

키넥트와 압력센서를 이용한 무구속 수면자세 인식 시스템의 기초 연구

나예지*, 이상준**, 왕창원*, 정화영*, 호종갑*, 민세동*

*순천향대학교 의료IT공학과

**선문대학교 기계ICT융합공학부

nayeji1649@hanmail.net, mcp94lee@sunmoon.ac.kr, lovelyiu315@gmail.com, show7kr@naver.com, hodori1988@naver.com, medi1223@gmail.com

A Basic Study on The Sleep Posture Recognition System Using Kinect and Pressure Sensor

Ye-Ji Na*, Sang-Jun Lee**, Chang-Won Wang*, Hwa-Young Jeong*, Jong-Gab Ho*, Se-Dong Min*

*Dept of Medical IT Engineering, Soon-Chun-Hyang University

**Dept of Mechanical ICT fusion Engineering, Sun-Moon University

요 약

본 논문에서는 키넥트와 압력센서를 이용하여 수면자의 수면자세를 인식할 수 있는 수면자세 모니터링 시스템을 제안하였다. 기존 수면 모니터링 시스템은 장시간 착용해야 하는 불편함과 구속감으로 인해 수면의 질을 저하시킬 우려가 있다. 이러한 점을 해소하기 위해 압력센서와 키넥트 카메라를 이용하여 무구속 저비용의 효율적인 시스템을 구현하였고, 수면 매트형식으로 제작하여 그 유효성을 평가하였다. 본 연구에서 제안한 수면자세 모니터링 시스템은 실시간으로 수면자세를 감지하고 사용자의 수면시간 및 상태를 파악하여 건강한 수면습관을 들이는 방법을 권고할 수 있다. 향후에는 수집된 데이터를 이용하여 웰니스 및 헬스케어 모바일 응용 서비스로의 활용이 가능할 것이다.

1. 서론

인간의 여러 가지 활동을 인지하는 연구는 컴퓨터 비전 및 패턴인식 분야 등 여러 분야에서 다양한 방법으로 이루어지고 있다. 행동인식은 사용자의 행동을 추정하여 정보를 전달하거나 요청하며, 행동 예측을 위해 다양한 센서를 사용한다.[1] 특히 웰니스에 대한 관심이 증가하면서 수면 및 앉은 자세와 같은 일상생활의 반복적인 행동을 인지하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

하루에 1/3이상을 차지하는 수면 시간은 피로를 푸는 역할 뿐만 아니라 하루 동안 인체를 지탱하고 있던 척추뼈와 디스크, 근육과 인대가 휴식을 취할 수 있는 유일한 시간이기도 하다.[2] 잘못된 수면 자세는 척추질환, 근육통, 수면 무호흡증 등을 야기하는 주된 원인이 되므로 평소 올바른 수면습관을 가지는 것이 중요하다. 이에 따라 수면 자세 분석에 대한 연구가 증가하고 있는 실정이다.

수면 모니터링에 관한 선행 연구에서는 수면 정보를 얻기 위해 맥박 측정을 위한 밴드, 가속도 센서, 호흡 측정 벨트 등을 사용하였다.[3-5] 이러한 센서는 수면 시간동안 사용자의 행동을 구속, 제한할 수 있으며 이는 곧 정상적인 수면에 방해가 되어 정확한 수면 자세를 측정할 수 없게 된다. 이에 따라 최근 연구에서는 압력센서 및 카메라와 같이 무 구속적인 센서를 이용한 수면 분석 연구가 이루어졌다.[6-8] 압력센서를 이용한 수면 연구의 경우 침대 매트에 센서층을 달아 수면자세를 측정하는데 이때, 센서

의 수는 많은 양을 요구하며[6], 매트 위에 수면자가 아닌 다른 사물에 의해 수면자로 오감지하는 경우가 있다. 한편 카메라를 이용한 연구의 경우, 수면 자세를 촬영할 때 카메라 특성 상 많은 잡음이 발생 할뿐만 아니라 조명 문제로 인해 빛이 없는 어두운 환경에서는 자세 측정에 어려움이 있으며, 자세를 측정하기 위해 수면 시 이불을 덮을 수 없다는 한계점이 있다. [7, 8]

따라서 본 연구에서는 카메라와 압력센서를 병합하여 다양한 환경에서 무자각, 무구속적 수면 자세 측정이 가능한 수면 자세 모니터링 시스템을 구축하고자 한다.

2. 방법

2.1 시스템 구성

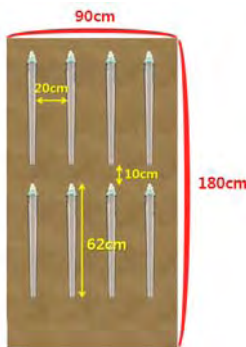
수면 중에 취하는 자세 인식을 위해서 그림 1과 같이 자세 감지 시스템 환경을 구성하였다. 수면 중 인체의 관절 위치 정보와 침대에 닿는 접촉압력 정보를 함께 측정하기 위해 키넥트 카메라와 압력센서가 부착된 매트를 자세 분석에 활용하였다.

키넥트 카메라는 침대의 중심을 기준으로 높이 1.8m에 설치하였으며, 매트는 침대 상단의 위치로부터 15cm 아래에, 하단의 위치로부터 5cm 위에 위치시켰다.



<그림 1> 수면 자세 인식을 위한 전체 시스템 구성도

일상생활 중 인체와 장시간 직접적인 접촉이 이루어지는 침대에 압력센서를 부착한 매트 매트리스를 깔고 이를 중심으로 수면 자세를 판단하였다. 수면 대상자와 침대 매트리스와의 접촉압력을 측정하기 위하여 상용압력센서를 부착한 침대매트를 제작하여 사용하였다. 압력 센서에서는 외부에서 가해지는 압력이나 변위 등에 의해 대응하는 전압이 출력된다. 본 연구에서는 일반적으로 사용되고 있는 FSR 시리즈 중 긴 압력센서 타입인 FSR-408 센서를 사용하였다.



<그림 2> 침대 매트리스 압력 센서 구조

침대 매트 매트리스의 센서 배치는 그림 2와 같다. 매트 매트리스의 크기는 90x180(cm)이며, 접촉압력측정은 크게 상체부와 하체부로 나누고, 이를 다시 4부위(side_right, side_left, center_right, center_left)로 나누어 총 8부위의 접촉 압력을 측정하였다. 8개의 압력 센서는 세로로 배치하였고, 센서의 사이 간격은 20cm, 상체부와 하체부의 사이 간격은 10cm로 설정하였다. 이는 실험에 참여하는 피험자의 평균 신장과 매트 매트리스에 닿는 인체의 접촉면적을 고려한 것으로, 상체 부에는 주로 어깨와 팔, 하체 부에는 주로 엉덩이와 다리의 압력이 측정될 수 있도록 배치하였다.

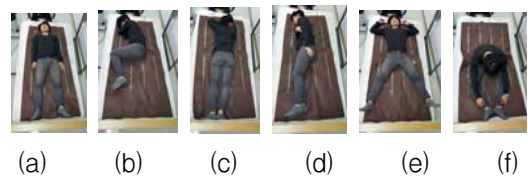
키넥트 기기는 RGB, 적외선, 깊이센서가 내장되어 있으며 OpenNI를 활용하여 인체의 관절을 인식할 수 있다. 또한 인식된 각 관절의 3차원 좌표 정보를 획득할 수 있으며 적외선 카메라로 인해 빛이 없는 환경에서도 관절 추적이 가능하다.

본 연구에서 압력 센서가 부착된 매트 매트리스를 사용자가 침대에 누웠는지, 침대 범위에서 벗어났는지 여부를 판단하며 수면 중 수면 자세 패턴 별로 어떠한 압력 데이터를 나타

내는 지를 모니터링하기 위해 사용되었다. 키넥트 센서는 사용자가 침대에 누운 순간부터 침대를 벗어나기 전까지의 관절 좌표 변화 데이터를 저장하여, 사용자의 수면 자세 변화를 인지하기 위해 사용되었다.

2.2 데이터 획득 및 처리

본 연구에서 제안한 방법을 검증하기 위하여, 20대 성인 남녀 7명을 대상으로 6가지 수면 자세를 취하였다. 분석하고자 하는 수면 자세 패턴 정보는 영국의 SAAS(Sleep Assessment and Advisory Service)에서 조사한 6가지의 대표적 유형 중 Soldier, Foetus, Freefaller, Starfish, Log와 Sit로 구성하였다. 아래는 피험자1이 취한 각 수면 자세를 촬영한 영상이다.



<그림 3> 피험자 1의 실험 영상

실험에서는 침대에 바로 누운 정자세를 기준 자세로 두고 이로부터 (a)정 자세, (b)태아형 자세, (c)뒤돌기, (d)통나무 자세, (e)불가사리형 자세, (f)일어나기의 총 6가지 유형의 자세로 변화하는 동안의 압력 및 영상 데이터를 측정하였다. 압력 데이터는 본 연구에서 제작한 매트 매트리스에 배치된 8가지 부위의 값을 측정하였으며, 영상 데이터는 키넥트 디바이스로부터 얻을 수 있는 여러 관절 중에서 양쪽 손과 양쪽 무릎의 x좌표, y좌표 데이터를 측정하였다. 침대 매트 매트리스에 배치된 압력 센서와 키넥트의 관절 위치 데이터는 실시간으로 동시에 측정하였고 측정 시간은 각 자세 당 30초, 샘플링 레이트는 30Hz로 설정하였다. 이로써 피험자가 취하는 각 수면 자세마다 압력 값, 양 손과 무릎의 좌표 값이 어떤 패턴으로 변하는지를 동시에 확인할 수 있다. 두 종류의 센서로부터 얻은 7명의 데이터는 뉴질랜드 와이카토 대학교(University of Waikato)가 개발한 데이터마이닝의 대표적인 SW 툴인 Weka 3.6버전을 사용하여 각 수면 자세 패턴을 분류하였다. 입력에 사용한 특징 데이터는 8개 압력 센서의 값과, 양쪽 손과 무릎의 x, y좌표로 총 16개이며, 이를 Weka 입력 형식을 따르는 데이터 파일인 Arff로 변환하였다. 키넥트와 압력 센서로부터 측정된 데이터를 기반으로 유클리드 거리를 이용하여 유사도를 측정하는 KNN(K-Nearest Neighbor) 분류기를 적용하여 수면 자세 패턴을 분류하였다.

3. 결과

키넥트와 침대 매트 매트리스로부터 수면 자세를 동시에 측정하여 얻은 데이터를 K-Nearest Neighbor(KNN) 분류기로 패턴 분류한 결과 표 1과 같이 정확도가 99.87%로 나타났다.

<표 1> KNN을 적용한 수면자세 분류 결과

Class	TP Rate	FP Rate	Precision	F-Measure
Soldier	1	0	0.999	1
Foetus	0.999	0	0.999	0.999
Freefaller	0.998	0	0.998	0.998
Starfish	0.999	0	0.998	0.999
Log	0.997	0	0.999	0.998
Sit	0.999	0	0.999	0.999

한편, 키넥트의 관절 좌표 정보로만 수면 자세 패턴을 분류한 결과 정확도가 26.35%, 8개 압력 센서의 데이터로만 패턴 분류한 결과 43.24%로 나타났다.

이를 통해 키넥트와 매트르를 함께 측정된 데이터의 패턴 인식 정확도가 두 센서 값을 각각 적용한 경우보다 73.52%, 56.63% 더 높게 나타나는 것을 확인하였다.

4. 결론 및 고찰

본 논문에서는 수면 중 침대에 설치한 키넥트와 압력 센서로부터 얻은 데이터로 수면 자세를 인식하는 방법을 제안하였다. 둘의 정보를 동시에 측정하여 수면 자세를 인식한 결과 정확성이 99.87%로 높은 인식률을 보였으며, 이를 통해 수면 자세 인식이 가능함을 확인하였다. 사용자는 수면 중 무 구속적으로 수면 데이터를 측정하여, 자신도 모르던 수면 습관을 장기적으로 체크하고 기록하여 수면 습관을 체계적으로 분석한다면 수면장애를 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

추후에는 누운 자세의 모양과 매트에 닿는 신체 부위의 압력뿐만 아니라 호흡과 맥박 신호를 함께 측정할 수 있는 연구를 진행하여 다양한 수면 데이터를 모니터링하는 어플리케이션을 구현하고자 한다. 또한 수면 매트에 대한 개발 시, 매트에 부착하는 센서의 종류를 다양화하고, 사용자의 신체조건 및 생활환경을 고려한 실제적인 연구가 수반되어야 할 것으로 사료된다. 나아가 수면의 질을 판단하고, 욕창, 낙상, 수면무호흡증 등의 수면 중 발생 가능한 사고를 예방하기 위해 사전에 위험 신호를 감지하고 평소에도 올바른 수면습관을 들일 수 있도록 돕는 연구를 수행하고자 한다.

Acknowledgements

이 논문은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014H1C1A1066998).

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2015-H8601-15-1009).

참고문헌

- [1] Abowd, Gregory D., and Elizabeth D. Mynatt. "Charting past, present, and future research in ubiquitous computing." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 7.1 (2000): 29-58.
- [2] Parsons, Henry Mcilvaine. "The bedroom." *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 14.5 (1972): 421-450.
- [3] Kim, Hyun Jun. "Portable Sleep Monitoring Devices in Korea." *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery* 56.2 (2013): 68-73.
- [4] Kroll, Mark W., Chris Sorensen, and Gene A. Bornzin. "Detection of patient's position and activity status using 3D accelerometer-based position sensor." U.S. Patent No. 6,658,292. 2 Dec. 2003.
- [5] Lim, Yong Gyu, Ko Keun Kim, and Kwang Suk Park. "ECG recording on a bed during sleep without direct skin-contact." *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 54.4 (2007): 718-725.
- [6] Hsia, C. C., et al. "Analysis and comparison of sleeping posture classification methods using pressure sensitive bed system." *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 2009.*
- [7] Nakajima, Kazuki, Yoshiaki Matsumoto, and Toshiyo Tamura. "A monitor for posture changes and respiration in bed using real time image sequence analysis." *Engineering in Medicine and Biology Society, 2000. Proceedings of the 22nd Annual International Conference of the IEEE. Vol. 1. IEEE, 2000.*
- [8] Lee, Jaehoon, Min Hong, and Sungyong Ryu. "Sleep monitoring system using kinect sensor." *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2015 (2015).