

# 경량화된 얼굴 특징 정보를 이용한 스마트 카드 사용자 인증

## Smart Card User Identification Using Low-sized Face Feature Information

박지안\* · 조성원\*<sup>†</sup> · 정선태\*\*

Jian Park, Seongwon Cho<sup>†</sup>, and Sun-Tae Chung

\*홍익대학교 전기정보제어공학과, \*\*송실대학교 정보통신전자공학부

<sup>†</sup>School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University

\*\*School of Electronic Engineering, Soongsil University

### 요 약

지금까지 스마트 카드의 사용자 인증은 단말기에서 PIN(Personal Information Number)을 대조하는 MOT(Match On Terminal)방식으로 이루어져 왔다. 이러한 기존의 방법은 사용자의 망각이나 분실로 인해 PIN정보가 유출될 위험이 있으며, 단말기에서 사용자 정보를 대조하기 때문에 사용자 정보에 대한 불법적인 접근 가능성이 높다. 따라서, 본 논문은 PIN방식과 비교하여 현저히 분실과 망각 위험이 낮은 생체정보를 이용하는 MOC(Match On Card)방식 사용자 인증 방법을 제안한다. 이를 위해, 제한적인 저장 공간을 가지고 있는 스마트 카드에도 저장 할 수 있는 저용량의 얼굴 생체벡터를 구성하고 낮은 연산속도를 가진 스마트 카드에서 실시간으로 매칭 결과를 알아 낼 수 있는 단순한 매칭 알고리즘을 제안한다.

**키워드** : 얼굴인식, 특징벡터, 스마트 카드, 가버 웨이블릿, 생체 정보

### Abstract

PIN(Personal Identification Number)-based identification method has been used to identify the user of smart cards. However, this type of identification method has several problems. Firstly, PIN can be forgotten by owners of the card. Secondly, PIN can be used by others illegally. Furthermore, the possibility of hacking PIN can be high because this PIN type matching process is performed on terminal. Thus, in this paper we suggest a new identification method which is performed on smart card using face feature information. The proposed identification method uses low-sized face feature vectors and simple matching algorithm in order to get around the limits in computing capability and memory size of smart card.

**Key Words** : Face recognition, Feature vector, Smart card, Gabor wavelet, Biometric information.

## 1. 서 론

스마트 카드는 이미 우리생활 깊숙이 들어와 금융, 교통, 신분증, 통신을 아우르는 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 2009년 기준으로 스마트 카드는 200억 규모의 전자여권, 공

무원증과 같은 신분증 분야의 대규모 시장을 형성하고 있으며, 400억 규모의 USIM 카드 시장도 형성하고 있다. 또한, 신분카드, 은행카드와 같은 각종 금융 카드에 적용되어 사용되고 있고 가깝게는 매일 사용하는 T-Money도 스마트 카드의 적용사례이다[1]. 이러한 스마트 카드의 사용에 있어 사용자 인증은 중요한 문제로 대두 되고 있다. 기존에는 주로 PIN(Personal Identification Number)방식으로 사용자를 인증하거나 혹은 사용자 인증을 거치지 않고 사용이 가능했다. 그러나 이러한 방식은 사용자가 PIN을 잊어버린 경우 본인일지라도 카드를 사용하지 못하게 될 수 있으며 만약 사용자 인증을 거치지 않고 사용이 가능한 경우에는 다른사람에 의한 도용까지도 가능하다. 따라서 스마트 카드의 새로운 사용자 인증 방법으로 사람의 생체정보를 이용하는 방법이 제시되고 있다. 생체정보를 이용한 사용자 인증시스템은 다른 사람에 의한 도용의 위험성과 분실의 위험성이 극히 낮기 때문이다. 사용자 인증에 사용되는 생체정보로는 얼굴, 목소리, 홍채의 패턴, 지문 손등정맥 등이 있다. 실제로 지문정보는 유일성과 불변성 측면에서 볼 때 다른 생체 정보에 비하여 우수하다. 그리고 얼굴 정보의 경우 지문보

접수일자: 2013년 12월 17일

심사(수정)일자: 2014년 2월 24일

게재확정일자 : 2014년 5월 29일

<sup>†</sup> Corresponding author

감사의 글 : 본 연구는 정부재원(한국연구재단 기초 연구사업[2012R1A1A2006883], 중소기업청, 산업통상자원부), 2012학년도 홍익대학교 학술연구진흥비 및 송실대학교 교내연구비의 지원을 받아 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다는 인증 성공률이 낮지만 기타 생체정보와 비교하였을 때 정보의 취득이 용이하며 피 채취자가 미처 인지하지 못한 상황에서도 채취가 가능하다는 점에 있어서 사용가치가 높은 생체정보로 알려져 있다.

그러나, 스마트 카드의 경우 저장 공간 상 제약과 연산속도의 제한으로 인해 대용량 특징정보를 이용하는 실시간 생체정보 인증시스템을 구현하기 힘들다. 실제로 NXP사의 P5CD016 스마트 카드 컨트롤러의 경우 16KB의 저장 공간을 가지고 있으며 13.56MHz의 operating frequency를 가지고 있어 큰 크기의 얼굴특징정보는 저장하기 힘들다. 따라서 지금까지 스마트 카드에 구현된 생체정보를 이용한 개인인증 시스템은 보통 MOT(Match On Terminal)방식으로 카드의 단지 생체정보의 저장매체로만 사용되고 실제 연산은 단말기로 불러들여 수행하였다.

본 논문에서는 MOC(Match On Card)방식의 사용자 인증에서 저장과 연산이 용이한 작은 크기의 얼굴 특징벡터를 추출하는 방법과 이를 이용한 MOC 방식 인증 알고리즘을 제안한다.

## 2. 얼굴 특징벡터의 추출

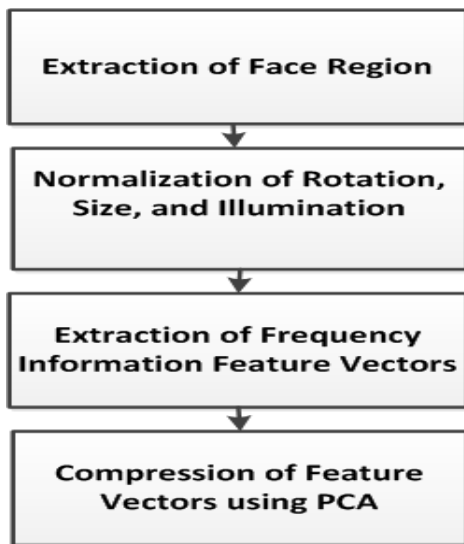


그림 1. 얼굴 특징벡터 추출 순서도  
Fig. 1. Flow chart of face feature vector extraction

얼굴 특징벡터는 그림 1과 같은 과정을 통하여 추출 및 압축되어 사용된다. 먼저 얼굴의 생체정보를 얻기 위하여 일반적인 이미지 장치를 이용해 얻은 이미지에서 얼굴 영역만을 추출해 낸다. 얼굴인식에서 사용되는 이미지는 보통 얼굴과 배경이 혼합된 형태이며 따라서 입력된 영상에서의 정확한 얼굴검출이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 복잡한 배경에서 다양한 크기와 자세의 얼굴 영역을 실시간으로 정확하게 추출하기 위하여 아다부스트(Adaboost)방법을 이용하였다[2]. 여기서 아다부스트를 효과적으로 사용할 수 있도록 단계적인 방법을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다. 단계적 검출의 각 단계에서 사용하는 얼굴 패턴은 MXM(예, 21X21)저해상도에서 표현되는 얼굴 패턴을 이용하였다. 이

방법은 “사람의 인지시스템은 저해상도의 영상에서도 얼굴을 찾는다”는 사실에 그 바탕을 두고 있다. 저해상도의 영상에서도 나타날 수 있는 얼굴 패턴의 수는 여전히 많아 얼굴 영상을 단순한 haar like feature들의 응답 값으로 표현하여 오프라인에서 학습하고, 학습된 패턴을 이용하여 온라인상에서 실시간으로 얼굴 검출하는 방법으로 얼굴 검출을 수행하였다. 구체적인 검출 방법은 그림 2와 같이 여러 개의 분류기를 직렬로 연결하여 배경에서 얼굴을 검출한다.

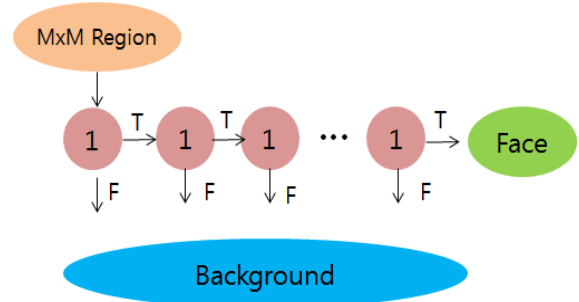


그림 2. 단계별 얼굴 검출  
Fig. 2. Cascade face detection

직렬로 연결된 트리구조의 앞단에서는 얼굴의 단순한 특징을 이용하여 이미지에 포함된 다수의 비 얼굴 영역을 제거하고 이 분류기에서 얼굴영역이라고 판단 된 영역들은 이후의 분류기에서 좀 더 복잡한 특징을 이용하여 다시 얼굴영역인지를 판단하게 된다. 이 과정을 분류기 개수만큼 반복하면서 최종적으로 모든 분류기에서 얼굴영역이라고 판단한 영역을 얼굴영역으로 간주하여 이후의 특징벡터에 사용하게 된다.

그러나 이렇게 추출한 얼굴영역을 바로 얼굴 특징벡터 추출과정에 사용할 수는 없다. 왜냐하면 추출한 얼굴영역은 아직도 크기, 회전 그리고 조명에 대해 정규화 되지 않았기 때문이다. 따라서 추출한 얼굴 이미지를 먼저 512X512크기로 정규화 하고 얼굴의 조명정규화를 진행한다. 얼굴의 조명정규화는 normal distribution기법을 이용하였다[3]. [3]에 따르면 조명효과는 식 (1)과 같이 정규화 영상에 대한 additive noise와 multiplicative noise의 영향이다.

$$I'(x,y) = A \times I(x,y) + B \quad (1)$$

$I'(x,y)$  : 조명영향을 받은 얼굴 이미지

$I(x,y)$  : 조명정규화 된 얼굴 이미지

또한 조명에 대한 영향이 없는 조명 정규화 된 얼굴 이미지는 식 (2)를 통하여 multiplicative noise A와 additive noise B를 직접 구하지 않고도 그림 3과 같이 조명 정규화 이미지를 구할 수 있다. 그림 3에서 상단의 이미지는 정규화 전의 이미지이고, 하단의 이미지가 정규화 후의 이미지이다.

$$I_p(x,y) = \frac{I'(x,y) - E[I'(x,y)]}{\sqrt{Var[I'(x,y)]}} \quad (2)$$



Upper : before normalization  
Lower : after normalization

그림 3. 조명정규화 영상

Fig. 3. Illumination normalization

이후 조명 정규화 된 얼굴 영상에서 얼굴의 기울기를 보상하는 회전정규화 과정을 거친다. 이 과정은 [4]에서 사용한 방법을 이용하였다. [4]에서는 그림 4와 같이 얼굴의 에지성분을 추출하여 y축으로 프로젝션 시켜 만든 그래프의 분산이 얼굴의 기울기 정도가 가장 작을 때 최대가 되는 성질을 이용한다. 크기 정규화 된 얼굴 영상의 내부영역에 대해 15도 단위로 회전한 후보 영상에서 에지-y 축 프로젝션 그래프를 생성하여 최대 분산을 가지는 경우를 얼굴의 기울임이 가장 적은 영상으로 판단하여 회전정규화 된 얼굴 영상을 얻는다.



그림 4. 에지-y프로젝션 그래프

Fig. 4. Edge-y axis projection graph

본 논문에서는 기본 얼굴 특징벡터로 가버 크기 특징벡터를 사용한다. 가버 크기 특징벡터는 극좌표로 표현된 가버 특징벡터(Garbor Jet)의 각 차원 값에서 크기 값을 가져와 만든다. 얼굴 이미지 특징점에서의 가버 특징벡터는 얼굴 이미지 특징점에 대해 방향/주파수/위상에 따라 구성되는 각기 다른 가버 웨이블릿 커널과의 컨볼루션에 의해 얻어진 가버 계수들의 세트로 정의된다[5]. 그리고 본 논문에서 사용한 가버 웨이블릿 커널은 다음 식 (3)과 같이 표현된다.

$$W(x,y,\theta,\lambda,\varphi,\sigma) = e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\vec{x} \cdot \vec{x})} e^{ik \cdot \vec{k}} \quad (3)$$

$$\vec{x} = (x,y)^t, \vec{k} = \left( \frac{2\pi\cos\theta}{\lambda}, \frac{2\pi\sin\theta}{\lambda} \right)^t$$

$\theta$  : 웨이블릿의 방향  
 $\lambda$  : 웨이블릿의 파장(주파수 역수에 비례)  
 $\sigma$  : 는  $\lambda$ 에 비례하는 가우시안의 크기

이때  $\theta$ 는  $\left\{0, \frac{\pi}{8}, \frac{2\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}, \frac{4\pi}{8}, \frac{5\pi}{8}, \frac{6\pi}{8}, \frac{7\pi}{8}\right\}$  그리고  $\lambda$ 는  $\{4, 4\sqrt{2}, 8, 8\sqrt{2}, 16\}$ 의 40개 조합으로 나타나는 가버 웨이블릿 커널을 사용하였다. 본 논문에서는 실제적으로 가버 특징벡터들은 상기 40개 조합에 대한 가버 웨이블릿 커널을 실수부와 허수부로 나누고 각각을 이산화 하여 그림 5와 같이 가버 웨이블릿 마스크를 만들고 이 j번째 조합에 대한 실수부 및 허수부 가버 웨이블릿 마스크들과 이미지의 점(x,y)근방 각 점에서의 이미지 픽셀값(그레이 값)들과 컨볼루션하여 j 번째 가버 특징 벡터의 요소를 구하는 방식으로 가버 특징벡터를 구성하였다.

그리고 이 가버 특징벡터에서 각 요소가 이루는 복소수의 크기 값만으로 구성된 벡터를 가버 크기 특징벡터라 정의하고 이후에 얼굴 특징벡터를 이루는 기본요소로 사용하였다.

이렇게 함으로 해서 본래 80개의 실수부 허수부 값으로 이루어진 가버 특징벡터를 단순히 극좌표로 표현된 복소수의 magnitude만으로 새로운 가버 크기 특징벡터를 구성하고 사용함으로써 전체 얼굴 특징벡터의 정합성능은 유지하면서도 전체 얼굴 특징벡터의 크기를 반으로 줄이는 효과를 얻을 수 있었다.

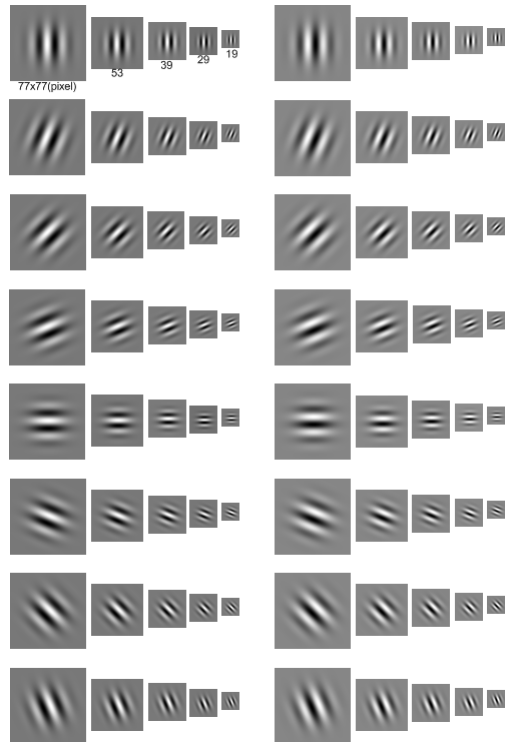


그림 5. 가버 웨이블릿 마스크

Fig. 5. Gabor wavelet mask

그리고 이러한 가버 크기 특징벡터를 그림 6과 같이 미리 설정한 195개의 격자 구조점에서 추출하여 각 차원이 4바이트 float값으로 표현된 총 7800차원의 벡터를 얻어 내었다. 그러나 이 벡터는 그 크기가 32Kbyte에 달하는 대용량의 벡터이므로 스마트 카드에 저장하거나 이를 이용하여 매칭을 수행하기에 무리가 따른다. 따라서 이 벡터를 압축하는 추가 과정이 필요하다.

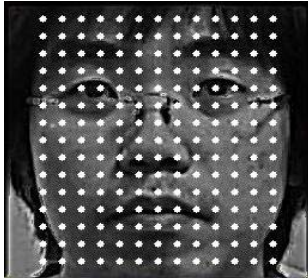


그림 6. 격자 구조  
Fig. 6. Lattice structure

이 벡터의 압축은 [6]에서 제안한 조명효과에 독립인 고유얼굴 가버 PCA공간을 이용하였다. [6]에서는 이미지를 식 (4)와 같이 조명 이미지와 반사 이미지의 곱으로 보았다.

$$I(x,y) = R(x,y)L(x,y) \quad (4)$$

이때, 반사 이미지는 얼굴의 고유한 특성을 나타내는 이미지를, 그리고 조명 이미지는 변화하는 조명환경에 따라 변화하는 얼굴의 특성을 나타내는 이미지를 의미한다. 그러므로 여기서  $R(x,y)$ 를 찾는 것이 조명에 대해 정규화 된 얼굴 이미지를 찾는 것이나, 얼굴 이미지  $I(x,y)$ 로부터 조명 이미지  $R(x,y)$ 를 찾는 것은 잘못 정의된 문제이다. 따라서, 반사 이미지  $L(x,y)$ 는 얼굴 이미지  $I(x,y)$ 와 비슷하게 변환한다는 가정을 가지고 anisotropic smoothing 기법으로 그 근사 이미지를 찾아낸다. 그 이후 이미지가 반사 이미지와 조명 이미지의 곱으로 이루어져 있음을 이용하여  $R(x,y) = I(x,y)/L(x,y)$ 식으로 그림 7과 같이 반사 이미지를 얻어낸다.

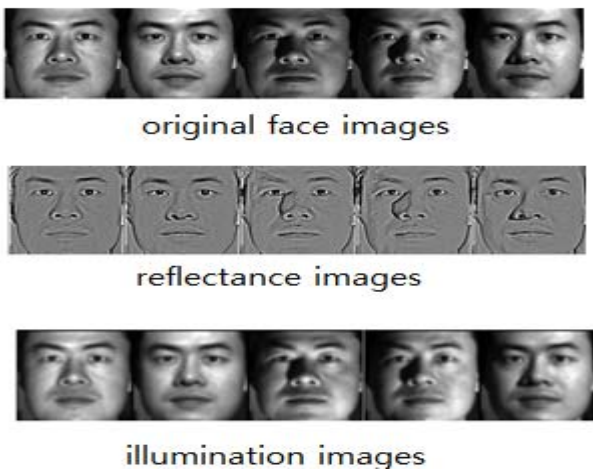


그림 7. Anisotropic smoothing 결과  
Fig. 7. Result of anisotropic smoothing

그러나, anisotropic smoothing 기법은 조명은 천천히 변화하고 이미지의 급격한 밝기 변화는 반사부분의 변화로부터 초래된 것으로 간주하기 때문에, 얼굴과 같이 불록 물체가 아닌 경우에 코와 같이 튀어나온 부분에 의한 음영이 생길 수 있어 이 조명 정규화 기법을 그대로 적용시키기는 무리가 있다. 따라서 이 방법으로 얻어낸 반사 이미지가 조명 효과에 대해 완전히 독립적이라고 할 수 없다. 따라서, 이러한 반사 이미지와 조명 이미지로부터 얻어낸 가버 크기 특징벡터들 또한 여전히 조명효과에 대해 중속적인 요소를 가지고 있게 된다.

따라서, [6]에서는 조명효과에 대해 독립적인 가버 크기 특징벡터 PCA공간을 구성하기 위하여 그림 8과 같이 anisotropic smoothing 기법을 이용해 얻어낸 여러 사람의 반사얼굴 이미지 세트와 여러 조명환경에서 촬영한 동일인의 조명얼굴 이미지 세트를 구성하였다.

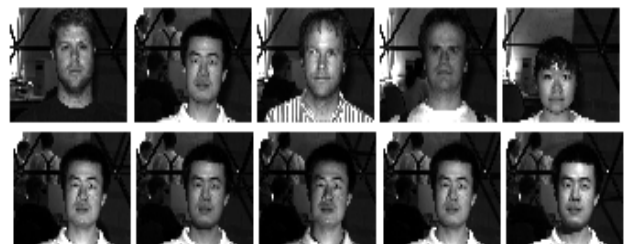


그림 8. 조명독립 PCA공간 구성에 사용된 얼굴 이미지  
Fig. 8. Face images used for illumination-independent PCA space

그리고, 각각의 반사 이미지와 조명 이미지 세트로부터 추출한 가버 크기 특징벡터들로 PCA공간을 구성하였다. 이때, 반사 이미지로부터 추출한 가버 크기 특징벡터들이 구성하는 PCA공간은 본래 반사 이미지가 조명에 대해 독립적이지 않기 때문에 조명효과에 대해 독립적이지는 않지만 비교적 적은 조명효과를 포함하고 있으며 여러 사람의 변화하는 얼굴 모습을 표현하는 PCA공간이다. 또한, 조명 이미지로부터 추출한 가버 크기 특징벡터가 이루는 PCA공간은 구성에 사용된 특정인의 얼굴이 어떻게 여러 조명환경에서 다르게 비춰지는지를 표현하고 있는 PCA공간이다. 그런데 여기서 모든 사람의 얼굴이 모두 달라 보이기 는 하지만 대체적으로 눈 두 개, 코 하나, 입 하나로 이루어져 있어서 조명에 대한 효과가 거의 모든 사람의 얼굴에서 공통적으로 일어난다고 한다면 조명 이미지로부터 얻어낸 PCA공간은 단지 사진에 있는 특정인의 얼굴에서 일어나는 조명효과를 표현한 것이 아니라 일반적인 조명효과를 표현한 것이라고 간주 할 수 있다.

따라서, 반사 이미지로부터 구성된 PCA공간을 이루는 기저로부터 조명 이미지로부터 구성된 PCA공간을 이루는 기저와 중속적인 요소를 제거하여 새로운 PCA공간을 구성하게 되면 그 PCA공간은 여러 사람의 변화하는 고유얼굴을 표현하면서도 조명에 대한 효과를 제거하여 조명효과에 대해 독립적인 PCA공간이 되게 된다.

앞서 구한 가버 크기 특징벡터를 이 조명에 독립적인 고유얼굴 가버 PCA공간에 사영시킴으로써 정보손실을 최소화 하면서 초기 7,800 차원의 얼굴 특징벡터를 292 차원의 특징벡터로 압축하여 본래, 32 Kbyte인 얼굴 특징벡터를

약 1 Kbyte 가까이 1/30로 그 크기를 감소시킬 수 있다. 아울러 부수적인 효과로 이 PCA공간을 이루는 기저가 조명 효과에 대해 독립이므로 조명에 대한 강인함 또한 얻을 수 있다.

#### 4. MOC(Matching On Card)에서의 얼굴인증을 위한 매칭 알고리즘

MOC(Matching On Card) 방식은 기존의 MOT (Matching On Terminal) 방식에 비해 바이오 정보의 처리를 카드 내부에서 처리하기 때문에, 개인정보 및 바이오 정보 누출의 문제에 있어 훨씬 안전하다는 장점이 있다. 그러나, 스마트 카드의 기능적 제한 때문에 연산량이 많은 매칭 방법은 MOC방식으로 수행하기에 적합하지 않다. 따라서, 앞 절에서 설명한 방식대로 얻어낸 얼굴 특징벡터간의 매칭을 실시간으로 처리하기 위하여, 등록자의 얼굴 특징벡터를  $\vec{x}$ , 인증을 원하는 피인증자의 얼굴 특징벡터를  $\vec{y}$  라 하면 두 특징벡터간의 유사도를 식 (5)와 같이 두 벡터의 내적값으로 산정한 다음 문턱치 0.6을 적용하여 동일인임을 판단해 낸다.

$$\text{유사도} = \vec{x} \cdot \vec{y} \quad (5)$$

$\vec{x}$  : 등록자의 얼굴 특징벡터  
 $\vec{y}$  : 피 인증자의 얼굴 특징벡터

얼굴 특징벡터의 매칭은 두 개의 얼굴 특징벡터의 크기를 1로 정규화 하여 두 얼굴 특징벡터가 이루는 상관값에 실험적으로 구한 0.7내지 0.8의 문턱치를 적용하여 그 이상의 값이 나오면 동일인으로 판단하는 방식으로 진행한다. 이는 두 얼굴 특징벡터가 얼마나 서로 같은 방향을 바라보고 있는지를 뜻하며 성능상의 제한이 있는 스마트 카드에서도 비교적 적은 연산 량을 필요로 하는 방법으로 실시간으로 정합 결과를 얻어내어야 하는 스마트 카드 사용자 인증 방법으로 적절하다.

#### 5. 실험

본 논문의 실험은 open platform smart card인 자바 카드에서 이루어졌다. 자바 카드는 개방형 운영체제이기 때문에 native smart card에 비해 새로운 응용프로그램을 추가해서 사용 할 수 있는 장점이 있다.

자바 카드에서 실행되는 각 프로그램 단위는 applet이라고 불리며, 각 applet은 자바 카드 API로 작성되어 플러그인 형식으로 자바 카드 가상머신 위에서 실행된다. 그런데 자바 카드의 자바 카드 가상머신은 데스크톱의 자바 가상머신이 지원하는 자료형이나 기능을 모두 지원하지는 않는다. 자바 카드 가상머신은 성능상 제한이 있는 자바 카드 하드웨어와 운영체제 상에서 운용되기 때문이다.

이러한 자바 카드 가상머신의 제한이 문제가 되는 것은 자바 카드 가상머신이 4byte float 자료형을 지원하지 않는다는 것이다. 얼굴 특징벡터의 각 차원 값이 4byte float으

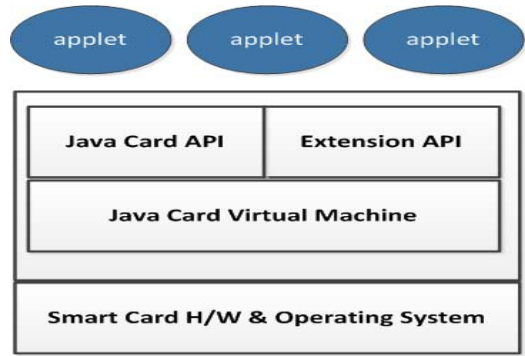


그림 9. 자바 카드 구조  
 Fig. 9. Structure of java card

로 이루어져 있기 때문에, 앞서 구한 얼굴 특징벡터를 그대로 가져다 쓸 수는 없다. 따라서, 먼저 얼굴 특징벡터의 각 차원 값을 스케일링 벡터 k로 스케일링한 뒤 소수부를 버리고 정수부만을 취하여 새로운 벡터를 만들고 정합을 진행하였다. 유사도는 두 얼굴 특징벡터의 상관값으로 정의 하였으므로 이 유사도에 대한 문턱치는  $k^2$  으로 스케일링하여 사용하였다. 그리고 이때 스케일링 후, 소수부를 버리기 때문에 정보의 손실을 피할 수는 없다. 그러나 스케일링 벡터 k를 최소  $10^6$  이상으로 한다면 손실되는 정보량이 무시할 수 있을 만큼 작아지게 된다.

얼굴 특징벡터의 정합실험은 자세와 조명환경에 대한 영향을 배제하기 위해 동일 환경에서 찍은 59명의 사진 118장으로 진행하였다. 또한, 스마트 카드의 특성상 낮은 FAR(False Acceptance Rate)가 낮은 FRR(False Rejection Rate)보다 우선시 되므로 문턱치 0.7을 적용하여 실험을 진행하였고, 결과는 표 1과 같다.

표 1. 압축된 얼굴 특징벡터 정합 결과  
 Table. 1. Result of compressed face feature vector matching

FAR	FRR
0%	8.5%
0 / 118	10 / 118

그리고, 데스크탑 PC에서 실시한 압축되지 않은 7800차원의 얼굴 특징벡터의 정합 실험 결과는 표 2와 같다.

표 2. 비 압축된 얼굴 특징벡터 정합 결과  
 Table. 2. Result of non-compressed face feature vector matching

FAR	FRR
0%	7.6%
0 / 118	9 / 118

두 실험을 비교해 보았을 때 압축 시 정보손실로 인해 압축된 얼굴 특징벡터 정합실험의 FRR이 비 압축된 얼굴 특징벡터의 매칭 실험의 경우보다 약간 높아지는 것(118회 시도에서 에러 1회 증가)을 확인 할 수 있다. 그러나, 중요한 FAR의 경우 차이가 나타나지 않았다.

반면에, 본래 7,800 차원의 얼굴 특징벡터의 경우는 그

크기가 약 30 Kbyte에 달하는 대용량의 벡터로 스마트 카드에 저장하기가 어려웠으나, 압축된 얼굴 특징벡터의 경우 292 차원의 얼굴 특징벡터로 압축되어 약 1/30인 1 Kbyte 크기로 스마트 카드에 저장되어 사용 될 수 있는 크기가 되었다. 아울러, 전체 얼굴 특징벡터의 크기가 줄어서 정합 시에 필요한 연산량이 대폭 줄어 스마트 카드에서도 실시간으로 정합 결과를 알아 낼 수 있게 되었다.

## 6. 결론

본 논문에서는 얼굴 영상을 사용하여 스마트 카드 내부에서 사용자의 본인 여부를 판별하는 MOC방식의 사용자 얼굴 인증에 적합한, 크기가 작은 얼굴 특징벡터와 인증방법에 대해 제안하였다. 이를 위해 아다부스트 검출기를 이용하여 얼굴을 검출하고 normal distribution 기법 등을 이용하여 정규화 과정을 거친 후 이 얼굴 이미지로부터 80개의 가버 웨이블릿을 통해 가버 크기 특징벡터를 구성하여 초기 얼굴 특징벡터를 구성하였다. 그리고 이를 스마트 카드에서도 사용할 수 있도록 보다 크기가 작은 특징벡터로 만들기 위해 조명 이미지와 반사 이미지로부터 구성된 가버 PCA 공간으로부터 조명에 독립인 PCA공간을 구성하여 초기 얼굴 특징벡터의 압축에 사용하였다. 그리고, 간단한 내적을 이용한 유사도 측정방법을 사용하여 실시간으로 정합결과를 알 수 있을 만큼 연산량이 적은 정합방법을 제안하였다. 또한, 실험을 통하여 압축을 통해 손실되는 정보 때문에 일어나는 정합성능의 변화에 대해서도 다루었다. 향후 더욱 신뢰성있고 안정적인 인증시스템의 구현을 위해서는 다양한 자세와 조명 환경에서의 얼굴인증에 대한 추가적인 연구가 진행 되어야 할 것이다.

## References

- [1] D. H. Kong, "Smart Card: Current Status of the Industry and Prospects", *Journal of Information Processing Systems*, vol. 17, no. 6, pp. 37-45, 2010.
- [2] R. Lienhart, J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", *IEEE ICIP 2002*, vol. 1, pp. 900-903, September 2002.
- [3] Xudong Xie, Kin-Man Lam, "An efficient illumination normalization method for face recognition", *Pattern Recognition Letters* 27, pp. 609-617, 2006.
- [4] J. Kim, S. Park, J. Park, S. Cho, K. Lee, S. T. Chung, "Fake face detection using the pupil reflex in the infrared camera image", *Proceedings of KIIS Fall Conference 2011*, vol. 21, no. 2, pp. 58-60, 2011.
- [5] L. Wiskott, J. M. Fellous, N. Kuiger, C. von der Malsburg, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, vol. 19, pp. 775-779, July 1997.
- [6] T. Seol, S. Kim, S. T. Chung, "Robust Face Recognition based on Gabor Feature Vector Illumination PCA Model", *Journal of the Institute*

*of Electronics Engineers of Korea-SC*, vol. 45, no. 6, pp. 67-76, 2008.

## 저 자 소 개



**박지안(Jian Park)**

2011년 : 홍익대학교 전자전기공학부 공학사  
2011년~ 현재 : 홍익대학교 대학원  
전기정보제어공학부 석사과정

관심분야 : 영상처리 및 인식, 기계학습  
Phone : +82-2-320-1493  
E-mail : goodjian@naver.com



**조성원(Seongwon Cho) 종신회원**

1982년 : 서울대학교 학사  
1987년 : 미국 Purdue University 석사  
1992년 : 미국 Purdue University 박사  
현재 : 홍익대학교 전자전기공학부 교수  
한국지능시스템학회 편집이사

관심분야 : 영상처리 및 인식, 지능시스템  
Phone : +82-2-3141-9540  
E-mail : swcho@hongik.ac.kr



**정선태(Sun-Tae Chung)**

1983년 2월 : 서울대 학사  
1986년 12월 : Michigan 대학교 석사  
1990년 12월 : Michigan 대학교 박사  
현재 : 숭실대 정보통신전자공학부 교수

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템  
Phone : +82-2-820-0638  
E-mail : cst@ssu.ac.kr