

오픈 플랫폼 기반 멀티 모달 센서 수면 모니터링 시스템에 관한 연구

최해민, 윤이진, 오현우

한국전자통신연구원 미래원천연구본부

haaeminxd@gmail.com, un2genie@gmail.com, hyunwoo@etri.re.kr

A Study on the Sleep Monitoring System with Multi-modal Sensors based on Open Platform

Hae Min Choi, I Jin Yun, Hyun Woo Oh

Future & Basic Technology Research Division
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

수면 효율 연구에서 수면 사이클 또는 수면 단계에 대한 분석은 필수적이다. 본 논문은 라즈베리 파이를 기반으로 한 복합 센서를 통해 수면 모니터링을 할 수 있는 시스템을 제안한다. 생체 데이터, 움직임 데이터 및 수면 환경 데이터를 통합적으로 분석하여 NREM/REM/WAKE 세 가지의 수면 단계로 분류할 수 있도록 했다. 비접촉식 센서 UWB와 두 손가락에만 부착하는 GSR 센서를 이용하여 피험자가 수면에 방해받지 않고 검사를 진행할 수 있다. 또한, 시간과 장소와 관계없이 진행할 수 있는 수면 모니터링 시스템이기 때문에, 피험자의 평소 수면 환경과 같은 조건에서 검사를 진행할 수 있었다.

I. 서론

현대 사회에서 수면의 중요성은 강조되고 있지만, 현대인의 수면 시간은 점점 줄어들고 있다. 충분한 수면을 취하지 못하게 되면 피로 유발, 기억력 감소 등의 증상이 나타난다. 지속적인 수면 부족은 고혈압, 당뇨병, 관상동맥질환 등의 발생 확률을 높이는 것으로 나타났다. [1] 또한, 적절한 수면을 취하더라도 수면 효율에 따라서 피로 회복 정도에 차이가 있을 수 있다. 전체 수면 사이클과 그 안에서의 수면 단계에 관한 분석을 통해 수면 효율을 높이는 방안을 찾을 수 있다.

수면 사이클은 REM(Rapid Eye Movement) 수면과 NREM(Non-Rapid Eye Movement) 수면 단계로 구분된다. NREM 수면 단계에서는 심장 박동과 호흡이 느려지고, 근육은 이완된다. REM 수면 단계에서는, 심장 박동과 뇌파 활동이 비수면 상태일 때와 거의 유사하게 나타나고 호흡은 빠르고 불규칙하게 나타난다. [2]

이러한 수면 단계 연구 중 가장 널리 사용되고 있는 방식은 수면 다원 검사이다. 피검자는 수면 실험실 내에서 뇌파도(Electroencephalogram, EEG), 근전도(Electromyogram, EMG), 안전도(Electrooculogram, EOG) 등의 생체 신호를 수집하기 위한 여러 종류의 센서를 부착하고 검사를 진행한다. [3] 최근에는 수면 다원 검사 이외에도 수면 단계를 분류하기 위해 피부 전기 활동(EDA) 값[4]이나 가속도 센서[5]값만을 이용하거나, 뇌파 신호와 심전도 신호를 함께 분석하는 등의 연구가 진행되었다.

수면 다원 검사의 경우 평소와 다른 수면 환경에서 검사를 받으므로 수면 패턴에 영향을 미칠 수 있고, 여러 센서를 부착하고 잠을 자야 하기 때문에 수면에 방해될 수 있다. 또한, 한정된 센서를 이용하면, 단편적인 데이터만으로 분석하므로 정확하지 않은 결과가 도출될 수 있다. 본 연구에서는 심박 수, 호흡 수, 피부 전기 활동 값 등의 생체데이터와 온도, 습도, 조도 등 수면 환경 데이터, 그리고 움직임 데이터를 모두 종합적으로 분석하여 NREM, REM, WAKE 3개의 수면 단계를 분류할 수 있는 시스템을 제안한다.

II. 본론

가. 시스템 구성도

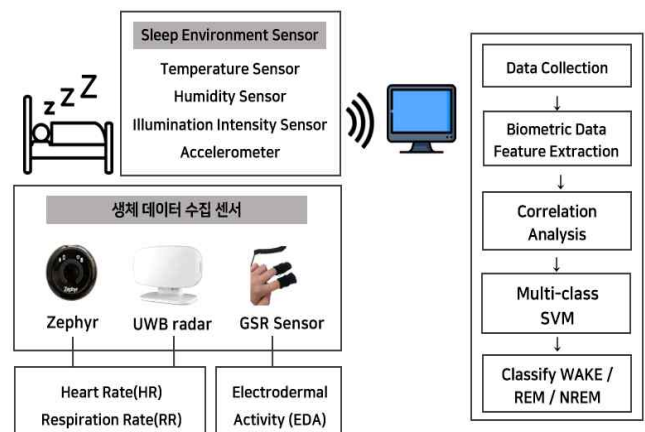


그림 1. 복합 센서 기반 수면 모니터링 시스템 구성도

그림 1은 복합 센서 기반 수면 모니터링 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 먼저, 흉부에 착용하는 접촉식 센서 Zephyr, 비접촉식 UWB 레이더 센서, 그리고 두 손가락에 착용하는 GSR 센서를 이용하여 생체 데이터를 수집한다. 그리고 온도, 습도, 조도 등의 환경 센서와 움직임 정도를 판별할 수 있는 가속도 센서를 이용하여 분석에 보조적으로 활용할 데이터를 수집한다.

측정한 데이터를 수집하여 아웃라이어를 제거하는 과정을 진행했다. 필터링을 거친 데이터 중 수면 단계 분류에 최적화된 특징을 추출하고, 복합 센서 데이터 간의 상관관계를 분석한다. 분석을 기반으로 Multi-class SVM 분류기를 활용하여 수면 단계를 구분한다.

하도록 했다. UWB 레이더 4.6 설명서에 따라, 피검자가 UWB 모듈과 1~2m 떨어지도록 하였고, 정면으로 마주할 수 있도록 천장에 설치하였다. 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서는 피검자의 침대 위에 위치하여 수면 환경을 측정할 수 있도록 했다.

마. 시험 결과

timestamp	_typ	uwbdata	temp	humid	Gx	Gy	Gz	Ax	Ay	Az	lux	perc	GSRval
2020-02-12 08:36:4	3	0201000e33	27.4	99999	-0.007634	308	267	-0.581055	572	12	0	0	509
2020-02-12 08:36:4	3	0201000e33	27.4	99999	0.007634	176	565	-0.577881	1375	16	0	0	508
2020-02-12 08:36:4	3	0201000e33	27.4	99999	-0.053435	308	369	-0.576416	887	181	0	0	509
2020-02-12 08:36:5	3	0201000d32	27.4	00001	-0.099237	308	301	-0.591309	207	134	0	0	509
2020-02-12 08:36:5	3	0201000d32	27.4	00001	-0.007634	176	168	-0.583008	1225	49	0	0	509
2020-02-12 08:36:5	3	0201000d32	27.4	00001	-0.061069	308	301	-0.585205	863	114	0	0	509
2020-02-12 08:36:5	3	0201000d31	27.4	00001	-0.030534	176	534	-0.587646	1422	23	0	0	509
2020-02-12 08:36:5	3	0201000d31	27.4	00001	-0.061069	342	301	-0.579834	1178	128	0	0	509
2020-02-12 08:37:0	3	0201000d31	27.4	00001	-0.053435	342	301	-0.582764	1352	146	0	0	509
2020-02-12 08:37:0	3	0201000d31	27.4	23.1	-0.061069	275	336	-0.585205	887	114	0	0	509
2020-02-12 08:37:0	3	0201000d2e	27.4	99999	-0.076336	275	168	-0.580811	1525	191	0	0	509
2020-02-12 08:37:1	3	0201000d2e	27.4	23.4	-0.053435	342	302	-0.575439	1061	54	0	0	509
2020-02-12 08:37:1	3	0201000d2d	27.4	23.5	-0.061069	176	302	-0.576904	887	193	0	0	509
2020-02-12 08:37:1	3	0201000d2d	27.4	23.5	-0.038168	341	267	-0.571777	1525	169	0	0	509
2020-02-12 08:37:1	3	0201000d2d	27.4	23.5	-0.091603	342	168	-0.568604	499	111	0	0	509
2020-02-12 08:37:1	3	0201000d2d	27.4	23.5	-0.068702	275	435	-0.575439	1107	405	0	0	509

그림 6. MySQL DB에 저장된 복합 센서 데이터

```

{
  "timestamp": "2020-2-17 20:32:55.97",
  "type": 3,
  "uwb_state": 2,
  "uwb_PerIn": 1,
  "uwb_Move": 0,
  "uwb_RR": 11,
  "uwb_HR": 77,
  "uwb_dist": 147,
  "uwb_vitalPow": 5.515857219696045,
  "uwb_vitalAmp": [-0.19988636672496796, -0.1991077959537506, -0.19188767671585083, -0.1991077959537506, -0.1991077959537506, -0.1991077959537506],
  "GSRval": 303,
  "temp": 26.299999,
  "humid": 27.700001,
  "Gxyz": [-0.083969, -0.267176, 0.015267],
  "Axyz": [-0.249268, 0.553223, -0.815186],
  "lux": 0
}

```

그림 7. UWB radar 데이터 변환 후 저장한 json 파일 일부

그림 6은 복합 센서 데이터 측정값을 MySQL DB에 저장한 것을 Navicat으로 시각화한 것이다. UWB 레이더 센서 데이터는 심장 박동 수, 호흡수, 재질 여부 등의 데이터를 한 번에 수신하기 때문에 각각의 데이터를 분리하고 변환했다. 그림 7은 변환 과정을 거친 데이터를 저장한 json 파일 일부를 나타낸 것이다.

III. 결 론

가. 기대 효과

수면 모니터링 검사에서 흔하게 사용되는 수면 다원 검사는 수면을 방해할 수 있는 센서들을 부착해야 하고, 피검자의 평소 수면 환경과 다른 공간에서 검사를 진행하기 때문에 수면 패턴에 영향을 줄 수 있다. 또한, 적은 수의 센서로 수면 모니터링을 하게 되면, 한 종류에 국한된 데이터만을 분석하여 도출한 결과이기 때문에 부정확할 수 있다. 본 논문에서는 생체 신호뿐만 아니라 수면 환경에 관한 데이터까지 수집하여 결과를 도출하여 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있도록 했다. 또한, 비접촉식 센서인 UWB 레이더 센서를 이용하고, 두 손가락에만 센서를 부착하기 때문에 피검자의 수면을 방해하지 않는다. 또한, 평상시 수면 환경에서 검사할 수 있어서, 수면 패턴의 변화 없이 결과를 도출할 수 있다.

나. 향후 연구

피검자의 생체 신호와 수면 환경 데이터에서 특징을 추출하여 수면

단계를 세 가지로 분류하면, 그 패턴을 분석하여 수면 효율을 알려주는 알고리즘을 구현할 수 있다. 또한, 복합 센서가 내장된 웨어러블 디바이스와 결과를 출력할 수 있는 애플리케이션을 개발하면 언제 어디서든 편리하게 수면 모니터링 진행할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2018년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (20001841, “학습기반 지능형 상황인지 웨어러블 서비스 시스템 개발”)

참 고 문 헌

- [1] S.Y. Kim, “Factors related to Sleep Duration in Korean Adults,” Journal of the Korean Data and Information Science Society, Vol. 29, No. 1, pp. 153-165, 2018.
- [2] “Brain Basics: Understanding Sleep.” National Institute of Neurological Disorders and Stroke. U.S. Department of Health and Human Services, Web. 23 May 2017.
- [3] B. Yilmaz, M. H. Asyali, E. Arıkan, S. Yetkin, F. Özgen, “Sleep stage and obstructive apneic epoch classification using single-lead ECG,” BioMedical Engineering Online, Vol. 9, pp. 39-39, 2010.
- [4] S.H. Hwan, S.W. Seo, H.N. Yoon, D.W. Jung, H.J. Baek, J.G. Cho, et al., “Sleep Period Time Estimation Based on Electrodermal Activity,” IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, Vol. 21, No. 1, 2017.
- [5] J.H. Park, D.H. Kim, B.H. Ku, H.S. Ko, “Sleep/Wake Dynamic Classifier based on Wearable Accelerometer Device Measurement,” Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 52, No. 6, 2015.