

## 수면 관리를 위한 스마트 침대

박산희\*, 김동진\*, 장준범\*, 조다훈\*, 최성훈\*\*

\*한국산업기술대학교 전자공학과

\*\*한국산업기술대학교 소프트웨어공학과

parksanhee@kpu.ac.kr, kdj95061@kpu.ac.kr, csi9509@kpu.ac.kr, dnfekgns@kpu.ac.kr,  
hoot0512@kpu.ac.kr

## A Smart Bed for Managing Sleep

San-Hee Park\*, Dong-Jin Kim\*, Jun-Beom Jang\*, Da-Hoon Jo\*,  
Seong-Hun Choi\*\*

\*Dept of Electronics Engineering, Korea Polytechnic University

\*\*Dept of Software Engineering, Korea Polytechnic University

### 요약

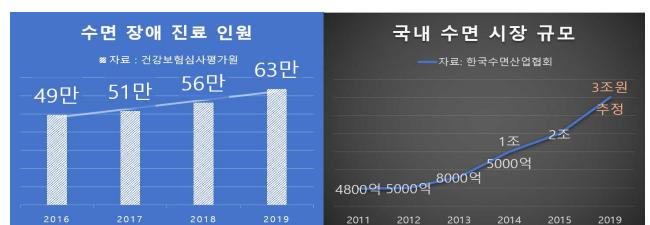
본 논문은 코골이 및 폐쇄성 무호흡 환자들의 수면의 질 향상을 위한 자세 교정 및 건강관리를 제공하는 스마트 침대를 제안한다. 기존 코골이 및 폐쇄성 무호흡 환자들을 위한 베개 및 자세변환 시스템은 코골이를 방지해 주거나, 혹은 폐쇄성 무호흡 환자들을 위한 용도로만 존재해왔다. 이에 본 논문에서는 사용자의 코골이, 폐쇄성 무호흡뿐만 아니라 개별적으로 존재하는 질병을 침대에서 사용자의 수면 상태 정보, 산소포화도, 뒤틀림 정보를 수집하여 개인별 차별화된 자세를 추천 및 교정해 준다. 또한 전용 애플리케이션의 건강 신호등 시스템으로 사용자에게 자신의 건강을 직관적으로 확인 시켜 줄 수 있다. 이를 통해 본 논문은 코골이로 인한 소음, 무호흡증을 완화하고 숙면을 돋는 서비스 개발을 목적으로 한다.

### 1. 서론

‘수면호흡 이상’으로 분류되는 ‘코골이’와 ‘폐쇄성 수면 무호흡증’은 근육 톤의 감소로 인해 상기도가 좁아진 경우에 발생한다. 즉, 코골이는 기도가 완전히 폐쇄되지는 않고 협착된 경우에 발생하며, 협착이 더욱 심해져 기도가 일시적으로 폐쇄가 되면 ‘수면 무호흡’이 일어나게 되므로, 폐쇄성 수면 무호흡증이 있는 환자는 코골이가 100% 발생한다고 할 수 있다.[1] 단순한 코골이의 경우에는 동침자의 수면을 방해하는 것 이외에 다른 신체적, 정신적 증상을 나타내지 않지만 수면 무호흡증이 있는 경우에는 만성적인 산소부족과 관련된 심맥 관계 합병증의 발생 위험이 증가되고, 수면의 질 저하와 수면 부족으로 인한 심한 주간 출음증이 나타나기 때문에 적절한 진단과 치료를 필요로 하는 중요한 의학적 상태로 간주된다.[2]

건강보험심사평가원과 한국 수면산업 협회에서 조사한 (그림 1)에 따르면 해마다 수면 장애를 겪는 사람이 증가하고 있고, 절 높은 수면에 대한 수요가

늘어나면서 수면 산업의 시장 규모가 커지고 있음을 확인할 수 있다. 전통적인 수면 산업은 침대, 이불, 베개, 침구류가 대부분이지만 다양한 기능성 제품들이 많이 출시됨에 따라 본 논문은 사용자의 수면 자세를 교정해 수면호흡이상을 완화하여 숙면을 돋는 침대 제작을 목적으로 한다.



(그림 1) 수면 장애 진료 인원 및 국내 수면 시장 규모

### 2. 관련 연구

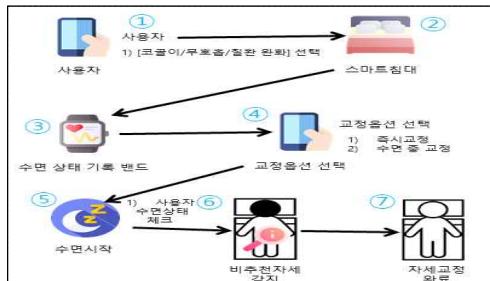
김건 외 코골이 및 수면 무호흡증 방지 베개 개발 연구는 사운드 감지와 모터를 통하여 사용자 베개의 높낮이를 자동으로 조절한다.[3] 이는 사용자가 베개에서 움직이거나 벗어나게 될 경우 그리고 산소포화도의 변화가 생기는 무호흡증을 정확하게 식별하기에는 한계가 있다. 추가로 예수영 외 폐쇄성 수면

무호흡 환자의 자세변환 시스템 연구에서는 압력 센서와 에어 실린더를 기반으로 폐쇄성 무호흡증 환자의 자세 교정 서비스를 제공한다.[4] 이는 압력센서를 통해 사용자의 자세를 파악하여 단순히 옆으로 자세를 변환 시켜 사용자가 평소 선호하는 수면자세를 충족시킬 수 없다는 한계가 있다.

이에 본 논문은 수면 중 ‘수면호흡 이상’의 자동 교정뿐만 아니라 개인질환에 따른 커스텀 교정 서비스와 전용 애플리케이션을 통한 사용자 수면 통계, 저소음 알람까지 제공함으로써 앞서 언급한 두 논문과 차별화된 기능을 부여하고자 한다.

### 3. 본론

#### 3.1 서비스 구성도



(그림 2) 서비스 구성도

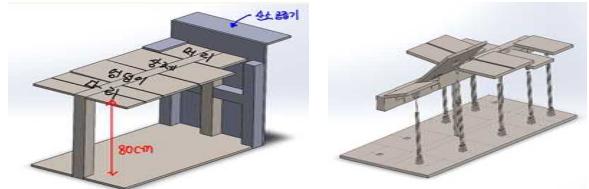
(그림 2)는 본 논문에서 제시하고 있는 시스템의 전반적인 프로세스를 도식화한 구성도이다. 사용자는 전용 APP에서 교정을 원하는 타입(코골이/무호흡/질환 완화)을 선택한다. 다음 단계로 침대에 누워 수면 상태 기록 밴드를 착용하고, APP에서 자세 교정 옵션(즉시 교정, 수면 중 교정)을 선택한다. 만약 수면 중 교정을 선택한 경우, 사용자의 수면이 시작되고 잘못된 수면자세가 감지될 경우에 APP이 숙면에 도움이 되는 자세로 자세 교정을 해준다.

#### 3.2 하드웨어 구성 및 기능

##### 3.2.1 스마트 침대

액추에이터(actuator)는 전기를 이용하여 시스템을 움직이거나 제어하는데 사용하는 기계장치이다. (그림 3)은 사용자의 자세 교정을 위해 목재 프레임을 머리/상체/둔부/다리 부분을 구분하여 제작한 산출물이다. 각 부분 하단부에는 사용자의 자세를 제어하기 위한 액추에이터와 자세 검출을 위한 로드셀 무게센서가 탑재 되어있고, 프레임 상단 선반에는

사용자의 코골이를 측정하기 위한 사운드 센서와 수면 환경 측정 및 개선을 위한 온습도 센서, 가습기, 산소 발생기가 배치된다.



(그림 3) 침대 설계도

##### 3.2.2 이산화탄소 감지 베개

(그림 4)는 스마트 침대에 배치되는 이산화탄소 감지 베개이다. 사용자의 수면할 때 취침 방향을 감지할 수 있다. 해당 원리는 베개 [좌/우/중앙]에 MQ-135를 장착하여, 사용자의 호흡기에서 배출되는 이산화탄소를 감지해 위치를 파악한다.



(그림 4) 이산화탄소 감지 베개

##### 3.2.3 수면상태 기록 밴드

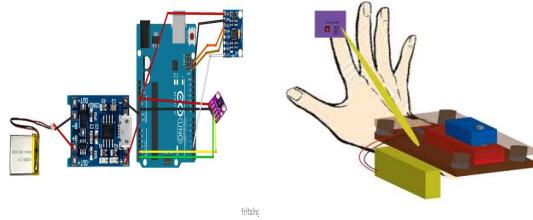
(그림 5)는 수면상태 기록 밴드로서 사용자의 무호흡/취침/기상 상태를 감지하기 위한 산소포화도/심박수 센서와 수면 중 뒤척임 횟수를 감지하는 자이로 가속도 센서 그리고 수면 중 자세 제약을 피하기 위해 리튬 배터리와 충전 모듈을 활용한 무선 기능이 탑재되어 있다.

뒤척임의 기준은 1분 주기로 가속도 센서에서 측정된 y축 가속도 데이터 값의 합(YC)을 구하고, YC가 일정 값(20)을 넘지 않으면 Static으로 간주한다. 수면 기준(수면의 시작부터 끝 사이)에서 YC가 일정 값(20)이 넘으면 뒤척임 횟수가 1회 증가한다.[5]

수면 시작 기준은 심박수가 2bpm 이상 감소하고 일정 시간(45분) 동안 유지될 경우이고, 수면의 끝 기준은 수면의 시작 기준 1bpm 이상 증가와 동시에 YC가 일정 값(40)을 넘을 경우이다.[5]

수면 호흡 이상 증상 중 폐쇄성 무호흡증의 경우 산소포화도의 현저한 감소(90%미만)가 일어난다.[2] 따라서 스마트 침대에 부착되어 있는 사운드 센서와

사용자가 착용하고 있는 수면 상태 기록 밴드를 복합적으로 활용하여 사용자의 '수면 호흡 이상'증상인 코골이 또는 폐쇄성 무호흡증을 구별한다.



(그림 5) 수면상태 기록 밴드 설계도

### 3.2.4 산소 발생기

사용자의 숙면을 제공하기 위한 산소 발생기로서 중심부에 고체 산소 팩을 배치하고, 공급기 하단부에 모터를 탑재해 상단 배출구에서 산소가 공급된다. 산소 발생기는 사용자의 산소포화도 저하가 감지될 경우 자동으로 작동되며 수동 제어 또한 가능하다.

### 3.3 모바일 흐름도

(그림 7)은 전반적인 모바일 흐름 과정을 도식화 한 것이다. 모바일 앱의 초기화면은 교정 옵션(코골이/무호흡/질환 완화)을 선택하는 일회성 화면으로 변경을 원하면 설정에서 초기화를 해야 한다. 옵션 선택 후 앱의 전반적인 구성은 홈, 수면일지, 건강 상태, 설정으로 나누어진다.



(그림 6) 모바일 흐름도

### 3.3.1 홈

알람 설정, 교정 방식, 수면상태로 구성되는데 알람 기능은 일반적인 알람 사용법과 동일하지만 소리가 아닌 침대를 흔들어 사용자를 깨우는 저소음 동작 방식이 특징이다. 알람 설정 후 교정 방식(즉시 교정/ 수면 중 교정)을 선택하게 되면 사용자의 수면상태(수면/코골이/기상 등)가 애플리케이션에 디스플레이 된다. 기상 후에는 전일의 만족도 평가를 실시하며 수면 데이터를 수집한다.

### 3.3.2 수면 일지

일간 수면 통계를 볼 수 있는 화면으로 사용자가 선택한 날짜의 [잠이 들기까지 걸린 시간/ 취침시간 / 산소포화도/ 교정 횟수 / 코골이 횟수 / 무호흡 횟수 / 뒤척임 횟수 / 온습도]를 확인할 수 있다.

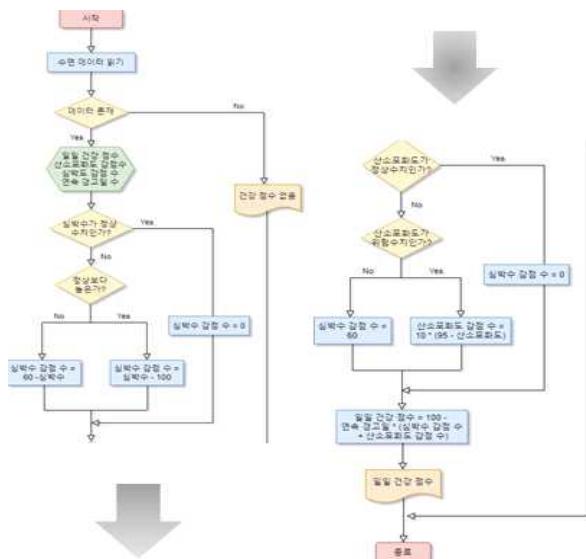
### 3.3.3 설정

가습기, 산소 발생기 ON/OFF 기능, 교정 자세 커스터마이징, 초기화 메뉴로 구성돼 있다. 교정 자세 커스터마이징 기능 (그림 6)은 시스템이 제공해 주는 추천 자세 외에 사용자가 선호하는 수면자세를 수동으로 설정할 수 있는 시스템이 팝업으로 띄워진다. 사용자는 다이얼로그에서 교정을 원하는 침대 부분을 클릭하여 스마트 침대의 제어가 가능하다. 초기화 메뉴는 처음 선택했던 교정옵션과 누적된 통계를 삭제하고 APP을 처음상태로 되돌린다.

### 3.3.4 건강 상태

해당 카테고리는 건강 신호등, 건강 점수 기록, 근처 병원 찾기로 구성된다. 건강 신호등은 사용자의 수면 중 산소포화도와 심박수 데이터를 의학적 정상 범위와 비교하여 사용자의 건강 상태를 녹색/황색/적색 3단계로 표현한다. 건강 신호등의 알고리즘 (그림 7)은 누적된 사용자의 수면 데이터 중 산소 포화도와 심박수를 평균 내어 의학적 정상 범위를 벗어난 경우 건강 점수를 감점하는 방식이다. 만약 심박수가 높을 경우 [심박수- 100] 만큼 감점이 되며, 심박수가 낮을 경우 [60-심박수]가 감점된다. 산소 포화도는 생명과 직결되는 중대한 사안으로 위험

수치일 경우 10\*(95-산소포화도) 만큼 감점이 된다.  
만약 최종 산정된 건강 점수가 나쁨(0~45점)에 속하게 될 경우 (그림 6)과 같이 신호등을 적색 디스플레이하고 사용자의 GPS 기반으로 근처 병원 찾기 기능을 제공한다.



### (그림 7) 모바일 흐름도

#### 4. 구현 결과

(그림 8)은 개발 완료된 프로젝트의 전반적인 형태를 나타내며, 3.1 서비스 구성도에서 언급했던 것과 동일한 프로세스로 동작한다. 코골이 감지 기준으로는 [6]에 기재된 내용처럼 야간의 주거지역 소음 환경기준을 55dB(A)로 규정하고 있고, 수면 중 외부에서 발생하는 소음이 존재한다고 고려하였기 때문에 본 기기에서의 코골이 기준은 60dB 이상으로 보고 있다. 특이점으로는 액추에이터(STRM-12-300)를 동작시키기 위해서 사용한 외부전압 (12V, 3A)은 액추에이터를 최대 4개까지만 동시 운용 가능하다는 문제점이 존재했다. 따라서 8개의 액추에이터를 동시 운용하기 위해 각 액추에이터를 0.1초 주기로 순차적으로 동작시켜 해당 문제를 해결했다.



### (그림 8) 구현 결과

5. 결론

본 논문의 궁극적인 목표는 개인이 갖고 있는 개인 질환(코골이/무호흡 등)에 의해 발생하는 불면증을 수면 관리를 통해 쾌적한 수면을 제공함에 있다. 추가로 스마트 침대와 같은 IoT기술을 융합한 제품을 고안 및 출시함으로써 기존 시장에 새로운 방향성을 제시 할 수 있다.

본 논문에서 제시한 수면 관리를 위한 스마트 침대는 이러한 목표를 실질적으로 구현한 개발 제품이다. 제시된 제품을 통한 서비스를 사용자에게 제공함에 따라 기존에 질 높은 수면을 추구하던 사용자에게 만족감을 줄 수 있고 개인질환으로 인해 발생 할 수 있는 많은 합병증을 예방할 수 있다.

### Acknowledgement

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

## 참고문헌

- [1] 김미은. (2005). 코골이와 수면 무호흡증의 의학적 치료. 대한치과의사협회지, 43(11), 708-712.
  - [2] 최재갑. (2005). 코골이와 수면 무호흡증의 병태 생리학적기전. 대한치과의사협회지, 43(11), 696-702.
  - [3] 김건, 강태구. (2019). 코골이 및 수면 무호흡증 방지 베개 개발. 대한전기학회 학술대회 논문집, 181-183.
  - [4] 예수영, 염상희. (2017). 폐쇄성수면 무호흡 환자 의 자세변환 시스템 구현. 한국정보통신학회논문지, 21(6), 1231-1236.
  - [5] 최동진, 강순주 (2015). 착용자 움직임 여부 측정과 맥박 산소 측정법을 동시에 사용한 수면 품질 측정용 웨어러블 디 바이스. 한국통신학회 학술대회논문집, 198-199
  - [6] 김진우, 윤종진, 배명진 (2009). 코고는 소리 분석에 관한 연구. 대한전자공학회 학술대회, 289-290