

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2023-0143407
(43) 공개일자 2023년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06V 40/70 (2022.01) A61B 5/346 (2021.01)
A61B 5/397 (2021.01) B60R 25/01 (2013.01)
B60R 25/25 (2013.01) G06T 11/00 (2006.01)
G06T 7/11 (2017.01) G06V 10/44 (2022.01)
G06V 10/46 (2022.01) G06V 10/774 (2022.01)
G06V 10/82 (2022.01)

(52) CPC특허분류

G06V 40/70 (2022.01)
A61B 5/346 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2022-0042244

(22) 출원일자 2022년04월05일

심사청구일자 2022년04월05일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

반성범

광주광역시 동구 필문대로 309 조선대학교 전자공학

최규호

광주광역시 동구 필문대로 309 조선대학교 전자공학
학과 6109호

(74) 대리인

특허법인지원

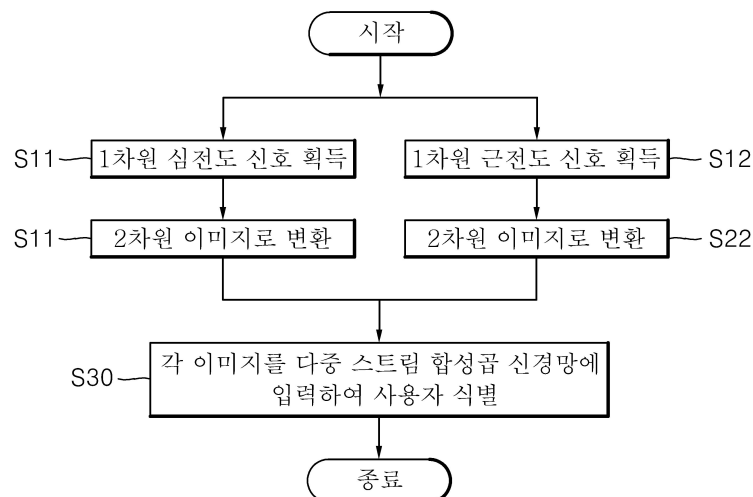
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법

(57) 요약

본 발명은 심전도와 근전도를 각각 이미지로 변환하고, 변환된 각 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망(multi-stream CNN)에 입력하여 사용자를 식별하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법은 사용자에 대한 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계 및 상기 2차원 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 입력하여 상기 사용자를 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/397 (2021.01)
B60R 25/01 (2013.01)
B60R 25/25 (2013.01)
G06T 11/00 (2013.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06V 10/454 (2023.08)
G06V 10/478 (2023.08)
G06V 10/774 (2023.08)
G06V 10/82 (2022.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345347532
과제번호	2017R1A6A1A03015496
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	대학중점연구소지원사업 (이공계분야)
연구과제명	웨어러블 디바이스 기반 다중생체 신호를 이용한 사용자 인증 기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	조선대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156026
과제번호	2021R1C1C2007976
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	세종과학펠로우십
연구과제명	생체신호 기반 운전자 중심의 지능형 멀티 바이오인식 융합 기술 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

사용자에 대한 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계;
 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계; 및
 상기 2차원 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 각각 입력하여 상기 사용자를 식별하는 단계를 포함하는
 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계는
 사용자의 신체와 접촉하는 차량 내 센서로부터 상기 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계를 포함하는
 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는
 상기 심전도 신호와 상기 근전도 신호를 동일한 샘플링 레이트(sampling rate)로 정규화하는 단계와,
 상기 정규화된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는
 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는
 버터워스 필터(Butterworth filter)를 통해 상기 심전도 및 근전도 신호 내 노이즈를 제거하는 단계와,
 상기 노이즈가 제거된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는
 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는
 상기 심전도 신호와 상기 근전도 신호를 비 기준점(non-fiducial) 분할을 통해 미리 설정된 시간만큼 분할하는
 단계와,

상기 분할된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는

시간에 대한 크기로 표현되는 심전도 및 근전도 신호를, 시간축 및 주파수축에 의해 표현되는 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는

상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램(spectrogram)으로 변환하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는

상기 심전도 및 근전도 신호에 CQT(Constant Q-transform)를 적용하여 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램으로 변환하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램으로 변환하는 단계는

하기 [수학식 1]에 따라 스펙트로그램으로 변환하는 단계를 포함하는

[수학식 1]

$$X(l, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t, \omega) x(t + lM) e^{-i2\pi Q t} dt$$

(X 는 스펙트로그램 값, ω 는 각 주파수, l 은 시간 인덱스, w 는 윈도우 함수, x 는 상기 심전도 또는 근전도 신호, Q 는 품질 상수(Quality factor), M 은 상기 심전도 또는 근전도 신호의 프레임 수)

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 멀티 스트림 합성곱 신경망은 상기 심전도 및 근전도 신호에 대한 이미지를 입력 데이터로 하고, 상기 사용자의 식별정보를 라벨 데이터로 하는 훈련 데이터셋에 의해 지도학습되는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 2차원 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 각각 입력하는 단계는

상기 심전도 신호에 대한 이미지를 제1 스트림 신경망에 입력하고, 상기 근전도 신호에 대한 이미지를 제2 스트림 신경망에 입력하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 사용자를 식별하는 단계는

상기 제1 및 제2 스트림 신경망에서 각각 추출된 특징을 연결(concatenation)하고, 상기 연결된 특징에 기초하여 상기 사용자를 식별하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 추출된 특징을 연결하는 단계는

상기 제1 스트림 신경망에서 추출된 특징 벡터와, 상기 제2 스트림 신경망에서 추출된 특징 벡터를 요소별 덧셈(element-wise summation)하는 단계를 포함하는

심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 심전도와 근전도를 각각 이미지로 변환하고, 변환된 각 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망(multi-stream CNN)에 입력하여 사용자를 식별하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 심전도는 심장의 전기생리학적 요인과 심장의 위치, 크기, 신체적 조건 등에 따른 개인 고유의 특성을 내포하고 있어 사용자 식별을 위한 생체신호로서 주목받고 있다.

[0004] 이에 따라, 최근 심전도를 이용한 사용자 식별 알고리즘이 개발되고 있으나, 심전도는 사용자의 신체 상태에 따른 노이즈를 상당히 포함하므로 식별 정확도가 낮다는 한계가 있다. 구체적으로, 심전도에는 사용자의 행동에 의한 움직임 아티팩트(motion artifact)가 포함되고, 이러한 노이즈로 인해 심전도를 이용한 식별 동작의 오류가 빈번히 발생한다.

[0005] 이에 따라, 사용자의 심전도를 통한 식별 동작에서 사용자의 행동적 특징까지 반영하여 검출 정확도를 향상시킬

수 있는 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 1차원 심전도 및 근전도 신호를 각각 2차원 이미지로 변환하고, 각 이미지로부터 추출된 특징에 기초하여 사용자를 식별하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법은 사용자에게 대한 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계 및 상기 2차원 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 입력하여 상기 사용자를 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 일 실시예에서, 상기 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계는 사용자의 신체와 접촉하는 차량 내 센서로부터 상기 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 상기 심전도 신호와 상기 근전도 신호를 동일한 샘플링 레이트(sampling rate)로 정규화하는 단계와, 상기 정규화된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 버터워스 필터(Butterworth filter)를 통해 상기 심전도 및 근전도 신호 내 노이즈를 제거하는 단계와, 상기 노이즈가 제거된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 상기 심전도 신호와 상기 근전도 신호를 비 기준점(non-fiducial) 분할을 통해 미리 설정된 시간만큼 분할하는 단계와, 상기 분할된 심전도 신호와 근전도 신호를 상기 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 시간에 대한 크기로 표현되는 심전도 및 근전도 신호를, 시간축 및 주파수축에 의해 표현되는 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램(spectrogram)으로 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환하는 단계는 상기 심전도 및 근전도 신호에 CQT(Constant Q-transform)를 적용하여 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램으로 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램으로 변환하는 단계는 하기 [수학식 1]에 따라 스펙트로그램으로 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] [수학식 1]
- [0020]
$$X(l, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t, \omega) x(t + lM) e^{-i2\pi Q t} dt$$
- [0021] (X 는 스펙트로그램 값, ω 는 각 주파수, l 은 시간 인덱스, w 는 윈도우 함수, x 는 상기 심전도 또는 근전도 신호, Q 는 품질 상수(Quality factor), M 은 상기 심전도 또는 근전도 신호의 프레임 수)

- [0022] 일 실시예에서, 상기 멀티 스트림 합성곱 신경망은 상기 심전도 및 근전도 신호에 대한 이미지를 입력 데이터로 하고, 상기 사용자의 식별정보를 라벨 데이터로 하는 훈련 데이터셋에 의해 지도학습되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 일 실시예에서, 상기 2차원 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 입력하는 단계는 상기 심전도 신호에 대한 이미지를 제1 스트림 신경망에 입력하고, 상기 근전도 신호에 대한 이미지를 제2 스트림 신경망에 입력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 사용자를 식별하는 단계는 상기 제1 및 제2 스트림 신경망에서 각각 추출된 특징을 연결(concatenation)하고, 상기 연결된 특징에 기초하여 상기 사용자를 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 일 실시예에서, 상기 추출된 특징을 연결하는 단계는 상기 제1 스트림 신경망에서 추출된 특징 벡터와, 상기 제2 스트림 신경망에서 추출된 특징 벡터를 요소별 덧셈(element-wise summation)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명은 심전도와 근전도 신호에 각각 대응하는 2차원 이미지로부터 추출된 특징에 기초하여 사용자를 식별함으로써, 사용자의 고유 생체정보뿐만 아니라 움직임 아티팩트까지 고려할 수 있고, 이에 따라 사용자 식별의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 심전도 및 근전도 신호를 CQT(Constant Q-transform)를 통해 스펙트로그램으로 변환하고 이에 기초하여 사용자를 식별함으로써, 심전도 및 근전도 신호의 형태적 특징을 신경망 학습에 적극적으로 반영할 수 있고, 이에 따라 사용자 식별의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0029] 상술한 효과와 더불어 본 발명의 구체적인 효과는 이하 발명을 실시하기 위한 구체적인 사항을 설명하면서 함께 기술한다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법을 도시한 순서도.
- 도 2는 심전도와 근전도를 각각 검출하는 센서를 설명하기 위한 도면.
- 도 3은 심전도와 근전도 신호를 도시한 도면.
- 도 4는 심전도 신호와 근전도 신호를 정규화하는 과정을 설명하기 위한 도면.
- 도 5는 심전도 신호와 근전도 신호를 분할하는 과정을 설명하기 위한 도면.
- 도 6은 심전도 신호와 근전도 신호가 각각 이차원 이미지로 변환된 모습을 도시한 도면.
- 도 7 및 도 8은 심전도 신호와 근전도 신호가 각각 CQT 이미지로 변환된 모습을 도시한 도면.
- 도 9는 멀티 스트림 합성곱 신경망의 동작을 설명하기 위한 도면.
- 도 10은 본 발명에 따른 사용자 식별 정확도를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 가리키는 것으로 사용된다.
- [0033] 본 명세서에서 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용

하는 것으로, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 제1 구성요소는 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

- [0034] 또한, 본 명세서에서 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 상기 구성요소들은 서로 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성요소 사이에 다른 구성요소가 "개재"되거나, 각 구성요소가 다른 구성요소를 통해 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0035] 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0036] 또한, 본 명세서에서, "A 및/또는 B" 라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, A, B 또는 A 및 B 를 의미하며, "C 내지 D" 라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, C 이상이고 D 이하인 것을 의미한다
- [0037] 본 발명은 심전도와 근전도를 각각 이미지로 변환하고, 변환된 각 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망(multi-stream CNN)에 입력하여 사용자를 식별하는 방법에 관한 것이다. 이하, 도 1 내지 도 9를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법을 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법을 도시한 순서도이다.
- [0039] 도 2는 심전도와 근전도를 각각 검출하는 센서를 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 심전도와 근전도 신호를 도시한 도면이다.
- [0040] 도 4는 심전도 신호와 근전도 신호를 정규화하는 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 심전도 신호와 근전도 신호를 분할하는 과정을 설명하기 위한 도면이며, 도 6은 심전도 신호와 근전도 신호가 각각 이차원 이미지로 변환된 모습을 도시한 도면이다.
- [0041] 도 7 및 도 8을 심전도 신호와 근전도 신호가 각각 CQT 이미지로 변환된 모습을 도시한 도면이다. 또한, 도 9는 멀티 스트림 합성곱 신경망의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0042] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심전도와 근전도를 이용한 사용자 식별 방법(이하, 사용자 식별 방법)은 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득하는 단계(S11, S12), 각 신호를 2차원 이미지로 변환하는 단계(S21, S22), 각 이미지를 멀티 스트림 합성곱 신경망에 입력하여 사용자를 식별하는 단계(S30)를 포함할 수 있다.
- [0043] 다만, 도 1에 도시된 사용자 식별 방법은 일 실시예에 따른 것이고, 발명을 이루는 각 단계들이 도 1에 도시된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 필요에 따라 일부 단계들이 부가, 변경 또는 삭제될 수 있다.
- [0044] 도 1에 도시된 각 단계들은 프로세서에 의해 수행될 수 있으며, 프로세서는 후술하는 발명의 동작을 수행하기 위하여 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 제어기(controller), 마이크로 컨트롤러(micro-controllers) 중 적어도 하나의 물리적인 요소를 포함하여 구현될 수 있다.
- [0045] 이하, 도 1에 도시된 각 단계를 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0046] 프로세서는 사용자에게 대한 1차원 심전도 및 근전도 신호를 획득할 수 있다(S11, S12).
- [0047] 심전도(electrocardiogram; ECG)와 근전도(electromyogram; EMG)는 각각 심장의 수축 및 근육의 움직임에 따라 발생하는 1차원 전기적 신호로서, 전류 센서 및/또는 전압 센서를 통해 측정될 수 있다. 심전도 검출을 위해 센서는 사용자의 심장부위에 접촉되도록 설치될 수 있고, 근전도 검출을 위해 센서는 사용자의 근육부위에 접촉되도록 설치될 수 있다.
- [0048] 프로세서는 이러한 센서와 데이터통신을 수행할 수 있고, 센서로부터 심전도 및 근전도 신호를 수신할 수 있다.
- [0049] 일 예에서, 본 발명은 운전자 인증/식별 동작에 이용될 수 있고, 이 때, 프로세서는 사용자의 신체와 접촉하는 차량 내 센서로부터 심전도 및 근전도 신호를 획득할 수 있다.
- [0050] 도 2를 예로 들어 설명하면, 심전도 및 근전도를 검출하기 위한 각 센서(S1, S2)는 차량 내에 설치되어 사용자

의 신체에 접촉될 수 있다. 구체적으로, 심전도 검출 센서(S1)와 근전도 검출 센서(S2)는 각각 안전벨트에 설치될 수 있다. 심전도 검출 센서(S1)는 사용자가 안전벨트를 착용하였을 때 사용자의 심장부위(A1)에 접촉되도록 설치될 있고, 근전도 검출 센서는 사용자가 안전벨트를 착용하였을 때 사용자의 근육부위(A2), 구체적으로는 승모근부위에 접촉되도록 설치될 수 있다.

- [0051] 프로세서는 각 센서(S1, S2)와 데이터통신을 수행하여 각 센서(S1, S2)에서 검출된 심전도 및 근전도 신호를 수신할 수 있다. 본 명세서에서는 프로세서가 센서(S1, S2)로부터 심전도 및 근전도 신호를 직접 획득하는 것을 예로 들어 설명하였으나, 이는 하나의 예시에 불과하며 프로세서가 센서(S1, S2)에 의해 검출되어 메모리 또는 데이터베이스에 미리 저장된 심전도 및 근전도 신호를 획득할 수도 있음은 당연하다.
- [0052] 도 3을 참조하면, 한 주기의 심전도 신호는 P파, QRS complex, T파로 이루어질 수 있다. P파는 심방의 탈분극에 의해 발생할 수 있고, QRS complex는 좌우 심실의 탈분극에 의해 발생할 수 있으며, T파는 심실 재분극에 의해 발생할 수 있다. 한편, 근전도 신호는 근육세포의 탈분극과 재분극에 의해 발생할 수 있으며, 심전도 신호와는 달리 자율신경계의 동작에 따라 발생하는 신호가 아니므로 주기성을 갖지 않을 수 있다.
- [0053] 프로세서는 이러한 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 변환할 수 있는데(S21, S22), 변환에 앞서 심전도 및 근전도 신호에 대한 전처리 동작을 수행할 수 있다. 이하, 각 실시예에 따른 전처리 방법을 설명하도록 한다.
- [0054] 일 실시예에 따른 전처리에서, 프로세서는 심전도 신호와 근전도 신호를 동일한 샘플링 레이트(sampling rate)로 정규화할 수 있다.
- [0055] 도 4를 예로 들어 설명하면, 심전도 신호는 15.5[Hz]의 샘플링 레이트에 따라 검출될 수 있고, 근전도 신호는 31[Hz]의 샘플링 레이트에 따라 검출될 수 있다. 프로세서는 심전도 신호와 근전도 신호에 포함된 데이터의 수를 일치시키기 위하여 각 신호의 샘플링 레이트를 정규화할 수 있다.
- [0056] 예컨대, 프로세서는 심전도 신호를 업 샘플링(up-sampling)하여 각 신호의 샘플링 레이트를 31[Hz]로 정규화시킬 수 있고, 근전도 신호를 다운 샘플링(down-sampling)하여 각 신호의 샘플링 레이트를 15.5[Hz]로 정규화시킬 수도 있으며, 각 신호에 업 샘플링 및/또는 다운 샘플링을 적용하여 각 신호의 샘플링 레이트를 임의의 값으로 정규화시킬 수도 있다.
- [0057] 샘플링 레이트는 후술되는 심전도 및 근전도에 대한 이미지의 해상도를 결정할 수 있고, 전술한 정규화 동작을 통해 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)의 입력 데이터(심전도 및 근전도에 대한 이미지) 규격을 일원화할 수 있어 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)의 학습 일관성 및 효율성을 확보할 수 있다.
- [0058] 일 실시예에 따른 전처리에서, 프로세서는 버터워스 필터(Butterworth filter)를 통해 심전도 신호와 근전도 신호 내 노이즈를 제거할 수 있다. 심전도 신호와 근전도 신호에는 신체 내부에서 발생하는 노이즈 또는 검출 환경에 따른 외부의 노이즈가 포함될 수 있다. 프로세서는 통과 대역에서 평탄한 주파수 응답을 갖는 버터워스 필터를 통해 노이즈를 제거할 수 있다.
- [0059] 구체적으로, 심전도 특징은 1-40[Hz] 대역에서 주로 나타나는 것으로 알려져 있으므로, 프로세서는 통과대역이 1-40[Hz]인 버터워스 대역 통과 필터(Band Pass Filter)에 심전도 신호를 통과시킬 수 있고, 이에 따라 심전도 신호 중 심전도 특징을 반영하지 않는 노이즈는 제거될 수 있다.
- [0060] 한편, 근전도 특징은 50-100[Hz] 대역에서 주로 나타나는 것으로 알려져 있으므로, 프로세서는 통과대역이 50-100[Hz]인 버터워스 대역 통과 필터에 근전도 신호를 통과시킬 수 있고, 이에 따라 근전도 신호 중 근전도 특징을 반영하지 않는 노이즈는 제거될 수 있다.
- [0061] 일 실시예에 따른 전처리에서, 프로세서는 심전도 신호와 근전도 신호를 비 기준점(non-fiducial) 분할을 통해 미리 설정된 시간만큼 분할할 수 있다.
- [0062] 도 5를 예로 들어 설명하면, 앞서 설명한 정규화를 통해 심전도와 근전도 신호의 샘플링 레이트는 동일하게 제어될 수 있다. 이 때, 프로세서는 정규화된 심전도 신호 또는 근전도 신호를 비 기준점 분할할 수 있다. 구체적으로, 프로세서는 각 신호가 갖는 파형의 구조 및 특징에 관계 없이 각 신호를 미리 설정된 시간(예컨대, 5초)만큼 분할할 수 있다. 이에 따라, 1차원 심전도 신호 및 근전도 신호는 특별한 기준점 없이 5초 단위의 신호로 분할될 수 있다.
- [0063] 이와 같은 비 기준점 분할을 통해 어떠한 기준 없이 일정 규격(예컨대, 5초 단위)의 심전도 및 근전도 신호를

생성할 수 있고, 이를 통해 후술하는 신경망 모델 학습 시, 신경망 모델의 학습이 편향되는 것을 방지할 수 있다.

- [0064] 전술한 전처리가 완료되면, 프로세서는 심전도 및 근전도 신호를 2차원 이미지로 각각 변환할 수 있다(S21, S22).
- [0065] 도 6을 참조하면, 프로세서는 전처리된 심전도 신호를 2차원 이미지(10)로 변환할 수 있고, 또한 전처리된 근전도 신호를 2차원 이미지(20)로 변환할 수 있다. 이하에서는 심전도 신호에 대한 2차원 이미지(10)를 심전도 이미지(10)로, 근전도 신호에 대한 2차원 이미지(20)를 근전도 이미지(20)로 지칭하도록 한다.
- [0066] 본 발명에서 2차원 이미지(10, 20)는 시간축 및 주파수축에 의해 표현될 수 있다. 이에 따라, 프로세서는 시간에 대한 크기로 표현되는 심전도 및 근전도 신호가 시간축 및 주파수축에 의해 표현되도록 변환할 수 있고, 이를 위해 아래와 같은 방법을 이용할 수 있다.
- [0067] 일 실시예에서, 프로세서는 심전도 및 근전도 신호를 2차원 스펙트로그램(spectrogram)으로 변환할 수 있다. 스펙트로그램은 시간에 따른 크기로 표현되는 1차원 신호가 변환된 이미지로, 시간축 및 주파수축에 의해 표현되며, 시간 및 주파수의 변화에 따른 신호 크기 변화량이 농도 및/또는 색상으로 표현되는 이미지일 수 있다.
- [0068] 프로세서는 심전도 및 근전도 신호에 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용하여 심전도 및 근전도 신호를 스펙트로그램으로 변환할 수 있으며, 변환 대상 시간, 즉 전술한 비 기준점 분할 시간(예컨대, 5초)을 조절하여 스펙트로그램의 데이터 사이즈를 조절할 수 있다.
- [0069] 도 7 및 도 8을 참조하면, 프로세서는 심전도 및 근전도 신호에 STFT 대신, CQT(Constant Q-transform)를 적용하여 심전도 및 근전도 신호를 스펙트로그램(10, 20)으로 변환할 수 있다. 이 경우, 스펙트로그램(10, 20)은 주파수 대역마다 해상도를 달리하게 되며, STFT를 통한 변환에 비해 높은 주파수에서 더 많은 정보를 표현할 수 있다.
- [0070] 구체적으로, 프로세서는 하기 [수학식 1]에 따라 심전도 및 근전도 신호에 CQT를 적용할 수 있고, 식으로 표현되지는 않았으나 추가적으로 프로세서는 로그(log) 함수를 적용하여 스펙트로그램 값을 데시벨 스케일로 변환할 수 있다.

수학식 1

$$X(l, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t, \omega) x(t + lM) e^{-i2\pi Q t} dt$$

- [0071]
- [0072] (X 는 스펙트로그램 값, ω 는 각 주파수, l 은 시간 인덱스, w 는 윈도우 함수, x 는 심전도 또는 근전도 신호, Q 는 품질 상수(Quality factor), M 은 심전도 또는 근전도 신호에서 윈도우가 적용되는 프레임의 수)
- [0073] 여기서 Q 값은 주파수 대역에 대한 중심 주파수의 비율로 정의되므로, [수학식 1]에 의하면 낮은 주파수 영역에서는 좁은 대역폭의 윈도우가 적용되고, 높은 주파수 영역에서는 넓은 대역폭의 윈도우가 적용될 수 있다. 이에 따라, 도 7에 도시된 바와 같이, 심전도 신호의 형태적 특징(P파, QRS complex, T파)들은 높은 데시벨로 표현될 수 있다.
- [0074] 즉, 스펙트로그램 생성에 CQT를 적용하는 경우, 스펙트로그램의 분해능, 즉 해상도는 심전도 및 근전도 신호가 가진 고유 주파수 대역에 적합하도록 조절될 수 있다. 이에 따라, 후술되는 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)은 스펙트로그램으로부터 심전도 및 근전도 신호의 고유 특징을 보다 효율적으로 추출하게 되므로 신경망(100)의 학습 정확도 및 학습 속도가 향상될 수 있다.
- [0075] 전술한 방법에 따라 심전도 및 근전도 신호가 2차원 이미지(10, 20)로 변환되면, 프로세서는 각 2차원 이미지(10, 20)를 멀티 스트림 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network; CNN, 100)에 입력하여 사용자를 식별할 수 있다(S30). 이하에서는 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)에 입력되는 2차원 이미지(10, 20)가 CQT를 통해 변환된 스펙트로그램(10, 20)인 것으로 가정하여 설명하도록 한다.
- [0076] 본 발명에 적용되는 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)은 심전도 및 근전도 이미지(10, 20)를 입력 데이터로 하고, 사용자의 식별정보를 라벨 데이터로 하는 훈련 데이터셋에 의해 지도학습(supervised learning)될 수 있다.

- [0077] 훈련 데이터셋은 입력 데이터와 라벨링(labeling)된 출력 데이터, 즉 라벨 데이터로 구성될 수 있다. 사용자는 심전도 및 근전도 이미지(10, 20)를 입력 데이터로 설정하고, 해당 이미지들에 대응하는 사용자의 식별정보를 라벨링하여 라벨 데이터를 생성할 수 있다.
- [0078] 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)은 심전도 및 근전도 이미지(10, 20)를 입력받아 라벨 데이터를 출력하도록 지도학습될 수 있다. 지도학습에 따라 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)을 구성하는 각 노드에 적용되는 파라미터(가중치(weight), 바이어스(bias))는 학습 및 갱신될 수 있고, 학습이 완료되면 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)은 임의의 심전도 및 근전도 이미지(10, 20)를 입력받아, 해당 이미지에 대응하는 사용자의 식별정보를 출력할 수 있다.
- [0079] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)은 제1 스트림 신경망(110), 제2 스트림 신경망(120) 및 분류 신경망(130)을 포함할 수 있다. 각 스트림 신경망(110, 120)은 여러 쌍의 합성곱(conv.) 레이어 및 풀링(pooling) 레이어를 포함할 수 있고, 한 쌍의 합성곱 레이어 및 풀링 레이어의 출력이 다음 쌍의 합성곱 레이어 및 풀링 레이어에 입력되는 구조를 가질 수 있다. 한편, 합성곱 레이어에는 배치 정규화(Batch Normalization; BN)와 ReLU(Rectified Linear Unit) 함수가 적용될 수 있다.
- [0080] 프로세서는 심전도 이미지(10)를 제1 스트림 신경망(110)에 입력하고, 근전도 이미지(20)를 제2 스트림 신경망(120)에 입력할 수 있다. 심전도 이미지(10) 및 근전도 이미지(20)는 각 스트림 신경망(110, 120)의 첫번째 합성곱 레이어에 입력될 수 있고, 첫번째 합성곱 레이어의 출력은 첫번째 풀링 레이어에 입력될 수 있다. 첫번째 풀링 레이어의 출력은 두번째 합성곱 레이어에 입력될 수 있고, 두번째 합성곱 레이어의 출력은 두번째 풀링 레이어에 입력될 수 있다. 이러한 과정이 수차례 반복됨으로써 심전도 이미지 및 근전도 이미지(10, 20)의 특징이 추출될 수 있다.
- [0081] 프로세서는 제1 및 제2 스트림 신경망(110, 120)에서 추출된 특징을 연결(concatenation)하고, 연결된 특징에 기초하여 사용자를 식별할 수 있다.
- [0082] 다시 도 9를 참조하면, 프로세서는 분류 신경망(130)을 통해 심전도 이미지(10)에서 추출된 특징과 근전도 이미지(20)에서 추출된 특징을 연결하고, 연결된 특징으로부터 사용자를 식별할 수 있다.
- [0083] 분류 신경망(130)은 연결 레이어, 완전 연결(Fully Connected; FC) 레이어 및 소프트맥스(softmax; SM) 레이어를 포함할 수 있다. 연결 레이어는 제1 스트림 신경망(110)에서 추출된 심전도 이미지(10)의 특징 벡터와, 제2 스트림 신경망에서 추출된 근전도 이미지(20)의 특징 벡터를 연결할 수 있고, 예컨대 각 스트림 신경망(110, 120)에서 추출된 특징 벡터를 하기 [수학식 2]에 따라 요소별 덧셈(element-wise summation)함으로써 두 특징 벡터를 연결할 수 있다.
- 수학식 2**
- [0084]
$$F_{concat} = 2D_Conv(x_{CQT/ECG}) + 2D_Conv(x_{CQT/EMG})$$
- [0085] (F_{concat} 는 결합된 특징 벡터, $x_{CQT/ECG}$ 는 CQT 변환을 통해 생성된 심전도 이미지, $x_{CQT/EMG}$ 는 CQT 변환을 통해 생성된 근전도 이미지, $2D_Conv$ 는 합성곱 레이어, 배치 정규화, 풀링 레이어 및 ReLU 함수에 의해 연산되는 함수)
- [0086] 연결된 두 특징 벡터는 완전 연결 레이어에 입력될 수 있고, 완전 연결 레이어의 출력에 소프트맥스 함수가 적용됨으로써, 최종적으로 멀티 스트림 합성곱 신경망(100)으로부터 분류 스코어가 출력될 수 있다.
- [0087] 분류 스코어는 라벨 데이터에 의해 정의된 클래스(class), 즉 사용자 식별정보에 대한 확률로 표현될 수 있고, 심전도 및 근전도 이미지(10, 20)가 어느 사용자 식별정보에 대응하는지에 대한 확률을 나타낼 수 있다.
- [0088] 프로세서는 분류 스코어에 기초하여 사용자를 식별할 수 있다. 구체적으로, 프로세서는 분류 스코어 행렬 내 최대 성분에 대응하는 사용자 식별정보를 추출할 수 있고, 이에 대응하는 사용자를 식별할 수 있다.
- [0089] 도 10은 본 발명을 차량을 주행중인 운전자의 식별 동작에 이용하였을 때, 식별 정확도를 나타낸 그래프이다.
- [0090] 도 10을 참조하면, 스펙트로그램 생성에 CQT를 적용하는 것이 STFT를 적용하는 것보다 전체적으로 사용자 식별

성능이 향상됨 확인할 수 있었으며, 특히 심전도 및 근전도 스펙트로그램을 모두 이용하는 것이, 어느 한 신호만을 이용하는 것 보다 모든 경우에서 더 나은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

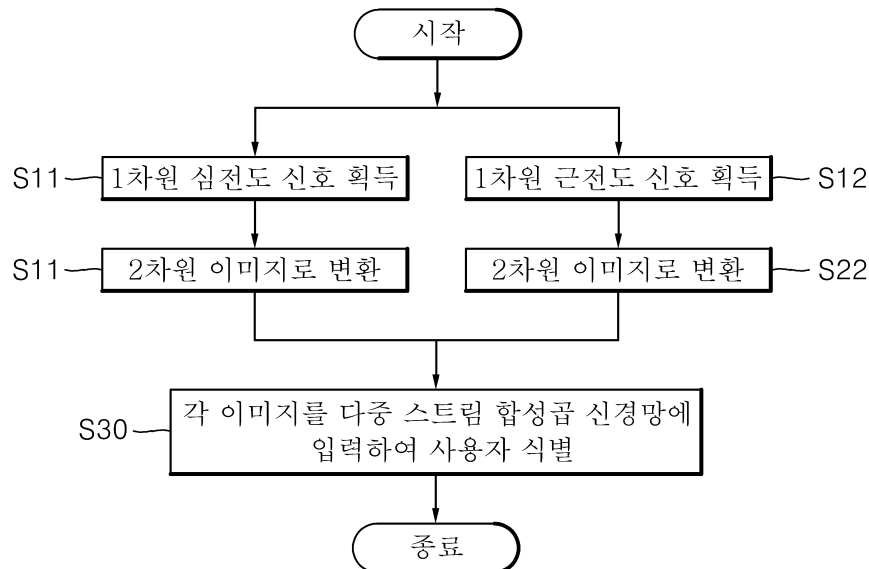
[0091] 전술한 바와 같이, 본 발명은 심전도와 근전도 신호에 각각 대응하는 2차원 이미지로부터 추출된 특징에 기초하여 사용자를 식별함으로써, 사용자의 고유 생체정보뿐만 아니라 움직임 아티팩트까지 고려할 수 있고, 이에 따라 사용자 식별의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0092] 또한, 본 발명은 특히 심전도 및 근전도 신호를 CQT를 통해 스펙트로그램으로 변환하고 이에 기초하여 사용자를 식별함으로써, 심전도 및 근전도 신호의 형태적 특징을 신경망 학습에 보다 적극적으로 반영할 수 있고, 이에 따라 사용자 식별의 정확도를 향상시킬 수 있다.

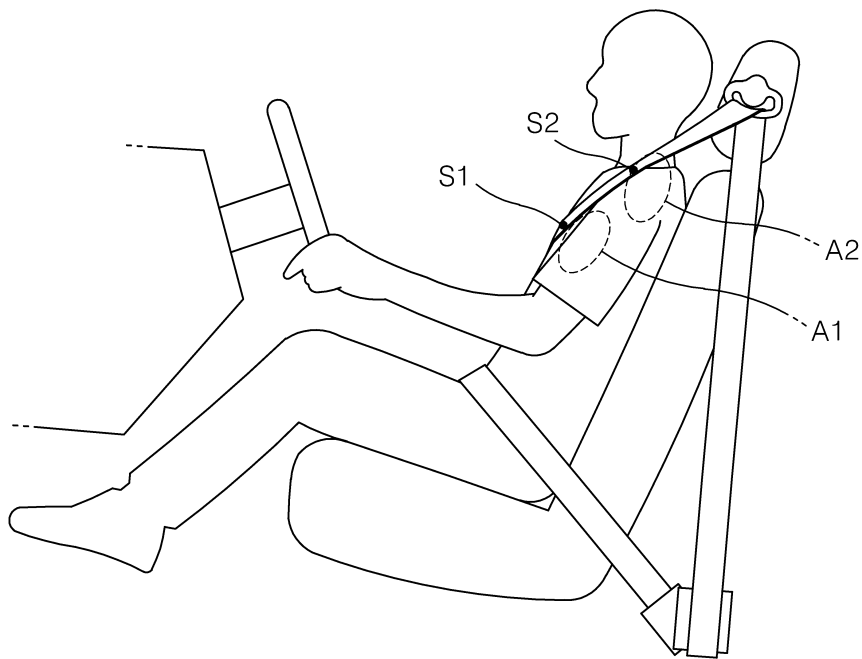
[0093] 이상과 같이 본 발명에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시 예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 통상의 기술자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 자명하다. 아울러 앞서 본 발명의 실시 예를 설명하면서 본 발명의 구성에 따른 작용 효과를 명시적으로 기재하여 설명하지 않았을 지라도, 해당 구성에 의해 예측 가능한 효과 또한 인정되어야 함은 당연하다.

도면

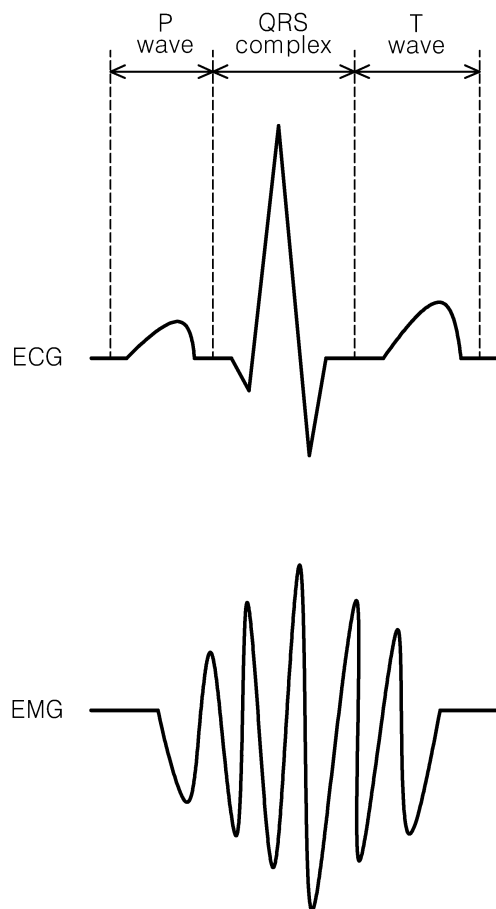
도면1



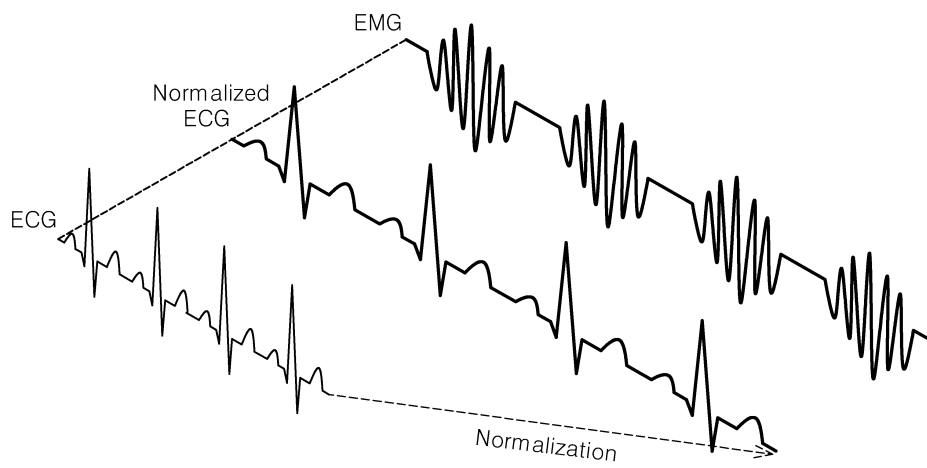
도면2



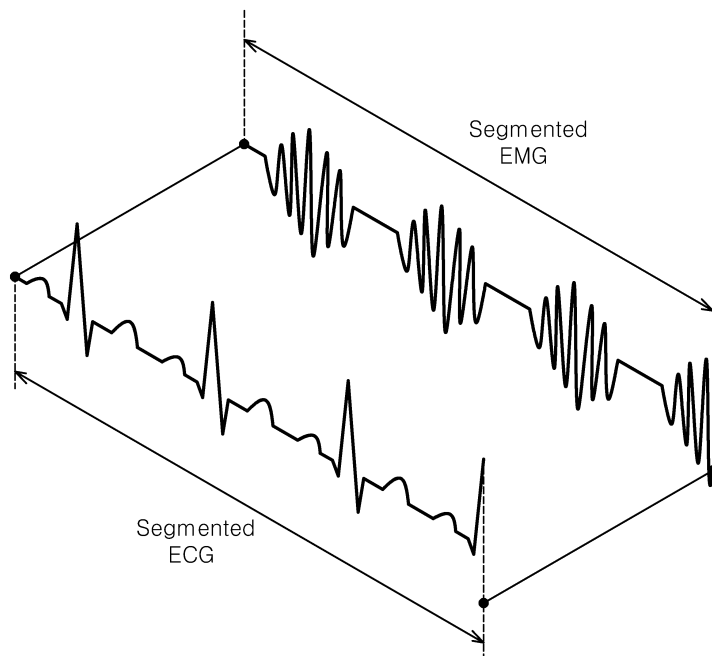
도면3



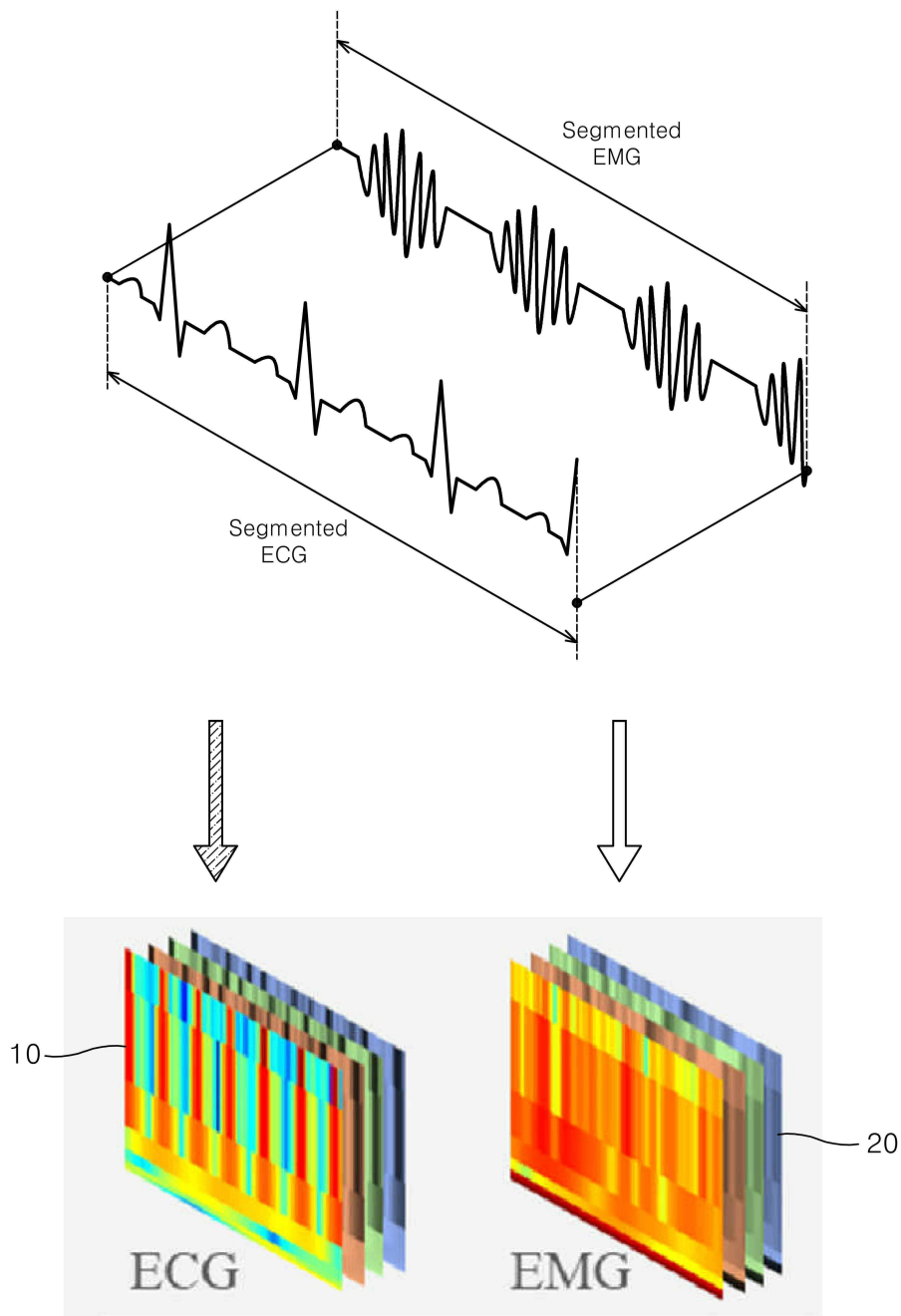
도면4



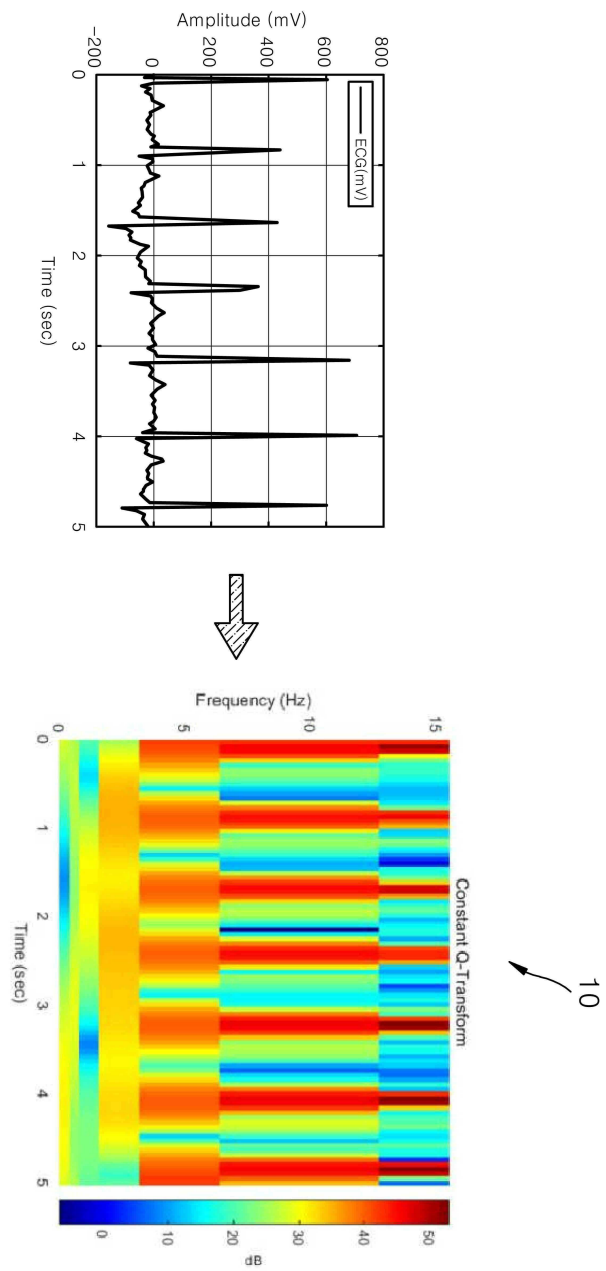
도면5



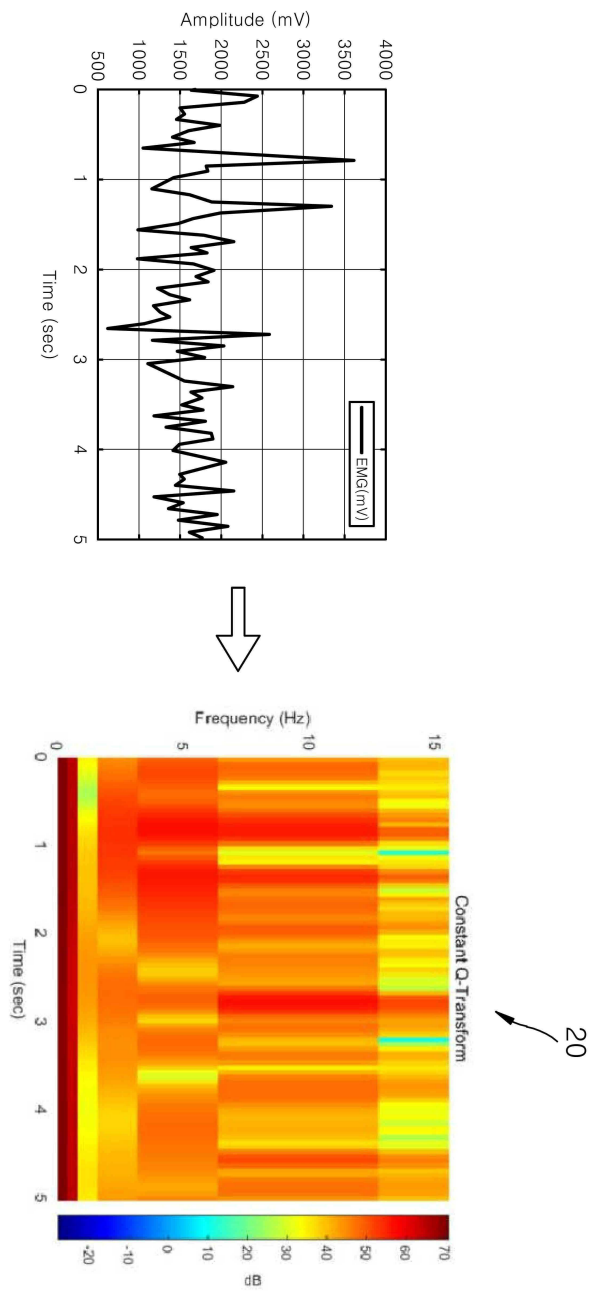
도면6



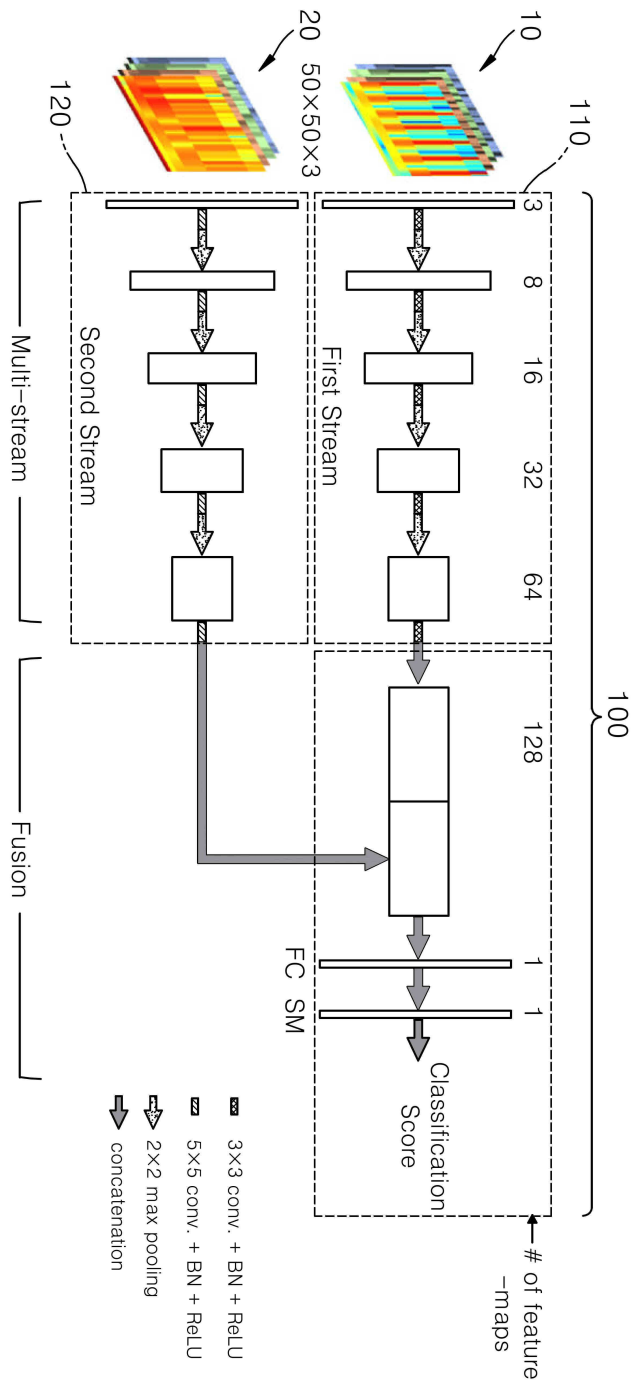
도면7



도면8



도면9



도면10

