

---

# 개선된 신경망과 사진 인증을 이용한 여권 인식

김광백\* · 박현정\*\*

## Recognition of Passports using Enhanced Neural Networks and Photo Authentication

Kwang-baek Kim\* · Hyun-jung Park\*\*

### 요 약

현재의 출입국 관리는 여권을 제시하면 여권을 육안으로 검색하고 수작업으로 정보를 입력하여 여권 데이터베이스와 대비하는 것이다. 본 논문에서는 여권의 정보를 인식할 수 있는 방법을 제안한다. 제안된 여권 인식 방법은 소벨 연산자와 수평 스미어링, 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출한다. 추출된 문자열 영역을 이진화하고 이진화된 문자열 영역에 대해서 개별 코드의 문자들을 복원하기 위하여 CDM 마스크를 적용한 후에 수직 스미어링을 적용하여 개별 코드의 문자를 추출한다. 개별 코드의 인식은 ART2 알고리즘을 RBF 네트워크의 중간층으로 적용하고 중간층과 출력층의 학습에는 일반화된 델타 학습 방법으로 동작하는 RBF 네트워크를 적용한다. 사진 영역은 코드의 문자열 영역을 추출한 후에 코드의 문자열 영역이 시작되는 좌표를 중심으로 사진 영역을 추출한 후, Luminance, Edge, Hue 정보를 이용하여 사진 부분을 검증한다. 검증된 사진 부분 영상은 ART2 알고리즘을 적용하여 사진의 특징들을 분류하고, 이를 이용하여 사진 인증을 하게 된다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위해서 실제 여권 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 여권 인식에 우수한 성능이 있음을 확인하였다.

### ABSTRACT

Current emigration and immigration control inspects passports by the naked eye, registers them by manual input, and compares them with items of database. In this paper, we propose the method to recognize information codes of passports. The proposed passport recognition method extracts character-rows of information codes by applying sobel operator, horizontal smearing, and contour tracking algorithm. The extracted letter-row regions is binarized. After a CDM mask is applied to them in order to recover the individual codes, the individual codes are extracted by applying vertical smearing. The recognizing of individual codes is performed by the RBF network whose hidden layer is applied by ART 2 algorithm and whose learning between the hidden layer and the output layer is applied by a generalized delta learning method. After a photo region is extracted from the reference of the starting point of the extracted character-rows of information codes, that region is verified by the information of luminance, edge, and hue. The verified photo region is certified by the classified features by the ART 2 algorithm. The comparing experiment with real passport images confirmed the good performance of the proposed method.

### 키워드

스미어링(smearing), CDM 마스크(CDM 마스크), ART2, RBF 네트워크(RBF Network), 사진 영역(photo region)

---

\* 신라대학교 컴퓨터공학과

\*\* 신라대학교 건축학부

## I. 서 론

세계화와 교통수단의 발달로 인하여 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 등을 검색하여 출입국자를 관리하기 위하여 행하여진다. 한편, 여권에는 사진, 국적, 성명, 주민등록번호, 성별, 여권번호 등을 포함한 정보들로 구성되어 있다[1,2]. 이러한 정보들을 육안으로 확인하고 판단, 관리하는 것은 출입국 관리 절차의 시간을 지연시키고 불분명한 판단과 관리에 의해 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 소벨 연산자와 수평 스미어링, 윤곽선 추적기법을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출한다. 추출된 문자열 영역을 이진화하고 이진화된 문자열 영역에 대해서 개별 코드의 문자들을 복원하기 위하여 CDM 마스크를 적용한다. CDM 마스크가 적용된 문자열 영역에 대해 수직으로 스미어링하여 코드의 개별 문자를 추출한다.

RBF 네트워크는 빠른 학습 시간, 일반화(generality), 단순화(simplicity)의 특징으로 학습 데이터를 분류하는 작업과 비선형 시스템 모델링 등에 적용되고 있다[3]. RBF 네트워크의 중간층은 클러스터링하는 층이다. 즉, 이 층의 목적은 주어진 자료 집합을 유사한 클러스터들(homogenous cluster)로 분류하는 것이다. 여기서 유사하다는 것은 입력 데이터들에 대한 특징 벡터 공간 사이에서 한 클러스터 내의 벡터들간에 거리를 측정하여 정해진 반경 내에 존재하면 같은 클러스터로 분류하고 정해진 반경 내에 존재하지 않으면 다른 클러스터로 분류한다[4]. 그러나 정해진 반경 내에서 클러스터링하는 것은 잘못된 클러스터를 선택하는 단점을 가지게 된다[5]. 그러므로 중간층을 결정하는 것은 RBF 네트워크의 전반적인 효율성에 큰 영향을 준다. 따라서 ART2 알고리즘을 RBF 네트워크의 중간층으로 적용하고 중간층과 출력층의 학습에는 일반화된 델타 학습으로 동작하는 RBF 네트워크를 제안하여 여권의 개별 코드 인식에 적용한다. 사진 영역은 코드의 문자열 영역을 추출한 후에 코드의 문자열 영역이 시작되는 좌표를 중심으로 사진 영역을 추출한다. 추출된 사진 영역은 Luminance, Edge, Hue 정보를 이용하여 사진

부분을 검증한다. 검증된 사진 부분 영상은 ART2 알고리즘을 적용하여 사진의 특징들을 분류하고, 이를 이용하여 사진 부분을 인증한다.

## II. 문자열 영역 및 개별 코드 추출

### 2.1 문자열 영역 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 코드정보 영역은 44개의 문자가 두 줄로 정렬되어 있다. 그림 2는 소벨 마스크를 적용한 영상이다. 소벨 마스크를 적용한 영상을 가로 스미어링하여 후보 코드의 문자열 영역을 찾는다. 수평으로 스미어링된 영역들은 그림 3과 같다.



그림 1. 원본영상  
Fig. 1. Original image



그림 2. 소벨 마스크 적용  
Fig. 2. A sobel masked image



그림 3. 스미어링된 영상  
Fig. 3. A smeared image

수평 방향으로 스미어링된 영상에 대해서 2x2 마스크를 이용하여 윤곽선을 추적한다. 윤곽선 추적은 스미어링된 영상에서 경계 픽셀을 만나기 전까지는 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래쪽으로 스캔한다.

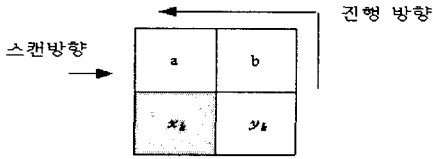


그림 4. 윤곽선 추적을 위한 2x2 마스크  
Fig. 4. 2x2 mask for contour tracking

그림 4는 4방향 윤곽선 추적에 사용한 2x2 마스크로서 경계 픽셀을 만나면 시작점으로 선택하여 마스크를  $x_k$ 에 위치시키고  $a$ 와  $b$ 에 대응하는 두 픽셀을 고려하여 마스크의 진행 방향을 표 1과 같이 결정하고  $x_k$ 가 지나간 픽셀이 윤곽선이 된다. 문자열 영역은 수평, 수직의 비율을 고려하여 추출한다.

표 1. 2x2 마스크에 의한 a와 b의 진행방향  
Table 1. Directions of a and b by masking

	a	b	$x_{k+1}$	$y_{k+1}$
전진	1	0	a	b
우측	0	1	b	$y_k$
우측	1	1	a	$x_k$
좌측	0	0	$x_k$	a

### 2.2 개별 코드 추출

추출된 문자열 영역을 이진화하고 이진화된 문자열 영역에 대해서 개별 코드의 문자들을 복원하기 위하여 CDM 마스크를 적용한다. 그림 5는 CDM 마스크이다[6]. 첫 번째 단계는 그림 5의 (a)를 이용하여 top-down 방식으로 수평 방향으로 내부로 수렴하여 문자 정보에 도달하면 bounding box의 상단 수평의 최외각 부분을 복원한다. 두 번째 단계는 left-right 방식으로 왼쪽 수직 성분 복원, 세 번째 단계는 bottom-up 방식으로 하단에서부터 문자 수평 성분 복원, 네 번째 단계는 right-left 방식으로 오른쪽에서부터 문자 수직성분 복원하는 단계로 이루어진다.

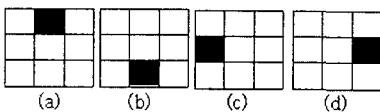


그림 5. CDM 마스크  
Fig. 5. CDM mask

CDM 마스크는 최외각의 픽셀 중 수직 성분에만 적용되는 픽셀의 개수가 3x3 마스크당 한 픽셀에만 관여하기 때문에 150dpi의 낮은 해상도로 스캔된 영상에서도 효과적으로 복원이 가능하다.

CDM 마스크가 적용된 문자열 영역에 대해 수직으로 스미어링 한다. 수직으로 스미어링된 문자열 영역에서 수직축의 좌표를 이용하여 개별 코드들을 구분하고, 수평축의 좌표를 이용하여 개별 코드의 크기를 정한다.

### III. ART2 기반 RBF 네트워크를 이용한 여권인식

본 논문에서는 ART2 알고리즘을 기반으로 한 RBF 네트워크의 학습 성능을 개선하여 여권의 코드 인식에 적용한다. 제안된 RBF 네트워크의 학습은 크게 두 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 입력층과 중간층 사이에 경쟁 학습이 수행되고, 두 번째 단계는 중간층과 출력층 사이에도 학습이 수행된다. 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크에서 중간층의 출력 벡터는 식(1)과 같이 계산하고, 식(2)와 같이 가장 작은 출력 벡터를 가진 노드가 승자 노드가 된다.

$$O_j = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{n-1} (|x_i - w_{ji}(t)|) \tag{1}$$

$$O_j^* = \text{Min}\{O_j\} \tag{2}$$

여기서  $w_{ji}(t)$ 는 입력층과 중간층 사이의 연결 가중치이다.

제안된 ART2 기반 RBF 네트워크에서 중간층의 승자 노드는 입력 벡터와 중간층의 출력 벡터의 차이가 최소인 값을 계산하여 승자노드로 선정하고 선정된 승자노드에 대한 유사성의 검증은 식(3)과 같다.

$$O_j^* < \rho \tag{3}$$

여기서  $\rho$ 는 경계 변수이고, 승자 노드의 출력 벡터가 경계 변수보다 적거나 같으면 같은 패턴으로 분류한다. 만약 승자 노드의 출력 벡터가 경계 변수보다 크면 다른 패턴으로 분류한다.

유사성 검증에서 같은 패턴으로 분류되면, 입력 패턴의 유사한 특징을 연결 강도에 반영하기 위해 연결 강도를 조정한다. ART2 알고리즘의 연결강도의 조정은 다음과 같다.

$$w_{j,i}(t+1) = \frac{w_{j,i}(t) \times u_n + x_i}{u_n + 1} \quad (4)$$

여기서  $u_n$ 은 생성된 클러스터에 갱신된 패턴들의 개수이다. 중간층의 출력벡터는 식(5)에 의해 정규화가 되고 출력층의 입력 벡터로 적용된다.

$$z_j = 1 - \frac{O_j}{N} \quad (5)$$

출력층의 출력벡터는 식(6)과 같이 계산한다.

$$O_k = f\left(\sum_{j=1}^M w_{kj} \times z_j\right) \quad (6)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

출력 벡터는 목표 벡터와 비교하여 오차 값과 오차 신호를 구하고 연결강도를 조정한다.

$$\delta_k = (T_k - O_k) O_k (1 - O_k) \quad (7)$$

$$w_{kj}(t+1) = w_{kj}(t) + \alpha \delta_k z_j \quad (8)$$

#### IV. ART2를 이용한 얼굴인증

여권에 부착된 사진의 위치는 이전에 추출한 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, 그림 6과 같이 사진이 존재 할 수 있는 대략의 위치를 설정하고 그 영역 내부의 일정한 크기의 후보 영역을 탐색한다.



그림 6. 사진 후보 영역 추출  
Fig. 6. Extraction of a photo candidate region

추출된 영상이 사진 영역인지를 검증하기 위하여 그림 7과 같이 영상의 Luminance, Edge, Hue 정보를 이용한다. 사람 얼굴의 특징에 해당하는 색상과 채도 및 명도의 분포를 미리 구한 경험치 값을 이용하여 얼굴이 있는 사진 영역을 검증하게 된다.

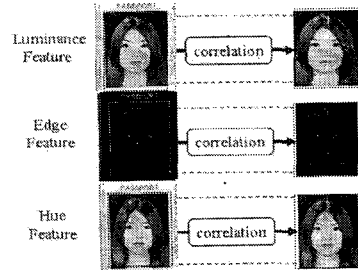


그림 7. Luminance, Edge, Hue를 이용한 영역 검증  
Fig. 7. Region verification by using Luminance, Edge, and Hue

검증된 사진 영역들은 그림 8과 같은 ART2 알고리즘을 적용하여 인증한다.

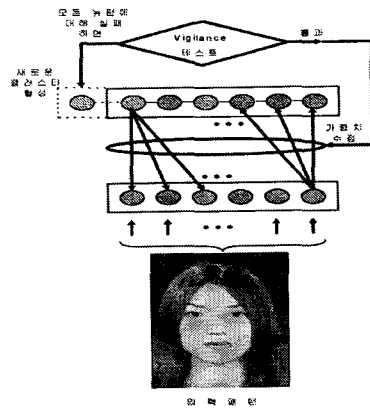


그림 8. ART2 알고리즘을 이용한 사진 학습 구조  
Fig. 8. Photo learning structure using an ART2 algorithm

### V. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 Intel Pentium-IV IBM 호환 PC상에서 C++ 빌더 6.0으로 구현하였다. 실험에 사용된 여권 영상은 HP ScanJet 4200C 스캐너를 이용하여 15개의 여권 영상을 수집하여 성능 평가 실험에 적용하였다. 그림 9의 여권 영상에 대해서 개별 문자를 추출한 결과는 그림 10과 같고 인식 결과는 그림 11과 같다.



그림 9. 여권 영상  
Fig. 9. Passport image



그림 10. 개별 문자 추출 결과  
Fig. 10. Result of individual character extraction

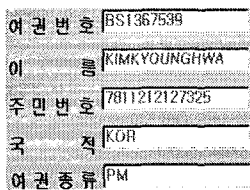


그림 11. 인식 결과  
Fig. 11. Result of recognition

15개의 여권 영상에서 30개의 문자열 영역이 모두 추출되었고, 표 2와 같이 855개의 개별 코드 문자와 465여개의 개별 숫자 모두가 추출되었다.

표 2. 개별 코드 추출 결과  
Table 2. Result of individual codes extraction

	숫자	문자
추출된 수	465/465	855/855

제안된 ART2 기반 RBF 네트워크의 학습 성능을 분석하기 위해 추출된 1320개의 개별 코드 중에서 문자 250개와 숫자 400개를 기존의 ART1 기반 RBF 네트워크와 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크에 적용하였다. 기존의

ART1 기반 RBF 네트워크에서 학습률과 경계 변수는 각각 0.1과 0.95로 설정하였고, 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크에서는 학습률과 경계 변수를 각각 0.1과 0.7로 설정하였다. ART1 기반 RBF 네트워크와 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크 간의 학습 및 인식 결과는 표 3과 같다.

표 3. 개별 코드에 대한 학습 결과  
Table 3. Result of learning for individual codes

학습 알고리즘	패턴 종류	생성된 은닉층의 수	Epoch 수	인식 개수
기존의 ART1 기반 RBF 네트워크	숫자	210	542	465/465
	문자	147	5273	855/855
기존의 ART2 기반 RBF 네트워크	숫자	150	187	465/465
	문자	128	2510	855/855

표 3에서와 같이 기존의 ART1 기반 RBF 네트워크보다 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크가 학습에 있어서 우수한 성능이 있음을 확인할 수 있다. 그리고 제안된 RBF 네트워크가 기존의 ART1을 적용한 RBF 네트워크보다 중간층의 노드 수가 적게 생성되었다. 이는 같은 패턴들이 서로 다른 클러스터로 생성되는 부분이 개선되었기 때문이다. 그림 12는 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크와 기존의 ART1을 이용한 RBF 네트워크 간의 Epoch 수에 따른 TSS 변화량을 나타내었다.

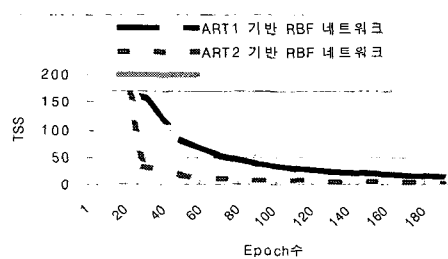


그림 12. Epoch 수에 따른 TSS 변화량  
Fig. 12. Epoches vs. TSS

그림 13과 같이 사진 인증을 위해 15개의 여권 영상에서 사진 영역은 모두 추출되었고, 원래 영상과 위조된 사진 영상을 인증한 결과, 표 4와 같이 원래 영상의 경우 15개 모두 인증되었으며 불법적으로 사진을 인위적으로 위조했을 경우 모두 인증되지 않았다. 결과는 표 4와 같다.

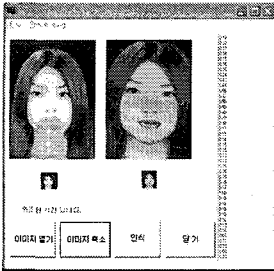


그림 13. ART2를 이용한 사진 인증  
Fig. 13. Photo verification using ART2

표 4. 얼굴 인증 결과

Table 4. Result of photo verification

생성된 클러스터 수	인증 개수/ 원래 영상	불인증 개수/ 위조 영상
15	15/15	15/15

## VI. 결 론

출입국 관리는 위조 여권 소지자, 수배자, 출입국 금지자 또는 불법 체류자 등의 출입국 부적격자 등을 검색하여 출입국자를 관리하기 위하여 행하여진다. 여권의 위조 여부를 판별하는 것은 보안상 중요한 문제로 본 논문에서는 CDM 마스크와 ART2 기반 RBF 네트워크를 이용한 여권 인식과 ART2를 이용한 사진 인증 방법을 제안하였다.

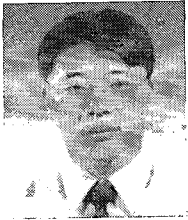
본 논문에서는 3×3 소벨 마스크를 이용하여 에지를 검출하고, 3×3 소벨 마스크가 적용된 영상을 수평 방향으로 스미어링 한 후에 4방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출하였다. 추출된 문자열 영역을 이진화하고 이진화 된 문자열 영역에 대해서 개별 코드의 문자들을 복원하기 위하여 CDM 마스크를 적용한 후에 수직 스미어링을 적용하여 개별 코드의 문자를 추출하였다. 그리고, 추출된 개별 코드를 인식하기 위하여 ART2 기반 RBF 네트워크를 제안하여 여권 인식에 적용하였으며, 사진 인증을 위해 ART2 알고리즘을 적용하였다.

15개의 여권 영상에 대해 제안된 방법을 실험한 결과, 855개의 개별 코드 문자와 465개의 개별 숫자 모두가 추출되었고 ART2 기반 RBF 네트워크가 기존의 ART1 기반 RBF 네트워크보다 학습 성능이 개선되었다. ART2를 이용한 얼굴 인증 방법은 15개의 영상 중 조작되지 않은 사진은 15개 모두 인증되었으며, 인위적으로 조작된 사진 영상의 경우에는 모두 불법 여권으로 판명되었다. 본 논문에서 제안한 여권 인식 시스템은 개별 코드 인식과 얼굴 인증면에서 효율적인 것을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] 전달수, "체류 외국인 동향조사 종합보고II (출입국심사제도 개선)," 법무부체류심사과, 2001.
- [2] Kim, K. B., Cho, J. H., Kim, C. K., "Recognition of Passports Using FCM-Based RBF Network," Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3809, Springer, pp.1241-1245, 2005.
- [3] Waranbe, M., K. Kuwata and Katayma, R., "Adaptive Tree-Structured Self Generating Radial Basis Function and its Application to Nonlinear Identification Problem," Proceedings of IIZUKA, pp.167-170, 1994.
- [4] Kothari, M. L., Madnani, S., and Segal, R., "Orthogonal Least Square Learning Algorithm Based Radial Basis Function Network Adaptive Power System Stabilizer," Proceedings of IEEE SMC, Vol. 1, pp.542-547, 1997.
- [5] Kim, K. B., Kang, M. H., and Cha, E. Y., "A Fuzzy Self\_Organized Backpropagation using Nervous System," Proceedings. IEEE SMC, Vol.5, pp.1457-1462, 1997.
- [6] Jain, A. K. Fundamental of Digital Image Processing, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1989.

저자소개



김 광 백(Kwang-Baek Kim)

1999년 부산대학교 전자계산학과  
(이학박사)

1996년~1997년 동의공업대학  
사 사무자동화과 전임강사

1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 부교수

1999년~2000년 Biomedical Fuzzy Systems Association  
Associate Editors (Japan)

2005년~현재 한국지능정보시스템 이사

2005년~현재 한국해양정보통신학회 이사 및 논문지 편  
집위원

※관심분야 : Neural Networks, Image Processing, Fuzzy  
Logic, Medical Imaging and Biomedical System, Support  
Vector Machines



박 현 정(Hyun-Jung Park)

1993년 부산대학교 건축공학과  
졸업(공학사)

1995년 부산대학교 일반대학원  
건축공학과 졸업(공학석사)

2001년 부산대학교 일반대학원 건축공학과 졸업  
(공학박사)

2003년~현재 신라대학교 건축학부 조교수

※관심분야 : Neural Networks, Image Processing