



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0071594
(43) 공개일자 2019년06월24일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/00 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G06K 9/00604 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0156136</p> <p>(22) 출원일자 2018년12월06일
심사청구일자 2018년12월06일</p> <p>(30) 우선권주장
1020170171804 2017년12월14일 대한민국(KR)</p> | <p>(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
정익래
서울특별시 광진구 아차산로 69길 19, 904동 2205호 (광장동, 현대아파트)</p> <p>권대연
경기도 남양주시 별내4로 8, 4607동 1201호(별내동, 한화꿈에그린아파트)</p> <p>(74) 대리인
김홍석</p> |
|---|---|

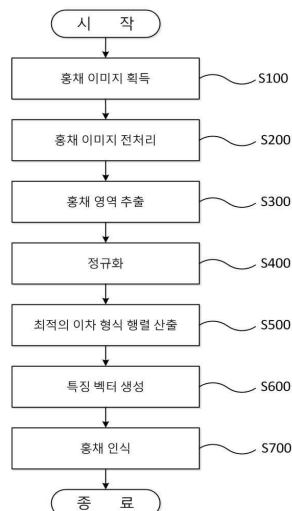
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 듀얼 QML을 사용한 개선된 홍채 인식 장치 및 방법

(57) 요약

홍채 인식 방법이 개시된다. 상기 홍채 인식 방법은 홍채 인식 장치에 의해 수행되는 홍채 인식 방법으로서, (a) 사용자들에 각각에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출하는 단계, (b) 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성하는 단계, (c) 라그랑지 듀얼(Lagrange Dual)을 이용하여 상기 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 산출하는 단계, (d) 상기 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 상기 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성하는 단계, 및 (e) 상기 특징 벡터들을 이용하여 상기 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20150009360031001
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	정보통신기술진흥센터
연구사업명	SW중심대학지원사업
연구과제명	(SW중심대학)정보통신창의인재양성
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2017.03.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

홍채 인식 장치에 의해 수행되는 홍채 인식 방법으로서,

- (a) 사용자들에 각각에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출하는 단계;
- (b) 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성하는 단계;
- (c) 라그랑지 듀얼(Lagrange Dual)을 이용하여 상기 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 산출하는 단계;
- (d) 상기 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 상기 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성하는 단계; 및
- (e) 상기 특징 벡터들을 이용하여 상기 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행하는 단계를 포함하는 홍채 인식 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계 이전에 가우시안 블러링(Gaussian Blurring) 기법을 통해 상기 복수개의 홍채 이미지들의 노이즈를 제거하는 단계를 더 포함하는 홍채 인식 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는 상기 복수개의 홍채 이미지들에서 픽셀 값이 급변하는 경계인 홍채 경계와 동공 경계를 구하고, 상기 홍채 경계와 상기 동공 경계로부터 상기 홍채 영역을 추출하는 홍채 인식 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (c) 단계는

- (c-1) 수학적 식 1에 의해 정의되는 최적화 문제로부터 상기 라그랑지 듀얼을 산출하는 단계; 및
- (c-2) 상기 산출된 라그랑지 듀얼을 이용하여 수학적 식 2에 의해 정의되는 상기 최적의 이차 형식 행렬을 산출하는 단계를 포함하는 홍채 인식 방법.

[수학적 식 1]

$$\max_{K,u} -\frac{1}{2} \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F^2 + \sum_i u_i$$

여기서, u , K 는 라그랑지 듀얼, λ 는 상수, $O_c = \sum_{x_i \in E_c} x_i x_i^T$,

$$\|P_c\|_F = \|K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i\|_F = \sqrt{\sum p_{i,j}} \text{ where } p_{i,j} \in P_c, P_c \text{는 최적의 이차 형식 행렬.}$$

[수학식 2]

$$P_c^* = K^* - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i^* I_i$$

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (d) 단계는 수학식 3을 이용하여 상기 특징 벡터들을 생성하는 홍채 인식 방법.

[수학식 3]

$$f_{ic} = x_i^T P_c x_i \text{ where } c = 1, \dots, L$$

여기서, f_{ic} 는 특징벡터, $x_i \in I_c$, L은 사용자 수.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (e) 단계는

(e-1) 상기 (a) 내지 (d) 단계를 통해 등록을 위한 복수개의 홍채 이미지들로부터 등록용 특징 벡터들을 생성하는 단계;

(e-2) 상기 (a), (b), (d) 단계를 통해 홍채 인식이 필요한 복수개의 홍채 이미지들로부터 인증용 특징 벡터들을 생성하는 단계; 및

(e-3) 상기 등록용 특징 벡터들과 상기 인증용 특징 벡터들 간에 거리를 계산하고, 상기 계산된 거리 중 가장 가까운 거리가 기 설정된 임계값 이하이면 상기 사용자들에 대한 인증을 완료하는 단계를 포함하는 홍채 인식 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 (e-3) 단계는 최근접 이웃 분류(NN-Classifer) 알고리즘을 이용하여 상기 등록용 특징 벡터들과 상기 인증용 특징 벡터들 간에 거리를 계산하는 홍채 인식 방법.

청구항 8

사용자들에 각각에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출하는 홍채 영역 추출부;

추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성하는 정규화부;

라그랑지 듀얼(Lagrange Dual)을 이용하여 상기 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 산출하는 이차 형식 행렬 산출부;

상기 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 상기 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성하는 특징 벡터 생성부; 및

상기 특징 벡터들을 이용하여 상기 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행하는 인식부를 포함하는 홍채 인식 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

가우시안 블러링(Gaussian Blurring) 기법을 통해 상기 복수개의 홍채 이미지들의 노이즈를 제거하는 전처리부를 더 포함하는 홍채 인식 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 인식부는 등록을 위한 복수개의 홍채 이미지들로부터 생성된 등록용 특징 벡터들과, 홍채 인식이 필요한 복수개의 홍채 이미지들로부터 생성된 인증용 특징 벡터들을 간에 거리를 계산하고, 상기 계산된 거리 중 가까운 거리가 기 설정된 임계값 이하이면 상기 사용자들에 대한 인증을 완료하는 홍채 인식 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 등록용 특징 벡터들을 저장하는 저장부를 더 포함하는 홍채 인식 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 홍채를 이용하여 인증을 수행하는 환경에서 생체 데이터의 낮은 품질 및 인식을 한계와 같은 문제를 완화시킬 수 있는 홍채 인식 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 홍채 데이터의 전처리 과정과 비선형분석모델인 Dual QML을 사용하여 성능이 개선된 홍채 인증 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] QML(Quadratic Matrix Learning)은 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 이용하여 데이터들을 정사영하는 방법으로, 각 클래스들을 잘 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬들을 찾는 것을 최종 목표로 한다. 그러나, 실제로 생체 인식에 사용하기 위해 수집된 생체 데이터에는 노이즈가 존재하기 때문에, QML 기술을 그대로 생체 인식에 사용하는 것은 생체 데이터에 존재하는 많은 노이즈를 그대로 적용하는 것이므로 적절한 방법이 아니다. 이러한 문제를 줄이기 위해 QML을 일반화한 Regularized QML이 제안되었다. 한편, Dual QML은 위의 QML 기술에 Convex 최적화 이론을 이용하여 분석의 정확성을 높인 기술로서, Regularized QML에 Convex 최적화 이론 중 최근 가장 각광받는 라그랑지 쌍대성(Lagrange Duality) 이론을 적용한 기술이다.

[0003] 이와 관련하여, 비특허문헌 1은 Dual QML을 제안하고 이를 생체 인식 기술에 사용하는 방법을 제안하였다. 비특허문헌 1에서는 귀, 얼굴, 그리고 장문 이미지를 실험 샘플로 사용하였으며, 실험을 통해 인식 기술의 높은 정확도를 실증하였다. 즉, Dual QML은 비선형분석 기술 중 하나로 기존의 선형분석 기술과 비교하여 보다 정확한 분석이 가능하다. 하지만, 비특허문헌 1에서 제안된 기술은 최적해를 구한다는 측면에서 분석의 정확도를 높일 수 있으나, 전체 이미지에 대한 분석으로 진행되었으며 홍채 영역만을 가지고 분석을 수행하는 기존의 홍채 인식 과정과 비교하였을 때 정확도를 증가시키는 것에는 한계가 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0004] (비특허문헌 0001) Yan Yan, Hanzi Wang, Si Chen, Xiaochun Cao, and David Zhang, "projection based feature extraction with its application to biometric recognition," Pattern Recognition, vol. 56, pp. 40-49, August 2016.
- (비특허문헌 0002) John Daugman, "Iris Recognition Works," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 14, no. 1, pp. 21-30, January 2004.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 목적은 기존의 Dual QML은 생체 정보로 귀, 얼굴, 장문을 사용하였으며 홍채 인식 방법은 제외되어 있어 Dual QML이 홍채 인식에 사용하기에 적합한지 확인할 수 없다는 문제점을 해결하고, Dual QML의 목적인 보다 정확한 분석을 수행하는 것뿐만 아니라 Dual QML을 활용한 홍채 인식의 성능을 개선하고 이에 필요한 메모리 요구량을 줄일 수 있는 홍채 인식 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 방법은 홍채 인식 장치에 의해 수행되는 홍채 인식 방법으로서, (a) 사용자들에 각각에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출하는 단계, (b) 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성하는 단계, (c) 라그랑지 듀얼(Lagrange Dual)을 이용하여 상기 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 산출하는 단계, (d) 상기 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 상기 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성하는 단계, 및 (e) 상기 특징 벡터들을 이용하여 상기 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0007] 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치는 사용자들에 각각에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출하는 홍채 영역 추출부, 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성하는 정규화부, 라그랑지 듀얼(Lagrange Dual)을 이용하여 상기 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 산출하는 이차 형식 행렬 산출부, 상기 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 상기 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성하는 특징 벡터 생성부, 및 상기 특징 벡터들을 이용하여 상기 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행하는 인식부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0008] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 Dual QML을 활용하여 홍채 인식의 성능을 개선하고 메모리 효율을 높일 수 있다.
- [0009] 또한, 홍채 인식을 수행하는 다양한 인증 시스템에서 높은 정확도를 가지며 효과적인 성능을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 등록 방법의 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 방법에 포함된 홍채 인식 단계의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0012] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0013] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0014] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0015] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0016] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0018] 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치 및 방법에 대한 설명에 앞서, 본 발명과 관련된 QML(Quadratic Matrix Learning) 및 Dual QML 기술에 대하여 간략히 설명하기로 한다.
- [0019] QML은 이차 형식 행렬(Quadratic Matrix)을 이용하여 데이터들을 정사영하는 방법으로서, QML의 기본식은 아래의 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$\min_{P_c} \sum_{x_i \in E_c} x_i^T P_c x_i \text{ subject to } x_i^T P_c x_i \geq 1, \forall x_i \in I_c$$

- [0020]
- [0021] 여기서, I_c 는 클래스 c 에 속하는 이미지들의 집합이고, E_c 는 클래스 c 에 속하지 않는 이미지들의 집합이고, P_c 는 클래스 c 에 대하여 구한 이차 형식 행렬을 의미한다. 이때, P_c 는 정부호행렬(positive semi-definite matrix)이다.
- [0022] 상기 수학식 1에 의한 QML은 노이즈가 많은 생체 데이터에 곧바로 적용하기는 어려움이 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해 상기 수학식 1을 일반화한 Regularized QML은 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$\min_{P_c} \frac{1}{2} \|P_c\|_F^2 + \lambda \sum_{x_i \in E_c} x_i^T P_c x_i \text{ subject to } x_i^T P_c x_i \geq 1, \forall x_i \in I_c$$

$$\|P_c\|_F = \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F = \sqrt{\sum p_{i,j}} \text{ where } p_{i,j} \in P_c$$

여기서, 이고, λ 는 상수이다.

수학식 3

$$L(P_c, u, K) = \frac{1}{2} \|P_c\|_F^2 + \lambda \text{tr}(P_c \cdot O_c) - \sum_{x_i \in E_c} u_i \text{tr}(P_c \cdot I_i) + \sum_i u_i - \text{tr}(P_c \cdot K)$$

$$I_i = x_i x_i^T \text{ and } \text{tr}(P_c \cdot I_i) = x_i^T P_c x_i \text{ where } \forall x_i \in I_c \text{ 이고,}$$

$$O_c = \sum_{x_i \in E_c} x_i x_i^T \text{ and } \text{tr}(P_c \cdot O_c) = \sum_{x_i \in E_c} x_i^T P_c x_i \text{ where } \forall x_i \in E_c \text{ 이다.}$$

상기 수학식 3은 프라이멀(primal)인 P_c 에 두 개의 듀얼(dual)을 사용하였다. 두 개의 듀얼 중 u 는 계수이고, K 는 정부호행렬이다. 또한, $(\cdot) = (\cdot)_+ + (\cdot)_-$ ($(\cdot)_+$ 는 양수인 원소, $(\cdot)_-$ 는 음수인 원소)이다.

Dual QML은 최적해를 구하는 것을 목적으로 하는 문제로서, 상기 수학식 3의 최소값을 구하는 문제라고 할 수 있다. 문제를 해결하기 위해 P_c 를 변수로 하여 일차 미분한 결과가 영행렬이기를 기대한다. 일차 미분한 결과가 영행렬이 될 때 구해지는 최적의 해들은 아래의 수학식 4와 같은 관계를 갖는다.

수학식 4

$$P_c^* = K^* - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i^* I_i$$

상기 수학식 4를 상기 수학식 3의 라그랑지언에 대입하면 Dual 함수 $g(u, K)$ 를 아래의 수학식 5와 같이 정리할 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} g(u, K) &= \inf_{P_c} L(P_c, u, K) \\ &= \inf_{P_c} \frac{1}{2} \|P_c\|_F^2 + \lambda \text{tr}(P_c \cdot O_c) - \sum_{x_i \in E_c} u_i \text{tr}(P_c \cdot I_i) + \sum_i u_i - \text{tr}(P_c \cdot K) \\ &= \inf_{P_c} \frac{1}{2} \|P_c\|_F^2 - \text{tr}(P_c \cdot (K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i)) + \sum_i u_i \end{aligned}$$

최적의 이차 형식 행렬을 구하기 위해 상기 수학식 4를 상기 수학식 5에 대입하면, 최적의 이차 형식 행렬은 아래의 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$\inf_{P_c} \frac{1}{2} \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F^2 - \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F^2 + \sum_i u_i$$

$$= \inf_{P_c} \frac{1}{2} \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F^2 + \sum_i u_i$$

[0035]

[0036]

상기 수학식 6과 같이 하한을 구하는 식은 수식의 형태가 오목(concave)하므로 최대값을 구하는 식으로 변환할 수 있으며, 결과적으로 라그랑지 듀얼은 아래의 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$\max_{K, u} \frac{1}{2} \left\| K - \lambda O_c + \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i \right\|_F^2 + \sum_i u_i$$

[0037]

[0038]

앞서 구하고자 하는 이차 형식 행렬 P_c 는 영행렬로 기대되며, 듀얼 중 K 는 정부호행렬이므로 상기 수학식 4로부터

$K^* = (\lambda O_c - \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i)_+$ 를 도출할 수 있다. 최적의 듀얼을 구하기 위해 먼저 u 를 고정시켰을 때의 최적의 K 를 구하고, 그 후 K 를 고정시켜 최적의 u 를 구한다. 이러한 과정을 반복하여 최적의 u 와 K 를 구할 수 있고, 상기 수학식 7은 아래와 같은 수학식 8로 정리될 수 있다.

수학식 8

$$\max_u \frac{1}{2} \left\| (\lambda O_c - \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i)_- \right\|_F^2 + \sum_i u_i$$

[0039]

[0040]

상기 수학식 8에 의해 구해진 최적의 u 와 K 를 상기 수학식 4에 대입하여 primal인 P_c 를 구할 수 있다.

[0041]

그러나, 상술한 Dual QML은 분석에 사용하는 샘플이 홍채 인식에서와 같이 이미지 전체일 경우 매우 비효율적인 성능을 보일 수 있다. 이하에서는 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치 및 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0043]

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치의 블록도이다.

[0044]

도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 장치(10)는 홍채 이미지 획득부(100), 전처리부(200), 홍채 영역 추출부(300), 정규화부(400), 이차 형식 행렬 산출부(500), 특징 벡터 생성부(600) 및 인식부(700)를 포함한다.

[0045]

홍채 이미지 획득부(100)는 사용자들로부터 홍채 이미지를 획득한다. 여기서, 사용자란 센서나 촬상장치가 홍채 이미지를 획득하는 대상인 피사체이다.

[0046]

홍채 이미지는 사용자의 홍채에 대하여 센서나 촬상장치 등에 의해 촬영 및 수집된 눈 이미지로부터 추출(segmentation)되는 이미지로서, 홍채 인식을 위하여 여러번의 촬영을 통해 얻은 복수개의 눈 이미지들로부터 복수개의 홍채 이미지들이 추출될 수 있다. 이러한 홍채 이미지는 촬영을 통해 얻은 복수개의 눈 이미지들로부터 다양한 경계 검출 알고리즘에 의해 동공과 공막 사이에 위치하는 환형의 홍채 이미지가 추출될 수 있다.

[0047]

전처리부(200)는 가우시안 블러링(Gaussian Blurring) 기법을 통해 복수개의 홍채 이미지들의 노이즈를 제거한다. 가우시안 블러링은 이미지 처리 기법 중의 하나로서, 가우시안 함수를 이용해 이미지를 흐리게 하는 기법이

다. 가우시안 블러링을 통하여 이미지의 노이즈를 줄일 수 있다.

[0048] 보다 구체적으로, 전처리부(200)는 가우시안 블러링에 사용할 컨볼루션 커널(convolution kernel)의 크기를 $m \times m$ 으로 설정하고, 아래의 수학적 식 9와 같은 2D 가우시안 분포에 사용할 표준편차 값 σ 를 설정한다.

수학적 식 9

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0050] 다음으로, 설정한 σ 에 해당하는 2D 가우시안 분포를 선택한 행렬의 크기에 맞춰 컨볼루션 커널을 구성한다. 이때, 컨볼루션 커널 내 모든 값들의 합은 1이 되어야 한다. 상술한 과정을 통하여 구성된 컨볼루션 커널을 홍채 이미지들에 적용하게 되면 노이즈가 제거된 홍채 이미지들을 얻을 수 있다. 컨볼루션 커널을 홍채 이미지들에 적용하는 것은 홍채 이미지들 내의 픽셀에 대하여 가중치를 두고, 가중치에 대한 평균을 내는 것이라고 할 수 있다.

[0051] 홍채 영역 추출부(300)는 사용자들에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역을 추출한다. 홍채 영역 추출부(300)는 홍채 이미지들 또는 전처리된 홍채 이미지들에 대하여 적분-미분 연산자(integro-differential operator)를 사용하여 복수개의 홍채 이미지들에서 픽셀 값이 급변하는 경계인 홍채 경계와 동공 경계를 구하고, 홍채 경계와 동공 경계로부터 홍채 영역을 추출한다.

[0052] 홍채 영역 추출을 위하여, 홍채 영역 추출부(300)는 우선 홍채 경계의 중심(x_c, y_c)과 반지름 r 을 초기값으로 설정한다. 다음으로, 아래의 수학적 식 10과 같이 홍채 이미지들에서 초기값으로 설정된 홍채 경계의 중심과 반지름에 대한 원이 위치한 픽셀들의 픽셀 값들의 합을 구하고, $2\pi r$ 로 나눈다.

수학적 식 10

$$\oint_{(r,x_c,y_c)} \frac{B(x,y)}{2\pi r} ds$$

[0054] 이를 통해 반지름 r 이 커질수록 픽셀의 개수도 같이 증가함에 따라 값이 증가하는 현상을 방지하여 정확한 경계를 찾을 수 있다. 홍채 영역 추출부(300)는 상기 수학적 식 10에 의한 과정을 반지름을 증가시키면서 수행하고, 반지름이 증가되기 전의 값과 증가된 후의 값을 비교하면서 차이가 가장 크게 날 때의 반지름을 찾는다. 이는 아래의 수학적 식 11과 같다.

수학적 식 11

$$\frac{\partial}{\partial r} \oint_{(r,x_c,y_c)} \frac{B(x,y)}{2\pi r} ds$$

[0056] 홍채 영역 추출부(300)는 원의 중심을 바꾸면서 상술한 과정을 반복적으로 수행하고, 이를 통해 얻은 값들 중에 최대값을 나타낼 때의 원의 중심과 반지름을 홍채 경계로 추출한다. 상술한 홍채 영역 추출부(300)의 동작은 아래의 수학적 식 12로도 나타낼 수 있다.

수학적 식 12

$$\max_{(r,x_c,y_c)} \left| \frac{\partial}{\partial r} \oint_{(r,x_c,y_c)} \frac{B(x,y)}{2\pi r} ds \right|$$

[0058] 또한, 홍채 영역 추출부(300)는 추출된 홍채 경계의 중심을 동공 경계 중심의 초기값으로서 설정하고, 반지름을 바꾸면서 상술한 과정을 반복적으로 수행하여 동공 경계를 추출한다.

[0059] 최종적으로, 홍채 영역 추출부(300)는 상술한 과정을 통해 추출된 홍채 경계와 동공 경계 사이의 영역을 홍채 영역으로서 추출한다.

[0060] 정규화부(400)는 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화된 홍채 영역들을 생성한다. 정규화(nomalization)는 추출된 홍채 영역을 직교 좌표계에서 극 좌표계로 변환하는 것을 의미할 수 있다. 정규화부(400)는 아래의 수학적식 13을 통해 홍채 영역들에 대한 정규화를 수행할 수 있다.

수학적식 13

$$I(x(\rho, \phi), y(\rho, \phi)) \rightarrow I(\rho, \phi)$$

[0061] where $x(\rho, \phi) = (1 - \rho)x_p(\phi) + \rho x_s(\phi)$ and $y(\rho, \phi) = (1 - \rho)y_p(\phi) + \rho y_s(\phi)$

[0062] 여기서, (x_p, y_p) 와 (x_s, y_s) 는 각각 동공 경계의 좌표와 홍채 경계의 좌표를 의미한다.

[0063] 이차 형식 행렬 산출부(500)는 라그랑지 듀얼을 이용하여 최적의 이차 형식 행렬을 산출한다. 여기서, 최적의 이차 형식 행렬이란 사용자들 중 특정 사용자에게 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 이차 형식 행렬을 의미한다. 이하에서는 이차 형식 행렬 산출 과정에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0064] 홍채 인식이 필요한 L명의 사용자들에 대하여 정규화부(400)를 통해 정규화된 홍채 영역들을 구성하는 열벡터들이 n개라고 할 때, 이차 형식 행렬 산출부(500)는 우선 L명의 사용자들 중에서 c번째 사용자에게 대하여 제1 홍채 영역 집합과 제2 홍채 영역 집합을 얻는다. 여기서, L, n, c는 모두 자연수이다.

[0065] 다음으로, 상기 수학적식 8에서 라그랑지 듀얼인 u, K를 구하기 위해 상기 수학적식 8을 1차 미분한 미분식인 $1 + tr((\lambda O_c - \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i) \cdot x_i x_i^T)$ 을 계산하고, 계산된 값이 최대한 영행렬에 가까워질 때의 u를 구한다. 또한, $K^* = (\lambda O_c - \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i)_+$ 구해진 u를 에 대입하여 나머지 라그랑지 듀얼인 K를 구한다.

[0066] 마지막으로, 라그랑지 듀얼 u, K를 상기 수학적식 4에 대입하여 최적의 이차 형식 행렬 P_c 를 구한다. 상술한 과정을 L명의 모든 사용자들에 대하여 수행하여 산출된 이차 형식 행렬 $\{P_c\}_{c=1}^L$ 은 제1 홍채 영역 집합의 클래스를 제2 홍채 영역 집합의 클래스로부터 분리시키기 위한 최적의 이차 형식 행렬이다.

[0067] 특징 벡터 생성부(600)는 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성한다. 특징 벡터는 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 생성될 수 있다. 보다 구체적으로, 특징 벡터 생성부(600)는 L명의 사용자들에 대하여 산출된 L개의 최적의 이차 형식 행렬 $\{P_c\}_{c=1}^L$ 을 사용하여 정규화된 홍채 영역들을 구성하는 n개의 열벡터들에 대한 특징 벡터들 $\{f_i\}_{i=1}^n$ where $f_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iL})$ 을 아래의 수학적식 14를 통해 생성하고, L x n 크기의 특징 벡터 행렬 $F = [f_1, \dots, f_n]$ 을 구한다.

수학적식 14

$$f_{ic} = x_i^T P_c x_i \text{ where } c = 1, \dots, L$$

[0068]

- [0069] 여기서, $x_i \in I_c$ 이다.
- [0070] 특징 벡터는 사용자들의 홍채를 등록하기 위한 등록용 특징 벡터와, 홍채 인식이 필요한 인증용 특징 벡터를 포함할 수 있다. 즉, 특징 벡터 생성부(600)는 등록에 사용되는 복수개의 홍채 이미지들로부터는 등록용 특징 벡터를 생성하고, 인증이 필요한 복수개의 홍채 이미지들로부터는 인증용 특징 벡터를 생성할 수 있다. 한편, 등록용 특징 벡터와 인증용 특징 벡터에 사용되는 최적의 이차 형식 행렬은 모두 동일하므로, 등록용 특징 벡터의 생성 과정이 수행된 이후에 인증용 특징 벡터를 생성할 때는 최적의 이차 형식 행렬을 다시 생성하지 않을 수 있다.
- [0071] 인식부(700)는 특징 벡터들을 이용하여 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행한다. 인식부(700)는 등록을 위한 복수개의 홍채 이미지들로부터 생성된 등록용 특징 벡터들과, 홍채 인식이 필요한 복수개의 홍채 이미지들로부터 생성된 인증용 특징 벡터들을 간에 거리를 계산하고, 계산된 거리 중 가장 가까운 거리가 기 설정된 임계값 이하이면 사용자들에 대한 인증을 완료한다.
- [0072] 일 예로서, 특징 벡터들 간에 거리 비교에는 최근접 이웃 분류(NN-Classifer) 알고리즘을 이용할 수 있다. 최근접 이웃 분류 알고리즘은 분류하고자 하는 클래스의 종류에 대해서는 알고 있지만 각 데이터들에 대한 확률밀도함수를 알지 못하는 경우에 사용될 수 있는 알고리즘이다. 이에 따라, 데이터들에 대한 확률 값들을 구하지 않아도 데이터들 간에 거리를 측정하여 클래스에 따라 분류할 수 있다. 한편, 특징 벡터들 간에 거리는 예를 들면 Euclidean distance, Absolute difference 및 Frobenius norm 등을 통해 계산할 수 있다.
- [0073] 한편, 인식부(700)는 특징 벡터들 간에 거리를 계산하는 것 외에도 특징 벡터들을 비교할 수 있는 다양한 알고리즘을 통해 사용자들에 대한 인증을 수행할 수 있다.
- [0074] 여기에, 홍채 인식 장치(10)는 등록용 특징 벡터들을 저장하는 저장부(미도시)를 더 포함할 수도 있다.
- [0075] 이하에서는 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 방법에 대하여 설명하기로 한다. 또한, 앞서 설명한 부분과 중복되는 부분에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0077] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 등록 방법의 순서도이다.
- [0078] 도 2를 참조하면, 홍채 등록 방법은 홍채 이미지 획득 단계(S100), 전처리 단계(S200), 홍채 영역 추출 단계(S300), 정규화 단계(S400), 최적의 이차 형식 행렬 산출 단계(S500), 특징 벡터 생성 단계(S600) 및 홍채 인식 단계(S700)를 포함한다.
- [0079] S100 단계에서는 사용자들로부터 홍채 이미지를 획득한다.
- [0080] S200 단계에서는 복수개의 홍채 이미지들의 노이즈를 제거한다. 일 예로서, S200 단계에서는 가우시안 블러링 기법을 통해 홍채 이미지들의 노이즈를 제거할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0081] S300 단계에서는 S200 단계를 통해 획득한 사용자들에 대한 복수개의 홍채 이미지들 각각으로부터 홍채 영역들을 추출한다. 보다 구체적으로, 복수개의 홍채 이미지들에서 픽셀 값이 급변하는 경계인 홍채 경계와 동공 경계를 적분-미분 연산자를 이용하여 구하고, 상기 홍채 경계와 상기 동공 경계 사이의 영역을 홍채 영역으로서 추출한다.
- [0082] S400 단계에서는 S300 단계를 통해 추출된 홍채 영역들을 동일한 차원의 열 벡터로 변환하여 정규화한다. 여기서, 정규화란 추출된 홍채 영역을 직교 좌표계에서 극 좌표계로 변환하는 것을 의미할 수 있다.
- [0083] S500 단계에서는 정규화된 홍채 영역들의 집합으로부터 최적의 이차 형식 행렬을 산출한다. 보다 구체적으로, S500 단계는 라그랑지 듀얼 u , K 를 이용하여 사용자들 중 특정 사용자에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제1 홍채 영역 집합(I_c)과 상기 특정 사용자를 제외한 나머지 사용자들에 대한 정규화된 홍채 영역들의 집합인 제2 홍채 영역 집합(E_c)을 분리시키는 최적의 이차 형식 행렬을 산출한다.
- [0084] 이를 위하여, S500 단계는 최적의 이차 형식 행렬은 상술한 바와 같이 상기 수학적 7에 의해 정의되는 최적화 문제로부터 라그랑지 듀얼 u , K 를 산출하는 단계 및 산출된 라그랑지 듀얼을 이용하여 상기 수학적 4에 의해 정의되는 최적의 이차 형식 행렬을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다. 한편, 라그랑지 듀얼 u , K 를 산출하는 단

$$K^* = (\lambda O_c - \sum_{x_i \in I_c} u_i I_i)_+$$

계에서는 상기 수학식 8로부터 u 를 먼저 구하고, 구해진 u 를 K^* 에 대입하여 u , K 를 구할 수 있다.

- [0085] S600 단계에서는 S500 단계를 통해 산출된 최적의 이차 형식 행렬을 이용하여 정규화된 홍채 영역들에 대한 특징 벡터들을 생성한다. 특징 벡터는 상술한 바와 같이 상기 수학식 14를 이용하여 생성될 수 있다.
- [0086] S700 단계에서는 S600 단계를 통해 생성된 특징 벡터들을 이용하여 사용자들에 대한 홍채 인식을 수행한다. 이 하에서는, 도 3을 참조하여 S700 단계에 대하여 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0088] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 홍채 인식 방법에 포함된 홍채 인식 단계의 순서도이다.
- [0089] 도 3을 참조하면, 홍채 인식 단계는 등록 단계(S710), 인증용 특징 벡터 생성 단계(S720) 및 인증 단계(S730 내지 S750)를 포함한다.
- [0090] S710 단계에서는 등록을 위한 복수개의 홍채 이미지들에 대하여 S100 단계 내지 S600 단계를 수행하여 등록용 특징 벡터들을 생성하는 단계이다. 또한, 등록용 특징 벡터들을 별도의 저장부(미도시)에 저장시킬 수 있다.
- [0091] S720 단계에서는 홍채 인식이 필요한 복수개의 홍채 이미지들에 대하여 S100 단계 내지 S400 단계 및 S600 단계를 수행하여 인증용 특징 벡터들을 생성하는 단계이다. S710 단계와 달리, 이미 특징 벡터 생성을 위한 최적의 이차 형식 행렬이 생성되어 있으므로, 홍채 인식이 필요한 복수개의 홍채 이미지들에 대하여는 최적의 이차 형식 행렬을 생성하는 S500 단계를 수행하지 않는다.
- [0092] S730 단계에서는 S710 단계 및 S720 단계를 통해 생성된 등록용 특징 벡터들과 인증용 특징 벡터들 간에 거리를 계산한다. 일 예로서, S730 단계에서는 최근접 이웃 분류 알고리즘을 이용하여 등록용 특징 벡터들과 인증용 특징 벡터들 간에 거리를 계산할 수 있다.
- [0093] S740 단계에서는 S730 단계를 통해 계산된 거리 중 가장 가까운 거리를 기 설정된 임계값과 비교한다.
- [0094] 비교 결과에 따라, 상기 가장 가까운 거리가 기 설정된 임계값 이하이면 사용자들에 대한 인증을 완료한다(S750).
- [0095] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0096] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0097] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을

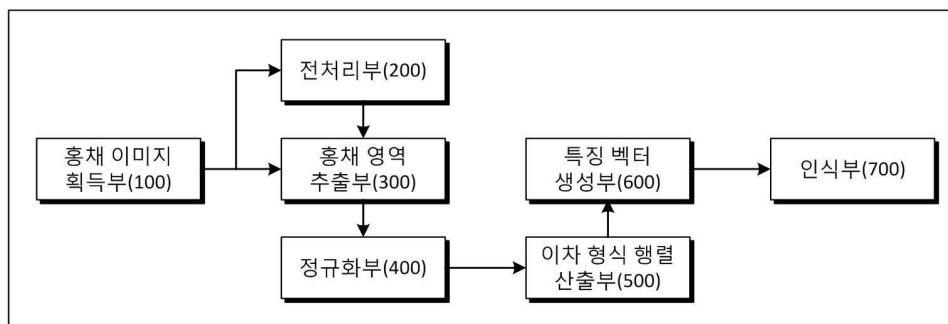
단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0098] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

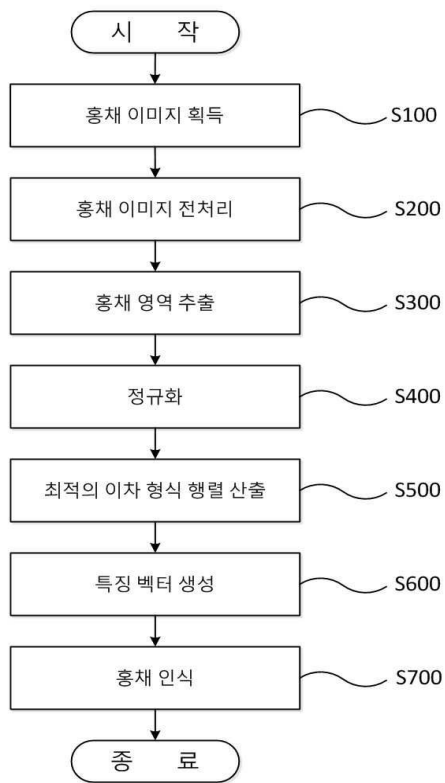
[0099] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1



도면2



도면3

