

수면 예측을 위한 활동 분류 기반 에너지 소비량 추정

최성재^{1*}, 김주영², 남보름¹, 김명수², 최규민², 박범준², 김인영^{1,2}

한양대학교 일반대학원 융합전자공학과¹

한양대학교 의생명공학전문대학원 생체의공학과²

Human activity recognition based energy expenditure estimation for sleep prediction

S.J. Choi¹, J.Y. Kim², B.R. Nam¹, M.S. Kim², K.M. Choi², B.J. Park² and I.Y. Kim^{1,2}

¹Department of Electronic Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

²Department of Biomedical Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

csj1996@hanyang.ac.kr

Abstract

Having a correct circadian rhythm is very important in terms of maintaining physical and mental health. It is known that physical activity can affect circadian rhythm. In order to control the circadian rhythm with physical exercise, it is necessary to quantify the amount of physical activity. Although many studies quantify the amount of physical activity with the Actigraphy, more reliable energy estimation through activity classification is needed because the Actigraphy can be misleading. Therefore, in this study, Deep learning-based and Actigraphy based energy estimation methods were compared to a calorimeter .

1. 연구 배경

일주기리듬은 매일 24시간주기로 재설정되는 신체적 리듬이다[1]. 일주기 리듬 불일치는 호르몬 불균형, 인지기능 저하, 심혈관 질환 위험성증가와 관련이 있다고 알려져 있다[2]. 따라서 개인마다 올바른 일주기 리듬을 갖고 일주기 리듬에 맞게 생활 하는것은 신체적, 정신적 건강유지측면에서 매우 중요하다. 일주기 리듬은 주로 낮과 밤의 빛의 양에 따라 조절되는데, 주변이 어두워지면 시교차상핵이 자극을 받아 상경부 신경절에 신호를 주게 되고 송과체에 신호를 주게 되어 일주기 리듬 조절 호르몬인 멜라토닌을 분비가 되게 한다. 하지만 빛뿐만이 아닌 신체활동에 의해 멜라토닌을 생성한다고 알려져 있으며[3,4] Chronotype에 따른 운동 시점과 일주기 리듬 위상변화 관계도 확인되고있다[5]. 따라서 일주기 리듬을 신체적운동으로 조절하기 위해서는 신체 활동량의 정량화를 필요로 한다. 신체 활동량 정량화는 METs (Metabolic equivalents)을 통해 정량화를 진행하며 2011 Compendium of Physical Activites[9]를 기준으로 각 신체 활동에 대한 METs값을 구할 수 있다. 현재 METs를 측정하는 방법은 크게 Calorimeter기반, 가속도 기반, Heart rate 기반 측정 방식이 있는데[10]

Calorimeter는 가장 정확한 측정 방법이지만 측정 장비는 고가이며 장비를 다룰 때 전문지식이 필요하다는 단점이 있다. 가속도 기반 및 Heart rate기반 측정 방식은 측정하기 간편하고 Free living 환경에서도 사용 할 수 있다는 장점이 있지만 misleading이 되기 쉽다는 단점이 있다.

따라서 Free living 환경에서 편히 사용 할 수 있으면서 misleading이 적은 방법이 필요하며

HAR(Human activity recognition)을 통해서 에너지 소모량을 측정하고 이를 일주기리듬 관련 수면 파라미터인 Sleep onset time(SOT)의 Phase shift예측에 필요한 운동량 정량화에 사용되어야 한다.

2. 연구 방법

활동 분류는 SelfBack Public DB[7]와 해당 Public DB를 대상으로 학습한 1D-CNN-SVM 모델을 구현하여 활동

분류를 하였다. SelfBack 데이터셋은 18세~54명의 33명의 피험자가 계단 오르내리기, 앉기, 눕기, 서있기, 달리기, 느리게 걷기, 보통 속도로 걷기, 빨리 걷기 총 9종류로 수집한 데이터이며 데이터 측정에 사용한 가속도 측정 장비는 Axivity Ax3 3축 가속도계로 가속도 측정 범위는 $\pm 8g$, 샘플링 레이트 100Hz이다. 각 활동 별 METs값을 할당하기위해 세부적으로 활동 별로 METs값이 구분된 2011 Compendium of Physical Activites를 사용하였다.

2011 Compendium of Physical Activites[9]를 이용해서 눕기, 앉기, 서있기의 METs가 동일하다는 것을 이용하여 눕기를 제외한 앉기, 서있기의 데이터는 제거하였고 가속도 신호를 5초윈도우 90%오버래핑의 비율로 각 세그먼트를 분리하여 활동 분류 모델에 적용하여 7종 활동 분류를 진행하였다.

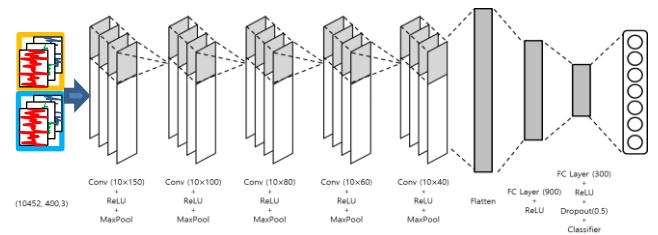


그림 1. 7종 활동 분류를 위한 1D-CNN-SVM 모델

분류 결과 정확도는 92%, F1-score는 91%의 결과를 얻을 수 있었으며 위에서 학습한 CNN 모델 기반 에너지 소모 추정과 액티그래프의 상용화 에너지 추정알고리즘인 Sasaki 에너지 소모량 추정을 이용하여 레퍼런스인 Calorimeter에서 측정한 에너지 소모량과 비교를 하였다. 활동 분류와 액티그래프를 활용한 METs 추정 값을 비교하기위해 GOTOV 데이터라는 60세이상 피험자 31명으로부터 16가지 활동을 통해 수집한 Calorimeter 데이터와 손목 액티그래프데이터를 활용한 데이터를 활용하여 검증을 진행하였다. GOTOV에서 얻은

시간동기화된 가속도 데이터와 Calorimeter값을 100Hz로 업샘플링한후 3축 가속도데이터는 훈련된 모델에 넣어서 분류를 진행하고 2011 compendium physical activities을 이용하여 각 라벨링된 활동에 소모 METs값을 부여하였으며 피험자 신체적 정보를 바탕으로 Mifflin - St Jeor 공식을 사용하여 개개인 신체적 특성에 맞는 METs값을 보정하여 액티그래프 기준 에너지 소모 추정량과 Calorimeter 기준 에너지 소모량을 비교를 진행하였다.

3. 연구 결과

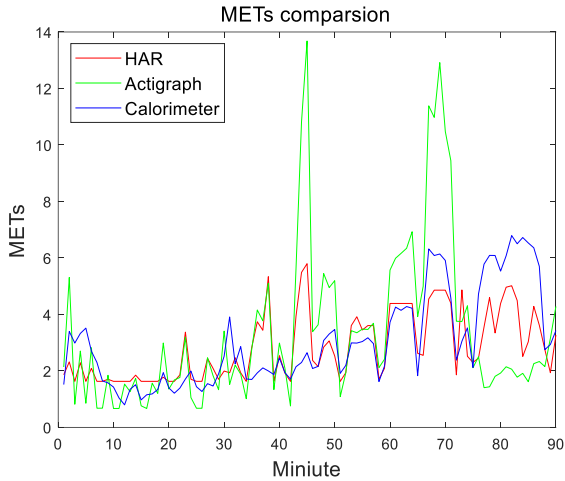


그림 2. 3가지 METs 측정 방식(활동 분류, 액티그래프, Calorimeter) 16가지 활동 별 비교

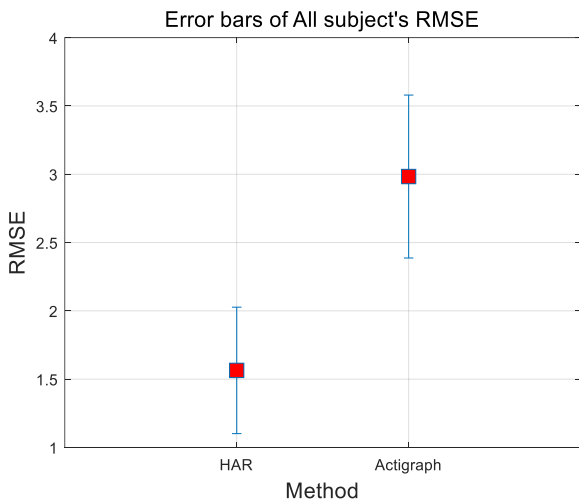


그림 3. 활동 분류 방식과 액티그래프 방식으로 METs 추정 RMSE 에러바 비교

액티그래프와 HAR을 통한 METs 추정 값 검증 결과

그림 2.에서 나온것과 같이 활동분류방식(HAR), 액티그래프 방식 모두 비교 기준인 Calorimeter와 비교했을 때 오차가 발생하는 것을 확인하였다.

하지만 그림 3. 와 같이 특정 활동이 아닌 전체적인 활동관점으로 봤을때 HAR방식을 통한 METs 추정이 31명 피험자 대상으로 Calorimeter와의 RMSE값이 액티그래프를 이용한 METs 추정방식보다 더 정확하다는 것을 알 수 있었고 이를 통해 활동 분류를 통한 METs 추정을 이용하여 주간활동량을 정량화 하여 일주기리듬이나 수면

파라미터간의 관계를 분석하는데 사용 할 수 있을 것으로 판단된다.

4. Acknowledgements

This research was supported by the Bio & Medical Technology Development Program of the NRF funded by the Korean government, MSIP(2021M3E5D2A01022397)

5.참고 문헌

[1] Walker, William H., et al. "Circadian rhythm disruption and mental health." *Translational psychiatry* 10.1 (2020): 1-13.

[2] Gohari, Amir, Darrin Wiebe, and Najib Ayas. "Shift working and cardiovascular health." *Chronobiology international* (2021): 1-6.

[3] Davis, J. Mark, Nathan L. Alderson, and Ralph S. Welsh. "Serotonin and central nervous system fatigue: nutritional considerations." *The American journal of clinical nutrition* 72.2 (2000): 573S-578S.

[4] Leng, Yue, et al. "Association between circadian rhythms and neurodegenerative diseases." *The Lancet Neurology* 18.3 (2019): 307-318.

[5] Thomas, J. Matthew, et al. "Circadian rhythm phase shifts caused by timed exercise vary with chronotype." *JCI insight* 5.3 (2020).

[6] Ndahimana, Didace, and Eun-Kyung Kim. "Measurement methods for physical activity and energy expenditure: a review." *Clinical nutrition research* 6.2 (2017): 68-80.

[7]. Sani, Sadiq, et al. "SELFBACK—activity recognition for self-management of low back pain." *International Conference on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence*. Springer, Cham, 2016.

[8] Sani, Sadiq, et al. "Learning deep and shallow features for human activity recognition." *International conference on knowledge science, engineering and management*. Springer, Cham, 2017

[9] Ainsworth, Barbara E., et al. "2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values." *Med Sci Sports Exerc* 43.8 (2011): 1575-1581.

[10] Ndahimana, Didace, and Eun-Kyung Kim. "Measurement methods for physical activity and energy expenditure: a review." *Clinical nutrition research* 6.2 (2017): 68-80.