

# 얼굴 컬러 분석에 의한 지능형 여권 얼굴 인증 시스템

김도현\*, 차의영\*, 김광백\*\*

\*부산대학교 컴퓨터공학과

\*\*신라대학교 컴퓨터공학과

## Intelligent Passport's Face Verification System Using Face Color Analysis

Do-Hyeon Kim\*, Eui-Young Cha\*, Kwang-Baek Kim\*\*

\*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

\*\*Dept. of Computer Engineering, Silla University

E-mail : unlimmit@hanmail.net, gbkim@silla.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 출입국자 관리의 효율성과 체계적인 출입국 관리를 위하여 위조 여권을 판별할 수 있는 지능형 여권 얼굴 인증 시스템을 제안한다. 제안하는 지능형 여권 얼굴 인증 시스템은 여권 이미지에서 여권 코드 문자열을 인식하여 여권 사용자의 사진 및 관련 정보를 여권 데이터베이스에서 추출한다. 추출된 출입국자의 사진 및 얼굴과 여권에 부착된 사진 및 얼굴과의 유사도 측정을 통하여 여권 사진의 위조 여부를 판단한다. 이때, 이미지의 유사도 측정을 위해서 다양한 실험을 통한 결과를 종합 분석해 본 결과 사진 영역의 인증에는 Luminance, Edge, RGB 특징이, 얼굴 영역의 인증을 위해서는 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb 특징이 효과적인 것으로 나타났으며 사진 영역의 유사도와 얼굴 영역의 유사도가 모두 0.8이상인 경우 정상적인 여권으로 판정하고 그렇지 않은 경우 위조가 되었을 가능성이 있는 여권으로 판정하는 방법을 사용하여 FAR 3.1%, FRR 2.7%의 우수한 결과를 나타내었다.

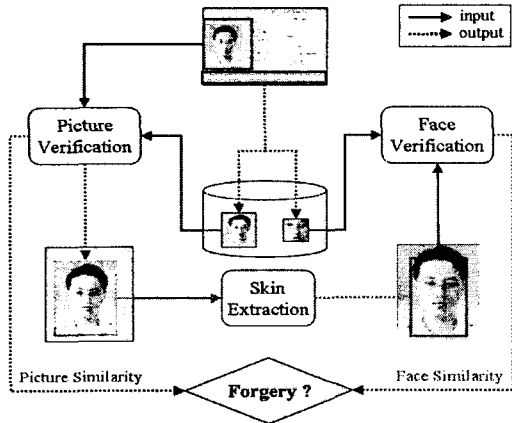
**Key words** : 얼굴 인증, 여권 인증, 여권 위조, 컬러 모델, 유사도 분석

## 1. 서론

세계화에 따른 해외 여행자의 증가와 교통수단의 발달로 인해 공항과 항만 등을 통해 출입국 하는 내외국인의 수가 늘어나고 있으며 이에 따른 출입국 관리의 중요성이 부각되고 있다. 출입국 관리를 위한 여권 검사는 위조 여권 소지자, 불법 체류자, 출입국 금지자 등의 부적격자를 검색하여 범죄를 예방하고 국가 질서를 유지하는데 중요한 역할을 한다. 기존의 여권 검사는 출입국자가 여권을 제시하면 관리자가 수작업으로 사진, 국적, 성명, 여권번호, 주민등록번호 등의 여권 정

보를 입력하여 여권 데이터베이스 사진을 검색한 후 얼굴을 육안으로 대조 확인하여 출입국자를 인증해 주는 절차를 거쳐 왔다. 그러나, 이러한 단순 수작업은 출입국 심사 시간을 지연시키고 부정확한 입력에 의한 오류 및 처리 시간 지연을 유발시켜 체계적이고 신속, 정확한 출입국자 관리를 어렵게 하는 요인으로 작용한다. 뿐만 아니라 디지털 카메라 보급의 확산 및 인화 편집 기술의 발전에 따른 여권 얼굴의 위조 가능성이 높아짐에 따라 여권의 위조 및 진위 여부에 대한 신뢰성 있는 자동 판별 시스템의 필요성 및 중요성이 날로 부각되고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해 인공 신경망 이론

을 이용한 자동 여권 코드 인식 시스템[1,2]이 제안되고 있으나 여권 사진의 검증에 대한 연구는 매우 미약



[그림 1] 지능형 여권 얼굴 인증 시스템

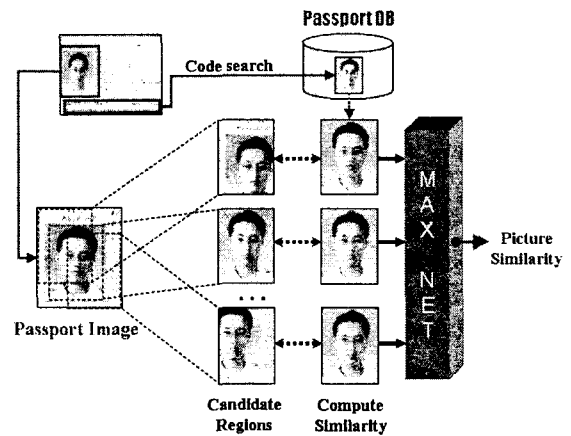
한 실정이다. 여권의 코드 문자열 부분을 인식하여 데이터베이스로부터 여권 소지자의 기본 정보를 자동으로 획득하는 것도 출입국 관리의 효율성을 향상시킬 수 있으나 여권의 위조에 대한 검증의 경우 코드 인식만으로는 무리가 따른다. 예를 들어, 불법 경로를 통해 여권을 구하고 사진 부분만 불법 위조자의 사진으로 교체한 여권의 경우 정상적인 여권으로 판단할 우려가 있다.

본 논문에서는 여권 코드 정보를 이용하여 DB에서 저장된 출입국자의 정보와 사진을 검색하고 얼굴 컬러 정보를 이용하여 얼굴 사진 영역에 대한 인증을 수행함으로써 여권 위조를 판별할 수 있는 지능형 여권 인증 시스템을 제안한다. 제안하는 지능형 여권 얼굴 인증 시스템은 인식된 여권 코드를 데이터베이스에서 검색하여 여권을 만들 때 저장된 사진 이미지를 획득하고 실제 여권에 부착되어 있는 사진과 검색된 사진을 자동으로 대조, 분석하여 여권의 위조 유무를 판단할 수 있도록 하였다. 이때, 실제 제출된 여권 사진에 대한 인증 방법은 얼굴 이미지의 전체적인 명도값 및 경계선 정보와 컬러 모델을 통한 색상 정보 등을 종합적으로 이용한 상관도(correlation)를 사용하여 사진 전체 영역과 얼굴 안면 영역을 구분하여 유사도 측정을 수행함으로써 여권 위조 판별에 대한 인증의 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다. 제안하는 시스템의 구조는 그림 1과 같다.

## 2. 여권 사진 추출 및 유사도 측정

### 2.1 여권 사진 영역 검출

여권에 부착된 사진의 위치는 여권 코드 문자열 좌측 위치를 기준으로 구한 상대적인 거리로 추측할 수 있으며 사진의 경계선 정보를 이용하여 대략의 위치를 추정할 수 있지만 사진의 배경 부분 색깔이 여권의 배경 색깔과 유사하여 외곽이 뚜렷이 나타나지 않는 경우에는 정확한 사진 영역을 추출하기가 힘들다. 따라서, 사진이 존재할 수 있는 대략의 위치를 설정하고 그 영역 내부에 일정한 크기의 후보 영역을 탐색하면서 데이터베이스에 저장되어 있는 여권 소지자의 사진 이미지와 비교하여 가장 유사한 부분을 사진 영역으로 추출한다. 이때 후보 영역의 크기는 데이터베이스에 저장되어 있는 사진 이미지와 동일하게 설정한다.



[그림 2] 여권 사진과 DB 사진의 유사도 비교

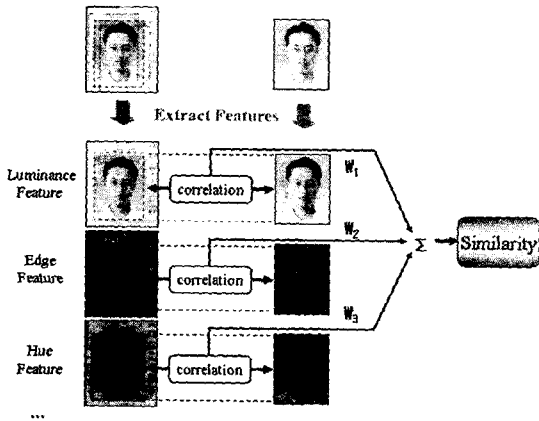
### 2.2 유사도 측정

여권에 부착된 사진과 데이터베이스에 저장된 사진의 유사성을 판단하는 기준으로 상관도(correlation)[7]를 사용하였다. 일반적으로 두 벡터간의 유사성을 판단하는 방법으로 사용하는 해밍거리(hamming distance) 또는 유클리디안 거리(euclidean distance)의 경우 전체적인 명암의 변화나 기울기, 색의 변화 등에 매우 민감하게 반응하는 반면, 상관도는 벡터의 평균과 표준편차를 이용하여 두 벡터간의 양 또는 음의 관계를 나타내므로 보다 안정적이고 적합한 유사도 판단 기준이라고 할 수 있다.

이차원 벡터간의 상관도는 식 (1)과 같이 상관계수(correlation coefficient)로 판단할 수 있다. 상관 계수가 1에 가까운 경우 양의 상관 관계, -1에 가까운 경우 음의 상관 관계가 있음을 의미하며 0에 가까운 경우 두 벡터는 서로 상관 관계가 없음을 나타낸다.

$$\rho(T, R) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (T[i][j] - \mu_T)(R[i][j] - \mu_R)}{M \cdot N \cdot \sigma_T \cdot \sigma_R} \quad (1)$$

여기서, T, R은 비교 이미지로써 이차원 벡터이며 M, N은 이미지 윈도우의 크기를 나타내며,  $\mu_T, \mu_R$ 는 각각 T와 R의 평균,  $\sigma_T, \sigma_R$ 는 각각 T와 R의 표준 편차이다.



[그림 3] 사진 이미지 특징 추출 및 유사도 측정

### 2.3 이미지 매칭을 위한 특징 추출

여권 사진의 매칭을 위하여 추출할 수 있는 특징(feature)으로는 컬러 모델[3-5]의 색상 분포 및 형태학적인 특징, 주파수 특징 등 여러 가지가 있으며 본 논문에서는 다음과 같은 특징을 사용하였다.

#### 가. 명도값 특징 (Luminance)

명도값은 이미지의 밝기 정보를 나타내는 특징으로써 RGB 삼원색으로부터 각각의 색깔 성분에 가중치를 부과하여 다음과 같이 계산된다.

$$Luminance = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2)$$

#### 나. 윤곽선 특징 (Edge)

윤곽선 특징은 이미지 내부 영역을 분할하는 경계 지점을 강조하는 특징으로 sobel, prewitt, roberts, raplacian, canny 필터 등을 통하여 검출할 수 있다. 본 논문에서는 sobel 필터를 사용하였다.

#### 다. HSV 색상 특징

HSV 컬러 모델은 인간의 시각과 유사한 컬러 모델로 RGB 컬러 모델에서 채도(saturation) 및 밝기(intensity) 성분과 색상(hue)성분을 분리하여 만든 컬러 모델이다. HSV 모델에서의 색상(hue) 성분은 고유한 색깔의 분포를  $0^\circ \sim 360^\circ$ 로 구분한 정보이다.

$$V = \max(R, G, B) \quad (3)$$

$$S = (I - \min(R, G, B)) / 255 \quad (4)$$

$$H = \begin{cases} 0 + (G - B) / \Delta & \text{if max is R} \\ 1/3 + (B - R) / \Delta & \text{if max is G} \\ 2/3 + (R - G) / \Delta & \text{if max is B} \end{cases} \quad (5)$$

#### 라. RGB 특징

RGB 컬러 모델은 일반적으로 가장 많이 사용하며, R, G, B 각각의 성분에 red, green, blue 색깔의 강도를 구분하여 저장한다.

#### 마. Normalized RGB 특징

RGB 컬러 모델에서 각각의 R,G,B 성분이 밝기 정보를 포함하고 있으므로 주변 환경의 조명에 민감하게 반응하는 단점을 보완하여 만든 모델로써 각각의 성분은 다음과 같이 정규화된다.

$$nR = \frac{R}{R + G + B} \quad (6)$$

$$nG = \frac{G}{R + G + B} \quad (7)$$

$$nB = \frac{B}{R + G + B} \quad (8)$$

#### 바. YIQ 색상 특징

YIQ 컬러 모델은 NTSC 방식의 TV 방송에서 사용되는 컬러 모델로 Pal 방식의 TV 방송에서 사용되는 YUV와 유사하다. YIQ에서는 I 성분과 Q 성분이 모두 색상 정보를 포함하고 있다. RGB 컬러 모델과 YIQ 컬러 모델의 변환식은 다음과 같다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (9)$$

$$I = 0.596R - 0.275G - 0.321B \quad (10)$$

$$Q = 0.212R - 0.523G + 0.311B \quad (11)$$

#### 사. YCbCr 색상 특징

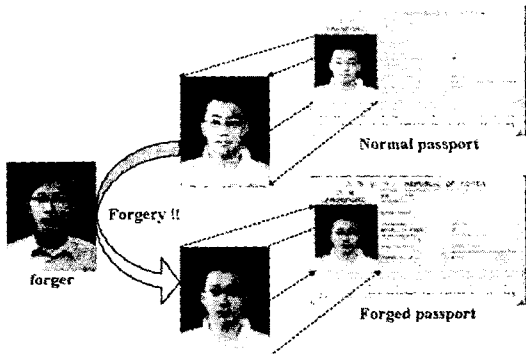
YCbCr 컬러 모델은 CCIR 601 코딩시스템(coding

system)의 디지털 휘도신호와 두 개의 색상 정보를 포함하는 모델로 Cr는 R-Y, Cb는 B-Y의 디지털화된 신호이다. YIQ, YUV 컬러 모델이 TV 방송에서 사용하는 방식인데 비하여 YCbCr 컬러 모델은 영상 부호화 및 디지털 신호처리에 많이 사용된다. RGB 컬러 모델과 YCbCr 컬러 모델의 변환식은 다음과 같다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (12)$$

$$Cb = -0.169R - 0.331G + 0.500B \quad (13)$$

$$Cr = 0.500R - 0.419G - 0.081B \quad (14)$$



[그림 4] 얼굴 합성에 의한 여권 사진 위조

여권에 부착된 사진 이미지와 데이터베이스에서 추출된 사진 이미지에서 각각의 특징을 추출하고 특징간의 상관도를 계산한다. 각각의 특징에 대한 상관도에 가중치를 적용하여 두 이미지간의 전체 유사도를 계산하고 이 유사도가 일정 임계치(threshold) 이상이면 정상적인 여권으로 그렇지 않으면 위조되었을 가능성이 있는 여권으로 경고해준다.

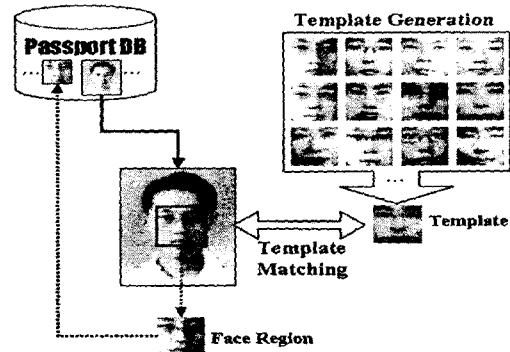
본 논문에서는 처리 속도의 향상을 위해 위와 같은 이미지의 특징을 비교 분석하여 가장 변별력이 뛰어난 몇 개의 특징만을 조합하는 방식으로 유사도를 계산하였다.

### 3. 얼굴 인증을 통한 여권 인증

여권의 위변조 방지를 보다 정확하고 신뢰성 있도록 하기 위해서 본 논문에서는 여권 이미지의 얼굴 부분을 매칭시키는 방법을 도입하였다. 여권 사진 전체에 대한 이미지 매칭과 더불어 얼굴 안면 부분에 대한 매칭을 수행할 경우 불법적으로 얼굴 부분만 합성하여 위조한 불법 여권에 대한 검출도 가능하게 된다.

#### 3.1 얼굴 템플릿 이미지 데이터베이스 구축

현재의 여권 데이터베이스에는 얼굴 안면 부분에 대한 정보가 없으므로 이를 데이터베이스로 구축하는 작업이 선행되어야 한다. 얼굴 템플릿 이미지 데이터베이스의 구축 과정은 다음과 같다. 먼저 다수의 여권 사진에서 얼굴 안면 부분을 잘라내어 이를 평균한 이미지로 얼굴 템플릿을 만든다. 이 얼굴 템플릿과 여권 데이터베이스에 저장되어 있는 각각의 여권 사진 이미지를 매칭시켜 가장 유사도가 높은 영역을 해당 여권 소지자의 얼굴 템플릿 이미지로 결정하고 여권 데이터베이스에 추가한다



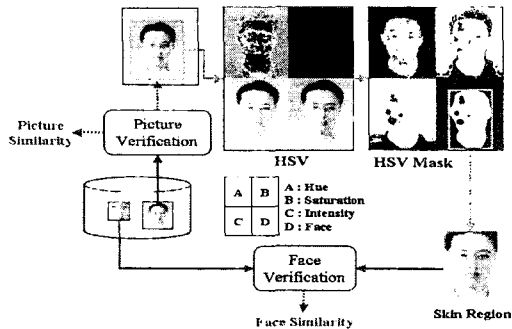
[그림 5] 얼굴 템플릿 데이터베이스 구축

다. 이렇게 되면 여권 사진 이미지와 함께 해당 여권 소지자의 얼굴 안면 이미지도 여권 데이터베이스에 존재하게 되고, 이 두 개의 이미지 정보를 이용하여 사진 전체에 대한 유사도 검증과 얼굴 안면에 대한 유사도 검증이 가능하게 된다.

#### 3.2 얼굴 인증

기존의 여권 데이터베이스에 얼굴 이미지가 포함되면 이를 이용하여 얼굴 인증을 수행한다. 얼굴 인증 과정은 피부색 영역 추출 과정과 얼굴 안면 영역 매칭 과정으로 이루어진다. 먼저 여권에 부착된 사진 이미지에서 HSV 컬러 모델을 이용하여 피부색 영역을 추출한다. 피부색 영역을 추출하는 방법은 이미지의 RGB 성분을 HSV 컬러 모델로 변환하여 색상(hue)과 채도(saturation), 명도(intensity)로 분리한 다음 이미지 각 픽셀의 색상, 채도, 명도값이 피부색과 일치하는 영역을 분리해 낸다. 즉, 경험치에 의해 사람의 피부색에 해당하는 색상과 채도 및 명도의 분포를 미리 구한 다음 영상에서 이와 일정한 임계치에 의해 일치하는 영역만을 표시하여 그림 6과 같이 색상 및 채도, 명도 마스크를 만든다. 생성된 각각의 마스크에서 공통적인 부분만을 추출한 다음, 잡영이 없는 깨끗한 얼굴 피부 영역 마스크를 생성하기 위하여 원영상의 10% 크기로 축소 한 다음 다시 1000%로 확대한 후 다시 이진화하여 최

중적인 얼굴 피부 영역 마스크를 생성한다. 이와 같이 추출된 얼굴 피부 영역 마스크의 외접 영역으로 얼굴



[그림 6] 피부색 영역 추출 및 얼굴 인증

안면이 포함되는 대략적인 피부색 영역을 추출한다.

피부색 영역의 추출은 탐색 영역을 축소함으로써 처리 속도의 향상을 가져온다. 만약 피부색 탐색에 실패한 경우에는 전체 영역을 탐색 영역으로 설정한다.

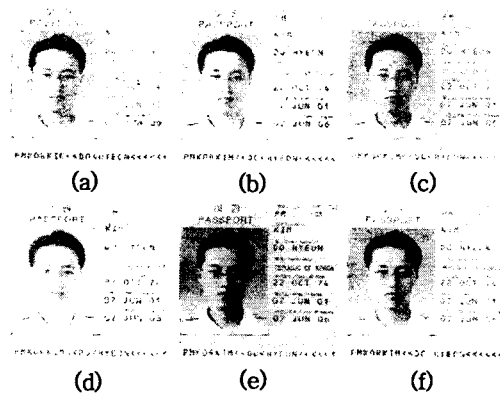
얼굴 인증 절차는 여권 사진 인증 절차와 비슷하다. 추출된 피부색 영역 내부에 일정한 크기의 후보 영역과 여권 데이터베이스에 저장되어 있는 해당 여권 소지자의 얼굴 템플릿을 비교하여 가장 유사한 영역을 얼굴 영역으로 설정하고 이때의 유사도가 일정 임계치 (threshold) 이상이면 여권 데이터베이스에 있는 얼굴과 동일한 얼굴로 그렇지 않으면 얼굴 합성 등에 의해서, 변조 되었을 가능성이 있는 여권으로 경고해준다.

결론적으로 제안하는 지능형 여권 사진 인증 시스템은 여권 소지자에 대한 인증 과정을 여권에 부착된 사진과 여권 데이터베이스에 저장된 사진과의 유사도 (picture similarity)와 더불어 얼굴 안면 영역에 대한 유사도 (face similarity)를 종합 분석하여 수행하였다. 처리 속도의 향상과 인증의 신뢰성 등을 고려하여, 사진 영역의 인증을 위해서 사진 위조본에서 위조 변별력이 뛰어난 Luminance, Edge, RGB 3개의 특징만을 선택하고 얼굴 영역의 인증은 얼굴 위조본에서 위조 변별력이 뛰어난 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb 3개의 특징만을 선택하여 사용하였다. 인증을 위한 유사도 임계값은 사진이 위조되지 않은 원본에서의 유사도와 사진 위조본에서의 유사도를 바탕으로 임계값을 변화시키면서 실험하여 최적의 FAR(false acceptance rate)과 FRR(false rejection rate)을 가지는 유사도 값으로 결정하였다.

#### 4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 Intel Pentium-IV 2.8GHz CPU와 512MB RAM이

장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual C++ 6.0으로 실험하였다. 실험에 사용된 여권 영상은 HP ScanJet 6350C 스캐너를 이용하여 300DPI의 해상도로 16개의 여권 영상을 수집하였다. 사진 위조 및 얼굴 위조에 대한 신뢰도를 평가하기 위해서 사진 부분을 임의로 다른 사람의 사진으로 위조한 여권 이미지 16장과 얼굴 부분만 합성하여 위조한 여권 이미지 16장을 각각 만들었으며, 여권 영상의 획득 환경 및 실험 환경의 다양한 변형에 대한 적응성을 검증하기 위해 48개의 여권 이미지 원본 및 위조본을 노이즈 추가, 대비 증가, 대비



[그림 7] 원본 이미지의 변형

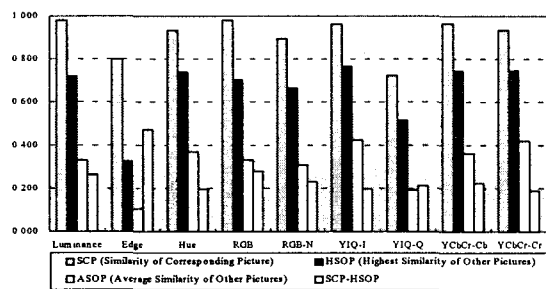
- (a) 잡영 추가 (b) 고대비 (c) 저대비
- (d) 밝게 (e) 어둡게 (f) 흐리게

감소, 밝기 증가, 밝기 감소, 흐리게 변형하여 총  $16 \times 3 \times 7 = 336$ 장의 여권 이미지를 만들어 성능 평가 실험에 사용하였다.

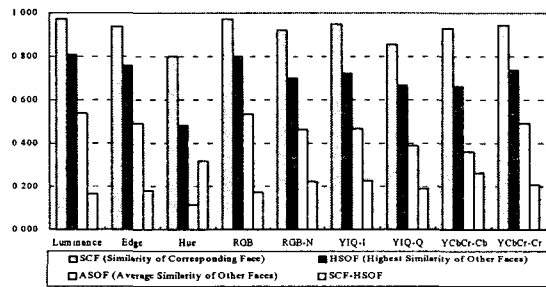
여권에 부착된 사진 및 얼굴 이미지와 데이터베이스에 있는 사진 및 얼굴 이미지 간의 유사도를 계산하기 위한 추출 특징은 명도값 특징, 윤곽선 특징, HSV 색상 특징, RGB 특징, Normalized RGB 특징, YIQ의 I 색상 특징, YIQ의 Q 색상 특징, YCbCr의 Cb 색상 특징, YCbCr의 Cr 색상 특징을 사용하여 상관도를 산출하였으며 각각 Luminance, Edge, Hue, RGB, RGB-N, YIQ-I, YIQ-Q, YCbCr-Cb, YCbCr-Cr로 표기한다. 실험은 112장의 여권 이미지에서 추출된 각각의 사진 (입력 사진)과 여권 데이터베이스에 저장된 16장의 여권 사진(비교 사진)과의 유사도를 비교하였다. 비교 사진 중에서 입력 사진과 동일한 인물 사진과의 유사도를 SCP(Similarity of Corresponding Picture), 다른 인물 사진 중에서 입력 사진과 가장 가까운 사진과의 유사도를 HSOP(Highest Similarity of Other Pictures), 다른 인물 사진과의 평균 유사도를 ASOP (Average Similarity of Other Pictures)라 정의하였다. 마찬가지로 여권 이미지에서 추출한 각각의 얼굴과

여권 데이터베이스에 저장된 얼굴 템플릿과의 유사도를 각각 SCF(Similarity of Corresponding Face), HSOF(Highest Similarity of Other Faces), ASOF(Average Similarity of Other Faces)라 정의한다. 즉, 정상적인 여권인 경우 SCP(SCF)가 HSOP(HSOF)보다 높아야 하고 SCP(SCF)는 높을수록 HSOP(HSOF), ASOP (ASOF)는 낮을수록 신뢰성이 있는 것이다. 반면 위조된 여권인 경우 SCP(SCF)가 낮아야 한다. 그림 8~13은 위조되지 않은 여권 원본과 사진이 위조된 여권, 얼굴이 위조된 여권 각각을 각 특징별로 비교하고 있다.

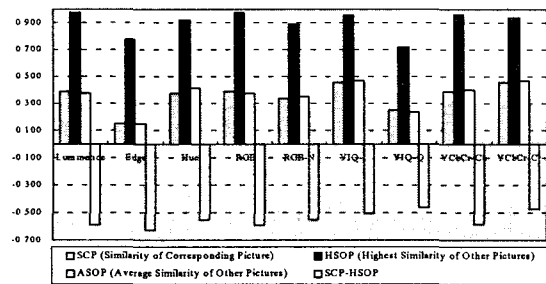
먼저 그림 8에서 위조되지 않은 여권 원본에 대한 사



[그림 8] 여권 원본의 사진 유사도 비교



[그림 9] 여권 원본의 얼굴 유사도 비교



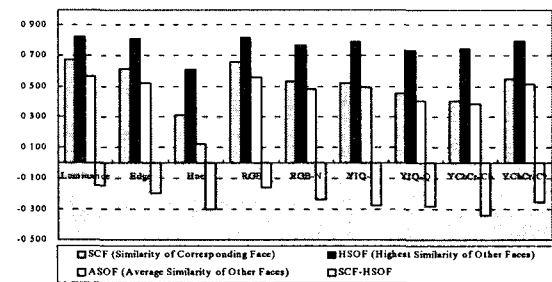
[그림 10] 사진 위조본의 사진 유사도 비교

진 유사도를 살펴보면, SCP가 모두 HSOP보다 높게 나타나며 0.185~0.472 사이의 차이값을 가진다. 특히 Edge 특징은 SCP가 비록 낮지만 HSOP와의 차이가 가장 크게 나타나는 것으로 신뢰성으로 살펴보았을 때 바

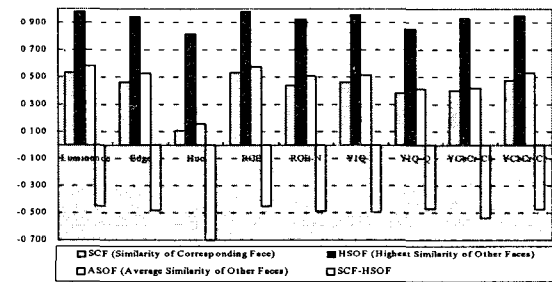
람직한 특징이라고 평가할 수 있다.

그림 9에서 위조되지 않은 여권 원본에 대한 얼굴 유사도를 살펴보면, SCF가 모두 HSOF보다 높게 나타나며 0.165~0.318 사이의 차이값을 나타낸다. 특히, Hue 특징은 사진에서의 유사도와는 달리 가장 높은 유사도를 나타내며 이것은 사진과 같이 여러 가지 색깔이 다양하게 나타나는 경우에는 비선형적인 색상 구조를 가지는 Hue 특징이 변별력이 떨어지는 반면 붉은색 계열의 국소 범위에 해당하는 색상을 가지는 얼굴과 같은 경우에는 높은 변별력을 가지는 것으로 분석된다.

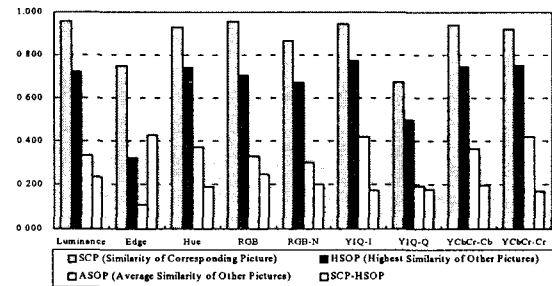
그림 10에서 사진 부분을 위조한 여권에 대한 사진 유사도를 살펴보면, SCP가 0.5미만으로 아주 낮게 나타



[그림 11] 얼굴 위조본의 얼굴 유사도 비교



[그림 12] 사진 위조본의 얼굴 유사도 비교



[그림 13] 얼굴 위조본의 사진 유사도 비교

나는 것을 관찰할 수 있으며 SCP가 모두 HSOP보다 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 제안하는 시스템이 사진이 위조된 여권에 대한 변별력을 가진다는 것을 알 수 있다. 여기서, HSOP가 높게 나타나는 것은 사진을 위

<표 1> 사진 인증을 위한 특징 선택

사진 인증 선택 특징	원 본 유사도	사진 위조본 유사도	차이	Rank
Luminance*	0.980	0.390	0.590	3
Edge*	0.798	0.153	0.646	1
Hue	0.933	0.374	0.558	5
RGB*	0.980	0.390	0.590	2
RGB-N	0.893	0.336	0.557	6
YIQ-I	0.959	0.455	0.504	7
YIQ-Q	0.722	0.252	0.470	9
YCbCr-Cb	0.966	0.385	0.581	4
YCbCr-Cr	0.934	0.458	0.476	8
Average of selected features(*)	0.919	0.311	0.608	

<표 2> 얼굴 인증을 위한 특징 선택

얼굴 인증 선택 특징	원 본 유사도	얼굴 위조본 유사도	차이	Rank
Luminance	0.974	0.673	0.301	9
Edge	0.939	0.615	0.324	7
Hue*	0.801	0.309	0.493	2
RGB	0.972	0.659	0.313	8
RGB-N	0.923	0.529	0.394	6
YIQ-I*	0.950	0.518	0.432	3
YIQ-Q	0.855	0.457	0.398	5
YCbCr-Cb*	0.929	0.406	0.524	1
YCbCr-Cr	0.946	0.546	0.399	4
Average of selected features(*)	0.893	0.411	0.483	

조할 때 기존 데이터베이스에 있는 다른 사람의 사진으로 위조했기 때문에 나타나는 현상이며 예상할 수 있는 결과이다.

그림 11에서 사진 부분을 위조한 여권에 대한 얼굴 유사도를 살펴보면, SCF가 0.6미만으로 아주 낮게 나타나는 것을 관찰할 수 있으며 SCF가 모두 HSOF보다 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 제안하는 시스템이 사진이 위조된 여권은 얼굴 영역에 대한 변별력도 가진다는 것을 알 수 있다.

그림 12에서 얼굴 부분을 위조한 여권에 대한 사진 유사도를 살펴보면, SCP가 모두 HSOP보다 높게 나타났으며 이는 얼굴이 위조된 경우 사진 유사도만을 기준으로 위조 여부를 판별할 수 없음을 의미한다. 즉, 얼굴 합성 등에 의해서 얼굴 부분만을 위조한 경우에 SCP가 높게 나타남으로써 위조되지 않은 정상적인 여권으로 판단할 우려가 있다.

마지막으로 그림 13에서 얼굴 부분을 위조한 여권에 대한 얼굴 유사도를 살펴보면, SCF가 모두 HSOF보다 낮게 나타났으며 0.148~0.338사이의 차이를 나타내는

<표 3> 사진 및 얼굴 인증을 위한 최적 임계값 선택

임계값	사진 및 얼굴 인증을 위한 최적 임계값 선택										
	0.92	0.86	0.80	0.74	0.68	0.62	0.55	0.49	0.43	0.37	0.31
사진 인증	0.92	0.86	0.80	0.74	0.68	0.62	0.55	0.49	0.43	0.37	0.31
얼굴 인증	0.89	0.84	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.51	0.46	0.41
Normal Pass(%)	90.2	93.8	97.3	98.2	98.2	98.2	99.1	99.1	99.1	99.1	99.1
Normal Alarm(%)	9.8	6.3	2.7	1.8	1.8	1.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Forgery Pass(%)	1.3	2.2	3.1	4.9	3.1	4.9	5.4	10.3	21.0	34.8	54.0
Forgery Alarm(%)	98.7	97.8	96.9	95.1	96.9	95.1	94.6	89.7	79.0	65.2	46.0

것을 알 수 있다. 특히 Hue, YIQ 컬러 모델과 YCbCr 컬러 모델을 이용한 특징은 SCF도 낮게 나타나고 여권의 얼굴 부분만을 위조한 경우라고 하더라도 여권의 위, 변조를 판별할 수 있는 중요한 특징이라고 평가할 수 있다.

제안하는 여권 인증 시스템에서는 위 결과를 종합 분석하고 처리 속도의 향상과 인증의 신뢰성 등을 고려하여, 사진 영역의 인증을 위한 특징 및 유사도 임계값과 얼굴 영역의 인증을 위한 특징 및 유사도 임계값을 다르게 적용하여 선택하였다. 즉, 표 1과 표 2에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 사진 영역의 인증을 위한 특징은 위조되지 않은 여권 원본의 사진 유사도와 사진이 위조된 여권에서의 사진 유사도를 바탕으로 Luminance, Edge, RGB 특징을 선택하였으며, 얼굴 영역의 인증을 위한 특징은 위조되지 않은 여권 원본의 얼굴 유사도와 얼굴이 위조된 여권에서의 얼굴 유사도를 바탕으로 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb 특징을 선택하였다. 그리고 인증을 위한 유사도 임계값은 표 3에서 보는 바와 같이 위조되지 않은 원본에서의 평균 유사도와 위조본에서의 평균 유사도에 가중치를 다르게 하여 임계값을 설정하고 실험해본 결과, 사진 인증 유사도 임계값 및 얼굴 인증 유사도 임계값을 모두 0.8로 하였을 경우, FAR 3.1%와 FRR 2.7%의 결과를 나타내었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 출입국가 관리의 효율성과 체계적인 출입국 관리를 위하여 위조 여권을 판별할 수 있는 지능형 여권 얼굴 인증 시스템을 제안하였다. 제안하는 지능형 여권 얼굴 인증 시스템은 여권 사용자의 사진 및 관련 정보를 여권 데이터베이스에서 추출한다. 추출된 출입국자의 사진 및 얼굴과 여권에 부착된 사진 및 얼굴과의 유사도 측정을 통하여 여권 사진의 위조 여부를

판단한다. 이때, 이미지의 유사도 측정을 위해서 다양한 실험을 통한 결과를 종합 분석해 본 결과 사진 영역의 인증에는 Luminance, Edge, RGB 특징이, 얼굴 영역의 인증을 위해서는 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb 특징이 효과적인 것으로 나타났으며 사진 영역의 유사도와 얼굴 영역의 유사도가 모두 0.8이상인 경우 정상적인 여권으로 판정하고 그렇지 않은 경우 위조가 되었을 가능성이 있는 여권으로 판정하는 방법을 사용하여 FAR 3.1%, FRR 2.7%의 우수한 결과를 나타내었다.

향후 연구 방향으로서는 여권 코드 영역의 인식과 여권의 우측에 존재하는 개별 정보의 인식을 병행하여 두 인식 정보를 상호 보완하는 방법에 대한 연구와 CCD 카메라 등을 설치하여 실제 여권 소지자의 얼굴을 영상 신호로 입력받아 여권 이미지의 얼굴 영역과 대조 비교하는 연구를 수행할 계획이다. 또한 은행 업무에 주로 사용되는 주민등록증 및 운전면허증 등의 신분증을 대상으로 얼굴 인증 적용 방법을 확장해 나갈 계획이다.

## 참고문헌

- [1] 류재욱, 김광백, "스미어링 기법과 퍼지 ART 알고리즘을 이용한 여권 인식," 퍼지 및 지능 시스템 학회 학술발표 논문집, 제12권, 제1호, pp37-42, 2002.
- [2] 김광백, "Passport Recognition using Fuzzy Binarization and Enhanced Fuzzy RBF Network," 퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, 제 14권, 제 2호, pp.22-227, 2004.
- [3] Alberto Del Bimbo, 'Visual Information Retrieval', MORGAN KAUFMANN, 1999.
- [4] Gonzalez, 'Digital Image Processing -Second Edition', Prentice Hall, 2002.
- [5] K.N.Plataniotis, A.N.Venetsanopoulos, 'Color Image Processing and Application', Springer, 2000.
- [6] MILAN SONICA, VACLAY HLAVAC, ROGER BOYLE, 'Image Processing, Analysis, and Machine Vision- 2nd Edition', PWS Publishing, pp.129-130.
- [7] S. Romdhani, "Face Recognition using Principal Component Analysis", The MS Thesis, University of Glasgow(UK), pp.1-56, April, 1997.
- [8] 한재성, 이경무, "칼라 정보를 이용한 얼굴 영역 검출 및 Gabor Filter 에 의한 영역 검증에 관한 연구", 대한전자공학회 학술대회, 제13권 제1호, pp.861-864, 2000.
- [9] 김영일, 이웅주, "얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 및 인식 시스템", 한국정보처리학회 논문지, 제9-B권 제 4호, pp.491-500, 2002.
- [10] Ying Li, Xiang-lin Qi and Yun-jiu Wang, "Eye detection by using fuzzy template matching and feature-parameter-based judgement", Pattern Recognition Letters, Vol. 22, Issue 10, pp.1111-1124, August 2001.
- [11] Dario Maio and Davide Maltoni, "Real-time face location on gray-scale static images", Pattern Recognition, Vol.33, Issue 9, pp.1525-1539, September 2000.