(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월07일
(11) 등록번호 10-1865263
(24) 등록일자 2018년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 21/32 (2013.01) *A61B 5/00* (2006.01)
A61B 5/0408 (2006.01) *A61B 5/0452* (2006.01)
A61B 5/0456 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 21/32 (2013.01)
A61B 5/0408 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0008693
(22) 출원일자 2017년01월18일
심사청구일자 2017년01월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160026496 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
전세영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김성필
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김한빛
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
유미특허법인

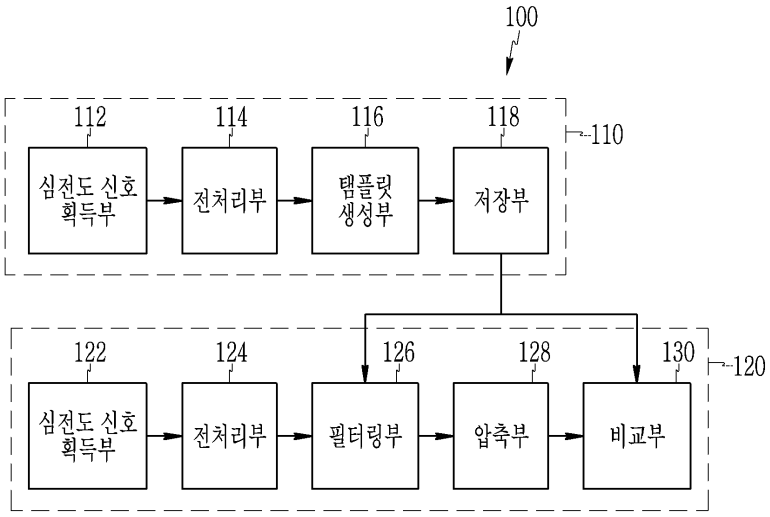
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 문남두

(54) 발명의 명칭 **심전도 기반의 인증 장치**

(57) 요 약

본 발명은 심전도 기반의 인증 장치에 관한 것이다. 본 발명은 원본 심전도 신호를 랜덤하게 인코딩하여 사용자 등록 정보로 저장하고, 원본 심전도 신호를 비가역적으로 변형한 가이드 필터를 이용하여 인증하고자 하는 사용자의 심전도 신호의 잡음을 제거함으로써 보안성 및 인증 정확도를 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/04525 (2013.01)
A61B 5/0456 (2013.01)
A61B 5/7225 (2013.01)
A61B 5/7235 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711042496
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발
연구과제명 타인도용이 불가능한 생체정보 기반 웨어러블 디바이스 본인 인식기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2016.07.01~2017.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

단일의 박동에 대한 인증 심전도 신호를 획득하는 심전도 신호 획득부;

미리 저장된 필터 템플릿을 이용하여 상기 인증 심전도 신호의 잡음을 제거하는 필터링부;

상기 잡음이 제거된 인증 심전도 신호를 인코딩하여 인증 템플릿을 생성하는 압축부; 및

미리 저장된 압축 등록 템플릿과 상기 인증 템플릿을 비교하여 사용자 인증을 수행하는 비교부를 포함하고,

상기 필터 템플릿 및 상기 압축 등록 템플릿은

복수의 박동에 대한 등록 심전도 신호로부터 생성된 등록 템플릿이 변형된 템플릿이고,

상기 압축 등록 템플릿은,

랜덤 행렬을 이용하여 상기 등록 템플릿을 인코딩한 템플릿인 심전도 기반의 인증 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 압축부는

상기 랜덤 행렬을 이용하여 상기 잡음이 제거된 인증 심전도 신호를 상기 인증 템플릿으로 인코딩하는 심전도 기반의 인증 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 필터 템플릿은 상기 등록 템플릿의 P파 및 T파를 제거하여 QRS파의 일부를 추출하고, 상기 추출된 QRS파의 크기를 축소하여 생성된 파형 이미지에 대응하는 심전도 기반의 인증 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 파형 이미지는 상기 P파 및T파가 제거된 부분에 상기 QRS파의 양측 단부의 값으로 채워진 형태를 갖는 심전도 기반의 인증 장치.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 추출된 QRS파의 크기는 50% 내지 80%의 범위로 축소되는 심전도 기반의 인증 장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 등록 템플릿은

상기 등록 심전도 신호를 R 피크를 기준으로 분할하고, 분할된 등록 심전도 신호를 정렬 및 평균 합산한 템플릿인 심전도 기반의 인증 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 심전도를 기반으로 하는 인증 장치에 관한 기술이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 생체 인식은 개인을 인증하거나 식별하기 위한 강력한 보안 도구를 제공한다. 예컨대, 지문, 홍채, 얼굴 인식과 같은 단일의 생체 인식 또는 다중의 생체 인식의 조합을 이용하여 스마트 폰, 노트북 컴퓨터 등의 상용 제품에서 사용자 인증을 수행하고 있다. 또한, 전자 여권 시스템과 생체 인식이 결합되어 많은 국가의 국경 통제 시스템에 사용되고 있다.

[0003] 이러한 생체 인식 중 심전도(electrocardiogram; ECG)는 웨어러블 장치에서 인증을 위해 사용되는 생체 인식 중 하나이다. 심전도는 인증, 식별 및 생사 확인을 위한 잠재적 생체 인식 방법으로 연구되고 있다. 심전도는 주기성을 갖는 심장의 전기 활동 신호로서, 해부학 및 생리학적 차이로 인해 사람마다 달라 인증 및 식별에 이용 가능하다.

[0004] 그런데, 이러한 생체 인식은 개인의 고유 신호이기 때문에 인증을 위해 생체 정보를 철회하고, 생체 정보가 손상되더라도 새로 재할당하는 것은 불가능하다. 최근 지문, 안면, 홍채 및 심전도 등에 대해 안전하고, 취소 가능한 생체 인식을 개발하는 연구가 진행되고 있다. 그러나, 생체 인식 정보를 보호하기 위해서는 인증 또는 식별 능력을 저하시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시 예는 보안성이 향상된 심전도 기반의 인증 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 발명의 한 특징에 따른 심전도 기반의 인증 장치는, 단일의 박동에 대한 인증 심전도 신호를 획득하는 심전도 신호 획득부, 미리 저장된 필터 템플릿을 이용하여 상기 인증 심전도 신호의 잡음을 제거하는 필터링부, 상기 잡음이 제거된 인증 심전도 신호를 인코딩하여 인증 템플릿을 생성하는 압축부, 및 미리 저장된 압축 등록 템플릿과 상기 인증 템플릿을 비교하여 사용자 인증을 수행하는 비교부를 포함하고, 상기 필터 템플릿 및 상기 압축 등록 템플릿은 복수의 박동에 대한 등록 심전도 신호로부터 생성된 등록 템플릿이 변형된 템플릿일 수 있다.

[0007] 상기 압축 등록 템플릿은 랜덤 행렬을 이용하여 상기 등록 템플릿을 인코딩한 템플릿일 수 있다.

[0008] 상기 압축부는, 상기 랜덤 행렬을 이용하여 상기 잡음이 제거된 인증 심전도 신호를 상기 인증 템플릿으로 인코딩할 수 있다.

[0009] 상기 필터 템플릿은 상기 등록 템플릿의 P파 및 T파를 제거하여 QRS파의 일부를 추출하고, 상기 추출된 QRS파의 크기를 축소하여 생성된 파형 이미지에 대응할 수 있다.

[0010] 상기 파형 이미지는 상기 P파 및T파가 제거된 부분에 상기 QRS파의 양측 단부의 값으로 채워진 형태를 가질 수 있다.

[0011] 상기 추출된 QRS파의 크기는 약 50% 내지 80%의 범위로 축소될 수 있다.

[0012] 상기 등록 템플릿은 상기 등록 심전도 신호를 R 피크를 기준으로 분할하고, 분할된 등록 심전도 신호를 정렬 및 평균 합산한 템플릿일 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 원본 심전도 신호를 랜덤하게 인코딩하여 사용자 등록 정보로 저장하고, 원본 심전도 신호를 비가역적으로 변형한 가이드 필터를 이용하여 인증하고자 하는 사용자의 심전도 신호의 잡음을 제거함으로써 보안성 및 인증 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 단일의 원본 심전도 신호로 사용자 인증을 수행함으로써 빠른 응답 특성이 필요한 웨어러블 장

치에 적합한 인증 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 인증 시스템을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 등록 템플릿을 도시한 파형도.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 필터 템플릿 생성 방법을 도시한 도면.

도 4는 인증 성능에 대한 ROC 곡선을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0018] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 실시 예를 첨부된 도면을 참조로 하여 상세히 설명한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 인증 시스템을 도시한 도면이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 인증 시스템(100)은 등록부(110) 및 인증부(120)를 포함한다. 본 발명의 실시 예에 따른 인증 시스템(100)은 웨어러블 장치, 예컨대스마트 와치(watch), 전자 의복, 전자 팔찌 등에 적용될 수 있다. 본 발명의 실시 예는 이에 한정되지 않으며, 심전도 측정이 가능하고, 인증이 필요한 다른 장치에 적용될 수 있다. 또한, 등록부(110) 및 인증부(120)는 하나의 장치 내에서 구현될 수 있고, 별도의 장치로 구현될 수도 있다.

[0021] 등록부(110)는 사용자로부터 복수의 박동에 대한 등록 심전도 신호를 획득하고, 획득한 등록 심전도 신호를 이용하여 압축 등록 템플릿 및 필터 템플릿을 생성 및 저장한다. 이를 위해, 등록부(110)는 심전도 신호 취득부(112), 전처리부(114), 템플릿 생성부(116) 및 저장부(118)를 포함한다. 심전도 신호 획득부(112)는 사용자로부터 복수의 박동에 대한 등록 심전도 신호를 획득한다.

[0022] 본 발명의 실시 예에서는 사용자 등록을 위해 6개의 박동에 대응하는 심전도 신호를 취득하는 경우를 예를 들어 설명하나, 본 발명의 실시 예는 이에 한정되지 않는다. 심전도 신호 획득부(112)는 사용자의 피부(예컨대, 손가락)에 접촉되면 심전도 신호를 센싱할 수 있는 심전도 센서(미도시)를 포함할 수 있다.

[0023] 전처리부(114)는 심전도 신호 획득부(112)로부터 획득된 등록 심전도 신호의 잡음을 제거한다. 전처리부(114)는 등록 심전도 신호의 DC 기준선 변동(baseline wandering), 전력 잡음(power line interference), 고주파 잡음(high frequency noise)과 같은 주요 잡음을 제거할 수 있다.

[0024] 예컨대, 전처리부(114)는 기준선 변동에 대응하여 파형 교정(wavelet drift correction)을 수행하고, 전력 잡음에 대응하여 적응형 대역 차단 필터(adaptive bandstop filter)를 적용하고, 고주파 잡음에 대응하여 저역 통과 필터(lowpass filter) 적용 및 평활화(smoothing)를 수행할 수 있다.

[0025] 템플릿 생성부(116)는 잡음이 제거된 등록 심전도 신호를 변형하여 압축 등록 템플릿 및 필터 템플릿을 생성한다. 일반적으로 심전도 신호는 심방 탈분극(depolarization), 심실 탈분극 및 심실 재분극 과정에 의해 각각 나타나는 P파, QRS파 및 T파를 포함한다. 여기서, QRS파는 세 개의 연속된 변위 파동(Q파, R파 및 S파)으로서, 이를 통칭하여 QRS 군(QRS complex)이라 한다.

[0026] 템플릿 생성부(116)는 QRS파의 R 피크(peak)를 기준으로 등록 심전도 신호를 분할하고, 분할된 등록 심전도 신호를 정렬 및 평균 합산하여 등록 템플릿(t)을 생성하고, 저장부(118)에 임시 저장한다. 여기서, 분할된 등록

심전도 신호($\mathbf{f}$) 각각은 [수학식 1]과 같이 원본 심전도 신호(x)와 가우시안 잡음(n)의 합으로 표현될 수 있다.

[0027] [수학식 1]

[0028] $$\mathbf{f} = \mathbf{x} + \mathbf{n}$$

[0029] 여기서, $\mathbf{n} \sim \mathcal{N}(0, \mathbf{C_n})$이고, $\mathbf{C_n}$은 공분산(covariance) 행렬이다. 템플릿 생성부(116)는 복수의 분할된 등록 심전도 신호 $\mathbf{f}_1, \cdots, \mathbf{f}_N$의 평균, 즉 $\mathbf{t} = \sum_{i=1}^{N} \mathbf{f}_i / N$으로부터 등록 템플릿($\mathbf{t}$)을 생성할 수 있다. 이러한 등록 템플릿(t)은 도 2에 도시된 바와 같이, 잡음 레벨이 낮아 등록 심전도 신호(PQRST파)의 특징 검출이 용이한 형태를 갖는다.

[0030] 등록 템플릿(t)은 개인의 고유 신호이기 때문에, 등록 템플릿(t)이 그대로 저장되어 타인에게 유출되면 보안에 취약하다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 템플릿 생성부(116)는 취소 가능하고, 복구 불가능한 형태로 등록 템플릿(t)을 인코딩하여 압축 등록 템플릿($\mathbf{y}$)을 생성하고, 저장부(118)에 저장한다.

[0031] 구체적으로, 템플릿 생성부(116)는 $m \times n$ 랜덤 행렬(H)을 생성하고, 랜덤 행렬($\mathbf{H}$)을 이용하여 등록 템플릿(t)을 투영(project)한 값($\mathbf{Ht}$)을 압축 등록 템플릿(y)으로 생성한다.

[0032] 본 발명의 실시 예는 웨어러블 기기의 연산 복잡도를 낮추기 위해 베르누이(Bernoulli) 랜덤 행렬(행렬의 각 원소는 동일한 확률로 $1/\sqrt{m}$ 또는 $-1/\sqrt{m}$ 가짐)을 이용하는 경우를 예를 들어 설명한다. 즉, 압축 등록 템플릿(y)은 아래의 [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

[0033] [수학식 2]

[0034] $$\mathbf{y} = \mathbf{H}(\mathbf{x} + \mathbf{n})$$

[0035] 그러면, 압축 등록 템플릿(y)은 아래의 [수학식 3]과 같은 근사 값을 갖는다.

[0036] [수학식 3]

[0037] $$\mathbf{y} \sim \mathcal{N}(\mu, \mathbf{C})$$

[0038] 여기서, $\mu = \mathbf{Hx}$이고, $\mathbf{C} = \mathbf{HC_nH}^T$이다.

[0039] 이를 복합 가설 검정(composite hypothesis test) 과정을 이용하여 공식화하면 아래의 [수학식 4]와 같다.

[0040] [수학식 4]

[0041] $$\begin{cases} \mathcal{H}_0 : \mu = \mu_0 = \mathbf{Hx} \approx \mathbf{Ht} \\ \mathcal{H}_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

[0042] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 템플릿 생성부(116)는 등록 템플릿(t)을 랜덤하게 투영하여 압축 등록 템플릿(y)을 생성한다. 따라서, 저장부(118)에 저장된 압축 등록 템플릿(y)이 타인에 의해 유출된 경우 해당 압축 등록 템플릿(y)을 취소하고, 사용자로부터 새로 획득한 등록 템플릿(t)을 새로운 랜덤 행렬(H)로 투영하여 압축 등록 템플릿(y)을 다시 생성할 수 있다.

[0043] 템플릿 생성부(116)는 생성된 랜덤 행렬(H)은 저장부(118)에 저장하고, 저장부(118)에 임시 저장된 등록 템플

릿(t)은 압축 등록 템플릿(y) 및 필터 템플릿(t_{ir})을 생성한 이후에 파기한다. 즉, 본 발명의 실시 예는 타인에게 유출된 압축 등록 템플릿(y)의 취소가 가능하며, 저장부(118)에 저장된 랜덤 행렬(H)과 압축 등록 템플릿(y)만으로는 원본 등록 템플릿(t)의 복구가 매우 어려우므로 보안성이 향상된다.

[0044] 또한, 템플릿 생성부(116)는 등록 템플릿(t)으로부터 QRS파를 추출하고, QRS파를 비가역적으로 변형하여 필터 템플릿(t_{ir})을 생성한다. 구체적으로, 템플릿 생성부(116)는 도 3에 도시된 바와 같이, 3단계로 등록 템플릿(t)으로부터 필터 템플릿을 생성한다.

[0045] 도 3에서는 두 명의 실험 대상자에 대한 파형이 도시되어 있고, 실선과 점선으로 구분한다.

[0046] 먼저, 템플릿 생성부(116)는 등록 템플릿(t)으로부터 P파 및 T파를 제거하여 QRS파의 일부를 추출(crop)한다(S301). 예컨대, 등록 템플릿(t)에 대한 320개의 샘플링 포인트 중 110~170 포인트만 추출한다. 그 다음, 나머지 샘플링 포인트(1~109, 171~320 포인트)에는 추출된 QRS파의 양측 단부(side)의 값으로 채운다(S302). 즉, P파 및 T파가 제거된 부분이 QRS파의 양측 단부의 값으로 채워져 QRS파와 연속적이고 편평한 형태를 갖는 파형 이미지가 생성된다.

[0047] 그 다음, 템플릿 생성부(116)는 생성된 파형 이미지(또는 신호)를 임의의 크기로 변형하여 필터 템플릿($\mathbf{t}_{ir}$)을 생성(S303)하고, 저장부(118)에 저장한다. 이를 위해, 템플릿 생성부(116)는 생성된 파형 이미지에 랜덤 숫자 r을 곱하여 랜덤하게 스케일링된 가이드 이미지(즉, 필터 템플릿(t_{ir}))를 생성할 수 있다. 여기서, $r \in [0.5, 0.8]$이며, 랜덤 숫자 r는 별도로 저장되지 않는다. 즉, 추출된 QRS파의 크기는 약 50% 내지 80% 범위로 축소될 수 있다.

[0048] 다시, 도 1을 참조하면, 인증부(120)는 사용자로부터 단일의 박동에 대한 인증 심전도 신호를 획득하고, 획득한 인증 심전도 신호 및 필터 템플릿(t_{ir})을 이용하여 인증 템플릿($\mathbf{H}\hat{\mathbf{f}}$)을 생성하고, 인증 템플릿($\mathbf{H}\hat{\mathbf{f}}$)과 압축 등록 템플릿($\mathbf{Ht}$)을 비교하여 사용자 인증을 수행한다.

[0049] 이를 위해, 인증부(120)는 심전도 신호 획득부(122), 전처리부(124), 필터링부(126), 압축부(128) 및 비교부(130)를 포함한다. 심전도 신호 획득부(122)는 사용자로부터 단일의 박동에 대한 인증 심전도 신호를 획득한다.

[0050] 즉, 본 발명의 실시 예는 단일의 박동으로 인증을 수행하기 때문에, 심전도 신호의 취득 시간에 따른 인증 시간 지연이 발생하지 않는다. 이로 인해, 빠른 응답 특성이 필요한 사용자 인증 시스템에 적용 가능하다. 심전도신호 획득부(122)는 심전도 신호 획득부(112)와 동일한 구성으로 구현될 수 있고, 등록부(110)와 인증부(120)가 별도의 장치일 경우 별도로 구성될 수 있다.

[0051] 전처리부(124)는 심전도 신호 획득부(122)로부터 획득된 인증 심전도 신호의 잡음을 1차 제거한다. 전처리부(124)는 심전도 신호의 DC 기준선 변동(baseline wandering), 전력 잡음(power line interference), 고주파 잡음(high frequency noise)과 같은 주요 잡음을 제거할 수 있다.

[0052] 예컨대, 전처리부(124)는 기준선 변동에 대응하여 파형 교정(wavelet drift correction)을 수행하고, 전력 잡음에 대응하여 적응형 대역 차단 필터(adaptive bandstop filter)를 적용하고, 고주파 잡음에 대응하여 저역 통과 필터(lowpass filter) 적용 및 평활화(smoothing)를 수행할 수 있다.

[0053] 전처리부(124)는 전처리부(114)와 동일한 구성으로 구현될 수 있고, 등록부(110)와 인증부(120)가 별도의 장치일 경우 별도로 구성될 수 있다.

[0054] 필터링부(126)는 필터 템플릿(t_{ir})을 이용하여 인증 심전도 신호의 잡음을 2차 제거한다. 구체적으로, 필터링부(126)는 아래의 [수학식 5]와 같이 필터 템플릿(t_{ir})을 가이드 필터(Guided Filter, GF)로 하여 인증 심전도 신호(f)의 잡음을 필터링하고, 잡음이 제거된 인증 심전도 신호($\hat{f}$)를 출력한다.

[0055] 이를 위해, 필터링부(126)는 임의의 로컬 윈도우(local window) 별로 인증 심전도 신호(f)의 샘플을 추출하고,

필터 템플릿(t_{ir})을 추출된 샘플 각각에 맞추는 아핀 변환(affine transform)을 수행한다. 그리고, 필터링부(126)는 로컬 윈도우 별로 아핀 변환된 결과 샘플들을 평균 합산하여 인증 심전도 신호($\hat{\mathbf{f}}$)를 생성할 수 있다. 이러한 필터링 연산은 계산 복잡도 $O(N)$ 가 매우 낮다.

[0056] [수학식 5]

$$\hat{\mathbf{f}} = \mathrm{GF}(\mathbf{f}; \mathbf{t}_{ir})$$

[0057]

[0058] 여기서, 본 발명의 실시 예는 인증을 하고자 하는 사용자와 동일한 생체 정보(즉, 필터 템플릿(t_{ir}))로 인증 심전도신호(f)를 필터링 한다. 이 경우, 여러 다른 사람의 생체 정보를 필터로 이용한 경우에 비해 QRS파의 세부 특징에 대한 보존 확률이 높다. 따라서, 잡음 제거 효과 및 인증 결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0059] 압축부(128)는 잡음이 제거된 인증 심전도 신호($\hat{f}$)를 $m \times n$ 랜덤 행렬(H)을 이용하여 인코딩한다. 여기서, 압축부(128)는 압축 등록 템플릿(y)을 생성할 때 이용한 랜덤 행렬(H)과 동일한 랜덤 행렬로 인증 심전도 신호($\hat{f}$)를 투영할 수 있다. 즉, 압축부(128)는 인증 심전도 신호($\hat{\mathbf{f}}$)를 압축 등록 템플릿(y)과 동일한 형태로 압축하여 인증 템플릿($y' = H\hat{f}$)을 생성한다.

[0060] 그리고, 비교부(130)는 인증 템플릿($H\hat{f}$)과 압축 등록 템플릿(Ht)에 대해 일반화 가능도비(우도비) 검정(generalized likelihood ratio test, GLRT)을 수행하고, GLRT 결과 값에 따라 사용자 인증 성공 또는 실패를 판단한다. 구체적으로, GLRT는 아래의[수학식 6]과 같다.

[0061] [수학식 6]

$$L(y') = \max_{\mu \neq \mu 0} \frac{p(y';\mu,H1)}{p(y';H0)} = \frac{p(y';\hat{\mu},H1)}{p(y';\mu 0,Ho)}$$

[0062]

[0063] 여기서, $p(\cdot)$는 $\mathcal{H}_0$ 와 $\mathcal{H}_1$의 확률 밀도 함수이고, $\hat{\mu}$ 는 최대 우도 추정기이며, 샘플 수단이다. 단일의 인증 심전도 신호($y' = H\hat{f}$)를 투영(project)하기 위해 $\hat{\mu} = y'$로 가정하면, [수학식 6]은 아래의 [수학식 7]과 같이 간단히 표현될 수 있다.

[0064] [수학식 7]

$$(y' - Ht)^T (HCnH^T)^{-1} (y' - Ht) \underset{\mathcal{H}_0}{\overset{\mathcal{H}_1}{\gtrless}} \gamma$$

[0065]

[0066] 여기서, γ 는 검출 확률과 오 검출 확률 간의 균형(trade-off)을 결정한다. [수학식 6]은 공분산 행렬 C_n의 추정이 필요하므로, 본 발명의 실시 예에서는 분산된 가우시안 잡음 n이 독립적이고, 동일하게 분포된 것으로 가정한다. 그러면, 심전도 신호의 잡음 레벨을 추정할 필요 없는 아래의 [수학식 8]과 같은 최종 GLRT결과를 얻을 수 있다.

[0067] [수학식 8]

$$(y' - Ht)^T (HH^T)^{-1} (y' - Ht) \underset{\mathcal{H}_0}{\overset{\mathcal{H}_1}{\gtrless}} \gamma'$$

[0068]

[0069] 비교부(130)는 최종 GLRT 결과 값이 γ' 보다 작으면 해당 사용자를 인증 성공으로 판단하고, γ' 보다 크면 인증 실패로 판단할 수 있다.

[0070] 도 4는 인증 성능에 대한 ROC(receiver operating characteristic) 곡선을 나타낸 그래프이다.

[0071] 도 4를 참조하면, 압축되지 않은 등록 템플릿(t)을 이용하여 사용자 인증을 수행한 제1 비교 예(41), 10% 압축된 GLRT를 이용하여 사용자 인증을 수행한 제2 비교 예(43) 및 임의의 비율(예컨대 10%)로 압축된 GLRT와 가이드 필터를 적용하여 사용자 인증을 수행한 본 발명의 실시 예(45)에 따른 성능 결과를 볼 수 있다. 제2 비교 예(43)는 제1 비교 예(41)에 비해 사용자인증 성능이 낮으나, 본 발명의 실시 예(45)는 제1 비교 예(41)에 비해 사용자 인증 성능이 높게 나타났다.

[0072] 즉, 아래 [표 1]에 도시된 바와 같이, 제1 비교 예는 2.7%의 EER(equal error rate) 및 93.9%의 PD1(detection probability at 1% false alarm rate)이 나타났으며, 제2 비교 예는 4.0%의 EER과 91.4%의 PD1으로, 제2 비교 예는 생체 인식의 보호 관점에서 제1 비교 예보다 취약한 것을 알 수 있다.

[0073] 그러나, 본 발명의 실시 예는 2.6%의 EER과 94.3%의 PD1로 제1 및 제2 비교 예에 비해 우수한 성능을 나타냈다. 또한, 본 발명의 실시 예는 원본 등록 템플릿(t)을 가이드 필터(GF)로 이용한 제3 비교 예와 유사한 성능을 나타냈다. 즉, 본 발명의 실시 예와 같이 원본 등록 템플릿(t)을 비가역적으로 변형하더라도 필터 성능은 유지되고, 보안성은 향상시킬 수 있다.

표 1

[0074]

방법	PD1	AUC	EER
제1 비교 예	0.939	0.997	0.027
제2 비교 예	0.914	0.995	0.040
제3 비교 예	0.945	0.997	0.025
본 발명의 실시 예	0.943	0.997	0.026

[0075] 이상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0076] 112, 122: 심전도 신호 획득부

114, 124: 전처리부

116: 템플릿 생성부

118: 저장부

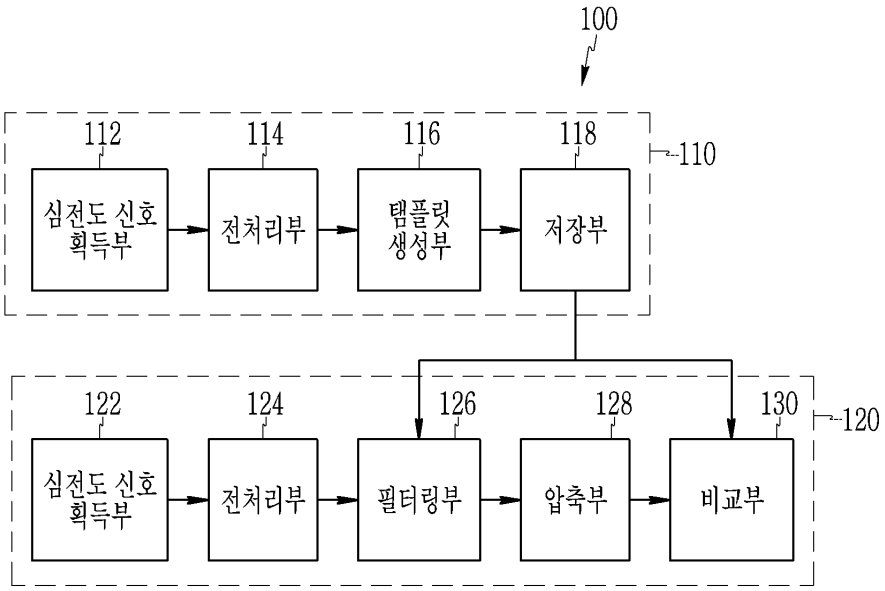
126: 필터링부

128: 압축부

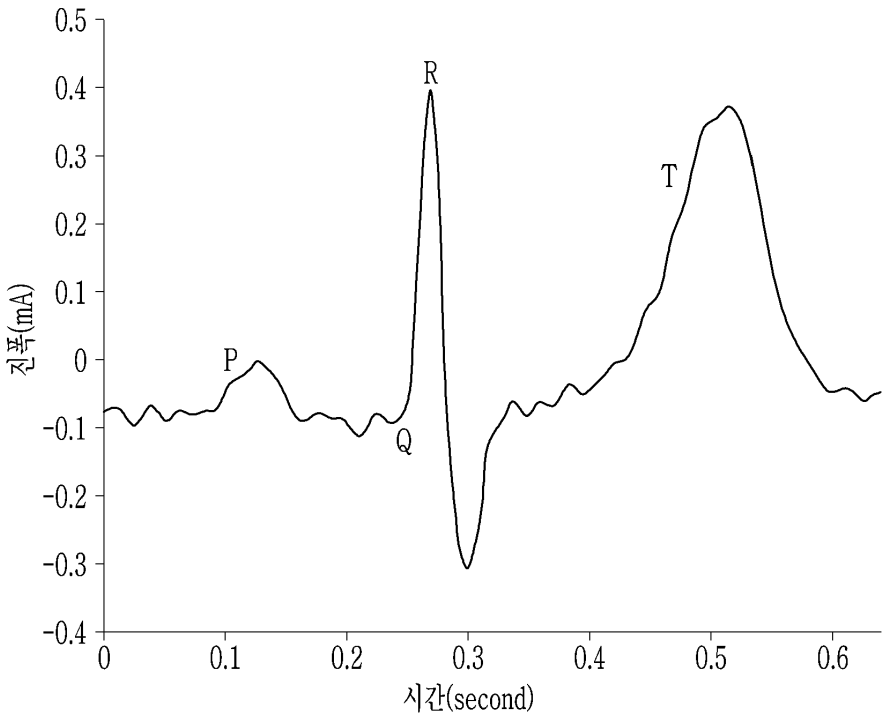
130: 비교부

도면

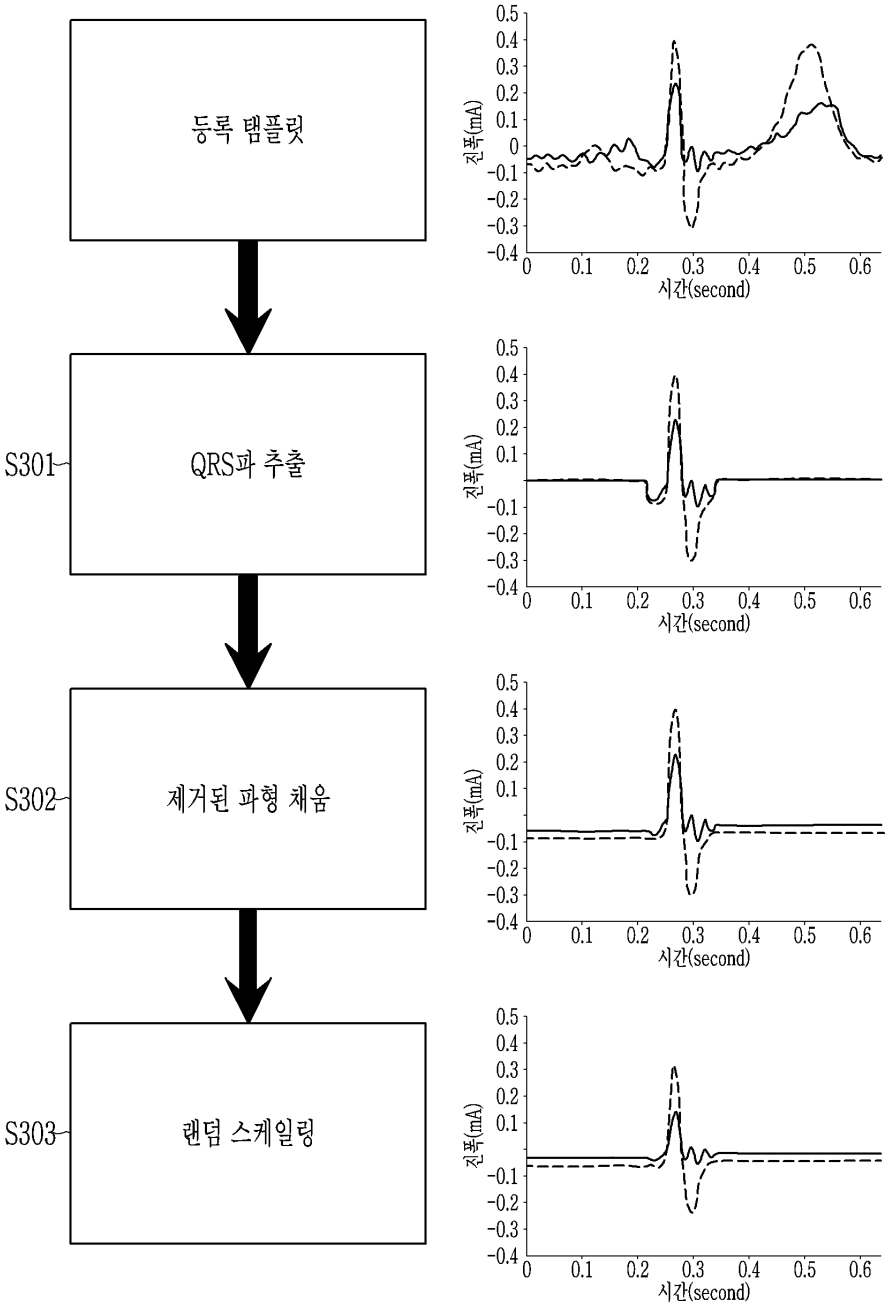
도면1


100
112
114
116
118
110
심전도 신호 획득부
전처리부
템플릿 생성부
저장부
122
124
126
128
130
120
심전도 신호 획득부
전처리부
필터링부
압축부
비교부

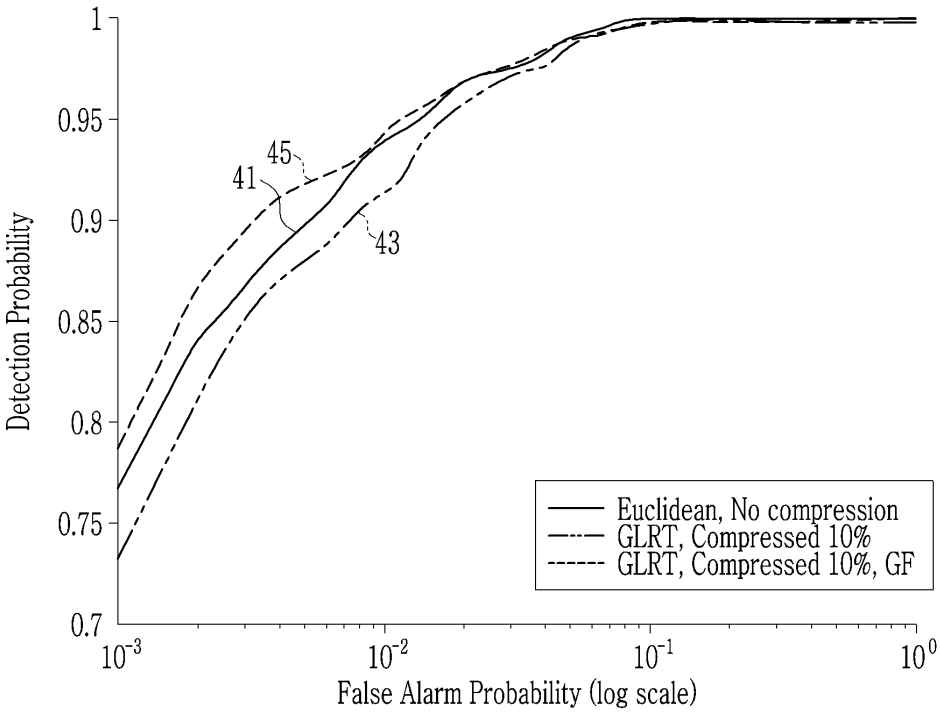
도면2


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
진폭(mA)
P
Q
R
T
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
시간(second)

도면3



도면4


1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
Detection Probability
45
41
43
Euclidean, No compression
GLRT, Compressed 10%
GLRT, Compressed 10%, GF
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
False Alarm Probability (log scale)