(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월24일
(11) 등록번호 10-1355589
(24) 등록일자 2014년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2006.01) *G06T 17/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0010422
(22) 출원일자 2013년01월30일
심사청구일자 2013년01월30일
(56) 선행기술조사문헌
JP2004151085 A
JP2008054754 A
JP2008146217 A
JP2009537923 A

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
최강선
충청남도 천안시 동남구 용곡2길 43-11, 111동 1001호 (용곡동, 용곡한라비발디아파트)
김동현
경기도 화성시 향남읍 행정죽전로2길 27-7, 칸타빌레 301호
(74) 대리인
김민태

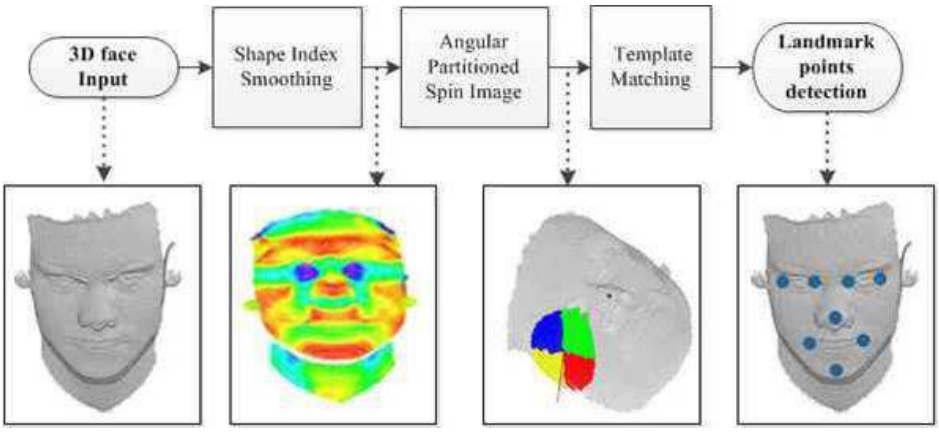
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 진민숙

(54) 발명의 명칭 **각 분할 스핀영상을 이용한 얼굴인식 방법**

(57) 요 약

3차원 얼굴 특징점을 검출하여 얼굴을 인식하는 얼굴 인식 방법에서, 상기 3차원 얼굴 특징점을 검출하는 방법은, 형태 지표를 평탄화하는 단계, 상기 평탄화된 형태 지표를 바탕으로 각(angular) 분할하여 스핀 영상(spin image)을 생성하는 단계, 및 상기 생성된 각 분할 스핀 영상들의 유사도를 추출하여 템플릿을 매칭하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

3차원 얼굴 특징점을 검출하여 얼굴을 인식하는 얼굴 인식 방법에서,

상기 3차원 얼굴 특징점을 검출하는 방법은,

형태 지표를 평탄화하는 단계;

상기 평탄화된 형태 지표를 바탕으로 각(angular) 분할하여 스핀 영상(spin image)을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 각 분할 스핀 영상들의 유사도를 추출하여 템플릿을 매칭하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 형태 지표 평탄화 단계에서는, 곡률 거리를 평균적인 얼굴 크기에 맞춰 설정하는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 곡률 거리는 곡률 계산에 필요한 이웃한 점들의 범위인 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 곡률 거리를 25㎜로 설정하는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 각 분할 스핀 영상을 생성하는 단계에서, 스핀 영상을 생성하는 기준점으로부터 일정 거리 이내의 주변 점들에 대한 법선 벡터를 평균한 평균 법선 벡터를 기준으로 스핀 영상이 생성되는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 각 분할 스핀 영상을 생성하는 단계에서, 복수의 각(angular) 범위로 분할된 스핀 영상이 생성되는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 스핀 영상을 생성하는 기준점은 코끝점인 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 분할된 각 범위는 각각 315~45도, 45~135도, 135~225도 및 225~315도인 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 템플릿 매칭 단계에서, 두 개의 분할 스핀 영상의 유사도를 추출하는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 유사도 추출은 하기 식(1)

$$S(P,Q)=\frac{N\sum p_i q_i-\sum p_i \sum q_i}{\sqrt{(N\sum p_i^2-(\sum p_i)^2)(N\sum q_i^2-(\sum q_i)^2)}} \qquad (1)$$

에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 얼굴 인식 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 얼굴인식 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 각 분할 스핀영상을 이용한 얼굴인식 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 얼굴 인식(face recognition)은 영상 내에서 얼굴의 특징을 효과적으로 표현하여 기존 얼굴 특징 정보와 비교하는 것으로 생체인식을 응용하는 보안 시스템과 관련하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 이러한 얼굴 영상 처리 분야에서는 3차원 얼굴 특징점을 찾는 방법이 선행되어야 하며, 곡률(curvature) 기반 방법 및 표면 형태(surface shape) 기반 방법이 많이 사용된다.

[0004] 상기 곡률 기반 방법은 3차원 점들의 기하학적 관계로부터 계산된 곡률로 형태를 표현하는 것으로, 형태 표현에 있어서는 좋은 성능을 나타내나 연속적인 형태 표현에서는 한계가 있다. 반면, 상기 표현 형태 기반 방법은 3차원 얼굴 표면의 형태를 다른 도메인으로 변환하여 표현하는 것으로, 스핀 영상(spin image)이라고 불리는 방법이 대표적이다. 이 경우, 임의의 한 점에 대한 스핀 영상은 해당 점을 기준으로 주변 공간을 복수의 겹치지 않는 원통형 구간으로 분할하고, 동일한 원통 구간에 속한 점들의 개수를 영상화하여 표시된다.

[0005] 상기 스핀 영상의 경우, 3차원 형태의 표현이 우수하지만 표면 특징이 모호하게 나타나 얼굴 내 여러 곳에서 특징점이 검출되는 문제점이 있다. 또한, 법선 벡터의 방향에 따라 얼굴 내 동일 특징점 위치라도 다른 스핀 영상이 만들어 질 수 있어, 특징점 검출 시스템의 성능을 저하시키는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 오류를 감소시키고 검출 시간을 단축할 수 있는 얼굴 인식 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 3차원 얼굴 특징점을 검출하여 얼굴을 인식하는 얼굴 인식 방법에서, 상기 3차원 얼굴 특징점을 검출하는 방법은, 형태 지표를 평탄화하는 단계, 상기 평탄화된 형태 지표를 바탕으로 각(angular) 분할하여 스핀 영상(spin image)을 생성하는 단계, 및 상기 생성된 각 분할 스핀 영상들의 유사도를 추출하여 템플릿을 매칭하는 단계를 포함한다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 형태 지표 평탄화 단계에서는, 곡률 거리를 평균적인 얼굴 크기에 맞춰 설정할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 곡률 거리는 곡률 계산에 필요한 이웃한 점들의 범위일 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 곡률 거리를 25㎜로 설정할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 각 분할 스핀 영상을 생성하는 단계에서, 스핀 영상을 생성하는 기준점으로부터 일정 거리 이내의 주변 점들에 대한 법선 벡터를 평균한 평균 법선 벡터를 기준으로 스핀 영상이 생성될 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 각 분할 스핀 영상을 생성하는 단계에서, 복수의 각(angular) 범위로 분할된 스핀 영상이

생성될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 스핀 영상을 생성하는 기준점은 코끝점일 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 분할된 각 범위는 각각 315~45도, 45~135도, 135~225도 및 225~315도일 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 템플릿 매칭 단계에서, 두 개의 분할 스핀 영상의 유사도를 추출할 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 유사도 추출은 하기 식(1)로 수행될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예들에 의하면, 스핀 영상의 생성에 사용되는 다수의 겹치지 않는 원통형 구간 각각을 각 범위로 추가로 분할하여 방향에 따른 세부적인 표면 특징을 표현할 수 있는 각 분할 스핀 영상을 생성할 수 있어, 스핀 영상의 오류를 방지하고 정확성을 향상시킬 수 있다.

[0018] 또한, 스핀 영상의 생성에 사용되는 법선 벡터를 해당 점과 주변 점들의 법선 벡터들을 동시에 고려함으로써 생성된 법선 벡터의 신뢰도를 향상시켜, 표면 잡음의 영향을 상대적으로 덜 받는 스핀 영상을 생성할 수 있다.

[0019] 또한, 형태 지표(shape index)를 이용하여 검색할 후보 점들의 개수를 감소함으로써, 검출 시간을 효과적으로 단축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 다양한 얼굴 표면 형태에 대한 형태 지표의 예를 나타낸 모식도이다.

도 2는 스핀 영상을 생성하는 예를 도시한 것으로, (a)는 기준점과 주변점을 나타낸 조감도, (b)는 기준점과 주변점을 나타낸 투사도, (c)는 그리드 빈(grid bin)의 누적 과정을 나타낸 모식도, (d)는 스핀 영상의 조감도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 얼굴인식 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 4a 내지 4f들은 도 3의 얼굴인식 방법에서 곡률 거리에 따른 형태 지표의 평탄화 방법의 예를 나타낸 모식도들이다.

도 5는 도 3의 얼굴인식 방법에서 스핀 영상을 분할하기 위한 좌표도이다.

도 6은 도 3의 얼굴인식 방법을 통해 오른쪽 눈 바깥점에서 생성된 스핀 영상을 나타낸 예이다.

도 7a 내지 7d들은 오른쪽 눈 바깥점에서, 도 3의 얼굴인식 방법을 통해, 템플릿 매칭을 위한 표준 얼굴 데이터의 실측(ground-truth) 특징점에 대해 생성된 템플릿 각 분할 스핀 영상을 나타낸 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 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.

[0022] 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 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의

미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0023] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0024] 도 1은 다양한 얼굴 표면 형태에 대한 형태 지표의 예를 나타낸 모식도이다.

[0025] 일반적으로 물체를 3차원으로 표현하는 방법으로는 물체의 표면을 점, 선, 면의 집합체로 정의하는 폴리곤 메쉬 모델이 주로 사용되는데, 상기 폴리곤 메쉬 모델(polygon mesh model)은 기하학적인 정보와 연결 정보로 구성된다. 이 경우, 상기 기하학적인 정보로 내재된 3차원 물체의 특징점을 검출하기 위해, 3차원 물체의 형태를 나타내는 방법으로는 형태 지표와 스핀 영상이 있는데, 상기 형태 지표의 예가 도 1에 도시되었다.

[0026] 도 1을 참조하면, 형태 모양을 용이하게 파악하기 위해, 기준이 되는 중심점에서 멀어지는 방향으로 형태를 도시할 수 있으며, 도시된 바와 같이, 얼굴에서 코끝점과 턱끝점의 형태는 캡(cap) 모양이며, 입끝점과 눈 바깥쪽 끝점은 안장(saddle) 모양이며, 눈 안쪽끝점은 컵(cup) 모양으로 형성된다. 또한, 각각에 해당되는 형태지표는 1, 0.5, 0으로 서로 다르다.

[0027] 상기 형태 지표의 경우, 직관적으로 형태를 표현하는 장점을 가지면, 대략적인 형태만 추정할 수 있어, 많은 특징점 후보군이 생기는 문제가 있어, 예를 들어, 형태 지표 1에 해당되는 점들이 코끝점 외에도 턱끝점 등에서 발생할 수 있는 문제가 있다.

[0028] 도 2는 스핀 영상을 생성하는 예를 도시한 것으로, (a)는 기준점과 주변점을 나타낸 조감도, (b)는 기준점과 주변점을 나타낸 투사도, (c)는 그리드 빈(grid bin)의 누적 과정을 나타낸 모식도, (d)는 스핀 영상의 조감도이다.

[0029] 상기 스핀 영상은 상기 설명한 형태 지표의 단점을 극복하기 위해 제안된 것으로, 임의의 기준점을 중심으로 주변 영역 내 점들의 분포를 나타내는 것이다.

[0030] 도 2를 참조하면, 상기 스핀 영상이란, 임의의 점인 Po에 대하여, Po를 중심으로 일정 범위 내의 모든 주변점 Px에 대한 α(Po에서의 법선 벡터와 접평면 상에서 Px의 접평면 투사점과 Po 사이의 거리)와 β(상기 Px의 접평면 상의 투사점과 Px 사이의 거리)를 구하여, α와 β를 축으로 2차원 공간에 표시하는 것이다. 이 경우, α와 β의 공간 상 분포를 효과적으로 표현하기 위해, 히스토그램(histogram)과 같이 α와 β축을 각각 동일한 길이의 구간으로 분할하여, 그리드(grid)를 형성하고, 각 그리드 빈(grid bin) 영역에 포함된 점들을 개수를 세어 수치화하여 표현한다.

[0031] 도 2에서는, 7개의 점들에 대해 스핀 영상을 생성하는 방법의 예인데, (a)에 도시된 바와 같이 기준점 Po 및 주변점 7개의 Px에 대하여, (b)에 도시된 바와 같이 기준점 Po에 대한 일정한 주변 영역에 대한 상기 Px의 분포를 파악한다. 그리하여, 상기 각각의 Px에 대하여 α와 β를 구하면 (c)에 도시된 바와 같이 소정의 해당 빈에 3의 값이 할당된다. 이 경우, 점 P_1, P_2, P_3은 접평면으로부터 아래 방향으로 유사한 투사 거리를 갖고 있으며, 법선 벡터로부터 떨어진 거리도 유사하므로 동일한 그리드 빈에 계수되어, 3의 값이 할당된다. 이와 유사한 방법으로 Po 주변의 다른 점들에 대해서도 해당되는 빈에 값을 할당하여 스핀 영상을 생성한다.

[0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 얼굴인식 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0033] 도 3을 참조하면, 본 실시예에 의한 얼굴인식 방법에서는, 3차원 얼굴 특징점을 검출하여 이를 바탕으로 얼굴을 인식한다.

[0034] 이 경우, 상기 3차원 얼굴 특징점을 검출하는 방법은, 우선 3차원 얼굴 형상에 관한 정보가 입력되면(단계 S10), 형태 지표 평탄화(shape index smoothing)를 수행한다(단계 S20). 이후, 각 분할된 스핀 영상(angular partitioned spin image)을 생성하고(단계 S30), 템플릿 매칭(template matching)을 수행하여(단계 S40), 최종적으로 특징점들에 대한 정보를 도출한다(단계 S50).

[0035] 이 경우, 상기 3차원 얼굴 형상에 관한 정보는 별도의 입력 수단(미도시)을 통해 입력되며, 상기 입력 수단을 통해 입력된 3차원 얼굴 형상에 관한 정보는 형태 지표 평탄화 유닛(미도시)을 통해 형태 지표 평탄화 단계가 수행된다. 이후, 스핀 영상 생성 유닛(미도시)을 통해 상기 형태 지표 평탄화 이후, 각 분할된 스핀 영상을 생성하고, 템플릿 매칭 유닛(미도시)에서는 분할된 스핀 영상들을 비교하여 템플릿 매칭을 수행한다. 그리하여, 최종적으로 별도의 출력 수단(미도시)을 통해 최종적으로 추출된 특징점들에 대한 정보가 도출된다.

[0036] 일반적으로, 스핀 영상은 3차원 표면을 보다 정확하게 표현하는 반면 계산량이 많은 단점을 가지는데, 형태 지

표는 계산량이 매우 적은 장점을 가진다. 그리하여, 본 실시예에서는 얼굴 특징점에 속하는 형태 지표의 범위를 적절히 설정하여 해당 점들에 대하여만 검출 후보로서 스핀 영상을 생성 및 비교하여, 검출 시간을 단축시킬 수 있으며, 검출 결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0037] 상기 형태 지표 평탄화 단계(단계 S20)에서는 형태 지표 계산에 필요한 곡률 측정 시 발생되는 국지적인 잡음의 영향을 줄여, 보다 정확하고 균일한 형태 지표를 얻도록 한다.

[0038] 상기 각 분할된 스핀 영상의 생성 단계(단계 S30)에서는 종래의 스핀 영상의 표현 방법의 단점을 극복하기 위해, 표면 잡음에 강인한 형태 기술이 가능한 평균 법선 벡터를 이용하여 법선 벡터를 생성한다. 또한, 3차원 곡면의 특성을 보다 효과적으로 나타내기 위해 복수 개의 각 범위로 분할된 스핀 영상을 생성한다.

[0039] 상기 템플릿 매칭 수행 단계(단계 S30)에서는 기 추출된 템플릿 분할 스핀 영상과 특징 후보점에서 얻어진 분할 스핀 영상의 유사도를 바탕으로 최적의 특징점을 검출한다.

[0040] 도 4a 내지 4f들은 도 3의 얼굴인식 방법에서 곡률 거리에 따른 형태 지표의 평탄화 방법의 예를 나타낸 모식도들이다.

[0041] 구체적으로, 상기 형태 지표 평탄화 단계(단계 S20)에서 곡률을 계산할 때 필요한 이웃한 점들의 범위, 즉 곡률 거리를 평균적인 얼굴 크기에 맞춰 설정한다. 그리하여, 형태 지표에서 형태 추정시 주곡률이 표면 잡음에 매우 민감한 단점을 극복하여 정확하고 균일한 형태 지표를 생성할 수 있다.

[0042] 도 4a 내지 4f들에서는, 주곡률을 계산할 때 필요한 이웃한 점들의 거리를 달리하여, 즉 곡률 거리를 변경하여 얻어진 형태 지표의 예를 나타낸다. 즉, 도 4a 내지 4f들 각각은, 곡률 거리가 각각 5㎜, 10㎜, 15㎜, 20㎜, 25㎜, 30㎜인 경우의 형태 지표를 나태난 것이다. 상기 도 4a 내지 4f를 참조할 때, 곡률 거리를 증가시킬수록 균일한 형태 지표가 얻어지며, 이와 달리 얼굴의 작은 특징은 제대로 표현되지 못함을 확인할 수 있다. 따라서, 도 4e와 같이, 곡률 거리를 25㎜ 정도로 설정하는 경우, 가장 최적화되고 평탄화된 형태 지표가 추출됨을 확인할 수 있다. 그리하여, 본 실시예에서는 상기 형태 지표 평탄화 단계에서는 곡률 거리를 25㎜ 정도로 설정한다.

[0043] 도 5는 도 3의 얼굴인식 방법에서 스핀 영상을 분할하기 위한 좌표도이다.

[0044] 구체적으로, 상기 각 분할된 스핀 영상의 생성 단계(단계 S30)에서, 이미 설명한 바와 같이, 본 실시예에서는 3차원 영상 획득 시 빈번히 발생하는 표면 잡음에 의한 법선 벡터의 오류를 최소화하기 위해, 스핀 영상을 생성하고자 하는 점으로부터 일정 거리 이내의 주변 점들에 대한 법선 벡터들을 평균하여 고려하여, 법선 벡터 방향의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0045] 나아가, 본 실시예에서는, 해당 점 주변의 3차원 공간을 분할하는 경우, 법선 벡터로부터의 거리와 접평면으로부터의 거리로 분할된 원통형 공간을 각(angular) 범위별로 추가로 세분화하여, 곡면 형태를 표현하는 경우 발생할 수 있는 모호함을 줄여 보다 정확한 스핀 영상의 생성이 가능하게 된다.

[0046] 이 경우, 각을 측정하기 위해 기준이 되는 위치가 필요하며, 본 실시예에서는 얼굴의 중심에 위치하고 주변보다 돌출되어 가장 큰 특징을 갖고 쉽게 검출되는 코끝점을 기준점으로 삼아 스핀 영상을 생성한다.

[0047] 도 5를 참조하면, 본 실시예에 의한 스핀 영상을 구하는 경우, 임의의 기준점 Po에서 코끝점 Pnose를 잇는 벡터를 Vnose라 할 때, 접평면 P에 투사된 접벡터 $Vnose_{\perp}$의 방향을 Po의 기준각 0도로 설정한다. 이 후, 주변점 Px에 대해 Px와 Po를 잇는 Vx의 접벡터 $Vx_{\perp}$과 $Vnose_{\perp}$이 이루는 사이각 Θ를 겹치지 않는 구간으로 나눠 원통 공간을 세분화한다.

[0048] 구체적으로, 도 5에서는 315~45도, 45~135도, 135~225도 및 225~315도와 같이 네 개의 각 범위로 분할된 예를 도시하였으며, 본 실시예에서 상기와 같이 네 개의 각 범위로 분할된 범위로부터 기존의 스핀 영상이 생성되므로, 4 개의 분할 스핀 영상이 생성된다. 한편, 상기 주변점 Px는 135~225도에 대한 스핀 영상에 계수될 수 있다.

[0049] 나아가, 상기 템플릿 매칭 수행 단계(단계 S30)에서는 템플릿 매칭을 위해 두 분할 스핀 영상의 유사도 S를 하기 식(1)과 같이 계산할 수 있다. 하기 식(1)에서 P, Q는 분할 스핀 영상이고 N은 스핀 영상의 크기, p_i, q_i는 P, Q에서 I번째 위치에 해당하는 점의 개수이다.

$$S(P,Q)=\frac{N\sum p_i q_i-\sum p_i\sum q_i}{\sqrt{(N\sum p_i^2-(\sum p_i)^2)(N\sum q_i^2-(\sum q_i)^2)}} \quad (1)$$

[0050]

[0051] 상기와 같이, 형태 지표의 범위에 있는 특징 후보점에서 각으로 분할된 영역의 스핀 영상들과 학습된 템플릿 특징점 각 분할 스핀 영상들의 유사도를 계산하여 얼굴 특징점을 검출할 수 있다.

[0052] 도 6은 도 3의 얼굴인식 방법을 통해 오른쪽 눈 바깥점에서 생성된 스핀 영상을 나타낸 예이다. 도 6에는, 기존 스핀영상(accumulated spin image)과, 본 실시예에 의한 얼굴인식 방법에서 오른쪽 눈 바깥점을 기준점으로 생성된 각 분할 스핀영상을 동시에 도시하였다.

[0053] 도 6을 참조하면, 각 분할 스핀 영상의 경우, 이미 설명한 바와 같이 315~40도, 45~135도, 135~225도 및 225~315도로 영역을 분할하여 각각의 스핀 영상을 생성하였다.

[0054] 도 6의 기존 스핀영상(accumulated spin image)의 경우, α가 작은 부분, 즉, 접선 벡터에 가까운 부근에는 주변 점들이 β가 0인 부분, 즉 접평면 근처에 모여 있음을 알 수 있다. 또한, α가 증가하면서 주변점들이 접평면을 기준으로 높은 영역부터 낮은 영역까지 고르게 퍼져 있음을 확인할 수 있다. 그러나, 이와 같이 β 측면으로 균일하게 분포되었다는 정보는 3차원 곡면을 기술하기에는 매우 모호함을 확인할 수 있다.

[0055] 반면, 도 6의 본 실시예에 의한 각 분할 스핀 영상의 경우, 네가지 각 범위에서 보다 명확한 3차원 곡면 특성을 확인할 수 있다. 즉, 기준점으로부터 볼 쪽으로 내려가는 45~135도의 각 범위에서는 주변점들이 법선 벡터로부터 멀어질수록 접평면으로부터 높이 올라간 곳에 위치함을 확인할 수 있다. 또한, 기준점으로부터 이마쪽으로 올라가는 135~225도의 각 범위에서는 주변점들이 거의 접평면 근처에 분포하며 법선 벡터로부터 멀리 떨어진 부분에서는 접평면의 아래 부분으로 위치함을 볼 수 있다. 또한, 기준점으로부터 얼굴 안쪽 방향인 315~45도의 각 범위에서는 기존 스핀 영상과 유사하게 주변점들이 β측면으로 넓게 분포되나 α가 증가하면서 접평면으로부터 아래로 내려가는 점들이 주를 이루고 있음을 확인할 수 있다.

[0056] 이상과 같이, 본 실시예에 의한 각 분할 스핀 영상 생성 방법을 통해, 기존의 스핀 영상 생성 방법보다 보다 명확한 특징의 기술이 가능함을 확인할 수 있다.

[0057] 도 7a 내지 7d들은 오른쪽 눈 바깥점에서, 도 3의 얼굴인식 방법을 통해, 템플릿 매칭을 위한 표준 얼굴 데이터의 실측(ground-truth) 특징점에 대해 생성된 템플릿 각 분할 스핀 영상을 나타낸 예이다.

[0058] 한편, [표 1]은 기존의 방법과 본 실시예의 얼굴인식 방법을 통해 구한 특징점과 실제 특징점의 오차거리를 나타낸 것이다.

[0059] [표 1] 실제 특징점과의 오차거리

[0060]

Facial landmark	Distance error			
	mean(*mm*)		std.dev.(*mm*)	
	3DFRR	Proposed	3DFRR	Proposed
Right Eye Outer Corner	9.74	5.85	5.63	4.25

[0061] 도 7a 내지 7d들, 및 [표 1]을 참조하면, 종래의 3DFRR(3D facial region retrieval) 방법과 본 실시예에 의한 얼굴인식 방법으로 얻어진 얼굴 특징점들 중, 오른쪽 눈 바깥점에서의 실측과의 오차 거리는 9.74㎜에서 5.85㎜로 약 40% 개선되었으며, 표준편차도 5.63㎜에서 4.25㎜로 약 25% 개선된 것을 확인할 수 있다. 따라서, 얼굴 데이터에서 보다 신뢰성 있게 특징점을 찾을 수 있음을 확인할 수 있다.

[0062] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 의하면, 스핀 영상의 생성에 사용되는 다수의 겹치지 않는 원통형 구간 각각을 각 범위로 추가로 분할하여 방향에 따른 세부적인 표면 특징을 표현할 수 있는 각 분할 스핀 영상을 생성할 수 있어, 스핀 영상의 오류를 방지하고 정확성을 향상시킬 수 있다.

[0063] 또한, 스핀 영상의 생성에 사용되는 법선 벡터를 해당 점과 주변 점들의 법선 벡터들을 동시에 고려함으로써 생성된 법선 벡터의 신뢰도를 향상시켜, 표면 잡음의 영향을 상대적으로 덜 받는 스핀 영상을 생성할 수 있다.

[0064] 또한, 형태 지표(shape index)를 이용하여 검색할 후보점들의 개수를 감소함으로써, 검출 시간을 효과적으로 단

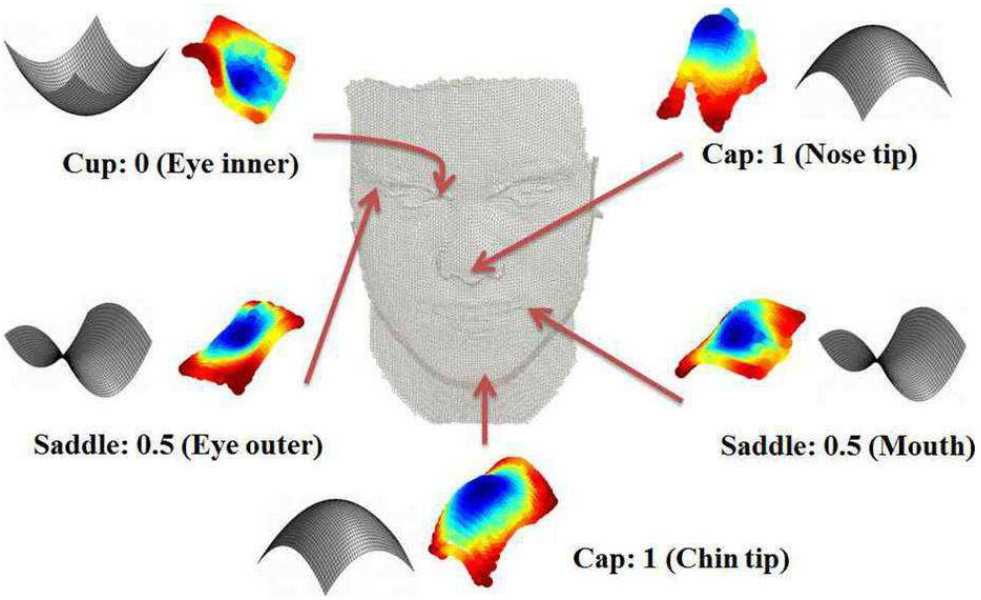
축할 수 있다.

산업상 이용가능성

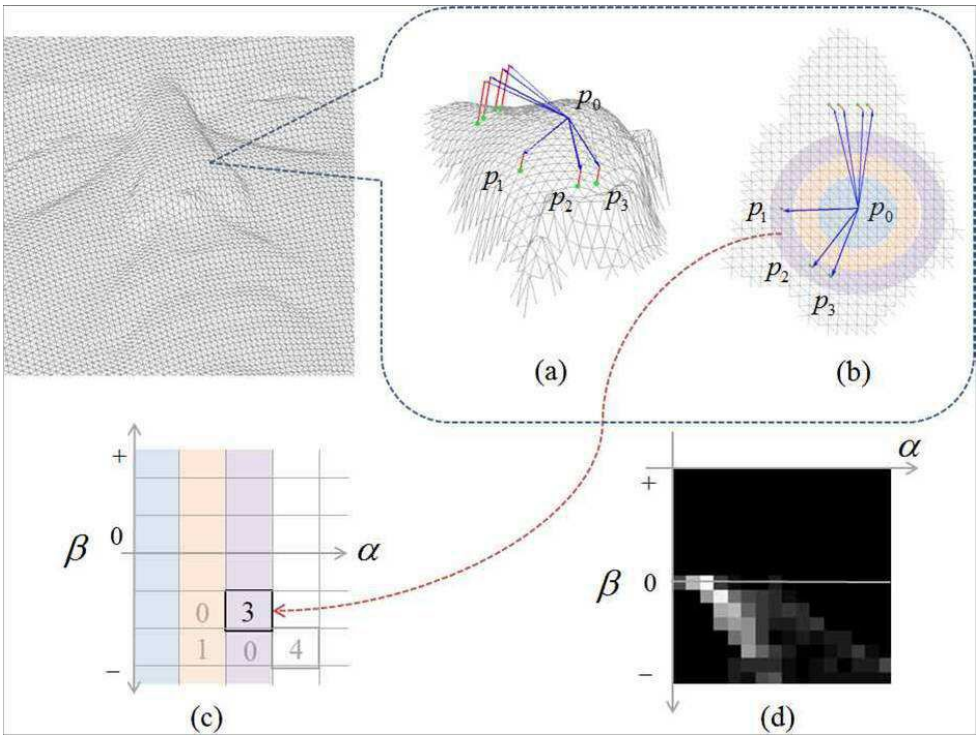
[0065] 본 발명에 따른 얼굴 인식방법은 생체 인식을 응용한 보안 시스템 분야에 사용될 수 있는 산업상 이용 가능성을 갖는다.

도면

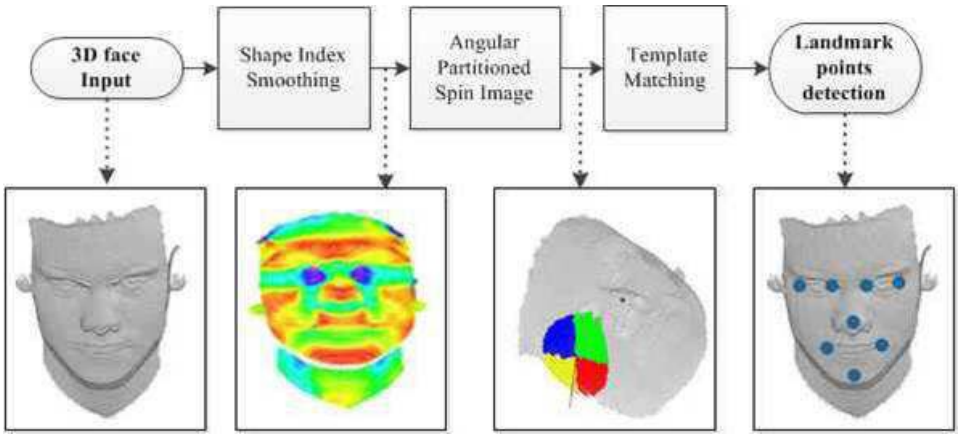
도면1



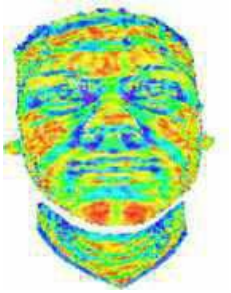
도면2



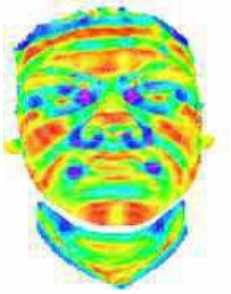
도면3



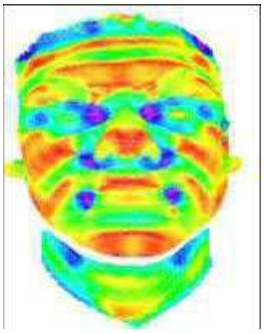
도면4a



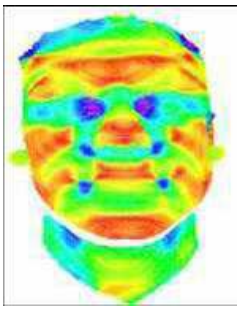
도면4b



도면4c



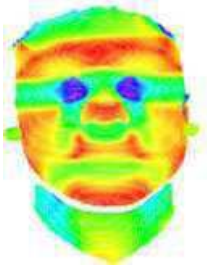
도면4d



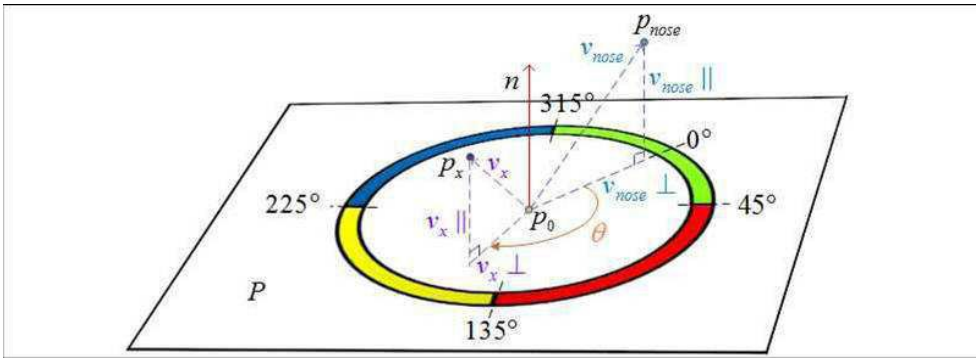
도면4e



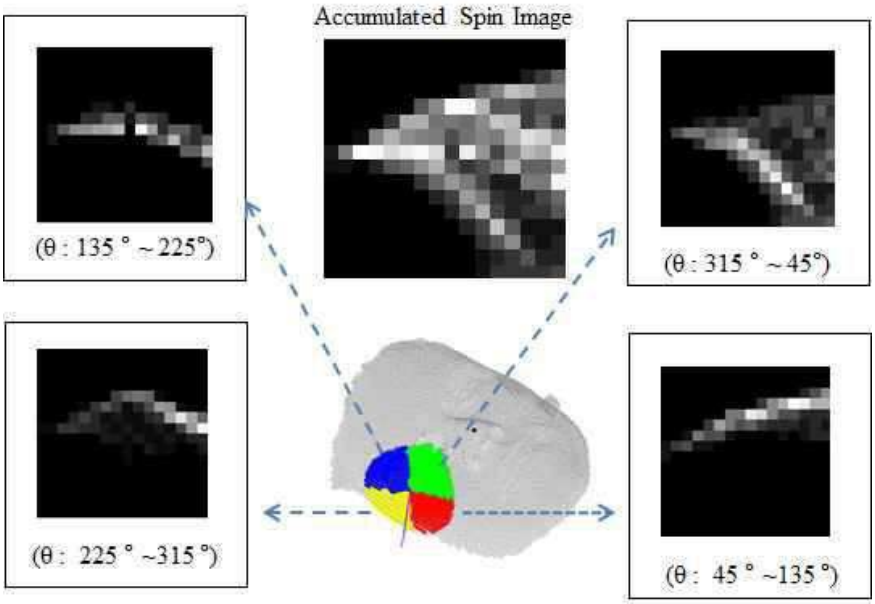
도면4f



도면5



도면6



도면7a



도면7b



도면7c



도면7d

