

# PCA 기반 얼굴 인증과 SOM 알고리즘을 이용한 여권 인식

이상수\* · 장도원\* · 김광백\*

\*신라대학교 컴퓨터공학과

Passport Recognition using

PCA-based Face Verification and SOM Algorithm

Sang-soo Lee\* · Do-won Jang\* · Kwang-baek Kim\*

\*Dept. of Computer Engineering, Silla University

E-mail : hanagl811@korea.com, bobacyber21@nate.com, gbkim@silla.ac.kr

## 요 약

본 논문에서는 출입국자 관리의 효율성과 체계적인 출입국 관리를 위하여 여권 코드를 자동으로 인식하고 위조 여권을 판별할 수 있는 여권 인식 및 얼굴 인증 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 여권 인식과 얼굴 인증 부분으로 구성되며, 여권 인식 부분에서는 소벨 연산자, 수평 최소값 필터 등을 적용한 후, 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출하고 기울기를 보정한다. 추출된 문자열은 반복 이진화 방법을 적용하여 코드의 문자열 영역을 이진화 한다. 이진화된 문자열 영역에 대해 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 추출한 후에 SOM(Self-Organizing Maps) 알고리즘을 적용하여 여권 코드를 인식한다. 얼굴 인증 부분에서는 여권 사진 영역의 특징을 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출한 후, RGB와 YCbCr 색공간에서 피부색 정보를 이용하여 얼굴 영역을 추출한다. 추출된 얼굴 영역은 PCA(Principal Component Analysis) 알고리즘을 적용하여 특징 벡터를 구하고 여권 코드가 인식된 결과를 바탕으로 여권 소지자의 데이터 베이스에 있는 얼굴 영상의 특징벡터와의 거리 값을 계산하여 사진 위조 여부를 판별한다. 제안된 여권 인식 및 얼굴 인증 방법의 성능 평가를 위하여 원본 여권의 얼굴 부분을 위조한 여권과 기울어진 여권 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 여권의 코드 인식 및 얼굴 인증에 있어서 우수한 성능이 있음을 확인하였다.

## 키워드

여권, SOM(Self-Organizing Maps), YCbCr, PCA(Principal Component Analysis)

## 1. 서 론

최근 국제사회에 있어 우리나라의 역할이 증대하고 우리나라의 국제적 지위가 향상됨에 따라 국제 인적교류가 활발해 지고 사회 전반에 개방화·국제화가 진전됨에 따라 공항 등을 통하여 입국하거나 출국하는 내국인 및 외국인의 수가 증가하는 경향을 보이고 있다. 현행 출입국 관리는 사용자가 여권의 사진을 육안으로 검색하고 정보를 확인하는 과정으로 이루어지고 있다. 출입국 관리는 위조 여권 소지자, 수배자, 출입국 금지자 또는 불법 체류자 등의 출입국 부적격자 등

을 검색하여 출입국자들을 관리하기 위하여 행하여진다. 한편, 여권에는 사진, 국적, 성명, 주민등록번호, 성별, 여권번호 등을 포함한 정보들로 구성되어 있다. 이러한 정보들을 육안으로 확인하고 판단, 관리하는 것은 출입국 관리 절차의 시간을 지연시키고 불분명한 판단과 관리에 의해 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 어렵다[1]. 따라서 본 논문에서는 소벨 연산자와 수평 스미어링 [2], 8 방향 윤곽선 추적 알고리즘[3]을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출하고 코드의 문자열 영역에 대해 기울기를 보정한다. 추출된 개별 코드는 빈도수를 이용한 개선된 SOM 알고리즘[4]

을 적용하여 인식한다. 그리고 RGB와 YCbCr[5] 색공간에서 피부색 정보를 이용하여 여권 사진 영역에서 얼굴 영역을 추출하고 PCA[6] 알고리즘을 적용하여 특징 벡터를 추출한다. 최종 얼굴 인증은 출입국자 여권의 얼굴 영역 및 관련 정보를 획득하고 획득된 여권 사용자의 얼굴 영역과 인식된 코드 정보를 이용하여 데이터베이스에 있는 해당 출입국자의 얼굴 영상의 특징 벡터간의 유클리디안 거리를 적용하여 여권 사진의 얼굴 위조 여부를 판별한다.

## II. 여권 인식

여권 이미지는 왼쪽 영역에 사진이 부착되어 있고 오른쪽 영역에는 사용자들의 정보들이 있다. 그리고 여권의 아래에는 사용자의 정보가 하나의 코드로 표시되어 있다. 따라서 이 코드를 추출하여 사용자의 정보를 인식한다.

### 2.1 여권 코드 추출

본 논문에서는 그림 1과 같이 현재 사용되고 있는 여권을 기반으로 하여 코드 영역을 추출한다. 여권 영상에서 사용자의 코드 정보가 있는 배경 영역은 흰색으로 구성되어 있으며 코드 정보 영역은 44개의 문자가 두 줄로 정렬되어 있다



그림 1. 여권 영상

원본 여권 영상에 대해 소벨 마스크를 적용하여 에지를 검출하고 소벨 마스크가 적용된 영상에서 수평 스미어링을 적용한다. 수평 방향으로 스미어링된 영상에서 기울기를 보정하고 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출한다.

#### 2.1.1 기울기 보정

여권의 이미지는 기울어진 상태로 스캔되어 획득될 수도 있으므로 기울기 보정은 문자 분할 및 인식, 얼굴 인증에 있어 매우 중요하다 여권 코드의 문자열을 추출하는 과정에서 여권의 기울어짐을 배제한다면 수평 투영(projection)에 의해서 최대 구간을 형성하는 두 개의 영역을 선택함으로써 코드 문자열 부분을 추출할 수 있지

만 기울어진 상태에서는 이런 방법을 사용하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 추출된 두 개의 문자열 중 가장 긴 문자열을 선택하고 이 문자열의 좌측과 우측 부분의 두께 중심을 연결하는 직선과 수평선과의 기울기를 이용하여 이미지에 대한 각도 보정을 수행한다. 코드 문자열 영역 추출과 기울기 보정 과정은 그림 2와 같다.

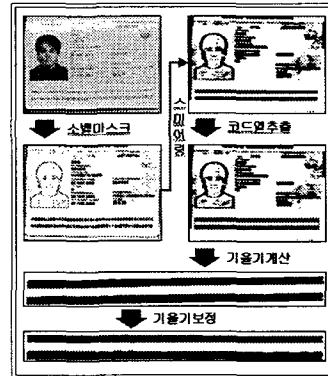


그림 2. 코드 문자열 추출 및 기울기 보정

#### 2.1.2 개별 코드 추출

본 논문에서는 기울기가 보정된 코드 문자열 영역에서 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드들을 추출한다. 추출된 개별 코드들은 학습에 사용하기 위하여 정규화 한다. 그림 3은 여권 영상의 개별 코드 추출 및 정규화 과정이다.

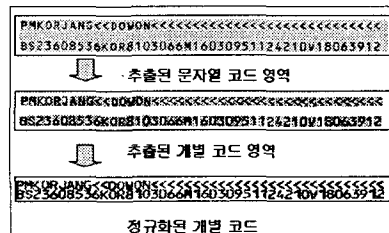


그림 3. 코드 추출 및 정규화 과정

## 2.2 개선된 SOM 알고리즘을 이용한 여권 코드 인식

기존의 SOM 알고리즘에서 가중치 조정은 입력 벡터와 승자 노드의 대표 벡터간의 차이만큼 조정되고 승자 노드의 대표 벡터에 입력 벡터의 정보를 반영하게 된다. 여기서 그 정보를 반영할 때 입력 벡터와 승자 노드의 대표 벡터 간에 차이가 크면 입력 벡터를 기억시키기 위하여 입력 벡터의 정보를 더 많이 반영해야한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 개선된 SOM 알고리즘에서는 승자 노드에서의 오류 값을 0과 1사이의 값

으로 정규화 하여 학습 파라미터에 적용한다. 따라서 제시된 출력 오류에 의한 가중치 조정으로 오류의 크기에 따라서 그 비율만큼 가중치를 조정한다.

그리고 승자 노드의 저 활용 문제를 개선하기 위해 학습 중에 각 승자 노드들이 수정되고 선택되어지는 횟수가 가능한 동등해지도록 각 노드의 승자 빈도수를 가중치 조정에 적용한다. 즉, 학습이 끝날 때 각각의 노드들이 승자 노드로 선정된 빈도수가 유사하도록 한다. 이를 위해서는 승자 노드의 대표 벡터들과 학습 벡터간의 실제적인 왜곡 정도 충분히 고려되어야 한다. 따라서 경쟁 학습 알고리즘에서 승자 노드를 선정하기 위한 왜곡의 척도를 승자노드로 선정된 빈도수와 유클리디안 거리의 곱으로 수정한다. 오류값을 이용한 방법은 현재의 가중치 변화량만 고려하고 그 전의 변화량은 고려되지 않는다. 비록 적용적으로 가중치 조정이 되지만, 현재의 가중치뿐만 아니라 그 이전의 가중치 변화량에 비례하여 가중치를 조정하도록 한다. 개선된 SOM 학습 알고리즘을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단계 1 : N개의 입력과 M개의 출력 노드 사이의 연결강도 ( $w_{ji}$ )를 임의의 작은 값으로 초기화하고, 이웃 반경  $N_c$ 의 크기를 설정한다.

단계 2 : 새로운 입력 패턴을 제시한다.

단계 3 : 입력 노드와 출력 노드들 간의 거리 ( $d_j$ )를 식 (1)과 같이 계산 한다.

$$d_j = \sum_{i=0}^{n-1} (x_i - w_{ji})^2 \quad (1)$$

단계 4 : 최소거리에 있는 출력 노드( $j^*$ )를 승자 노드로 선택한다.

단계 5 : 선택된 승자 노드( $j^*$ )와 그 이웃 반경 내의 노드들의 연결 가중치를 식 (2)과 같이 조정한다.

$$\begin{aligned} w_{j^*,i}(n+1) &= w_{j^*,i}(n) + \delta(n+1) \\ \delta(n+1) &= a(n+1)(x_i(n) - w_{j^*,i}(n)) \\ &\quad + a(n+1)\delta(n) \end{aligned} \quad (2)$$

a는 승자 노드와 입력 노드간의 출력 오류를 0과 1사이로 정규화 하여 승자 노드가 된 빈도수를 적용한 학습 파라미터로 다음과 같이 동적으로 조정한다.

$$a = f(e_{j^*}) + \frac{1}{f_{j^*}} \quad (3)$$

$$e_{j^*} = \frac{1}{1 + e^{-(x_i - w_{j^*})}}$$

여기서  $j^*$ 는 j번째 출력 노드가 승자로 선택된 뉴런을 의미하고  $f_{j^*}$ 는 승자 노드로 선택된 빈도수이다. 그리고  $f(e_{j^*})$ 는 시그모이드 함수이다.

단계 6 : TSS가 오류 한계 보다 크면 단계 2로 가서 반복하고 적거나 같으면 학습을 종료한다.

### III. 여권 인증

여권의 개별 코드를 인식하여 데이터베이스로부터 여권 소지자의 기본 정보를 자동으로 획득하는 것도 출입국 관리의 효율성을 향상시킬 수 있으나 여권 위조 판별에 경우에는 개별 코드의 인식만으로는 어렵다. 예를 들어, 불법 경로를 통해 여권을 구하고 사진 부분만을 위조한 여권의 경우에는 정상적인 여권으로 판별할 우려가 있다. 본 논문에서는 인식된 여권의 개별 코드 정보를 이용하여 데이터베이스로부터 여권을 만들 때 저장된 여권 사진의 얼굴 영상과 PCA로 구한 특징 벡터를 획득하고 실제 여권에 부착되어 있는 사진의 얼굴 영역의 특징 벡터와의 유클리디안 거리를 이용하여 여권의 위조 유무를 판단한다.

#### 3.1 RGB와 YCbCr 색공간에서 피부색 정보를 이용한 얼굴 영역 추출

사진 영역은 여권의 좌측에 위치하게 된다. 따라서, 사진 영역을 찾을 때는 사진의 좌측 선부터 찾는 것이 효율적이지만 원본 여권 영상에서 사진의 좌측 선을 찾기 어렵다. 사진 영역을 찾을 수 있는 특징이 없어 코드의 문자열 영역을 추출한 후에 코드의 문자열 영역이 시작되는 지점을 중심으로 하여 사진의 후보 영역을 추출한다. 그리고 RGB와 YCbCr 색공간을 이용하여 얼굴 영역을 추출한다.

- RGB 색공간에서의 피부색 영역은 각각의 Red, Green, Blue 컬러 영역을 추출하고, 추출된 RGB 영역에 식 (5)를 적용하여 RGB 색공간의 피부색 영역을 추출한다.

$$\begin{aligned} Max &= \max (red, green, blue) \\ Min &= \min (red, green, blue) \end{aligned} \quad (4)$$

$$A(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } ((red > 95) \cap (green > 40) \cap (blue > 20) \cap \\ & (Max - Min > 15) \cap (red - green > 15) \cap \\ & (red > green) \cap (red > blue)) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $A(x, y)$ 는 피부색과 피부색 이외의 색으로 구분하여 이진화 한 후, 추출된 얼굴 후보 영역이다.

• YCbCr 색공간에서의 피부색 영역은 식 (6)을 이용하여 각각의 Y, Cb, Cr 컬러 영역을 추출하고, 추출된 YCbCr 영역에 식 (7)을 적용하여 YCbCr 색공간의 피부색 영역을 추출한다.

$$\begin{aligned} Y &= 77R/256 + 150G/256 + 29B/256 \\ Cr &= [131R/256 - 110G/256 - 21B/256] + 128 \\ Cb &= [131B/256 - 44R/256 - 87G/256] + 128 \end{aligned} \quad (6)$$

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (77 < Cb \leq 127) \cap (133 < Cr < 173) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

여기서  $B(x, y)$ 는 피부색과 피부색 이외의 색으로 구분하여 이진화 한 후, 추출된 얼굴 후보 영역이다.

추출된 얼굴 후보 영역에서 피부색에 해당하는 RGB 정보와 YCbCr 색공간 정보 간의 AND 연산을 수행하여, 얼굴 영역을 추출하고 정규화 하는 과정은 그림 4와 같다.

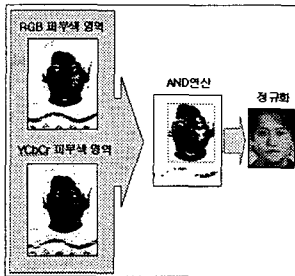


그림 4. 얼굴 영역 추출 및 정규화

### 3.2 PCA를 이용한 얼굴 특징 벡터 추출 및 얼굴 인증

PCA는 서로 상관관계가 있는 벡터들이 존재할 때, 변이를 측정할 수 있는 새로운 벡터들을 생성하는 방법이다. 주어진 데이터에서 전체 평균과의 변이가 클수록 벡터가 가지는 정보가 많으며 변이가 큰 순서대로 변수들의 선형 결합을 이용하여 새로운 변수를 구한다.

만일  $P$ 개의  $a \times b$  크기를 가진 고차원 학습벡터  $N(a \times b)$ 을 1차원 학습 벡터로 변환하여  $X = \{x^1 x^2 x^3 \dots x^P\}$ 라고 가정하면  $X$ 에 대한 평균은 다음과 같이 계산된다.

$$m = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P x^i \quad (8)$$

식(8)에서 분산을 구하면 다음과 같다.

$$\overline{X^i} = \frac{x^i - m}{X} = [x^1 x^2 \dots x^P] \quad (9)$$

식(9)의  $N \times N$ 의 공분산 행렬은 다음과 같다.

$$\Omega = \overline{X} \overline{X}^T \quad (10)$$

위의 공분산 행렬에서의 고유치(eigenvalue)와 고유벡터(eigenvector)는 다음과 같다.

$$\overline{X} \overline{X}^T v_i = \lambda v_i \quad (11)$$

식(11)에서, 학습신호  $x_i$ 를 이용하여 고유벡터  $v_i$ 를 얻음으로써 입력 신호에 대한 특징 벡터는 공분산에 대한 고유벡터이다. 즉 PCA 공간으로 투영되고 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$z_i = v_i^T (x_i - m)^2 \quad (12)$$

실제 데이터의 크기가 클 경우  $N \times N$ 의 공분산 행렬에 대한 연산량 부담으로 다음과 같은 스냅샷(snap-shot) 방법으로 효과적으로 공분산 행렬의 고유벡터를 구할 수 있다.

$$\overline{X}^T \overline{X} (\overline{X}^T V) = \lambda (\overline{X}^T V) \quad (13)$$

여기서  $V'$ 을  $\overline{X}^T V$ 라고 하면 새로운 고유벡터는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\overline{X}^T \overline{X} (V') = \lambda (V') \quad (14)$$

여기서  $\overline{X}^T = \overline{X}^{-1}$ 이므로 공분산 행렬  $\Omega$ 에 대한 고유 벡터  $V$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V &= (\overline{X}^T)^{-1} V' \\ &= (\overline{X} V') \end{aligned} \quad (15)$$

따라서 출입국자 여권 사진에서 추출한 얼굴 영상을 PCA를 이용하여 특징 벡터를 추출하고 인식된 코드 정보를 이용하여 데이터베이스에 저장되어 있는 해당 여권 소지자의 얼굴 영상의 특징 벡터와의 유클리디안 거리를 계산하여 얼굴 위조 여부를 판별한다.

## IV. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 Intel Pentium-VI 2GHz CPU와 256M RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++



이기 위해 문자열의 왼쪽과 오른쪽의 두께 중심을 연결하는 직선과 수평선과의 기울기를 이용하여 이미지에 대한 기울기를 보정하여 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 사용하여 개별 코드를 추출하였다. 개별 코드 인식은 빈도수를 이용한 개선된 SOM 알고리즘을 적용하여 인식하였다.

최종 얼굴 인 증은 출입국자 여권의 코드 정보를 인식하고 RGB와 YCbCr 색공간의 피부색 영역을 이용하여 추출된 얼굴 영역에 PCA를 이용하여 여권 사진의 얼굴 특징 벡터를 획득하고 인식된 코드 정보를 이용하여 데이터베이스에 있는 해당 출입국자의 얼굴 영상의 특징 벡터간의 유클리디안 거리를 적용하여 여권 사진의 얼굴 위조 여부를 판별하였다.

제안된 여권 인식 방법은 여권의 기울기 보정을 적용하여 여권의 개별 코드 인식률을 개선하였다. 빈도수를 이용한 개선된 SOM 알고리즘을 적용하여 인식한 결과, 80장의 여권에서 160개의 문자열 영역과 7040개의 개별 코드가 모두 인식되었다. 얼굴 인 증 실험에서는 PCA를 이용하여 각 얼굴 영역의 특징벡터를 구하고 여권의 위조 판별을 실험한 결과, 위조 여권 20장이 모두 위조 여권으로 판정 되었다. 따라서 논문에서 제안한 여권 인식과 얼굴 인 증 방법이 효율적인 것을 확인하였다.

### 참고문헌

- [1] 김시평, "출입국 관리 행정의 이론과 실제" 법무연구(제 3호), 법무연수원, 1997.
- [2] K. B. Kim, Y. J. Kim, A. S. Oh, "An Intelligent System for Passport Recognition Using Enhanced RBF Network," Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3314, Springer, pp.762-767, 2004.
- [3] 김광백, 김문환, 노영욱, "RGB 컬러 정보와 퍼지 이진화를 이용한 차량 번호판의 개별 문자 추출", 한국해양정보통신학회논문지, 제8권, 1호, pp.80- 87, 2004.
- [4] K. B. Kim, Abhijit S. Pandya, "Color Image Vector Quantization Using an Enhanced Self-Organizing Neural Network," Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3314, Springer pp.1121-1126, 2004.
- [5] Phillip E. Mattison, Practical Digital Video with Programming Examples in C, John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [6] Peter J. B. Hancock, A. Mike Burton, and Vicki Bruce. "Face processing: Human perception and principal components analysis" Memory and Cognition. Volume: 24, Issue: 1, pp.26-40, 1996.