

창의설계 4 Midterm Report

IT 융합공학과 20160034 김재현
기술지도 김형함 교수님

2021.4.19
중간 보고서

RFP 주제

Sleep Well; 수면 중 자세 측정을 통한 피드백 시스템

Outline

Week	Plan
1, 2	Proposal 완성
3	물품 주문, Galaxy Fit SDK 요청 및 수면 품질 테스트
4	HW-압전센서를 이용한 data 수집
5	HW-압전센서를 이용한 pose estimation 개발
6	HW-압전센서를 이용한 pose estimation 개발
7	중간 발표 demo 준비
8	중간 발표
9	수면 자세 - 품질 Model data 수집
10	수면 자세와 품질 Model 개발
11	수면 자세와 품질 Model 개발
12	수면 자세를 통한 FeedBack 시스템 구축
13	시스템 완성 및 피드백 보완
14, 15	최종 발표 demo
16	Final Report 완성

Objectives

1. 공개된 선행 연구 자료 조사 및 목표 설정(Week 1~2)
2. Raspberry Pi 와 FSR 을 활용한 HW 시스템 구축(Week3~4)
3. Raspberry Pi 에 입력된 data 시각화(Week5)
4. 다양한 수면 Posture 에 대한 FSR data 수집(Week5)
5. 수면 자세 – 수면 품질 Model 개발을 위한 연구(Week6)
6. Feedback 시스템 구축(Week7)

Progress

1. 공개된 선행 연구 자료 조사 및 목표 설정(Week 1~2)

A. 휴대폰 어플리케이션

- i. 런타스틱 슬립베터 - <https://apple.co/3c0JF9n>, 무료
침대의 진동을 이용하여 수면 중 패턴 분석으로 숙면도/수면시간/주기를 분석해준다. 음력의 변화에 따른 상관관계를 분석하는 기능이 있다.
간편한 사용성이 있으나 1 개의 input 인만큼 단순 분석만 가능하며 feedback 방법이 없다.
- ii. Sleep as Android - <https://bit.ly/38hhqC9>, 무료
침대의 진동과 수면 환경의 조도, 그리고 소음(코골이)을 이용하여 수면 중 패턴 분석으로 숙면도/수면시간/주기를 분석해준다. 수면 후 언제 코골이를 하는지 분석해주며 모니터링이 가능하지만 수면 중 feedback 은 없다.

- iii. 굿 슬립 - <https://apple.co/3bjrYTj>, 3900 원 + 인앱결제
Binaural Beats 를 활용해 수면을 유도하는 어플리케이션이다. 과학적으로 검증된 기법은 아니지만 널리 사용되고 있으며, 단점으로는 양쪽 귀에 이어폰을 항상 착용해야하는 점이 있다.
- iv. Sleep Cycle - <https://apple.co/3kJrSYg>, \$29.99/1year
침대의 진동을 이용하여 수면 중 패턴 분석으로 숙면도/수면시간/주기를 분석해준다.
Feedback 기능으로는 기상 시간대를 설정하면 약한 수면일 때 알람을 서서히 울려 깨워주는 것이 있다.

B. 디바이스

- i. Smart Watch
Fitbit, Galaxy Watch, Mi Band 와 같은 제품군들에서 자체적으로 수면 분석을 제공한다. 분석 원리는 가속도 센서와 자이로 센서를 통해 움직임을 검출하고, PPG 센서 혹은 심박 센서를 통해 심박수와 심박 변이를 판단하는 것이다. 이들의 평균 수면 효율 측정 정확도는 78%로 알려져 있으며, 수면의 깊이를 구분하는 정확도는 50~60%로 알려져 있다.
- ii. Smart Bed
침대 프레임과 매트리스에 IoT 기술을 접목시킨 제품들이다. 주로 매트리스 각도 조절과 수면 품질 분석 기능을 모두 가지고 있다. 가격대에 따라 사용하는 Input 데이터와 가능한 feedback 의 종류가 다르며, 가장 대표적인 Hi Can 사의 제품은 약 \$60,000 로 책정되어 있다.
- iii. Smart Pillow
코골이 방지에 초점을 맞춘 제품들이다. Smart Pillow 제품군들은 사용자의 코골이를 감지하여 베개에 진동을 통해 자세를 바로잡도록 유도한다. 이는 수면 무호흡증이라는 생명에 지장이 있는 질환을 예방하는데 큰 도움이 되는데, 해당 질환을 예방하는데 있어서 가장 효율이 좋은 제품군으로 판단된다. 대표제품인 ZEEQ 사의 제품은 \$84.99 로 책정되어 있다.
- iv. Dream Light(수면 안대)

눈만을 가리는 것이 아닌, 이마부터 코 상단까지 커버하는 안대에 심박 센서와 자이로 센서를 탑재해 사용자의 수면 중 안면의 움직임을 검출해낸다. 또한 수면 상태에 진입할 수 있도록 도와주는 적외선을 이용해 품질을 높인다.

v. Somnox Sleep Robot

수면시 무언가를 안고 자는 습관을 활용한 로봇으로 사용자의 수면 패턴과 심박 패턴을 학습해 사용자가 수면을 취하려 할 경우 해당 패턴으로 로봇이 작동하며 수면을 유도한다.

C. 관련 특허 및 논문

- i. 심탄도 신호를 이용한 심박 검출 방법 및 그 장치
- ii. 무구속 수면상태 판단 장치
- iii. 수면상태 감지를 위한 침대 시스템
- iv. 키넥트 센서를 이용한 수면자세 확인방법
- v. Learning-based pose estimation from depth maps
- vi. System and Method to Monitor and Assist Individual's Sleep

D. 목표 설정

현재까지의 제품군들은 구속 상태에 있거나 Feedback 을 주지 못하거나 System 전체를 사용하는 고가의 제품이었다. 따라서 궁극적인 목표는 다음과 같다.

- i. 무구속 상태에서의 input
- ii. Feedback 이 확실하게 존재
- iii. 기존 수면 시스템에 설치가 가능

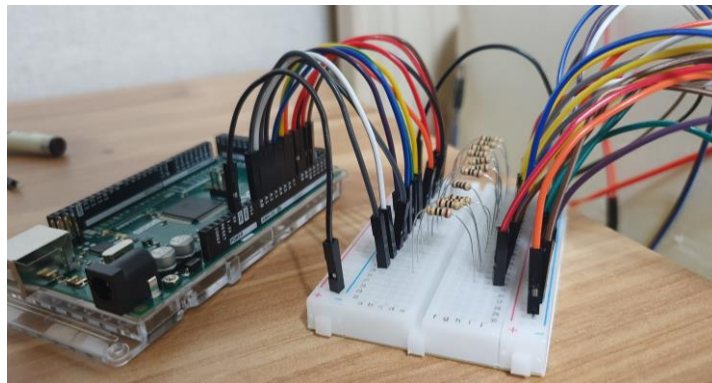
따라서, 이번 설계는 사용자의 자세 변화에 주목하며 매트리스에 FSR 을 부착해 무구속 상태에서의 자세변화를 측정하고, Smart Watch 로 얻은 수면 품질 데이터와 학습을 시켜 자세와 수면 품질의 관계를 밝히고 물리적인 Feedback 이 가능한 환경을 만들어보고자 한다.

2. 피드백 시 Raspberry Pi 와 FSR 을 활용한 HW 시스템 구축(Week3~4)

A. HW 시스템 구축 현황



침대의 사이즈는 Super Single(110x200cm)이며 45cm 간격으로 FSR 센서를 배치했다. 총 12 개의 FSR 을 배치했으며, 현재 18 개의 추가 FSR 이 배송 중이다. 모두 도착하면 6by6 grid 형태로 확장할 계획이다.



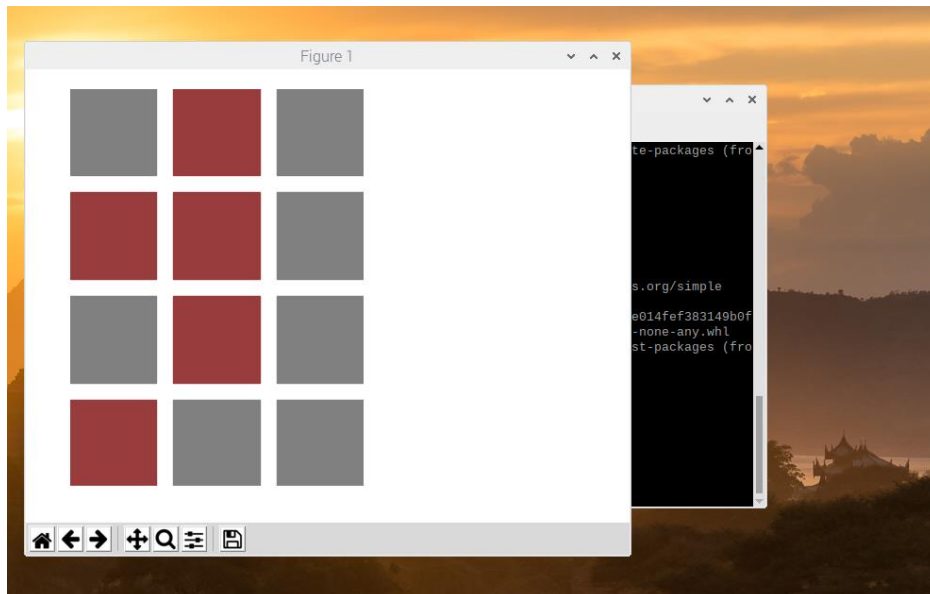
3. Raspberry Pi 에 입력된 data 시각화(Week5)

A. Arduino – Raspberry Pi Serical 통신을 시작

12 개의 FSR 을 통해 입력 받은 신호를 직접 학습 단계에 적용시킬 수도 있겠지만 중간 단계로서 현재 무슨 자세를 취하고 있는지 시간에 따라 나타낼 수 있다면 좋을 것 같다는 의견을 받았다. 또한, 이를 시각화하여 화면에 보여주면 직관적으로 다가올 수 있을 것 같아 해당 과정을 추가했다.



따라서 RBP 에 pywaffle library 를 활용하여 12 개의 FSR input 에 대한 시각화 과정을 완성했다.



위 과정을 진행하면서 몇 가지 센서를 컨트롤 할 때 필요한 필터링 방법을 알게 되었는데 대표적으로는 다음과 같다.

- i. 자세를 바꿀 때 침대 전체에 진동이 일어나 input 값이 크게 변한다.

- ii. 이불로 인한 약한 눌림이 발생하는데, 이를 적절한 thresholding 을 통해 필터링한다.

위의 두 practical error 를 방지하기 위해 적절한 필터링을 취해주었다.

4. 다양한 수면 Posture 에 대한 FSR data 수집(Week5)

A. FSR data 의 해석

- FSR 의 성능이 충분히 좋지 못하기 때문에, 압력이 변한 뒤 이를 측정하기 위해서는 대략 5 초 정도의 안정화 시간이 필요하다. 또한 압력이 사라지는 경우에도 안정화 과정이 필요하며 마찬가지로 5 초정도가 필요하다.
- 하나의 FSR 에 압력을 주어도 주변의 FSR output 이 변하는 모습을 보여주는데, 이는 침대 커버가 전체적으로 눌리기 때문이다. 따라서 다음과 같이 마킹을 해주고 수면 용품에 따른 영향을 미치는 정도를 측정했다. (ex. 1/4/7/10 에 압력이 가해질 경우 2/5/8/11 또한 output 에 영향을 받는다.)



B. 다양한 수면용품들의 영향 분석

- 가장 많이 쓰이는 수면 용품으로 '베개'를 선택해서 측정해보았다. 분석의 목표는 사용자와 베개가 함께 있을 때 오로지 베개에 의한 압력이 가해지는 위치는 베재할 수 있도록 하는 것이다.

베개의 위치		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FSR	1 output	104	316	268	287	265	274	274	284	292	268	295	224
FSR	2 output	32	44	271	267	233	247	253	259	286	263	319	250
FSR	3 output	130	122	66	236	225	212	225	232	266	248	268	261
FSR	4 output	204	188	176	55	228	225	240	243	260	236	285	211
FSR	5 output	233	212	212	62	48	184	238	247	221	191	277	169
FSR	6 output	217	204	226	234	133	11	217	170	221	178	272	217
FSR	7 output	246	232	243	243	208	162	11	247	249	227	275	248
FSR	8 output	249	234	236	226	232	199	81	17	215	206	257	251
FSR	9 output	208	195	200	129	182	56	145	147	46	206	271	239
FSR	10 output	244	232	239	208	228	174	208	214	174	13	255	254
FSR	11 output	288	272	279	275	289	237	269	268	235	8	13	257
FSR	12 output	245	234	232	256	263	227	238	243	241	153	227	7

우선 베개로 인한 output 변화는 있었지만 사람이 생성하는 output(5 이하의 output)과는 차이가 있었다. 또한, 예상한 것처럼 베개가 있는 위치 주변 또한 output 에 변화가 있었는데, target 보다는 작은 변화를 보여주었다. 특별히 1 번과 10 번은 target 보다 더 낮은 출력을 보여주는 경우가 있었는데, 침대를 확인해보니 1 번과 10 번 위치가 침대의 끝점으로 자체적으로 기울어져 있었음을 확인할 수 있었다.

5. 수면 자세 – 수면 품질 Model 개발을 위한 연구(Week6)

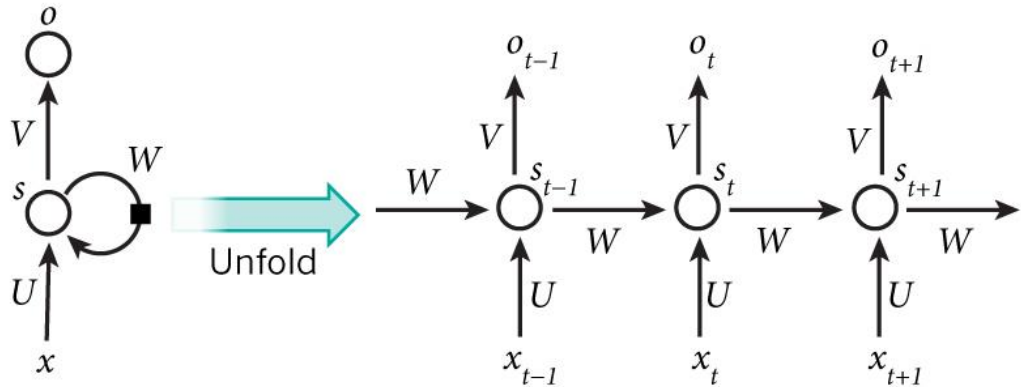
A. DL 선행 학습

- DL 알고리즘을 처음 사용해보는 만큼, 정확한 이해를 위해 몇개의 참고서적과 함께 DL 에 대한 공부를 했다.
- ANN/DNN/CNN/RNN 의 작동 방법과 발전과정에 대해 공부했고, 몇 가지 예제들을 학습했다.

B. DL 선택

- 가지고 있는 데이터는 1. 시간에 따른 FSR data, 2. 시간에 따른 수면 단계 data 이며, 결과적으로 1 번 data 만을 이용해 2 번 결과를 생성해내는 알고리즘을 필요로한다. 수면 시간을 7 시간으로 가정하고, 10 분마다 자세를 detect 한다고 했을 때, 총 42 개의 sequential data 가 존재한다.
- 다양한 알고리즘을 검토한 결과 RNN 과 RNN 의 일종인 LSTM 을 선택해 사용하기로 했다. 아래는 설계에 사용할 알고리즘에 대해 공부한 내용이다.
- RNN
RNN 은 반복적이고 순차적인 data 의 학습에 특화되어 있다. 다음과 같이 내부에 순환 구조가 담겨 있으며, 설계의 data 가 time 에 대해 sequential 한 data 이기 때문에

적합하다고 판단했다.

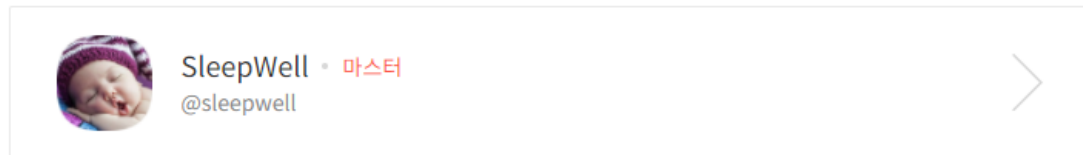


- LSTM

RNN 은 충분히 좋은 알고리즘이지만 장기 의존성이라는 문제점을 가지고 있다. 수면에 있어서도 수면 사이클에 따른 메모리 제거가 필요할 가능성이 있기 때문에, 이를 해결할 수 있는 LSTM 알고리즘 또한 고려 중에 있다.

6. Feedback 시스템 구축(Week7)

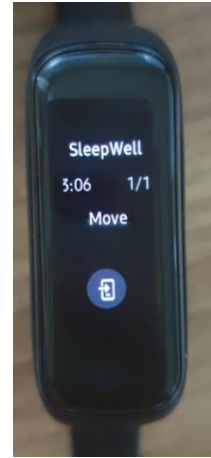
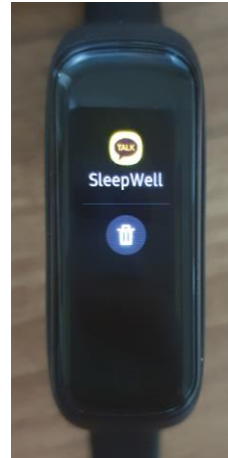
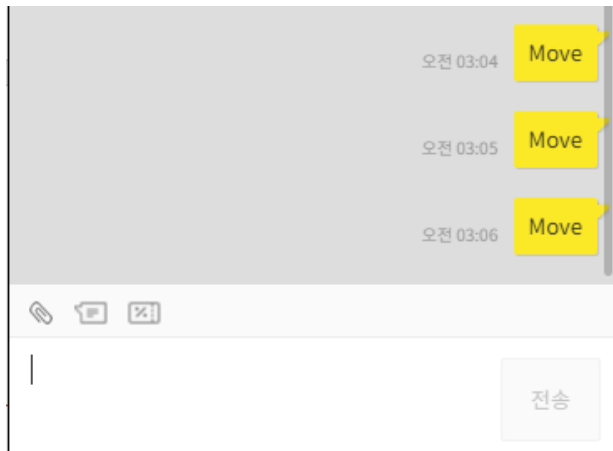
- 초기에 카카오톡 Plus 친구 기능을 활용하여 스마트워치에 진동 feedback 을 주는 방법을 가장 먼저 계획했었다. 해당기능을 사용해 직접 계정을 생성하고,



내 카카오톡 계정과 연결하여 채팅이 가능하도록 했다.



- 이후, 라즈베리파이에서 특정 signal 을 받으면 내 계정으로 다음과 같은 메시지를 보내도록 python code 를 생성했다.



- 위와 같은 알림과 함께 기기에서 진동이 발생한다. 실제 상황에서 몇번의 진동이 있어야 사용자가 반응하는 지는 직접 실험을 통해 결정할 계획이다.

Plan

1. 추가 주문한 FSR 배치

- 18 개의 FSR 을 추가 설치해 총 30 개의 FSR 을 배치할 계획이다. 센서의 갯수가 많아 상당한 시간이 필요할 것으로 예상된다.

2. 시간에 따른 수면 FSR data 수집

- RNN 에 학습시킬 data 가 필요하기 때문에, 센서 배치가 완료되는 대로 학습 data 수집을 시작할 계획이다.

3. RNN 학습

4. Feedback system 다각화

- 현재는 kakaoTalk 을 이용한 진동 feedback 이 존재하는데, 빛을 이용하거나 소리를 이용한 feedback 또한 고려 중에 있다.