭 가이드 서비스 등의 라이프스타일 향상 방안을 고려하고 있다. 이러한 서비스를 기반으로 사용자의 웰니스(Wellness)를 지원하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Korea Association for ICT Promotion and Korea Electronics Association, “2022 Information&Communication Technology Workforce Trends Survey,” *The Ministry of Science and ICT*, 2023.

[2] Asan Mediacal Center. Visual Display Terminal Syndrome [In-

ternet]. Available: https://www.amc.seoul.kr/asan/mobile/healthinfo/disease/diseaseDetail.do?contentId=32566.

[3] J. K. S. Parihar, V. Kumar Jain, P. Chaturvedi, J. Kaushik, G. Jain, and A. K. S. Parihar, "Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome(CVDTS)," *Medical Journal Armed Forces India*, vol. 72, no. 3, pp. 270-276, May, 2016.

[4] S. Poudel and S. P. Khanal, "Magnitude and determinants of computer vision syndrome (CVS) among IT workers in kathmandu, nepal," *Nepalese Journal of Ophthalmology*, vol. 12, no. 2, pp. 245-251, July, 2020.

[5] J. J. Lim et al., "Attitude calibration system based on video recognition," *Korean Institute of Information Scientists and Engineers,* pp. 1333-1335, 2020.

[6] J. Y. Han and J. H. Park, "Turtle neck syndrome posture correction service using CNN-based learning model," *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 20, no. 7, pp. 47-55, 2020.

[7] Y. S. Hyun, "A study on the reduction method of battery current consumption for smart lock operating time," Master's thesis, Sungkyunkwan University, October, 2020.

[8] J. S. Kim and T. S. Park, "An analysis on the effect of changes in body alignment through posture correction exercise program on health-related physical strength of adolescents," *Journal of the the Korean Journal of Growth and Development,* vol. 29, no. 2, pp. 195-201, 2021.

[9] J. S. Kim and T. S. Park, "An analysis on the contribution of lifestyle posture to changes inbody alignment with 8week posture correction exercise program," *Journal of The Korean Journal of Growth and Development*, vol. 29, no. 1, pp. 67-74, January, 2021

[10] W. H. Park, J. E. Kim, and J. E. Lee, "A study on the design and effect of feedback for virtual reality exercise posture training," *Journal of the Korea Computer Graph Society*, vol. 26, no. 3, pp. 79-86, March, 2020.

조 영 복 (Young-Bok Cho)_종신회원

2005 : 충북대학교 전자계산학과 공학석사
2012 : 충북대학교 전자계산학과 공학박사
2012 ~ 2018 : 충북대학교 소프트웨어학과 초빙교수
2019 : 충북대학교 의학과 의학박사
2018 ~ 2024 : 대전대학교 정보보안학과 조교수
2024 : 충남대학교 법학과 법학박사
현 재 : 국립안동대학교 컴퓨터교육과 조교수
〈관심분야〉 의료영상처리, 정보보안, 의료정보보호, 모바일보안