



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월18일
(11) 등록번호 10-1074953
(24) 등록일자 2011년10월12일

(51) Int. Cl.

G06K 9/64 (2006.01) G06K 9/46 (2006.01)

G06T 7/40 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0084072

(22) 출원일자 2010년08월30일

심사청구일자 2010년08월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010087487 A

KR1020050053130 A

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

문승빈

서울특별시 관악구 은천동 1718번지 벽산블루밍
아파트 105동 904호

조현중

서울특별시 동작구 사당1동 1016-14호 24통 3반

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 임은정

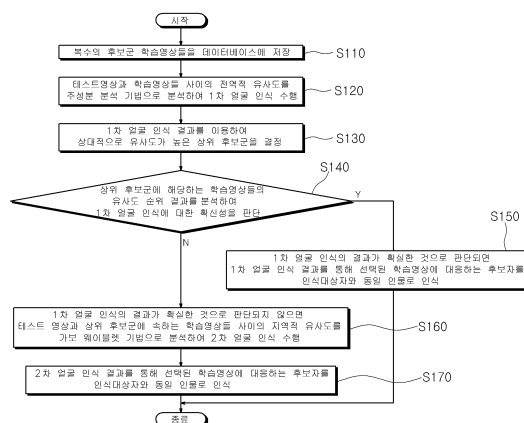
(54) P C A와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은, 후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 학습영상들을 데이터베이스에 저장하는 단계; 인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상과 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행하는 단계; 1차 얼굴 인식 결과를 통해 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정하는 단계; 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계; 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되면 상위 후보군 중 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계; 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않으면 테스트 영상과 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블릿 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계; 및 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계를 포함하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, PCA 방식과 가버 웨이블릿 방식을 혼합하여 지역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식 수행 속도 면에서 빠른 속도를 구현하고 전역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식을 측면에서 높은 성능을 발휘할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 복수의 학습영상들을 데이터베이스에 저장하는 단계;

인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상이 입력되면, 상기 테스트영상과 상기 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행하는 단계;

상기 1차 얼굴 인식 결과를 이용하여 상기 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정하는 단계;

상기 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계;

상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되는 경우에는 상기 상위 후보군 중 상기 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계;

상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우에는 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블릿 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계; 및

상기 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계를 포함하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 학습영상들은 상기 각각의 후보자들의 얼굴의 정면 부근에 산재되어 위치한 복수의 광원에 의해 촬영된 영상이며,

상기 테스트 영상은 상기 인식대상자의 얼굴의 정면 또는 측면 부근에 위치한 광원에 의해 촬영된 영상인 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계는,

상기 상위 후보군 중에서, 상기 유사도 순위가 1위부터 n 위(n 은 자연수)에 해당하는 상기 학습영상들이 모두 동일 후보자에 대한 학습영상들인 경우에는, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계는,

상기 상위 후보군은 상기 유사도 순위가 1위부터 m 위(m 은 자연수)인 학습영상들을 포함하고 상기 상위 후보군 중에서, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 후보자에 대한 다른 학습영상들이 k 개(k 는 $m-1$ 이하의 자연수) 이상 더 포함되어 있는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계는,

상기 테스트영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들을 이진화된 픽셀들로 표현되는 LGBP(Local Gabor Binary Pattern) 영상으로 각각 변환한 다음, 상기 LGBP 영상을 복수 개의 서브영역들로 구분하고 각 서브영역들에 대한 히스토그램을 생성하는 단계;

상기 테스트영상의 히스토그램과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램 사이의 유사도를 분석하는 단계; 및

상기 히스토그램 사이의 유사도가 가장 큰 학습영상을 선택하는 단계를 포함하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 LGBP 영상은,

상기 학습영상과 상기 테스트영상에 대하여, 해당 영상을 구성하는 각 픽셀들의 밝기값과, 상기 각 픽셀들의 밝기값에 대한 평균값을 비교하여, 상기 픽셀의 밝기값이 상기 평균값 이상인 경우는 1, 상기 평균값 이하인 경우 0으로 할당하여 생성된 영상인 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 히스토그램 사이의 유사도를 분석하는 단계는,

아래의 수학적식을 이용하여 바타차야 거리를 계산하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법:

$$d_{Bhattacharyya}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i), H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \sum_i H_2(i)}}}$$

여기서, H_1 은 상기 테스트영상의 히스토그램, H_2 는 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램, i 는 히스토그램의 빈(bin)의 개수를 나타낸다.

청구항 8

후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 복수의 학습영상들을 저장하는 데이터베이스;

인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상이 입력되면, 상기 테스트영상과 상기 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행하는 제1분석부;

상기 1차 얼굴 인식 결과를 이용하여 상기 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정하는 결정부;

상기 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 판단부;

상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되는 경우에는 상기 상위 후보군 중 상기 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 제1인식부;

상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우에는 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블릿 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 제2분석부; 및

상기 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인

식하는 제2인식부를 포함하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 복수의 학습영상들은 상기 각각의 후보자들의 얼굴의 정면 부근에 산재되어 위치한 복수의 광원에 의해 촬영된 영상이며,

상기 테스트 영상은 상기 인식대상자의 얼굴의 정면 또는 측면 부근에 위치한 광원에 의해 촬영된 영상인 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 판단부는,

상기 유사도 순위가 1위부터 n 위(n 은 자연수)에 해당하는 상기 학습영상들이 모두 동일 후보자에 대한 학습영상들인 경우에는, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 상위 후보군은 상기 유사도 순위가 1위부터 m 위(m 은 자연수)인 학습영상들을 포함하고,

상기 판단부는,

상기 상위 후보군 중에서, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 후보자에 대한 다른 학습영상들이 k 개($k=3$ 는 $m-1$ 이하의 자연수) 이상 더 포함되어 있는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 제2분석부는,

상기 테스트영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들을 이진화된 픽셀들로 표현되는 LGBP(Local Gabor Binary Pattern) 영상으로 각각 변환한 다음, 상기 LGBP 영상을 복수 개의 서브영역들로 구분하고 각 서브영역들에 대한 히스토그램을 생성하고,

상기 테스트영상의 히스토그램과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램 사이의 유사도를 분석하며,

상기 히스토그램 사이의 유사도가 가장 큰 학습영상을 선택하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 LGBP 영상은,

상기 학습영상과 상기 테스트영상에 대하여, 해당 영상을 구성하는 각 픽셀들의 밝기값과, 상기 각 픽셀들의 밝기값에 대한 평균값을 비교하여, 상기 픽셀의 밝기값이 상기 평균값 이상인 경우는 1, 상기 평균값 이하인 경우 0으로 할당하여 생성된 영상인 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 히스토그램 사이의 유사도 분석은,

아래의 수학식을 이용하여 바타차야 거리를 계산하는 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템:

$$d_{Bhattacharyya}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i) \cdot H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \sum_i H_2(i)}}}$$

여기서, H_1 은 상기 테스트영상의 히스토그램, H_2 는 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램, i 는 히스토그램의 빈(bin)의 개수를 나타낸다.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)과 가버 웨이블릿 기법(Gabor Wavelet)을 이용한 고성능의 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 사람의 신체 정보를 이용하는 생체 인식 기술의 발전에 따라 얼굴, 홍채, 지문, 망막 등 사람의 신체적 (physiological) 특징이나 목소리, 걸음걸이, 서명 등 행동적 (behavioral) 특징을 이용한 신원 인증 방법은 열쇠, 번호 등을 이용하는 기존의 방법을 대체해 가고 있는 실정이다.

[0003] 현재 가장 많이 쓰이고 있는 생체 인식기술로는 지문, 망막, 홍채, 얼굴을 이용한 방식을 꼽을 수 있다. 얼굴 인식의 경우 성형, 얼굴 표정 변화, 주변 환경 변화 등의 가변적 요소가 커서 다른 생체 정보를 이용한 신원 인증 방법에 비해 상대적으로 인식률이 낮지만, 비접촉식의 편의성과 낮은 설치, 운용 비용 등을 바탕으로 현재 높은 보안을 요구하는 곳에서 다른 생체 정보 기반 인증 기술과 함께 사용되고 있다. 또한 랩탑, 디지털 카메라 등 개인용 기기에서도 얼굴 정보를 이용해 얼굴 검출 및 사용자 인증을 함으로써 그 활용 범위가 점차 넓어지고 있다.

[0004] 얼굴 인식에 가장 영향을 미치는 요소로는 조명, 얼굴 포즈, 표정 변화가 알려져 있다. 이 요소들은 얼굴 영상을 왜곡시켜 인식을 방해하므로 환경 변화에 강인한 얼굴 인식을 하기 위해서 반드시 해결되어야 한다.

[0005] 얼굴인식 시스템 사용자가 그 시스템에 협조한다고 가정했을 때, 표정이나 포즈 등으로 인한 문제는 어느 정도 인위적으로 해결될 수 있지만, 조명 변화의 경우는 인위적으로 제어되기 힘든 요소가 많다. 즉, 조명의 경우 낮과 밤 등의 시간적 요소, 실내/외 등 장소적 요소, 주변 사물의 빛의 반사 등 많은 환경적 요소들이 있고, 이들을 전부 배제하기 위해서는 적절한 공간과 제어 가능한 조명 장치 및 주변 사물 등 많은 비용이 들게 된다.

[0006] 현재까지의 얼굴 인식 방법에는 전역적 방식(Holistic Methods)과 지역적 방식(Local Methods)이 있다. 상기 전역적 방법은 빠른 수행이 가능하고 환경변화가 적을 때 상당히 높은 수준의 성능을 보이는 장점이 있으나, 조명 등의 환경 변화에 강인하지 못한 단점이 있다. 상기 지역적 방법은 환경변화에 강인하지만 특징 추출이 오래 걸리기 때문에 충분한 특징을 추출하고자 하거나 비교 대상이 많은 경우에는 오랜 수행 시간이 필요하다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 전역적 유사도 분석을 이용하는 PCA 기법을 통해 1차 얼굴 인식을 수행하고, 1차 인식의 결과에 대한 확신도가 낮으면, 추가적으로 지역적 유사도 분석을 이용하는 가버 웨이블릿 기법을 통해 2차 얼굴 인식을 수행하여, 지역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식 속도를 높일 수 있고 전역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식률을 높일 수 있는, PCA와 가버 웨이블릿을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 복수의 학습영상들을 데이터베이스에 저장하는 단계와, 인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상이 입력되면, 상기 테스트영상과 상기 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행하는 단계와, 상기 1차 얼굴 인식 결과를 이용하여 상기 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정하는 단계와, 상기 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계와, 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되는 경우에는 상기 상위 후보군 중 상기 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계와, 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우에는 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블렛 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계, 및 상기 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 단계를 포함하는 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법을 제공한다.

[0009] 여기서, 상기 복수의 학습영상들은 상기 각각의 후보자들의 얼굴의 정면 부근에 산재되어 위치한 복수의 광원에 의해 촬영된 영상이며, 상기 테스트 영상은 상기 인식대상자의 얼굴의 정면 또는 측면 부근에 위치한 광원에 의해 촬영된 영상일 수 있다.

[0010] 또한, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계는, 상기 상위 후보군 중에서, 상기 유사도 순위가 1위부터 n 위(n 은 자연수)에 해당하는 상기 학습영상들이 모두 동일 후보자에 대한 학습영상들인 경우에는, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단할 수 있다.

[0011] 이외에도, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 단계는, 상기 상위 후보군은 상기 유사도 순위가 1위부터 m 위(m 은 자연수)인 학습영상들을 포함하고 상기 상위 후보군 중에서, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 후보자에 대한 다른 학습영상들이 k 개(k 는 $m-1$ 이하의 자연수) 이상 더 포함되어 있는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단할 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계는, 상기 테스트영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들을 이진화된 픽셀들로 표현되는 LGBP(Local Gabor Binary Pattern) 영상으로 각각 변환한 다음, 상기 LGBP 영상을 복수 개의 서브영역들로 구분하고 각 서브영역들에 대한 히스토그램을 생성하는 단계와, 상기 테스트영상의 히스토그램과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램 사이의 유사도를 분석하는 단계, 및 상기 히스토그램 사이의 유사도가 가장 큰 학습영상을 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 LGBP 영상은, 상기 학습영상과 상기 테스트영상에 대하여, 해당 영상을 구성하는 각 픽셀들의 밝기값과, 상기 각 픽셀들의 밝기값에 대한 평균값을 비교하여, 상기 픽셀의 밝기값이 상기 평균값 이상인 경우는 1, 상기 평균값 이하인 경우 0으로 할당하여 생성된 영상일 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 히스토그램 사이의 유사도를 분석하는 단계는, 아래의 수학적식을 이용하여 바타차야 거리를 계산한다.

$$d_{Bhattacharyya}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i), H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \sum_i H_2(i)}}}$$

[0015]

[0016] 여기서, H_1 은 상기 테스트영상의 히스토그램, H_2 는 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램, i 는 히스토그램의 빈(bin)의 개수를 나타낸다.

[0017] 그리고, 본 발명은, 후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 복수의 학습영상들을 저장하는 데이터베이스와, 인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상이 입력되면, 상기 테스트영상과 상기 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행하는 제1분석부와, 상기 1차 얼굴 인식 결과를 이용하여 상기 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정하

는 결정부와, 상기 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단하는 판단부와, 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되는 경우에는 상기 상위 후보군 중 상기 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 제1인식부와, 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우에는 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블렛 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 제2분석부, 및 상기 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식하는 제2인식부를 포함하는 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 시스템을 제공한다.

[0018] 여기서, 상기 판단부는, 상기 유사도 순위가 1위부터 n 위(n 은 자연수)에 해당하는 상기 학습영상들이 모두 동일 후보자에 대한 학습영상들인 경우에는, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 상위 후보군은 상기 유사도 순위가 1위부터 m 위($m=6$ 은 자연수)인 학습영상들을 포함한다. 이때, 상기 판단부는, 상기 상위 후보군 중에서, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 후보자에 대한 다른 학습영상들이 k 개($k=3$ 는 $m-1$ 이하의 자연수) 이상 더 포함되어 있는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단할 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 제2분석부는, 상기 테스트영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들을 이진화된 픽셀들로 표현되는 LGBP(Local Gabor Binary Pattern) 영상으로 각각 변환한 다음, 상기 LGBP 영상을 복수 개의 서브영역들로 구분하고 각 서브영역들에 대한 히스토그램을 생성하고, 상기 테스트영상의 히스토그램과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램 사이의 유사도를 분석하며, 상기 히스토그램 사이의 유사도가 가장 큰 학습영상을 선택할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템에 따르면, 전역적 유사도 분석을 이용하는 PCA 기법을 통해 1차 얼굴 인식을 수행하고, 1차 인식의 결과에 대한 확신도가 낮으면, 추가적으로 지역적 유사도 분석을 이용하는 가버 웨이블렛 기법을 통해 2차 얼굴 인식을 수행하여, 지역적 방법만 사용할 경우에 비해 인식 수행의 속도 면에서 빠른 속도를 구현하고 전역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식을 측면에서 높은 성능을 발휘할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법의 흐름도이다.

도 2는 도 1을 위한 시스템의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 사용되는 광원의 위치를 나타내는 개념도이다.

도 4는 도 3의 S1~S4 위치에 있는 광원에 의해 촬영된 영상의 예이다.

도 5는 도 1의 S160 단계에서 LGBP 영상의 변환을 위한 개념도이다.

도 6은 도 5의 서브영역에 대한 히스토그램 생성을 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 도 1은 본 발명의 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법의 흐름도이다. 도 2는 도 1을 위한 시스템의 구성도이다.

[0024] 상기 시스템(100)은 데이터베이스(110), 제1분석부(120), 결정부(130), 판단부(140), 제1인식부(150), 제2분석부(160), 제2인식부(170)를 포함한다. 이하에서는, 상기 PCA와 가버 웨이블렛을 사용한 혼합형 얼굴 인식 방법에 관하여 도 1 및 도 2를 참조로 하여 상세히 설명한다.

[0025] 먼저, 후보군에 해당되는 후보자들의 얼굴을 촬영한 복수의 학습영상들을 데이터베이스(110)에 저장한다(S110). 이때, 상기 복수의 학습영상들은 상기 각각의 후보자들의 얼굴의 정면 부근에 산재되어 위치한 복수의 광원에 의해 각각 촬영된 영상을 나타낸다.

[0026] 도 3은 본 발명의 실시예에 사용되는 광원의 위치를 나타내는 개념도이다. 여기서, S1(subset 1) 부분은 얼굴의

정면 부근에 산재되어 위치한 7개의 광원 위치를 나타낸다.

- [0027] 여기서, 상기 데이터베이스(110) 형성을 위해 얼굴 당 총 7개의 광원을 사용할 수 있으며, 이에 따라 한 사람당 7장의 학습영상들이 저장될 수 있다. 만약, 상기 후보자들이 38명인 경우, 상기 데이터베이스(110)에 총 266장($=38 \times 7$)의 학습영상들이 저장된다. 물론, 본 발명에 사용되는 학습영상들의 개수는 반드시 이에 한정되지 않는다.
- [0028] 여기서, 상기 촬영한 학습영상들은 별도의 전처리 과정 진행을 거쳐 데이터베이스(110)에 저장될 수 있다. 상기 전처리 과정으로는 얼굴 정렬(양 눈의 위치를 기준으로 얼굴 위치 정렬), 영상 크기 변환(영상의 크기를 일정 해상도(ex, 105×120 픽셀)로 변환), 조명 보상 처리(히스토그램 평활화, MLBP(Modified Local Binary Pattern)) 등이 해당될 수 있다.
- [0029] 상기 S110 단계 이후에는, 인식대상자의 얼굴에 대한 테스트영상이 입력되면, 상기 테스트영상과 상기 학습영상들 사이의 전역적 유사도를 주성분 분석 기법(PCA; Principle Component Analysis)으로 분석하여 1차 얼굴 인식을 수행한다(S120). 이러한 S120단계는 상기 제1분석부(120)에서 수행한다.
- [0030] 여기서, 상기 테스트 영상은 상기 인식대상자의 얼굴의 정면 또는 측면 부근에 위치한 광원에 의해 촬영된 영상을 나타낸다. 즉, 테스트 영상은 얼굴 인식대상자의 촬영 영상이므로 정면, 측면인 경우 모두 해당될 수 있다.
- [0031] 이러한 본 발명은 정면 부근의 조명에 대하여 기 촬영된 학습영상의 데이터베이스를 활용하여, 추후 얼굴의 정면 또는 측면 부근의 조명에 대하여 촬영된 테스트영상의 신원을 파악할 수 있도록 하며, 이를 위해 학습영상과 테스트영상 사이의 유사도 분석을 수행하도록 한다.
- [0032] 여기서, 상기 측면 부근에 위치한 광원의 경우, 도 3의 S2(subset 2), S3(subset 3), S4(subset 4)를 참조한다. 물론, S2 부근에서 S4 부근으로 갈수록 광원의 위치가 얼굴의 정면 부근으로부터 점점 더 멀어지고 측면으로 치우치는 경향을 나타낸다.
- [0033] 도 3의 S1~S4 위치에 있는 광원에 의해 촬영된 개별 영상의 예는 도 4를 참조한다. 이러한 도 4를 통해 광원의 위치에 따른 촬영 영상의 차이를 확인할 수 있다.
- [0034] 그 예로서, S1 내지 S4 부근 중 어느 한 부분의 광원에 대해 촬영된 테스트영상을 상기 S1 부근의 광원에 대해 촬영된 학습영상과 비교하여 그 유사성을 판단한다면, 상기 테스트영상의 신원을 파악할 수 있다.
- [0035] 이러한 S120 단계에서, 상기 주성분 분석 기법 즉, PCA는 고차원의 입력 영상 데이터를 분산을 고려한 선택적인 몇 개의 축으로 투영(projection) 시켜서 저차원의 데이터로 줄이는 방법이다. 이렇게 PCA에 의해 축소 표현된 영상 데이터는 PCA에 의해 같은 축에 미리 투영되어 있던 학습영상들과 각각 유사도가 측정된 다음, 상기 유사도가 가장 큰 학습영상, 즉 거리(distance)가 가장 작은 학습영상이 인식 수행의 결과로 선택된다.
- [0036] 더 상세하게는, 상기 PCA는 통계적 차원 축소 기법의 일종으로서, 학습 집합의 선형 최소제곱 하위 공간(linear least-squares subspace)을 만든다. M개의 영상으로 이루어진 학습 집합이 있고 각각의 영상이 s 차원의 벡터로 표현될 수 있을 때, PCA는 학습 영상의 최대 분산 방향과 일치하는 기저 벡터를 갖는 t 차원의 하위 공간을 만들어 낸다. 일반적으로 새롭게 생긴 t 차원의 하위 공간은 학습 영상이 이루는 s 차원 보다 낮은 차원의 공간이다($t \ll s$).
- [0037] 모든 학습 영상이 이 하위 공간으로 투영(projection)된 후, weight들의 집합인 W^{train} 이 학습 영상의 개수만큼 만들어지는데, 이때 각 weight 값은 각 벡터의 가중치를 나타낸다.
- [0038] 테스트영상의 신원 인식을 위해서, 테스트 영상 역시 학습영상이 투영되었던 동일한 하위 공간에 투영되며, 이후 weight들의 집합인 하나의 W^{test} 가 생성된다. 그 후 W^{test} 와 각각의 W^{train} 들은 거리 측정을 통해 W^{test} 와 가장 작은 거리를 갖는 W^{train} 에 해당하는 학습 영상 즉, 유사도가 가장 높은 학습 영상이 얼굴 인식의 결과로 선택된다.
- [0039] PCA 기저 벡터는 아래의 수학적 식 1로 정의되어 지는 scatter matrix(S_T)의 고유벡터(eigenvector)들로 정의된다.

수학식 1

$$S_T = \sum_{i=1}^M (x_i - \mu) \cdot (x_i - \mu)^T$$

[0040]

[0041] 여기서, x_i 는 모든 학습영상들의 평균 영상이고, μ 는 i 번째 학습영상을 의미한다.

[0042] 이상과 같은 S120 단계에서는, 상기 입력된 테스트영상에 대한 매트릭스 연산을 통하여 상호 간의 유사도를 측정한다. 이러한 PCA 방식에 관한 보다 상세한 설명은 공지된 사항이므로 생략한다.

[0043] 상기 PCA는 일반적으로 고차원적인 얼굴 영상 데이터의 저차원의 데이터로 줄임으로써 수행 시간과 데이터 저장 공간을 절약한다. 그런데, 이러한 PCA는 학습과 테스트 영상이 주로 S1 부근에 해당되는 정면 영상일 때는 높은 인식율을 보이지만, 조명 변화가 심한 S2 내지 S4 부근에 해당되는 영상 인식 시에는 인식률이 떨어지는 단점이 있다.

[0044] 상기 S120단계 이후, 상기 결정부(130)에서는 상기 1차 얼굴 인식 결과를 이용하여 상기 학습영상들 중 상대적으로 유사도가 높은 상위 후보군을 결정한다(S130).

[0045] 이에 따라, 상기 상위 후보군은 상기 유사도 순위가 1위부터 m위(m은 자연수)(ex, m=6)인 학습영상들을 포함하게 된다. 그 예를 들면, 총 38명의 후보자에 대하여, 각각 얼굴의 정면 부근에 산재되어 위치한 7개의 광원에 의해 촬영된 총 266장(38×7)의 학습영상들에 대해, 상기 PCA를 적용하여 상기 테스트영상과의 유사도를 분석한 결과, 상대적으로 유사도가 높은 상위 6개의 학습영상들을 상기 상위 후보군으로 결정될 수 있다.

[0046] 이후에는, 상기 상위 후보군에 해당하는 학습영상들의 유사도 순위 결과를 분석하여, 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단한다(S140). 이러한 S140단계는 판단부(140)를 통해 수행한다.

[0047] 즉, 상기 상위 후보군에 해당하는 상위 6개의 학습영상들을 통해 상기 1차 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단한다. 상기 확신성 판단을 위한 일 실시예는 다음과 같다.

[0048] 상기 6개의 상위 후보군 중에서, 상기 유사도 순위가 1위부터 n위(n은 자연수)(ex, n=3)에 해당하는 상기 학습영상들이 모두 동일 후보자에 대한 학습영상들인 경우에는, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단한다.

[0049] 상기 n=3인 경우를 예를 들면, 상기 6개의 상위 후보군 중, 1,2,3위에 해당하는 학습영상들이 모두 동일 후보자에게서 촬영된 학습영상들이라면, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단한다. 이에 따라, 추후 S150 단계에서는 이 1~3위에 해당하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식할 수 있게 된다.

[0050] 상기 확신성 판단을 위한 다른 실시예는 다음과 같다. 만약, 상기 6개의 상위 후보군 중에서, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 특정 후보자에 대한 다른 학습영상들이 k개(k는 m-1 이하의 자연수)(ex, k=3) 이상 더 포함되어 있는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단한다. 이에 따라, 추후 S150단계에서는 이 특정 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식할 수 있게 된다.

[0051] 상기 k=3인 경우를 예를 들면, 유사도 순위가 1위인 학습영상에 대응하는 특정 후보자의 다른 학습영상들이 1위 이외의 순위에 비연속적으로 3개 이상 더 존재는 경우, 상기 1차 얼굴 인식의 결과를 확실한 것으로 판단한다. 이는 상기 유사도 1위에 있는 특정 후보자의 다른 학습영상들이 유사도 '3위, 4위, 6위'에 각각 존재하는 경우, '2위, 4위, 5위, 6위'에 각각 존재하는 경우, '2위, 4위, 6위'에 각각 존재하는 경우 등이 이에 해당될 수 있다.

[0052] 이후, 상기 S140 단계를 통해 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되는 경우, 상기 제1인식부(150)에서는 상기 상위 후보군 중 상기 1차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식한다(S150).

[0053] 이는 상기 PCA 기법만으로 얼굴 인식이 수행되는 경우를 나타내는데, 예를 들면 촬영된 테스트영상의 조명이 얼굴의 정면 부분에 있는 S1의 경우에 해당될 수 있다. 물론, 경우에 따라서는 S2 등의 경우에서도 상기 PCA 기법

만으로 얼굴 인식이 수행될 수 있다.

- [0054] 한편, 상기 1차 얼굴 인식의 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우에는 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들 사이의 지역적 유사도를 가버 웨이블릿 기법(Gabor Wavelet)으로 분석하여 2차 얼굴 인식을 수행한다(S160). 이러한 S160단계는 상기 제2분석부(160)에서 수행한다.
- [0055] 상기 1차 얼굴 인식 결과가 확실한 것으로 판단되지 않는 경우란, 예를 들면 앞서 S140 단계에 소개한 두 가지 실시예에 해당되지 않는 경우를 의미한다.
- [0056] 상기 가버 웨이블릿 기법을 이용하여 2차 얼굴 인식을 수행하는 단계(S160)는 다음과 같다. 먼저, 상기 테스트 영상과 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들을 이진화된 픽셀들로 표현되는 LGBP(Local Gabor Binary Pattern) 영상으로 각각 변환한다.
- [0057] 상기 LGBP 영상이란, 상기 학습영상과 상기 테스트영상에 대하여, 해당 영상을 구성하는 각 픽셀들의 밝기값과, 상기 각 픽셀들의 밝기값에 대한 평균값을 비교하여, 상기 픽셀의 밝기값이 상기 평균값 이상인 경우는 1, 상기 평균값 이하인 경우 0으로 할당하여 생성된 영상을 나타낸다.
- [0058] 도 5는 이러한 S160 단계에서 LGBP 영상의 변환을 위한 개념도이다. 이하에서는 도 5의 영상이 테스트영상인 경우를 예로 하여 설명한다. 물론, 학습영상인 경우도 이러한 테스트영상과 동일한 원리로 LGBP 변환될 수 있음은 자명하다.
- [0059] 만약, 상기 테스트영상의 크기가 105×120 픽셀 크기라면, 도 5의 경우는 그 중 일부에 해당되는 3×3픽셀만을 도시한 것이다. 즉, 3×3픽셀 부분은 상기 테스트영상의 서브영역에 해당된다.
- [0060] 그리고, 좌측 영상에서 각 픽셀 안의 값은 각 픽셀의 밝기값을 나타낸다. 또한, 각 픽셀들의 평균 밝기값은 $2 = (1+1+1+5+3+4+1+1)/9$ 이다. 여기서, 픽셀의 밝기값이 평균값 2 보다 크거나 같은 픽셀 부분을 '1'을 할당하고, 픽셀의 밝기값이 평균값 2보다 작은 픽셀을 '0'으로 할당하게 되면, 우측 영상과 같은 LGBP 영상이 생성된다.
- [0061] 이렇게 LGBP 영상이 생성된 다음에는, 상기 테스트영상에 대한 LGBP 영상과, 상기 학습영상에 대한 LGBP 영상을 각각 복수 개의 서브영역들로 구분하고 각 서브영역들에 대한 히스토그램을 생성한다.
- [0062] 도 6은 도 5의 서브영역에 대한 히스토그램 생성을 위한 개념도이다. 상기 히스토그램은, 상기 3×3픽셀의 서브영역에서 중앙픽셀의 둘레에 있는 8개의 이진 할당 값을 시계방향에 대해 이진수로 읽고(00010001₍₂₎), 이를 다시 십진수(17₍₁₀₎)로 변환한 값을 중앙 픽셀에 대입하여 형성한다.
- [0063] 이러한 동작은 각 픽셀에 대하여 수행한다. 그러면, 각 픽셀에 대하여 상기 십진수로 변환된 값이 발생하고, 이 값을 이용하여 히스토그램의 생성이 가능하게 된다. 이 히스토그램의 형상을 설명하면, 가로축은 각각의 픽셀을 나타내고 세로축은 상기 각각의 픽셀에 대한 십진수 변환값을 나타낸다.
- [0064] 이러한 방법을 통해 상기 히스토그램이 구해지면, 상기 테스트영상의 히스토그램과 상기 상위 후보군(ex, 1~6위)에 속하는 학습영상들의 히스토그램 사이의 유사도를 분석한다.
- [0065] 각각의 히스토그램 사이의 유사도 분석은, 아래의 수학적 2을 이용하여 바타차야 거리를 계산하여 수행한다.

수학적 2

$$d_{Bhattacharyya}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i), H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \sum_i H_2(i)}}}$$

[0066]

- [0067] 여기서, H_1 은 상기 테스트영상의 히스토그램, H_2 는 상기 상위 후보군에 속하는 학습영상들의 히스토그램, i 히스토그램의 빈(bin)의 개수를 나타낸다.

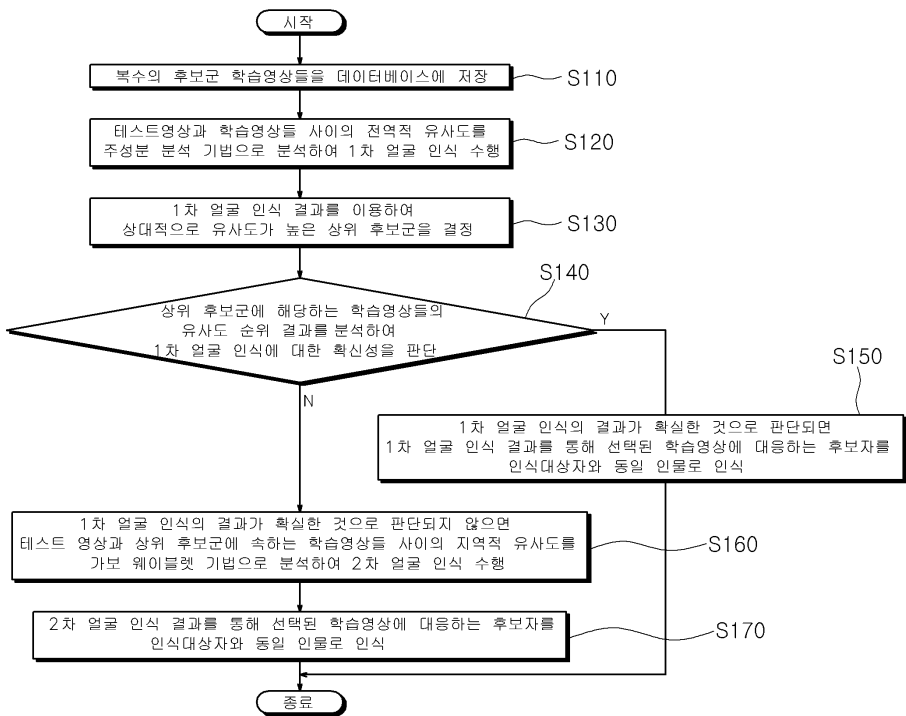
- [0068] 이러한 수학적 2의 바타차야 거리 값이 0에 가까울수록 두 영상 사이의 유사도가 높은 것을 나타낸다.
- [0069] 이렇게 유사도가 계산된 이후에는, 상기 상위 후보군(ex, 1~6위)에 속하는 학습영상들 중 상기 히스토그램 사이의 유사도가 가장 큰 학습영상을 선택한다.
- [0070] 이상과 같은 S160 단계의 2차 얼굴 인식을 수행한 이후, 상기 제2인식부(170)는 상기 2차 얼굴 인식 결과를 통하여 선택된 학습영상에 대응하는 후보자를 상기 인식대상자와 동일한 인물로 인식한다(S170). 즉, 상기 바타차야 거리 값이 가장 작은 해당 학습영상이 선택되고, 이 선택된 학습영상에 대응되는 후보자가 상기 인식대상자와 동일 인물인 것으로 인식된다.
- [0071] 이상과 같은 상기 혼합형 얼굴 인식 방법 및 시스템에 따르면, 전역적 유사도 분석을 이용하는 PCA 기법을 통해 1차 얼굴 인식을 수행하고, 1차 인식의 결과에 대한 확신도가 낮으면, 추가적으로 지역적 유사도 분석을 이용하는 가버 웨이블렛 기법을 통해 2차 얼굴 인식을 수행하여, 지역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식 수행의 속도 면에서 빠른 속도를 구현하고 전역적 방법만 사용한 경우에 비해 인식률 측면에서 높은 성능을 발휘할 수 있는 이점이 있다.
- [0072] 만약, PCA만 이용한 경우에는 도 3의 S2 내지 S4의 광원에 대해서는 얼굴 인식률이 50% 이하로 떨어지게 되어 조명 변화에 강인하지 못한 단점이 있다.
- [0073] 그러나, 본 발명은 테스트영상에 대하여 PCA를 먼저 수행하여 전역적 유사도 계산을 통해 얼굴 인식에 대한 확신성을 판단한 이후, 그 확신성이 떨어지는 경우에는 상기 PCA 결과에 따른 상위 후보군에 대하여 가버 웨이블렛 기법을 추가로 수행하여 지역적 유사도를 분석함에 따라, 상기 S2 내지 S4의 광원에 대해서도 95% 이상의 인식 성능을 나타낼 수 있다. 따라서, 본 발명은 조명 변화에 강인하면서 빠른 성능을 갖는 혼합형 얼굴 인식 알고리즘을 제공할 수 있다.
- [0074] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능한 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

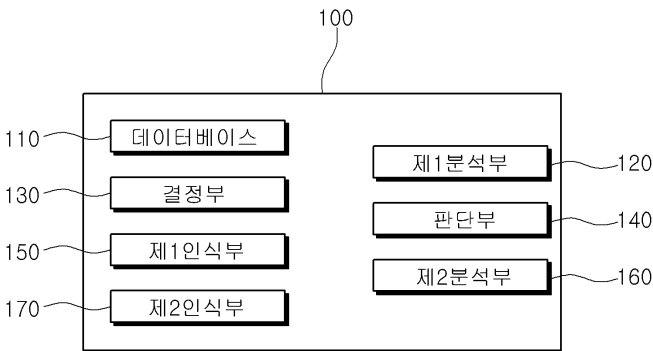
- [0075]
- | | |
|----------------|-------------|
| 100: 얼굴 인식 시스템 | 110: 데이터베이스 |
| 120: 제1분석부 | 130: 결정부 |
| 140: 판단부 | 150: 제1인식부 |
| 160: 제2분석부 | 170: 제2인식부 |

도면

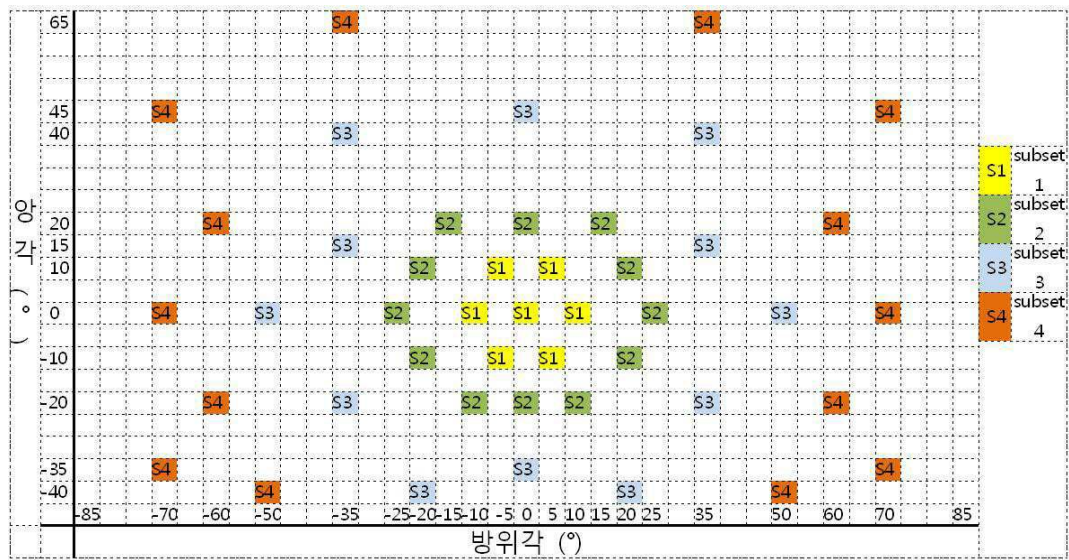
도면1



도면2



도면3



도면4



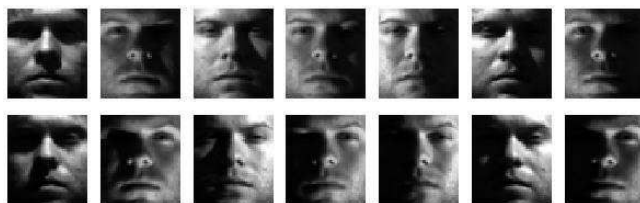
a. Subset 1 (한 사람당 7장)



b. Subset 2 (한 사람당 12장)

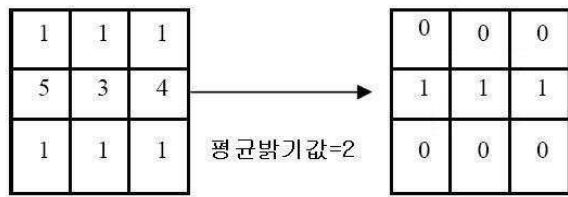


c. Subset 3 (한 사람당 12장)



d. Subset 4 (한 사람당 14장)

도면5



도면6

