

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.5.663

JCCT 2022-9-82

수면위생 실행을 위한 수면 측정 데이터 활용 방안 연구

Study on Utilization of Sleep Measurement Data for Practice of Sleep Hygiene

이희영*, 박도성**, 이재이***, 정원형****, 김정이*****

Hee-Young Lee*, Do-Sung Park**, Jei Lee***,
Won-Hyeong Jung****, Jung-Yi Kim*****

요약 수면장애 경험자의 수가 지속적으로 증가하면서 수면의 질 개선에 대한 사용자의 니즈가 증가하고, 이를 바탕으로 슬립테크 시장이 꾸준한 성장세를 보인다. 본 연구에서는 수면위생 기반 맞춤형 서비스의 필요성을 바탕으로 현대인의 수면장애 극복에 도움될 시스템 관련 연구 및 기술 고찰 후 애플리케이션을 설계하여 제안하고자 한다. 본 시스템은 스마트폰 내장 센서를 통해 수집한 사용자의 수면 데이터를 분석하여 수면 패턴을 계산하고, 협업 필터링을 통해 사용자 개인에게 맞춤형 수면위생 기반 솔루션을 제공하며, IoT 기기의 자동 제어로 수면에 적합한 환경을 제공한다. 이러한 수면 데이터의 활용 방식은 사용자의 수면 습관 개선을 비롯해 슬립테크 시장으로 확장하여 수면 장애로 고통 받는 현대인의 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : 수면, 수면위생, 수면 측정, 수면 데이터, 협업 필터링, IoT

Abstract As the number of people who experience sleep disorders is increasingly growing, users' desire to improve their sleep quality has also increased. Accordingly, the 'Sleeptech' market is showing a steady growth. This study designs and proposes a system after consideration of existing related research that can help modern people overcome sleep disorders, which is based on the necessity for customized sleep hygiene service. This system analyzes user's sleep data collected through smartphone built-in sensors to calculate sleep patterns, provides customized sleep hygiene-based solutions to users through collaborative filtering, and provides an environment suitable for sleep through the automatic control of IoT devices. This method of using sleep data is expected to contribute to the improvement of the quality of life of modern people suffering from sleep disorders, which results from expansion to Sleeptech market as well as improvement of users' sleep habits.

Key words : Sleep, Sleep Hygiene, Sleep Measurement, Sleep Data, Collaborative Filtering, IoT

*준회원, 성결대학교 미디어소프트웨어학과 학사 (제1저자) Received: July 31, 2022 / Revised: August 25, 2022
**준회원, 성결대학교 미디어소프트웨어학과 학사 (참여저자) Accepted: September 8, 2022
준회원, 성결대학교 미디어소프트웨어학과 학사 (참여저자) **Corresponding Author: ecesss@naver.com
****준회원, 성결대학교 미디어소프트웨어학과 학사 (참여저자) Dept. of Media Software, Sungkyul Univ, Korea
*****정회원, 성결대학교 미디어소프트웨어학과 조교수 (교신저자)

접수일: 2022년 7월 31일, 수정완료일: 2022년 8월 25일
게재확정일: 2022년 9월 8일

I. 서론

최근 환자 수가 증가하는 수면장애는 개인 수면의 질 저하를 비롯한 사회적 손실을 초래해 수면의 질 개선에 대한 필요성이 대두된다. 또한 슬립테크(Sleeptech)와 슬리포노믹스(Sleeponomics) 등의 신조어 등장과 함께 전 세계적으로 성장세를 보이는 수면 산업 시장은 2026년에 137조 원 규모에 달하며 일상에서 점차 중요한 비중을 차지할 것으로 보인다[1].

본 연구에서는 수면장애를 겪는 현대인들의 수면의 질을 개선하기 위해 수면위생 등 수면의 질 관련 연구를 분석하여 도출한 결과를 적용한 애플리케이션 시스템을 설계하여 제안한다. 연구의 방법은 선행 연구와 관련 기술 고찰 후 설계하는 방식으로 진행된다.

II. 관련 연구 및 기술 검토

1. 수면장애

인간의 삶 중 30% 이상을 차지하는 수면은 삶에 있어 일상생활의 기본적 역할을 하는 중요한 구성요소이다. 이러한 수면을 제대로 취할 수 없거나 유지하지 못하는 상태를 수면장애라 한다. 수면장애는 기본적으로 신체적, 심리적, 환경적 요인을 원인으로 하며, 이에 따라 신체적·인지적 건강 상태를 포함하는 수면의 질에 유의미한 변화를 초래한다[2].

수면장애 유병률은 갈수록 증가 추세를 보여 그에 대한 개선이 강력하게 요구된다. 국민건강보험공단의 자료에 따르면 한국의 수면장애 진료 인원은 4년 사이 약 50만 명에서 약 65만 명으로 연평균 7.9%의 증가율을 보이는 것으로 나타났다. 이에 따라 수면장애 관련 진료비 또한 2016년 약 600억 원에서 2020년 약 1500억 원으로 25.2%에 달하는 연평균 증가율을 보였다[3].

수면장애는 신체적·인지적 건강 상태와 진료로 인한 경제적 손실을 포함하는 개인적 차원에서의 문제뿐만 아니라 사회 전체에도 악영향을 끼치는 것으로 나타났다. 경기도연구원이 발표한 보고서에 따르면 직장 업무에서의 생산성 저하 등으로 인한 사회적 손실 비용이 약 11조 497억 원에 달하는 것으로 나타났다[4].

2. 수면위생 및 수면 환경 조성

수면의 질은 수면장애 요인의 여러 복합적 작용으로 결정되는데[5], 김동민 등(2021)의 연구에서는 수면 패턴의 변화가 주요 원인임을 밝혀[6] 수면 패턴의 변화가 수면의 질 향상에 중요 요인 중 하나라 할 수 있다.

여러 수면장애 요소로 인해 저하된 수면의 질은 수면 구조 전반에 영향을 끼치며, 고혈압, 당뇨, 비만 등을 발병하거나 심혈관 질환으로 인한 사망에까지 이르게 하여[6] 이에 대한 개선이 강조된다.

수면위생은 수면장애 원인 제거를 비롯해 양호한 수면 상태로의 진입과 유지를 촉진하기 위한 인간의 습관이나 환경적 요인을 강조하는 용어이다. 예를 들어 개인의 수면 일정, 수면 전 활동, 수면에 대한 태도, 낮 동안의 행동 등을 들 수 있다.

부적절한 수면위생은 수면장애의 여러 요인과 상호 작용하여 수면장애를 유발할 수 있으며, 관련 충고만으로도 환자들에게 유용성을 준다고 보고된 바 있다. 이에 따라 불면증 완화를 위해 다른 치료적 접근에 앞서 올바른 수면위생 형성이 권장된다[7]. 또한, 적절한 수면위생 확보를 위한 애플리케이션 등 개인 도구의 활용이 이러한 측면에서 도움 될 것으로 보인다.

한편 수면 환경조성에 관한 연구는 주로 음향과 조명의 변화를 통해 이루어지고 있다. 선행연구[8]에서 ASMR(Autonomous Sensory Meridian Response)은 뇌의 각성을 감소시키고 신체를 이완해 수면을 유도하여 수면의 질과 수면 시간 증대에 도움을 줄 것으로 밝혀졌다. 최근 관련 콘텐츠는 동영상 플랫폼을 통해 소비되고 있는데[8], 청소년 대상 설문 조사에서 전체 응답자 중 68.4%가 한 번 이상 이용해 본 경험이 있다고 답했으며, 이들 중 30.6%가 잠을 자기 위해 ASMR 콘텐츠를 소비한다고 답했다[9]. 또한, ASMR을 이용한 소비자들은 대부분 심리적 안정감을 통해 수면 유도에 긍정적 경험을 했다고 답해[8] 이를 이용한 수면 환경조성은 유의미한 효과를 가져올 것으로 기대된다.

조명과 관련해서는 인간의 생체리듬 조절에 영향을 주는 멜라토닌 호르몬은 빛의 특정 단파장 비율에 따라 민감하게 반응하여 이를 통한 멜라토닌 분비량 조절은 수면의 질 개선을 꾀한다는 연구가 진행되었다. 이때, 사용자가 수면 상태에 진입하는 데에는 단파장 비율을 최소화하는 것이 도움이 된다[10].

3. 슬립테크(Sleeptech)

현대인의 양질의 수면에 대한 욕구가 커짐에 따라 수면 산업이 빠른 성장세를 보인다[11]. 미국, 일본 등 수면 산업의 주요국에서는 1990년대 초부터 수면의 질 개선에 대한 필요성을 높게 평가, 세계 수면 산업 시장이 2026년에 137조 원 규모로 확대될 것으로 예측해 수면 산업의 규모가 거대 시장으로 여겨진다[12]. 우리나라는 2011년 국제 수면 박람회를 기점으로 시장 규모는 2011년 4,800억 원에서 2019년 3조 원까지 성장한 것으로 보고되어[11], 꾸준한 성장세를 보이고 있다.

관련 기술로 ‘슬립테크’란 수면(sleep)과 기술(technology)의 합성어로, 사용자의 수면 관련 데이터 수집 및 분석 등 숙면을 돕기 위해 다양한 제품에 정보통신(IT) 기술과 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 헬스케어 기술 등을 접목하는 제반 기술이다. 이러한 슬립테크는 최근 웨어러블 디바이스 산업 성장으로, 관련 서비스 및 콘텐츠의 니즈가 더해져 더욱 주목받고 있다[13].

4. 수면 측정 방식

전통적 수면 측정 방식에는 수면 중 발생하는 생리학적 변화를 측정하는 PET, SPECT, fMRI와 같은 영상 기법이 사용된다. 하지만, 이러한 영상처리 방식은 전문 영상 촬영 장치 및 높은 비용과 시간이 요구되어 일상생활에서 간단하게 수면 측정을 할 수 있는 도구에 관한 여러 연구가 진행되었다[14]. 사용자의 뇌파, 산소포화도, ECG, 호흡수, 심장박동수를 모니터링하는 기술을 바탕으로 센서를 직접 의복이나 몸에 부착하는 방식에 관한 연구가 초반에 이루어졌으나, 이는 사용자의 수면을 방해할 수 있다는 단점을 가진다. 따라서 최근 연구자들은 센서를 부착하지 않고도 수면을 측정할 수 있는 방식에 관한 연구를 진행하고 있다[15].

그중 가장 활발한 연구가 진행되고 있는 분야는 수면 베개 시스템과 웨어러블 디바이스 등 개인 장치를 이용한 방식이다. 수면 베개 시스템은 주로 사용자의 수면 자세에 도움을 주는 인체공학적 디자인과 함께 여러 내장 센서를 통해 수면 시간 동안의 움직임을 감지, 수면 상태를 파악하는 것을 기능으로 가지며, 수면 호흡 측정을 가장 큰 목적으로 한다[16].

수면 측정 웨어러블 디바이스로 대표되는 스마트 워치는 가속도계와 광혈류 측정(PPG)기술을 통해 데이터를 수집한다[17]. 그러나 이러한 워치 형태의 웨어러블 디바이스

이용률은 2021년 기준 95%에 달하는 스마트폰의 높은 보급률에 비해 현저히 낮은 19%에 불과하다[18]. 또한 센서-신체 간 거리가 가까워 보다 정확한 사용자 수면 데이터를 얻을 수 있지만, 수면 측정을 위해 디바이스를 착용한 채 잠을 자야 하고 배터리 방전 가능성이 있다는 점에서 불편함이 있을 수 있다.

이러한 불편함을 보완할 수 있는 수면 측정 방식으로는 내부의 자이로스코프 센서와 조도 감지 센서 등 센싱 기술을 이용한 스마트폰을 사용할 수 있다[19]. 이는 보급률과 함께 애플리케이션만 설치하면 사용할 수 있다는 점으로 인해 일상생활에서 수면 개선을 위한 도움 장치로 범용적 사용에 훨씬 편리할 수 있다.

5. 추천시스템

추천시스템은 개인화된 추천을 통해 사용자 경험을 향상시킬 수 있다. 그중 정보 필터링 기법은 다시 콘텐츠 기반 필터링과 협업 필터링으로 나뉜다. 콘텐츠 기반 필터링은 정보검색 기술을 바탕으로 추천 콘텐츠를 직접 분석하여 아이템과 사용자 선호도 혹은 아이템 간의 유사성을 분석, 사용자에게 다른 아이템을 추천한다. 협업 필터링은 ‘특정 아이템의 선호도가 유사한 고객은 다른 아이템에 대해서도 비슷한 선호도를 보일 것’이라는 기본 가정을 바탕으로 사용자 혹은 아이템 간 유사도를 기반으로 선호도를 예측하는 기법으로, 현재 고안된 추천시스템 중 가장 우수한 성능을 나타낸다.

콘텐츠 기반 필터링은 개인과 아이템 정보만으로 선호도를 예측하지만, 협업 필터링은 사용자가 아이템을 평가한 데이터를 활용해 선호도를 예측한다는 차이가 있으며, 비슷한 취향을 가진 사용자들에게 그들의 공통적인 선호 아이템을 추천하여 추천 아이템의 다양성이 보장된다는 강점을 지닌다[20].

이러한 협업 필터링은 맞춤형 솔루션 제공 기능 구현에 효율적이며, 2006년 넷플릭스가 협업 필터링을 활용한 사례가 대표된다. 넷플릭스는 임의로 선정된 100만 개의 영화 평점 데이터를 제공하였으며, 참여 연구자들은 협업 필터링을 기반으로 기계학습 및 데이터마이닝 기법을 적용하여 시네매치의 성능을 기존 추천시스템 대비 10% 이상 향상시켰다. 이를 통해, 개인의 취향 예측에 대한 정확도를 향상할 수 있었으며, 서비스 이용자 만족도 향상이라는 결과로 이어져 협업 필터링의 성공적인 사례로 자리 잡게 되었다[21].

III. 주요 기능

1. 사용자 수면 상태 측정

본 연구에서는 웨어러블 기기의 낮은 보급률, 불편한 착용감, 일반 사용자의 일상 생활에서의 활용도를 고려하여 개인 디바이스를 통한 측정 방식을 활용한다.

스마트폰을 이용한 수면 측정 방식은 Android API 29 이상의 조건만 충족되면 관련 알고리즘을 이용하여 디바이스 내부의 센서를 통한 센싱 기술만으로도 수면 데이터를 수집할 수 있다. 이와 같은 이유로 현재 앱스토어 마켓에 유통되고 있는 수면 관련 애플리케이션에서는 대부분 스마트폰 자체 센서를 통한 수면 데이터 수집 방식을 이용한다. 주로 사용되는 수면 측정 기술은 S사의 Health API와 Google Sleep API를 들 수 있다. 그중 전자는 기기의 사용이 S사와 웨어러블 디바이스로 제한되므로 스마트폰 내부 센서의 센싱 기술만으로도 수면 데이터를 수집할 수 있는 Google Sleep API 기술을 활용한 안드로이드 애플리케이션을 제작한다.

데이터의 수집 과정은 먼저 수면 측정에 앞서 구글 플레이 서비스를 통해 사용자로부터 활동 감지 권한을 허용받는다. 이후 인공지능 모델로 기기의 센서 정보를 수집하는데, Sleep API의 SleepClassifyEvent 클래스를 활용해 필요한 수면 정보를 추출한다. 이를 통해 사용자가 잠들고 일어났을 가능성을 나타내는 값인 confidence(수면 신뢰도), Light(주변 밝기), Motion(기기 움직임)으로 보여준다. 시스템은 여기에 사용자 입력 데이터를 결합해 수면 패턴에 대한 정보를 최종적으로 결정한다. 이러한 동작 과정은 시스템이 취침 모드로 전환되면 이루어지며, 취침하는 동안 배터리 수명에 효율적인 수면 상태 감지 방법을 사용해 긴 시간 이용에도 기기의 배터리가 방전되는 것을 방지한다[22].

2. IoT 기기 자동화를 통한 수면 환경조성

수면위생의 주요 원칙 중 수면의 질 향상을 위한 최적의 수면 환경조성을 위해[7]. 앞에서 수집된 사용자의 수면 데이터를 분석하여 스마트 음향과 조명으로 구성된 IoT를 자동제어해 수면 환경 개선에 도움을 준다.

먼저 스마트 음향에는 선행연구[8]를 바탕으로 ASMR (Autonomous Sensory Meridian Response)이 활용된다. 애플리케이션 서비스를 이용한 스피커 모듈의 제어에는 아두이노 단일보드 컨트롤러를 이용하며, 서버와의

통신에는 와이파이 모듈을 활용한다.

개인의 수면 패턴이 반영된 시간에 수면에 도움이 되는 음향은 음악, ASMR 콘텐츠, 특정 미디어의 소리 등 사용자가 직접 재생될 음향을 선택할 수 있으며, 시스템의 추천 음향을 듣고, 테스트 후 피드백하여 적절한 음향을 찾아 나갈 수 있다.

스마트 조명은 선행 연구[10]를 바탕으로 네오 픽셀 제어기를 통해 빛의 조도와 색온도를 제어, 단파장 비율을 자연스럽게 최소화해간다. 음향과 마찬가지로 수면 패턴에 맞추어 빛의 조도 및 온도를 조절한다. 가령 사용자의 취침 시간이 임박할수록 빛의 조도가 점점 낮아져 취침 환경이 어두워지고, 빛 온도는 낮아져 수면에 적합한 붉은 색으로 변화되는 것이 여기에 속한다.

3. 사용자 맞춤형 수면위생 솔루션 제공 알고리즘

본 연구에서는 선행연구[20]를 바탕으로 협업 필터링을 활용하여 사용자 맞춤형 수면위생 솔루션을 제안한다. 사용자는 회원가입 시 사용자가 입력한 평소 선호하는 수면 환경과 평균 수면 시간에 대한 사전 정보와 수면 솔루션에 대한 수면위생 만족도 데이터는 협업 필터링을 통해 사용자 간 유사 유형을 특정하고, 선호 솔루션을 예측해 사용자에게 제공하는 데 활용된다. 아래 [그림 1]은 이러한 솔루션의 추천 과정을 나타낸 것이다. 사용자의 시스템 이용 정보가 누적될수록, 사용자와 비슷한 유형의 사람들을 특정 가능성이 커져서 더욱 다양하고 정확도 높은 솔루션을 받는다.

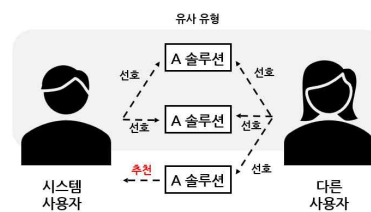


그림 1. 솔루션 시스템에서의 협업 필터링 동작
Figure 1. Collaborative filtering on solution systems

IV. 시스템 설계

1. 수면 솔루션 구조도

수면 솔루션 추천에 활용되는 데이터는 스마트폰을 이용한 수면측정 데이터, 아두이노 기반 IoT 기기의 상태 데이터, 사용자 수면위생 만족도 데이터의 3가지 방식

으로 수집된다. 수면과 IoT의 상태 데이터는 수면 패턴 데이터로 분석되어 저장되고, 이는 IoT 기기의 자동 제어에 사용되거나 수면위생 만족도 데이터와 함께 협업 필터링으로 수면 솔루션 제공에 활용되어 점차 자신에게 맞는 적정 수면 환경을 찾을 수 있다. 아래 [그림 2]는 이를 도식화하여 나타낸 것이다.

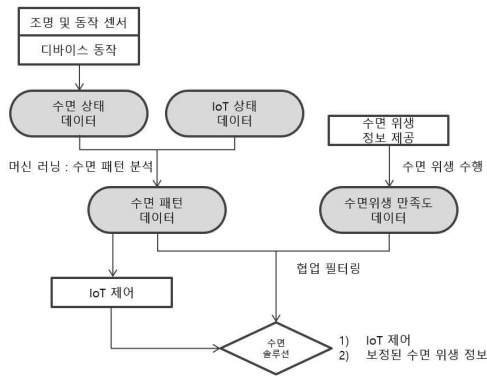


그림 2. 수면 솔루션 구조도
 Figure 2. Schematic diagram of the sleep solution

2. 아키텍처 구성도

본 시스템은 Android Studio와 Unity로 개발된다. Android Studio에서는 Google Sleep API를 통해 스마트폰 기기 내 백그라운드에서 사용자의 수면측정이 이루어지며, Unity에서는 전체적인 UI를 구성하여 수면 데이터 조회 기능 및 인터페이스가 제작된다. Android Google Sleep API에서 측정된 데이터는 Retrofit 2 라이브러리를 통해 JSON 형식으로 바뀌어 Django Restful API 서버로 POST 한다. POST 된 수면 데이터들은 Django의 SQLite에 저장된다. Unity 인페이스에서 수면 데이터를 열람할 때는 GET 메소드로 불러온다. [그림 3]은 아키텍처 구성도를 그림으로 도식화해 나타낸 것이다.

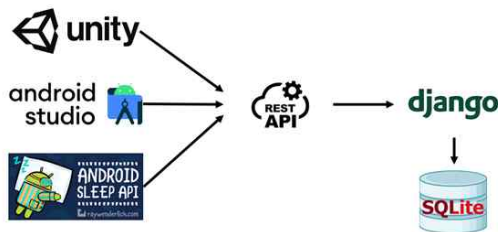


그림 3. 아키텍처 구성도
 Figure 3. Architecture Configuration Diagram

V. 결론

본 연구에서는 수면위생 실행을 위한 여러 수면 데이터 활용 방안으로 협업 필터링을 이용한 사용자 맞춤형 수면 솔루션 시스템을 제안하였으며, 이는 활용 방안을 모색하는 과정에서 발견한 수면위생 기반 맞춤형 서비스의 필요성을 바탕으로 고안되었다. 본 시스템의 이용 과정에서 스마트 기기와 IoT에서 수집된 사용자의 수면 데이터를 재가공 및 활용할 수 있으며, 협업 필터링을 통해 사용자에게 맞춤형 수면 솔루션을 제공할 수 있다.

제안 시스템은 모바일 애플리케이션 형태로 구현되어 사용자의 수면 데이터를 분석·학습하고, 최종적으로는 생활 패턴을 예측하는 방식으로 구동된다. 협업 필터링을 활용한 사용자 맞춤형 알고리즘을 통해 스마트 기기를 제어하여 효과적인 수면위생의 실천을 도와 결과적으로 사용자의 수면 습관 개선이 이루어질 수 있도록 한다. 이는 서비스 사용 시간이 누적됨에 따라 다양하고 정확도 높은 솔루션을 제공한다.

개인의 생활 루틴이 반영된 시스템은 사용자의 수면 패턴에 맞춰 스마트 조명의 조도 및 온도 조절과 스마트 음향 기기를 활용한 수면 유도 음향 자동 재생으로 수면에 적합한 환경을 조성한다. 기상 시마다 이루어지는 만족도 평가는 수면위생을 기반으로 하는 추천 솔루션을 사용자가 직접 실천해보면서 이전의 수면 습관의 적절성을 스스로 판별할 수 있게 한다. 이로 인해 맞춤형 솔루션이 부족했던 기존의 서비스를 보완한다.

본 연구에서는 선행연구의 결과를 바탕으로 수면위생 수행도를 높여 일반 사용자의 수면의 질 향상을 기대할 수 있는 범용의 도구를 제안하였다는 의의가 있으나, 시스템 제안이 문헌 검토만을 바탕으로 이루어졌으므로, 향후 연구에서 시스템의 효과에 대한 검증과 그에 따른 보완이 요구된다.

위 한계점을 보완한다면 제안된 시스템의 수면 데이터 활용 방식은 개인 사용자를 넘어, 보다 많은 사용자의 수면위생 실행에 기여할 수 있을 것이다. 나아가 병원이나 수면 클리닉센터와 같은 관련 의료 업계로의 확장 적용이 가능해 수면장애로 인해 고통받는 현대인의 삶의 질을 향상할 것으로 기대된다.

References

- [1] Kim, D. E., Park, S. J. & Lee, H. J. (2020). "The rising blue ocean in the sleepless modern world, Slipponomics". *Excellence Marketing for Customer*. 54(11), 53-63.
- [2] Kim, J. S. (2003). "A Study on Adult Women's Sleep Disorder and Depression". *Korean Journal of Adult Nursing*. 15(2), 296-304.
- [3] Park, M. S. (2021, September 21). "[SleepTech] Last year, 670,000 people visited the hospital for sleep disorders. 4.5% year-on-year increase". MEDI:GATE NEWS. "https://medigatenews.com/news/1957870618"
- [4] Lee, E. H., Lee, S. H., Lim, Y. H. & Kim, W. (2018). "Investigation and Policy Development for Sleep Industry in Gyeonggi-Do". *GRI* (), 1-115.
- [5] Kim, S. J., Yoo, I. K., Won, C. Y., & Jeong, D. U. (2006). "Characteristics of sleep pattern among Korean college students". *Sleep Medicine and Psychophysiology*. 13(1), 15-21.
- [6] Robillard, R., Dion, K., Pennestri, M. H., Solomonova, E., Lee, E., Saad, M., Murkar, A., Godbout, R., Edwards, J. D., Quilty, L., Daros, A. R., Bhatla, R., & Kendzerska, T. (2021). "Profiles of sleep changes during the COVID-19 pandemic: Demographic, behavioural and psychological factors". *Journal of sleep research*, 30(1), e13231. "https://doi.org/10.1111/jsr.13231"
- [7] Choi, Y. K., Kim, L. S., Kwang, Y. & Shin, D. K. (1997). "A Study on the Practice and Effects of Sleep Hygiene". *Sleep Medicine and Psychophysiology*. 4(2), 156-163.
- [8] Shan, W. L., Kim, M. W. & Kang, J. C. (2022). "A Study on the Correlation between Children's Sleeping Space and Environmental Psychology". *Design Research*. 7(2), 181-192.
- [9] Jeong, G. Y. (2020). "A Study on the Influence of Watching Youtube Sound Content (ASMR) on Youth Learning and Life". *The International Journal of Advanced Culture Technology*. 8(4), 77-81.
- [10] Hwang, J., Kim, Y. S., Kwon, S. Y. & Lim, J. H. (2016). "Smartphone-based Wavelength Control LED Lighting System according to the Sleep-Wake Cycle of Occupants". *Journal of Internet Computing and Services (JICS)*. 17(1), 35-45
- [11] Lee, E. H., Lee, S. H., Lim, Y. H. & Kim, W. (2018). "Investigation and Policy Development for Sleep Industry in Gyeonggi-Do". *GRI* (), 1-115.
- [12] Ha, K. D. (2020, June 8). "[Sleep Tech] The sleep industry for modern people who can't sleep... Global sleep industry market, 137 trillion in 2026". MEDI:GATE NEWS. "https://www.medigatenews.com/news/1075002160"
- [13] Jo, E. A. & Jung, Y. N. (2021, May 10). "IDC Korea predicts 15.15 million wearables in Korea by 2025 and annual growth of 3.5%". IDC. "https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prA47671721"
- [14] Kim, S. K. & Yoo, S. K. (2018). "Multimodal Bio-signal Measurement System for Sleep Analysis". *Journal of Korea Multimedia Societ*. 21(5), 609-616.
- [15] Ahn, D. H., Minh, T. & Park, J. H. (2019). "Sleep Management Pillow System". *The Journal of Korea Institute of Convergence Signal Processing*. 20(4), 212-217.
- [16] Lee, J. C. (2020). "Design of Smart Pillow System for Managing Sleep Apnea". *Journal of the Korea Convergence Society*. 11(1), 33 - 39.
- [17] Sadeh, A., & Acebo, C. (2002). "The role of actigraphy in sleep medicine". *Sleep medicine reviews*. 6(2), 113 - 124. "https://doi.org/10.1053/smrv.2001.0182"
- [18] Gallup. (2021, June 3). "2012-2021 Survey on Smartphone Utilization & Brand, Smartwatch, and Wireless Earphones". Gallup. "https://www.gallup.co.kr/gallupdb/reportContent.asp?seqNo=1217"
- [19] Shin, H. R. (2021, January 6). "What are the principles and reliability of the 'sleep app'?". CWN. "http://www.codingworldnews.com/news/articleView.html?idxno=1943"
- [20] Son, J., Kim, S. B., Kim, H., & Cho, S. (2015, April 15). "Review and Analysis of Recommender Systems". *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*. "https://doi.org/10.7232/jkiie.2015.41.2.185"
- [21] Kim, J. M. (2018). "Study on the Development of Collaborative Filtering Systems and Its Application". *Journal of Social Science*. 29(2), 197-209.
- [22] Google. (n.d.). "Sleep API". Google Developers. "https://developers.google.com/location-context/sleep"