
얼굴인식 기술동향 (Face Recognition: A Survey)

문현준*

요약 생체 인식은 개인의 고유한 생체 정보를 획득하여 개인 식별에 이용하는 기술로, 그중 얼굴 인식은 사용자의 편의성과 비강제성이라는 장점이 있는 응용기술로 평가 받고 있다. 본 논문에서는 얼굴인식 기술동향을 살펴보고 얼굴 영역 추출, 특징 추출, 매칭을 포함한 시스템에 대해 논한다. 얼굴 영역 추출에는 얼굴 형판 정합 방법과 얼굴 요소의 검출에 의한 방법을, 특징 추출에서는 PCA 와 LDA 등의 방법을, 그리고 매칭을 통한 인증 단계에서는 최근접 분류기를 소개한다. 다양한 얼굴 인식 기법들이 제시됨에 따라 공인된 성능 평가 방법이 필요하게 되는데, 대용량 표준 얼굴 DB의 구축과 얼굴 인식 성능 평가 방법 개발의 필요성을 제시한다. 향후 얼굴인식 시스템에서는 조명, 자세, 표정의 변화를 어떻게 보정하여 인식할 것인가 하는 것이 연구되어야 할 핵심 분야로서 3차원 얼굴 영상 복원 기술을 통한 해결방법을 살펴본다.

Abstract Biometrics is essential for person identification because of its uniqueness from each individuals. Face recognition technology has advantage over other biometrics because of its convenience and non-intrusive characteristics. In this paper, we will present a overview of face recognition technology including face detection, feature extraction, and face recognition system. For face detection, we will describe template based method and face component based approach. PCA and LDA approach will be discussed for feature extraction, and nearest neighbor classifiers will be covered for matching. Large database and the standardized performance evaluation methodology is essential in order to support state-of-the-art face recognition system. Also, 3D based face recognition technology is the key solution for the pose, lighting and expression variations in many applications.

핵심어: *Biometrics, Face Recognition, Performance Evaluation, Authentication, Identification, Verification*

본 논문은 '서울시 전략산업 혁신클러스터 육성지원사업'의 지원을 받았음.

*주저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 교수 e-mail: hmoon@sejong.ac.kr

1. 서론

생체 인식(Biometrics)이란 사람 개개인 마다 다르게 가진 생체 정보(얼굴, 음성, 지문, 손등정맥, 홍채, DNA, 등)를 추출하여 개인의 신분을 확인하는 방법이다. 최근 생체 인식이 대두된 가장 큰 이유는 보안성과 편리성이라고 할 수 있다. 즉, 기존의 열쇠나 ID카드 등의 경우 분실, 도용, 복제 등의 여지가 많아 보안성이 낮고, 반드시 휴대를 해야 하며, 비밀번호를 외우는 등의 수고가 필요하다는 단점을 가진다. 이에 반해 생체 인식은 인간이 가진 생체 정보를 이용 하여 시스템의 신뢰성에 따라 정도의 차이는 있지만 자기 자신이 아니면 안 되는 탁월한 보안성과 별도의 장치를 가지고 다니거나 외출 필요가 없는 편리성을 동시에 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 생체 인식은 21세기 정보화 사회가 진행됨에 따라 새로운 보안기술의 필요성 증대와 함께 특히, 인터넷 뱅킹을 포함한 전자상거래가 급속히 확산되면서 개인인증 뿐만 아니라 지불확인 및 출입국관리의 목적으로도 그 유용성을 인정받고 있다[1].

생체 인식 기술은 영상 처리, 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 신경 회로망 기술 등을 그 바탕으로 하고 있으며, 수년 전부터 지문센서를 비롯한 영상센서의 소형화, 저렴화와 더불어 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어의 급속한 발전으로 경쟁력 있는 생체 인식 시스템들이 상용화되면서 점차 넓은 시장을 형성하고 있다. 실제로 세계 생체 인식 시장은 매우 크게 성장하고 있으며, 세계적인 과학 전문지인 Elsevier Advanced Technology에서 발행한 The Biometric Industry Report: Market and Technology Forecast to 2003에 따르면 지난 1998년부터 생체 인식 사업은 매년 두 배 이상의 규모로 성장하는 것으로 전망되고 있다[2].

이러한 생체 인식 기술의 상업적 활성화와 발맞추어, 전 세계적으로 생체 인식 기술의 객관적 성능 평가와 표준화 제정에 관한 활동도 활발히 진행되고 있다. 이에 국내에서도 생체 인식 기술에 대한 관심이 높아져 한국정보보호원에서는 2001년 2월 생체 인식 협회회의 표준 분과에서 국내 표준 제정 및 국외 표준화 활동에 대한 공동 대응 등의 역할을 수행하고 있다[3]. 생체 인식 기술 중에 얼굴 인식 기술은 사용자 편의성 면에서 가장 탁월한 인식 기술이다. 얼굴 인식의 장점은 다른 생체 인식 기술이 사용자로 하여금 일정한 동작을 취하도록 요구하는 것과 달리 사용자의 특별한 동작이나 행위에 대한 요구가 없이 비접촉식으로 자연스럽게 확인할 수 있다는 것이다. 이러한 이유로 경쟁력 있는 생체 인식 기술로 평가받고 있으며, 또한 Human Computer Interaction (HCI), Ubiquitous Computing 등과 같은 관련 기술과 접목될 경우 산업에의 파급효과도 클 것으로 예상되고 있다[4]. 그림 1은 얼굴인식 기술의 다양한 응용분야를 나타낸다.

그림 1. 얼굴 인식 응용 분야

얼굴 인식은 지난 20년간 공학 분야 외에도 심리학, 신경 과학 분야 등에서도 폭넓게 연구가 진행 되어 왔다[1]. 얼굴 인식 연구는 1990년대에 들어서면서 급진전하기 시작하였으며, 1990년 대 후반에 들어서서 상품화에 성공하여 현재 전 세계적으로 그 결과물이 제품에 적용되고 있는 단계라고 할 수 있다. 하지만 조명, 포즈, 표정 등의 해결해야 할 기술적 문제들이 많이 남아있으며 그것은 매년 전 세계적으로 쏟아져 나오고 있는 관련 논문의 양이 입증하고 있다.

현재까지 얼굴 인식분야의 연구 현황을 국외와 국내로 나누어 살펴보면 다음과 같다. 얼굴인식분야의 선도 연구기관으로는 카네기 멜론대학의 Robotics Institute, 미국의 MIT Media Lab., 유럽지역의 INRIA, 일본의 ATR 연구소 등이 있으며, 기업으로는 미국의 Viisage, Identix 사 등이 시장을 선도하고 있다. 이들은 현재 얼굴인식기술의 핵심기술인 얼굴검출 기술, 조명인식 기술, 포즈인식 기술, 표정인식 기술뿐만 아니라 노화인식 기술, 대용량 DB 구축기술, 3차원 얼굴형상 복원기술 등에 초점을 맞춰 활발한 연구를 수행 중에 있다. 국내의 다수의 국책 및 기업 연구소에서 얼굴인식 관련 연구를 수행하고 있다. 향후 국내의 자체 기술로 상용화에 성공하기 위해서는 얼굴인식 기술에 관한 적극적으로 체계적인 연구개발이 필요하다고 하겠다[5][6].

얼굴 인식에서 입력 영상은 정지 영상 및 동영상, 칼라 영상과 흑백영상으로 나눌 수 있다. 그리고 얼굴 인식 과정은 크게 얼굴검출 기술과 특징 추출 및 매칭을 통한 얼굴인식 기술로 나눌 수 있다. 일단 인식 대상이 되는 영상을 획득하면 영상에서 인식하고자 하는 얼굴 영역만을 따로 분리해 내는 과정이 필수적이다.

이 과정에서 얼굴 영역이 정확히 추출 되어야 높은 인식률의 얼굴 인식 시스템을 구축할 수 있기 때문에 얼굴검출

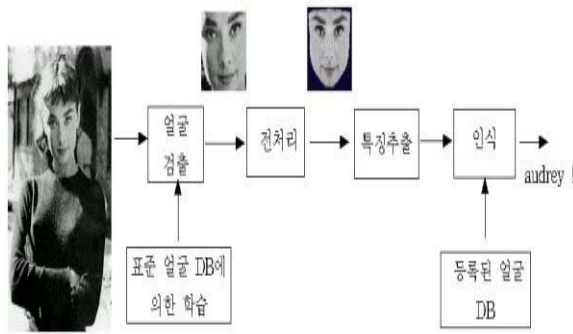


그림 2. 얼굴 인식 시스템 전체 구성도 예

기술은 시스템의 성능을 좌우하는 중요한 부분이라 할 수 있으며, 최근 이에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 얼굴 검출의 다음 단계로 조명에 대한 보상이나, 각종 변형에 대한 보상이 이루어지며 이러한 정규화 과정을 거친 얼굴 영상은 인식 알고리즘에 의해 최종적으로 누구의 얼굴인지 판별된다(그림2)[6].

본 논문에서는 2장에서 지금까지 연구된 얼굴 인식 기술을 소개하고, 3장에서는 얼굴 인식 성능 평가에 대해 설명한다. 4장에서는 앞으로의 향후 연구 방향에 대하여 논하며 결론을 맺는다.



2. 얼굴인식 기술

얼굴 인식 기술은 크게, 얼굴 영역 추출, 얼굴 영역으로부터의 특징 추출 (feature extraction), 매칭을 통한 인식 (recognition) 또는 확인 (verification)으로 나눌 수 있다. 본장에서는 얼굴 인식 기술의 각 단계별 주요한 기술을 설명하기로 한다.

2.1 얼굴영역 추출

주어진 영상에서 얼굴 부분만을 검출해 내는 기술은 그동안 많은 연구가 진행되어 왔지만 아직도 보완해 나가야 할 부분이 많은 기술이다. 그 이유는 인간의 얼굴이 어떤 고정된 모양을 갖는 고체가 아니라 무수히 많은 변형을 가지고 있기 때문이다. 얼굴 영역 추출에 크게 장애가 되는 요인은 크게 내적 요인과 외적 요인으로 나눌 수 있다. 내적 요인은 얼굴 자체의 특성상 가지는 표정의 변화, 포즈의 변화 등을 가리키며 외적 요인은 조명의 변화를 가리킨다. 조명은 빛의 세기, 위치에 따라 인식 대상에 많은 변형을 주며, 포즈의 변화 역시 그러하다(그림3)[7]. 각 얼굴 영역 추출 기술을 살펴보면 다음과 같다.



그림 3. 포즈, 표정, 조명의 변화에 따른 얼굴영상의 다양한 변형의 예

2.1.1 얼굴 형판 정합에 기반한 방법

얼굴에 대한 표준적인 형판(Template)을 만들고 입력 영상에 대하여 탐색 윈도우를 적용하고, 각 탐색윈도우 영상을 형판과 비교하여 얼굴 영역을 찾는 방법이다. 이 방법은 다시 크게 두 가지로 나뉘는데, 첫 번째는 얼굴 모델을 학습시켜 특정 영상이 얼마나 그 모델에 부합되는지 보아 부합여부의 수준에 따라 일정 수준 이상이면 얼굴이라고 판별해내는 것이다. 두 번째 방법은 얼굴과 얼굴이 아닌 다른 영상을 구분 할 수 있는 분류함수를 사용하는 것이다. 이 때 분류함수는 얼굴 영상과 얼굴 영상이 아닌 영상을 가지고 학습시켜 사용한다[8].

2.1.2 얼굴 요소의 검출에 기반한 방법

얼굴요소의 검출에 의한 방법에서는 눈, 코, 입과 같은 얼굴의 특정 요소들의 위치를 미리 뽑아내고 이들 요소간의 특징 벡터를 계산하여 얼굴 부분을 검출한다. 그러나 이 방법은 영상의 질이 높아야 하고, 얼굴 요소간의 상관관계의 규칙을 정립하는 것과 이를 적용시킬 알고리즘의 개발이 어렵고 배경이 복잡한 경우 효율이 떨어지는 단점이 있다. 이와 같이 얼굴의 지역적 특성에 근거한 방법은 다중 검출의 복잡한 문제가 발생하므로 많은 얼굴 영역 추출 기법은 전자 쪽으로 진행되어 왔다[9][10][11].

2.1.3 얼굴 색상에 기반한 방법

얼굴색은 다른 배경과 확연히 구분됨으로 이 특징을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영상을 찾기 위해 전형적인 피부색을 이용하므로 실시간 구현이 가능하고 제한된 환경에서는 좋은 성능을 보이지만, 다양한 피부색과 조명조건, 복잡한 배경 하에서는 강인하지 못하다는 단점이 있다[6].

2.2 특징 추출

얼굴 영역 검출이 완료되면 인식에 활용이 될 수 있는 얼굴 구성 요소(눈, 눈썹, 코, 입 등)를 찾아서 특징 추출 단계에 그 정보를 주게 된다. 얼굴의 특징 추출을 어렵게 하는 요인으로는 조명, 크기, 포즈 변화 등과 같은 일반적인 물체 인식의 문제점과 표정, 안경, 머리 모양, 노화 및 장신구에 따른 변화 등 얼굴만이 가지고 있는 문제점이 있다. 고성능 얼굴 인식 시스템은 이러한 변화를 수용하면서 동일인임을 인식할 수 있어야 하지만 현재의 기술수준은 제한적인 환경

에서 인식을 수행하는 기술이 주류를 이루고 있다[1][11].

지금까지의 특징 추출 방법은 크게 holistic template matching 기법과 local feature extraction 기법으로 나눌 수 있다[5]. 또한 holistic information을 이용하는 기법의 예로는 PCA와 LDA 등이 있다.

2.2.1 Principal Component Analysis (PCA)

PCA는 고차원의 신호를 낮은 차원으로 줄여 다루기 쉽게 해주는 통계적 방법을 일컫는다. 이 방법을 통하여 90년대 초반에 얼굴인식 연구에 적용되어 가장 보편적으로 쓰이는 방법이라고 할 수 있다. 이 방법은 원 얼굴 영상의 정보를 correlation matrix로 정의된 scatter matrix로 구성하여 학습한다. 이 방법은 얼굴만이 존재하는 낮은 차원의 영상공간을 얻기 위해서 사용되었으며 얻어진 얼굴공간을 고유공간 (eigen space)이라 하며 그 공간을 구성하는 좌표계에 해당하는 벡터들을 고유얼굴 (eigenface)이라 한다[12]. 이 고유얼굴은 학습영상들의 공분산행렬에 대해서 선형대수학에서의 고유값, 고유벡터 문제를 풀어서 계산되어 진다. 입력된 얼굴은 고유얼굴로 decompose 하는 계수를 구해서 얼굴 인식을 위한 특징 벡터로 사용하는 것이다. 따라서 PCA 방법을 eigenface 방법이라고 부르기도 한다 (그림 4).



그림 5. Eigenface 의 예

등록되는 영상들은 얼굴만을 위한 고유공간에서의 새 좌표계로 변환되어 저장되며 후에 인식 시에는 새로 들어온 영상들을 역시 얼굴만의 고유공간상의 좌표계로 변환하여 그 둘 사이의 떨어진 거리를 측정함으로써 등록된 얼굴과의 일치 여부를 결정하게 된다. 이렇게 PCA 방법을 사용하는 이유는 형편 정합방식이 갖는 단점인 고차원의 신호를 바로 다룸으로써 생기는 비효율성문제를 해결하는 데 있다 [12][13].

2.2.2 Linear Discriminant Analysis (LDA)

위의 PCA 방법은 앞서 이야기한 장점이 있는 반면 이 방법만을 이용하여 얼굴인식을 할 때는 그 고유의 특성상 중요한 몇 가지 제약을 지닌다. PCA의 가장 큰 제약은 어떤 집단을 잘 축약해서 표현하는 데는 유용하나 집단간을 잘

분리해서 나타내지는 못한다는 것이다. 얼굴인식을 위해서는 잘 축약해서 표현하는 것도 중요하지만 더 중요한 것은 identity가 다른 얼굴을 잘 분리해서 표현하는 방법일 것이다. LDA 방법은 scatter matrix를 구성하는 과정에서 within class는 최소화하고, between class는 최대화시키는 방향으로 선형 변환을 시킨 후 scatter matrix를 학습하는 방법이다 [11].

LDA란 바로 그런 identity가 다른 집단을 집단간의 분리가 잘 되게 표현하도록 만들어진 방법이다. 인식에서 쓰일 때 PCA 방법의 가장 큰 단점은 영상의 변화가 identity의 변화 때문인지 아니면 identity 외에 조명이나 표정의 변화 때문인지 구분하지 못하는 데 있다. LDA 방법은 바로 이런 identity의 변화와 그 밖의 다른 요인에 의한 변화를 구분할 수 있도록 하는 방법이다. 그래서 어떤 사람이 등록 시와 다른 조명에서 인식을 시도하였을 경우 이 변화의 원인은 조명이므로 identity는 동일하다고 제대로 판별을 내릴 수 있도록 하는 데 그 목적이 있다. 그것은 변환 후 서로 다른 identity를 가지는 집단에 속하는 영상간의 분산은 최대로 하고 identity가 같은 집단내부의 영상간의 분산은 최소가 되도록 하는 변환을 구해냄으로써 이를 수 있게 된다[14]. 따라서 이 방법의 효율적인 사용을 위해서는 인식을 원하는 개개인의 사람마다 조명, 표정 등이 다른 다양한 영상을 많이 가지는 것이 중요하다고 하겠다. 실제로 이 방법은 1997년에 실시된 FERET test에서 우수한 인식 성능을 보였다[16].

그림 5는 LDA 방법이 PCA 방법과 다른 점을 이차원상에서 명백히 보여준다. 그림에서와 같이 Class에 속하는 원소들이 2차원상의 점으로 표시되었을 때 PCA나 LDA 방법은 모두 1차원인 직선상에 투영시킴으로써 원소의 차원을 2차원에서 1차원으로 축소하고 있다. 하지만 LDA 방법은 클래스간의 분리를 잘 해주는 반면 PCA 방법은 그렇지 못함을 보여준다[13][14].

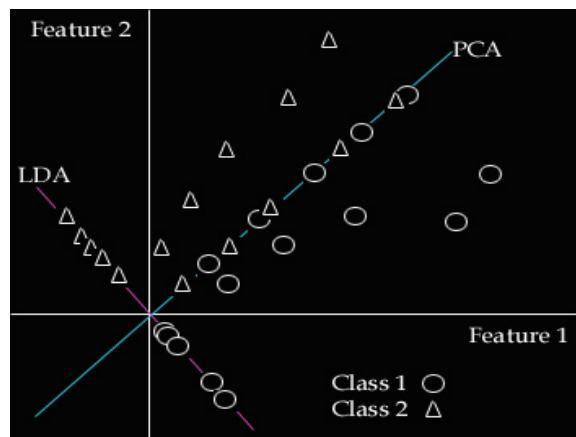


그림 5. PCA vs. LDA

PCA나 LDA 방법의 알고리즘은 계산 속도도 빠르고, 모델 DB의 크기가 작아서 상업화하기에 용이하다는 장점이 있지만, 인식을 위하여 전체적인 얼굴영상 정보에 기반하여 얼굴을 모델링 해야 한다는 단점도 있다. 즉 이 방법은 모든 얼굴 영상이 잘 조정된 환경 하에서 이상적으로 정렬시킨 후 학습되어야 한다는 제약이 있다. 또한, 조명이나 회전, 표정의 변화에 따른 얼굴의 부분적인 변형에 대해서 인식이 떨어지는 문제점이 있다[1].

이런 단점에 기인하여 얼굴인식을 상용화시 Local Feature Analysis (LFA) 라는 방법을 사용하여 얼굴의 전체적 특징이 아닌 지역적 특징을 통계적 모델링 하여 사용함으로써 국소적인 변화에 좀 더 잘 대처할 수 있도록 하였다. Local Feature를 사용하는 방법을 자세히 살펴보면 Gabor jet을 이용하여 특정한 점에서 자기 주변의 orientation과 frequency변화에 대한 edge 반응값을 elastic bunch graph로 구성한다. Gabor Jet은 일반적으로 얼굴 영상의 크기 변화, 포즈와 표정의 작은 변화에도 좋은 인식 성능을 보인다. 그러나 Gabor Jet을 이용한 방법은 연산량이 많고, local feature나 얼굴 topology에 대한 일반적인 표현이 부족하기 때문에 사람이 느끼는 perceptual concept와 인식 결과가 일치하지 않는다는 단점이 있다[5][17].

2.3 매칭 단계 - 최근접 분류기 기반의 인식

특징 추출 단계 후에는 추출된 특징벡터를 최근접 분류기를 이용하여 인식을 하게 된다. 인식 과정에서 가장 많이 쓰이는 nearest neighbor classifiers (NNC) 로는 L1 (Manhattan distance), L2 (Euclidean distance), angle between feature vectors 그리고 Mahalanobis distance 가 가장 많이 쓰이는 기술중의 하나이며 최근에는 support vector machines (SVM)을 통하여 얼굴의 국부적인 구성 요소를 추출하고 이를 특징 벡터로 사용하여 인식하는 방법도 연구가 이루어지고 있다. 영상획득, 전처리 및 특징추출 등 각각의 모듈에 최적화된 최근접 분류기를 사용하는 연구를 통하여 전체 시스템 성능의 최적화를 얻을 수 있다[18][19].

3. 얼굴인식 성능평가

얼굴인식에 적용되는 많은 이론과 기법들이 제시되면서 이들 알고리즘들의 평가와 벤치마킹이 중요한 부분을 차지하게 되었다. 정량적, 정성적인 결과 도출로 얼굴 인식 기술의 발전과 나아가 시장 확대에 기여하기 위해 공인된 성능 평가가 필요한 것이다. 현재 공인된 평가로 진행된 사례가 국내에는 아직 없지만, 미국에서 정부 주도로 진행된 몇 가지 얼굴 인식 성능 평가 사례를 소개한다.

FERET (FacE REcognition Technology)은 1994년부터 진행되어 얼굴 인식 성능 평가의 방법을 개발하고 대용량

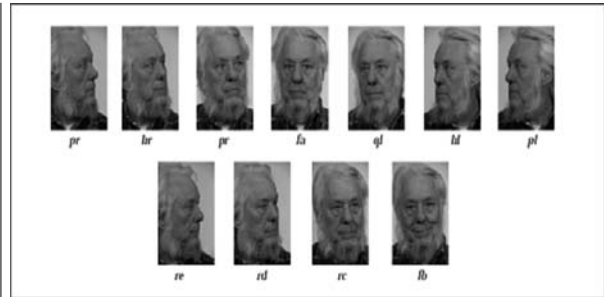


그림 6. FERET 데이터베이스의 다양한 이미지

표준 데이터베이스를 구축하여 그 결과를 여러 분야에 제공하기 위해 처음으로 시도된 방법이다. FERET은 얼굴 인식 시스템에 기본적으로 요구되는 기술의 개발과 평가, 해당 데이터베이스 수집이라는 3가지 주제로 진행되었고 대학의 실험실이 주체로 참가 하였다. 평가 항목은 조명, 크기, 자세, 배경 등 환경의 변화와 사진 획득 시간의 차이, 대용량 데이터베이스에서의 알고리즘 성능을 측정하였다. FERET의 주요 목적의 하나인 얼굴 데이터베이스 구축은 그림 6과 같이 다양한 방향에서 촬영하여 구축되었다.

이 평가는 세 가지 테스트들로 구성되었는데 각각 다른 gallery와 probe을 가졌다. (gallery는 알려진 개인들의 집합이며, 반면에 probe은 인식을 위하여 시스템에 제시되는 알려지지 않은 얼굴들의 집합이다.) 첫 번째 테스트는 사람당 하나의 이미지를 갖는 3816명의 gallery로부터 identification performance를 측정하였다. 두 번째 테스트는 verification performance 테스트로 성능을 측정하였다. FERET 데이터베이스와 평가기술의 이용가능성은 얼굴인식 알고리즘들의 개발에 있어서의 진전에 상당한 영향을 미쳤다[19][20]. FERET은 대용량 데이터베이스와 독립적인 테스트들을 포함하여 설계되었기 때문에 다양한 알고리즘들을 객관적으로 평가하는 것이 가능하다[20].

FERET 프로토콜은 Face Recognition Vendor Test (FRVT) 2000 그리고 2002 와 HumanID project 의 기초가 된다. 2000년과 2002년에 FERET을 기반으로 좀 더 다양한 환경에서의 얼굴 인식 성능 테스트로 시도된 것이 FRVT인데, 이는 얼굴 인식 시스템의 상업시스템에 대한 실험으로 다양한 얼굴 인식 업체가 참가하였다. 평가 항목은 FERET에서 발전하여 영상압축, 거리, 조명, 매체, 포즈, 해상도 등의 다양한 변화에 따른 성능을 실험하여 발표하였다[4].

현재까지 미국은 정부 주도로 다양한 항목의 얼굴 인식 성능을 정기적으로 측정하고 있으며, 앞으로도 더욱 객관적이고 정량화된 공인 성능 평가가 계속될 것으로 예상된다. 이에 우리 실정에 맞는 얼굴 및 생체정보의 대용량 DB구축과 표준화된 성능 평가 방법의 개발이 필요하다 하겠다.



4. 결론

본 논문에서는 얼굴인식 기술을 각 단계별로 나누어 살펴보고, 여러 인식 방법들의 객관적 평가를 위한 평가 방법들을 소개하였다. 많은 얼굴인식 기법들이 제안되었고 상당한 가능성을 보여주었지만, 포즈, 조명 및 표정 변화 등에 강인한 얼굴인식 시스템은 여전히 성취하기가 어렵다. 얼굴인식에 있어서 향후 핵심 기술로 연구되어야 할 부분은 포즈와 조명, 그리고 표정에 의한 변형을 어떻게 보정하여 인식할 것인가 하는 문제이다. 현재 얼굴의 3차원 입력영상을 통하여 얼굴 형상을 복원하고, 포즈, 조명 및 표정을 추정하여 보정하는 컴퓨터 비전 분야에서의 3차원 영상처리 기술을 통한 2차원상의 mapping을 이용한 얼굴 인식 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이는 3차원 얼굴 정보를 이용하는 방법이 포즈, 조명 및 표정에서 발생하는 문제를 가장 근본적으로 해결할 수 있기 때문이다.

또한 국내의 기술로 상용화 제품을 개발하기 위해서는 우리의 실정에 맞는 대용량의 얼굴 DB구축과 표준화된 얼굴 인식 성능 평가 방법 개발이 필요하다. 비록 얼굴 DB의 구축작업 및 표준화가 많은 시간과 경비, 노력이 필요한 일이지만 얼굴 인식 연구의 시작 단계에서부터 최종 성능 평가에 이르기까지 그 필요성과 중요성을 생각한다면 시급한 일이라 하겠다. 얼굴 인식은 다른 생체인식과 비교하여 편의성과 비강제성의 장점을 가지고 있어 다른 생체인식과의 융합에 관한 연구를 통하여 생체인식 여권, 생체인식 신분증 등의 응용분야에 활발한 연구 및 개발이 진행되고 있다.



참고문헌

[1] Chellappa, Wilson, and Sirohey "Human and Machine Recognition of Faces : A Survey" Proceedings of IEEE vol.83, no5, May 1995, p704-740

[2] The Biometric Industry Report. "Market and Technology Forecasts to 2003", Elsevier Advanced Technology 2003, p3-60

[3] <http://www.kisa.or.kr> (한국정보보호진흥원)

[4] <http://www.frvt.org>

[5] 김상룡, 기석철 "얼굴인식 기술동향" 전자공학회지, 제26권, 제11호, 11월 1999년 p32-41

[6] 송근원 "얼굴 인식 기술 및 동향" 한국 멀티미디어학회지, 제7권, 제2호 6월 2003년 p1-8

[7] Y. Adini, Y. Moses, and S. Ullman, "Face Recognition : The Problem of Compensating for Changes in Illumination Direction, " IEEE Trans. Pattern Analysis and

Machine Intelligence vol.19, No.7, July, 1997, p721-732

[8] Swets, K.-K. and Poggio, T. " Example-based learning for view-based human face detection." IEEE Trans, PAMI, 20, 1998, p39-51,

[9] Fukunaga, K. "Introduction to statistical pattern recognition", Academic Press, Orlando, FL., 1972

[10] B. Moghaddam, and A. Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Representation," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.19, no.7, July 1997, p696-710

[11] K. Etemad and R. Chellappa, "Discriminant Analysis For Recognition of Human Face Images" JI Optical Society of America vol.14 aug.1997. p1724-1733

[12] M. Turk and Alex P. "Eigenfaces for Recognition" Journal of Cognitive Neuroscience vol.3, no.1, 1991, p71-86

[13] Hancock, P.J.B., Burton, A.M., and Bruce, V. "Face Processing : human perception and principal component analysis." Memory and Cognition, vol.24, no.1,1996, p26-40,

[14] P.N. Belhumeur et. al., "Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol 19, no 7, July, 1997.

[15] Kirby, M. and Sirovich, L. " Application of the karhunen-loeve procedure for the characterization of human faces." IEEE Trans. PAMI, vol.12 no.1, 1990

[16] Rizvi, S., Phillips, P.J., Moon, H., " A verification protocol and statistical performance analysis for face recognition algorithms", In proceedings Computer Vision and Pattern Recognition, 1998

[17] L. Wiskott, J. Fellous, N. Kruger, and C. von der Malsburg. "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching." IEEE Trans. PAMI, vol.19, no.7, July 1997, p775-779

[18] Yi Lin, "On the Support Vector Machine", University of Wisconsin, Madison, November. 2000 p245-264

[19] Moghaddam, B. and Pentland, A. " Maximum likelihood detection of faces and hands." In Bichsel, M., editor, International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, 1995, p122-128,

[20] Phillips, P.J., Moon, H.J, Rauss, P., and Rizvi, S. " The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms" In proceedings CVPR 97, 1997, p137-143