

기계학습을 이용한 ECG 및 PPG 신호 기반 다중 생체인식 시스템

조운현, 김상대

순천향대학교, 의료IT공학과

yoonyhuncho123@naver.com, sdkim.mie@sch.ac.kr

Multi-biometric system based on ECG and PPG signals using machine learning

Yoonhyun Cho, Sangdae Kim

Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

요약

생체인식 기술은 출입국 심사, 의료 및 온라인상에서 개인을 인증하는 수단으로 사용되고 있다. 신체적 특징을 이용한 지문, 얼굴, 홍채 등을 이용한 바이오 인식기술은 복제 및 변조에 대한 우려가 존재한다. 행동학적 특징을 이용한 뇌파, 심전도, 근전도 등 생체신호 중에서 심전도는 정확성이 90% 수준으로 가장 우수하다. 하지만 사람의 심장 상태가 질환 유무, 개인감정 등의 심리적 요인 등으로 정확도가 다소 떨어질 수 있다는 단점이 있다. PPG 신호는 지문인식 수준의 편리성과 신호 수집 시 거부감이 적고 다른 센서와 융합하여 사용하기에 적합하다. 따라서 단일 생체인식이 아닌 더 높은 정확성 검증을 위해 ECG와 PPG를 둘 다 사용하는 다중 생체인식 기술이 필요하다.

I. 서론

현대에는 IT 기술의 발달로 IOT, 핀테크 등의 모바일 서비스 기술 등의 발전하면서 편의성은 증가했지만, 개인정보 유출 및 위변조의 문제가 대두된다. 기존의 개인 인식 방법은 PIN, 공인 인증서, 생체인식 등의 다양한 보안 기술이 개발되었다. 그중 생체인식 기술은 다른 본인 인식 방법과 달리 잊어버릴 걱정이 없으며 복제가 어려워 본인 판단이 가능하다는 장점이 있다. [1]

생체인식기술은 생체의 형태에 기반을 둔 방법과 행위적 특성에 기반을 둔 방법으로 나눌 수 있다. 형태기반은 지문인식, 홍채인식, 안면인식 등 신체적 특징을 이용해 생체 정보를 추출하는 방법이며 행위적 특성에 따른 방법은 보행 패턴, 음성인식 등 행동에, 어투 등 개인의 각기 다른 행위적 특성에 기반을 둔 인식 방법이다. 그러나 이러한 생체 정보를 이용한 인증 방법은 위변조에 취약하다. 이러한 관점에서 심전도, 근전도, 광용적 맥파 등의 생체신호를 이용한 연구가 진행되고 있다.

생체신호를 이용한 인식 방법에는 ECG가 사용되며, 개인 인식 정확도가 84.3%로 가장 우수하다. PPG 신호는 대부분 웨어러블 장치에 부착되어 있어 신호 수집 시에 사용자들에게 거부감이 적고 경제적으로 장점이 있다. 하지만 ECG의 경우 최소 두 점을 부착하여 측정해야 하는 불편함이 있고 PPG같은 경우 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. ECG와 PPG 신호는 심장 박동의 영향에 의해 발생하는 신체 내부 정보라는 상관관계가 있고 PPG신호는 ECG 신호를 보조하는 역할로 사용할 수 있다는 연구 결과가 있다. ECG와 PPG 신호를 동시에 측정하는 경우, 생체신호검출 부위가 많아져 사용자에게 불편함을 주는 단점이 있지만 다양한 상황에서 정확한 검증을 해야 하므로 ECG와 PPG를 동시에 사용하는 다중 생체인식이 필요하다. [2]

II. 본론

2.1. 시스템 구성요소

본 절에서는 다중생체인식의 구성요소와 시스템에 대해 설명한다. 본 시스템은 다음과 같은 구성요소로 구성된다.

- 심전도(PSL-iECG2)
- 광전용적맥파(PSL-iPPG2C)

2.2. 시스템 동작 과정

본 절에서는 다중생체 인식 동작 과정에 대해 설명한다. 먼저, 동작 과정은 그림 1과 같이 간략히 표현된다.

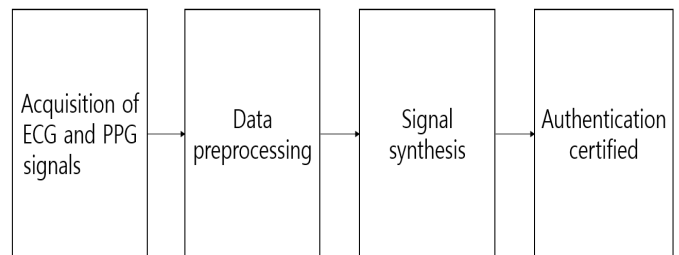


그림 1. 시스템 동작 과정

본 논문에서는 개인 인식 과정을 크게 4단계로 구성하였다. 먼저 ECG 신호와 PPG 신호의 획득 과정이 중요하다. 신호의 획득 과정에서는 편안한 분위기에서 진행되어야 하고 각각의 신호를 추출할 때는 같은 환경에서 측정 해야 한다. 개인 인식의 정확도를 향상하기 위해서는 데이터 특성이 일관성이 있어 하며 데이터의 일관성을 유지하기 데이터 전처리가 필요하다. 데이터 전처리 방법은 첫 번째 DC remove 과정으로 각 신호의 Baseline을 제거하기 위해 사용된다. 두 번째 Band pass filter를 사용해 데이터를 0과 1사이로 정규화한다. PPG의 주성분은 0.5 Hz~10Hz 사이에

존재하고 ECG 주성분은 0.5 Hz~40Hz 사이에 존재하며 Peak 점을 구하기 위해 100을 곱하여 정규화를 진행한다. 3 번째 Peak 점을 찾기 위해 zero-crossing 기법을 이용하여 신호를 미분해 가장 큰 점과 가장 작은 점을 segment로 선택하여 특징을 추출한다. 4 번째 cubic spline interpolation을 이용해 segment의 길이를 일정하게 유지하게 했으며 오차를 줄이기 위해서 overlap 평균을 적용하였다. 개인 인식 수행을 위해서는 개인을 구별할 수 있는 특징을 선택하는 것이 중요하다. 특징을 적절하게 하지 않으면 뛰어난 분류 모델을 사용하더라도 적절치 못한 분류 문제가 발생한다. 개인을 인식하는 특징으로 순간 주파수와 DCT를 이용하였다. [2]

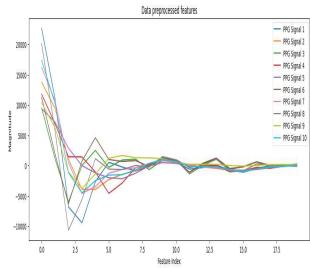


그림 2. ECG Signal

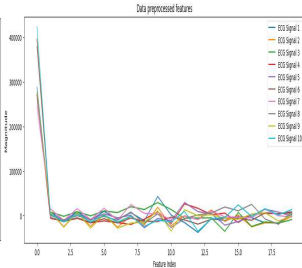


그림 3. PPG Signal

DCT를 이용하여 특성을 만들었다면 이를 이용하여 두 신호를 합성한다, 두 신호를 합성하기 위해서는 전처리된 신호를 이용하여 학습시켜 하이브리드 시스템을 구축하였다. training phase를 75%, test phase 25%로 구성하여 1D-CNN+RNN 모델에 학습시켜 개인을 인식할 수 있는 ID를 만든다. [3]

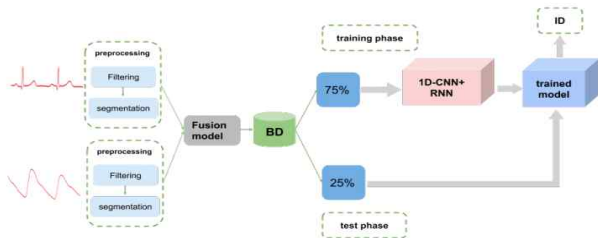


그림 4. Architecture of the hybrid system

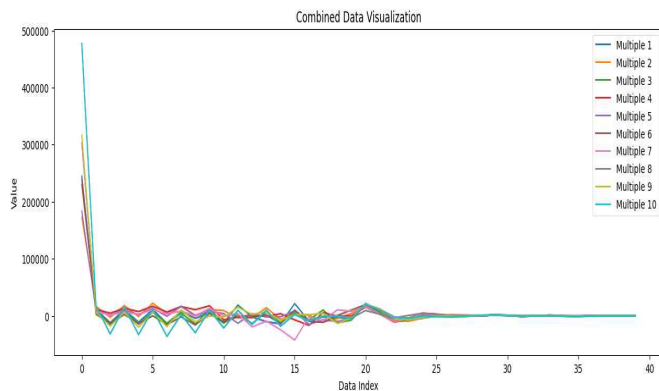


그림 5 . Combined Signal

마지막 구성 단계인 개인 인식은 분류 머신러닝 알고리즘을 사용합니다. 1. K-NN 분류 방법은 간단하지만, 직관적인 알고리즘으로 새로운 데이터를 분류할 때 가장 가까운 k개의 이웃을 찾아 다수결로 결정하게 됩니다.

feature의 개수가 많지 않다면 계산 복잡도가 낮아 효율적이다. 2. Decision 트리는 루트 노드, 결정 노드, 분기, 잎 노드로 분류되며 가장 효율적으로 선정하고 엔트로피가 최소화되는 방향으로 분류를 진행합니다. 3. Random Forest는 앙상블 학습 기법으로써 N개의 투표를 통해 최종결정하는 방법입니다. 기존 Decision tree의 과적합을 방지해 사용할 수 있는 장점이 있습니다.

	K-NN	Decision Tree	Random Forest
Accuracy	0.97	0.96	0.98
Precision	0.97	0.95	0.98
F1-score	0.99	0.98	0.99

그림 6. 성능평가

III. 결론

본 논문에서는 다양한 상황에서 정확한 검증을 하기 위해 ECG 신호와 PPG 신호를 이용하여 다중생체인식 시스템을 제안한다. 그중 Random Forest를 이용한 앙상블 기법이 가장 좋은 성능을 보여주었다. ECG 데이터와 PPG 데이터는 민감한 데이터이기 때문에 오픈 소스가 현저히 부족하며 두 신호를 1대1 대응시키는 데이터는 거의 찾아볼 수 없어 직접 신호를 채집하여만 하기에 다중생체인식은 개인 혼자 진행하기에 어려움이 있다. 소수의 사람과 적은 양의 데이터를 학습했음에도 좋은 성능을 보여주는 건 데이터가 편향된 거로 보인다. 따라서, 대규모의 데이터를 대상으로 개인 인식에 대한 검증이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2021년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음 (2021-0-01399)

참 고 문 헌

[1] 이세움, 김재성. (2017). 심전도를 이용한 생체신호 인증 알고리즘. 한국통신학회논문지, 42(12), 2350-2356, 10.7840/kics.2017.42.12.2350

[2] 이선우. "Wearable Device 적용을 위한 PPG 신호와 Machine Learning을 이용한 개인인식 연구." 국내석사학위논문 과학기술연합대학원대학교(UST), 2019. 대전

[3] Chayma Yaacoubi, Rym Besrou, and Zied Lachiri. 2020. A multimodal biometric identification system based on ECG and PPG signals. In Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Tools & Uses Congress (DTUC '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 16, 1 - 6. <https://doi.org/10.1145/3423603.3424053>