

SleepNow: 스마트폰 센서 데이터를 활용한 수면 직전 스마트폰 사용 중재 서비스 개발*

유종석^o 박상근
경희대학교 소프트웨어융합대학 소프트웨어융합학과
dbwhdtjr0457@khu.ac.kr, sk.park@khu.ac.kr

SleepNow: Pre-sleep Smartphone Usage Intervention Service Using Smartphone Sensor Data

Jongseok Yoo^o Sangkeun Park
Department of Software Convergence, Kyung Hee University

요약

많은 현대인이 잠에 들기 전 스마트폰을 사용하지만, 이는 다양한 부작용을 유발한다. 대부분의 기존 연구는 스마트폰을 과하게 사용하는 행위에 대해 개입하는 분야를 다루었는데, 이는 수면 직전이라는 상황을 특정하여 개입하지 못한다는 한계가 존재한다. 본 논문에서는 스마트폰 센서 데이터를 기반으로 수면 직전 상황임을 자동으로 탐지하는 모델을 개발했다. 이를 활용해, 수면 직전 스마트폰 사용 시 알림을 발송해 스마트폰 과다 사용을 중재할 수 있는 모바일 애플리케이션을 개발하고, 사용자 스테디를 통해 분류 정확도 분석 및 사용자 행동 변화 효과를 확인하였다.

1. 서론

2021년, 필립스에서 수행한 글로벌 수면 설문에 따르면, 잠자기 전에 마지막으로 하는 행동 중 약 절반이 스마트폰을 사용하는 것이라고 한다[1]. 스마트폰 사용에는 미리 정해진 시작, 종료 시간이 없기 때문에, 자기 전에 스마트폰을 하게 되면 수면 시간이 점점 늦어지게 된다[2, 3]. 수면 직전 2시간 이상 스마트폰을 사용할 경우, 수면 시간과 수면 효율성을 유의미하게 감소시켜 결국 일상생활 활동을 방해하고[4], 심할 경우 비만, 당뇨병, 수면 장애, 정신 질환, 심혈관 질환 및 암의 발병률 증가의 원인이 된다[2, 4, 5].

불필요한 스마트폰 과다 사용을 제한하기 위해, 사용자가 미리 기록해 둔 사용 시간을 넘어서면 스마트폰을 사용할 때 알림을 보내어 사용을 중단하도록 권장하거나[6] 접근을 차단[7]하는 등 다양한 방법으로 스마트폰 과다 사용을 중재하는 연구가 수행되었다. 하지만 기존의 연구들은 전반적인 스마트폰 과다 사용에 대한 개입을 다루고 있기에, 수면 직전의 상황을 특정하여 과다 사용을 중재할 수 없다는 한계가 존재한다.

본 연구에서는 사용자의 스마트폰 센서 데이터를 실시간으로 수집하고 분석하여 사용자의 일상생활 상황과

수면 직전 상황을 구분하는 모델을 구현했다. 이를 기반으로 수면 직전 자세 및 상황 여부를 실시간으로 판단하고, 수면 직전에 스마트폰을 사용하면 사용자에게 알림을 보낼 수 있는 'SleepNow' 모바일 애플리케이션을 개발하고, 사용자 스테디를 진행하여 애플리케이션의 성능 및 연구의 효과를 검증하였다.

2. 관련 연구

무분별한 스마트폰 사용을 막기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 사용자가 스스로 스마트폰 사용 시간 계획을 세우고, 계획보다 많이 사용하면 스마트폰 사용을 중재하는 연구[6, 7], 사용자가 사용하지 않겠다고 지정한 앱을 실행할 때 간단한 미션을 수행해야 앱을 사용할 수 있도록 연구[8, 9] 등이 수행되었다. 또한, 혼자가 아니라 다른 사람과 함께 협업하여 스마트폰 사용을 줄이도록 디자인한 연구도 있었다[10].

스마트폰 센서를 활용한 수면 자세 감지에 대한 연구도 다양하게 진행되고 있다. 스마트폰의 3축 가속 센서 및 마이크, 조도 센서, 스마트폰 화면 켜짐 여부 등을 활용해 사람의 수면 직전 스마트폰 사용 자세를 판단한 연구[11, 12]가 있었다. 또한, 목에 가속 센서를 부착하여 수집한 데이터를 기반으로 다양한 분류 모델을 활용하여 사용자의 수면 자세를 판단하고 모니터링하는 시스템에 대한 연구[13]도 진행되었다.

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 2024년도 SW중심대학사업의 결과로 수행되었음 (2023-0-00042)

본 연구는 기존의 스마트폰 사용 중재 방법들과는 다르게, 사용자가 수면 직전에 스마트폰을 사용하는 상황을 직접 감지하고 이를 통제하는 새로운 접근을 제시한다. 본 연구는 수면 직전 스마트폰 사용 자체를 감지하여 사용자에게 스마트폰 사용을 자제하도록 유도한다. 이를 위해 조도, 가속도, 자이로 등의 센서 데이터를 활용하여 사용자의 수면 준비 상태를 판단하고, 이 정보를 기반으로 사용자에게 적절한 알림을 보냄으로써 자각심을 높이고 스마트폰 사용을 중지하도록 유도하는 서비스를 개발했다.

3. 센서 데이터기반 수면 직전 탐지 및 알람 서비스 개발

본 연구에서는 React Native 프레임워크를 활용하여 사용자의 행동 데이터를 수집하고, 이를 기반으로 수면 직전 여부를 판단 및 알림을 보낼 수 있는 모바일 애플리케이션, 'SleepNow'를 개발했다. 해당 모바일 애플리케이션은 수면 직전 상황 예측을 위한 모델 학습 모드와 2) 수면 직전 상황 예측 및 알람 모드의 두 가지 모드를 제공한다.

3.1 수면 직전 상황 예측을 위한 모델 학습 모드

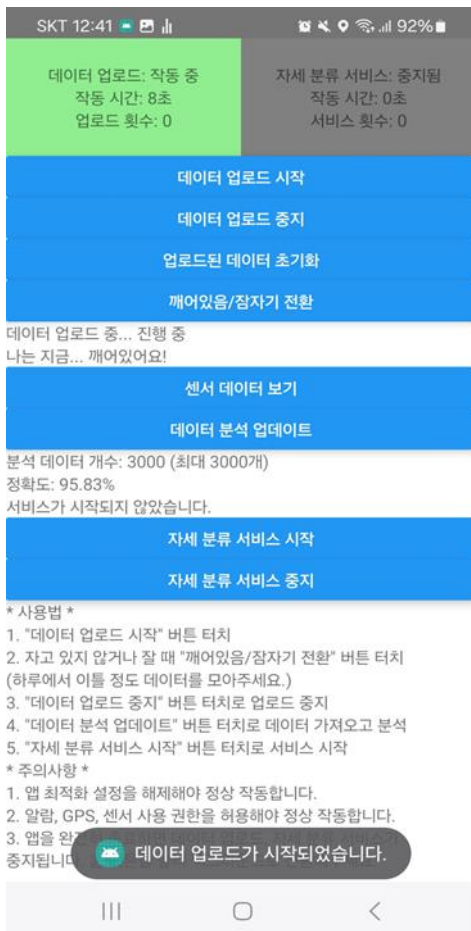


그림 1. 모델 학습 모드

사용자가 현재 자려고 누운 수면 직전 상황인지 아닌지 예측하기 위해 다양한 모바일 센싱 데이터를 활용한다. 사용자가 수면 직전 상황 예측을 위한 모델 학습 모드를 켜면 [그림 1], 1초에 한 번씩 가속도 센서, 자이로 센서, 자기장 센서, 조도 센서, GPS 값이 수집된다. 10번째 센서 데이터가 수집될 때마다 10초 동안 수집된 각 센서 데이터의 평균값이 Google의 Firestore DB에 저장된다. 이 때, 센서 데이터뿐 아니라 사용자가 학습 모드에서 별도로 지정한 사용자의 활동 상태(자려고 누운 상황 True 또는 False)도 함께 저장했다. 사용자가 “자려고 누운 상황”임을 ON으로 설정하더라도 스마트폰 사용을 멈추면 (조도값이 0이 되고, 가속도 센서에 변화가 없으면) 자동으로 해당 상황은 자려고 누운 상황이 False로 저장된다.

24시간마다 가장 최근에 수집된 3,000개의 센서 데이터 및 사용자의 레이블링(자려고 누운 상황 True 또는 False)을 기반으로 모델 학습이 수행된다. 센서 데이터 중 80%는 훈련 데이터로, 나머지 20%는 테스트 데이터로 구분하고 nodejs-decision-tree 라이브러리의 결정 트리 모델을 활용해서 센서 데이터 기반 자려고 누운 상황인지 아닌지를 예측하는 모델을 생성한다.

3.2 수면 직전 상황 예측 및 알람 모드



그림 2. 푸시 알림 발송

사용자가 자려고 누운 수면 직전 상황을 예측할 수 있는 모델이 생성되면, 사용자는 수면 직전 상황에 스마트폰 사용 중재 알림을 받는 알람 모드를 활성화할 수 있다. 알람 모드가 활성화되면, SleepNow는 1초에 한 번씩 사용자 데이터를 기반으로 사용자의 상태를 판단한다. 60초 동안 동일한 예측(자려고 누운 상황 True 또는 False)이 누적되면, 해당 상태를 사용자의 현재 상태로 판단한다. 사용자가 자려고 누운 수면 직전 상황으로 판단되면 사용자에게 스마트폰을 그만 사용하고 이제 수면에 들 시간이라는 알림을 발송한다 [그림 2]. 한 번 알림을 전송하고 나면, 다시 1초에 한 번씩 사용자의 상황 예측을 반복한다. 단, 알람 모드는 기기 과부하 문제 해결을 위해 일반적으로 수면에 드는 시간인 22시부터 04시 사이에만 서비스를 활성화할 수 있도록 구현했다.

4. 사용자 스터디

SleepNow의 사용성 평가를 위해, 20대 대학생 및 30, 40대 직장인 8명(남자 6명, 여자 2명)을 대상으로 사용자 스터디를 진행했다. 각 참여자의 스마트폰에 SleepNow를 설치한 후, 4일 동안 사용하도록 했다. 모든 사용자는 처음 하루동안 수면 직전 상황 예측을 위한 모델 학습 모드를 활성화하여 센서 데이터 수집했다. 추가로, 사용자는 자려고 누웠을 때, SleepNow 모바일 애플리케이션에서 자려고 누운 상황임을 ON으로 설정했다.

실험 종료 후, 사용자의 스마트폰에 수집된 최근 3,000개의 센서 데이터 및 사용자의 활동 상태 레이블링 데이터를 활용해 정확도를 평가했다. 모든 사용자의 데이터 중, F1-score 기준 최솟값 0.8651, 최댓값 0.9775, 그리고 평균 0.9538의 높은 정확도를 확인할 수 있었다. 수면 직전 상황 예측 모델에 대한 사용자의 평가도 긍정적이었다. 모든 참여자가 자려고 누운 상황에서 스마트폰을 사용하면 제때 알림이 도착하였다고 답하였다. 전체적으로 높은 정확도에도 불구하고, 예측이 틀린 경우도 소수 존재했다. 한 참여자는 모델 학습모드에서 취하지 않았던 다른 자세로 침대에 누워 스마트폰을 사용하였을 때, 10분가량 알림이 출력되지 않은 경우가 있었다. 일상생활에서 스마트폰을 사용하는 경우에도 대부분의 참여자가 알림이 출력되지 않았다고 답하였으나, 수면 직전 자세와 유사한 환경에서는 스마트폰을 사용할 때 알림이 한 번 출력되었다고 두 명의 참여자가 보고하였다.

수면 직전 상황을 예측하고 사용자에게 알람을 보내는 것이 사용자 스스로 스마트폰 과다 사용에 대한 경각심을 갖게 하는 등의 긍정적인 행동 변화를 유도할 수 있다는 사실도 확인했다. 알림이 출력된 이후의 행동에 대해, 모든 참여자가 스마트폰을 이전보다 일찍 끄고 잠자리에 들었다고 동의하였다. 대표적인 응답으로는 “스마트폰으로 무언가를 하려고 하는 순간 바로 알림이 떠서 결국 바로 스마트폰을 끄고 자려고 노력하였다”, “바로 끄고 자지는 않았지만, 알림이 지속해서 노출될 때마다 찢려 결국 5개 이상 알림이 오기 전에 스마트폰을 끄고 잤다”는 응답이 있었다. 또한, “평소에는 자기 전 스마트폰을 얼마나 오래 사용했는지 모르고 사용했는데 알림이 뜨니 오래 사용했다는 생각이 들었다”는 의견도 있었다.

5. 결론

사용자의 수면 직전 스마트폰 사용 현황 및 부작용이 증가하는 가운데, 수면 직전의 상황을 직접 인식하고 개입하는 연구나 서비스는 많지 않았다. 본 연구에서는 사용자의 스마트폰 센서 데이터를 활용하여 현재 상황을 판단하고, 알람을 보내는 서비스를 제공함으로써 사용자의 수면 직전 스마트폰 사용 행동에 대한 경각심을 부여하고 변화를 유도할 수 있었다. 향후 연구에서는 사용자가 다양한 센서 데이터를 학습시킬 수 있도록 유도하는 방법에 대해 연구할 예정이다. 이를 통해 알람 서비스 오작동에 대한 확률을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Philips. “2021 Global Sleep Survey” 2021.
- [2] Exelmans and Bulck. “Bedtime mobile phone use and sleep in adults” *Social Science & Medicine*. 148. 93–101. 2016.
- [3] Paik et al. “Prolonged Bedtime Smartphone Use is Associated With Altered Resting-State Functional Connectivity of the Insula in Adult Smartphone Users” *Frontiers in Psychiatry*. 10. 2019
- [4] Krishnan et al. “Quality of Sleep Among Bedtime Smartphone Users” *International Journal of Preventive Medicine*. 11(1). 114. 2020.
- [5] Lemola et al. “Adolescents’ Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age” *J Youth Adolescence* 44. 405–418. 2015
- [6] Hiniker et al. “MyTime: designing and evaluating an intervention for smartphone non-use.” *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems*. 2016.
- [7] Kim et al. “Goalkeeper: Exploring interaction lockout mechanisms for regulating smartphone use.” *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*. 3(1). 1–29. 2019.
- [8] Kim et al. “LocknType: Lockout task intervention for discouraging smartphone app use.” *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*. 1–12. 2019.
- [9] Xu et al. “TypeOut: leveraging just-in-time self-affirmation for smartphone overuse reduction.” *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–17. 2022.
- [10] Ko et al. “Lock n'LoL: group-based limiting assistance app to mitigate smartphone distractions in group activities.” *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2016.
- [11] Ferrer-Lluis et al. “Analysis of smartphone triaxial accelerometry for monitoring sleep-disordered breathing and sleep position at home.” *IEEE access* 8. 71231–71244. 2020.
- [12] Min et al. “Toss'n'turn: smartphone as sleep and sleep quality detector.” *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. 2014.
- [13] Abdulsadig and Rodriguez-Villegas. “Sleep posture monitoring using a single neck-situated accelerometer: A proof-of-concept.” *IEEE Access* 11. 17693–17706. 2023.