

## 온바디 센서데이터를 활용한 인공지능 헬스케어 기술 동향 Technology trend on AI healthcare using on-body sensor data

임지연(한국전자통신연구원 웨어러블컴퓨팅연구실)

### 차 례

1. 웨어러블 디바이스 및 온바디 센서의 종류 및 활용 동향
2. 온바디 센서데이터를 활용한 인공지능 헬스케어 기술 동향
3. 온바디 센서데이터를 활용한 인공지능 헬스케어의 미래

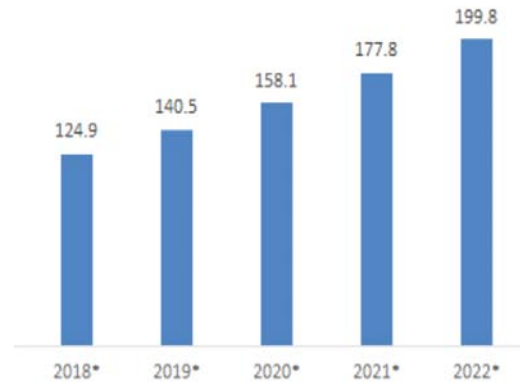
■ keyword : 온바디 센서, 헬스케어, 생체신호, 인공지능 |

### 1. 웨어러블 디바이스 및 온바디 센서의 종류 및 활용 동향

웨어러블 디바이스 시장 규모가 증가하고 인공지능 알고리즘 등 센서 데이터 처리 기술이 발전함에 따라 그 활용 범위가 넓어지고 있다. 또, 센서가 소형화 되고 배터리 수명이 늘었지만, 가격은 저렴해지면서 값비싼 의료 기기로 활용되던 센서들이 일상생활 중에 착용이 가능한 형태로 상용화되고 있다.

IDC에 의하면 세계 웨어러블 디바이스 출하량은 2018년 1억 2,490만 대에서 2022년에는 1억 9,980만 대로 연평균(18~22) 12.5% 성장할 것으로 전망된다. 이와 같은 성장은 스마트폰 및 웨어러블 기기를 활용해 피트니스 및 식사량 트래킹 어플리케이션 등을 이용하는 소비자의 증가와 음성인식 등 인터페이스의 발전으로 건강관리 등을 위한 관련 기기 사용이 상대적으로 쉬워져 이용하고자 하는 중장년층도 증가하여 스마트 워치 시장이 확대된 것을 이유로 들 수 있다. 또, 웨어러블 디바이스 및 상용화 온바디 센서의 종류가 다양해지고 인공지능 알고리즘 적용 영역이 확대됨에 따라 건강과 관련된 인식 및 기록을 넘어 건강 관련 예측까지 가능한 기능까지 확장된 것 또한 성장의 이유로 들 수 있다.

온바디 센서의 형태와 관련해 최근까지는 피트니스 밴드 및 스마트 워치가 주를 이루었다면 모듈러, 이어셋이나 직물에 센서 등 그 형태도 다양해지고 있다. 또, 전문 의료 기기에만 적용되는 것으로 인식되어온 심전도 센서, 산소포화도, 피부온도 및 피부전도도 등 생리신호 측정 센서가 피부에 부착하는 패치 형태나 손목 밴드 형태의 온바디 센서 형태로 구현 가능해져 병원에서 뿐 아니라 일상에서도 이와 같은 센서를 사용할 수 있게 되었다.



▶▶ 그림 1. 세계 웨어러블 디바이스 출하량 전망(단위: 백만대)[1]



▶▶ 그림 2. 세계 웨어러블 시장 품목별 출하량 전망[2]

피트니스 밴드나 스마트 워치에서 도보, 달리기 등의 활동을 인식하기 위한 데이터를 수집하는 것은 기기에 탑재된 가속도 센서와 자이로 센서다. 가속도 센서와 자이로 센서는 공간을 세 축으로 나누고 어느 방향으로 움직이는지를 자이로 센서가 인식하고 그 방향으로 얼마나

빨리 움직이는지를 가속도 센서가 감지한다. [3,4]

이렇게 움직임 감지하는 가속도 센서, 자이로 센서 및 지자기 센서는 모듈형으로도 많이 출시되어 있다. 모듈형의 경우 사용자가 필요한 곳에 부착하여 사용할 수 있어 손목 뿐 아니라 허리띠, 발목 등 다른 신체 부위에 손쉽게 부착이 가능하다.

웨어러블 디바이스를 건강과 관련한 헬스케어 분야에 적용될 수 있게 한 대표적인 생리신호 인식 센서는 심박 센서이다. 스마트 워치에 장착된 심박 센서는 피부에 빛을 투사하고 이 빛이 반사된 과정을 분석해 심박수를 측정한다.



▶▶ 그림 3. 스마트 워치의 심박 센서[5]

하지만 이와 같은 심박수만으로 추정 가능한 건강 상태에는 한계가 있다. 이에 따라 심전도(ECG, Electrocardiogram)와 혈압 측정이 가능한 센서를 탑재한 웨어러블 디바이스 및 온바디 센서가 등장하고 있다. 상용화 제품은 아니지만 연구용으로 출시된 E4 스마트 밴드의 경우 가속도 센서, 피부 온도, 피부 전도도 뿐 아니라 심전도 센서를 탑재하고 있으며[6] 2018년 애플은 애플 워치4에 심전도 측정 기능을 추가했다. 그 밖에도 패치형 온바디 센서 형태의 심전도 센서도 있다.[7] 상용화된 국산 제품으로는 솔미테크의 리핏패치가 있으며 일상에서 사용할 용도로 개인이 구매할 수 있다. 이어셋 형태로 된 심박수, 혈압 등을 측정하는 대표적인 상용화된 센서들 중 하나인 미국 Valencell사의 센서는 미국 음향업체인 Bose사의 블루투스 이어폰 등 다양한 음향 기기업체의 이어폰에 탑재되어 상용화 되기도 했다.[8] 심전도는 심장 건강에 대한 상세한 정보를 제공해줄 수 있는 데이터이지만 측정 조건이 까다로워 제대로 신호를 수집하기가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 일상 생활 중 정확한 심전도 데이터를 수집하는 것은 현재 기술로는 어렵다.

스마트직물로 불리우는 직물 센서로는 구글의 Jacquard 프로젝트에서 개발된 직물 센서가 있다. 직물 센서의 경

우 얇은 금속사를 기존의 섬유소재 실과 섞어 직물을 만들어 촉감은 일반 직물과 비슷하지만 사용자의 몸이 만드는 행동이나 각종 생체 신호를 감지할 수 있다. 이러한 직물 센서의 경우 피부 접촉면이 일정하지 않아 신호가 불규칙적으로 수집된다는 단점이 있다. [9]



▶▶ 그림 4. 구글의 Jacquard 프로젝트와 리바이스와의 콜라보레이션 서비스 [10]

이와 같은 웨어러블 및 온바디 센서들은 크게 움직임을 감지하는 센서와 심박수, 피부전도도 등의 생체신호를 감지하는 센서로 이루어져 있다. 하지만 이와 같은 센서의 원시 데이터는 전처리 과정을 거치지 않으면 의미 있는 신호로 활용되기 어려우며, 더욱이 사용자에게 필요한 정보를 제공하기 위해서 추가로 분석하는 단계가 필수적이다. 최근에는 사람의 움직임 뿐 아니라 심리 및 건강 상태 등 불확실한 요소가 많은 사람에 대한 정보를 인식하고 예측하기 위해서 인공지능 기술을 적용한 연구들이 많이 진행되고 있고 또, 이를 활용한 상용화 서비스도 출시되어 있다.

## 2. 온바디 센서데이터를 활용한 인공지능 헬스케어 기술 동향

### 2.1 행동인식 관련 인공지능 헬스케어

스마트 워치나 온바디 센서를 이용한 행동인식 연구는 폭넓게 이루어져 왔다. 눕기, 앉기, 서기, 걷기 등 사람이 할 수 있는 기본 동작을 인식하는 분야의 연구는 인공지능 알고리즘을 적용하여 이미 스마트 워치의 피트니스 트래커 등 실제 서비스에 활용되고 있다. 이러한 서비스들은 일부 달리기, 자전거 타기 등과 같은 운동을 제외하

면 운동의 시작과 끝을 사용자가 설정해야 하지만 운동 강도와 움직인 거리 등을 인식하여 사용자의 건강 유지에 유용한 정보를 제공하고 있다. 이러한 서비스가 가능해진 배경으로는 딥러닝 알고리즘을 적용한 스마트폰의 가속도 센서를 이용한 활동 인식[11] 등 모바일 디바이스 및 온바디 센서를 이용한 다양한 연구와 기술 개발을 들 수 있다.[12]

그 밖에도 좀 더 높은 수준의 사용자의 라이프스타일을 자동으로 인식하고자 하는 연구들이 진행되고 있으며, 이를 이용한 다양한 스마트폰 어플리케이션 등도 제공되고 있다.[13] 이 경우에는 학습 알고리즘이 사용자 개인에 대한 충분한 학습을 통해 사용자 개인의 성향을 파악할 수 있어야 한다. 따라서 사용자가 거부감없이 센서를 착용하고 일상 생활을 할 수 있어야 하므로 센서의 크기나 배터리에 따른 제약사항이 생긴다. 또, 학습 초기에는 학습 알고리즘이 제대로 작동하게 하기 위해서 적절한 보상 또는 피드백을 줄 수 있도록 사용자 스스로 데이터에 라이프스타일에 대한 태깅을 해주어야 한다는 한계가 존재한다. 최근 인공지능 분야에서 주목받고 있는 Generative adversarial network와 같은 비지도학습 알고리즘이 적용될 수 있기 위해서는 더 오랜 기간 동안 많은 수의 사람에 대한 데이터 수집이 이루어져야 하고 또 유의미한 센서 데이터가 수집 될 수 있도록 하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

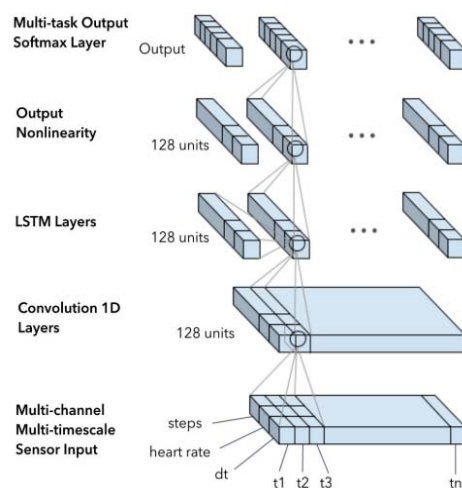
## 2.2 생리신호를 이용한 인공지능 헬스케어

최근 스마트폰이나 스마트 워치에 장착된 가속도 센서 등을 이용하여 사용자의 수면 상태를 트래킹 하는 어플리케이션 등의 다양한 수면 측정 서비스나 심박수를 측정하는 수준에 머물렀던 스마트 워치에 심전도를 측정할 수 있는 기술이 적용되어 심혈관 질환 관련 트래킹이 가능한 서비스들이 출시되어 주목받고 있다. 이처럼 피트니스 트래킹 이외에도 자신의 건강과 관련한 다양한 정보를 얻고자하는 수요가 있으며 더 나아가 일상 생활 중 질환으로 인한 위험상황을 인지하고 더 나아가 예측할 수 있게되기를 바라기도 한다. 따라서 다음과 같이 이러한 수요를 반영하여 이루어지고 있는 연구 및 기술들을 소개한다.

Valencell사는 심박센서의 데이터를 분석하여 사용자의 건강상태를 인식할 수 있는 Deepheart 아키텍처를 공개했다.[14] 이 아키텍처는 Convolutional layer와

LSTM layer로 구성되어, 비지도학습 알고리즘을 적용한 인식 결과가 기존 머신러닝 기법들 및 휴리스틱한 방법으로 사전훈련한 인식 결과들보다 더 나은 인식률을 보였다. Valencell사의 이러한 기술은 애플 워치에 탑재되어 애플 워치가 인식한 심박수 등의 데이터를 분석하고 24시간 심장건강 상태를 체크할 수 있는 서비스에 응용되고 있다.

수면 연구 분야에서 실제 수면 시간, 입면시간 등의 수면 관련 지표를 계산해내기 위해 개발된 액티그래프는 의료 분야에서 활용되는 손목 밴드 형태의 센서이다. 가속도 센서를 기본적으로 탑재하고 있으며 추가로 자이로 센서, 중력센서 및 조도 센서를 탑재하고 있기도 하다. 또, 심전도 정보를 얻기 위해 심전도 센서와 블루투스 통신을 통해 데이터를 수집하는 기능을 가지고 있는 기기도 있다. 액티그래프는 센서 자체보다는 관련 전문분야의 임상실험 및 데이터분석 결과를 바탕으로 구성된 분석 SW에 기술이 집약되어 있다. 가속도, 자이로 및 중력 센서에서 수집한 사용자의 수면 중 움직임 데이터를 바탕으로 대상자가 수면을 시작한 시간과 종료한 시간을 인식하고 수면 도중 깨어난 횟수, 다시 잠들기까지 걸리는 시간 등을 인식한다. 하지만 액티그래프는 사용자의 움직임만으로 수면 시간을 추정하여, 뇌파나 호흡센서로 알 수 있는 수면무호흡증 등 사용자의 수면에 대한 다양한 증상을 설명할 수 있는 데이터를 얻기 힘들다는 단점이 있다.[15] 그렇지만 실제 생활에서 대상자의 수면 데이터를 배터리 충전 없이 2주 이상 수집할 수 있어 수면과 관련한 많은 연구에서 활용되고 있다.[16]



▶▶ 그림 5. Valencell사의 DeepHeart 아키텍처[14]

액티그래프 센서와 함께 제공되는 SW에는 수면 장애 전문 분야에서 임상 데이터를 바탕으로 분석하여 연구 개발한 인식 알고리즘이 적용되어 있다.[13] 액티그래프 외에도 스마트폰의 가속도 센서와 조도 센서를 이용하여 사용자가 스마트폰을 침대 위에 올려놓고 수면을 취할 때 침대의 움직임 데이터를 분석하여 사용자의 수면 활동을 인식하는 알고리즘을 적용한 연구가 진행되기도 했다. [17] 기존의 액티그래프로 인식하기 어려웠던 수면제 복용과 관련한 수면 장애나 수면중 갑자기 다리를 떠는 것과 같은 주기적사지운동장애 등을 알고리즘 개선과 다른 센서 추가를 통해 인식하기 위한 연구도 진행되었다. [18]

사람들이 화가 나거나 기쁨 때나 극도로 긴장할 때, 그 정도가 매우 큰 경우 얼굴이 빨개지면서 피부의 온도가 올라가고 땀이 나기도 한다. 이와 같은 변화는 피부에 부착가능한 온도센서 및 피부전도도 센서로 측정할 수 있다.[19,20] 이러한 센서에서 수집한 데이터에 딥 러닝 등 인공지능 알고리즘을 적용하고 분석하여 사람의 감정을 인식하는 연구들이 진행되고 있다.[21] 이와 같은 감정 인식 기술을 통해 여럿이서 함께 즐기는 게임이나 원격으로 회의를 하며 협업을 하는 경우, 같이 협업하는 상대방의 감정을 인식하여 실제로 만나서 소통하는 것과 비슷한 협업 효과를 올릴 수 있는 것으로 기대하고 있다.[22] 그 뿐 아니라 생리신호와 활동정보를 종합하여 사람의 우울감이나 정서 장애로 인한 이상 행동이나 상태를 인식하고자 하는 노력도 진행 중이다. [23, 24] 기존의 인공지능 알고리즘을 이용한 인간의 감정 인식을 위한 데이터로서 주로 영상과 음성이 활용되어 왔지만 민감한 개인 정보를 담고 있다는 점에서 실제 서비스에 적용 시에 개인정보보호 문제를 해결해야 한다. 하지만 온바디 센서 데이터의 경우, 원시 데이터 자체가 개인정보 보호 문제에 대해서 상대적으로 자유롭다는 장점이 있어 온바디 센서 데이터를 이용한 활동 및 감정 인식은 향후 지속적으로 연구가 필요한 분야로 볼 수 있다.

### 3. 온바디 센서데이터를 활용한 인공지능 헬스케어의 미래

현재 웨어러블 디바이스 등에 장착된 온바디 센서 데이터는 사람들의 운동 상태 등 활동 정보 뿐 아니라 건강 상태까지 인식하여 사용자의 건강 정보 제공까지 폭넓게

활용되고 있다. 이와 같은 발전의 배경에는 센서의 크기가 작아지고 배터리 성능이 좋아져 사용자의 센서 착용 부담과 충전에 대한 번거로움이 줄어든 것을 들 수 있다. 또, 딥러닝 등 최근 급격하게 발전한 인공지능 알고리즘이 기여한 바도 크다. 피트니스 트래킹 영역에서는 알고리즘 성능이 좋아지면서 사용자가 운동을 시작한 시점과 끝나는 시점을 태깅하지 않아도 인식할 수 있는 활동의 종류가 많아지고 있고 더 나아가 식습관이나 수면습관 등 사용자의 라이프로그와 같은 맥락을 인식하는 연구가 진행 중이다. 생리 신호를 이용하여 심혈관계 질환 등 신체 건강 뿐 아니라 감정이나 정서를 인식하여 정서적 안정을 위한 분야의 연구 개발도 이루어지고 있다. 따라서 미래에는 온바디 센서데이터를 활용한 다양한 인공지능 헬스케어 서비스가 사람들에게 필요한 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 정부연, “웨어러블 디바이스 시장 현황과 전망”, 정보통신망 송정책 제30권 20호 통권 680호 2018년
- [2] “고(高)성장 ‘스마트 워치’, 기기 활용도 높아지며 기대감 확산”, ICT Brief, 정보통신기획평가원, 2019-06호 p.7 2019년
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>, 2019. 3. 12
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>, 2019. 3. 12
- [5] 테크앤비온드 편집부, “[스마트 워치/기술] 마음대로 바꾸면서 가볍고 똑똑하게”, 머니투데이 2014. <http://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2014071709307198258>, 2019. 3. 12
- [6] <https://www.empatica.com/en-int/research/science/>, 2019. 3. 14
- [7] 블로터, “애플워치4 심전도 기능 탑재... 헬스케어 업체로 진화하는 애플”, <https://www.bloter.net/archives/319452>, 2019. 3. 14
- [8] <https://valencell.com/press/2016/12/valencell-showcase-accuracy-innovation-biometric-wearables-hearables-ces-2017/>, 2019. 3.14
- [9] Kiaghadi, A., Baima, M., Gummesson, J., Andrew, T., & Ganesan, D., “Fabric as a Sensor: Towards Unobtrusive Sensing of Human Behavior with Triboelectric Textiles”, In Proceedings of the 16th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, ACM, pp. 199-210, 2018.
- [10] Google, <https://atap.google.com/jacquard/>, 2019.03.11
- [11] Liu, C., Zhang, L., Liu, Z., Liu, K., Li, X., & Liu, Y., “Lasagna: towards deep hierarchical understanding and searching over mobile sensing data”, In Proceedings of

- the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, ACM, pp. 334-347, 2016.
- [12] Chen, L., Hoey, J., Nugent, C. D., Cook, D. J., & Yu, Z, "Sensor-based activity recognition", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), Vol. 42(6), pp.790-808, 2012.
- [13] 전기만, 김현우, "멀티센서 기반의 개인형 라이프로그 서비스 시스템 구현에 관한 연구", 대한전자공학회 학술대회, 767권, 768호, 2017년
- [14] Ballinger, B., Hsieh, J., Singh, A., Sohoni, N., Wang, J., Tison, G. H., ... & Pletcher, M. J., "DeepHeart: semi-supervised sequence learning for cardiovascular risk prediction", In Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2018.
- [15] Lichstein, K. L., Stone, K. C., Donaldson, J., Nau, S. D., Soeffing, J. P., Murray, D., ... & Aguillard, R. N, "Actigraphy validation with insomnia. Sleep", Vol. 29(2), pp.232-239, 2006.
- [16] Girschik, J., Fritschi, L., Heyworth, J., & Waters, F, "Validation of self-reported sleep against actigraphy", Journal of epidemiology, Vol. 22(5), pp.462-468, 2012.
- [17] Sathyanarayana, A., Joty, S., Fernandez-Luque, L., Ofli, F., Srivastava, J., Elmagarmid, A. & Taheri, S, "Sleep quality prediction from wearable data using deep learning", JMIR mHealth and uHealth, Vol. 4(4), 2016.
- [18] Min, J. K., Doryab, A., Wiese, J., Amini, S., Zimmerman, J., & Hong, J. I, "Toss'n'turn: smartphone as sleep and sleep quality detector". In Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, ACM, pp. 477-486, 2014.
- [19] 박성수, & 이진창, "심박변이도 기반 감정예측 인공지능경망을 이용한 감정예측 추론과정 메커니즘에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회논문지, Vol. 22(7), pp.75-82, 2017.
- [20] Shin, W., Huh, B., & Park, M, "Development of Emotion Recovery System for Preventing Cumulative Psychological Stress of Emotional Workers", 대한인간공학회 학술대회논문집, pp. 17-22, 2017.
- [21] Sadeh, A, "The role and validity of actigraphy in sleep medicine: an update", Sleep medicine reviews, Vol. 15(4), pp.259-267, 2011.
- [22] Koelstra, S., Muhl, C., Soleymani, M., Lee, J. S., Yazdani, A., Ebrahimi, T., & Patras, I, "Deap: A database for emotion analysis; using physiological signals". IEEE transactions on affective computing, Vol. 3(1), pp. 18-31, 2012.
- [23] Ringeval, F., Sonderegger, A., Sauer, J., & Lalanne, D, "Introducing the RECOLA multimodal corpus of remote collaborative and affective interactions", In 2013 10th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG), IEEE, pp. 1-8, 2103
- [24] Can, Y. S., Arnrich, B., & Ersoy, C. "Stress Detection in Daily Life Scenarios Using Smart Phones and Wearable Sensors: A Survey", Journal of biomedical informatics, 103139, 2019.
- [25] Rohani, D. A., Faurholt-Jepsen, M., Kessing, L. V., & Bardram, J. E, "Correlations Between Objective Behavioral Features Collected From Mobile and Wearable Devices and Depressive Mood Symptoms in Patients With Affective Disorders: Systematic Review", JMIR mHealth and uHealth, Vol. 6(8), 2018.

### 저자 소개

#### ● 임지연(Jiyoun Lim)



- 2014년 8월 : KAIST 산업및시스템즈 공학 박사
- 2011년 3월~2013년 7월 : 한국기술교육대학교 산업경영학과 대우교수
- 2013년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원 신연구원 선임연구원

<관심분야> : 지식서비스, 경영정보시스템, 데이터마이닝, 빅데이터, IoT, 센서데이터, 웨어러블컴퓨팅